

تم تحميل وعرض المادة من

موقع حلول كتابي

المدرسة اونلاين



<https://hululkitab.co>

جميع الحقوق محفوظة للقائمين على العمل

للعودة إلى الموقع ابحث في قوقل عن : موقع حلول كتابي

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها



وزارة التعليم
Ministry of Education

المملكة العربية السعودية

علم الأرض (الجيولوجيا)

التعليم الثانوي - نظام المقررات

(مسار العلوم الطبيعية)



قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

يُوزع مجاناً ولرِبَاع

طبعة ٢٠٢٠ - ١٤٤٢



وزارة التعليم
Ministry of Education
2020 - 1442

© وزارة التعليم ، ١٤٣٩هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم

علم الأرض (الجيولوجية): التعليم الثانوي - نظام المقررات - مسار العلوم الطبيعية ./. وزارة التعليم .- الرياض ، ١٤٣٩ هـ

ردمك: ۸- ۶۶۰- ۵۰۸- ۶۰۳- ۹۷۸

- المناهج - التعليم الثانوي - ٢

أ- الجيولوجيا - كتب دراسية
السعودية - أ. العنوان

1439 / 9022

٥٥٠، ٧، ١٩٦٣

١٤٣٩ / ٩٥٢٣: رقم الابداء

دملک: ۸۶۰ = ۵۰۸ = ۶۰۳ = ۹۷۸



تواصل بمقترحاتك لتطوير الكتاب المدرسي



FB.T4EDU.COM

المقدمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلوة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين،
وبعد:

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) وهو: "إعداد مناهج تعليمية متطرفة تركز على المهارات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية"، وذلك من منطلق تطوير التعليم وتحسين مخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

وقد جاء كتاب علم الأرض داعماً لرؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) نحو الاستثمار في التعليم عبر "ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة".

وقد جاء هذا الكتاب في ثمانية فصول، هي: المعادن، والصخور النارية، والصخور الرسوبيّة والمحولة، والمياه الجوفية، والصفائح الأرضية، والبراكين، والزلزال، والأحافير والسجل الصخري.

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة: المبني والموجه والمفتوح. من خلال تنفيذ التجربة الاستهلالية، وتجربة، ومخبر حل المشكلات، ومخبر الجيولوجيا، وبما يعزز أيضاً مبدأ رؤية ٢٠٣٠ "نعلم لنعمل".

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطاً بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية (٢٠٣٠) وأهدافها الاستراتيجية ومنها ربط المحتوى مع واقع الحياة. وكذلك تضم كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة: التمهيدي، والتكتوني، والختامي؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية والتجربة الاستهلالية في كل فصل بوصفهما تقويمات تمهيدياً؛ لتقييم ما يعرفه الطالب عن موضوع الفصل. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى تجد سؤالاً تحت عنوان «ماذا قرأت؟»، وفي نهاية الفصل تجد دليلاً لمراجعة الفصل يتضمن تذكيراً بالفكرة العامة والأفكار الرئيسية والمفردات، وخلاصة بالأفكار الرئيسية التي وردت في كل قسم. كما تجد تقويمات للفصل في صورة أسئلة متنوعة تهدف إلى مراجعة المفردات وتبسيط المفاهيم، وأسئلة بنائية، وأسئلة خاصة بالتفكير الناقد، وتصميم خرائط مفاهيمية، وسؤال تحفيز. وفي نهاية كل فصل تجد اختباراً مقنناً يهدف إلى تقويم فهمك للموضوعات التي درستها في الفصل.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقديمه وازدهاره.

قائمة المحتويات

دليل الطالب

- 6 كيف نستفيد من كتاب علم الأرض؟
- 9 مقدمة إلى علم الأرض

الفصل 3

- | | |
|-----------|-----------------------------------|
| 62 | الصخور الرسوبيّة والمحوّلة |
| 64 | 3-1: تشكّل الصخور الرسوبيّة |
| 71 | 3-2: أنواع الصخور الرسوبيّة |
| 76 | 3-3: الصخور المحوّلة |
| 83 | السياحة الجيولوجية |
| 84 | مختبر الجيولوجيا |
| 85 | دليل مراجعة الفصل |
| 86 | تقويم الفصل |
| 88 | اختبار مقنن |

الفصل 1

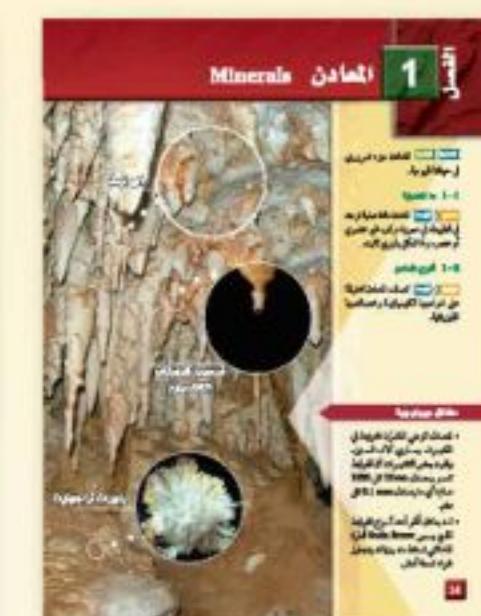
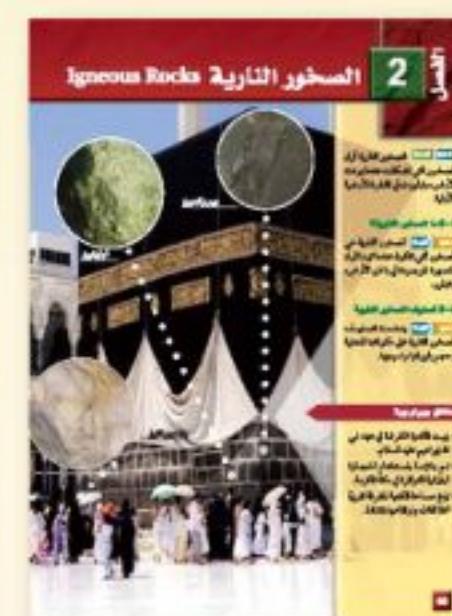
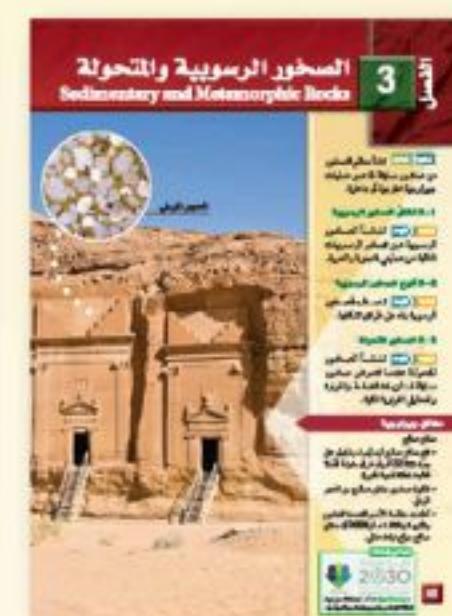
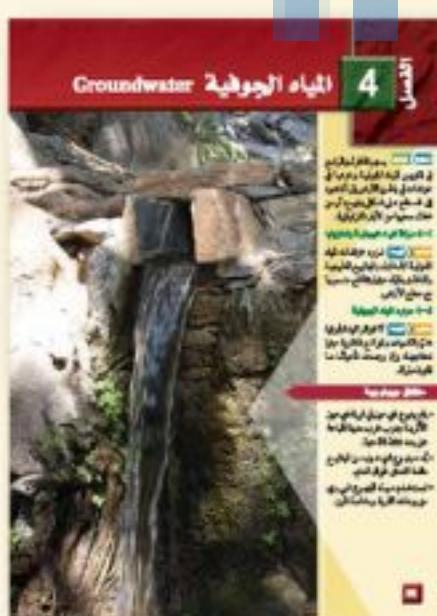
- | | |
|-----------|--------------------|
| 14 | المعدن |
| 16 | 1-1: ما المعدن؟ |
| 26 | 1-2: أنواع المعدن |
| 32 | السياحة الجيولوجية |
| 33 | مختبر الجيولوجيا |
| 34 | دليل مراجعة الفصل |
| 35 | تقويم الفصل |
| 38 | اختبار مقنن |

الفصل 4

- | | |
|-----------|-----------------------------------|
| 90 | المياه الجوفية |
| 92 | 4-1: حركة المياه الجوفية وتخزينها |
| 99 | 4-2: موارد المياه الجوفية |
| 105 | جيولوجيا والبيئة |
| 106 | مختبر الجيولوجيا |
| 107 | دليل مراجعة الفصل |
| 108 | تقويم الفصل |
| 110 | اختبار مقنن |

الفصل 2

- | | |
|-----------|---------------------------|
| 40 | الصخور النارية |
| 42 | 2-1: ما الصخور النارية؟ |
| 48 | 2-2: تصنیف الصخور النارية |
| 54 | جيولوجيا والبيئة |
| 55 | مختبر الجيولوجيا |
| 56 | دليل مراجعة الفصل |
| 57 | تقويم الفصل |
| 60 | اختبار مقنن |



الفصل 7

166	الزلزال
168	7-1: الأمواج الزلزالية وبنية الأرض
176	7-2: قياس الزلزال وتحديد أماكنها
182	7-3: الزلزال والمجتمع
189	الجيولوجيا والمجتمع
190	ختبر الجيولوجيا
191	دليل مراجعة الفصل
192	تقويم الفصل
194	اختبار مقنن

الفصل 5

112	الصفائح الأرضية
114	5-1: انحراف القارات
119	5-2: توسيع قاع المحيط
126	5-3: حدود الصفائح وأسباب حركتها
134	الجيولوجيا والبيئة
135	ختبر الجيولوجيا
137	دليل مراجعة الفصل
138	تقويم الفصل
140	اختبار مقنن

الفصل 8

196	الأحافير والسجل الصخري
198	8-1: السجل الصخري
203	8-2: التاريخ الجيولوجي
215	علم الأرض والتقنية
216	ختبر الجيولوجيا
217	دليل مراجعة الفصل
218	تقويم الفصل
220	اختبار مقنن

الفصل 6

142	البراكين
144	6-1: ما البركان؟
153	6-2: الثورانات البركانية
159	علم الأرض والتقنية
160	ختبر الجيولوجيا
161	دليل مراجعة الفصل
162	تقويم الفصل
164	اختبار مقنن

مراجعات الطالب

224	صفات المعادن ذات البريق الفلزي
225	صفات المعادن ذات البريق اللافلزي
226	الصخور
227	سلم الزمن الجيولوجي
228	الجدول الدوري للعناصر
230	المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية
232	خرائط ظهور المحيطات



كيف تستفيد من كتاب علم الأرض؟

عندما تقرأ كتاب علم الأرض إنما تقرؤه للحصول على المعلومات؛ فالكتابة العلمية ليست مجرد كتابة خيالية، وإنما تصف أحداثاً حياتية واقعية تربط الناس مع الأفكار والتقنيات. وفيها يأتي بعض الأدوات التي تضمنها الكتاب والتي تساعدك على القراءة.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من **الفكرة العامة** و **الفكرة الرئيسية** قبل قراءة الفصل أو في أثنائها؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهدية لهذا الفصل.



طريق آخر للتصفح

- اقرأ عنوان الفصل لتعرف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجدواط.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة باللون الأصفر.
- اعمل مخططاً للفصل مستخدماً العناوين الرئيسية والعناوين الفرعية.

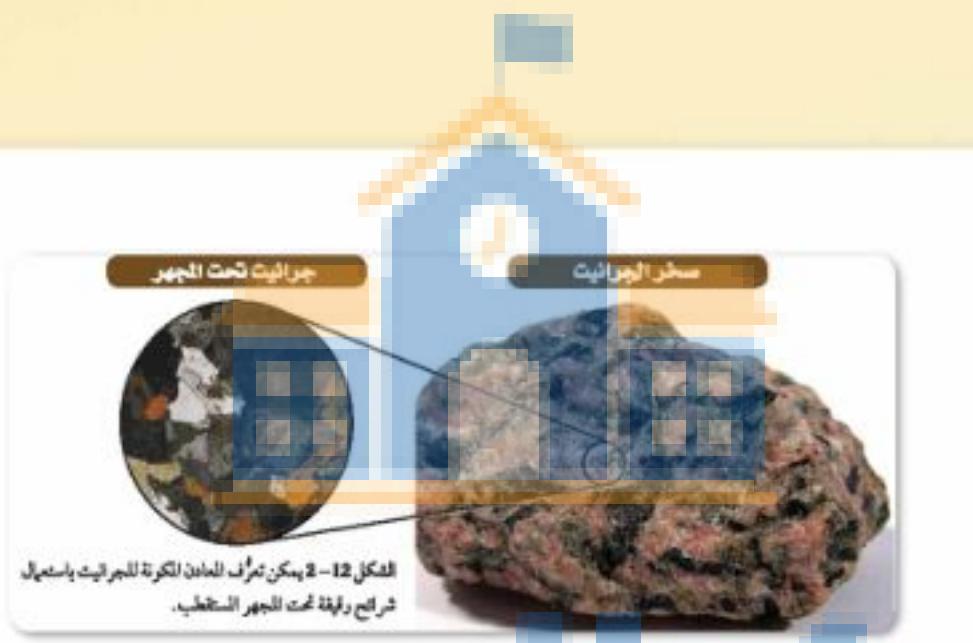


كيف نستفيد من كتاب علم الأرض؟

عندما تقرأ

في كل جزء من الفصل ستجد أساليب لتعزيز فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.



الشريحة الرقيقة

تصور الصورة ينبع عن الجيروجيون بشرفات المعادن في الشريحة الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من الماجنات. والشريحة الرقيقة تقطة من الصخر سماكتها 0.03 mm تقريباً، مبنية على قطعة زجاجية بحيث تسمح بتفاوت الضوء خلالها. ويوضح الشكل 12-2 مقطع من الجراليت تحت المجهر.

الصخور النارية موارد طبيعية

للسخور النارية أهمية اقتصادية كبيرة في حياة غالبية من المعادن التي تستخدم في المجوهرات تبلور فيها، ويمكن أن يستخلص منها العديد من العناصر المفيدة منها التيتانيوم وغيرها، مما يدخل في مجالات عديدة في حياة، وتستخدم الصخور النارية أيضاً في البناء، وتوضح الفقرات التالية بعض هذه الاستخدامات:



شكل 12-2 يوضح اللعب والدورات ما من التجمّع، ثم يحصلان لاحقاً استدل ما الذي يمكنه تكوينه من هذه الصورة من درجة تسهيل اللعب؟

الصروح *Vents* غمرى الواقع التقى من تبلور الصهارة على تراكيز عالية من السيليكا والملائكة، كتحتوى على شرائح أو بقعات من خاص من حشار لم تصنف ضمن الصخور النارية؛ فالذهب والنحاس والرصاص والنحاس من المذادات التي تتضمنها الماء الشامدة. وتحتوى هذه العناصر من السيليكا المذابة في نهاية عملية تبلور الصهارة، على هيئة موائع مساعدة غنية بالعناصر، غالباً الشفرق والفالرات في الصخور المجاورة، وتحصل هذه الوسائل مكونة عموداً فظيئاً بمعادن أو فلات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الخامدة للذهب في مهد الذهب في المملكة العربية السعودية، وبين الشكل 13-2 ذهباً متكوناً في عروق الكوارتز.

1-1

ما المعادن؟

المعنى **Mineral** المعادن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركب غير عضوي أو عصري، وما شكل يلورى ثابت.

الربط مع الحياة: انظر حولك في طرة صفات تتجدد الصغار في ممتدك والبرابط في قلمك الرصاص، والزجاج في الزجاجة. هذه الأشياء أمثلة على استخدام الإنسان المعاصر لمواد مصنوعة من المعادن.

مراجعة المفردات

- الأهداف
- تعرف على المعادن.
- تصفت كيف تكون المعادن.
- تصفت المعادن حسب خصائصها الكيميائية والتربوية.
- العنصر: مادة دقيقة لا يمكن تقسيمها إلى مواد أبسط بطرائق فزيائية أو كيميائية.
- الظروف الجديدة
- المعادن
- البلورة
- البريق
- النساء
- الانقسام
- الكسر
- المخلش
- الوزن النوعي

الخصائص العامة للمعادن

تكون النسبة الأرضية من 3000 معدن تفريج المعدن **Mineral** مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها صفات كيميائية معينة، وثبات يلوري ثابت. انظر الشكل 1-1 وهذه المعادن تقوس الصخور وتشكلت سطح الأرض، وقد ساعدت بعض المعادن في تشكيل الحضارة الإنسانية، فقد حدث تقدم في مرحلة ما قبل التاريخ عندما لكن الإنسان وقليل من استخدام قاز الحديب، واستعماله في صنع أدوات، وقد قال تعالى في حكم آياته (فَتَنَاهُ كَيْفَ يَأْكُلُونَ إِذَا دَبَّ إِلَيْهِ الْأَرْضُ حِلْيَةً يَتَأْكَلُونَ إِذَا دَبَّ إِلَيْهِ كَيْفَ يَأْكُلُونَ).

Naturally occurring and Inorganic ت تكون المعادن بطرق طبيعية، لذا فإن الآثار الصناعية والمراوغ الأخرى التي تم تحويلها في المختبرات لا تُعد معدن.



الشكل 1-1 تمسك أشكال يلوريات المعادن هذه الترتيب المنشئ للرواية.

الروابط البيئية يتضمن محتوى علم الأرض
أجزاء من فصول وفقرات تؤكد التطبيقات البيئية
المرتبطة مع واقع الحياة: وعندما تشاهد هذه الأيقونة
فك في كيفية ربط المحتوى مع العالم من حولك.



ماذا قرأت؟ أسئلة تقوم مدى فهمك لما درسته.

كيف نستفيد من كتاب علم الأرض؟

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما **الفكرة** ؟ **الغاية** ؟ وما **العلل** ؟
 - فكر في المخلوقات الحية والواقع والمواقف التي مررت بها، هل بينها وبين دراستك مادة علم الأرض علاقة؟
 - اربط معلومات هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
 - توقع نتائج باستخدام المعلومات التي لديك.
 - غير توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

عدما قرأت

قرأً الخلاصة وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درسته.

ضمن كل جزء من الفصل أسئلة وخلاصة. تقدم الخلاصة مراجعة مفاهيم الرئيسة، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درست.



في نهاية كل فصل أسئلة التقويم، فضلاً عن أسئلة الاختبارات المقننة.

مراجعات أخرى

- اربط **الفكرة الرئيسية** مع **الفكرة العامة**.
 - استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
 - وظف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
 - حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من المعلومات حول الموضوع.

مقدمة إلى علم الأرض

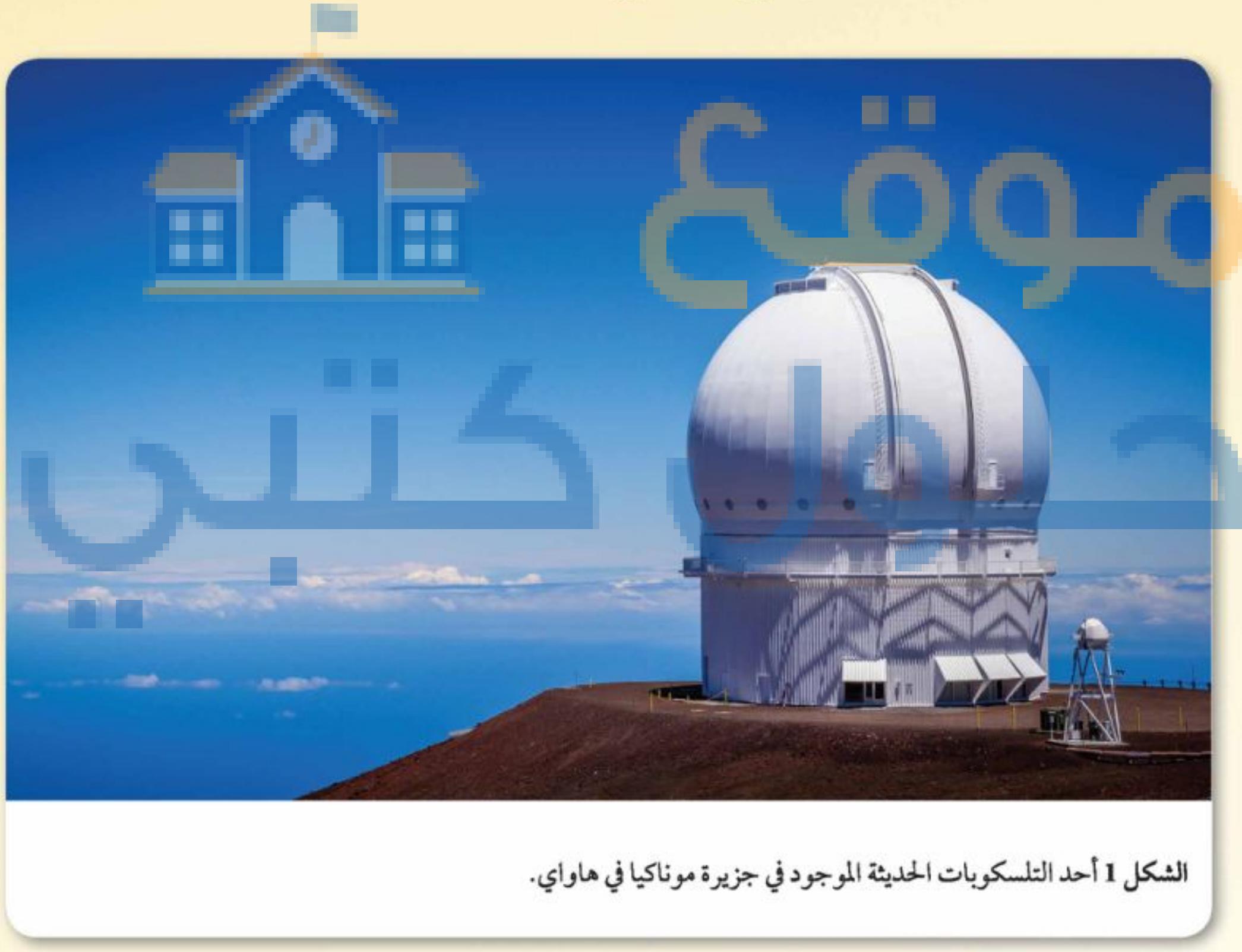
علم الأرض Earth Science

مجال علم الأرض The Scope of Earth Science

مجال علم الأرض مجال واسع، يمكن تقسيمه إلى خمسة تخصصات رئيسية هي: علم الفلك، علم الأرصاد الجوية، علم طبقات الأرض، علم المحيطات، علم البيئة.

علم الفلك Astronomy يسمى العلم الذي يدرس الأجسام الموجودة خارج نطاق الغلاف الجوي الأرضي علم الفلك. وقبل اكتشاف الأجهزة المعقدة المستخدمة في الرصد - ومنها التلسكوب الظاهر في الشكل 1 كان الفلكيون يقتصرن على وصف مواقع الأجسام الفضائية بعضها بالنسبة إلى بعض. أما اليوم فأصبح علم الأرض يدرس الكون وكل شيء فيه، ويشمل ذلك: المجرات، والنجوم، والكواكب، والأجرام السماوية الأخرى.

علم الأرصاد الجوية Meteorology يسمى العلم الذي يدرس القوى والعمليات التي تسبب تغييرًا في الغلاف الجوي وتكون الطقس علم الأرصاد الجوية. ويحاول علماء الأرصاد الجوية توقع حالة الطقس، وتعرف كيف يمكن أن تؤثر تغيرات الطقس في مناخ الأرض مع مرور الزمن.



الشكل 1 أحد التلسكوبات الحديثة الموجودة في جزيرة موناكيا في هاواي.

مقدمة إلى علم الأرض

علم طبقات الأرض Geology هو العلم الذي يدرس المواد المكونة للأرض، والعمليات التي تعمل على تكون وتغيير تلك المواد، كما يدرس علم الجيولوجيا تاريخ الأرض وأشكال الحياة منذ نشأتها. ويعمل الجيولوجيون على تعرّف الصخور، ودراسة حركات الجليديات، ويفسرون الأدلة التي تشير إلى أن تاريخ الأرض قد بدأ قبل 4.6 بليون سنة، ويحددون كيف تُغيّر بعض القوى كوكبنا.

علم البيئة Environmental يسمى العلم الذي يدرس العلاقات المتبدلة بين المخلوقات الحية والبيئة المحيطة بها علم البيئة. ويدرس علماء البيئة كيف تؤثر المخلوقات الحية في البيئة المحيطة بها بشكل إيجابي أو سلبي. والمواضيع التي يدرسها علماء البيئة تشمل الموارد الطبيعية، والتلوث، ومصادر الطاقة البديلة، وتأثير الإنسان في الغلاف الجوي.

علم المحيطات Oceanography تغطي المحيطات حوالي ثلاثة أرباع سطح الأرض، ويسمى العلم الذي يدرس المحيطات ومكوناتها علم المحيطات. ويدرس هذا العلم المخلوقات الحية التي تعيش في المياه المالحة، ويقيس الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمحيطات، كما يرصد العمليات المختلفة في هذه المسطحات المائية. وعندما يقوم علماء المحيطات بأبحاثهم العملية فغالباً ما يغوصون في أعماق المحيطات لجمع البيانات، انظر الشكل 2.



الشكل 2 يدرس علماء المحيطات حياة المخلوقات الحية والخصائص المختلفة للمحيط.

مقدمة إلى علم الأرض

تخصصات فرعية Subspecialties تتألف التخصصات الرئيسية لعلم الأرض من تخصصات فرعية مختلفة، ويوضح الجدول 1 بعض تلك التخصصات.

الجدول 1	أمثلة على التخصصات الفرعية لعلم الأرض	التخصص الرئيسي
علم الفلك Astronomy	الفيزياء الفلكية Astrophysics	فيزيائية الكون، وتشمل الخصائص الفيزيائية للأجرام السماوية الموجودة في الفضاء.
علم المناخ Climatology	علم الكواكب Planetary science	الكواكب والعمليات التي تكونها.
علم الأرصاد Meteorology	كيمياء الغلاف الجوي Atmospheric chemistry	نطط الطقس خلال فترة زمنية طويلة.
علم طبقات الأرض Geology	علم الأحافير Paleontology	كيميات الغلاف الجوي للأرض ولل惑اب الأخرى.
علم المحيطات Oceanography	الجيوكيمياء geochemistry	بقايا المخلوقات الحية التي عاشت على الأرض، والبيئات القديمة.
علم المحيطات Oceanography	علم المحيطات الفيزيائي Physical oceanography	تركيب الأرض والعمليات التي تغيرها.
علم البيئة Environmental science	جيولوجية البحار Marine geology	الميزات الرئيسية لقاع المحيط، وتشمل الصفائح التكتونية للمحيط.
	علم بيئة التربة Environmental soil science	التفاعلات بين الإنسان والتربة، ومنها: تأثير الأساليب الزراعية، آثار الملوثات على التربة والنباتات والمياه الجوفية.

أغلفة الأرض Earth's Spheres

حدّد العلماء الذين يدرسون الأرض أربعة أغلفة رئيسة هي: الغلاف الصخري، والغلاف الجوي، والغلاف المائي، والغلاف الحيوي. وكل غلاف من هذه الأغلفة له خصائص تميّزه ومع ذلك يتفاعل مع باقي الأغلفة.

الغلاف الصخري Geosphere تسمى المنطقة التي تمتّد من سطح الأرض حتى مركزها الغلاف الصخري. ويقسم هذا الغلاف إلى ثلاثة أجزاء رئيسة هي: القشرة، والستار، واللب. ويبين الشكل 3 تلك الأجزاء. أما القشرة فهي الغلاف الخارجي للأرض، وتكون في الحالة الصلبة، وهي نوعان: قشرة قارية، وقشرة محيطية. ويقع الستارُ أَسفل منها، ويختلف عنها من حيث التركيب والخصائص الفيزيائية. وتتراوح درجة حرارة الستار بين 100°C و 4000°C ، وهو أعلى حرارةً من القشرة الأرضية. ويقع أَسفل الستارِ لبُّ الأرض ويقسم إلى قسمين: لبٌ خارجيٌّ سائلٌ، ولبٌ داخليٌّ صلبٌ.

الغلاف الجوي Atmosphere تسمى طبقة الغازات التي تحيط بكوكبنا الغلاف الجوي. ويكون الغلاف الجوي من:٪ 78 نيتروجين، و٪ 21 أكسجين، ونسبة ٪ 1 الباقية تشمل بخار الماء والأرجون وثاني أكسيد الكربون وغيرها من الغازات. وللгазات الجوية العديد من الفوائد، منها: تزويد المخلوقات الحية بالأكسجين، وحماية سكان الأرض من الأشعة الضارة الآتية من الشمس، ومساعدة على الحفاظ على كوكب الأرض عند درجة حرارة مناسبة لحياة المخلوقات الحية فيه.

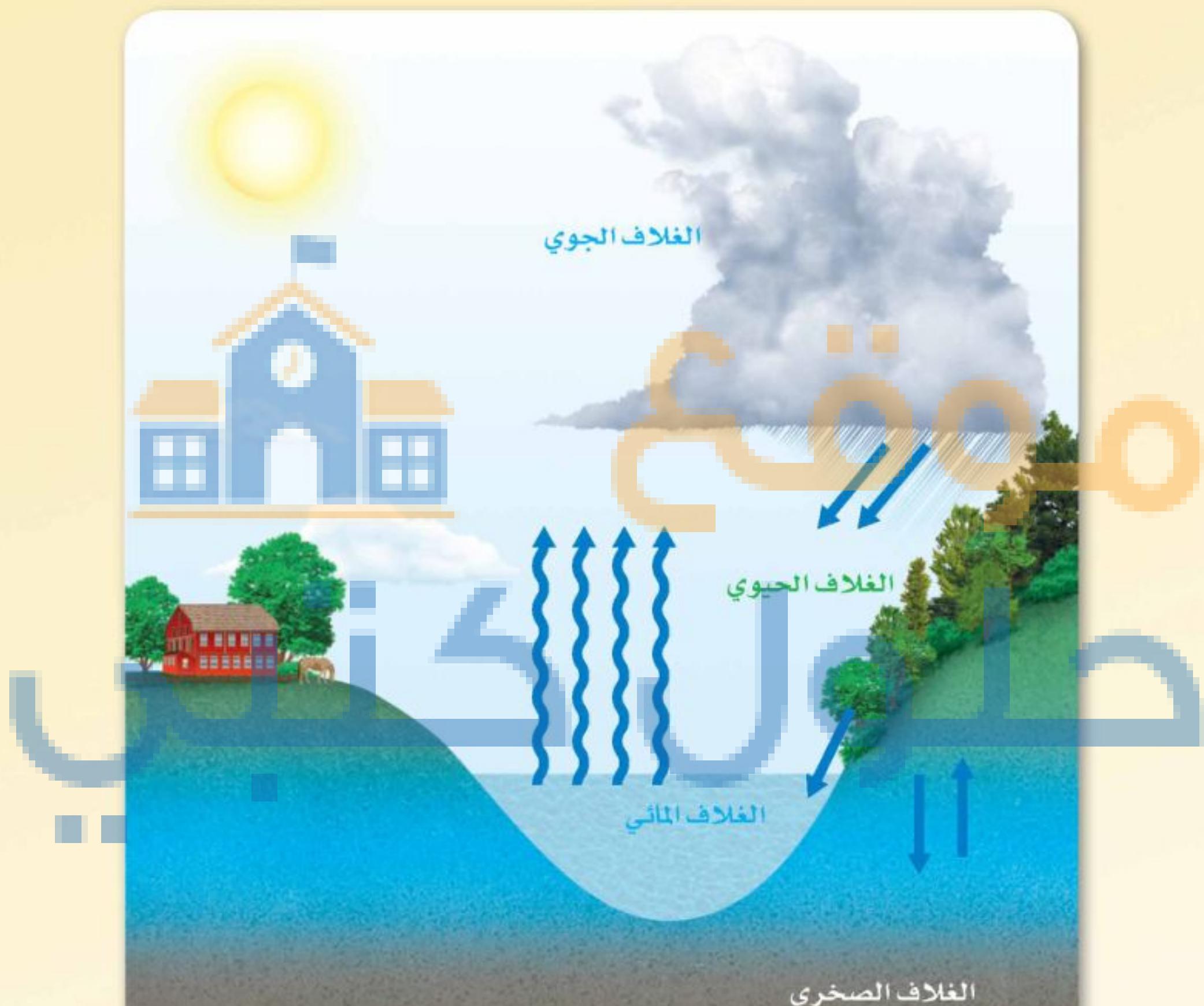
الغلاف المائي Hydrosphere هو جميع المياه الموجودة على الأرض، ومن ضمنها المياه الموجودة في الغلاف الجوي. وتشكل المياه المالحة حوالي ٪ 97 من مياه الأرض، بينما تشكل المياه العذبة النسبة الباقية وتساوي ٪ 3. وتتوارد المياه العذبة في كل من: الجليديات، والبحيرات، والأنهار، والمياه الجوفية الموجودة في باطن الأرض.

الشكل 3 يتكون الغلاف الصخري من القشرة والستار واللب. لاحظ قلة سمك القشرة الأرضية مقارنة بباقي الأجزاء.



مقدمة إلى علم الأرض

الغلاف الحيوي Biosphere يشمل الغلاف الحيوي جميع المخلوقات الحية التي تعيش على كوكب الأرض، بالإضافة إلى البيئات التي تعيش فيها. وتعيش معظم المخلوقات الحية ضمن أعماق لا تتعدي عدة أمتار من سطح الأرض. ولكن بعضها تعيش على أعماق كبيرة تحت سطح المحيطات. وبعضها يعيش على قمم الجبال العالية. وتتطلب جميع أشكال الحياة تفاعلاً على الأقل مع واحد من الأغلفة الأخرى؛ لبقائها على قيد الحياة. وبين الشكل 4 الترابط بين الأغلفة الأربع، فمثلاً الغلاف الجوي الأرضي الحالي تشكل قبل ملايين السنين خلال تفاعلاته مع كل من الغلاف الصخري والغلاف المائي والغلاف الحيوي. وتغير المخلوقات الحية - ومنها الإنسان - بشكل مستمر في الغلاف الجوي من خلال أنشطتها وعملياتها الطبيعية.



الشكل 4 تعتمد أغلفة الأرض على بعضها البعض. لاحظ كيف يتنقل الماء من الغلاف المائي إلى الغلاف الجوي ثم يهطل على الغلاف الحيوي ثم يترush إلى داخل الغلاف الصخري.

المعادن Minerals

1



الفكرة العامة المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

1-1 ما المعادن؟

الفكرة الرئيسية المعادن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، لها تركيب كيميائي، وشكل بلوري ثابت.

1-2 أنواع المعادن

الفكرة الرئيسية تصنف المعادن اعتماداً على خواصها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية.

موجة

حقائق جيولوجية



- المعدل الزمني لتكون الهوابط في الكهوف يساوي آلاف السنين. وتفيد بعض التقديرات أن الهوابط تنمو بمعدل 10 cm كل 1000 عام؛ أي ما يعادل 0.1 mm كل عام.

- قد يعادل قطر أحد أنواع الهوابط الذي يسمى Soda Straw قطرة الماء التي تسقط منه بينما قد يتجاوز طوله تسعة أمتار.

نشاطات تمهيدية

تعرف المعادن

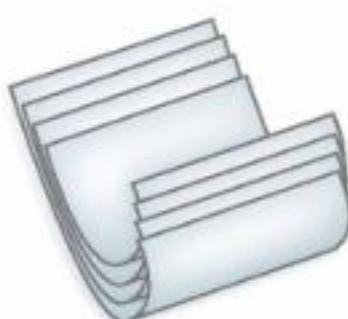
اعمل المطوية الآتية، وسجل فيها الخواص الفيزيائية التي تستخدم في تعرف المعادن.



المطويات

منظمات الأفكار

الخطوة 1: ضع أربع أوراق من دفتر الملاحظات بعضها فوق بعض، متباينة إحداها عن الأخرى بمقدار 2cm كما في الشكل المجاور.



الخطوة 2: اثنن الطرف السفلي للأوراق لتكوين سبعة ألسنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوى لتشتت الألسنة في أماكنها.



الخطوة 3: ثبت الأوراق المطوية معًا بالدبابيس من الأعلى كما في الشكل المجاور.

الخطوة 4: اكتب الخواص الفيزيائية المستعملة في تعرف المعادن على كل لسان.

استخدم هذه المطوية في القسم 1-1، مع قراءتك لهذا الدرس، صنف الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن المستعملة في كل فحص.

استخدم هذه المطوية

تجربة استهلاكية

ما الأشكال التي تتخذها المعادن؟

رغم وجودآلاف المعادن في القشرة الأرضية، إلا أن لكل معدن خصائص فريدة تميزه عن غيره من المعادن. تدل هذه الخصائص على مكونات المعدن وعلى الطريقة التي تكون بها، وتستعمل الخواص الفيزيائية في التمييز بين المعادن.



الخطوات

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- ضع قليلاً من حبيبات ملح الطعام (معدن الهايليت) على شريحة المجهر. ضع الشريحة على منضدة المجهر، أو شاهد الحبيبات باستخدام العدسة المكبرة.
- ركز على حبيبة واحدة في كل مرة. عد أوجه كل حبيبة، ثم ارسمها.
- اخبر بلورة كوارتز بعد ذلك باستخدام المجهر أو العدسة المكبرة. عد جوانب البلورة، ثم ارسمها. (قد لا تحتاج إلى عدسة مكبرة إذا كانت بلورة الكوارتز أو الهايليت كبيرة الحجم).

التحليل

- قارن بين شكل بلورة الكوارتز وبلورة الهايليت.
- صنف خواص أخرى لعيناتك المعدنية.
- استنتاج سبب الفروق التي شاهدتها.


 رابط الدرس الرقمي
 www.ien.edu.sa

1-1

الأهداف

- تعرّف المعادن.
- تصف كيف تكون المعادن.
- تصنف المعادن حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

مراجعة المفردات

العنصر: مادة نقيّة لا يمكن تفتيتها إلى مواد أبسط بطرائق فيزيائية أو كيميائية.

المفردات الجديدة

- | |
|--------------|
| المعادن |
| البلورة |
| البريق |
| التساوة |
| الانفصام |
| المكسر |
| المخدش |
| الوزن النوعي |

ما المعادن؟ What is a mineral?

الفكرة الرئيسية المعادن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، لها تركيب كيميائي، وشكل بلوري ثابت.

الربط مع الحياة. انظر حولك في غرفة صفك، لتجد الفلز في مقعدك والجرافيت في قلمك الرصاص، والزجاج في النوافذ. هذه الأشياء أمثلة على استعمال الإنسان المعاصر لمواد مصنوعة من المعادن.

الخصائص العامة للمعادن

ت تكون القشرة الأرضية من 3000 معدن تقريباً، والمعادن **Mineral** مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد، انظر الشكل 1-1. وهذه المعادن كانت الصخور وشكلت سطح الأرض. وقد ساعدت بعض المعادن في تشكيل الحضارة الإنسانية؛ فقد حدث تقدم في مرحلة ما قبل التاريخ عندماتمكن الإنسان وقتئذ من استخلاص فلز الحديد، واستعماله في صنع أدواته. وقد قال تعالى في محكم آياته ﴿وَسَرَّ لَهُ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جِيمِعًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرٌ لِّقَوْمٍ يَنْعَلَّوْنَ﴾ (١٣) سورة الجاثية.

Naturally occurring and inorganic تتكون المعادن بطرائق طبيعية. لذا، فإن الألماس الصناعي والمواد الأخرى التي تم تحضيرها في المختبرات لا تُعدُّ معادن.



الكالسيت



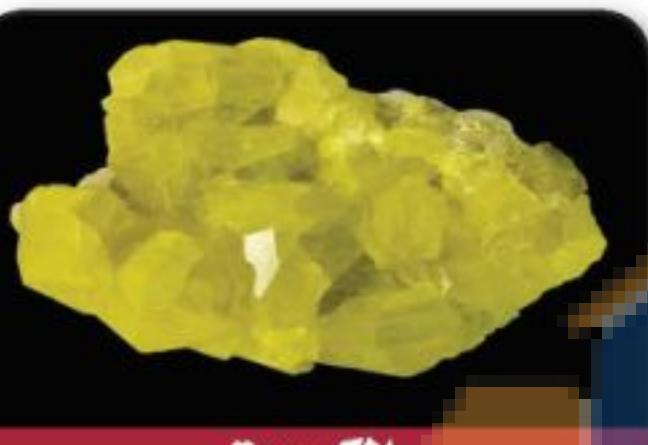
البيريت

الشكل 1-1 تعكس أشكال بلورات المعادن هذه الترتيب الداخلي لذراتها.



الشكل 2-1 تبلورت هذه القطعة من الكوارتز في حيز محصور ضمن كسر أو شق في الصخر.

المفردات
مفردات أكاديمية
محصور
حيز صغير محدد



الكبريت



النحاس



الفضة

الشكل 3-1 بعض المعادن ومنها الكبريت والنحاس والفضة مكونة من عنصر واحد.

والمعادن مواد غير عضوية؛ فليست مكونة من مادة حية، ولا من مادة كانت حية، أو ناشئة عن نشاط حيوي. وبناء على هذه الخاصية يُعد الملح معدناً، أما السكر الذي يستخرج من النبات فليس معدناً. ماذا عن الفحم الحجري مثلاً؟ الفحم الحجري ليس معدناً؛ لأنه تكون من مواد عضوية قبل ملايين السنين.

بناء بلوري محدد Definite crystalline structure المعден له بناء بلوري محدد، وهذا يعني أن الذرات مرتبة في بناء هندسي منتظم ومتكرر، ويترتب عن هذا البناء البلورة. **البلورة Crystal** جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر. غالباً ما يمثل البناء الداخلي المنتظم شكل البلورة نفسها.

وعندما يتواجد للمعدن حيز فإنه ينمو فيه أحياناً مكوناً بلورة كبيرة مكتملة الأوجه كالتي في الشكل 1-1. إلا أن البلورات المكتملة الأوجه نادرة الوجود. أما الأكثر شيوعاً فهي بلورات غير مكتملة الأوجه، ومنها المبينة في الشكل 2-1؛ لنموها في حيز محصور (مغلق)، ولا يعكس بناؤها الذري الداخلي على شكلها الخارجي.

✓ **ماذا قرأت؟** صفات الترتيب الذري لبلورة ما.

مواد صلبة ذات تراكيب محددة Solids with specific compositions المواد الصلبة لها شكل وحجم محددان، أما السوائل والغازات فليس لهم ذلك، لذا لا يعدان من المعادن.

لكل نوع من المعادن مكونات كيميائية خاصة به، وقد تكون هذه المكونات محددة أو متغيرة إلى حد ما. **والقليل من المعادن** ومنها المعادن الحرة (الأصلية) - وتشمل النحاس والفضة والكبريت - مكون من عنصر واحد فقط انظر الشكل 3-1، أما **معظم المعادن** فمكون من مركبات؛ فمعدن الكوارتز (SiO_2) مثلاً؛ مكون من ذرتين من الأكسجين وذرة واحدة من السيليكون. ورغم وجود معادن أخرى تحتوي على السيليكون والأكسجين، إلا أن نسبة هذين العنصرين وترتيبهما في الكوارتز خاصية ينفرد بها هذا المعدن.



الفلوريت



الكوارتز



التغيرات في المكونات الكيميائية Variation in composition قد تختلف المكونات الكيميائية لبعض المعادن قليلاً تبعاً للظروف التي تكونت فيها بلوراتها. فمعدن الفلسبار البلاجيوكليزي مثلًا في الشكل 4-1 تتفاوت مكوناته من معدن الألبيت الغني بالصوديوم الذي يتكون في درجات حرارة منخفضة، إلى معدن الأنورثيت الغني بالكالسيوم الذي يتكون في درجات حرارة مرتفعة. وعندما يتبلور المعدن عند درجات حرارة متوسطة يدخل كل من الصوديوم والكالسيوم في البناء البلوري مُتراجِّعين طبقات متبدلة تسمح للضوء بالانكسار والتشتت، مسبّبًا ظهور المعدن بألوان متدرجة، كما في معدن اللابرادوريت، انظر الشكل 4-1. ويترتب عن هذا التغير التدريجي في مكونات المعدن الكيميائية تغيير في مظهره الخارجي.

الشكل 4-1 مدى التغير في المكونات الكيميائية وما يتبعه من تغير في المظهر الخارجي كافيًا لتعرّف أنواع معادن الفلسبار المتعددة بدقة.

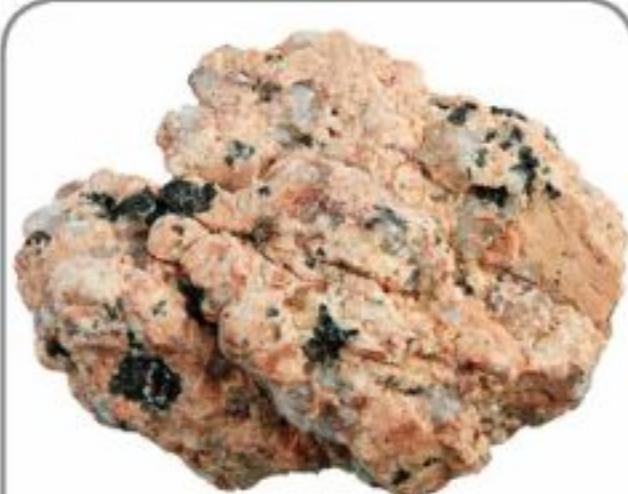
الصخور تتكون من معادن Rock-Forming minerals

رغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريباً في القشرة الأرضية، إلا أن ثلثين معادنها فقط هي الأكثر شيوعاً. وتشكل ثانية إلى عشرة من هذه المعادن معظم صخور القشرة الأرضية. لذا يشار

الجدول 1-1			
المعادن الأكثر شيوعاً في صخور القشرة الأرضية			
البيروكسين	الميكا	الفلسبار	الكوارتز
MgSiO_3 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ KAlSi_3O_8	SiO_2
الكاكتسيت	الجاريت	الأولييفين	الأمفيبول
CaCO_3	$\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	$(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ $\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$



العناصر الأكثر شيوعاً في صخور القشرة الأرضية



الجرانيت



الملح الصخري

الشكل 5–1 تكونت البلورات في هاتين العيتين بطرائق مختلفة.

صف الفرق بين هاتين العيتين.

إليها أنها المعادن المكونة للصخور، وهي مكونة من ثانية عناصر هي الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية وهي الأكسجين والسيلكون والألومنيوم وال الحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والماغنيسيوم انظر الجدول 1–1.

معادن تبلور من الصهارة Minerals from magma تسمى المادة المصهورة التي تتكون وتتجمع تحت سطح الأرض الصهارة. وهي أقل كثافة من الصخور الصلبة المحيطة بها، لذا يمكنها الصعود نحو طبقات الأرض العليا الباردة ثم تبلور.

إذا بردت الصهارة ببطء في الأعماق فسوف يكون لدى الذرات وقت كاف لتربت نفسها في بلورات كبيرة الحجم، كما في صخر الجرانيت المبين في الشكل 5–1. أما إذا وصلت إلى سطح الأرض ولامست الماء أو الهواء فإنها تبرد بسرعة، وت تكون بلورات صغيرة. ويسهم عدد العناصر الموجودة في الصهارة ونوع هذه العناصر في تحديد نوع المعادن المكون.

ما زلت تقرأ؟ وضح كيف تؤثر ملامسة الصهارة للماء في حجم البلورة؟

المعادن المتبلورة من المحاليل Minerals from solutions تذوب الأملاح في مياه المحيطات مكونة محلولاً ملحيّاً، وعندما يصبح محلول مشبعاً بمادة مذابة فلا يمكنه إذابة المزيد منها، فإذا ذابت كمية أكبر يصبح فوق المشبع، وعندئذ تتهيأ الظروف لتكوين المعادن؛ حيث ترتبط الذرات المنفردة بعضها مع بعض، وتترسب مكونةً بلورات المعادن.

وقد تبلور المعادن من المحاليل أيضاً عند تبخر الماء؛ حيث تترسب المعادن المذابة في محلول. وتسمى المعادن المكونة من تبخر السوائل المتبلورة. ومن ذلك تكون الملح الصخري كما في الشكل 5–1 بفعل عملية التبخر. ويوضح الشكل 6–1 تكون المتبخرات الملحية في سبخة القصب في المملكة العربية السعودية.

الشكل 6–1 تكونت هذه المتبخرات بسبب تبخر الماء المالح المتجمع في السبخة.



تعرف على المعادن Identifying Minerals

يجري الجيولوجيون كثيراً من الاختبارات لتعرف المعادن. وتعتمد هذه الاختبارات على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن، ومنها: الشكل البلوري والبريق والقساوة والانفصال والمكسر والمخدش واللون والنسيج والكتافة والوزن النوعي، وبعض الخواص الأخرى.

الشكل البلوري Crystal Form بعض المعادن تمتاز بأشكال بلورية مميزة يمكن تعرفها بسهولة. فـ **فالهاليت** (ملح الطعام) غالباً ما تكون بلوراته المكعبية كاملة الأوجه، وبلورات **الكوارتز** ذات النهايتين المدببتين والمحاطة بستة أوجه جانبية تمثل ميزة لها تسهل تعرفها، انظر الشكل 7-1. ولأن البلورات المكتملة النمو نادرة التشكيل، لذا يندر تعرف المعادن اعتماداً على شكل بلوراته.

البريق Luster تسمى الكيفية التي يعكس بها المعادن الضوء الساقط على سطحه **البريق**. ويوجد نوعان من البريق: الفلزي واللافلزي. فالفضة والذهب والنحاس والجاليينا لها سطوح لامعة تعكس الضوء، كما تعكس قطع السيارة المصنوعة من الكروم الضوء الساقط عليها، لذا يقال إن هذه المعادن بريقاً فلزياً. والمعادن ذات البريق الفلزي ليست جميعها فلزات، ولكن سطحها لامع كالفلزات. أما المعادن ذات البريق اللافلزي - ومنها الكالسيت والجبس والكبريت والكوارتز - فلا تلمع كالفلزات. ويوصف البريق اللافلزي بأنه باهت أو لؤلؤي أو شمعي أو حريري أو أرضي (مطفي). ويوضح الشكل 8-1 الفرق في البريق الناتج بسبب الاختلافات في المكونات الكيميائية للمعدنين. وبعد البريق اللافلزي للمعادن صفة غير مميزة لها؛ فالمعدن الذي يبدو شمعياً لشخص ما قد لا يبدو كذلك لشخص آخر، لذا لا بد أن يقترن اختبار البريق باختبارات فيزيائية أخرى لتعريف المعادن.

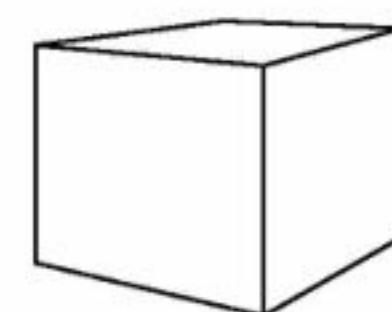
ماذا قرأت؟ عرف مصطلح البريق.



الكاوولييت



التلك



بلورة مكعبية الشكل



بلورة سداسية الأوجه

الشكل 7-1 توجد المعادن المكتملة بأشكال بلورية مميزة لها يمكن من خلالها تعرفها.

مهن مرتبطة بالمعادن

الجوهرى: الجوهرى شخص يقطع الأحجار الكريمة ويلمعها وينقشها. وهو الذي يدرس المعادن وصفاتها من أجل معرفة أنسابها لاستخدامها في عمله.

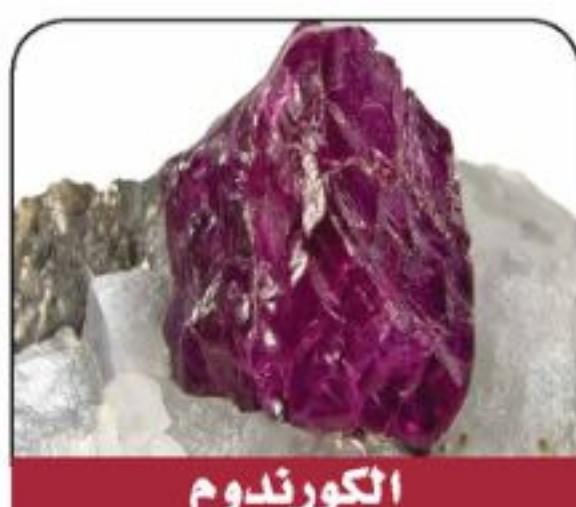
أبحث عبر الإنترنت لتعرف المزيد من المهن المرتبطة بالمعادن.

الشكل 8-1 المظهر الصفيحي اللامع للتلك يكسبه بريقه اللؤلؤي، في حين أن الكاوولييت - وهو أيضاً معدن أبيض لكنه على النقيض من التلك - ذو بريق أرضي.

الشكل 9-1 أكثر المعادن قساوة هما معدني الألماس والكورنديوم ودرجتا قساوتها 10 و 9 بالترتيب.



الألماس



الكورنديوم

الشكل 10-1 المعدن العلوي يمكن خدشه بظفر الأصبع. والمعدن الشفاف السفلي لا يمكن خدشه بظفر الأصبع ولكن يخدشه معدن آخر.

حدد أي المعدنين أكثر قساوة؟



الجداول 2-1	مقياس موهس للقساوة	المعدن
	القساوة	المعدن
1	التلوك	
2 ظفر الأصبع = 2.5	الجبس	
3 قطعة نحاسية = 3.5	الكالسيت	
4 مسأر حديدي = 4.5	الفلوريت	
5 الزجاج = 5.5	الأباتيت	
6 نصل السكين = 6.5	الفلسبار	
7 قطعة بورسلان = 7	الكوراتز	
8	التوباز	
9	الكورنديوم	
10	الألماس	

القساوة Hardness أكثر الاختبارات مصداقية واستخداماً في تعرُّف المعادن هو **القساوة Hardness** وهو مقياس لقابلية المعادن للخدش. وقد طور الجيولوجي الألماني فريدرريك موهس مقياساً لتعرف قساوة المعادن المجهولة، بمقارنتها بقساوة عشرة معادن معلومة القساوة. والمعادن المختارة في مقياس موهس يمكن تعرُّفها بسهولة، ويكثر وجودها في الطبيعة إلا الألماس.

ماذا قرأت؟ وضح ماذا تقيس القساوة؟

يمثل معدن التلوك الدرجة رقم 1 في مقياس موهس للقساوة؛ لأنَّه من أطري المعادن، ويمكن خدشه بظفر الأصبع. وفي المقابل فإنَّ الألماس يمثل الرقم 10 في المقياس نفسه. لذا يستخدم لجعل أدوات القطع ومنها مثقب الحفر ومعدات الصقل أكثر حدة. ويوضح الشكل 9-1 معدني الماس والكورنديوم.

ويستخدم المقياس المبين في الجدول 2-1 بالطريقة الآتية: المعدن الذي يُخدَّش بظفر الإصبع قساوته تعادل 2 أو أقل، والمعدن الذي لا يُخدَّش بظفر الإصبع ويُخدَّش قطعة نحاسية تراوح قساوته بين 2.5 - 3.5. أما المعدن الذي يُخدَّش قطعة نحاسية فقساوته أكبر من 3.5. ويمكن أن تستخدم مواد أخرى شائعة كتلك المذكورة في الجدول. ويوضح الشكل 10-1 معدنين مختلفين في قساوتها.

الانفصال والمكسر Cleavage and Fracture يُحدِّدُ البناء البلوري كيف تنكسر المعادن، فهي تنكسر بسهولة عند المستويات التي تكون الروابط الذرية على طواها ضعيفة. ويقال عن المعدن الذي ينقسم بسهولة وبشكل مستوي في اتجاه واحد أو أكثر أن له انفصاماً Cleavage. ولتعرف المعدن حسب انفصامه يقوم الجيولوجيون بعدد مستويات الانفصال، ودراسة الزوايا بينها. فعلى سبيل المثال، لمعدن المايكا انفصام بمستوى واحد إذ ينفصل إلى رقائق بسبب ضعف الروابط الذرية له.



الصوان



الكوارتز



الهاليت

الشكل 11-1 للهاليت انفصام مكعب تام؛ فهو ينكسر إلى قطع بزوايا 90 درجة. أما معدن الكوارتز فإن الروابط القوية فيه تمنع حدوث الانفصام. أما المكسر المحاري فيميز المعادن التي تتكون من بلورات لا ترى بالعين المجردة مثل الصوان.

الشكل 11-1 يوضح انفصام مكعب تام لمعدن الهاليت؛ بمعنى أنه ينفصل بمستويات ثلاثة؛ بسبب ضعف التجاذب الذري على طول هذه المستويات. أما معدن الكوارتز فينكسر بدون انتظام بحواف متعرجة بسبب الترابط الذري المحكم. ويقال عن المعادن التي تنكسر بحواف خشنة متعرجة إن لها مكسرًا المحكم. فالصوان والجاسبر والكالسيدوني (أنواع مختلفة من الكوارتز المجهرى البلورات) تظهر مكسرًا فريدًا أشکال قوسية تشبه زخارف أصداف المحار، ويسمى هذا المكسر مكسرًا محاريًّا.

تجربة

تعرف الانفصام والمكسر

كيف يستخدم الانفصام في تعرف المعادن؟ يتكون الانفصام عندما ينكسر المعدن في مستويات الروابط الضعيفة، وإن لم يكن للمعدن انفصام يظهر مكسرًا. وتعد طريقة تعرف وجود انفصام أو عدم وجوده وتحديد عدد مستويات الانفصام طريقة ذات مصداقية في تعرف المعادن.

خطوات العمل

الجزء الأول

٤. اختبر المعادن التي لا انفصام لها، وصف سطوحها، وتعرّفها إن استطعت.
- الجزء الثاني
٥. احصل على عيتيدين إضافيتين من معلمك. هل للمعادن الجديدة انفصام أم مكسر؟ صنفها.
٦. استعمل المنقلة لقياس الزوايا بين مستويات الانفصام للمعادن الإضافية، وسجل قياساتك.

التحليل

١. سجل عدد مستويات الانفصام، أو وجود مكسر في العينات السبع.
٢. قارن بين زوايا الانفصام للعيتين ٦ ، ٧ . وهل تمثل العيitan نفس المعدن أم لا؟
٣. توقع نتيجة ما يحصل لكل معدن منها لو ضرب بمطرقة.

١. اقرأ نموذج السلامة العامة في كراسة التجارب العملية.
٢. احصل على عيّنات لخمس معادن من معلمك، وصنفها في مجموعتين: الأولى المعادن التي لها انفصام، والأخرى المعادن التي لا انفصام لها.
٣. رتب المعادن التي لها انفصام إلى مستويات من الانفصام الأقل إلى الأكثر. ما عدد المستويات التي تُظهرها كل عينة؟ عرّف هذه المعادن إن استطعت.



الشكل 12-1 رغم أن هاتين القطعتين من الهيماتيت مختلفتان في المظهر، إلا أن مخدشهما واحد (لون المسحوق نفسه)؛ لأن مكوناتها الكيميائية واحدة.

المطويات

ضمن مطويتك معلومات من هذا القسم.

المخدش Streak يترك المعدن الذي يُخدش بقطعة البورسلان مسحوقاً ملوّناً على سطحها. والمخدش **Streak** هو لون مسحوق المعدن، ويكون مخدش المعدن اللالفزية في العادة أبيض اللون، لذا يكون المخدش مفيداً جداً في تعرّف المعدن الفلزية أكثر من المعادن اللالفزية، وقد لا يشبه مخدش المعدن الفلزي لونه الخارجي، كما في الشكل 12-1. فعلى سبيل المثال يوجد معدن الهيماتيت بهيئتين ينجم عنها مظهران مختلفان. فالهيبياتيت الذي يتكون بفعل التجوية والتعرض للهواء والماء يكون مظهراً صدئاً، وبريقه أرضياً، بينما الهيماتيت الذي تكون من الصهارة لونه فضي، ومظهراً فلزياً، أما مخدشهما فأحمر إلىبني. ولا يمكن أن نستخدم المخدش إلا مع المعادن الأطرى من قطعة الخزف، وهذا سبب آخر يجعل استعمال المخدش في تعرّف المعادن محدوداً.

ماذا قرأت؟ فسر أي نوع من المعادن يمكن تعرّفه باستعمال المخدش؟

اللون Color من أهم الخصائص الملاحظة في المعدن، ولكنه أقل الخصائص في تعرّف المعادن. ويتبادر اللون أحياناً من وجود بعض العناصر النادرة أو المركبات داخل المعدن. فعلى سبيل المثال، يكون الكوارتز أبيض اللون كما في الشكل 2-1 السابق ولكنه أيضاً يوجد بألوان مختلفة، كما في الشكل 13-1؛ بسبب وجود عناصر نادرة فيه. فالجاسبر الأحمر والجمشت الأرجواني والسترين البرتقالي تحتوي على كميات وأشكال مختلفة من الحديد. أما الكوارتز الوردي فيحتوي على المنجنيز أو التيتانيوم. وسبب ظهور الكوارتز بلون حلبي أنه يحتوي على فقاعات من الغازات والسوائل المحصورة في البلورة.



الشكل 13-1 تتحوي هذه العينات المختلفة وجميعها من الكوارتز على السيليكون والأكسجين، وتحدد الشوائب لون العينة.

الكثافة والوزن النوعي Density and specific gravity قد يكون المعادن أحياناً الحجم نفسه، إلا أن كلية مختلفان بسبب اختلاف كثافتها. فإذا كان لديك عيتان من الذهب والبيريت لها الحجم نفسه، فسوف تكون كتلة الذهب أكبر؛ لأن كثافته أكبر. والكثافة انعكاس للكتلة الذرية وبنائية المعادن، فكثافة البيريت 5.2 g/cm^3 ، وكثافة الذهب 19.3 g/cm^3 . ويمكن حساب الكثافة من خلال العلاقة: $D = \frac{M}{V}$ حيث D الكثافة، M الكتلة، V الحجم. ولأن الكثافة لا تعتمد على شكل أو حجم المعادن فإنها وسيلة ناجحة لتعريف المعادن. ويسمى مقياس الكثافة الأكثر استخداماً من قبل الجيولوجيين **الوزن النوعي Specific gravity** وهو النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة 4°C . فمثلاً، الوزن النوعي للبيريت 5.2، والوزن النوعي للذهب النقي 19.3.

النسيج Texture يصف النسيج ملمس المعادن، وتعد هذه الخاصية غير مميزة للمعادن، مثلها في ذلك مثل خاصية البريق، ويمكن وصف النسيج بأنه ناعم أو خشن أو متعرج أو شحمي أو صابوني. فمثلاً، نسيج الفلوريت في الشكل 14-1 ناعم، بينما نسيج التلك في الشكل 8-1 شحمي.

ماذا قرأت؟ فسر العلاقة بين الوزن النوعي والكثافة.



الشكل 14-1 يختلف الإحساس بالنسيج من شخص لآخر. توصف عينة الفلوريت هذه بأنها ناعمة.

مختبر تحليل البيانات

ما البيانات التي تتضمنها بطاقة تعريف المعادن؟

التحليل

1. انسخ البيانات في الجدول، واستعمل مرجعاً مناسباً لتعبئته الجدول.
2. أضف أعمدة للجدول لكتابة اسم المعادن واستعملاته وخصائص أخرى مميزة.

التفكير الناقد

3. حدد أي هذه المعادن يخدش الزجاج؟ لماذا؟
4. توقع المعادن التي توجد في الطلاء وفي مقعده.
5. توقع أي بيانات أخرى يمكن أن نضيفها إلى الجدول.

بطاقة تعريف المعادن

الاقسام والمكسر	القساوة	المخذش	لون المعادن
مكسر مسنن	3		أحمر نحاسي
مكسر غير منتظم	6	أحمر أو بني حمر	
		أصفر	أصفر ذهبي - باهت
مكسر محاري	7.5	شفاف	رمادي أو أخضر أو أبيض
مستويان للانقسام			

صفات خاصة Special Properties هناك الكثير من الصفات الخاصة التي يمكن استعمالها في تعرف المعادن، ومنها: المغناطيسية، والانكسار المزدوج وتصاعد الفقاعات الغازية عند تفاعلها مع حمض الهيدروكلوريك والفلورة، كما في الجدول 3-1.

الجدول 3-1 صفات خاصة ببعض المعادن					
التضوء (الفلورة) تحدث عندما ت تعرض بعض المعادن للأشعة فوق البنفسجية التي يجعلها تتوهج في الظلام.	تعدد الألوان سببه انكسار الأشعة الضوئية.	المغناطيسية تحدث بين المعادن المحتوية على الحديد.	الفوران يحدث عندما يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الكالسيت فتصاعد الفقاعات محدثة صوتاً للفوران.	الانكسار المزدوج يحدث عندما يمر شعاع ضوئي عبر معدن وينقسم إلى شعاعين.	الخاصية
الفلوريت الكالسيت	لابرادورايت	الماجنيتيت البيروتيت	الكالسيت	سبار أيسلندي (كالسيت شفاف).	المعدن
					مثال

التقويم 1-1

الخلاصة

- المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، ولها مكونات كيميائية محددة، وترتيب ذريٌّ داخليٌّ منتظم.
- البلورة مادة صلبة، تترتب الذرات فيها وفق ترتيب معين بصورة متكررة.

فهم الأفكار الرئيسية

- الفكرة الرئيسية اذكر سببين لعدم اعتبار النفط معدناً.
- عرف المقصود بأن المعادن تتشكل بصورة طبيعية.
- قارن بين تكون المعادن من الصهارة، ومن المحاليل.
- ميز بين الخواص الأكثر مصداقية والأقل مصداقية للمعادن.

التفكير الناقد

- وضح كيف يمكنك فحص قساوة معدن الفلسبار باستخدام كل ما يأقي: قطعة زجاج، عملة نحاسية، قطعة بورسلان.
- توقع مدى نجاح الفحص المخبري الذي يقوم به الطالب مقارنة المخدش واللون لكل من الفلوريت والكوارتز والفلسبار.

الرياضيات في الجيولوجيا

- احسب حجم 5 g من الذهب النقى، إذا علمت أن كثافة الذهب . 19.3 g/cm^3

- ت تكون المعادن من الصهارة أو من محاليل فوق مشبعة.

- يتم تعرف المعادن اعتماداً على خواصها الفيزيائية والكيميائية.

- لتعرف نوع المعادن بشكل دقيق نحتاج إلى إجراء اختبارات متعددة له منها: تحديد القساوة، وتحديد الوزن النوعي.



1-2

الأهداف

- تتعرف بمجووعات المعادن المختلفة.
- توضح مجسم السيليكا رباعي الأوجه.
- تناقش كيف تستعمل المعادن؟

مراجعة المفردات

رابطة كيميائية: القوة التي تربط ذرتين إحداهما بالأخرى.

المفردات الجديدة

السيليكارات

هرم رباعي الأوجه

الخام

الأحجار الكريمة

أنواع المعادن

الفكرة الرئيسية تُصنف المعادن اعتماداً على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

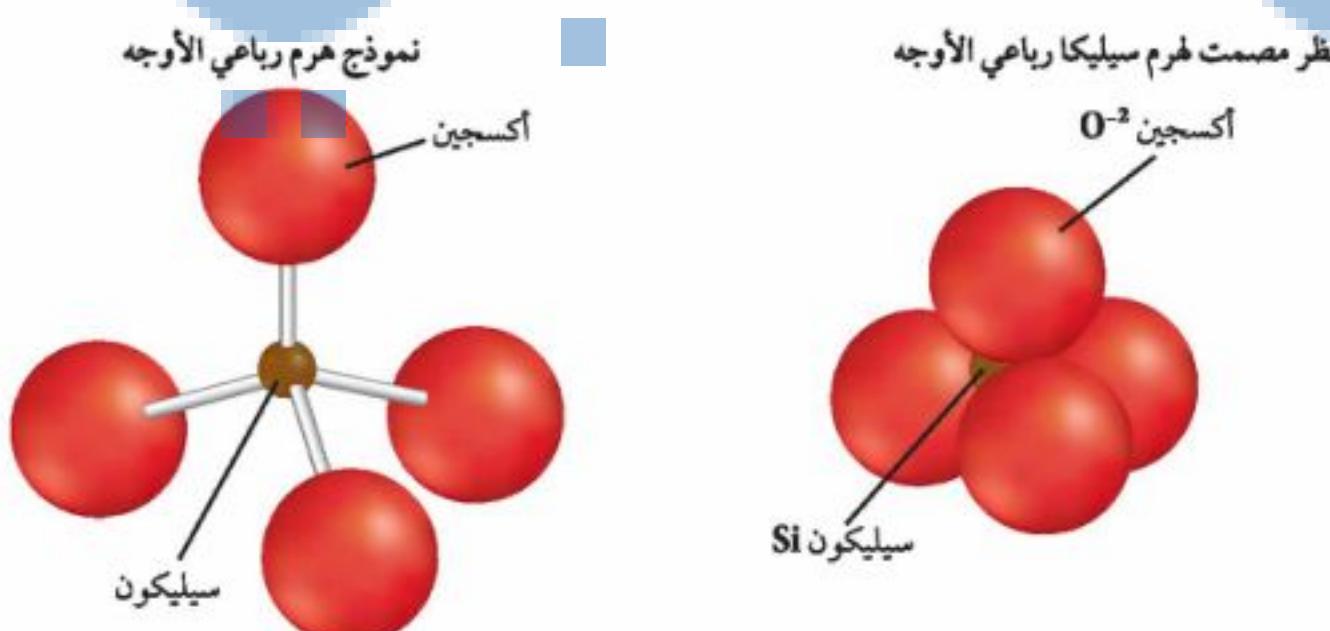
الربط مع الحياة. يُصنف كل شيء في العالم إلى مجموعات مختلفة، فالطعام والحيوانات والنباتات وغيرها تُصنف في مجموعات اعتماداً على بعض صفاتها أو خصائصها. ولا تختلف المعادن في ذلك؛ حيث تُصنف هي أيضاً في مجموعات.

مجموعات المعادن Minerals Groups

ترتبط العناصر بعضها مع بعض بطرائق وأشكال ونسب مختلفة، ويتجزئ عن ذلك تكون آلاف المعادن. ولتسهيل دراسة المعادن وفهم خواصها صنفها الجيولوجيون إلى مجموعات، ولكل مجموعة طبيعة كيميائية محددة وخصائص مميزة.

السيليكارات Silicate يُعد الأكسجين أكثر العناصر شيوعاً في القشرة الأرضية، يليه السيليكون، وتسمى المعادن المحتوية على الأكسجين والسيليكون وعنصر آخر أو أكثر -في الغالب- **السيليكارات Silicate**. وتشكل السيليكارات 96% تقريباً من المعادن الموجودة في القشرة الأرضية. ويتبع المعادن الأكثر شيوعاً (الفلسبار والكوارتز) مجموعة السيليكارات.

وحدة البناء الأساسية للمعادن السيليكاراتية هي سيليكا هرم رباعي الأوجه المبين في الشكل 15-1. **واهرم رباعي الأوجه Tetrahedron** جسم صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم، لذا يمكن تسميته هرم السيليكا. من المعروف أن الإلكترونات في مستويات الطاقة الأخيرة في الذرة تسمى إلكترونات التكافؤ. ويحدد عدد الإلكترونات التكافؤ نوع وعدد الروابط الكيميائية التي تشكلها الذرة، وأن لذرة السيليكون أربعة إلكترونات تكافؤ، فلديها القدرة على الارتباط بأربع ذرات أكسجين بطرائق متعددة، مما يسمح بوجود معادن السيليكا بتركيبات متنوعة، وخصائص مختلفة. كما في الشكل 16-1.

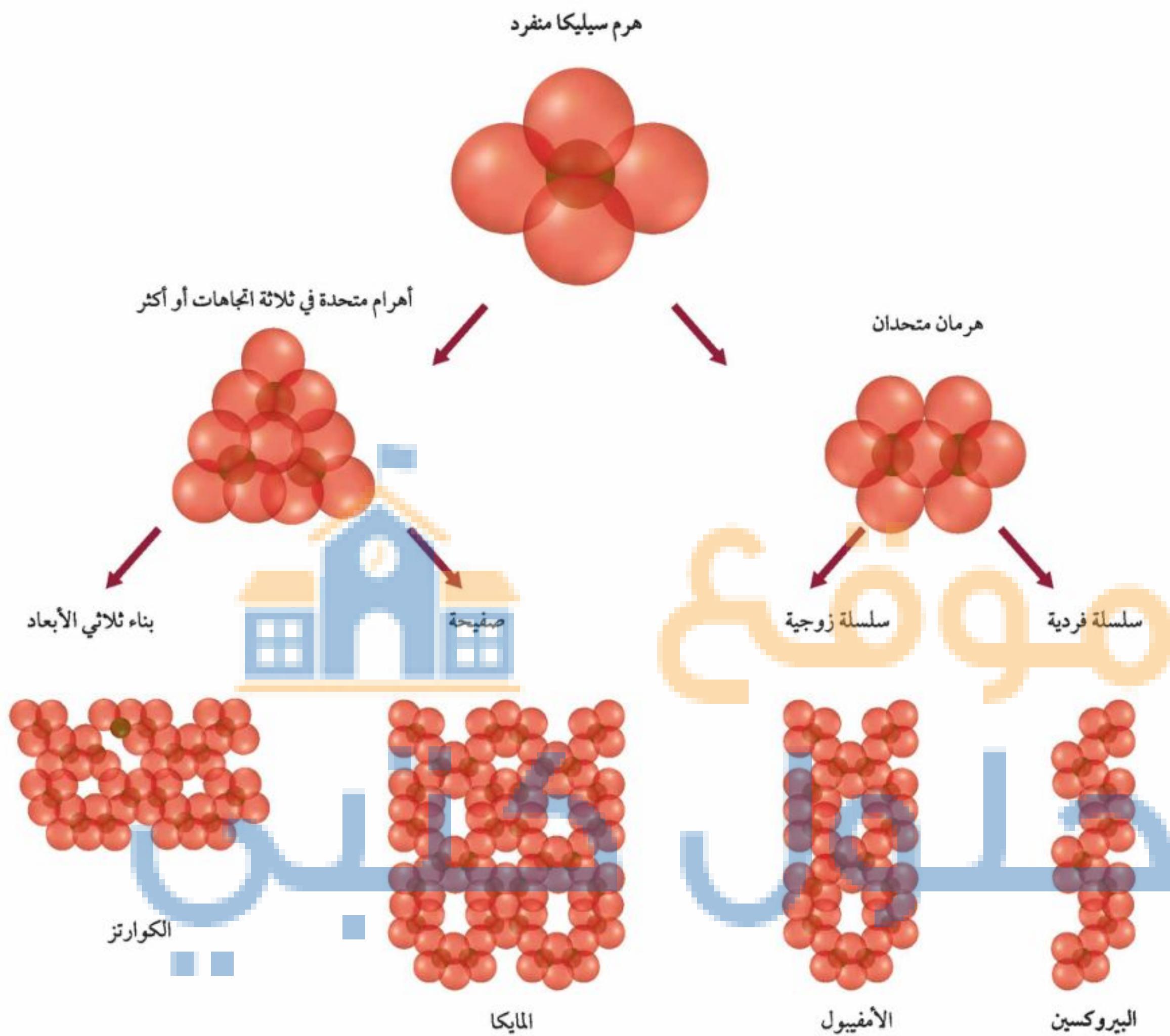


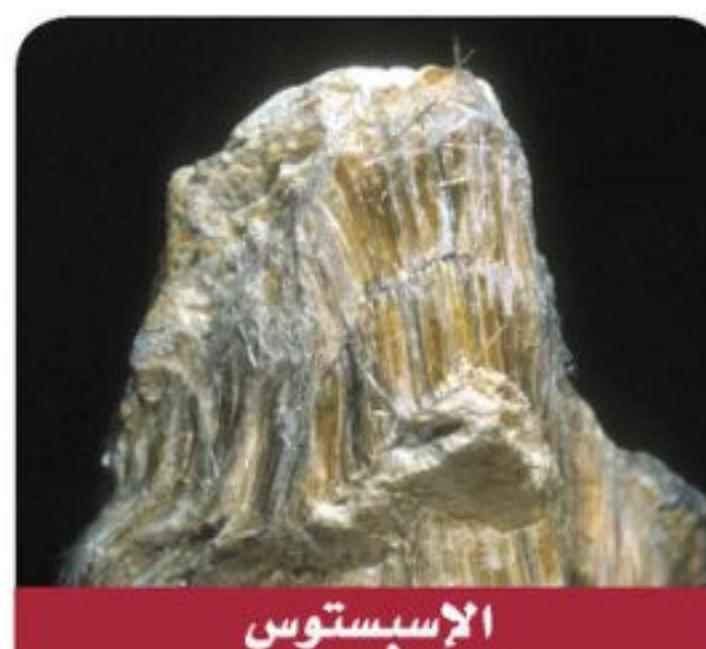
الشكل 15-1 يشكل أيون السيليكا SiO_4^{4-} ما يسمى سيليكا رباعي الأوجه (هرم السيليكا)؛ حيث توجد ذرة السيليكون في مركزه الذي يرتبط برابطة تساهيمية مع أيونات الأكسجين.

حدد عدد الذرات في الهرم الواحد.

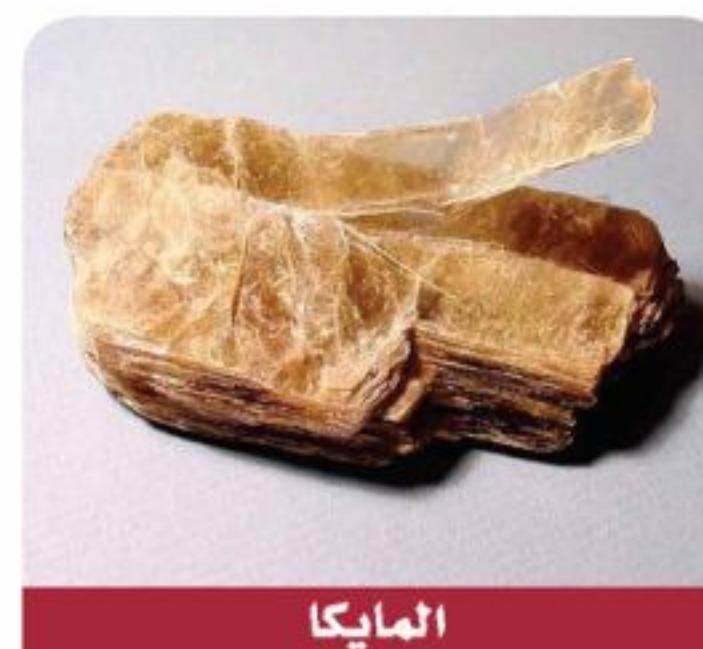
Silica Tetrahedron أهرامات السيليكا

الشكل 16-1 تحتوي أهرامات السيليكا على أربعة أيونات أكسجين مرتبطة مع ذرة سيليكون مركزية، وتتحدد أهرامات السيليكا، بعضها مع بعض على شكل سلاسل وصفائح وتراكيب معقدة، وتصبح هذه التراكيب معادن سيليكاتية متعددة في الأرض.





الإبسستوس



المايكا

ترتبط أيونات رباعي الأوجه بعضها مع بعض بروابط قوية لتشكل الصفيحة أو السلسلة أو تراكيب معقدة ثلاثة الأبعاد. والروابط بين الذرات تساعد في تنوع خصائص المعادن، ومنها المكسر والانفصال.

يظهر الشكل 17-1 الصفائح السيليكاتية (Phyllosilicate)، حيث ترتبط كل من أيونات البوتاسيوم الموجبة أو الألومنيوم مع صفائح الأهرامات السالبة الشحنة، وتنفصل المايكا إلى صفائح بسهولة؛ لأن قوى التجاذب بين صفائح أهرامات السيليكا وأيونات الألومنيوم والبوتاسيوم ضعيفة. ويكون الإبسستوس أيضاً من سلاسل مزدوجة من أهرامات السيليكا، وتتتج عن ضعف الروابط بين هذه السلاسل المزدوجة الطبيعة الليفية لمعدن الإبسستوس.

الكربونات Carbonates يتحدد الأكسجين بسهولة مع معظم العناصر تقريباً مكوناً مجموعات معدنية منها الكربونات. والكربونات معادن مكونة من أيونات فلز أو أكثر موجبة الشحنة متحدة مع أيون الكربونات CO_3^{2-} سالب الشحنة.

ومن أمثلة الكربونات: الكالسيت والدولوميت والرودوكروزيت. وتوجد معادن

الشكل 17-1 مختلف المعادن السيليكاتية اعتماداً على ترتيب أهرامات السيليكا فيها. فمثلاً ترتبط أهرامات السيليكا على شكل سلاسل زوجية في الإبسستوس بينما ترتبط على شكل صفائح في المايكا. وفي كلا النوعين تكون الروابط ضعيفة بين السلاسلتين وبين كل صفيحتين.

المفردات

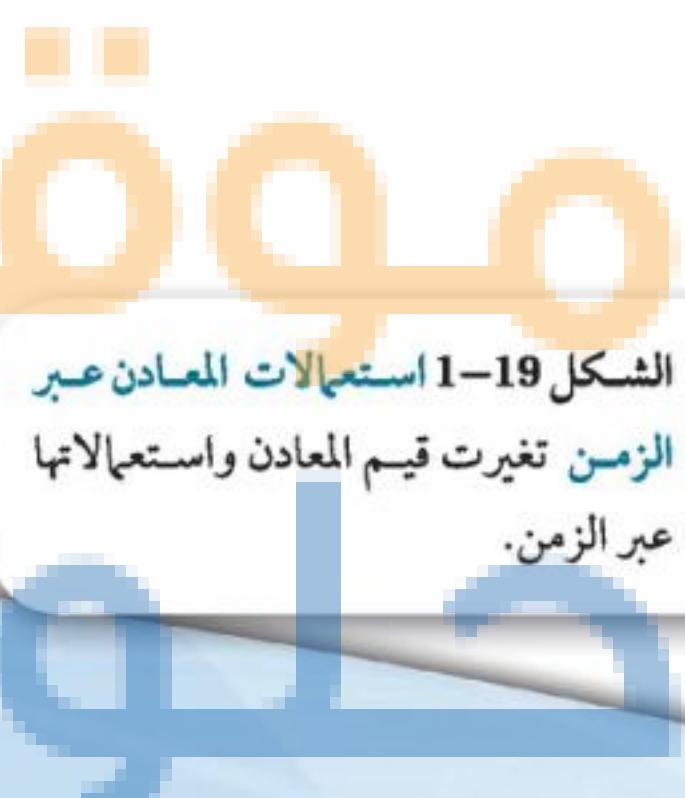
صفائح

الاستعمال العلمي

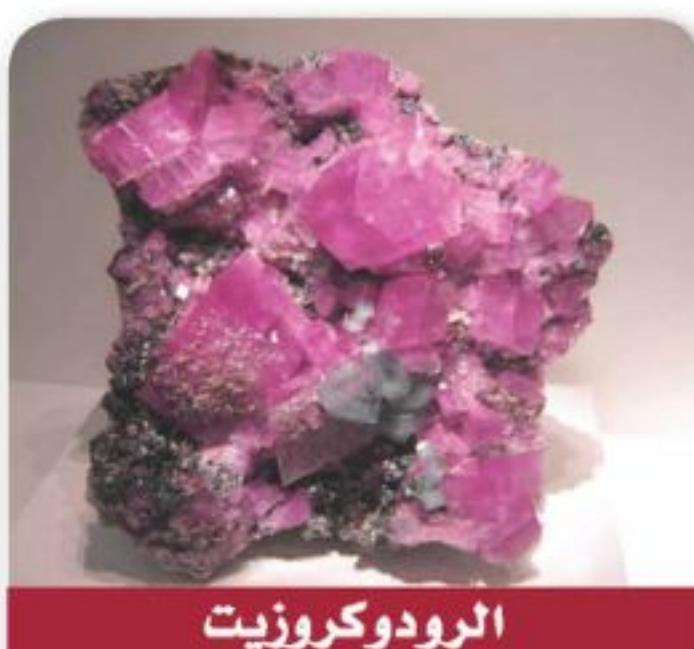
صفائح سيليكا رباعي الأوجه

الاستعمال الشائع

صفائح المعجنات والحلويات



الشكل 19-1 استعمالات المعادن عبر الزمن تغيرت قيم المعادن واستعمالاتها عبر الزمن.



الرودوكروزيت



الكالسيت

الشكل 18-1 من الأمثلة عن الكربونات
الرودوكروزيت والكالسيت.

الكربونات في الصخور الجيرية والرخام، ومتاز بعض معادن الكربونات ومنها الكالسيت بتنوع ألوانها بسبب وجود شوائب فيها، كذلك يتميز معدن الرودوكروزيت بلونه الوردي المبين في الشكل 18-1.

الأكسيد Oxides مركبات تتكون من أكسجين وفلز. وتعد معادن الهيماتيت Fe_3O_4 والماجنيتيت Fe_2O_3 أكسيد حديد شائعة، ومصدراً جيداً للحديد. ومعدن اليورانيت UO_2 معدن قيم؛ لأنه يشكل المصدر الرئيس لليورانيوم المستخدم في إنتاج الطاقة النووية.

الفوسفات Phosphate معادن تحتوي على أيون الفوسفات PO_4^{3-} ضمن تركيبها الكيميائي. ومن أشهر معادن هذه المجموعة الأباتيت $(\text{Ca}, \text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_5(\text{PO}_4)_3$ ، وتستخدم الفوسفات في صناعة الأسمدة وإنتاج حامض الفوسفوريك.

المجموعات الأخرى Other groups هناك مجموعات معدنية رئيسة أخرى، ومنها الكبريتات والكبريتيدات والهاليدات والفوسفات والعنصر الحرة (الأصلية). فالكبريتيدات - ومنها البيريت FeS_2 - مركبات تتكون من الكبريت وعنصر واحد أو أكثر. أما الكبريتات - ومنها الأنييدريت CaSO_4 - فهي مركبات لعنصر متعدد مع أيون الكبريتات SO_4^{2-} . وتكون الهاليدات - ومنها معدن الهايليت NaCl - من أيونات الكلوريد أو الفلوريد متعددة مع كالسيوم أو صوديوم أو بوتاسيوم. والعنصر الحرة - ومنها الفضة Ag أو النحاس Cu - مكونة من عنصر واحد فقط كما في الشكل 3-1 السابق.

Economic Minerals

تستعمل المعادن في صناعة الحواسيب والسيارات والتلفزيونات والمكاتب والطرق والبنيات والمجوهرات والدهانات وأدوات الرياضة والأدوية، وفي صناعات أخرى كثيرة. وتوضح الاستعمالات المختلفة للمعادن عبر التاريخ بدراستك

2006 م هنالك 242 محطة طاقة نووية وقدرها اليورانيوم تعمل عبر العالم بقدرة كلية مقدارها 369.566 جيجا وات.

1546 م ساعدت مناجم الفضة في أمريكا الجنوبية الأسبان على تأسيس تجارة عالمية قوية، و توفير الفضة اللازمة في صك النقد.

800-900 م استعمل الصينيون الملح الصخري وعنصر الكبريت والكريون في صناعة ملح البارود الذي استعمل للمرة الأولى في الألعاب النارية، واستعمل في وقت لاحق في الأسلحة.

2000 ميلادية

1500 ميلادية

500 ميلادية

1927 م حققت أول ساعة كوارتز نجاحاً في الحفاظ على دقة الوقت، وقد ساهمت خصائص الكوارتز في تطوير صناعة المذيع والرادار والحاسوب.



400-200 م مكنت أدوات الزراعة والأسلحة الحديدية الناس من الهجرة عبر إفريقيا لاستصلاح الأراضي وإقامة المستوطنات والحلول محل مجتمعات الصيد.

يلخص الجدول 4-1 مجموعات المعادن واستعمالاتها الرئيسية.

الجدول 4-1	مجموعات المعادن الرئيسية	المجموعة
الاستعمالات الاقتصادية	الأمثلة	
نوافذ الأفران الأحجار الكريمة (بيرودوت) صناعة الزجاج إضافات لترية الأصص	المايكا (بيوتيت) Mg_2SiO_4 الكوارتز الفيرميكيوليت	السيليكات
صناعة حمض الكبريتิก مجوهرات خام الرصاص خام الزنك	FeS_2 FeS_2 PbS الجالينا ZnS	الكبريتيدات
خام حديد، صبغة حمراء حجر جلخ، مجوهرات (الياقوت، زفير) مصدر لليورانيوم مصدر للتيتانيوم، صبغة، يستعارض به عن الرصاص في الدهانات مصدر للكروم، وصلات سباكة، إضافات للسيارات.	Fe_2O_3 Al_2O_3 UO_2 $FeTiO_3$ $FeCr_2O_4$	الأكسيد
أعمال المسح، مثبط لتصلب الأسمنت أعمال المسح الجيولوجية.	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ $CaSO_4$	الكبريتات
ملح الطعام، علف للمواشي، قاتل للأعشاب، إعداد الأطعمة وحفظها صناعة الفولاذ، صناعة أدوات الطهي صناعة الأسمنت	الهاليت CaF_2 السلفيت KCl	الهاليدات
صناعة الأسمنت	$Ca_5(PO_4)_6(OH,F,Cl)_2$	الفوسفات
صناعة الأسمنت والجير والطباشير صناعة الأسمنت والجير، مصدر للكالسيوم والماغنيسيوم في الفيتامينات	الكالسيت $CaMg(Co_3)_2$	الكريونات
العملات المعدنية والمجوهرات العملات المعدنية والأسلاك الكهربائية والمجوهرات العملة والمجوهرات والتصوير الأدوية والصناعات الكيميائية (أعواد الثقاب والألعاب النارية) أقلام الرصاص والتشحيم	الذهب Cu الفضة Ag الكربون C	العناصر الحرة الطبيعية (الأصلية)

المخطط الزمني في الشكل 19-1.

الخامات  **Ores** كثير من المواد التي سبق ذكرها مصنوع من الخامات. ويسمى المعدن خاماً **Ore** إذا احتوى على مواد قيمة يمكن تудينها، بحيث تكون مجدهية اقتصادياً. فالهيماتيت على سبيل المثال خام يحتوي على عنصر الحديد، فالمواد المصنوعة من الحديد في غرفة صفك مصدرها على الأغلب خام الهيماتيت، والمواد المصنوعة من الألومنيوم مصدرها خام البوكسيت، والدراجة النارية في الشكل 20-1 مصنوعة من فلز التيتانيوم الذي يستخرج من معدن الإلمنيت. ويتم استكشاف المعادن الاقتصادية بطرق مختلفة منها الاستشعار عن بعد



الشكل 20-1 أجزاء من هذه الدراجة مصنوعة من التيتانيوم؛ لخفتها وزنه ومتانته الجيدة، مما يجعله فلزاً مثالياً للاستخدام.

الشكل 21-1 يظهر جمال الأحجار الكريمة الحقيقية بمجرد قطعها وتلميعها.



ويمكن استخدام طائرات تحمل معدات خاصة؛ لجمع بيانات ومعلومات عن الخامات المعدنية، أو التراكيب الجيولوجية المصاحبة للتجمادات المعدنية على سطح الأرض. وتعتمد هذه الطريقة على قياس مقدار الطاقة الكهرومغناطيسية المنبعثة أو المنعكسة عن الأجسام المراد دراستها، ثم معالجتها باستخدام برمجيات خاصة، ورسم صور وخرائط للأجسام المدروسة. ومن الخامات المعدنية التي يتم استكشافها بهذه الطريقة: النحاس، والذهب، وخامات الحديد.

ويوجد في المملكة العربية السعودية الكثير من الخامات الاقتصادية، من أهمها الذهب الذي يستخرج من مناجم مهد الذهب والصخيرات والحجارة. ومن الخامات الأخرى: الفضة والنحاس والنيكل والكروم والزنك.

الأحجار الكريمة Gems ما الذي يجعل الياقوت أكثر قيمة من المايكا؟ لندرته، ولكونه أكثر جمالاً من المايكا، لذا يعتبر الياقوت من الأحجار الكريمة. **والأحجار الكريمة Gems** معدن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلاً عن قساوتها ومقاومتها للخدش. والأحجار الكريمة تُشكل، وتستعمل في صناعة المجوهرات. ويوضح الشكل 21-1 ألماساً مصقولاً وأخر غير مصقول.

يؤدي وجود بعض الشوائب أحياناً في أحد المعادن إلى جعله ذات لون مختلف، وأغلب ثمنها من المعدن النقى نفسه. فالجُمشت حجر كريم من الكوارتز حيث يحتوي على كمية من الحديد الذي يجعل لونه بنفسجيّاً، ومعدن الكوروندم الذي يستعمل في جعل أدوات القطع أكثر حدةً يوجد أيضاً في شكلين من الأحجار الكريمة هما: الياقوت ruby والزفير Sapphir؛ حيث يحتوي الياقوت على كميات نادرة من عنصر الكروم، بينما يحتوي الزفير على مقدار ضئيل من الكوبالت والتitanium.

التقويم 2-1

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الرئيسيّة** صاغ جملة توضح العلاقة بين العناصر الكيميائية وخصوصيّات المعادن.

2. اعمل قائمة توضح العنصرين الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية، واذكر اسم المجموعة المعدنية التي يشكلانها.

التفكير الناقد

3. كُون فرضية تفسر لماذا لا يعد الأولياء معدنًا.

4. قوّم أي الفلزات الآتية يفضل استخدامه في الأدوات الرياضية وفي التطبيقات الطبية: التيتانيوم الذي وزنه النوعي 4.5 ويحتوي على Ti فقط، أم الفولاذ الذي وزنه النوعي 7.7 ويحتوي على Cr وO وFe؟

الكتابة في الجيولوجيا

5. صمم إعلاناً لبيع معدن من اختيارك. يمكنك اختيار أحجار كريمة أو معدن مهم صناعياً، وضمن الإعلان أي معلومات تظن أنها تساعدك على بيع المعدن.

الخلاصة

• ترتبط ذرة من السيليكون مع أربع ذرات من الأكسجين لتكون هرم رباعي الأوجه.

•مجموعات المعادن الرئيسية تتضمن السيليكات والكربونات والأكسيدات والكبريتات والفوسفات والكبريتيدات والهاليدات والعناصر الحرّة.

• يحتوي الخام على مادة قيمة، تعدّينها مُجده اقتصادياً.

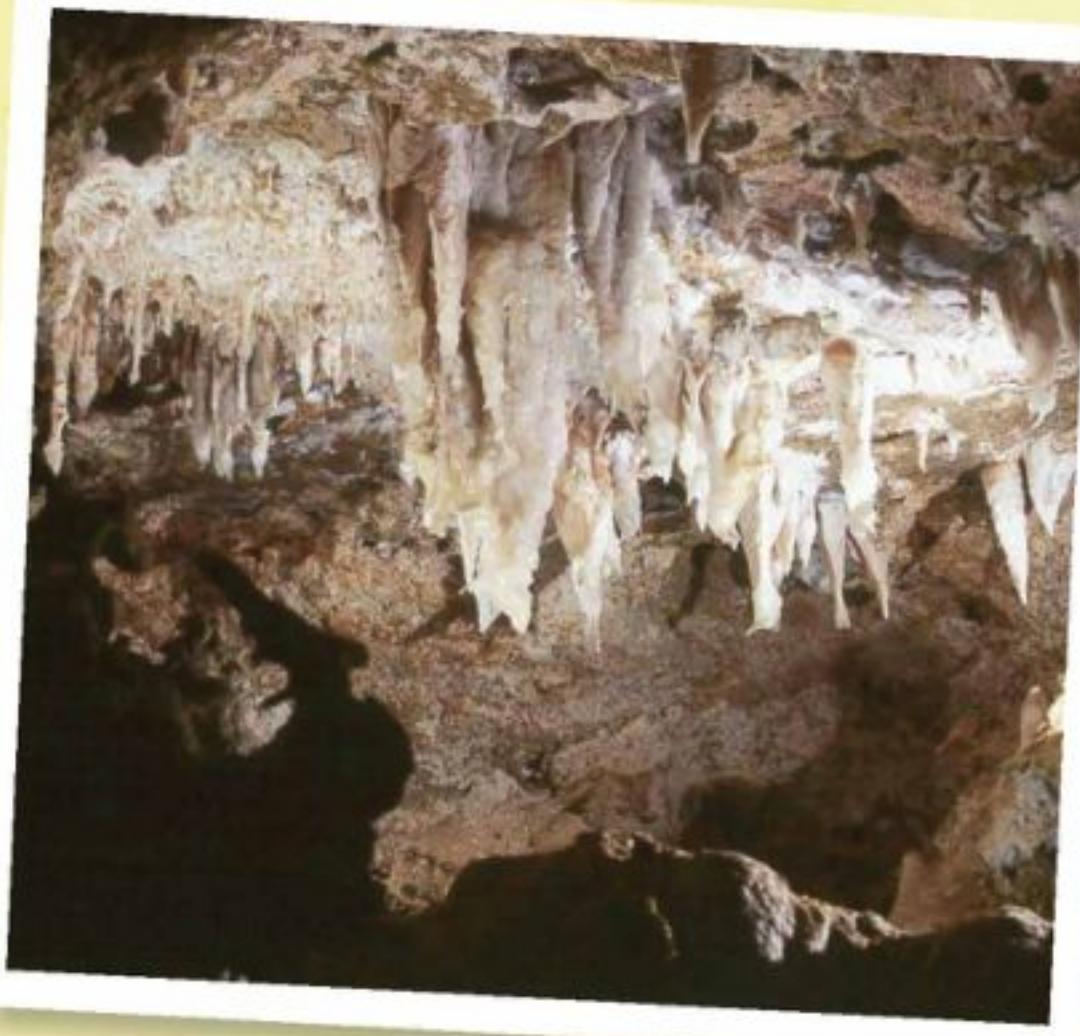
• **الأحجار الكريمة** معدن قيمة لندرتها وجمالها.

السياحة الجيولوجية

في الميدان

الدحول في المملكة العربية السعودية

تعتبر الدحول الصحراوية في المملكة العربية السعودية واحدة من أجمل وأروع المناطق السياحية الطبيعية في الصحراء. وقد تكونت هذه الدحول ببطء عبر مئات الألوف من السنين. وتقوم هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بدراسة الدحول، ومنها الواقعة في منطقة الصمان شمال شرق الرياض، واتخاذ الإجراءات اللازمة لمحافظة عليها.



ومن الدحول أيضاً دحل درب نجم، في صحراء المجمعة الشرقية وهو أقدم الدحول المكتشفة، ودخل هيـت في جبال الجبيل بالقرب من الخرج وهو من أغرب وأعجب الدحول في المملكة العربية السعودية؛ حيث اكتشف في باطنـه بحيرة تقع على عمق مائة متر تقريباً تحت سطح الأرض. كذلك دحل المربع ودخل المفاجأة في منطقة الصمان الذي يوصف بأنه أجمل الدحول على الإطلاق؛ لما فيه من مناظر خلابة ناتجة عن تبلور معدن الكالسيت على شكل هوابط وصواعـد وأعمدة في غرفـتي الشريا والأنياب.

الجيولوجيا

الكتابية في

بحث، أبحث في الإنترنت والموسوعات العلمية حول أحد الدحـول أو الكهـوف الشهـيرـة، أو زـرـ مـصـطـحـجاـ مـعـلـمـكـ أحد الدـحـولـ القرـيبـةـ منـ منـطـقـتكـ، ووثـقـ زـيـارـتكـ بـصـورـ أوـ عـيـنـاتـ صـخـرـيةـ تـجـمـعـهـاـ ثـمـ اـكـتـبـ تـقـرـيرـاـ يـضـمـنـ الـعـلـمـاتـ الـتـيـ حـصـلـتـ عـلـيـهاـ

والدـحـولـ مـفـرـدـهاـ دـحلـ فـتحـاتـ فـيـ الـأـرـضـ،ـ أـشـبـهـ بـالـأـنـفـاقـ،ـ يـصـلـ قـطـرـ فـوـهـةـ بـعـضـهـاـ إـلـىـ حـوـالـيـ ٢٠ـ مـتـراـ.ـ وـتـكـونـ الدـحـولـ نـتـيـجـةـ تـسـرـبـ المـيـاهـ عـبـرـ الشـقـوقـ فـيـ الصـخـورـ،ـ وـمـعـ مـرـورـ الزـمـنـ يـذـوبـ الصـخـرـ وـتـكـونـ الدـحـولـ.ـ وـتـنـمـوـ فـيـ الدـحـولـ بـلـوـرـاتـ مـنـ مـعـدـنـ الـكـالـسـيـتـ وـالـجـبـسـ بـأـشـكـالـ وـأـلـوـانـ مـيـزـةـ،ـ وـتـخـتـلـفـ الـبـلـوـرـاتـ فـيـ أـطـوـالـهـاـ حـيـثـ يـتـجـاـوزـ بـعـضـهـاـ الـمـتـرـ أـحـيـاناـ.

كيف تكونت هذه البلورات؟ تـحتاجـ الـبـلـوـرـاتـ إـلـىـ أـشـيـاءـ عـدـةـ لـكـيـ تـكـونـ،ـ أـوـلـاـ الفـرـاغـ وـهـوـ الـدـحلـ،ـ وـتـحـتـاجـ الـبـلـوـرـاتـ فـيـ تـكـونـهـاـ أـيـضـاـ إـلـىـ مـصـدـرـ مـنـ الـمـاءـ غـنـيـ بـالـمـعـادـنـ الـذـائـبـةـ.ـ وـهـنـاكـ عـوـاـمـلـ أـخـرـىـ أـيـضـاـ،ـ مـنـهـاـ:ـ الضـغـطـ،ـ درـجـةـ الـحرـارـةـ،ـ مـسـتـوىـ المـاءـ فـيـ الـكـهـفـ،ـ كـيـمـيـائـةـ الـمـيـاهـ الـعـنـيـةـ بـالـمـعـادـنـ.

ومن الدـحـولـ المشـهـورـةـ فـيـ الـمـلـكـةـ الـعـرـبـيـةـ السـعـودـيـةـ:ـ دـحلـ سـلـطـانـ الـذـيـ يـقـعـ بـالـقـرـبـ مـنـ قـرـيـةـ الـمـعـاـلـةـ فـيـ مـنـطـقـةـ الـصـمـانـ الـذـيـ يـتـمـيزـ بـمـدـخـلـ ضـيقـ،ـ يـقـودـ إـلـىـ بـهـوـ رـائـعـ،ـ تـدـلـىـ مـنـ سـقـفـهـ هـوـابـطـ الـجـمـيلـةـ.ـ وـفـيـهـ مـرـاتـ عـدـيدـةـ،ـ مـتـدـلـةـ،ـ وـيـمـتـلـىـ فـيـ الشـتـاءـ بـالـمـيـاهـ.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك دليل المعادن الميداني

6. اقرأ المخطط وتأكد إذا كانت جميع الخطوط مقبولة وقابلة للتنفيذ أم لا.
7. هل هناك إجراء يحتاج إلى بحث إضافي؟ استخدم المراجع العلمية أو الإنترنت لجمع المعلومات الازمة لإنجاز الدليل.
8. ما المعلومات الإضافية التي يتضمنها الدليل؟ يمكن أن يبين الدليل طريقة تكوُّن كل معدن، واستعمالاته وصيغته الكيميائية وصورة معونة للمعدن أو رسم المعدن.

التحليل والاستنتاج

1. حلل أي الاختبارات أكثر تميزاً للمعادن؟ وأيها أقل تميزاً؟ ناقش الأسباب التي تجعل خاصية ما أكثر فائدة من غيرها في تعرف المعدن.
2. لاحظ وفسّر أي المعدن يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك؟ ولماذا تظهر الفقاعات على سطح العينة؟
3. الربط مع الكيمياء أكتب معادلة كيميائية موزونة تصف فيها التفاعل الكيميائي بين المعدن والحامض.
4. تفحص ما المعلومات التي يتضمنها الدليل؟ وما المصادر التي استخدمت لجمع المعلومات؟ صفحه تصميم صفحة الدليل.
5. قوم ما إيجابيات وسلبيات الدليل؟
6. استخلص النتائج اعتماداً على نتائجك، هل هناك أي فحص حاسم يمكن استعماله بشكل دائم لتمييز المعادن؟ ووضح إجابتك.

الكتابة في الجيولوجيا

مشاركة الزملاء أرسل ملخص نتائجك إلى زملائك في الصف أو المدرسة. قارن بين نتائجك ونتائج طلاب آخرين نفذوا هذه التجربة.

خلفية علمية: هل استخدمت دليلاً ميدانياً من قبل لتعرف الطيور أو الأزهار أو الصخور أو الحشرات. إذا فعلت ذلك فأنت تعرف أن الدليل الميداني لا يحتوي فقط صوراً لما تبحث أو ترغب في تعرُّفه، بل أكثر من ذلك؛ إذ يحتوي الدليل الميداني للمعادن على خلفية علمية عن المعادن عموماً، ومعلومات محددة عن كل معدن، تتضمن خصائصه، وتكونه، واستعمالاته.

سؤال: ما المعلومات التي يجب أن يتضمنها دليل المعادن الميداني لمساعدة القارئ على تعرُّف معدن مجهول؟

الأدوات

قطعة نحاس	عينات معادن
مشبك أوراق	عدسة مكبرة
مغناطيس	لوح زجاج
حوض هيدروكلوريك مغفف	لوح المخدش (قطعة خزف)
قطارة	مقاييس موحس للقياسة
مرجع علمي للمعادن	مسار أو دبوس فولاذي

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل تنفيذها.
3. نظم مع أفراد مجموعتك الخطوات التي ستبعها لإعداد الدليل الميداني، مع الأخذ في الاعتبار المواد المتاحة التي تحتاج إليها عند التخطيط للعمل.
4. هل يجب أن تكرر إجراءات فحص أي خاصية للمعدن؟ وكيف تعرف إذا كانت خاصية معينة تدل على معدن معين دون سواه؟
5. صمم جدول بيانات لتلخيص نتائجك، وتأكد من وجود عمود لتسجيل إذا كان الدليل يتضمن اختباراً محدداً يتم من خلاله تعرف المعدن أم لا. ويمكنك استعمال هذا الجدول كأساس لدليلك الميداني.

دليل مراجعة الفصل

1

الفكرة العامة المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
1-1 ما المعادن؟	ال IDEA المعادن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركب غير عضوي أو عنصر، و لها شكل بلوري ثابت. <ul style="list-style-type: none"> المعادن مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، و بناء بلوري محدد. البلورة جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر. و غالباً ما يمثل البناء الداخلي المنتظم للمعدن شكل البلورة. المعادن تتبلور من الصهارة، ومن المحاليل فوق المشبعة. لتتميز المعادن بطريقة صحيحة لا بد من اختبار أكثر من خاصية.
1-2 أنواع المعادن	ال IDEA تُصنف المعادن اعتماداً على خواصها الكيميائية والفيزيائية. <ul style="list-style-type: none"> تحاط ذرة السيليكون في مجموعة السيليكات بأربع ذرات أكسجين لتشكل هرم السيليكا. مجموعات المعادن الرئيسية هي: السيليكات والكربونات والأكسيد والفوسفات والكبريتيدات والكبريتات والهاليدات والعناصر الخردة. الخام يحتوي على مواد قيمة يمكن تعديتها بحيث تكون مجدية اقتصادياً. يمكن تصنيف المعادن اعتماداً على صفاتها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية. الأحجار الكريمة معادن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلاً عن قساوتها و مقاومتها للخدش.

تقدير الفصل

1

9. ما الخاصية التي تؤدي إلى تكسير معدن الحالينا إلى مكعبات صغيرة؟

- c. القساوة a. الكثافة
- b. البناء البلوري d. البريق

10. ما الخاصية المستعملة في تصنيف المعادن إلى مجموعات منفردة؟

- a. البناء الذري الداخلي.
- b. وجود أحراش السيليكا أو عدم وجودها.
- c. المكونات الكيميائية.
- d. الكثافة والقساوة.

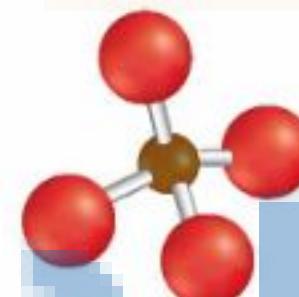
11. معدن كتلته 100 g وحجمه 50 cm^3 . ما كثافته؟

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 5 g/cm^3 . c | 5000 g/cm^3 . a |
| 150 g/cm^3 . d | 2 g/cm^3 . b |

12. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لهرم السيليكا؟

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| SiO_4^{-4} . c | SiO_2 . a |
| Si_2O_2 . d | $\text{Si}_2\text{O}_2^{+4}$. b |

استعمل الشكل أدناه في الإجابة عن السؤالين 13 و 14



13. أين يرتبط رباعي الأوجه بعضه مع بعض؟

- a. في مركز ذرة السيليكون.
- b. عند أي ذرة أكسجين.
- c. عند ذرة الأكسجين العلوية فقط.
- d. عند ذرات الأكسجين السفلية فقط.

14. أي مجموعات المعادن الآتية تتكون بشكل رئيس من شكل رباعي الأوجه؟

- c. الكربونات a. السيليكات
- d. الكبريتات b. الأكسيد

مراجعة المفردات

لتحديد المصطلح الذي يصف كلاً من العبارات الآتية استعن بها ورد في دليل مراجعة الفصل:

1. العنصر أو المركب غير العضوي الصلب الذي يوجد في الطبيعة.

2. الأشكال الهندسية المنتظمة والمرتبة بنمط متكرر في المعادن.

3. مجموعة المعادن المحتوية على السيليكون والأكسجين.

وضح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يأتي:

4. خام، حجر كريم.

5. سيليكات، هرم رباعي الأوجه.

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:

6. تُظهر المعادن التي تنكسر عشوائياً

7. فحص ال يحدد المواد التي يخدشها المعدن.

ثبت المفاهيم الرئيسية

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن سؤال 8.



8. ما الخاصية المعدنية التي يتم فحصها؟

- a. النسيج c. الانفصال
- b. المكسر d. القساوة

19. أيُّ معدن تصاعد منه فقاعات غازية (فوران) عند ملامسته حمض الهيدروكلوريك؟

- a. الكوارتز
- c. الجبس
- b. الكالسيت
- d. الفلوريت

20. ما الخاصية التي تصف المصطلحات الآتية: باهت، حريري، شمعي، لؤلؤي، أرضي؟

- a. البريق
- c. اللون
- b. المخدش
- d. الانفصام

21. ماذا يتطلب المعدن لكي يعتبر خاماً؟

a. أن يكون شائعاً.

b. لا يسبب إنتاجه تلوثاً.

c. أن يوجد بصورة تلقائية في الطبيعة.

d. أن يحقق إنتاجه ربحاً اقتصادياً.

أسئلة برتانية

22. فسر لماذا يختلف لون حجر الياقوت عن لون الزفير رغم أنها شكلان لمعدن الكورنديوم؟

23. صف الأثر الضوئي الناجم عن وضع قطعة شفافة من معدن سبار أيسلندا (نوع من معدن الكالسيت) فوق كلمة جيولوجيا في كتاب ما.

24. لخص عملية تكون بلورات سكر في كأس من الشاي الساخن محل بالسكر.

25. كون فرضية أي الخواص المعدنية نتيجة مباشرة لترتيب الذرات أو الأيونات في البلورات؟ وضع إجابتك.

26. قارن للألماس والجرافيت المكونات الكيميائية نفسها. ما أوجه الشبه والاختلاف بين هذين المعدنيين؟ ولماذا يعد الألماس حبراً كريماً بخلاف الجرافيت؟

15. أيُّ المعادن الآتية لا يمكن تحديد مدخشه باستعمال صفيحة البورسلان؟

- a. الهيباتيت
- c. الفلسبار
- b. الذهب
- d. الماجنيتيت

16. أيُّ من العناصر الآتية أكثر شيوعاً في القشرة الأرضية؟

- a. الصوديوم
- c. الحديد
- b. السيليكون
- d. الكربون

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال (17):

الصيغ الكيميائية لبعض المعادن	
الاسم	الصيغة الكيميائية
الكوارتز	SiO_2
الفلسبار	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ KAlSi_3O_8
الأمفيبول	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ $\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
الأوليفين	$(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$

17. ما العامل الرئيس الذي يحدد الاختلاف في المكونات الكيميائية في المعادن في الجدول أعلاه؟

- a. معدل تبريد الصهارة.
- b. درجة حرارة الصهارة.
- c. وجود الماء أو غيابه.
- d. تغيرات في الضغط.

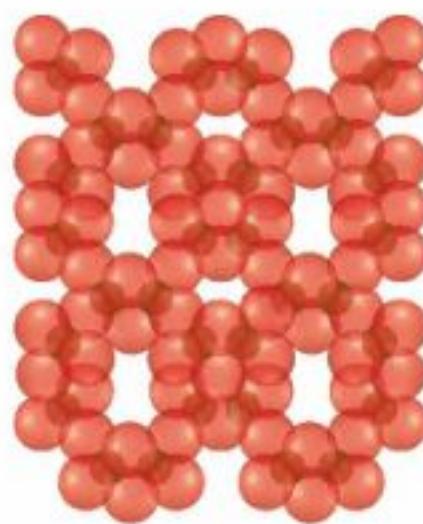
18. المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسيت. فإلى أيِّ مجموعة معدنية يتبع؟

- a. السيليكات
- c. الأكسيدات
- b. الكربونات

1

تقدير الفصل

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 33 و 34 :



33. استنتاج المايكا معدن سيليكاتية صفائحية تترتب ذراتها، كما في الشكل أعلاه. ما الذي يربط هذه الصفائح التي تتكون من هرم رباعي الأوجه سالب الشحنة؟

34. صفات نوع الانفصام في المعادن التي لها التركيب الذري الموضح في الشكل.

خريطة مفاهيمية

35. ارسم خريطة مفاهيمية مستعملاً المصطلحات الآتية: سيليكات، أكسيدات، هاليدات، كبريتات، كربونات، كبريتيدات، فوسفات، عناصر حرة (أصلية)، أضف أي مصطلحات مساعدة.

سؤال تحضير

36. رتب بالإضافة إلى السيليكات الصفائحية هناك سيليكات السلسل والسيليكات الثلاثية الأبعاد والسيليكات الحلقة. رتب ستة أهرامات سيليكا على شكل سيليكات حلقة، وتأكد من ربط ذرات الأكسجين بدقة.

التفكير الناقد

27. صفات الاختلافات التي تظهرها معادن الحارنـت المدونة في الجدول 1-1.

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال 28.



28. ارسم كيف يكون التركيب الذري لبلورـة هذا المعدن إذا كان شـكل البلورـة انعـكاسـاً خـارجـياً له؟

29. اقترح أفضل المعادن - مـاعـداً الـأـلـمـاسـ - التي يمكن أن تـُـسـتـخـدـمـ في صـنـعـ وـرـقـ الصـنـفـرـةـ؟ وـضـعـ إـجـابـتكـ مستـخدـماً الجـدـولـ 2-1.

30. قـرـرـأـيـ المـوـادـ الـأـتـيـةـ لـيـسـتـ مـعـادـنـ؟ النـفـطـ، الـخـشـبـ، الـفـحـمـ، الـفـوـلـاذـ، الـأـسـمـنـتـ، الـزـجاجـ. وـلـمـاـذـ؟

31. استدل كيف استعمل المنقبون الأوائل في المناجم الكثافة في تحديد إذا كان المعدن الذي وجدوه بيريناً أم ذهباً؟

32. قـوـمـ تخـيلـ أنهـ تمـ اكتـشـافـ حـجـرـ كـرـيمـ أـكـثـرـ إـبـهـارـاـ مـنـ الـأـلـمـاسـ وـالـيـاقـوتـ. قـوـمـ الـعـوـاـمـ الـتـيـ سـتـؤـخـذـ بـعـينـ الـاعـتـارـ لـتـقـدـيرـ قـيـمـةـ الـحـجـرـ الـكـرـيمـ الـجـدـيدـ مـقـارـنـةـ بـالـأـحـجـارـ الـكـرـيمـةـ الـمـعـرـوفـةـ.

اختبار مقمن

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و 6:

القساوة	المعدن	القساوة	المعدن
6	الفلسبار	1	التلك
7	الكوارتز	2	الجبس
8	التوبياز	3	الكايسيليت
9	كورندوم	4	الفلوريت
10	الألماس	5	الأباتيت

5. بم تصنف الألماس من واقع البيانات الواردة في الجدول؟

- a. المعدن الأثقل.
- b. المعدن الأبطأ في التكون.
- c. الأكثر انتظاماً في البناء البلوري.
- d. لا يمكن خدمته بأي معدن آخر.

6. أي معدن يخدش الفلسبار ولا يخدش التوباز؟

- c. الأباتيت
- a. الكوارتز
- b. الكايسيليت
- d. الألماس

7. التخطيط الجيد لإجراء تجربة لا يتشرط بالضرورة وجود واحد من العناصر الآتية:

- a. التكنولوجيا.
- b. تحديد المتغيرات.
- c. صياغة الفرضيات.
- d. جمع البيانات.

اختيار من متعدد

1. أي العناصر الآتية ترتيبه الثاني من حيث وفرته في القشرة الأرضية؟

- c. السيليكون
- a. النيتروجين
- d. الكربون
- b. الأكسجين

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و 3:

البريق / اللون	الوزن النوعي	القساوة	المعدن
لافزي / شفاف أو أبيض	2.5–2.8	6–6.5	الفلسبار
لافزي / أزرق، أصفر، بنفسجي، أخضر، بني	3–3.3	4	الفلوريت
فلزي / رمادي، أسود	7.4–7.6	2.5–2.75	الجالينا
لافزي، شفاف عندما يكون نقىًّا	2.65	7	الكوارتز

2. أي المعدن الآتية أكثر قساوة؟

- c. الجالينا
- a. الفلسبار
- b. الفلوريت
- d. الكوارتز

3. أي المعدن الآتية ذات لمعان فلزي؟

- c. الجالينا
- a. الفلسبار
- b. الفلوريت
- d. الكوارتز

4. أي الخصائص الآتية أكثر مصداقية لتعرف المعدن؟

- a. اللون
- c. القساوة
- d. البريق
- b. المخدش

اختبار مقتن

صناعة الأجهزة الإلكترونية، ويوجد السيليكون في الطبيعة بأشكال متعددة؛ فهو موجود في الكثير من الصخور، وأحياناً في المياه، وفي الهواء على شكل دقائق غبار، وفي هياكل بعض المخلوقات الحية، ويوجد أيضاً في الكواكب والنجوم. لا يوجد السيليكون منفرداً في الطبيعة، بخلاف الذهب أو الفضة، بل يوجد دائئراً متحداً مع عناصر؛ منها الأكسجين O والألومنيوم Al والماغنيسيوم Mg والكالسيوم Ca والصوديوم Na والبوتاسيوم K والحديد Fe، وغيرها من العناصر، ويكون مجموعة السيليكات، وهي أكبر المجموعات الكيميائية، وأكثرها تعقيداً.

لون السيليكون رمادي باهت، وزنه النوعي 2.42 وتكافؤه مثل تكافؤ الكربون، وقد دخل السيليكون في مجموعة من الصناعات الكيميائية، منها كربيد السيليكون الذي يستعمل لشحذ أدوات القطع، ومطاط السيليكون المستعمل في السدادات، والزيوت والدهانات. والسيليكون من العناصر شبه الموصلة، لذا يستعمل في الخلايا الشمسية لتوليد التيار الكهربائي من الضوء، ويستعمل في صنع الرقائق الإلكترونية والترانزستورات.

14. اعتماداً على النص السابق؛ أيُّ خصائص السيليكون الآتية تشكل تحدياً لاستخدامه؟

- a. يحيط به حالة من الإلكترونات.
- b. لونه رمادي باهت.
- c. لا يوجد منفرداً في الطبيعة.
- d. واسع الانتشار في أماكن عديدة.

15. أيُّ الصناعات الآتية لا تعتمد على الحالة الكيميائية للسيليكون؟

- a. مطاط السيليكون والسدادات.
- b. كربيد السيليكون والجحارة التي تشحذ أدوات القطع.
- c. الرقائق الإلكترونية.
- d. الزيوت والدهانات.

16. لماذا لم يكن السيليكون معروفاً بشكل واسع قبل انتشار الأجهزة الإلكترونية؟

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل معامل التحويل والجدول الآتي للإجابة عن

الأسئلة 10-8: $0.2\text{g} = 1.0$

العنصر	قيراط	грамм
ماسة سام: أكبر ماسة في العالم وجدت في الولايات المتحدة	40.4	?
ماسة بنش جون: ثانية أكبر ماسة في العالم	?	6.89
ماسة تريزا: اكتشفت عام 1888 م	21.5	4.3
مجمل إنتاج غرب أستراليا من الألماس في العام 2001 م	21,679,930	?

8. رتب الماسات الثلاث من الأصغر إلى الأكبر حسب أوزانها بالقيراط وسجل وزن كل منها.

9. كم كيلو جراماً من الألماس أنتجت غرب أستراليا في العام 2001 م؟

10. لماذا يحول منقبو الألماس قياساتهم من القيراط إلى الجرام؟

11. لماذا يعاد تصنيف بعض المعادن من خام اقتصادي إلى معدن غير اقتصادي؟

12. عرف البريق، وبين لماذا يصعب استعمال البريق في تعرف المعادن؟

13. لماذا تصنف بعض المعادن خامات، ولا تصنف معادن أخرى كذلك؟

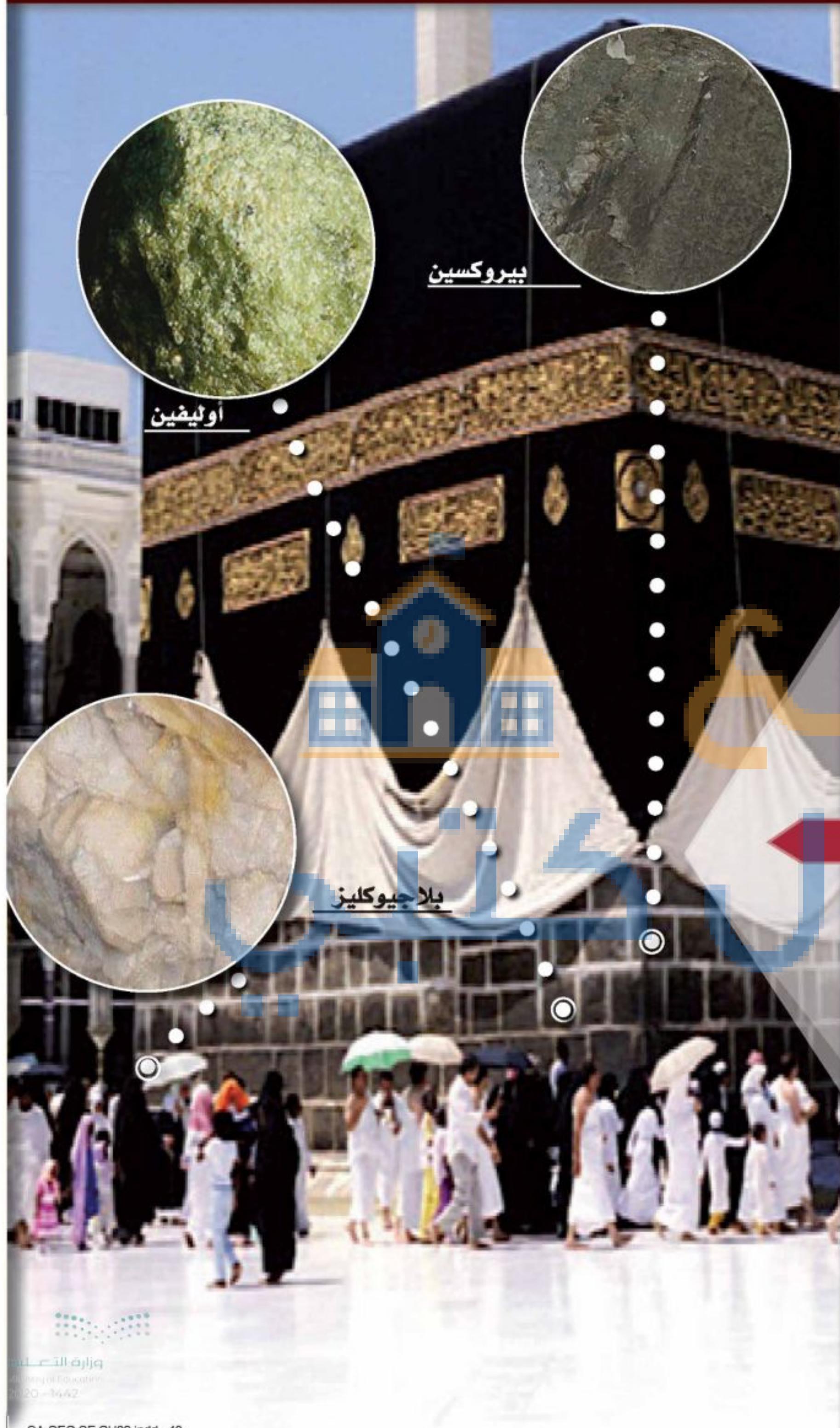
القراءة والاستيعاب

السيليكون

السيليكون Si ثاني أكثر العناصر انتشاراً في القشرة الأرضية. إلا أن الاهتمام به زاد بشكل واسع بعد استعماله في

الصخور النارية Igneous Rocks

2



الفكرة العامة الصخور النارية أول الصخور التي تشكلت عندما بردت الأرض، وتبلورت في القشرة الأرضية الأولية.

1-2 ما هي الصخور النارية؟

الفكرة الرئيسية الصخور النارية هي الصخور التي تكون عندما تبرد المواد المنصهرة الموجودة في باطن الأرض، وتبلور.

2-2 تصنیف الصخور النارية

الفكرة الرئيسية يعتمد تصنیف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسجها.

حقائق جيولوجية

- بنيت الكعبة المشرفة في عهد نبى الله إبراهيم عليه السلام.
- تم بناؤها باستخدام الحجارة البازلتية المتوافرة في مكة المكرمة.
- تبلغ مساحة الكعبة المشرفة تقريباً 145 m².

نشاطات تمهيدية

أنواع الصخور النارية

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين الصخور النارية السطحية والصخور النارية الجوفية.



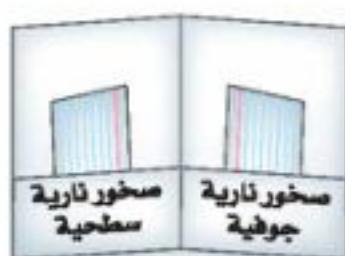
المطويات

منظمات الأفكار

الخطوة 1 : اثن أسفل ورقة أفقية نحو الأعلى بمقدار .3 cm



الخطوة 2 : اثن الورقة من المتصف.



الخطوة 3 : افتحها وألصقها بضمغ أو دبليس لعمل جيدين، وعنوانهما كما في الشكل.



استخدم هذه المطوية في القسم 2-2 من الفصل الثاني مستعملاً ربع ورقة تكتب فيها ملخصاً عن كيفية تكون كل نوع من الصخور مع إعطاء أمثلة.

كتابي

تجربة استهلاكية

كيف تعرف المعادن؟

تتكون الصخور النارية من معادن مختلفة، ويمكن تمييز تلك المعادن في بعض أنواع الصخور النارية التي تتكون من بلورات معدنية كبيرة.

الخطوات

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- احرص على عينتين من الجرانيت بالعين المجردة، وسجل ملاحظاتك.
- استعمل عدسة مكبرة أو مجهرًا مستقطب لمشاهدة عينة الجرانيت، وسجل ملاحظاتك.



التحليل

- وضح ما شاهدته من خلال العدسة المكبرة أو المجهر المستقطب. ضمن رسمك مقاييس للرسم توضح من خلاله النسبة بين حجم البلورات في العينة وحجمها على الرسم.
- عدد أنواع المعادن التي شاهدتها في عينتك.
- صف أشكال بلورات المعادن وحجومها.
- اكتب أي دليل يفيد أن هذه البلورات تكونت من صخر مصهور.



2-1

الأهداف

- تلخص تكون الصخور النارية.
- تصف مكونات الصهارة.
- تعرف العوامل التي تؤثر في كيفية انصهار الصخور وتبلورها.

مراجعة المفردات

السيликات: معادن تحتوي على السيليكون والأكسجين، مع وجود واحد أو أكثر من عناصر أخرى غالباً.

المفردات الجديدة

اللابة

الصخور النارية

الانصهار الجزيئي

سلالس تفاعلات باون

التبلور الجزيئي

موجة
حل

ما الصخور النارية؟

What are Igneous Rocks?

الفكرة الرئيسية الصخور النارية صخور تتكون عندما تبرد المواد المنصهرة في باطن الأرض وتبلور.

الربط مع الحياة. تستخدم الصخور النارية في العديد من المجالات ومنها: مجال البناء وفي المطابخ وواجهات المباني ورصف الشوارع.

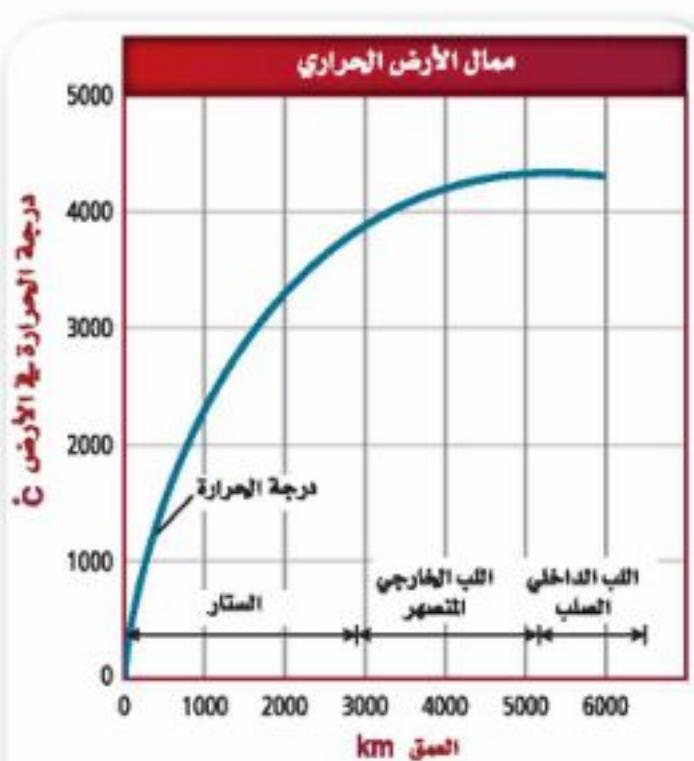
Igneous Rocks Formation

لو أنك تابعت فيلماً عن بركان نشط لشاهدت كيف تتكون الصخور النارية. وكما درست سابقاً، فإن الصهارة صخور مصهورة توجد تحت سطح الأرض. أما **اللابة Lava** فهي صهارة تتدفق على سطح الأرض. تتكون **الصخور النارية Igneous Rock** عندما تبرد الصهارة أو اللابة وتبلور المعادن.

تمكن العلماء من صهر معظم أنواع الصخور في المختبر بتسمينها إلى درجات حرارة تتراوح بين 800°C و 1200°C . وتتوافق درجات الحرارة هذه في الطبيعة في الجزء السفلي من القشرة الأرضية، وفي الجزء العلوي من الستار. ما هو مصدر هذه الحرارة؟ يعتقد العلماء أن مصدري الطاقة الحرارية الأرضية هما: الطاقة المتبقية من تكون الأرض من الصهير الأولي، وطاقة التحلل الإشعاعي للعناصر.

مكونات الصهارة Composition of magma يعتمد نوع الصخر الناري المكون على مكونات الصهارة، والصهارة خليط من صخر مصهور وغازات مذابة وبلورات معدنية، والعناصر الشائعة في الصهارة هي نفسها العناصر الرئيسية في القشرة الأرضية: الأكسجين O، والسيликون Si، والألومنيوم Al، والحديد Fe، والكلاسيوم Ca، والصوديوم Na، والبوتاسيوم K، والماغنيسيوم Mg. ومن بين جميع المركبات الموجودة في الصهارة، تعد السيликات من أكثرها شيوعاً وتأثيراً في

أنواع الصهارة		الجدول 1 - 2
مثال	المحتوى من السيликات	نوع الصهارة
حرات المدينة المنورة	42 - 52%.	بازلتية
جبال الأنديز	52 - 66%.	أنديزيتية
متزهيلوستون - أمريكا	أكثر من 66%	ريولايتية



الشكل 1-2 متوسط الماء الحراري في القشرة الأرضية $25^{\circ}\text{C}/\text{km}$ تقريباً، ويعتقد العلماء أنها تبط بشدة إلى $1^{\circ}\text{C}/\text{km}$ في الستاب.

خصائصها. وتصنف الصهارة اعتماداً على محتواها من السيليكا - كما هو مبين في الجدول 1-2 إلى بازلية أو أنديزيتية أو ريو لايتية. ويؤثر محتوى الصهارة من السيليكا في درجة انصهارها وسرعة تدفقها.

وعندما تتحرر الصهارة من الضغط الواقع عليها من الصخور المحيطة بها تتمكن الغازات الذائبة فيها من الانطلاق إلى الغلاف الجوي. لذا تختلف مكونات الابنة الكيميائية قليلاً عن المكونات الكيميائية للصهارة التي نتجت الابنة عنها.

تكوين الصهارة Magma formation تكون الصهارة بانصهار قشرة الأرض، أو مادة الستاب. وهناك أربعة عوامل رئيسة تؤثر في تكون الصهارة، هي: درجة الحرارة، الضغط، المحتوى المائي، المحتوى المعدي لمادة القشرة أو الستاب. وتزداد درجة الحرارة عادة كلما تعمقتنا في القشرة الأرضية، وتسمى هذه الزيادة في درجة الحرارة الماء الحراري، وهي مماثلة في الشكل 1-2. ولدى حفارى آبار النفط خبرة مباشرة في الماء الحراري الأرضي؛ فألات الحفر - كتلك المبينة في الشكل 2-2 يمكن أن تصادف درجات حرارة تزيد على 200°C في أثناء حفر آبار النفط العميقة. يزداد الضغط أيضاً مع زيادة العمق، وهذا ناجم عن وزن الصخور العلوية. وتفيد التجارب المختبرية أنه مع ازدياد الضغط الواقع على الصخور تزداد درجة الانصهار. لذلك فإن الصخر الذي ينصلح عند 1100°C على سطح الأرض ينصلح عند درجة 1400°C على عمق 100 km.

أما العامل الثالث الذي يؤثر في تكون الصهارة فهو المحتوى المائي الذي يغير من درجة انصهار الصخور التي تقل بازدياد المحتوى المائي.

ماذا قرأت؟ عدد العوامل الرئيسية المؤثرة في تكون الصهارة.

المحتوى المعدي Mineral content لكي نفهم كيف تعتمد الصهارة على عناصرها ومركباتها؛ من المفيد إلقاء الضوء على المحتوى المعدي للصهارة. المعادن المختلفة لها درجات انصهار مختلفة؛ فعلى سبيل المثال تنصهر صخور البازلت التي تتكون من معادن الأوليفين والفلسبار الكلسي والبيروكسین عند درجات حرارة أعلى، مقارنة بصخور الجرانيت أو الريولايت التي تتكون من الكوارتز والفلسبار البوتاسي.

إن درجة انصهار صخر الجرانيت أقل من درجة انصهار صخر البازلت؛ لأنه يحتوي على ماء أكثر، ولمعدنه درجات انصهار أقل.

وعومما تنصهر الصخور المحتوية على الحديد والماغنيسيوم - ومنها البازلت - عند درجات حرارة أعلى، مقارنة بالصخور المحتوية على نسب أعلى من السيليكون، ومنها الجرانيت.



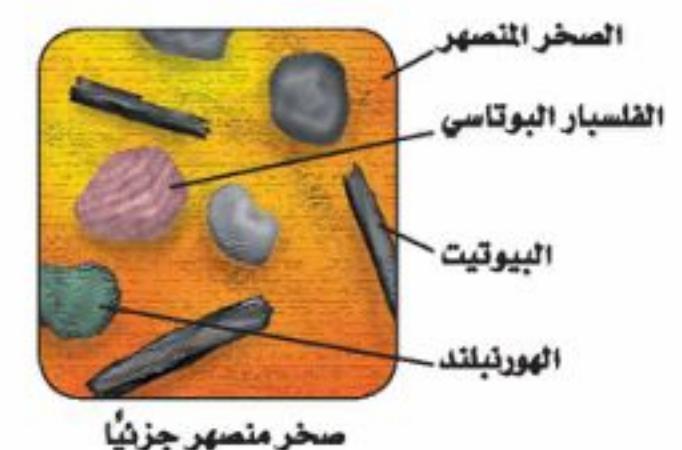
الشكل 2-2 تزداد درجة حرارة الجزء العلوي من القشرة مع زيادة العمق $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ تقريباً. وتصادف آلة الحفر عند عمق 3 km صخوراً درجة حرارتها قريبة من درجة غليان الماء.

الانصهار الجزئي Partial melting افترض أنك جمدت شمعاً منصهراً وماء في قالب مكعبات جليد، وأخذت هذا القالب خارج الثلاجة وتركته في درجة حرارة الغرفة؛ سوف ينصهر الجليد، ولكن الشمع لن ينصهر. والسبب في ذلك هو اختلاف درجتي انصهارهما. تنصهر الصخور بالطريقة نفسها لاختلاف درجات انصهار المعادن التي تحتويها. لذلك لا تنصهر جميع أجزاء الصخر عند درجة الحرارة نفسها. وهذا يفسر لماذا تكون الصهارة غالباً مزيجاً من بلورات ومصهور صخري. وتسمى عملية انصهار بعض المعادن عند درجات حرارة منخفضة مع بقاء معادن أخرى صلبة **الانصهار الجزئي Partial Melting**. انظر الشكل 3-2. ويضاف مع صهر كل مجموعة معدنية عناصر جديدة إلى خليط الصهارة، مما يؤدي إلى تغير في مكوناتها، وإذا لم تكن درجات الحرارة كافية لصهر الصخر بأكمله فإن مكونات الصهارة الناتجة ستختلف عن مكونات الصخر الذي تكونت منه، وهذه إحدى الطرق التي تتكون بها الأنواع المختلفة من الصخور النارية.

ما زلت تتساءل لماذا تختلف مكونات الصهارة الكيميائية عن المكونات الكيميائية للصخر الأصلي؟

Bowen's Reaction Series

قام الجيولوجي الكندي باون في مطلع القرن العشرين بتوضيح كيف تبرد الصهارة وتتبلىء المعادن فيها، بترتيب متنظم في عملية تعرف الآن بـ **سلسل تفاعلات باون Bowen's Reaction Series**. ويوضح الشكل 4-2 العلاقة بين درجة حرارة الصهارة في أثناء تبريدتها والمعادن السيليكاتية التي تشكل الصخور النارية. وقد اكتشف باون نمطين للتبلور؛ الطرف الأيمن ويتميز بتغير متدرج ومستمر في مكونات المعادن في مجموعة الفلسبار، أما الطرف الأيسر الموازي فيتميز بتغير مفاجئ وغير مستمر في المعادن الغنية بالحديد والماغنيسيوم.

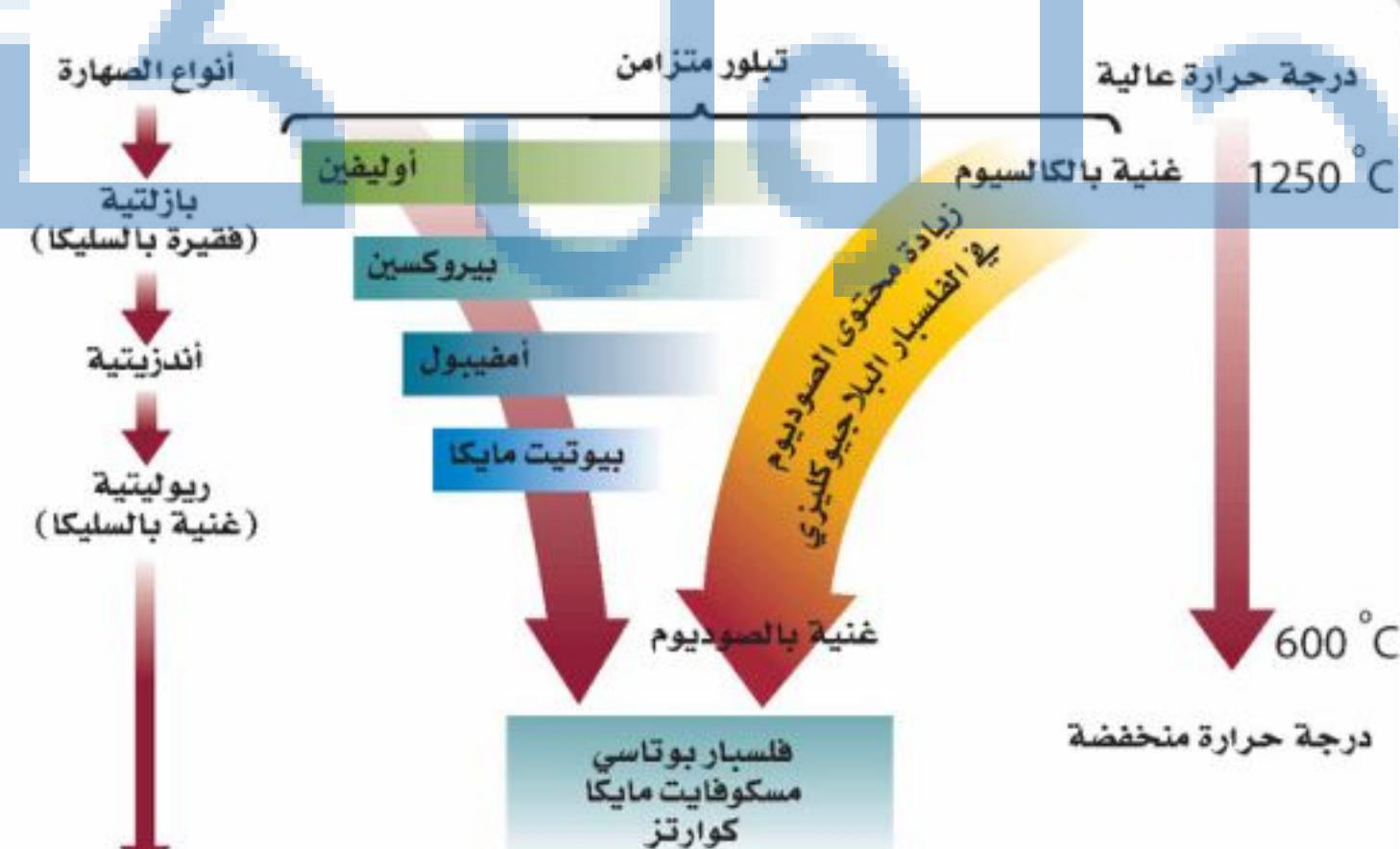


الشكل 3-2 تبدأ المعادن في الانصهار في منطقة ما عندما تبدأ درجة الحرارة بالارتفاع.
حدد ماذا تتوقع أن تكون درجة انصهار الكوارتز اعتناداً على هذا الشكل؟

موجة

الشكل 4-2 في الطرف الأيسر من سلسل تفاعلات باون، تغير المعادن الغنية بالحديد والماغنيسيوم بشكل مفاجئ مع انخفاض درجة حرارة الصهارة.

قارن كيف يمكن مقارنة ذلك مع الفلسبار في الطرف الأيمن من الشكل؟





الشكل 5-2 عندما تبرد الصهارة بسرعة قد لا تجد بلورة الفلسبار الوقت الكافي للتفاعل تماماً مع الصهارة فتبقى على أنوية غنية بالكالسيوم. والنتيجة تكون بلورات بنطاقات تميز بعنائها بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم.

المعادن الغنية بالحديد والماغنيسيوم Iron –magnesium rich mineral يمثل الطرف الأيسر من سلسلة تفاعلات باون المعادن الغنية بالحديد والماغنيسيوم، والتي تخضع للتغيرات مفاجئة مع تبريد الصهارة وتبلورها؛ ففي البداية يتبلور معن الأوليفين من الصهارة، وعندما تبرد الصهارة بما يكفي لبدء تبلور معن جديد يتشكل البيروكسین من تفاعل الأوليفين مع الصهارة، ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة تحدث تفاعلات مشابهة متجدة للأمفيبول والبيوتيت وهي أقل المعادن احتواءً على الحديد والماغنيسيوم.

الفلسبار Feldspar يمثل الطرف الأيمن من سلسلة تفاعلات باون معادن فلسبار البلاجيوكليز التي تخضع للتغير المستمر في مكوناتها، فمع تبريد الصهارة يتكون أكثر معادن البلاجيوكليز غنى بالكالسيوم. ويتفاعل هذا المعن مع الصهارة، وتتغير مكوناته ليصبح غنياً بالصوديوم، وفي بعض الحالات عندما يتم التبريد سريعاً تصبح أنوية الفلسبار الغنية بالكالسيوم غير قادرة على التفاعل تماماً مع الصهارة، فت تكون النتيجة هي تكون بلورة ذات نطاقات غنية بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم كما في الشكل 5-2.

Fractional Crystallization

عندما تبرد الصهارة يتبلور معادنها بترتيب عكس ترتيب انصهار بلورات المعادن في حالة الانصهار الجزئي، بمعنى أن آخر المعادن انصهاراً تكون أولها تبلوراً.

وتسمى عملية تصلب بلورات المعادن وانفصالتها **Fractional crystallization**. وتشبه هذه العملية عملية الانصهار الجزئي في أن تركيب الصهارة يتغير في كل منها. وفي هذه الحالة تفصل البلورات التي تكون في البداية عن الصهارة، ولا تستطيع التفاعل معها، فتصبح الصهارة المتبقية غنية بالسيليكا.

تجربة

مقارنة الصخور النارية

كيف تختلف الصخور النارية بعضها عن بعض؟ للصخور النارية خصائص كثيرة مختلفة. فاللون وحجم البلورات تعدّ من المعلمات التي نستطيع من خلالها تمييز الصخور النارية بعضها عن بعض.

خطوات العمل

حجم البلورات، والمكونات المعدنية (إن أمكن).

4. صمم جدول بيانات لتدوين ملاحظاتك.

1. صنّف عيناتك إما بازلتية وإما أنديزيتية وإما ريوليتية. [تلخيص: كلما زاد محتوى الصخر من السيليكا يصبح لونه فاتحاً].

2. قارن بين عيناتك باستخدام جدول البيانات. كيف تختلف؟ ما الخصائص التي شتركت فيها المجموعات؟

3. حُّن الترتيب الذي تبلورت به العينات. [تلخيص: استخدم سلاسل تفاعلات باون دليلاً].

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر الموجود في دليل التجارب العملية، وأملأه.

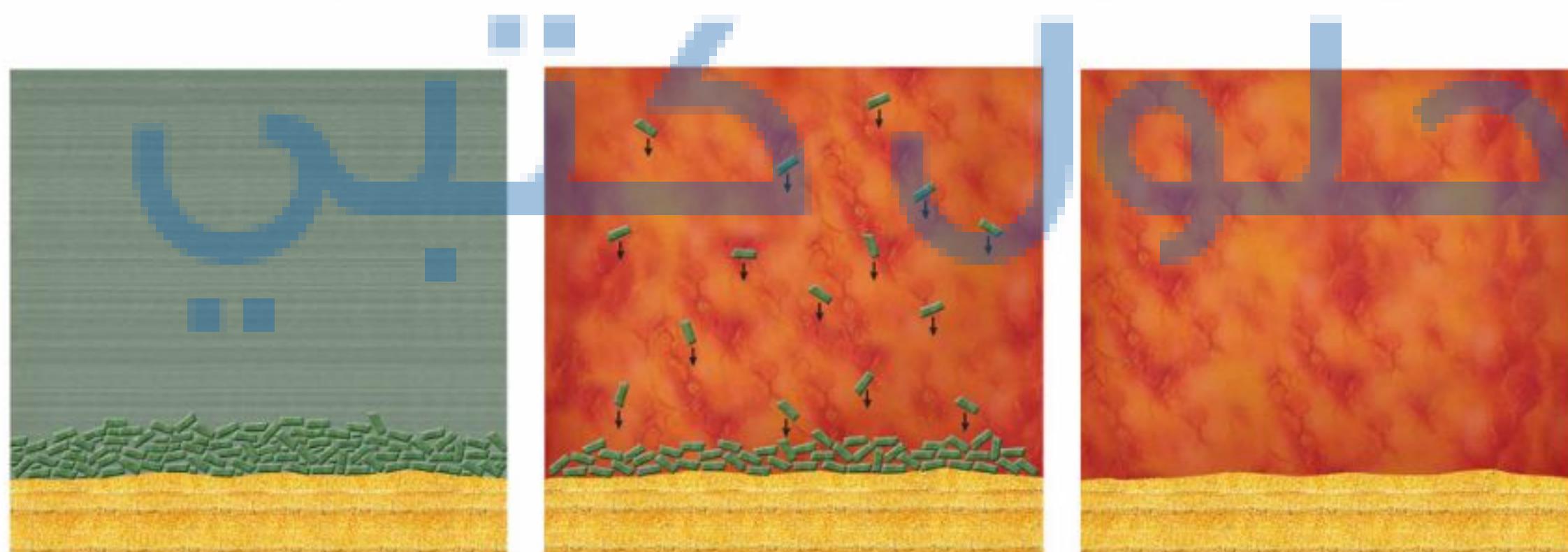
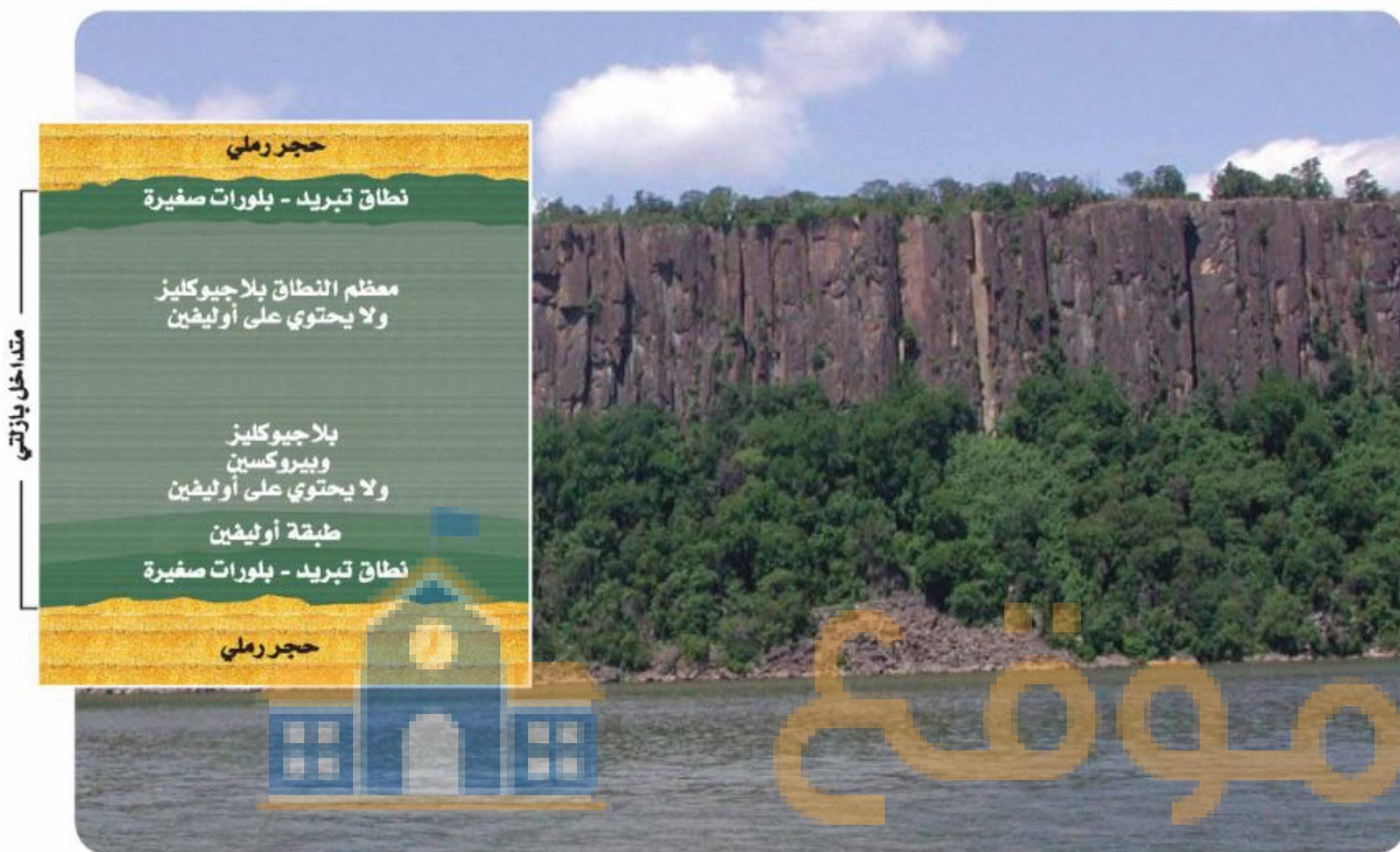
2. احصل على مجموعة من عينات صخرية نارية من معلمك.

3. لاحظ الخصائص الآتية لكل صخر: مجمل اللون،

التبالور الجزئي وترسب البلورات

Fractional Crystallization and Crystal Settling

الشكل 6-2 تعتبر عتبة باليسيد (Palisade Sill) في وادي نهر هدسون (Hudson) في نيويورك ونيوجيرسي مثالاً على عملية التبلور الجزئي وترسيب البلورات. ففي العتبة البازلتية تكونت بلورات صغيرة في نطاق التبريد؛ لأن الأجزاء الخارجية من هذا الجسم البازلتى بردت بسرعة أكبر من الأجزاء الداخلية.



مع بدء تبريد الصهارة التي اخترقت الطبقات الصخرية تكون البلورات وتستقر في القاع، وتسمى هذه الطبقية في توزيع البلورات التبلور الجزئي.



الشكل 7-2 تسلل عروق الكوارتز هذه آخر ما برد وتبلور من الجسم الصهاري المتبقى.

آلية التبلور الجزئي Mechanism of partial crystallization

كما هي الحال عادة في الاستقصاء العلمي قاد اكتشاف باون لمزيد من التساؤلات. فعلى سبيل المثال، إذا تحول الأوليفين إلى بيروكسين فلماذا نجد الأوليفين في الصخر؟ يفترض الجيولوجيون أنه في ظروف خاصة تنفصل البلورات المكونة من الصهارة فيتوقف التفاعل بين الصهارة والمعدن، ويمكن أن يحدث هذا عندما تستقر البلورات في قاع الجسم الصهاري، وعندما ينفصل سائل الصهارة عن البلورات يتكون جسمان ناريان مختلفان في مكوناتها. ويوضح الشكل 6-2 هذه العملية، كما يوضح مفهوم التبلور الجزئي من خلال عرض مثال عتبة باليسيد، وهذه إحدى الطرق التي تتكون بها الصهارة المشار إليها في الجدول 1-2.

وباستمرار التبلور الجزئي وانفصال بلورات أخرى من المعدن تصبح الصهارة أغنى بالسيليكا وعناصر الألومنيوم والبوتاسيوم. لذا، فإن آخر معدنين يتبلوران هما: الفلسبار البوتاسي والكوارتز. والفلسبار البوتاسي أكثر أنواع الفلسبار شيوعاً في القشرة الأرضية، بينما تحتوي العروق على الكوارتز غالباً كما في الشكل 7-2؛ لأنه يتبلور في أثناء اندفاع الجزء السائل المتبقى من الصهارة في الشقوق الصخرية.

التقويم 1-2

فهم الأفكار الرئيسية

- الفكرة** توقع المظاهر الذي سيبدو عليه صخر ناري تكون من صهارة خرجت إلى السطح فبدأت تبرد بسرعة، ثم قلت سرعة تبريدها مع الوقت.
- أعمل قائمة بالعناصر الثمانية الرئيسة الموجودة في معظم أنواع الصهارة.
- لخص العوامل التي تؤثر في تكوين الصهارة.
- قارن بين الصهارة واللابة.

التفكير الناقد

- توقع إذا كانت درجة الحرارة تزداد نحو مركز الأرض، فلماذا يصبح مركز الأرض صلباً؟
- استدل على محتوى السيليكا في صهارة مشتقة من الانصهار الجزئي لصخر ناري. هل سيكون أكثر، أم أقل، أم مساوياً لمحتوى الصخر نفسه؟ وضح إجابتك.

الكتابة في الجيولوجيا

- ادعى أحد هواة جمع الصخور أنه وجد أول مثال على البيروكسين والفلسبار الغني بالصوديوم في الصخر نفسه. اكتب تعليقاً على هذا الادعاء.

الخلاصة

- ت تكون الصهارة من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معدنية.
- تصنف الصهارة إلى بازلية أو أنديزيتية أو ريوبيتية اعتماداً على كمية السيليكا التي تحتويها.
- تنصهر المعادن المختلفة وتبلور عند درجات حرارة مختلفة.
- توضح سلسل تفاعلات باون الترتيب الذي تبلور حسبه المعادن من الصهارة.



تصنيف الصخور النارية Classification of Igneous Rocks

الفكرة الرئيسية يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسبيتها.

الربط مع الحياة. هناك شيء مشترك بين الأرضيات والمباني والجدران؛ فالعديد منها من النوع الصخري المعروف بالجرانيت، وهو صخر شائع في القشرة الأرضية.

المكونات المعدنية للصخور النارية Mineral Composition of Igneous Rocks

تصنف الصخور النارية عموماً إلى صخور جوفية (متداخلة)، وأخرى سطحية (بركانية)؛ فعندما تبرد الصهارة وتتبلور تحت سطح الأرض تكون الصخور الجوفية **Intrusive Rocks**، وتكون بلورات الصخور الجوفية كبيرة عادة، بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وتشكل الصهارة التي تبرد وتتبلور على سطح الأرض **صخوراً سطحية Extrusive Rocks**، ويشار إليها أحياناً بالحراث أو طفوح اللابة أو الطفوح البازلتية. والبلورات التي تتكون في هذه الصخور صغيرة ويصعب رؤيتها بالعين المجردة، ويُصنف الجيولوجيون هذه الصخور حسب مكوناتها المعدنية، بالإضافة إلى الخصائص الفيزيائية ومنها حجم البلورات والنسبيتها. وهذا يمثل مؤشراً للتعرف أنواع الصخور النارية المتنوعة.

تصنف الصخور النارية حسب مكوناتها المعدنية؛ فالصخور البازلتية **Basaltic Rocks** ومنها الجابرو - لونها غامق، ومحتوها من السيليكا قليل، وتتكون في غالبيتها من ال بلاجيوكليز والبيروكسین. أما الصخور الجرانيتية **Granitic Rock** - ومنها الجرانيت - فهي فاتحة اللون ومحتوها من السيليكا كثیر، ويكون معظمها من الكوارتز والفلسبار البوتاسي وال بلاجيوكليز. وتسمى الصخور ذات المكونات المتوسطة بين البازلت والجرانيت **Intermediate Rocks**، ويكون معظمها من ال بلاجيوكليز والهورنبلندي، ويعد الديوريت مثالاً جيداً على هذا النوع. ويوضح الشكل 8-2 أمثلة على الأنواع الثلاثة من الصخور النارية.

2-2

الأهداف

● تصف الصخور النارية وفق مكوناتها المعدنية وأنسجتها.

● تتعرف أثر معدلات التبريد في حجم البلورات في الصخور النارية.

● تصف بعض استخدامات الصخور النارية.

مراجعة المفردات

التبلور الجزيئي

عملية متعددة يتم في أثنائها فصل أول البلورات المكونة من الصهير، فلا تتفاعل مع الصهارة المتبقية.

المفردات الجديدة

الصخور الجوفية

الصخور السطحية

الصخر البازلتى

الصخر الجرانيتى

الصخور المتوسطة

الصخور فوق القاعدية

النسبيّة

النسبيّة البورفيري

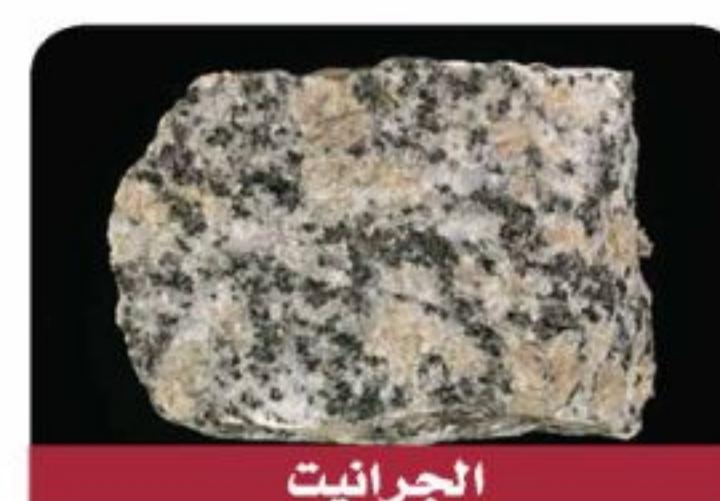
النسبيّة الفقاعي

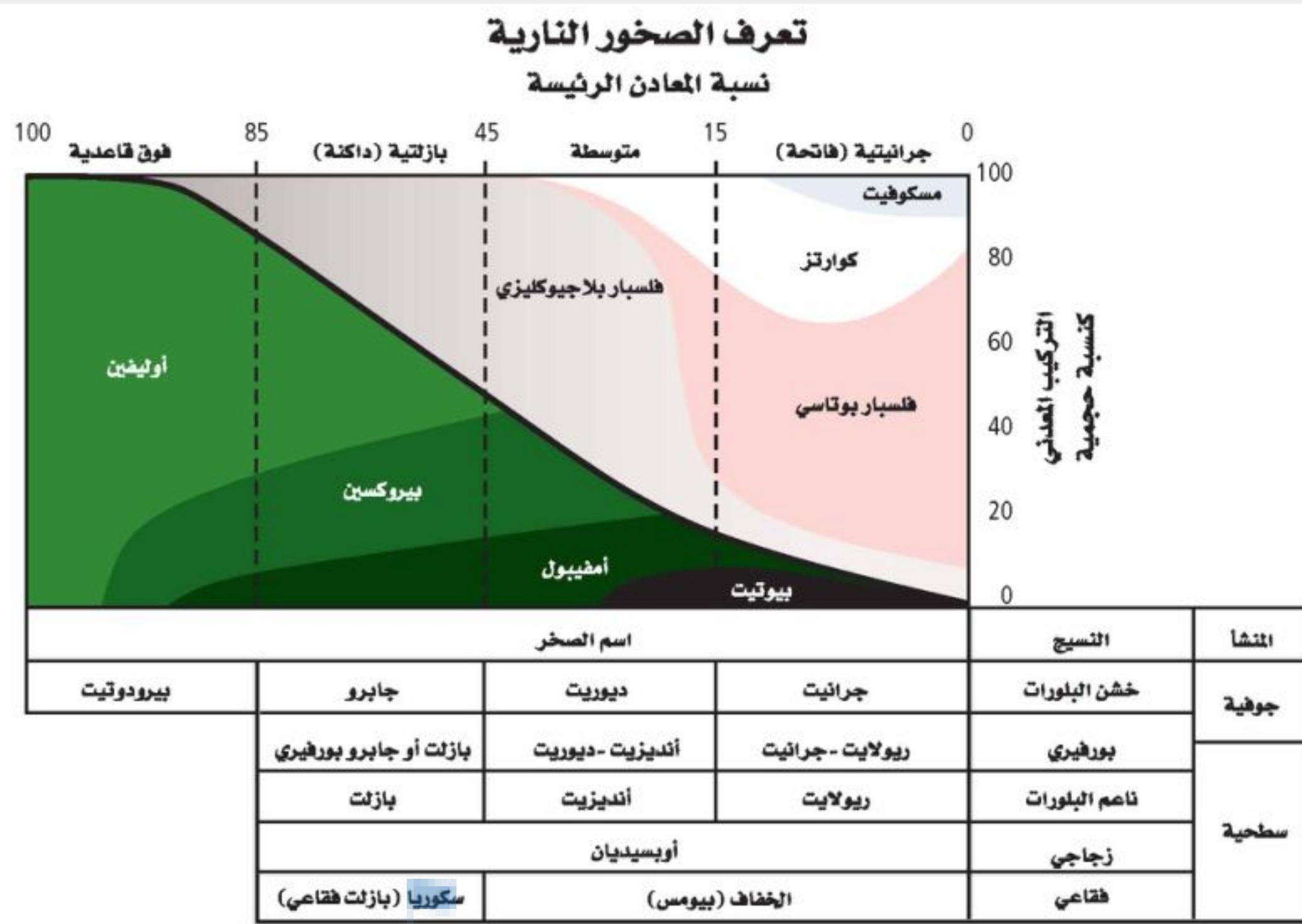
البيجماتيت

الكمبريليت

الشكل 8-2 يمكن ملاحظة الفروق في مكونات الصهارة في الصخور التي تتكون عندما تبرد الصهارة وتتبلور.

لاحظ. صفات الفروق التي تشاهدتها في هذه الصخور.



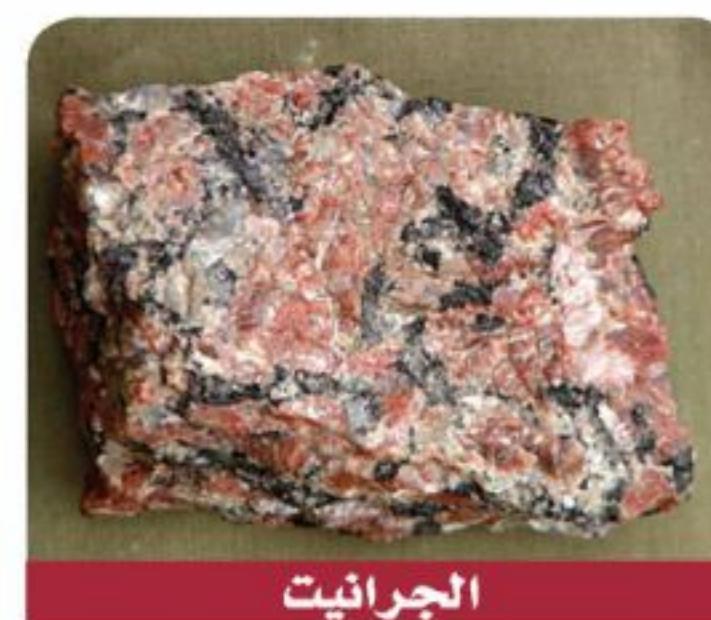


الشكل 9-2 أنواع الصخور النارية يمكن تعرّفها من خلال نسب المعادن فيها.

وهناك مجموعة رابعة من الصخور تدعى فوق القاعدية Ultrabasic، منها صخر البيرودوتيت، وتحتوي هذه الصخور فقط على معادن غنية بالحديد مثل الأوليفين والبيروكسين، وهي دائمًا داكنة اللون. ويلخص الشكل 9-2 آلية تعرف الصخور النارية.

النسيج Texture

كما تختلف الصخور النارية في مكوناتها المعدنية، وتختلف أيضًا في حجم بلوراتها، ويشير النسيج Texture إلى حجم البلورات التي يتكون منها الصخر، وإلى شكلها وتوزيعها. فعلى سبيل المثال يمكن وصف نسيج الريولايت المبين في الشكل 10-2 بأنه ناعم البلورات، أما الجرانيت فيوصف بأنه خشن البلورات، ويرجع الاختلاف في حجم البلورات إلى أن أحدهما صخر سطحي، والأخر صخر جوفي (متداخل).



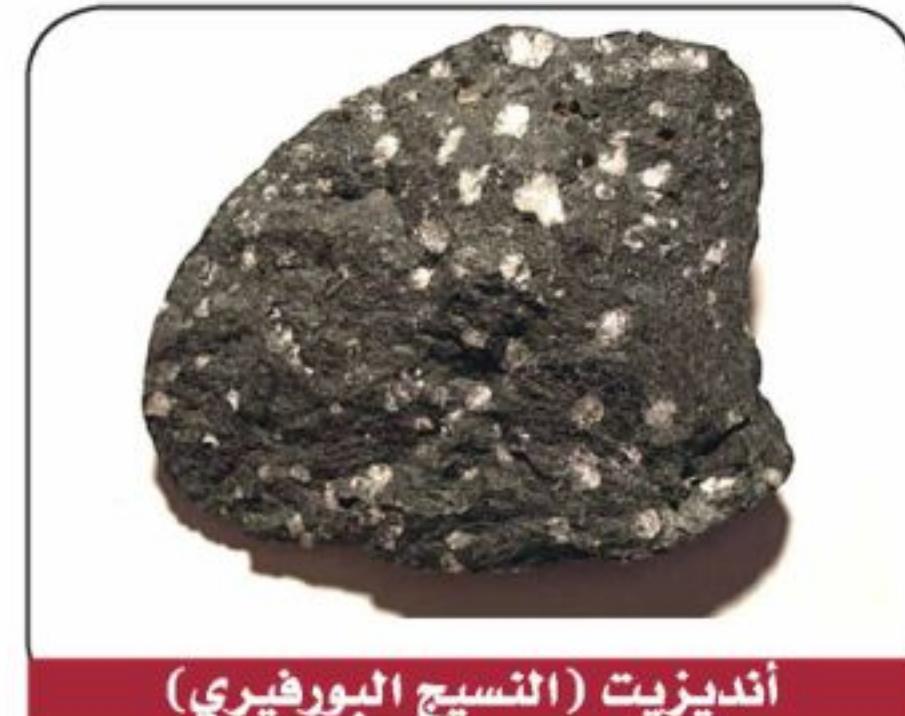
المطويات

ضمن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الشكل 10-2 للريولايت والجرانيت والأوبسيديان أنسجة مختلفة لأنها تكونت بطرائق مختلفة.

حجم البلورة ومعدلات التبريد Crystal size and cooling rates

عندما تتدفق الลาبة على سطح الأرض تبرد بسرعة، ولا تهيا الفرصة لتشكل بلورات كبيرة، فتُتّسِعُ صخوراً نارية سطحية كالريوليت المبين في الشكل 10-2. بلوراتها صغيرة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وأحياناً يحدث التبريد بسرعة كبيرة جداً، بحيث لا تهيا الفرصة لتكوين البلورات، ويُتّسِعُ زجاج بركاني يسمى أوبسيديان كما في الشكل 10-2. وفي مقابل ذلك يمكن للصخور الجوفية - ومنها الجرانيت والديوريت والجاپرو - التي تبرد ببطء أن تكون بلوراتها بحجم أكبر من 1 cm.



أنديزيت (النسيج البورفيري)

النسيج البورفيري Porphyritic texture انظر إلى أنسجة الصخور في الشكل 11-2. توضح الصورة العلوية صخراً يحتوي على بلورات بحجمين مختلفين، ويظهر هذا الصخر **نسيجاً بورفيريًّا Porphyritic Texture** يتميز بوجود بلورات كبيرة واضحة المعالم، محاطة ببلورات صغيرة من المعدن نفسه أو من معادن مختلفة. ما الذي جعلها تكون في صورة بلورات صغيرة وأخرى كبيرة وكلتاهما في صخر واحد؟ تدل الأنسيجة البورفيرية أن جزءاً من الصهارة مرت في البداية بتبريد بطيء في باطن الأرض، حيث نمت عليه البلورات الكبيرة الحجم، ثم قذفت فجأة إلى موقع أعلى في القشرة الأرضية أو على سطح الأرض، وبدأت الصهارة المتبقية تبرد بسرعة مكونة بلورات صغيرة الحجم تحيط بالبلورات الكبيرة التي تبلورت من قبل.



بازلت فقاعي

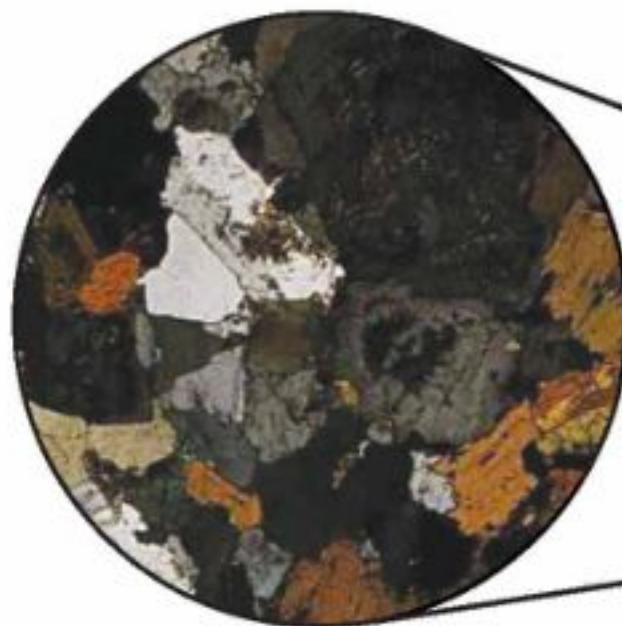
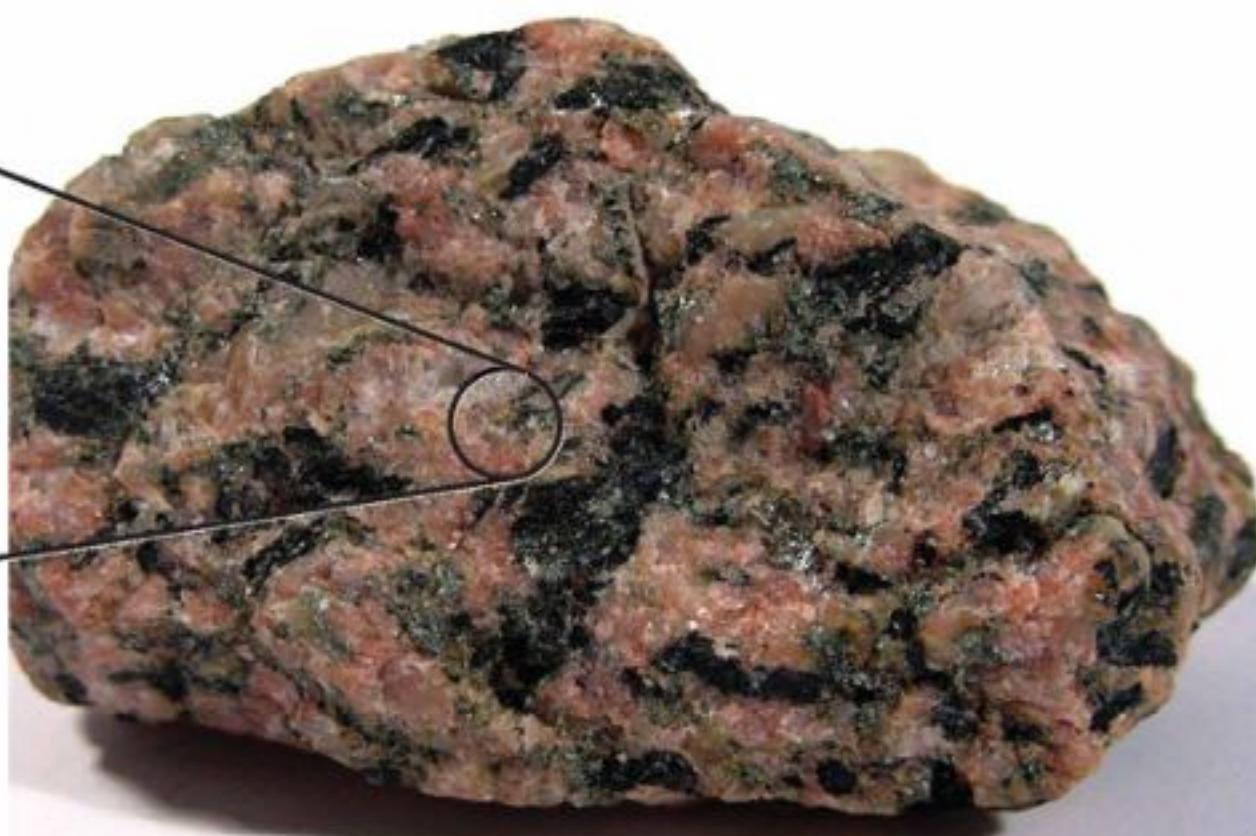
النسيج الفقاعي Vesicular texture تحتوي الصهارة على غازات ذائبة، تأخذ في التصاعد عندما ينحسر الضغط عنها، فتصبح عندئذ لابة؛ فإذا كانت الลาبة شديدة القوام، فإنها تمنع تصاعد الفقاعات الغازية بسهولة، فترى الغازات تقوياً في الصخر تسمى فقاعات، ويدو الصخر إسفنجياً، ويسمى هذا المظهر الإسفنجي **نسيجاً فقاعيًّا Vesicular Texture**. وبعد كل من المفاجأ والبازلت الفقاعي أمثلة على ذلك. انظر الشكل 11-2

ما إذا قرأت؟ فسر سبب تكون الثقوب في الصخور النارية.



الخطاف (بيومس)

الشكل 11-2 تعطي أنسجة الصخور معلومات عن كيفية تكون الصخر؛ حيث تحافظ أنسجة هذه الصخور بأدلة عن معدلات التبريد، وكذلك تدل على وجود الغازات المذابة فيها أو عدم وجودها.

جرانيت تحت المجهر

صخر الجرانيت


الشكل 12-2 يمكن تعرُّف المعادن المكونة للجرانيت باستعمال شرائح رقيقة تحت المجهر المستقطب.

الشرائح الرقيقة Thin Sections

لتعرُّف الصخر يفحص الجيولوجيون بلوارات المعادن في العينات الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهر (المجهر المستقطب). والشريحة الرقيقة قطعة من الصخر سماكتها 0.03 mm تقريباً، مثبتة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بتفاذه الضوء خلالها. ويوضح الشكل 12-2 مقطع من الجرانيت تحت المجهر المستقطب.

الصخور النارية موارد طبيعية

Igneous rocks as Resources

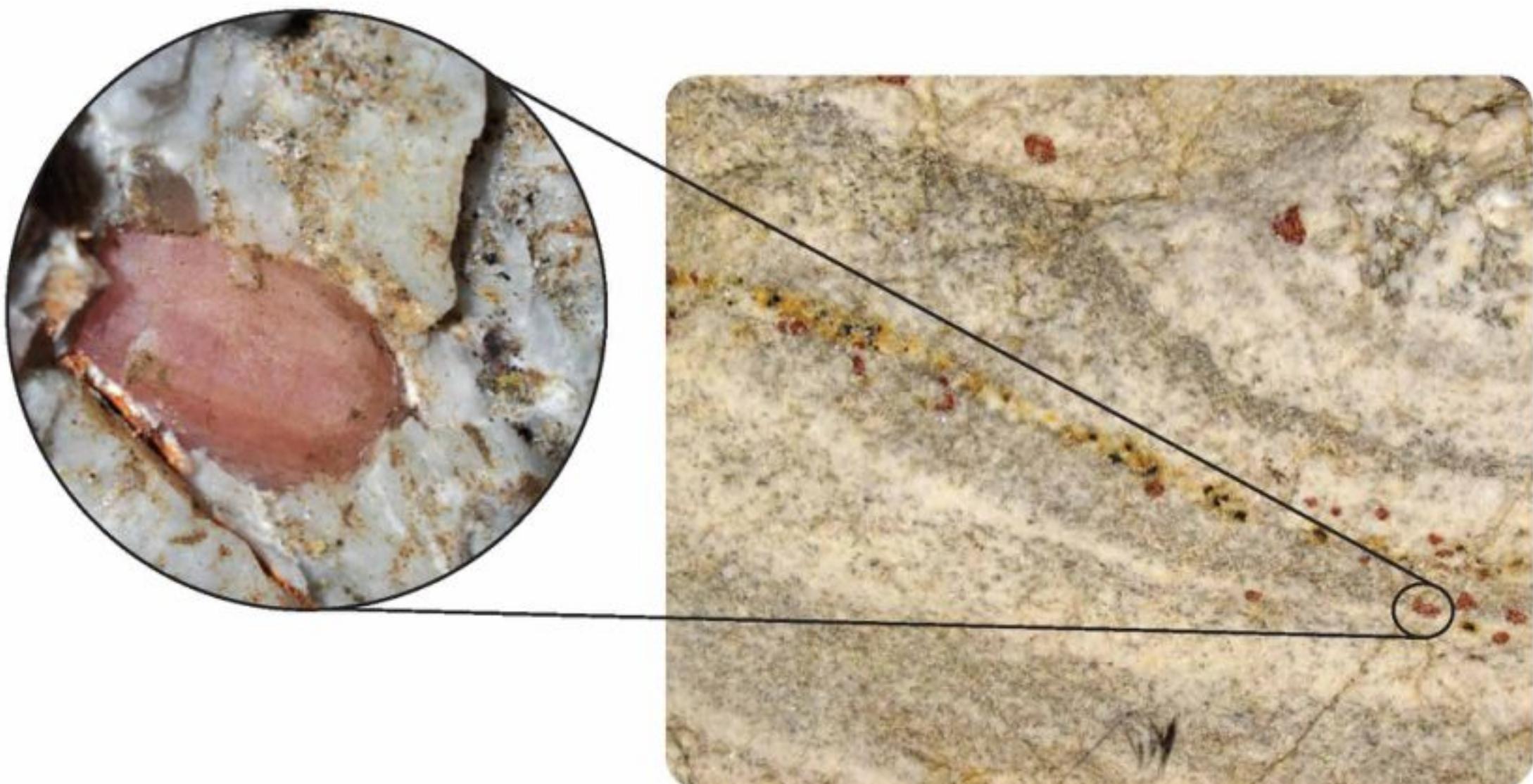
للصخور النارية أهمية اقتصادية كبيرة في حياتنا؛ فالعديد من المعادن التي تستخدم في المجوهرات تبلور فيها، ويمكن أن يستخلص منها العديد من العناصر المفيدة ومنها الليثيوم وغيرها مما يدخل في مجالات عديدة في حياتنا، وتستخدم الصخور النارية أيضاً في البناء. وتوضح الفقرات الآتية بعض هذه الاستخدامات:



الشكل 13-2 يستخرج الذهب والكوارتز معًا من المناجم، ثم يفصلان لاحقاً.

استدل ما الذي يمكنك تحديده من هذه الصورة عن درجة انصهار الذهب؟

العروق Viens تحوي المواقع المتبقية من تبلور الصهارة على تراكيز عالية من السيليكا والماء، كما تحتوي على شوائب أو بقايا من عناصر لم تصنف ضمن الصخور النارية؛ فالذهب والفضة والرصاص والنحاس من الفلزات التي لم تتضمنها المعادن الشائعة. وتحرر هذه العناصر من السيليكا المذابة في نهاية عملية تبلور الصهارة، على هيئة مواقع ساخنة غنية بالعناصر، تماماً الشقوق والفراغات في الصخور المجاورة. وتتصلب هذه المواقع مكونة عروقًا غنية بمعادن أو فلزات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الحاملة للذهب في مهد الذهب في المملكة العربية السعودية. ويبيّن الشكل 13-2 ذهبًا متكوناً في عروق الكوارتز.



✓ ماذا قرأت؟ وضح لماذا تحتوي العروق على كميات كبيرة من الكوارتز؟

البيجاماتيت Pegmatites تسمى الصخور التي تتكون من بلورات خشنة جداً **بيجاماتيت Pegmatites**. وتوجد صخور البيجاماتيت على شكل عروق تحتوي على العديد من الفلزات والعناصر الأخرى القيمة. ويمكن أن تحتوي صخور البيجاماتيت على خامات العناصر النادرة، ومنها الليثيوم Li والبيريليوم Be، فضلاً عن احتواها على بلورات جميلة كما يتضح في الشكل 14-2. ولأن هذه العروق تملأ الكهوف وشقوق الصخور فإن المعادن تنمو في الفراغات محتفظة بأشكالها؛ حيث وجدت معظم المعادن النفيسة في العالم في صخور البيجاماتيت. ويوجد البيجاماتيت في مناطق مختلفة جنوب المملكة العربية السعودية وغيرها على هيئة قواطع في صخور جرانيتية.

الشكل 14-2 عرق بيجاماتيت يخترق صخور الجرانيت، وفيه بلورات جميلة.

موجة

مخبر حل المشكلات

التفكير الناقد

تفسير الأشكال العلمية

3. حدد بإستخدام الشكل 9-2، موقع العينة التي تمثلها الشريحة الرقيقة على المخطط المبين في الشكل.

4. قارن تقديرك لنسب المعادن في الصخور بتقدير زملائك في الصف. لماذا تختلف تقديراتكم؟ ما مصادر الخطأ المحتملة؟

5. اقترح طريقة لتطوير دقة تقاديرك.

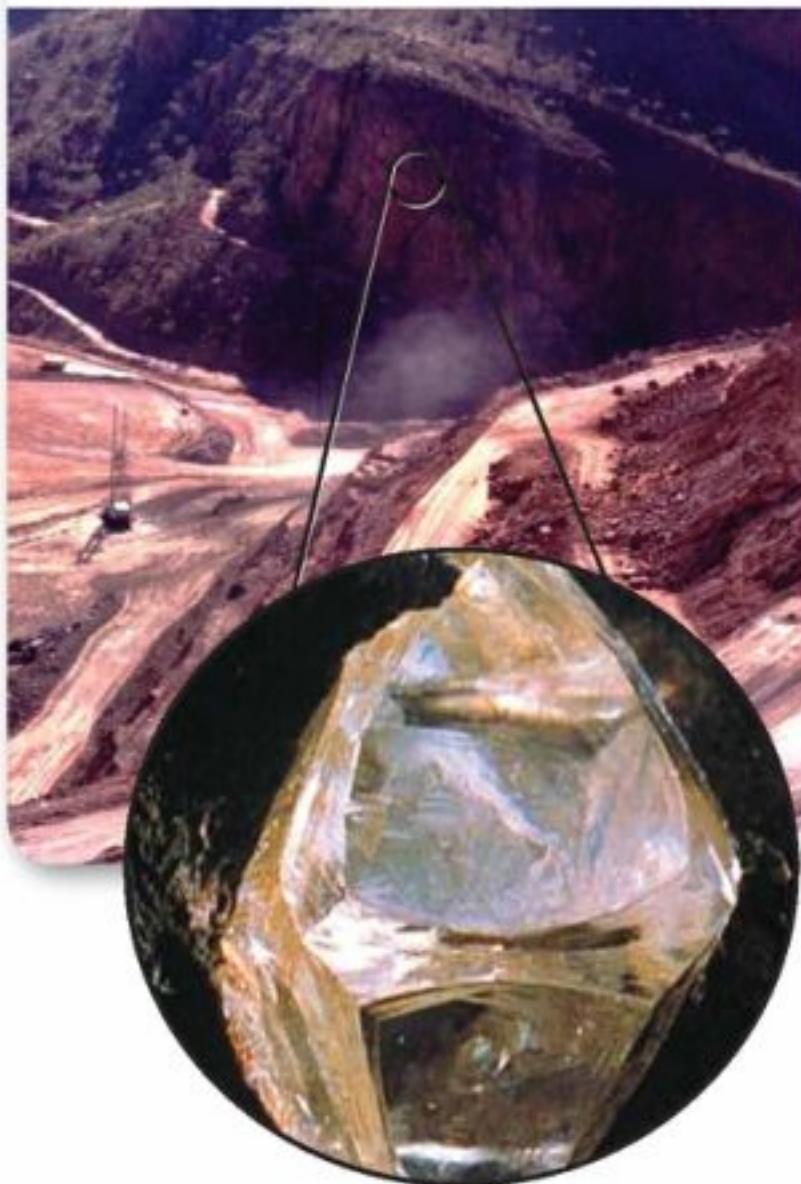
كيف يمكنك تقدير المحتوى المعدي؟
تصنف الصخور النارية اعتماداً على محتواها المعدي.
ستستخدم في هذا النشاط الشريحة الرقيقة الموضحة في الشكل 12-2؛ لتقدير نسب المعادن المختلفة في العينة.

التحليل

1.صمم طريقة لتقدير نسب المعادن في العينة الصخرية في الشكل 12-2.

2. اعمل جدول بيانات يضم المعادن ونسبها المقدرة.

الشكل 15-2 يستخرج الألماس من الكمبرليت في منجم في جنوب إفريقيا.



الكمبرليت Kimberlites الألماس معدن قيم، نادر الوجود، يوجد في الصخور فوق القاعدية المسماة كمبرليت Kimberlite، نسبة إلى مدينة كيمبرلي في جنوب إفريقيا، وتُعد هذه الصخور غير العادمة أحد أنواع البيرودوتيت. وت تكون هذه الصخور على الأرجح في أعماق القشرة الأرضية، أو في الستار على أعمق تراوح بين 150 و 300 km؛ لأن الألماس الذي تحويه هذه الصخور مع معادن أخرى لا يمكن أن يتكون إلا تحت ضغط عال جداً.

وقد وضع الجيولوجيون فرضية مفادها أن صهارة الكمبرليت قد حققت بسرعة إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض، مشكلةً تراكيب طويلة ضيقة في صورة أنابيب، تمتد عدة كيلومترات في القشرة الأرضية، وتتراوح قطراتها بين 100 m و 300 m ومعظم ألماس العالم يأتي من مناجم جنوب إفريقيا.

انظر الشكل 15-2.

الصخور النارية في البناء Igneous rocks in construction للصخور النارية عدة خصائص تجعلها مناسبة للبناء؛ فنسيج بلوراتها المتداخل يجعلها قوية، بالإضافة إلى احتواها على العديد من المعادن المقاومة للتجمد. والجرانيت من أكثر الصخور النارية ثباتاً ومقاومة للتجمد، ولعلك شاهدت الكثير منه يستخدم بلاطًا للأرضيات، وفي المطابخ والرفوف، وأسطح المكاتب، وفي تزيين أوجه البناء.

وتشتمل الصخور النارية - ومنها الجرانيت والجابرو - في المملكة العربية السعودية بوصفها أحجار زينة، وتستخرج من مناطق الدرع العربي غربي المملكة العربية السعودية.

التقويم 2-2

فهم الأفكار الرئيسية

الخلاصة

- الفكرة الرئيسية استنتاج لماذا التركيب الكيميائي للأوبسيديان الأسود أو الأحمر تركيبًا جرانيتيًا؟
- صف مجموعات الصخور النارية الثلاث الرئيسية.
- طبق ما تعرفه عن معدلات التبريد في توضيع الاختلاف في حجوم البلورات.
- ميز بين الأنديزيت والديوريت من خلال خاصيتين فيزيائيتين من خصائص الصخور النارية.

- يعتمد تصنيف الصخور النارية على ثلاث خصائص رئيسة هي: التركيب المعدني والنسيج وحجم البلورات.
- يحدد معدل التبريد حجم البلورة.
- يكثُر وجود الخامات في البيجماتيت.
- ويوجد الألماس في الكمبرليت.
- تستخدم بعض الصخور النارية كمواد بناء؛ بسبب ممتانتها وجماليها.

التفكير الناقد

- حدّد أيهما أكثر قابلية لتكوين بلورات مكتملة الأوجه في الصخور النارية: الكوارتز أم فلسبار البلاجيوكليز؟ وضح إجابتك.

الرياضيات في الجيولوجيا

- قطعة جرانيت كثافتها 2.7 g/cm^3 ، صنع منها طاولة مطبخ مستطيلة، سمكتها 2 cm، وبُعدها 2.5 m × 0.6 m ما كتلتها بالجرام؟

الجيولوجيا والبيئة

Geology and the Environment



الشكل 16-2 قطعة من البازلت الذي جُمع من سطح القمر خلال رحلة أبوللو.

أبحاث صخور القمر ما زالت الأبحاث مستمرة على صخور القمر؛ حيث تحت حاوية تلك العينات من التاكسد، بوضعها في أقبية من الفولاذ المضاد للصدأ في جو جاف من النيتروجين؛ لإبقائها بعيدة عن الرطوبة والصدأ. وما زال العلماء يواصلون بحوثهم حول هذه الصخور وهم يدرسون نشأة القمر وتاريخه.

صخور القمر Moon Rocks

قام رواد الفضاء بست رحلات فضائية بالسفينة أبوللو إلى القمر بين عامي 1969 و 1972م؛ للحصول على معلومات عن نشأة القمر وتاريخه وتركيبه. وجمعوا نحو 2415 عينة مختلفة للأجسام من صخور القمر تزن حوالي 380 kg.

أنواع صخور القمر بدراسة العينات وتحليلها تبين أن صخور القمر تتتنوع في ألوانها بين الرمادي والأسود والأبيض والأخضر، كما تختلف في نسيجها بين الزجاجي والقاسي والهش. وقد كشفت تحاليل الصخور أن هناك ثلاثة أنواع من الصخور على سطح القمر؛ وهي الصخور البازلتية التي نتجت عن الرماد البركاني واللابة التي وصلت إلى سطح القمر من خلال الشقوق التي تكونت بسبب ارتطام النيازك بسطح القمر. وصخور البريشيا التي تكونت عندما حطمت النيازك الصخور، وصهرت القطع معًا بفعل الحرارة الناجمة عن الارتطام. أما النوع الثالث هو صخر البريستين فلم يتبع عن ارتطام النيازك، بل هو صخر شائع رمادي اللون، يتكون من الفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالكلاسيوم.

مكونات صخور القمر تميز صخور القمر عن غيرها بأمررين؛ أولهما: أنها غير مؤكسدة، ولا تحتوي على الماء، مع الأخذ في الاعتبار كمية الحديد التي يحتويها الصخر، حيث تختلف صخور الأرض عن صخور القمر في كون الأولى صدئة وجواة، وثانيهما أن بعض سطوح صخور القمر مغطى بشور (كبشور الجدرى) تسمى حفر زاب (Zappits) تنتج عن ارتطام النيازك الدقيقة بصخور سطح القمر، وهذه غير موجودة على سطوح صخور الأرض؛ إذ تحرق في الغلاف الجوى قبل وصولها إلى سطح الأرض.

تصنيف صخور القمر يستعمل العلماء في تصنيف صخور القمر الخصائص نفسها المستعملة في تصنيف صخور الأرض، وقد سمى العلماء فئة جديدة من صخور القمر "كريب" (KREEP)، اعتماداً على المكونات المعدنية؛ لكونها تحتوي على كميات كبيرة من البوتاسيوم (K) والعناصر الأرضية النادرة (REE) والفوسفور (P)، وهي أكثر إشعاعاً من صخور الأرض؛ لأنها تحتوي على ثوريوم أكثر.

الكتابة في الجيولوجيا

مقالة علمية أبحث باستخدام مصادر المعرفة المختلفة حول كيفية جمع العينات الصخرية من القمر، وطريقة تحليلها، وأهميتها العلمية. واتكتب مقالة تلخص فيها المعلومات الرئيسية حول ذلك، ثم تبادل المقالات مع زملائك.



5. املأ كل طبق من أطباق بتري إلى نصفه بال محلول فوق المشبع مع اتباع إجراءات السلامة في أثناء صب المحلول.
6. راقب أطباق بتري كل 5 دقائق ولمدة 30 دقيقة، وسجل ملاحظاتك، وارسم البلورات التي بدأت تكون.

التحليل والاستنتاج

1. قارن بين طريقة التبريد وبين الطرائق التي استعملتها المجموعات الأخرى. هل تظن أن هناك طريقة أفضل من الأخرى؟ وضح إجابتك.
2. اختبر بلوراتك. كيف تبدو؟ هل حجومها متساوية؟ وهل هي متشابهة في الشكل؟
3. ارسم شكل البلورات الأكثر شيوعاً، وقارن بين رسنمك ورسوم المجموعات الأخرى. صف أيّ نمط لاحظته في رسوم المجموعات الأخرى.
4. استنتاج العوامل المؤثرة في حجم البلورات (الأطباق المختلفة). كيف عرفت ذلك؟
5. فسر لماذا يختلف شكل البلورات عند نموها؟
6. قارن بين هذه التجربة وتبلور الصهارة في الطبيعة.
7. قوم العلاقة بين معدل التبريد وتكون البلورات.

شارك ببياناتك

راجع مع أقرانك. ضع ملخصاً لبياناتك، ثم قارنها مع الطلبة في الصف.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك نموذج تكون البلورات

خلفية علمية: يعتمد حجم بلورات الصخور النارية على معدل تبريد الصهارة، ومن الصعب مشاهدة تبلور الصهارة؛ لأنها ساخنة جداً، وكذلك بسبب بطء عملية التبلور. لكن هناك بعض المواد التي تتبلور عند درجات حرارة منخفضة، لذلك يمكن استعمالها لنموذج عملية تبلور المعادن من الصهارة.

سؤال: كيف تبلور المعادن من الصهارة؟

الأدوات

أطباق بتري نظيفة	مقياس حرارة
محلول الشب المشبع	مناشف ورقية
كأس زجاجية سعة 200 mL	ماء
عدسة مكبرة	مصدر حراري
ورق مقوى أسود	

إجراءات السلامة

احذر: عند صب محلول الشب في أطباق بتري لأول مرة لأنه ساخن، وقد يسبب تهيجاً للجلد. وإذا لامس محلول الجلد فاغسله بماء بارد.

خطوات العمل

1. اقرأ احتياطات السلامة الخاصة بهذا النشاط.
2. خطط مع زملائك في المجموعة كيف تغيرون معدل تبريد محلول الشب الساخن في أطباق بتري، كل عضو في المجموعة سيختار طبق بتري في مكان محدد مسبقاً لمراقبته في أثناء الاستقصاء. تأكد من موافقة معلمك على الخطة المقترحة للعمل.
3. ضع ورقة مقواة سوداء على سطح مستوي، وتأكد أنك وضعتها في المكان المحدد مسبقاً، وضع أطباق بتري فوق الورقة.
4. استعمل كأساً زجاجية للحصول على حوالي 150 mL من محلول الشب فوق المشبع من معلمك. درجة حرارة محلول دون درجة الغليان؛ أي حوالي 98°C – 95°C.

دليل مراجعة الفصل

٢

الفكرة العامة الصخور النارية أول الصخور التي تشكلت عندما بردت الأرض وتبلورت في القشرة الأرضية الأولية.

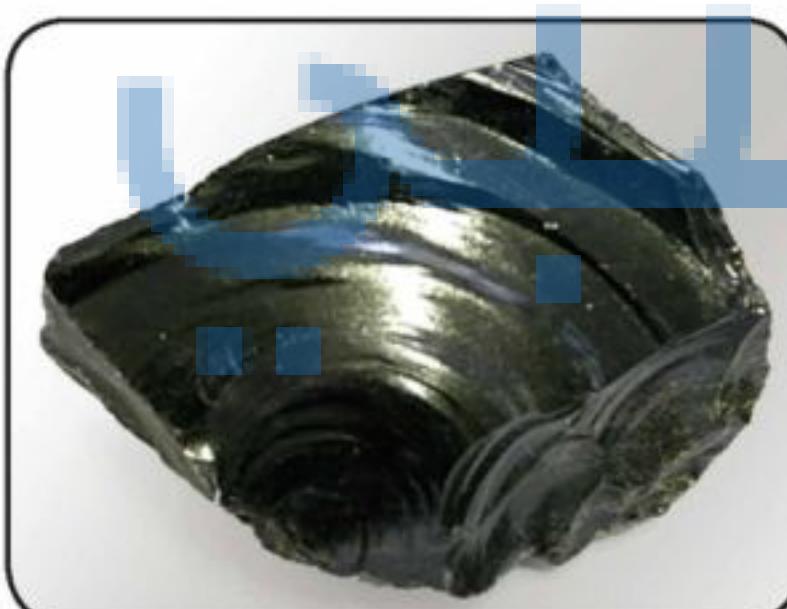
المفردات	المفاهيم الرئيسية
اللابة	١-٢ ما هي الصخور النارية؟
الصخور النارية	الفكرة الرئيسية الصخور النارية هي الصخور التي تتكون عندما تبرد المواد المنصهرة الموجودة في باطن الأرض، وتبلور.
الانصهار الجزئي	<ul style="list-style-type: none"> • تكون الصهارة من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معادن. • تصنف الصهارة إلى بازلاتية وأندزيتية وريولاتيتية؛ اعتماداً على نسبة السيليكا في كل نوع. • المعادن المختلفة تنصهر وتبلور عند درجات حرارة مختلفة. • تبين سلسلة تفاعلات باون تسلسل تبلور المعادن من الصهارة.
سلسل تفاعلات باون	
التبلور الجزئي	
الصخور الجوفية (المتدخلة)	الفكرة الرئيسية يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها.
الصخور السطحية	<ul style="list-style-type: none"> • تصنف الصخور النارية اعتماداً على خصائصها. • يعتمد حجم البلورات على معدل التبريد. • غالباً توجد الخامات في البيجماتيت، والألماس في الكيمبرليت. • تستخدم بعض أنواع الصخور النارية في البناء؛ لصلابتها، وتحملها الضغط، ولجرائها.
الصخر البازلتى	
الصخر الجرانิตي	
الصخور المتوسطة	
الصخور فوق القاعدية	
النسيج	
النسيج البورفيرى	
النسيج الفقاعي	
البيجماتيت	
الكمبرليت	

تقدير الفصل

2

9. ما العملية التي حدثت؟
 a. الانفصال الجزئي
 b. الفصل البلوري
 c. التبلور الجزئي
 d. الانصهار الجزئي
10. أيُّ المعادن مرتبطة بالفرع الأيمن من سلسلة تفاعلات باون؟
 a. فلسبار
 b. أوليفين وبيروكسين
 c. كوارتز وبيوتيت
 d. مايكا وفلسبار
11. أيُّ أنواع الصهارة تحتوي كمية أكبر من السيليكا؟
 a. الريولايتية
 b. الأنديزية
 c. البازلية
 d. البيرولايتية
12. أيُّ العوامل الآتية لا يؤثر في تكون الصهارة؟
 a. الحجم
 b. درجة الحرارة
 c. الضغط
 d. المكونات المعدنية
13. أي الصخور السطحية الآتية لها مكونات الديوريت نفسها؟
 a. الريولايت
 b. البازلت
 c. الأولسيديان

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 14.



14. أيُّ العمليات كَوَّنت هذا الصخر؟
 a. تبريد بطيء
 b. تبريد سريع
 c. تبريد بطيء ثم سريع

مراجعة المفردات

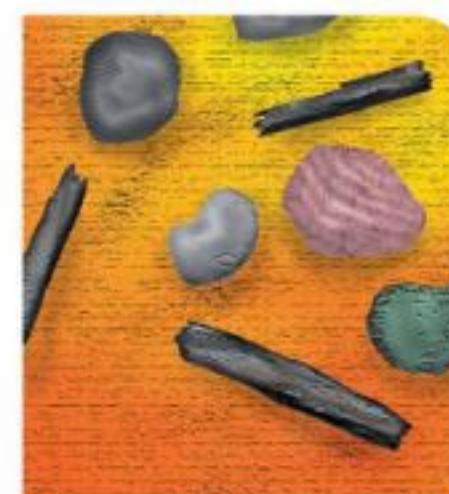
ضع المصطلح الصحيح مكان الكلمات التي تحتها خط فيها يأتي:

1. تصاعد الغازات من الصهارة مع تدفقها على سطح الأرض.
 2. يصف مقياس مويس للتساوة الترتيب الذي تتبلور على أساسه المعادن.
 3. تتميز الصخور الجرانيتية بلونها الغامق ومحتوها القليل من السيليكا.
 4. تكون اللابة في الأعماق تحت القشرة الأرضية.
 املأ الفراغ في الجمل الآتية بالمفردات الصحيحة:
 5. يسمى النسيج الناري الذي يمتاز باحتواه على بلورات كبيرة في أرضية من البلورات الصغيرة
 6. يقال عن الصخور النارية التي تتكون في ظروف تبريد سريعة إنها
 7. يقال عن الصخور الفاتحة اللون ذات البلورات كبيرة الحجم إنها

ثبت المفاهيم الرئيسية

8. ما أول المعادن التي تتكون عندما تبرد الصهارة؟
 a. الكوارتز
 b. الماياكا
 c. الفلسبار البوتاسي
 d. الأوليفين

استعمل الصورتين أدناه في الإجابة عن السؤال 9.



2

تقدير الفصل

21. ارسم مخططاً انسياً لتوثيق عملية تكون الثقوب في عينة البازلت الفقاعي.
22. فكر في الأسباب التي تجعل عينة الخفاف (البيومس) تطفو فوق سطح الماء.
23. وُضِّح بالرسم كيف يغير التبلور الجزيئي مكونات الصهارة من خلال تكون الأوليفين الغني بالحديد.
24. طبق مفاهيم درجة الحرارة والتبلور لتفسير لماذا -في الغالب- توصف الصهارة بأنها مزيج من بلورات وصهير صخري.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 26 و 25.



25. حلل البيانات في الجدول وفسّر أيّ الصخور أكثر شبهاً بالجرانيت؟
26. ادمج. استعمل بيانات الصخر 4 وحقيقة أنّ بلوراته صغيرة، في تحديد اسمه.

15. أيُّ أنواع الصخور فوق القاعدة تحتوي أحياناً على الألماس؟

- a. البيجماتيت
b. الكمبرليت
c. الجرانيت
d. الريولايت

16. لعذلات التبريد السريعة أثر في حجم البلورات في الصخور النارية، حيث تكون:

- a. بلورات صغيرة
b. بلورات كبيرة
c. بلورات فاتحة
d. بلورات داكنة

17. ما المصطلح الذي يصف الصخور النارية التي تتبلور داخل الأرض؟

- a. الصهارة
b. الجوفية
c. الlapa
d. السطحية

18. أيُّ المعدين أكثر شيوعاً في الجرانيت؟

- a. الكوارتز والفلسبار
b. الأوليفين والبيروكسين
c. الفلسبار بلاجيوكليز وأمفيبول
d. الكوارتز والأوليفين

أسئلة بنائية

19. اعمل قائمة ببعض استخدامات الصخور النارية في صناعة البناء.

20. فسر كيف، ولماذا يختلف الفلسبار بلاجيوكليز في الصخور البازلتية عنه في الصخور الجرانيتية؟

استعمل الصورتين الآتتين للإجابة عن السؤالين 21 و 22.

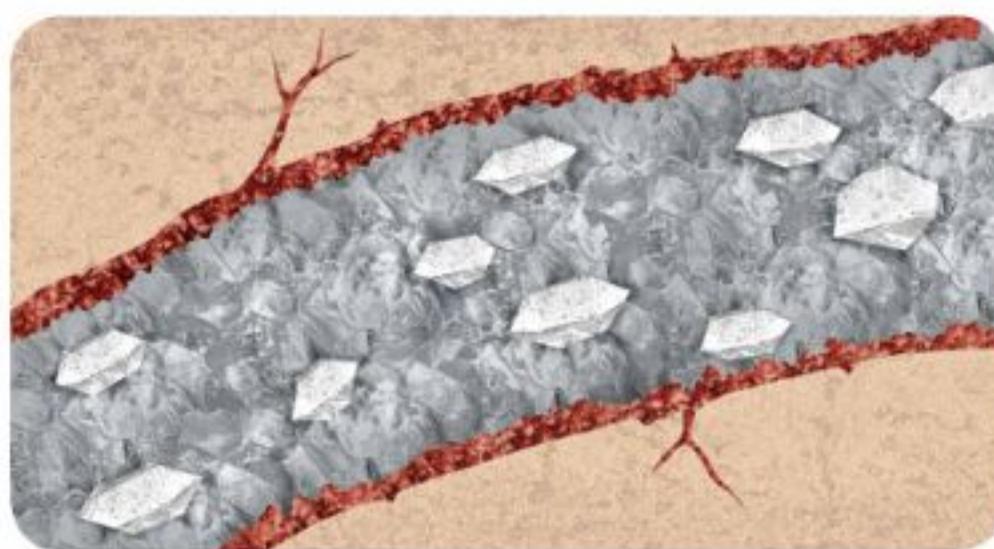


2

تقدير الفصل

سؤال تحفيز

استعمل الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال 35.



35. حدد. يوضح الشكل مقطعاً عرضياً لعرق في صخر ناري. ما مراحل تكون هذا العرق الصخري؟



التفكير الناقد

27. قارن بين الأوبسيديان والجرانيت لتوضيح سهولة نحت الجرانيت لعمل لوحات فنية.

28. قوم هذه العبارة: من الممكن أن يكون محتوى الصهارة من السيليكا كبيراً، مقارنة بالصخر الذي تكون منها.

29. طبق ما تعرفه عن قساوة المعادن لتفسير عدم خدش سكاكين الفولاذ غير القابل للصدأ شفرة قطع الجرانيت.

30. استدل تُعد صخور الـكيمبيرليت مصدر معظم الألماس. لماذا يدرس العلماء صخور الـكيمبيرليت ليتعرفوا المزيد عن ستار الأرض؟

31. قوم تكون الصخور عموماً من المعادن، وعندما يبرد الصخر المنصهر بسرعة كبيرة يتتحول إلى زجاج، والزجاج البركاني عبارة عن صخر ناري سطحي. قوم إذا كان هذا الصخر يحتوي على المعادن أم لا. فسر إجابتك (ملاحظة: تذكر تعريف المعادن في الفصل الأول).

32. استدل. لماذا تكون الصخور المكونة من المعادن التي تتبلور أولاً حسب سلاسل تفاعلات باون غير مستقرة وتتحلل بسرعة على سطح الأرض؟

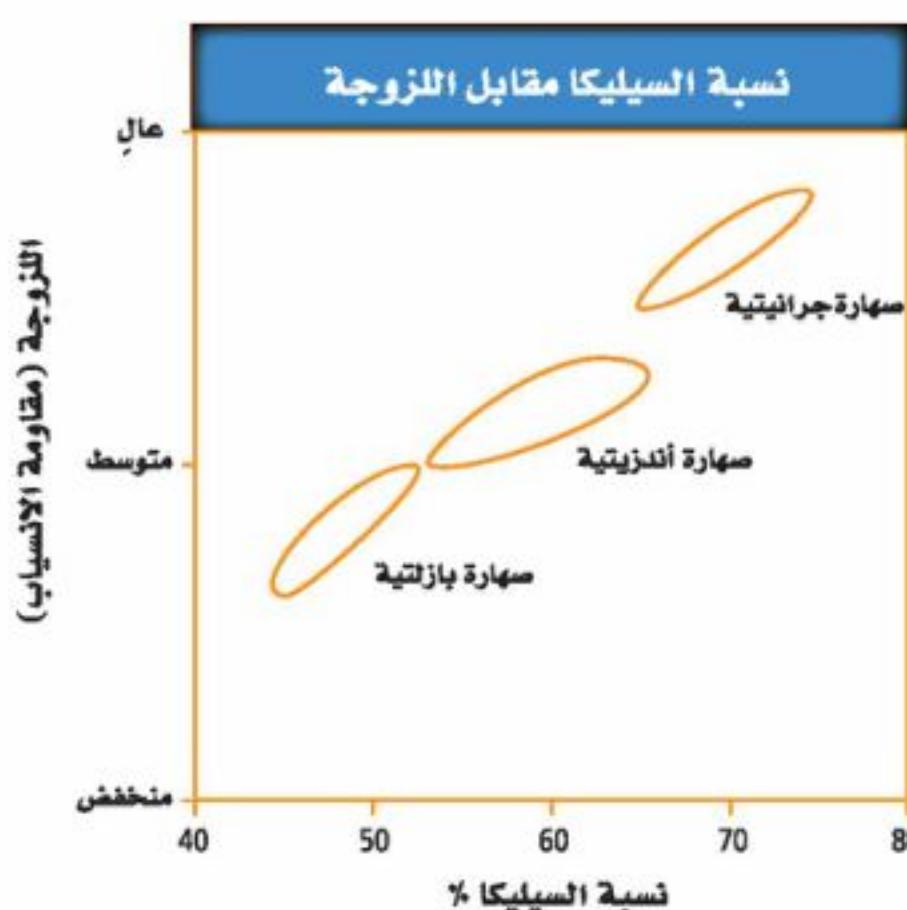
33. كون فرضية كيف تبدو عتبة باليسيد إذا كان تركيب الصهارة جرانيتياً؟

خريطة مفاهيمية

34. استعمل المصطلحات الآتية في عمل خريطة مفاهيم تبين العلاقات بين الواقع في القشرة الأرضية والستار وحجم البلورات ونوع الصخر: سريع، بطيء، الأبطأ، جوفي، سطحي، صهارة، لابة، جرانيت، ريو لait، بازلت، جابرو، أوبسيديان، خفاف.

اختبار مقتني

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 6 و 7.



6. ما العلاقة التي يمكن استخلاصها من الرسم البياني؟

- a. الصهارة التي تحتوي على سيليكا أكثر تكون أعلى لزوجة.
 - b. الصهارة التي تحتوي على سيليكا أقل تكون أعلى لزوجة.
 - c. لزوجة الصهارة منخفضة دائمًا.
 - d. لا توجد علاقة بين محتوى السيليكا والزوجة.
7. ما العبارة الصحيحة حول الصهارة الجرانيتية؟
- a. أثقل من النوعين الآخرين من الصهارة.
 - b. أخف من النوعين الآخرين من الصهارة.
 - c. تناسب بسرعة أكبر من النوعين الآخرين من الصهارة.
 - d. تناسب أبطأ من النوعين الآخرين من الصهارة.

اختيار من متعدد

استعمل الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2.

خصائص الصخور			
المكونات	محتوى السيليكا	اللون	
كوارتز وفلسبار	مرتفع	فاتح	A. الصخر
أوليفين وبلاجيوكليز	منخفض	غامق	B. الصخر

1. ما نوع الصخر الأكثر شبهاً بالصخر A؟

- a. الجرانيت
- b. البازلت
- c. البيردوميت
- d. الديوريت

2. ما نوع الصخر B؟

- a. الجرانيت
- b. الديوريت
- c. الجابرو
- d. البيجماتيت

3. أيُّ المواد الآتية أكثر وفرة في الصهارة، ولهما تأثير كبير في خصائصها؟

- O.a. Al_2O_3
- O.b. CaSiO_3
- C.a. SiO_2
- C.b. CaO

4. ما العملية التي تصف انتقال بلورات المعادن وانفصالها عن الصهارة؟

- a. الانصهار الجزيئي
- b. التبلور الجزيئي
- c. المهاجر الحراري
- d. الانفصال الجزيئي

5. أيُّ الخصائص الآتية لا تُستعمل في تعرُّف المعادن؟

- a. الكثافة
- b. اللون
- c. القساوة
- d. الحجم

اختبار مقتني

تصويره مؤخراً تحت سطح الماء غرب المحيط الهادئ. المناظر التي يعرضها هذا الفيلم حقيقة، التقطت لبركان نشط من البراكين التي شكلت أقواس الجزر البركانية. تحدث هذه البراكين بمحاذاة الأخدود البحري؛ حيث تنزلق صفيحة أرضية تحت صفيحة أخرى، وفي مقابل البراكين التي تحدث عند ظهر المحيط، حيث تبتعد الصفائح عن بعضها، فإن المذوفات البركانية عند الأخدود تراكم بعضها فوق بعض، حيث ترتفع الجبال البركانية تدريجياً حتى تصل فوق سطح الماء، وتشكل الجزر البركانية. لقد مكنت التقنيات الحديثة العلماء من دراسة النشاط البركاني عند أقواس الجزر البركانية عن قرب، مما مكّنهم من الحصول على معلومات واقعية عن عمليات تكون بعض هذه الجزر، ومنها جزيرة ماريانا. حيث تم رصد النشاط البركاني بجزيرة ماريانا للمرة الأولى عام 2004، ورغم أن النشاط البركاني في الجزيرة يحدث بمعدل ثابت وضعيف إلا أن ذلك لا يعني أنه كان نشطاً خلال العصور الماضية. وهذا يساعد العلماء على تصور الآلية التي تتكون بها هذه الجزيرة.

بعد قراءتك للنص أجب عن الأسئلة الآتية:

13. ما أهمية الدراسات الحديثة لجزيرة ماريانا؟

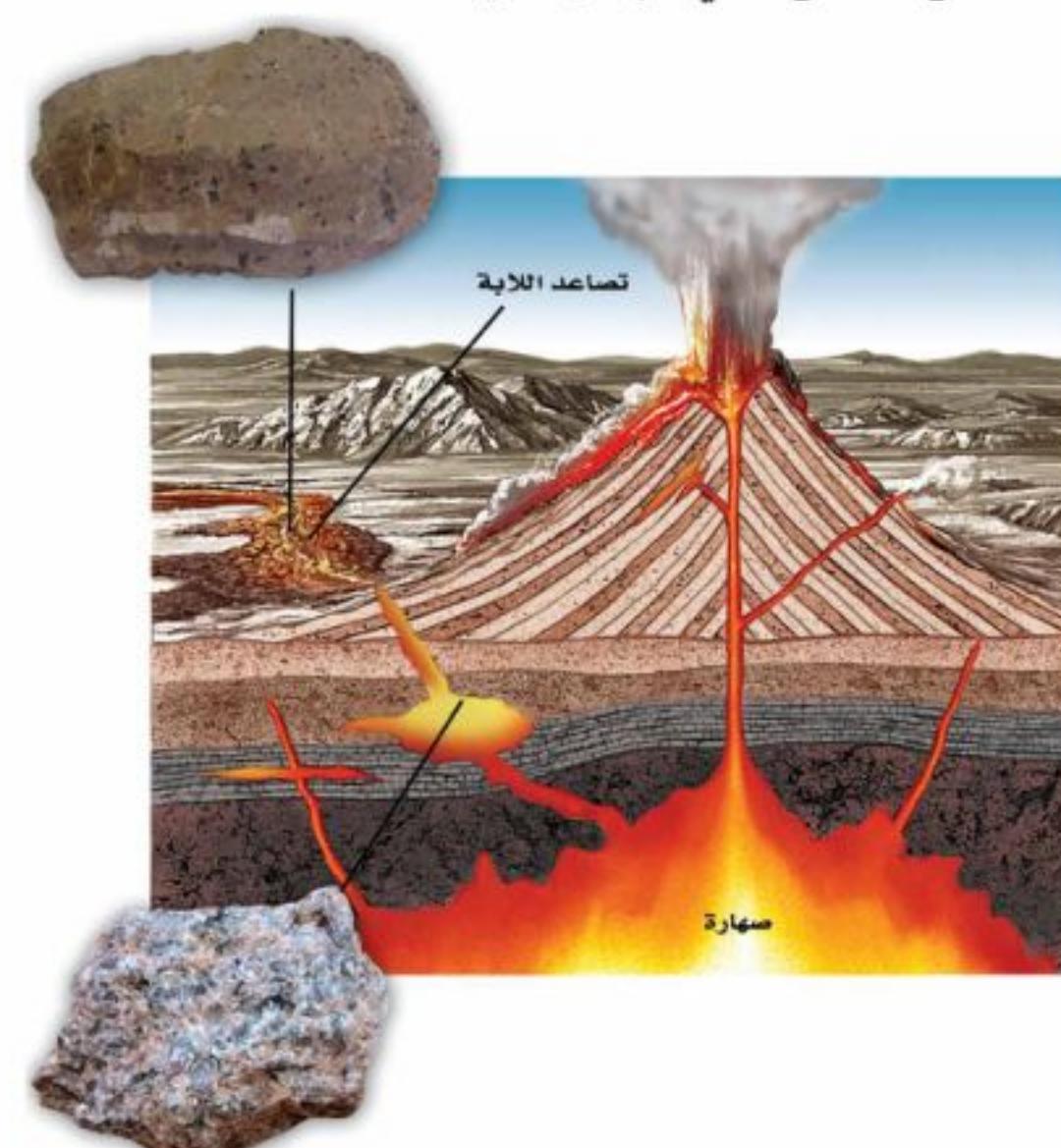
- a. تعطي العلماء فرصة للقاء نظرة واقعية على العمليات التي تشكل الجزر البركانية.
- b. تكشف أن البراكين يمكن أن تستمر في الثوران عقوداً طويلة.
- c. تكشف عن أسرار الحياة قرب فوهات البراكين.
- d. تمثل أول ملاحظة مباشرة على البراكين النشطة عند أقواس الجزر البركانية.

14. ماذا تستنتج من النص؟

- a. تستمر البراكين في الثوران بمستوى ثابت من الشدة.
- b. تحدث البراكين عند ظهر المحيط فقط.
- c. الروبيان يأكل الأسماك الميتة فقط.
- d. هناك نشاط بركاني في موقع مختلفة تحت سطح الماء.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 10-8



8. ما نوع الصخر المبين أسفل الصورة؟ أعط مثلاً على صخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع.

9. ما نوع الصخر المبين أعلى الصورة؟ أعط مثلاً لصخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع.

10. ما الفرق بين طريقة تكون نوعي الصخور النارية؟

11. ما المقصود بأن المعدن يتكون طبيعياً، ومن أصل غير عضوي؟

12. لماذا تصنف بعض المعادن على أنها معادن نفيسة؟

القراءة والاستيعاب

براكين قاع المحيط

تض AUDAD أعمدة الرماد البركاني و قطرات الكبريت المنصهر، ويتجمع الروبيان على وليمة من الأسماك التي قتلتتها الالبة المتداقة من فوهة البركان. هذا وصف مشهد من فيلم تم

الصخور الرسوبية والمحولة

Sedimentary and Metamorphic Rocks

3



الفكرة (العامة) تنشأ معظم الصخور من صخور سابقة لها عبر عمليات جيولوجية خارجية أو داخلية.

1-3 تشكل الصخور الرسوبية

الفكرة (الرئيسية) تنشأ الصخور الرسوبية عن تصرّر الصخور الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.

2-3 أنواع الصخور الرسوبية

الفكرة (الرئيسية) تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكّلها.

3-3 الصخور المحولة

الفكرة (الرئيسية) تنشأ الصخور المحولة عندما تتعرّض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والحاليل الحرارية المائية.

حقائق جيولوجية

مدائن صالح

- تقع مدائن صالح أو ما يُعرف بالحجر على بعد 22 km شمال شرق مدينة العلا التابعة لمنطقة المدينة المنورة.
- ت تكون صخور مدائن صالح من الحجر الرملي.
- أعلنت منظمة الأمم المتحدة للعلوم والتربيّة والثقافة عام 2008 أن مدائن صالح موقع تراث عالمي.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠



من أهداف الرؤية المحافظة على تراث المملكة الإسلامي والعربي والوطني والتعرّيف به.

62

نشاطات تمهيدية

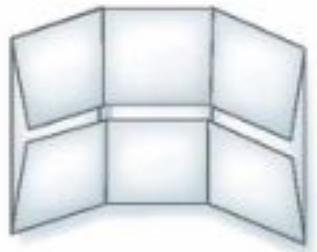
دورة الصخر اعمل المطوية الآتية لتوضح مسارات محتملة في تكون الصخور.



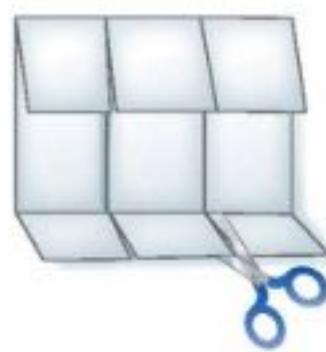
المطويات

نظمات الأفكار

الخطوة 1 : عَلَمْ رَأْسِيًّا وَسَطْ وَرْقَةٍ مُسْتَطِيلَةً، وَاطْبَعْ أَعْلَاهَا وَأَسْفَلَهَا نَحْوَ الْوَسْطِ لِتَشْكِيلِ جَنَاحَيْنِ.



الخطوة 2 : اطْبَعْهَا إِلَى ثَلَاثَةِ أَقْسَامٍ.



الخطوة 3 : افْتَحْ الْوَرْقَةَ، وَقُصْ الجَنَاحَيْنِ عَلَى طَولِ خَطَطِ الثَّنْيِ، كَمَا هُوَ مُوضَعٌ.



الخطوة 4 : عنْونْ أَقْسَامَ الْمَطْوِيَّةِ كَمَا هُوَ مُوضَعٌ.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراسة هذا الفصل. سجل تحت كل عنوان العمليات التي يمكن للصخور أن تمر بها عندما تتغير من نوع إلى آخر، كما في العنوان المجاور في المطوية.

تجربة استهلاكية

ما الذي حدث هنا؟

الأحافير بقايا أو آثار لنباتات أو حيوانات كانت تعيش في الزمن الماضي. في هذا النشاط، ستقوم بتفسير نشاط حيوان من آثار أقدامه الأحفورية.



الخطوات

- اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
- ادرس صورة لمجموعة آثار أقدام حفظت في صخور رسوبية.
- اكتب وصفًا تبين فيه احتمال كيفية تكون هذه الآثار.
- ارسم خططًا لمجموعة آثار أقدام أحفورية سجلت تأثير المخلوقات الحية في البيئة.
- أعط خططك إلى طالب آخر، واطلب إليه تفسير ما حدث.

التحليل

- حدد عدد الحيوانات التي خلفت هذه الآثار.
- استدل على المعلومات التي يمكن الحصول عليها من دراسة آثار الأقدام الأحفورية.
- فتر هل تتفق إجابتك مع إجابات زملائك بالصف؟ ما الذي أدى إلى وجود اختلافات في التفسير؟



3-1

تشكل الصخور الرسوبيّة

Formation of Sedimentary Rocks

ال فكرة الرئيسية تنشأ الصخور الرسوبيّة عن تصخّر الرسوبيّات الناتجة عن عمليّي التجوّيّة والتعرّيّة.

الربط مع الحياة. قد ترى كمية من الرمل والتربة أو قطعًا مكسرًا من الصخر على الأرض. ما الذي حدث لهذه المواد؟ وماذا سيحدث لها مستقبلًا؟

التجوّيّة والتعرّيّة Weathering and Erosion

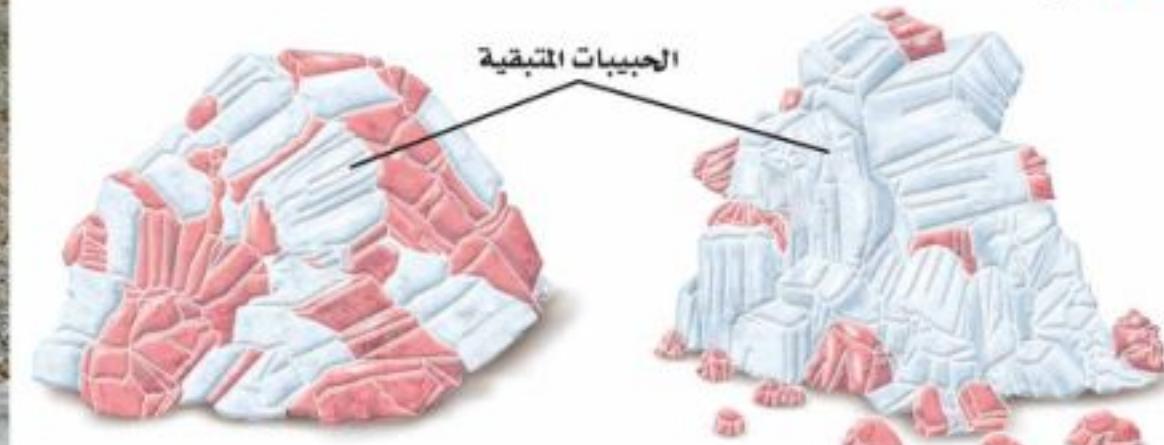
تؤدي عمليّات التجوّيّة والتعرّيّة إلى تكون رسوبيّات تراكم فتشكل الصخور الرسوبيّة. والرسوبيّات **Sediment** قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسبت بفعل المياه والرياح والجليدات والجاذبية. وتتسبب مجموعة من العمليّات الفيزيائيّة والكيميائيّة، إضافة إلى التجوّيّة والتعرّيّة، في تفتيت الصخور المتكتّفة فوق سطح الأرض إلى قطع أصغر فأصغر، تتحرّك مع التيارات المائيّة، ومع مرور الوقت تراكم وترسب وتلتّحم معًا وتصلّب فتكون صخورًا رسوبيّة.

التجوّيّة Weathering تُتّبع التجوّيّة فتاتاً من الصخور والمعادن يعرف بالرسوبيّات. ويتراوح حجم هذه الرسوبيّات بين كتل ضخمة وحبّيات مجهرية. وتقسم التجوّيّة إلى قسمين: تجوّيّة كيميائيّة تحدث عندما تذوب أو تتغيّر معادن الصخر الأقل استقرارًا كيميائيًا. وتجوّيّة فيزيائيّة تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجمًا، دون أن تتغيّر كيميائيًا. ويوضح الشكل 1-3 صخرًا تجوّيًّا كيميائيًّا وفيزيائيًّا. ترى، ما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوّيّة؟



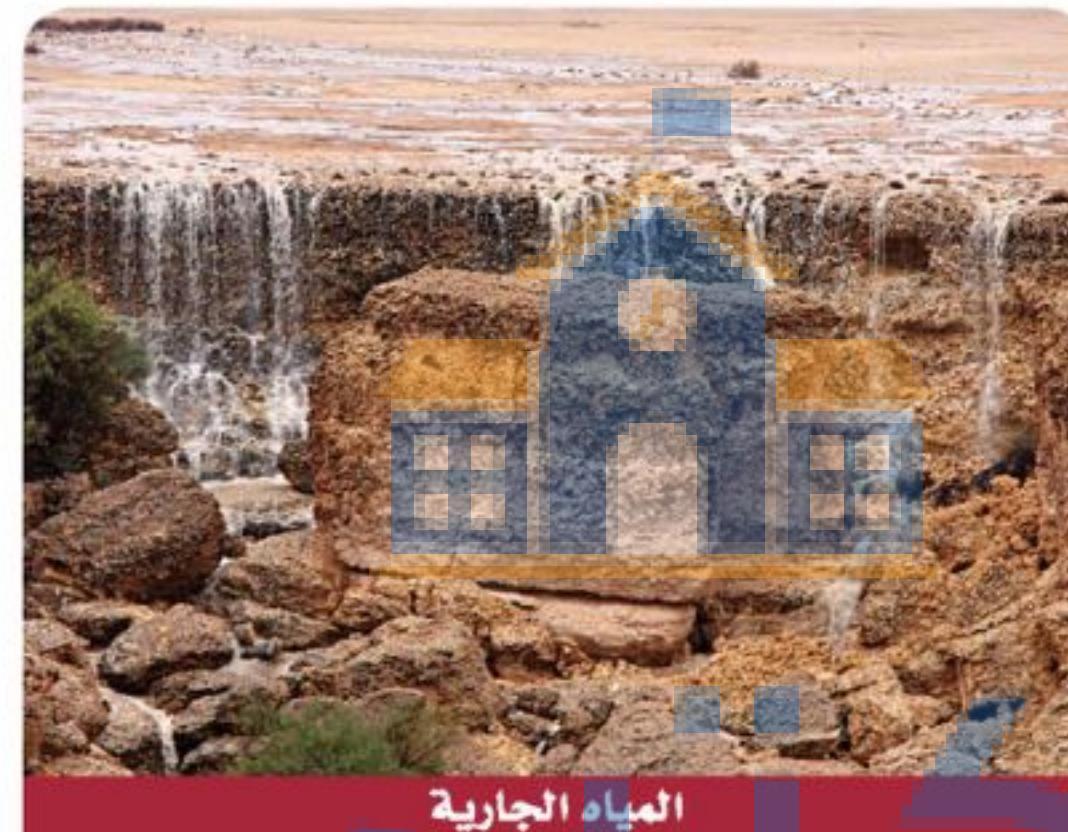
الشكل 1-3 عندما يتعرّض الجرانيت لنوعي التجوّيّة الكيميائيّة والفيزيائيّة يتفتّت في النهاية، ويمكن أن يتحلّل، كما تشاهد في الشكل المجاور.

فَسْر أي المعادن أكثر مقاومة للتجوّيّة: الكوارتز، أو الفلسبار، أو المايكا؟



التعرية Erosion تسمى عملية إزالة الرسوبيات ونقلها التعرية. ويوضح الشكل 2-3 عوامل التعرية الأربع: الرياح والمياه الجارية والجاذبية والخليديات. وتعد الرياح أكثر عوامل التعرية تأثيراً في المملكة العربية السعودية؛ وذلك بسبب انتشار المناطق الصحراوية وقلة الغطاء النباتي فيها. وعندما تعصف الرياح على تلك المناطق تزيل الرمال والفتات الصخري وتحملها معها إلى أماكن أخرى ثم ترسيبها على شكل كثبان رملية. وتأثير المياه الجارية أيضاً على أراضي المملكة العربية السعودية، وعلى الرغم من قلة كميات الأمطار الساقطة عليها إلا أن مياه الأمطار تجمع على شكل سيول وجداول بعد العاصف المطري. ومن العلامات التي تدل بوضوح على حدوث التعرية تعكر مياه السيول بسبب اختلاط حبيبات الطين الناتجة عن التعرية مع المياه الجارية. وبعد تحجيم الصخور تنتقل غالباً إلى أماكن جديدة من خلال عملية التعرية، حيث تحمل المواد وتنتقل دائماً نحو المناطق المنخفضة أسفل المنحدر بتأثير الجاذبية الأرضية. وتعمل الخليديات أيضاً وهي كتل ضخمة من الجليد تتحرك عبر اليابسة على تعرية سطح الأرض. ولذلك لاحظت صورة مدائن صالح في بداية الفصل كيف أثرت التعرية على ارتفاع مستوى الأبواب عن سطح الأرض.

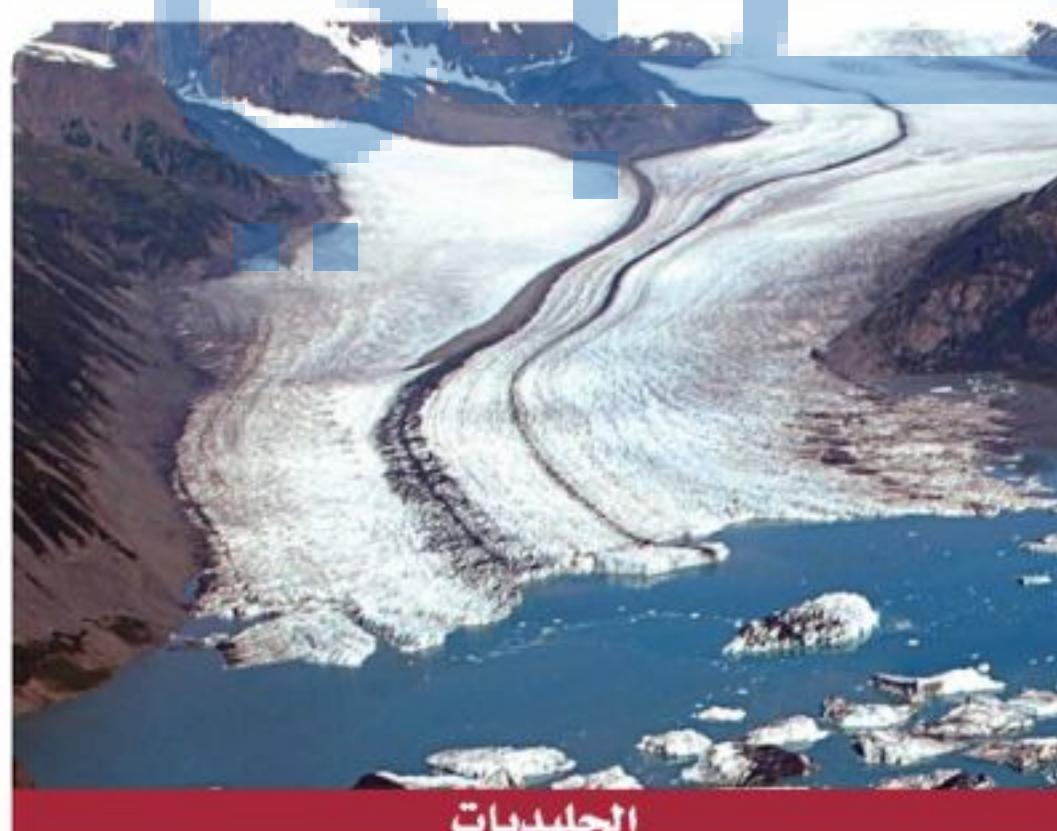
ماذا قرأت؟
لخص ما يجري في أثناء عملية التعرية.



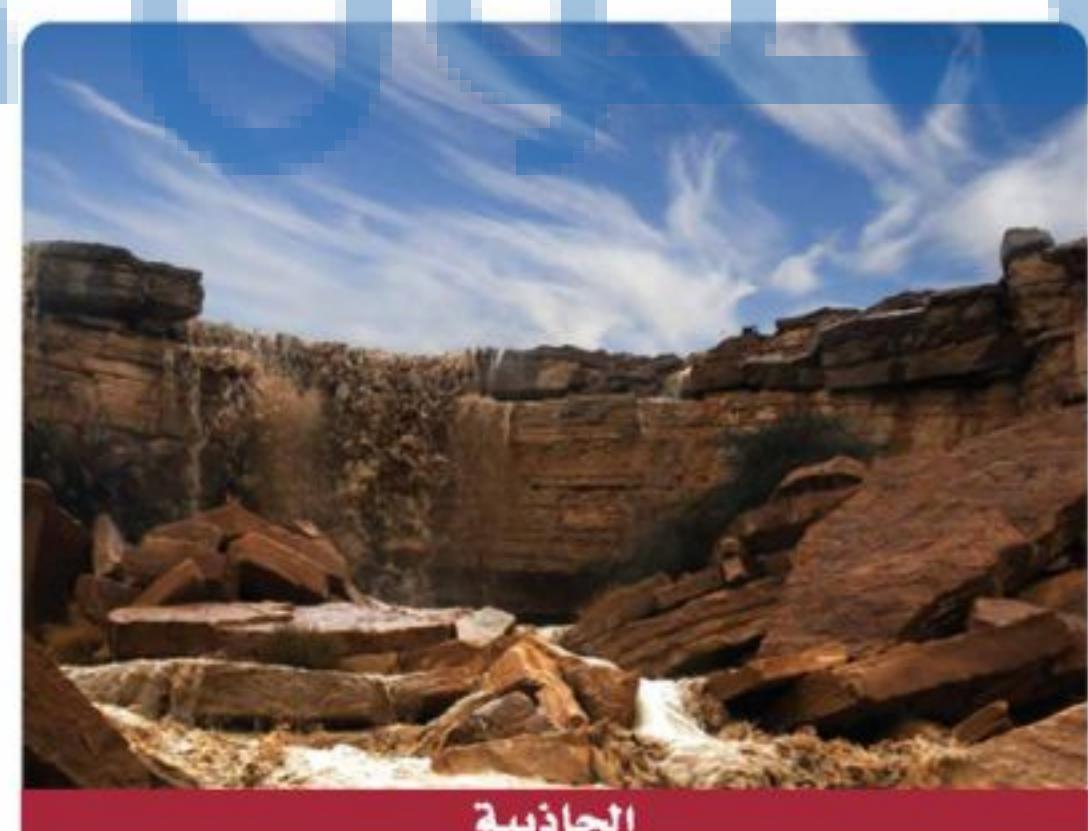
المياه الجارية



الرياح



الخليديات



الجاذبية

الترسيب Deposition يحدث الترسيب عندما تستقر الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي. ما الذي حدث في التجربة عندما توقفت عن قلب القنية المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحببيات الصغرى فوقها. وبالمثل، تترسب الرسوبيات في الطبيعة عندما يتوقف عامل النقل أو تقل سرعته. فعندما يتوقف هبوب الرياح، أو عند دخول نهر مياهاً هادئاً في بحيرة أو محيط تترسب الرسوبيات محمولة مكونةً طبقات من الرسوبيات، وتكون الحبيبات الكبيرة في الأسفل.

طاقة عوامل النقل Energy of transporting agents

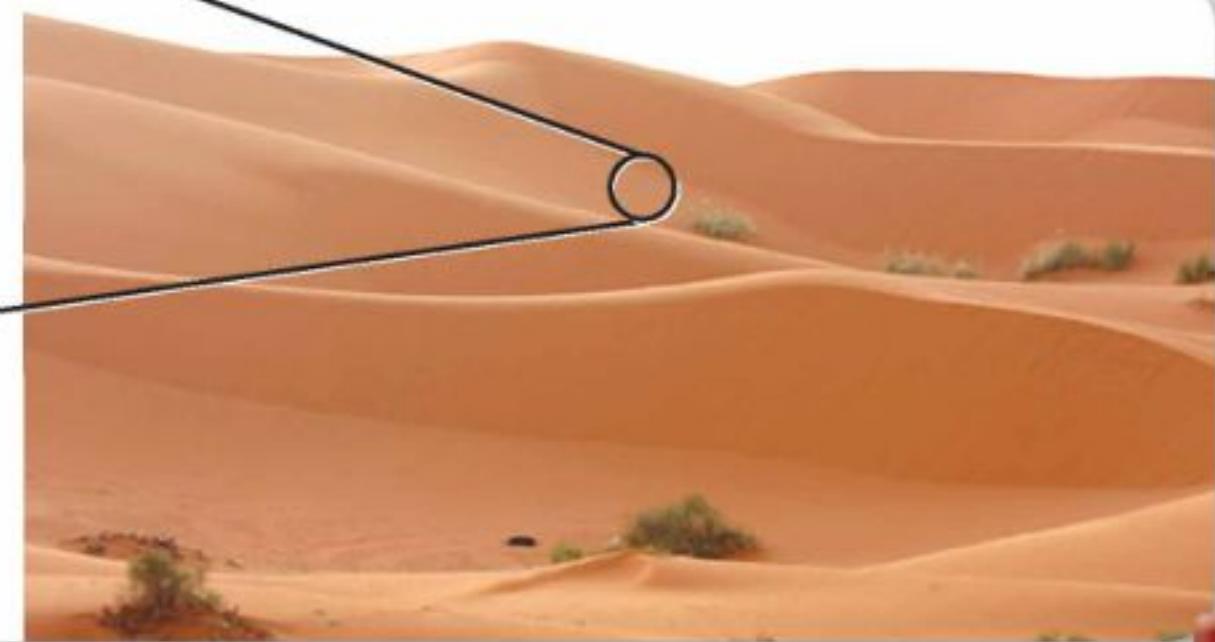
تستطيع المياه السريعة أن تنقل حبيبات كبيرة الحجم أفضل من المياه البطيئة الحركة؛ فعندما تقل سرعة المياه تترسب أولًا الحبيبات الكبرى، ثم الصغرى وهكذا، بحيث تُفرز الحبيبات المتساوية الحجم في طبقات. أما الرياح فلا تحرك إلا الحبيبات الصغيرة. وهذا تكون الكثبان الرملية في العادة من رمل ناعم جيد الفرز، كما في الشكل 3–3. ولكن ليست جميع الرسوبيات مفروزة؛ فالجليديات مثلًا تحمل جميع المواد على اختلاف حجومها بالقدر نفسه؛ فتحمل الصخور الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصرف الجليديات فإنها تلقنها دفعات واحدة على هيئة كومة غير مفروزة.

التصحر Lithification

تستقر معظم الرسوبيات في النهاية في المناطق المنخفضة على سطح الأرض، ومنها الأودية والأحواض. ومع استقرار المزيد من الرسوبيات بعضها فوق بعض في المنطقة نفسها



الشكل 3–3 تشكّلت هذه الكثبان من الرمل الذي عصفت به الرياح، فنقلته وأعادت ترسيبه. لاحظ أن حبيبات الرمل متساوية في الحجم تقريبًا.



تجربة

نموذج لتطبيق الرسوبيات

كيف تتشكل الطبقات في الصخور الرسوبيّة؟
توجد الصخور الرسوبيّة عادة على شكل طبقات. ستلاحظ في هذا النشاط كيف تتشكل الطبقات من ترسب حبيبات في الماء.

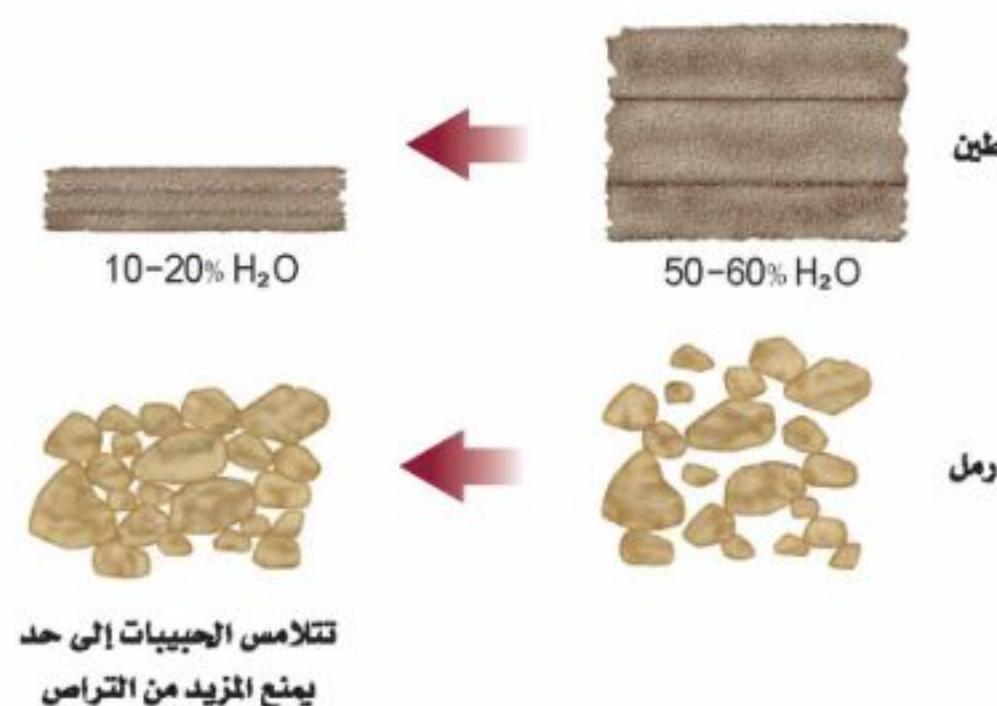
خطوات العمل

- اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
- احصل على 100 cm^3 من الرسوبيات من مكان يحدده معلمك.
- ضع الرسوبيات في قنية لها غطاء سعتها 200 mL .
- ضع ماءً في القنية إلى ثلاثة أرباعها.
- أحکم إغلاق القنية بالغطاء.
- احمل القنية بكلتا يديك واقلبها عدة مرات لخلط الماء والرسوبيات معًا، ودع القنية مقلوبة قبل أن تضعها معتدلةً على سطح مستوي، ثم اتركها مدة 5 دقائق تقريبًا.
- لاحظ عملية الترسيب.

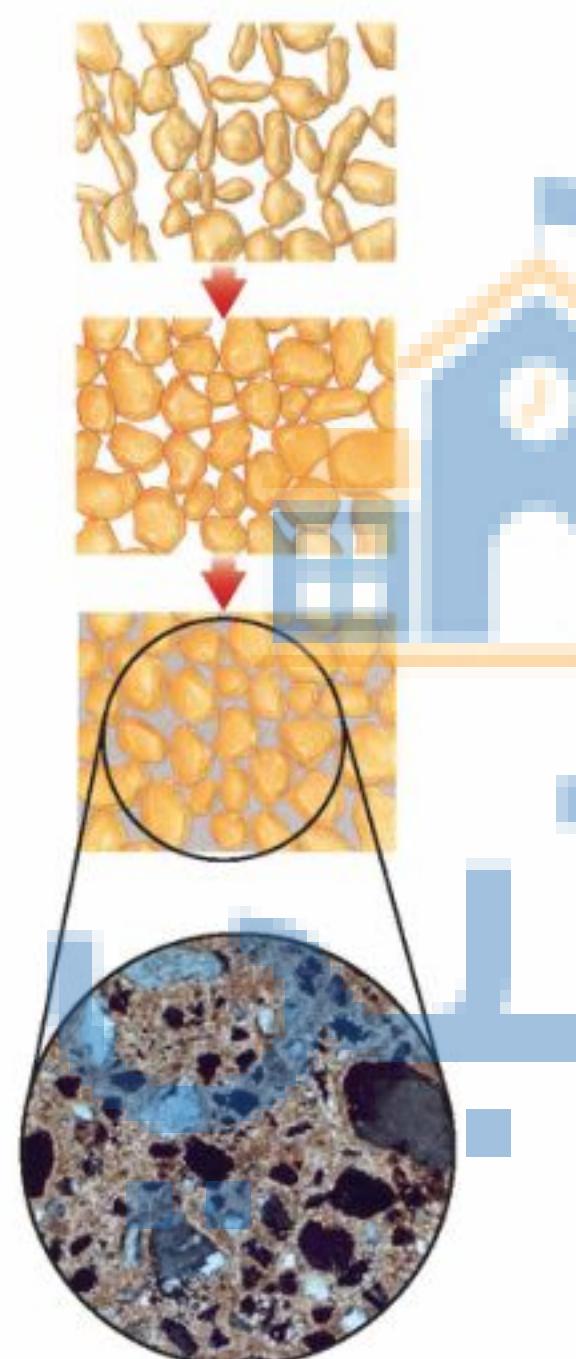
التحليل

- وضح ما لاحظته على شكل مخطط.
- صف نوع الحبيبات التي ترسبت أولًا في قاع القنية.
- صف نوع الحبيبات التي تكون الطبقات العليا.

الشكل 4-3 يؤدي محتوى رسوبيات الطين المرتفع من الماء وشكل حبيباتها الأفقي إلى تراص كير عندما تخضع لثقل الرسوبيات التي فوقها.



المطويات
ضمن مطويتك معلومات من هذا القسم.



الشكل 5-3 ترسب المعادن من المياه في أثناء تدفقها عبر مسامات الرسوبيات. تشكل هذه المعادن مادة لاحمة تعمل على ربط الرسوبيات بعضها مع بعض.

يزداد الضغط على الطبقات السفلية، فتزداد درجة حرارتها، مما يؤدي إلى تصحر الرسوبيات. **والتصحر Lithification** عمليات فيزيائية وكميائية تؤدي إلى تماسك الرسوبيات وتكون صخر رسوبي. والمقطع الأول من كلمة التصحر بالإنجليزية lithification وهو مأخوذ من الكلمة اليونانية lithos، وتعني الحجر.

التراص Compaction تشمل عملية التصحر مجموعة من العمليات تبدأ بعملية التراص Compaction؛ وهي تقارب حبيبات الرسوبيات بسبب الضغط الناتج عن وزن الرسوبيات التي تعلوها، ويترب على ذلك تغيرات فيزيائية، كما في الشكل 4-3. فطبقات الطين تحتوي على 60% من حجمها ماء تقريباً. لذا ينقص حجمها عندما يخرج الماء منها بتأثير الضغط. أما الرمل فلا ينضغط بقدر انضغاط الطين في أثناء عملية الدفن؛ وذلك لأن حبيبات الرمل تتكون في العادة من الكوارتز، وهي غير قابلة للتلشُّو تحت ظروف الدفن العادية.

يشكل تلامس حبيبات الرمل بعضها ببعضًا هيكلًا داعمًا يعمل على بقاء الفراغات بين الحبيبات، حيث توجد المياه الجوفية والنفط والغاز الطبيعي في هذه الفراغات في الصخور الرسوبيّة.

السمنة Cementation لا يشكل الضغط القوة الوحيدة التي تربط الحبيبات معاً. حيث تحدث السمنتة Cementation وهي عملية يتم فيها ترسب معادن جديدة كافية ضمن المياه الجوفية بين الحبيبات الرسوبيّة مما يؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات معاً مشكلة صخراً صلباً. ويحدث هذا عندما ترسب مواد لاحمة منها: معدن الكالسيت CaCO_3 أو أكسيد الحديد Fe_2O_3 بين الحبيبات الرسوبيّة بالكيفية نفسها التي ترسب بها المعادن المذابة من المياه الجوفية. ويوضح الشكل 5-3 كيف تحدث هذه العملية.

معالم الصخور الرسوبيّة Sedimentary Features

كما تحتوي الصخور النارية على معلومات عن تاريخ نشأتها، فإن للصخور الرسوبيّة معالمها وخصائصها التي تساعدها في تفسير نشأتها وتاريخ المنطقة التي تشكّلت فيها.



الشكل 6-3 توضح الصورة كيف تم تسجيل التطبق المترادج في أثناء انخفاض سرعة المياه وقدان طاقتها الترسيبية.

التطبق Bedding يسمى ترتيب الصخور على هيئة طبقات أفقيه **التطبق Bedding**. ويعدّ التطبق الأفقي هو الغالب والشائع في الصخور الرسوبيّة، و يحدث نتيجة للطريقة التي ترسب بها الرسوبيات بتأثير المياه أو الرياح. ويتراوح سمك الطبقة الواحدة بين ملليمترات و عدة أمتار. وهناك نوعان مختلفان من التطبق، يعتمد كل منها على طريقة النقل. أما حجم الحبيبات ونوع المادة المكونة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

التطبق المترادج Graded bedding يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبات أثقل وأكبر حجماً كلما اتجهنا إلى أسفل **التطبق المترادج Graded bedding**. وغالباً ما يلاحظ التطبق المترادج في الصخور الرسوبيّة البحريّة فعندما تقل سرعة التيارات البحريّة تفقد طاقتها على حمل الفتات الصخري، فترسب المواد الأثقل والأكبر حجماً أولاً، ثم ترسب بعدها بالتدرج المواد الأصغر. ويوضح الشكل 6-3 مثالاً على التطبق المترادج.

التطبق المتقاطع Cross – bedding مظهر آخر مميز للصخور الرسوبيّة. ينشأ **التطبق المتقاطع Cross bedding**، كالذي يظهر في **الشكل 7-3**، عندما ترسب طبقات مائلة نسبة إلى بعضها البعض، وبعد تصرّح هذه الرسوبيات، يحتفظ الصخر بالتطبق المتقاطع. ويوضح **الشكل 8-3** هذه العملية.

علامات النيم Ripple marks تتشكل علامات النيم - كما هو موضح في **الشكل 8-3** - عندما ترسب الرسوبيات في موجات صغيرة تكونت بفعل الرياح أو الأمواج أو التيارات النهرية. وتحفظ هذه العلامات في الصخر الصلب إذا طمرت بهدوء ودون اضطراب أو اختلاط برسوبيات أخرى.



المهن في علم الأرض

عالم الرسوبيات: مهنة عالم الرسوبيات هي دراسة أصل الرسوبيات وترسيبها وتحولها إلى صخور رسوبيّة. غالباً ما ينشغل علماء الرسوبيات في البحث عن البترول والغاز الطبيعي والمعادن المهمة اقتصاديًا والحصول عليها.

موجة
حلول

الشكل 7-3 تطبق متقاطع كبير الحجم في كثبان قديمة تشكّلت بالرياح.

التطبيق المتقطع وعلامات النيم Cross-Bedding and Ripple Marks

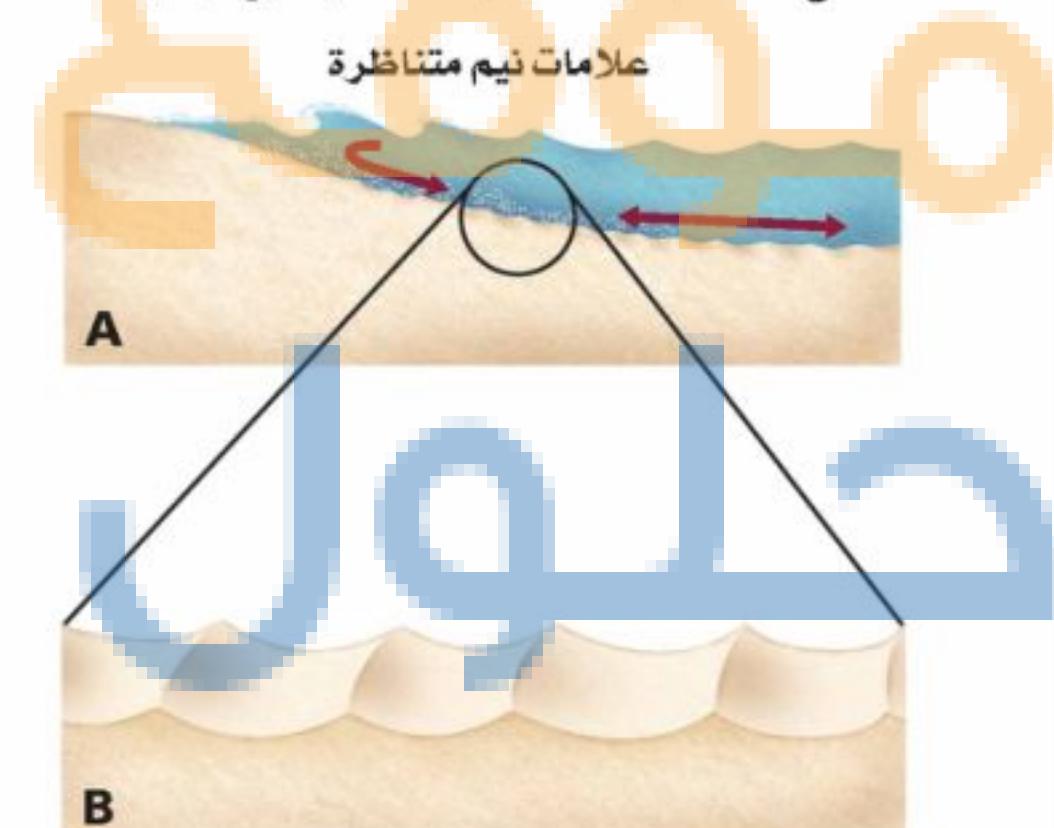
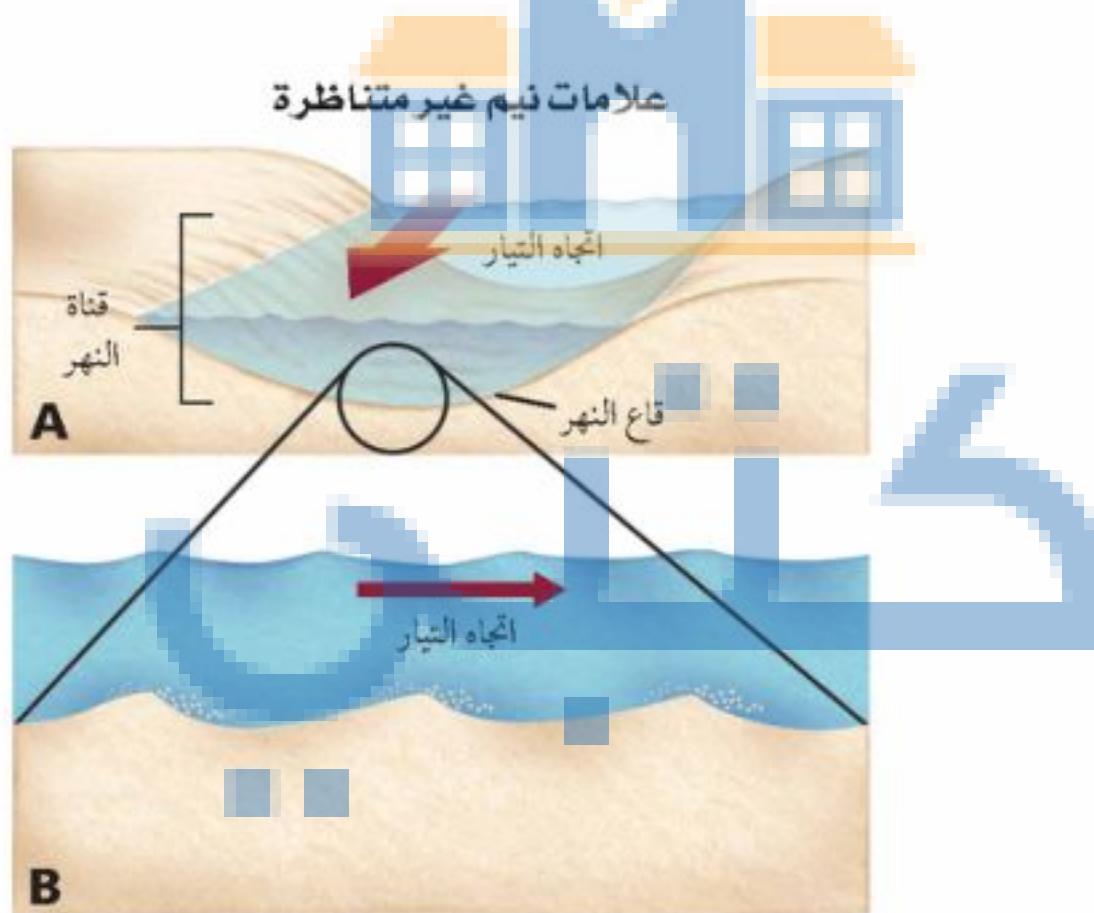
الشكل 8-3 يتجزء عن حركة المياه والرسوبيات المفككة تكون تراكيب رسوبية كالتقطق المتقطع وعلامات النيم.



يستقر الرمل الذي تحمله الريح على جانب الكثيف بعيد عن اتجاه الريح، وعندما تغير الريح اتجاهها يتكون التقطق المتقطع الذي يُظهر حادثة تغيير الاتجاه.



تدفع رسوبيات قاع النهر بفعل حركة التيار مشكلةً تللاً صغيرةً ومتوجّةً، فإذا تلاها استقرار رسوبيات أخرى بزاوية معينة فوق الجانب المائل لهذه التلال فعندها يتتشكل التقطق المتقطع. وفي النهاية تستوي المنطقة أو تتشكل تلال جديدةً، وتبدأ العملية من جديد.

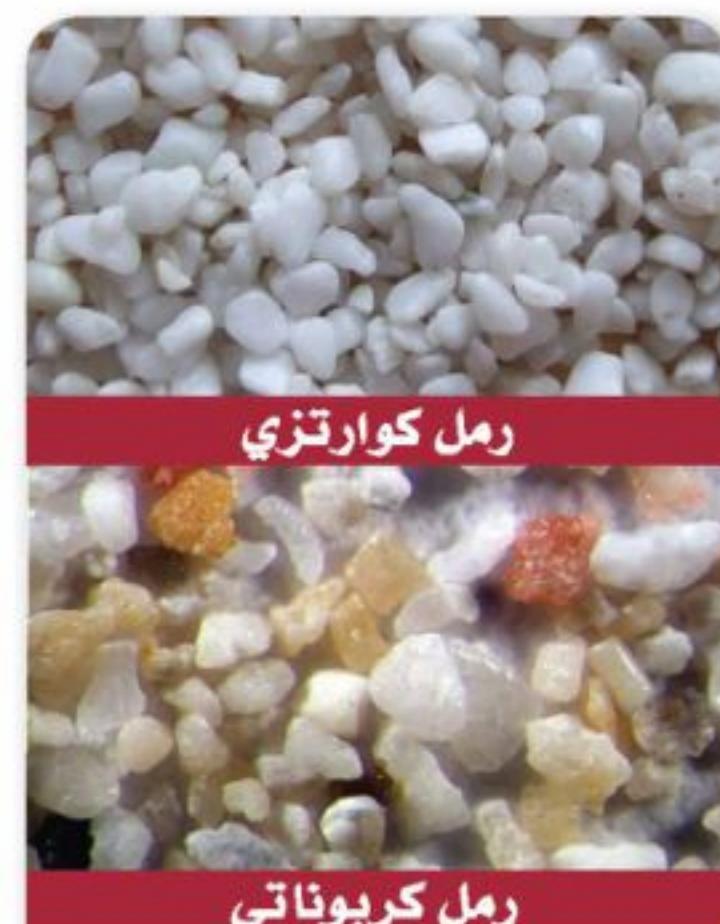


تقوم التيارات التي تجري في اتجاه واحد - كتلك التي في الأنهر - بدفع رسوبيات القاع لتشكيل علامات نيم غير متاظرة؛ حيث يكون الجانب المعاكس لاتجاه التيار أكثر انحداراً، ويحوي الرسوبيات الأخفشن. لاحظ أن التيار المائي يسير من المنبع إلى المصب.

تؤدي حركة الأمواج على الشاطئ ذهاباً وإياباً إلى دفع رمل القاع، فتشكل علامات نيم متاظرة؛ إذ تتوزع حبيبات الرمل على جانبي قمم التلال بانتظام.

الفرز والاستدارة Sorting and rounding تعدد درجة فرز واستدارة الحبيبات أحد معالم الصخور الرسوبية حيث يُظهر التفحص الدقيق لحواف حبيبات الرمل أن بعضها مدبب الحواف، والبعض الآخر مستدير. فعندما يتكسر الصخر يكون لشكل حواف القطع في بادئ الأمر زواياً حادة. وفي أثناء عملية النقل تصطدم الحبيبات معًا، فتتكسر الحواف الحادة، ومع الزمن تستدير حواف القطع الصخرية. وتتأثر درجة الاستدارة بمسافة نقل الرسوبيات وقساوة معادن الصخر؛ فكلما كان المعدن أكثر قساوة زادت فرصة استدارته قبل أن يتكسر ويصغر حجمه كما يوضح الشكل 9-3.

أدلة من الماضي (الأحافير) Evidence of past life (Fossils) قد يكون أفضل دليل على تحديد الصخور الرسوبية احتواها على الأحافير؛ وهي كل ما يحفظ من بقايا أو طبعات أو أي آثار لمخلوقات عاشت في الماضي. فعندما يموت مخلوق حي ويُدفن قبل أن يتحلل قد يحفظ على شكل أحافورة حفظاً كاملاً دون تغير في تركيبه الكيميائي، وقد تحلل معادن ذاتية في أثناء تكون الأحافورة محل الهيكل الصلب، فتغير تركيبه الكيميائي دون تغيير شكله الأصلي، ومنها تغير الأصداف المكونة من الكالسيت إلى سيليكا. ويهتم علماء الأرض بالأحافير؛ لأنها تزودهم بأدلة على أنواع المخلوقات الحية التي عاشت في الماضي البعيد، وكيف تغيرت عبر الزمن، وكذلك عن البيئات القديمة وقتئذ.



الشكل 9-3 حبيبات الرمل الكربوناتي المنقوله من مسافات قريبة حادة، مدببة الحواف، وليس لها استدارة أو نعومة كحبيبات الرمل الكوارتز المنقوله من مسافات بعيدة.

التقويم 3-1

الخلاصة

● تتشكل الصخور الرسوبيه بعمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصحر.

● تصبح الرسوبيات - بعملية التراص والسمنة - صخوراً.

● الأحافير بقايا أو آثار مخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي، وتكون محفوظة - في الغالب - في الصخور الرسوبيه.

● قد تحوي الصخور الرسوبيه معالم مميزة، ومنها التطبيق المتدرج، والتطبيق المقاطع، وعلامات النيم، واستدارة الحبيبات، واحتواها على الأحافير.

فهم الأفكار الرئيسية

- الفكرة الرئيسية صفات كيف تتشكل الرسوبيات عن التجوية والتعرية؟
- رسم خططاً لتوضيح لماذا تستقر الرسوبيات في طبقات؟
- وضح كيف يتتشكل التطبيق المتدرج باستخدام الرسم؟
- قارن علاقة درجة الحرارة والضغط على سطح الأرض وما تأثيره بعملية التصحر.

التفكير الناقد

- قُوّم هذه العبارة: قد يكون هناك تطبيق متقطع وتطبيق متدرج في طبقة واحدة.

- حدد في أي اتجاه تسير: نحو أعلى جدول جبلي جاف، أم نحو أسفله، بحيث تلاحظ أن شكل حبيبات الرسوبيات يصبح مدبباً أكثر باستمرار السير؟ فسر ذلك.

الكتابية في الجيولوجيا

- تخيل أنك تصمم عرضًا لمتحف يتضمن صخور رسوبيه تحوي أحافير المرجان وحيوانات بحرية أخرى. ارسم صورة البيئة التي تتوقع أنها كانت تعيش فيها. ثم اكتب وصفاً مرافقاً للصورة.



3-2

الأهداف

- تصف أنواع الصخور الرسوبيّة الفتاتية.
- توضح كيفية تشكّل الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة.
- تصف الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة الحيوية.

مراجعة المفردات

محلول مشعّ: أعلى محتوى ممكّن من المعادن الذائبة في محلول.

المفردات الجديدة
الصخور الرسوبيّة الفتاتية
الفتاتي

الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة
المتبخرات

الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة الحيوية
الشكل 10-3 تكوّن صخور الكونجلوميرات والبريشيا من الرسوبيّات الخشنة التي نقلت بماء عالية الطاقة.

استدل على الظروف التي يمكن أن تسبّب أنواع النقل الازمة لتكوين هذين الصخرين.

أنواع الصخور الرسوبيّة

Types of Sedimentary Rocks

الفكرة الرئيسية تُصنّف الصخور الرسوبيّة بناءً على طرائق تشكّلها.

الربط مع الحياة. إذا مشيت على طول شاطئ أو ضفة نهر فقد تلاحظ حجوماً مختلفة من الرسوبيّات. يُحدد حجم حبيبات الرسوبيّات نوع الصخر الرسوبي الذي يمكن أن يتشكّل منها.

الصخور الرسوبيّة الفتاتية

Clastic Sedimentary Rocks

أكثر أنواع الصخور الرسوبيّة شيوعاً **الصخور الرسوبيّة الفتاتية Clastic Sedimentary** التي تشكّل من تراكم الرسوبيّات المفكّكة على سطح الأرض. وكلمة **Rocks** مأخوذه من الكلمة اليونانية *klastos* بمعنى مكسرة. وتُصنّف هذه الصخور **فتاتي Clastic** بناءً على حجم حبيباتها. انظر إلى الجدول 10-3 في الصفحة الآتية، الذي يلخص تصنيف الصخور الرسوبيّة بناءً على حجم حبيباتها وطريقة تشكّلها ومكوناتها المعدنيّة.

الصخور الرسوبيّة الخشنة الحبيبات Coarse – grained rocks

تصنّف الصخور الرسوبيّة المكوّنة من فتات الصخر والمعادن التي بحجم الحصبة على أنها صخور خشنة الحبيبات، كما في الشكل 10-3. ويسبّب كتلتها الكبيرة نسبياً تُنقل الحصبة بالتيارات المائية العالية الطاقة، كتلك التي تولد في الجداول الجبلية، والأنهار الفائضة، ومياه الانصهار الجليدي. وفي أثناء عملية النقل تختبّه الحبيبات بعضها ببعض، فتصبح مستديرة. وهذا هو سبب الاستدارة الجيدة لحصبة الشواطئ والأنهار وهذا يدل - كما ذكر سابقاً - على زيادة مسافة النقل. وتحوّل عملية التصخّر هذه الرسوبيّات إلى صخر يسمى الكونجلوميرات.

وعلى نقىض الكونجلوميرات، تكون البريشيا من حبيبات مدببة الحواف في حجم الحصبة. وتشير الحواف المدببة إلى أن الرسوبيّات التي شكلت البريشيا لم تأخذ الوقت الكافي لتتصبح مستديرة. ويدلّ هذا على أن هذه الحبيبات قد نقلت مسافة قصيرة واستقرت قريباً من مصدرها. انظر الجدول 10-3.



البريشيا



الكونجلوميرات

الجدول 1-3

تصنيف الصخور الرسوبيّة			
التصنيف	النسيج / حجم الحبيبات	المكونات	اسم الصخر
	خشن ($> 2 \text{ mm}$)	قطع من أي صخر - كوارتز وصوان وكوارتزيت هي الشائعة.	كونجلوميرات (مستديرة) بريشيا (مدببة الحواف)
الفتاتية	متوسطة ($\frac{1}{16} \text{ mm} - 2 \text{ mm}$)	كوارتز وقطع صخرية كوارتز وفلسبار بوتاسي وقطع صخر	حجر رملي حجر رملي أركوزي
	ناعمة ($\frac{1}{256} \text{ mm} - \frac{1}{16} \text{ mm}$)	كوارتز وطين	حجر الطمي
	ناعمة جداً ($\frac{1}{256} \text{ mm} <$)	كوارتز وطين	الطفل
	ناعمة إلى خشنة التبلور	كالسيت CaCO_3	حجر جيري متبلور
الكيميائية	ناعمة إلى خشنة التبلور	دولوميت $(\text{Ca}, \text{Mg}) \text{CO}_3$ (يتفاعل مع الحمض إذا كان مسحوقاً)	دولوميت
	ناعمة التبلور جداً	كوارتز SiO_2 بلونه الفاتح والغامق	صوان
	ناعمة إلى خشنة التبلور	جبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	الجبس الصخري
	ناعمة إلى خشنة التبلور	هاليت NaCl	الملح الصخري
	بلورات دقيقة مع تششققات محارية	كالسيت CaCO_3	مكرات
	أحافير كثيرة في أرضية من المكرات	كالسيت CaCO_3	حجر جيري أحفورى
الكيميائية الحيوية	أووليت (كرات صغيرة من كربونات الكالسيوم)	كالسيت CaCO_3	حجر جيري أووليتي
	أصداف وأصداف مكسرة مفككة	كالسيت CaCO_3	كوكينا
	أصداف مجهرية وصلصال	كالسيت CaCO_3	طباشير
	قطع مختلفة الحجوم	بقايا نبات متحفمة مع بعض الأحافير النباتية	فحم

الصخور الرسوبيّة المتوسطة الحبيبات Medium – grained rocks

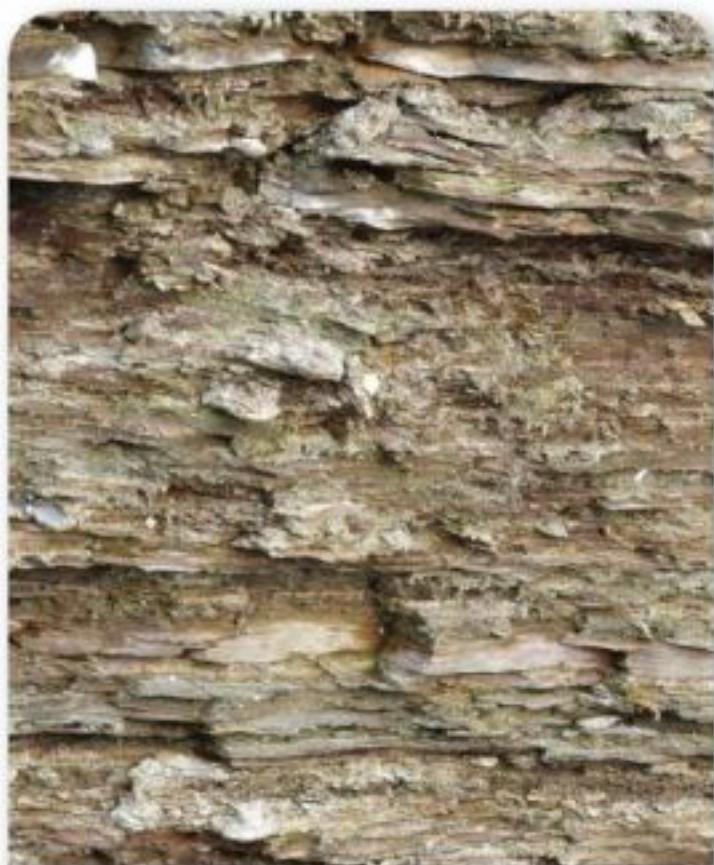
غالباً ما تحوي قنوات الجداول المائية والأنهار والشواطئ والصحاري كميات وفيرة من الرسوبيات بحجم حبيبات الرمل. تصنف الصخور الرسوبيّة التي تتكون من قطع صخرية أو معدنية بحجم الرمل على أنها صخور فتاتية متوسطة الحبيبات. انظر إلى الجدول 1-3. وتحوي الصخور الرملية في الغالب مجموعة من المعالم التي تهم العلماء. فمثلاً تشير علامات النيم والتقطيع المتلقاطع إلى اتجاه تدفق التيار. لذا يستعمل الجيولوجيون طبقات الصخور الرملية لعمل خرائط للجداول المائية القديمة وقنوات الأنهر.

المفردات ...

مفردات أكاديمية

خزان جوفي

هو طبقات من الصخور تحت السطحية، بها قدر كافٍ من المسامية تسمح بترابك كمية من النفط أو الغاز الطبيعي أو الماء. ومن الأمثلة على الخزانات الجوفية في السعودية خزان الساق الذي يتكون من الحجر الرملي.



الشكل 11-3 تربت الرسوبيات الناعمة جدًا في مياه هادئة وشكلت طبقات رقيقة من الطين.

من خصائص الصخور الرملية المهمة أن مساميتها عالية نسبياً. والمسامية **Porosity** هي النسبة المئوية للفراغات الموجودة بين الحبيبات المكونة للصخر. وقد تصل مسامية الرمل المفكك إلى 40%. ويمكن المحافظة على هذه الفراغات في أثناء تحول الرمل إلى حجر رملي، مما يؤدي غالباً إلى وجود مسامية قد تصل نسبتها إلى 30%. وعندما تكون المسام بعضها متصلأً ببعض تستطيع الماء ومنها المياه أن تتحرك خلال الحجر الرملي بسهولة. وهذه الخاصية تجعل طبقات الصخور الرملية مهمة بوصفها خزانات تحت سطحية للنفط والغاز الطبيعي والمياه الجوفية.

الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات Fine-grained rocks تتكون هذه الصخور من حبيبات صغيرة بحجم حبيبات الطمي والطين. ومنها حجر الطمي والطفل. وتمثل هذه الصخور بيئات مياه ساكنة أو بطيئة الحركة كالمستنقعات والبرك. وفي غياب التيارات القوية وتأثير الأمواج تهبط هذه الرسوبيات إلى القاع، وتترسب في طبقات أفقية رقيقة. وعادة ما ينكسر الطفل على طول الطبقات الرقيقة، كما في الشكل 11-3. وعلى النقيض من الحجر الرملي، تعمل الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات ذات النفاذية المنخفضة بوصفها حواجز تعيق حركة المياه الجوفية والبترول.

ماذا قرأت؟ وضع أنواع البيئات التي تتشكل فيها الصخور الناعمة الحبيبات.

الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية Chemical and Biochemical Sedimentary Rocks

يتطلب تشكيل الصخور الكيميائية والكيميائية الحيوية اشتراك عمليتي التبخّر وترسيب المعادن. ففي أثناء عملية التجوية تذوب المعادن وتحمل إلى البحيرات والمحيطات. وعندما تبخر المياه من البحيرات والمحيطات تترك المعادن الذائبة في المياه الباقية. وفي الأقاليم الجافة يمكن ل معدلات التبخّر العالية أن تزيد تركيز المعادن الذائبة في المصطحات المائية. ويمثل الشكل 12-3 سبخة القصب غرب الرياض.

الشكل 12-3 يؤدي التبخّر المستمر من مسطح مائي مالح إلى ترسيب كميات كبيرة من الملح. كما في سبخة القصب غرب الرياض.



الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة Chemical sedimentary rocks

عندما يزيد تركيز المعادن الذائبة في مسطح مائي عن حد الإشباع تترسب بلورات المعادن من محلول، وتهبط إلى القاع. ونتيجة لذلك تتشكل طبقات من الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة Chemical sedimentary rocks تسمى المتبخرات Evaporites. تتشكل المتبخرات في معظم الأحيان في الأقاليم الجافة، وفي أحواض التصريف المائي ذات التدفق المنخفض في القارات. ويسبب قلة المياه العذبة التي تتدفق إلى هذه المناطق يبقى تركيز المعادن المذابة مرتفعاً. وعلى الرغم من دخول المزيد من المعادن المذابة إلى هذه الأحواض يستمر تبخر المياه العذبة، مما يحافظ على تراكيز مرتفعة للمعادن. ومع مرور الزمن يمكن أن تراكم طبقات سميكة من معادن المتبخرات على أرضية الحوض كما في الشكل 12-3. ومن الأمثلة على هذه المعادن الجبس، الذي يتواجد في مناطق متعددة من المملكة العربية السعودية، ومنها منطقة مقنا شمال غرب المملكة العربية السعودية، ومنطقة الخرج، وبالقرب من مدينة بريدة.

الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة الحيوية Biochemical sedimentary rocks

ت تكون الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة الحيوية Biochemical sedimentary rocks من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الماضي. وأكثر هذه الصخور شيوعاً هو الحجر الجيري المكون أساساً من معدن الكالسيت. وتستعمل بعض المخلوقات الحية التي تعيش في المحيط كربونات الكالسيوم الذائبة في المياه لبناء أصدافها. وعندما تموت هذه المخلوقات الحية تهبط أصدافها إلى قاع المحيط فتشكل طبقات سميكة من رواسب الكربونات. وفي أثناء عملية الدفن والتصرّر تترسب كربونات الكالسيوم من المياه وتبلور بين الأصداف وتشكل الحجر الجيري. ويستخرج



الشكل 13-3 يمكن لصخر الحجر الجيري أن يحوي أنواعاً كثيرة ومختلفة من الأحافير. ويستطيع الجيولوجيون أن يفسروا أين ومتى تشكل الحجر الجيري من دراسة الأحافير الموجودة فيه.



الشكل 14-3 أحد منكشفات صخور الفوسفات في حزم الجلاميد شرق عرعر في المملكة العربية السعودية.

الحجر الجيري من مناطق متعددة في المملكة العربية السعودية، ومنها منطقة أم الغربان شرق مدينة الخرج، ومنطقة سدوس، وشمال الدرعية بالقرب من الرياض. ومن الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة الحيوية الأخرى في المملكة العربية السعودية الفوسفات الذي يوجد في حزم الجلاميد بالقرب من مدينة عرعر. انظر الشكل الشكل 13-3.

يكثُر وجود الحجر الجيري في البيئات البحريّة الضحلة، ومن ذلك الشعاب المرجانية التي تنتشر بطول البحر الأحمر في مياه عمقها من 15 - 20 m غير بعيدة عن الشاطئ. وتراكُم هياكل وأصداف المخلوقات الميتة مكونةً حجراً جيريًّا. وتحتوي أنواع كثيرة من الحجر الجيري على أدلة على أصلها العضوي على هيئة أحافير وفيّة، كما في الشكل 14-3. ويمكن أن تراوح أحجام هذه الأحافير بين أصداف كبيرة إلى أصداف مجهرية وحيدة الخلية، ولكن ليس جميع أنواع الحجر الجيري تحوي أحافير؛ فبعض أنواع الحجر الجيري مكونة من نسيج متبلور، وبعضها مكون من كريات صغيرة من الرمل الكربوناتي، وبعضها الآخر مكون من طين كربوناتي ناعم الحبيبات. وهذه الأنواع كلها موجودة في الجدول 1-3.

التقويم 3-2

فهم الأفكار الرئيسية

- الفكرة الرئيسية** اذكر نوع الصخر الرسوبي الذي يتشكّل من تعرية ونقل الحبيبات والقطع الصخرية وترسيبها.
- وضح لماذا يعد الحجر الجيري صخراً رسوبيًّا كيميائياً حيوياً؟
- حلل الظروف البيئية التي تفسّر تشكّل معظم الصخور الرسوبيّة الكيميائية في مناطق ذات معدلات تبخّر مرتفعة.

التفكير الناقد

- اقترح سيناريو يفسّر إمكانية تشكّل طبقات متعددة من المتبخرات من مسطح مائي بحري، علمًا بأن الكمية الأصلية من المعادن المذابة فيه تكفي فقط لتكوين طبقة رقيقة من المتبخرات.
نفحص طبقات الطين في الشكل 11-3، وفسّر عدم احتواها على التطبع المتقطّع أو علامات النيم.

الرياضيات في الجيولوجيا

- فترض أن طبقة من الطين سينقص حجمها بمقدار 35% في أثناء الترسيب والتراص، فإذا كان السُّمك الأصلي للطبقة هو 30 cm، فكم يصبح سمكها بعد عملية التراص؟

الخلاصة

- الصخور الرسوبيّة فتاتية أو كيميائية أو كيميائية حيوية.
- تشكل الصخور الفتاتية من الرسوبيات، وتصنف على أساس حجم الحبيبات وشكلها.
- تكون الصخور الكيميائية أساساً من المعادن التي تترسب من المياه في مناطق ذات معدلات تبخّر مرتفعة.
- تكون الصخور الكيميائية الحيوية من بقايا مخلوقات عاشت في الزمن الماضي.
- تزود الصخور الرسوبيّة الجيولوجيين بمعلومات عن ظروف سطح الأرض التي سادت في الزمن الماضي.



3-3

الصخور المتحولة

ال فكرة الرئيسية تنشأ الصخور المتحولة عندما ت تعرض صخور سابقة لها زيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.

الربط مع الحياة. عند صناعة وطبع المخبوزات تحول جميع مكوناتها الأولية إلى شيء جديد. وكذلك تغير خصائص الصخور إلى شيء جديد عندما ت تعرض لدرجات الحرارة المرتفعة، ويترتب عن ذلك صخور مختلفة كلّياً.

تعرف الصخور المتحولة

Recognizing Metamorphic Rocks

يوضح الشكل 3-15 صخوراً تحولت. كيف عرف الجيولوجيون حدوث ذلك؟ تزداد درجة الحرارة والضغط كلما تعمقنا في باطن الأرض، وعندما ترتفعان بقدر كافٍ تنصهر الصخور لتشكل الصهارة. ولكن ما الذي يحدث لو لم تصل الصخور إلى درجة الانصهار؟ عندما تجتمع الحرارة والضغط العاليان، ويغيران نسيج الصخر ومكوناته المعدنية أو مكوناته الكيميائية من دون انصهاره يتشكل الصخر المتحول. وكلمة تحول بالإنجليزية **metamorphism** مشتقة من الكلمة اليونانية **meta** بمعنى تغيير، وكلمة **morphe** ومعناها شكل؛ إذ يتغير شكل الصخر في أثناء التحول، لكنه يبقى صلباً.

وتتطلب عملية التحول درجات حرارة عالية، مصدرها حرارة باطن الأرض؛ ويتم ذلك بالدفن العميق، أو من الأجسام النارية الجوفية القرية. أما الضغط العالي الذي تتطلبه عملية التحول فيتوافق بالدفن العميق أيضاً، أو من التضاغط الناتج في أثناء عملية تكون الجبال.



- تقارن بين أنواع الصخور المتحولة وأسباب تشكّلها.
- تميّز بين أنسجة التحول.

- تفسر كيفية حدوث التغييرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحول.

مراجعة المفردات

الصخور النارية الجوفية: صخور تشكّلت من صهارة بردت وتبلورت ببطء تحت سطح الأرض.

المفردات الجديدة

متورقة (صفائحية)

غير متورقة (غير صفائحية)

التحول الإقليمي

التحول بالتماس

التحول الحراري المائي

دورة الصخر

موجة

الشكل 3-15 يتطلب طي طبقات هذه الصخور أو ثنيها إلى الشكل الذي هي عليه اليوم وجود قوى كبيرة.

كون فرضية للتغييرات التي حدثت للرسوبيات بعد استقرارها.



الستوروليت



المايكا



الجارنت



التلك

الشكل 16-3 معادن متحولة، منها المايكا والستوروليت والجارنت والتلك وتوجد بلوراتها بألوان وأشكال وأحجام متعددة، قد يكون لونها بين القاتم والفاتح.



المعادن المتحولة Metamorphic minerals كيف يمكن أن تتغير المعادن من دون أن تنصهر؟ كما درست سابقاً، تبلور المعادن من صهارة، وتبقي مستقرة ضمن مدى من درجات الحرارة المختلفة، وينطبق هذا المدى أيضاً على المعادن المكونة للصخور المتحولة، التي خضعت للتغيرات وهي في الحالة الصلبة. ففي أثناء التحول تتغير المعادن في الصخر إلى معادن جديدة بفعل ظروف الضغط والحرارة الجديدة. وقد قام العلماء بتجارب لتعرف الظروف التي تؤدي إلى تكون معادن جديدة تكرر ظهورها في الصخور المتحولة؛ وذلك لتفسير ما الذي يؤدي إلى تحول هذه الصخور داخل القشرة الأرضية. ويوضح الشكل 16-3 بعض المعادن المتحولة الشائعة.

ماذا قرأت؟ وضع ما المعادن المتحولة؟

أنسجة الصخور المتحولة Metamorphic textures تصنف الصخور المتحولة إلى مجموعتين على أساس النسيج: صفائحية (متورقة)، وغير صفائحية (غير متورقة). ويستعمل الجيولوجيون الأنسجة والمكونات المعدنية لتعريف الصخور المتحولة. ويوضح الشكل 17-3 كيفية استعمال هاتين الخاصيتين في تصنيف الصخور المتحولة.

الصخور المتورقة Foliated rocks تتميز الصخور المتحولة المتورقة بوجود المعادن في صفائح وأحزمة (خطوط)، حيث يتسبب الضغط العالي في أثناء التحول في صفت المعادن الصفائحية أو الإبرية الشكل، بحيث يكون محورها الطویل متعامداً مع الضغط، كما في الشكل 18-3 في الصفحة الآتية. ويتيح عن هذا الاصطفاف المتوازي للمعادن التورق الذي تلاحظه في الصخور المتحولة المتورقة.

الشكل 17-3 توازي الزيادة في حجم الحبيبات التغير في المكونات وتطور التورق. ولا يعد حجم الحبيبات عاملاً في تصنيف الصخور غير المتورقة.

مخيط الصخور المتحولة			
اسم الصخر	المكونات المعدنية	النسيج	متورقة (صفائحية)
الأردواز		ناعمة الحبيبات	
الفيليت	الآنثرايت	ناعمة الحبيبات	صافية
الشيست	الآنثرايت	خشنة الحبيبات	
التايس	الآنثرايت	خشنة الحبيبات	
الكوارتزيت	الكوارتز	ناعمة إلى خشنة الحبيبات	(غير متورقة) بصفائحية
الرخام	الكالسيت أو الدولوميت		

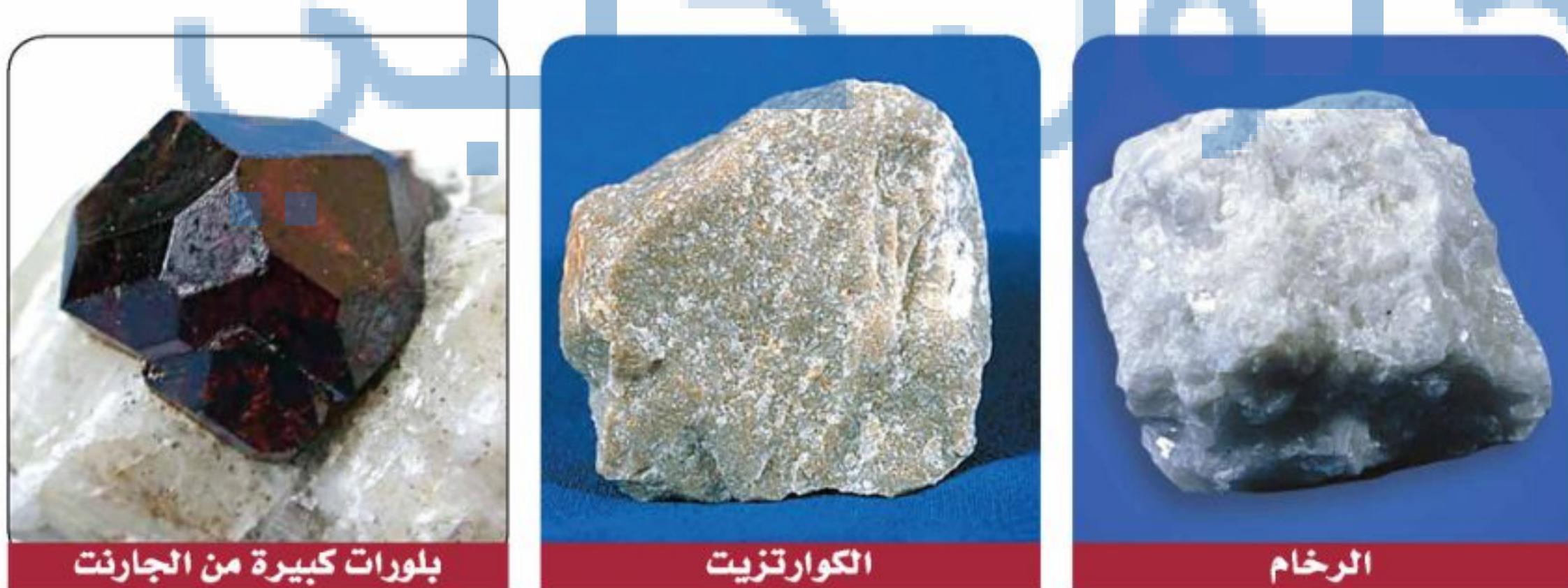


الشكل 18-3 يتطور التورق عندما يؤثر الضغط في اتجاهين متضادين، ويكون التورق متعامداً على اتجاه الضغط.

الصخور المتحولة غير المترورة Nonfoliated rocks تختلف

الصخور المتحولة غير المترورة Nunfoliated عن الصخور المترورة في أنها مكونة من معادن ذات بلورات كتليلية الشكل. ويوضح الشكل 19-3 مثالين شائعين على الصخور غير المتررة، هما الرخام والكوارتزيت. والكوارتزيت صخر قاس، وغالباً ما يكون فاتح اللون، وينشأ عن تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز، بينما ينشأ الرخام عن تحول الحجر الجيري. ونادرًا ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستعمل أنواع الرخام هذه غالباً في أرضيات المنازل. ويتم استخراج الرخام في المملكة العربية السعودية من عدة أماكن منها جبل خنوة شمال شرقى عفيف، بينما يستخرج الرخام الأسود من جبل غرور ودمخ شمال غرب حلبان. ويمكن في ظروف معينة أن يكبر حجم المعادن المتحولة الجديدة، بينما تبقى المعادن المحيطة بها صغيرة الحجم. وعلى الرغم من أن هذه البلورات الكبيرة تشبه البلورات الكبيرة جداً في البيجمايت الجرانيتي، إلا أنها تختلف عنها؛ فبدلاً من أن تتشكل من الصهارة فإنها تتشكل في الصخر الصلب من خلال إعادة ترتيب الذرات في أثناء التحول. ويوضح الشكل 19-3 معدن الجارنت الذي تشكل بهذه الطريقة.

الشكل 19-3 تختلف الصخور المتحولة الظاهرة في الشكل عن الصخور الرسوية في أنها لا تُظهر وجود الأحافير فيها؛ لأن الحرارة الشديدة التي تعرضت لها أزالت تلك الأحافير. ومع ذلك، لا تؤدي عملية التحول دائمًا إلى تدمير التطبق المتقطع وعلامات النيم التي يمكن مشاهدتها في بعض أنواع الكوارتزيت.



بلورات كبيرة من الجارنت

الكوارتزيت

الرخام



الشكل 20-3 تحول صخر الطفل يؤدي إلى تكون معادن مختلفة الألوان في درجات تحول مختلفة.

درجات التحول Grades of Metamorphism

تؤدي توافقات مختلفة من درجات الحرارة والضغط إلى حدوث درجات تحول مختلفة. يقترن التحول المنخفض الدرجة بدرجات الحرارة والضغط المنخفضين وبمجموعات محددة من المعادن والأنسجة، بينما يقترن التحول العالي الدرجة بدرجات حرارة وضغط مرتفعين وبمجموعات مختلفة من المعادن والأنسجة. أما التحول المتوسط الدرجة فيقع بين التحولين منخفض الدرجة وعالي الدرجة.

ويوضح الشكل 20-3 المعادن الموجودة في صخر طفل متحول على درجات تحول مختلفة. لاحظ التغير في المكونات عندما تتغير الظروف من تحول منخفض الدرجة إلى عالي الدرجة. ويستطيع الجيولوجيون أن ينشئوا ما يسمى خرائط تحول من خلال إسقاط أماكن المعادن المتحولة على خريطة اقتصادية، وذلك لتحديد أماكن معادن متحولة اقتصادية ، منها الجارنت والتلك.

أنواع التحول Types of Metamorphism

يمكن أن تنتهي آثار التحول عن التحول بالتماس والتحول الإقليمي والتحول الحراري المائي، وتزودنا المعادن التي تشكلت ودرجة التغير التي حدثت للصخر بمعلومات عن نوع التحول ودرجته.

مختبر حل المشكلات

تفسير الرسوم العلمية التوضيحية

أي المعادن المتحولة يتشكل؟ يعتمد تشكيل المعادن في الصخور المتحولة على درجة تحول الصخر الأصلي ومكوناته. ويوضح الشكل أدناه والشكل 19-3 مجموعات المعادن التي تتشكل تحت ظروف مختلفة من التحول.

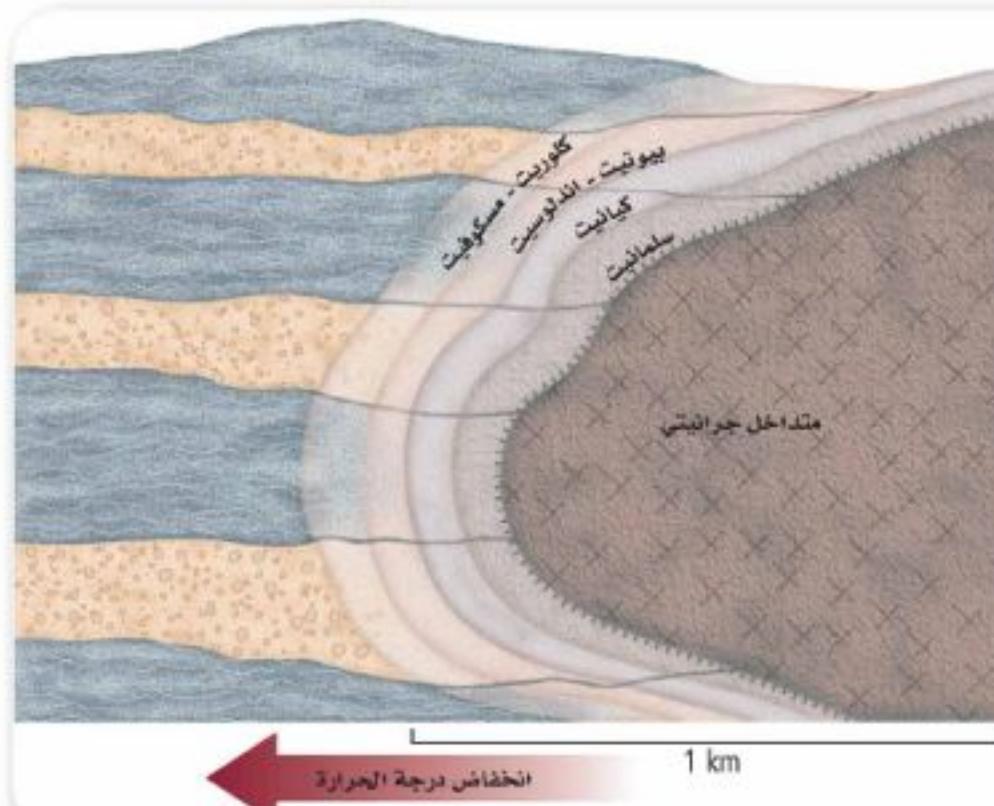
- التحليل**
- ما المعادن التي يتشكل إذا تعرض الطفل والبازلت لتحول منخفض الدرجة؟
 - ما المعادن التي يتشكل في الطفل تحت ظروف التحول عالي الدرجة ، ولا يتشكل في البازلت؟

التفكير الناقد

- قارن مجموعات المعادن التي تتوقع تشكيلها في تحول متوسط الدرجة في كل من البازلت والطفل.
- صف الاختلاف في المكونات الرئيسية بين الطفل والبازلت. كيف تعكس هذه الاختلافات المعادن التي تنشأ في أثناء التحول؟
- فسر هناك تغير طفيف في المكونات المعدنية عندما يتحول الحجر الجيري إلى رخام؛ إلا أن معden الكالسيت يبقى هو المعden السائد. فسر سبب حدوث ذلك.

المعادن المكونة في صخر بازلت متحول





الشكل 21-3 قد يسبب التحول بالتماس الناتج عن حقن (المتدخل الجرانيتي) تشكّل أحزمة (نطق) من المعادن المتحولة.

وظف ما تعلمته عن التحول بالتماس لتحديد نوع الصخر الموجود الآن على حافة الجسم الناري الجوفي.

التحول الإقليمي **Regional metamorphism** ينشأ التحول الإقليمي

عندما تتعرض مناطق واسعة من القشرة الأرضية لدرجة حرارة وضغط مرتفعين، وتتراوح درجة التحول بين منخفض وعالٍ. أما نتائج التحول الإقليمي فتضمن التغير المعدني ونوع الصخر، بالإضافة إلى طي وتشويه طبقات صخور المنطقة. ويوضح الشكل 15-3 طبقات صخور مطوية عانت من التحول الإقليمي.

التحول بالتماس **contact metamorphism** عندما تصبح مادة مصهورة كال أجسام النارية الجوفية، في تماس مع صخور صلبة، يحدث تأثير محلي نسبي للتحول بالتماس **contact metamorphism** تتشكل جموعات المعادن المميزة للتحول بالتماس على درجات حرارة عالية وضغط متوسط إلى منخفض. ويوضح الشكل 21-3 نطق معادن مختلفة تحيط بالجسم الناري الجوفي. ولأن درجة الحرارة تنخفض عند الابتعاد عن الجسم الناري الجوفي فإن تأثيرات التحول تنخفض أيضاً مع المسافة. تعلم سابقاً أن المعادن تبلور عند درجات حرارة محددة، فالمعادن المتحولة التي تتشكل عند درجات حرارة أعلى تكون أقرب إلى الجسم الناري الجوفي، حيث أعلى درجة حرارة، ولأن اللابة تبرد بسرعة فإن الحرارة لا يمكنها أن تخترق كثيراً صخور السطح، لذا فإن تأثير التحول بالتماس الناتج عن الصخور النارية البركانية يكون محدوداً.

التحول الحراري المائي **hydrothermal metamorphism** يحدث التحول

الحراري المائي **hydrothermal metamorphism** عندما تتفاعل مياه ساخنة جداً مع الصخر، فتغير مكوناته الكيميائية والمعدنية. وجملة الحراري المائي بالإنجليزية **hydrothermal** مشتقة من الكلمتين اليونانيتين **hydro** بمعنى الماء، و **thermal** بمعنى حرارة. ولما كانت المواقع في أثناء التحول تهاجر من الصخر وإليه، لذا فإن المكونات الكيميائية والنسيج الأصليين يمكن أن يتغيراً. وتكون التغيرات الكيميائية شائعة في التحول بالتماس بالقرب من الأجسام النارية الجوفية والبراكين النشطة. وغالباً ما تتوضع خامات اقتصادية بهذه الطريقة كالذهب والنحاس والخارصين والتنجستن والرصاص؛ فالذهب المتواضع في الكوارتز في الشكل 22-3 ناتج عن التحول الحراري المائي.

- **المفردات**
- الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع
- متداخل (متطفل)
- الاستعمال العلمي: صهارة متوضعة في صخر سابق.
- الاستعمال الشائع: شخص متداخل في شؤون الآخرين؛ أي اقحم نفسه.

الشكل 22-3 تكون عروق الذهب في الكوارتز عندما يبرد محلول الحراري المائي.





الأهمية الاقتصادية للصخور والمعادن المتحولة

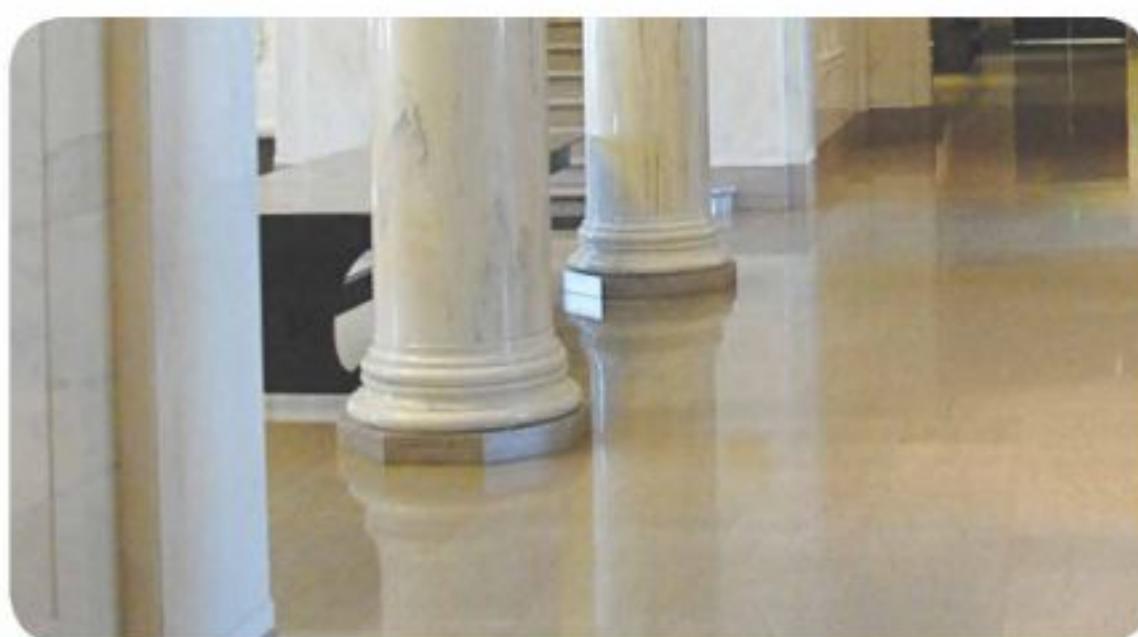
Economic Importance of Metamorphic Rocks and Minerals

أدى نمط الحياة الحديث إلى ازدياد استخراج واستخدام موارد الأرض الطبيعية. فتحن مثلاً نحتاج إلى الملح للطهي، والذهب للتجارة، وفلزات أخرى للبناء والأغراض الصناعية، كما نحتاج إلى الوقود الأحفوري للطاقة، وإلى الصخور والعديد من المعادن في المستحضرات التجميلية، إلى غير ذلك من الاستعمالات. ويوضح الشكل 23-3 مثالين لكيفية استعمال الصخور المتحولة في البناء. ويستوج الكثير من هذه الموارد المعدنية الاقتصادية من عمليات التحول، ومن بينها: فلزات الذهب والفضة والنحاس والرصاص، بالإضافة إلى موارد غير فلزية مهمة وكثيرة.

موارد المعادن الفلزية توجد الموارد الفلزية غالباً على شكل خامات معدنية فلزية، وعلى الرغم من اكتشاف توضّعات فلزية نقية أحياناً، فإن الكثير من التوضّعات غير النقية تترسّب من المحاليل الحرارية المائية، متركزة على هيئة عروق، أو متشرّبة في كتلة الصخر. ويكثر وجود توضّعات الذهب والفضة والنحاس في العروق الحرارية المائية للكوارتز بالقرب من الأجسام النارية الجوفية. وتوجد معظم التوضّعات الفلزية الحرارية المائية على شكل كبريتيدات، ومنها: الجالينا (PbS)، والبيريت (FeS_2)، أو على شكل أكسيد ومنها خاماً الحديد (الماجنتيت والهيماتيت)؛ وهما معدنان تشكّلاً بالتوضّع من محاليل حرارية مائية حاملة للحديد. وفي المملكة العربية السعودية الكثير من المعادن التي توضّعت من المحاليل الحرارية المائية، ومنها: الذهب، والفضة، والنحاس.

ماذا قرأت؟ اذكر الموارد الاقتصادية التي تتوجهها المحاليل الحرارية المائية.

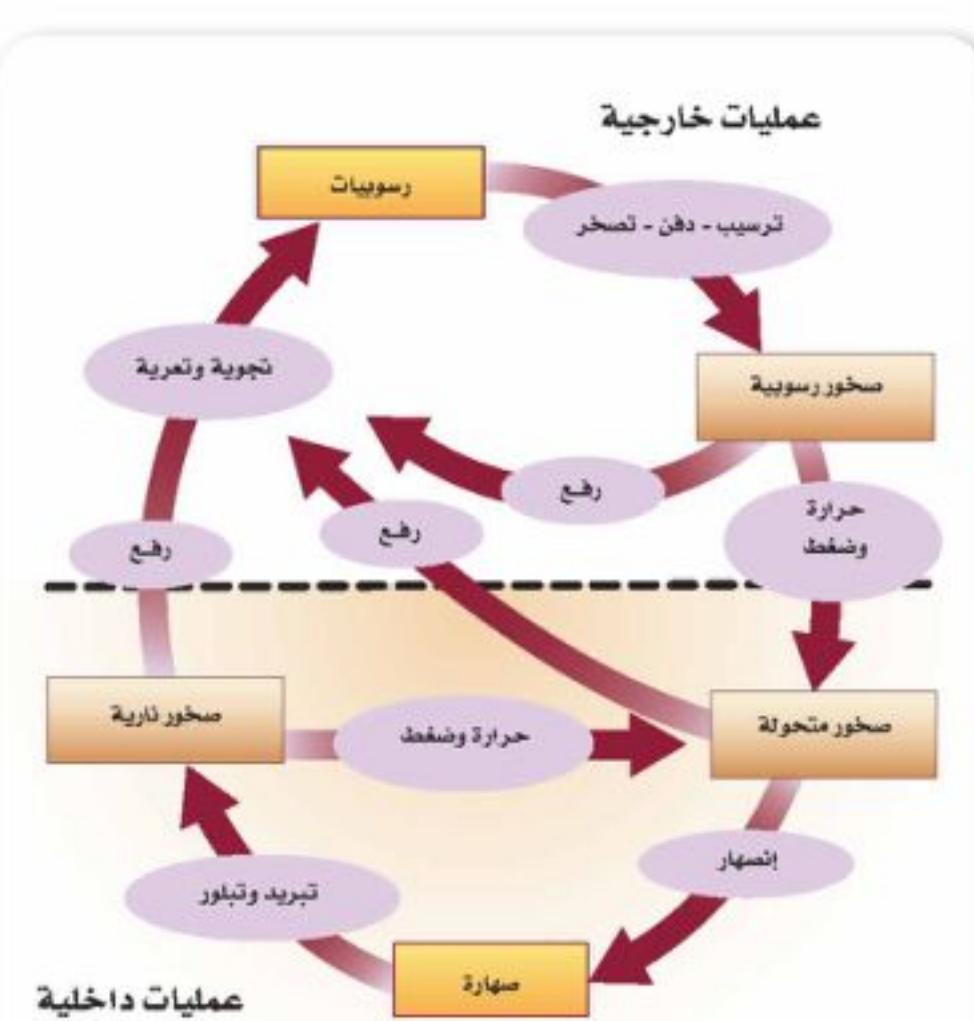
موارد المعادن غير الفلزية **Nonmetallic mineral resources** يؤدي تحول الصخور النارية فوق القاعدية إلى إنتاج معدني التلك والإبسستوس، ولما كانت قساوة التلك تساوي 1 على مقياس موهس، فإنه يستعمل بوصفه مسحوق بودرة، ومشحّماً، كما يدخل في صناعة الدهانات. أما الإبسستوس فلأنه غير قابل للافتجار، وموصليته الحرارية والكهربائية منخفضة، لذا فإنه يستعمل مضاداً للحرائق وفي مواد العزل. وقبل أن تُعرف خصائصه المسببة للسرطان، استُعمل بشكل واسع في صناعة البناء، ولا تزال كثيراً من البناءات القديمة تحتوي على الإبسستوس. ومن المعادن الأخرى غير الفلزية التي تَتَجَّع عن التحول معدن الجرافيت، وهو المكون الرئيس في صناعة أقلام الرصاص.



دورة الصخر Rock Cycle

قد يتغير أي صخر إلى صخر آخر، وتسمى عملية التغير وإعادة التشكّل المستمر تان **دوره الصخر rock cycle**. ويلخص الشكل 24-3 دوره الصخر، حيث تمثل الأسماء العمليات المختلفة التي تغيّر صخراً إلى نوع آخر. وتصنف أنواع الصخور الثلاثة - النارية والرسوبية وال المتحولة - في مجموعات حسب طريقة تشكّلها. فالصخور النارية تبلور من الصهارة، والصخور الرسوبية تتشكل من رسوبيات ملتحمة أو مفككة، والصخور المتحولة تتكون عندما تتعرض الصخور إلى حرارة وضغط.

وبعد أن يتشكل الصخر، هل يحافظ على خصائصه ونوعه؟ قد يحدث ذلك، غير أن الاحتمال الأكبر هو ألا يظل كذلك؛ فقد تغير الحرارة والضغط الصخور النارية إلى صخور متحولة، وقد يتغير صخر متحول إلى صخر متحول آخر أو ينصلّر، ومن ثم يكون صخراً نارياً. وبدلًا من ذلك قد يتوجّي الصخر المتحول وتصبّيه التعرية، ويصبح رسوبيات، وتلتّحّم هذه الرسوبيات وتكون صخراً رسوبياً.



الشكل 24-3 تغيير الصخور باستمرار فوق سطح الأرض وتحتها. توضح دورة الصخر بعض سلاسل التغييرات التي تمر بها الصخور.

التقويم 3-3

فهم الأفكار الرئيسية

- الفكرة الرئيسية** لخص كيف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى عملية التحول؟
- لخص أسباب تشكّل النسيج المتحول المتورق.
- طبق مفهوم دورة الصخر لتفسير كيفية تصنيف أنواع الصخرية الرئيسية الثلاثة.
- قارن بين العوامل التي تسبب أنواع التحول الرئيسية الثلاثة.

التفكير الناقد

- استنتج خطوات تكون صخر الرخام من الحجر الجيري.
- توقع موقع جسم ناري جوفي بناء على المعلومات المعدنية الآتية: جمع معادن الكلوريت والمسكوفيت من الجزء الشمالي من منطقة الدراسة؛ وجمع الجارنت والستوروليت من الجزء الجنوبي من المنطقة.

الرياضيات في الجيولوجيا

- تشكل غالباً الأحجار الكريمة في صورة بلورات معدنية كبيرة في الصخور المتحولة. وتوصف الأحجار الكريمة بوحدة القياط. يساوي القياط 0.2 g أو 200 mg . اكتشفت بلورة جارنت كبيرة في نيويورك عام 1885 كتلتها 4.4 kg وقطرها 15 cm . ما كتلة هذه الجواهرة بوحدة القياط؟

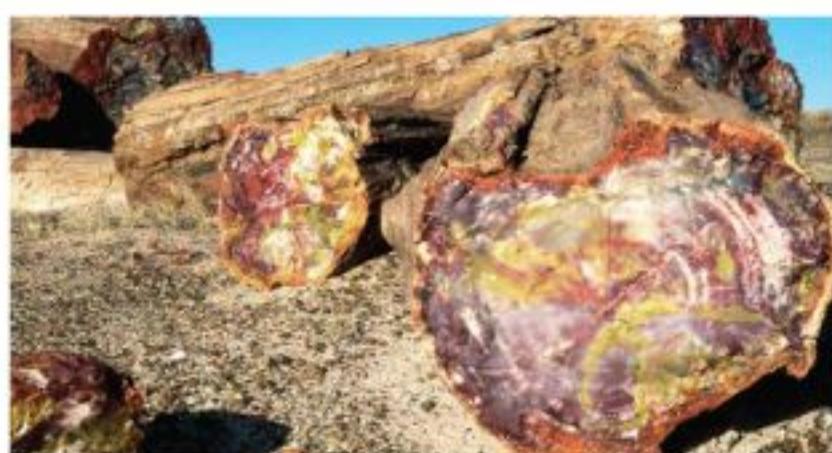
الخلاصة

- أنواع التحول الثلاثة الرئيسية هي التحول الإقليمي والتحول التماسي والتحول الحراري المائي.
- يمكن أن يكون نسيج الصخور المتحولة متورقاً أو غير متورقاً.
- في أثناء عملية التحول تتشكل معادن جديدة تكون مستقرة تحت درجة الحرارة المرتفعة والضغط.
- مجموع العمليات التي تغير خلايا الصخور بشكل مستمر من نوع إلى آخر تسمى دورة الصخر.

السياحة الجيولوجية

في الميدان

الأشجار المتحجرة



تزرع الجزيرة العربية بعدد من مناطق الأشجار المتحجرة، التي تدل على أنها كانت خضراً في العصور التي نمت فيها تلك الأشجار. ومن ذلك الأشجار المتحجرة المكتشفة في المملكة العربية السعودية، والتي تعود إلى العصر البيرمي، منذ 250 مليون سنة، وأخرى يعود عمرها إلى العصر الطباشيري منذ أكثر من 70 مليون سنة.

ومنها كذلك مجموعة من الأشجار المتحجرة لنوع من الصنوبر في بعض أجزاء صحراء الربع الخالي يرجع تاريخها إلى 50 مليون سنة.

وقد أشار رسول الله صلى الله عليه وسلم في حديثه الشريف عن أبي هريرة رضي الله عنه إلى أن أرض الجزيرة العربية كانت في السابق مليئة بالأشجار والمياه، فقال: لَنْ تَقُومِ السَّاعَةُ حَتَّى تَعُودَ أَرْضُ الْعَرَبِ مَرْوِجًا وَأَنْهَارًا.

الجيولوجيا

الكتابة في
مطوية تعزيزية، ابحث عن مزيد من المعلومات عن أنواع الصخور الموجودة في منطقتك، المستعملة في بناء المنشآت. اعمل مطوية تعزيزية تصف فيها رحلة ترکز فيها على الجيولوجيا المحلية.

الجزيرة العربية عبر العصور

يسافر بعض الناس إلى أماكن قاسية من العالم ليروا أنواعاً مختلفة من الصخور. ولا شك أن جزيرتنا العربية تتمتع بموقع فريد، وطبيعة جيولوجية خلابة تفرض فيها التشكيلات الجيولوجية نفسها؛ وتكتشف فيها سجلات صخرية لمعظم العصور الجيولوجية.

الرواسب الجليدية



رواسب الجليديات بالقرب من القوارب بمنطقة القصيم

هل تصدق أن جزيرة العرب مرت عليها عصور جليدية تركت وراءها رواسب جليدية موجودة في وديان جليدية قديمة تشبه تلك الموجودة حالياً في شمال كندا وشمال أوروبا. وقد تكونت تلك الرواسب الجليدية في العصر الأردو فيشي في مناطق مختلفة من الجزيرة العربية، مثل تلك الموجودة في منطقة القصيم في المملكة العربية السعودية، والتي تكونت منذ 450 مليون سنة، وهي تعد من الأمثلة النادرة على العصور الجليدية القديمة.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

VISION 2030

المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

• من أهداف الرؤية، ٢.٣.٢. المحافظة على تراث المملكة الإسلامية والعربي والوطني والتعریف به

مختبر الجيولوجيا

تفسير التغيرات في الصخور



جدول معلومات العينات					
6	5	4	3	2	1
					رقم العينة
					اسم الصخر ونوعه
					الخصائص المميزة
					الكتلة
					الحجم
					الكثافة

- صف كيف تغير حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي في أثناء التحول.
- صف اختلاف النسيج الذي تراه بين الطفل والأرداز.
- قارن بين نتائج حساباتك وحسابات زملائك، واستنتج أسباب اختلاف النتائج.
- وضح لماذا يمكن أن يختلف لون الصخور الروسية في أثناء عمليات التحول؟
- قوم التغير في الكثافة بين كل من الطفل والأرداز، الحجر الرملي والكوارتز، الحجر الجيري والرخام. هل حدث تغير في جميع العينات؟ فسر نتائجك.

شارك بياناتك

راجع مع أقرانك. نقش نتائجك مع المجموعات الأخرى في الصف مع التركيز على المتغيرات: الكثافة والحجم والكتلة.

خلفية علمية: مع استمرار دورة الصخور يتغير الصخر من نوع آخر. بعض التغيرات يمكن ملاحظتها بالعين المجردة إلا أن بعضها الآخر لا يمكن ملاحظته. لون الصخر وحجم الحبيبات والنسيج والتركيب المعدي أشياء يمكن ملاحظتها ووصفها بسهولة. لكن مع تغير المعادن يتغير بناؤها البلوري وكثافتها. كيف يمكن تمثيل ووصف هذه التغيرات؟ ادرس زوجين من عينات الصخور ليتبين لك كيف يتم ذلك.

سؤال: كيف تقارن بين خصائص الصخور النارية والرسوبية وبين خصائص الصخور المتحولة؟

الأدوات

عينات من: صخر رملي، الطفل، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، أرداز، رخام، نايس.

عدسة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم mL 100 أو كأس يتسع للعينة والماء.

إجراءات السلامة

خطوات العمل

- اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
- حضر جدولًا لتسجيل البيانات كالمدخل المجاور.
- لاحظ كل عينة وسجل ملاحظاتك في الجدول.
- تذكر أن الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$. ضع خططًا لقياس كل من الحجم والكتلة لكل عينة.
- احسب كثافة كل عينة، وسجلها في الجدول.

التحليل والاستنتاج

- قارن بين الحجر الرملي وبين الكوارتزيت.

دليل مراجعة الفصل

3

الفكرة العامة تنشأ معظم الصخور من صخور سابقة لها من خلال عمليات جيولوجية خارجية أو داخلية.

المفاهيم الرئيسية

المفردات

1-3 تشكل الصخور الرسوبيّة

الفكرة الرئيسية تنشأ الصخور الرسوبيّة عن تصخر الرسوبيّات الناتجة عن عمليّة التجوية والتعريّة.

الرسوبيات
التصخر
التراس
السمّنة
مادة لاحمة
التطّب
التطّب المتدّرج
التطّب المتقطّع

- تتضافر عمليّات التجوية والتعريّة والترسيب والتصخر لتكوين الصخور الرسوبيّة.
- تتصخر الرسوبيّات بعمليّة التراس والسمّنة.
- الأحافير هي كل ما يحفظ من بقايا أو طبعات أو أي آثار لخلوقات عاشت في الماضي.
- تحتوي الصخور الرسوبيّة على معالم مميزة كالتطّب المتدّرج والتطّب المتقطّع وعلامات النيم.

2-3 أنواع الصخور الرسوبيّة

الفكرة الرئيسية تصنّف الصخور الرسوبيّة بناءً على طرائق تشكّلها.

الصخور الرسوبيّة الفتاتيّة
الفتاتي
المساميّة
الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة
المتبخرات
الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة
الحيويّة

- الصخور الرسوبيّة تكون فتاتيّة أو كيميائيّة أو كيميائيّة حيويّة.
- الصخور الرسوبيّة الفتاتيّة تتكون من فتات صخري، وتصنّف حسب حجم حبيباتها وأشكالها.
- تكون الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة من تربّس معادن مذابة في الماء.
- تكون الصخور الرسوبيّة الكيميائيّة الحيويّة من بقايا مخلوقات كانت تعيش في الزمن الماضي.
- تفيد الصخور الرسوبيّة الحيولوجيّين في معرفة الظروف التي سادت سطح الأرض في الزمن الماضي.

3-3 الصخور المتحولة

الفكرة الرئيسية تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرّض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحراريّة المائيّة.

متورقة (صفائحية)
غير المتورقة (غير صفائحية)
التحول الإقليمي
التحول بالتماس
التحول الحراري المائي
دورة الصخر

- الأنواع الرئيّسة للتحول هي التحوّل الإقليمي والتحوّل التماسي والتحوّل الحراري المائي.
- نسيجاً الصخور المتحولة هما المتورقة وغير المتورقة.
- في أثناء عملية التحوّل تتغيّر المعادن في صخر ما إلى معادن جديدة مستقرة تحت الظروف الجديدة من الحرارة والضغط.
- دورة الصخر هي مجموعة العمليّات المستمرة التي تؤثّر في الصخور وتغيّرها من نوع لأنّه.

تقدير الفصل

3

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 12 و 13.



12. ما المصطلح الأفضل لوصف نسيج هذا الصخر؟

a. متبلور c. متورق

b. غير متورق d. فتاتي

13. أي صخر ناري يشكل تحوله العينة أعلاه عادة؟

a. الديورايت c. الجرانيت

b. البازلت d. الجابرو

14. أي مما يأتي تتوقع أن تكون مساميته أكبر؟

a. الحجر الرملي c. الحجر الجيري

b. النايس d. الكوارتزيت

15. أي عوامل التعرية ينقل عادة فتاتاً بحجم حبيبات الرمل أو أقل من ذلك فقط؟

a. الانزلاقات الأرضية c. الماء

b. الجليديات d. الرياح

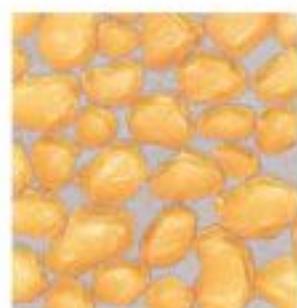
16. أي العمليات مسؤولة عن إذابة ونقل المواد من مكان إلى آخر؟

a. التجوية c. الترسيب

b. التعرية d. السمنتة

أسئلة بنائية

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. صف كيف تلتصق الحبيبات معاً في الشكل.

18. لخص الفرق الرئيس بين صخر الكوكينا والحجر الجيري الأحفوري.

مراجعة المفردات

أكمل الجملتين الآتتين مستعملاً المفردات المناسبة:

1. يتتج عن تراص الرسوبيات الفتاتية والتحامها
2. تدعى طبقات الصخور الرسوبيّة التي تترسب مائلاً على السطح الأفقي

ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمة التي تحتها خط:

3. تحدث السمنة في أثناء استقرار الرسوبيات بتناقص طاقة المياه.
4. تتكون الصخور المتحولة الصفائحية من بلورات كتليلية الشكل.

اكتب جملة تستعمل فيها زوج الكلمات في كل مما يأتي:

5. المسامية، الصخر الرسوبي الفتاتي
6. الراسب، التطبيق
7. فتاتي، المتاخرات

ثبت المفاهيم الرئيسية

8. ما الراسب الفتاتي الذي حجم حبيباته أصغر فيها يأتي؟

c. الحصى a. الرمل

d. حجر الطمي b. الطين

9. ما الصخر الفتاتي الخشن الحبيبات الذي يحوي قطعاً مدببة؟

c. الحجر الرملي a. الحجر الجيري

d. البريشيا b. الكونجلوميرات

10. ما الصخر الحيوي الكيميائي الذي يحوي أحافير؟

c. الحجر الرملي a. الصوان

d. البريشيا b. الحجر الجيري

11. أي مما يأتي ليس من عوامل التحول؟

c. الحرارة a. التصحر

d. المحاليل الحرارية المائية b. الضغط.

3

تقدير الفصل

29. قوم ما إذا كانت علامات النيم وأثار أقدام حيوان تدعى من الأحافير. فسر إجابتك.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 30 و 31.



30. قوم الرسوبيات المكونة للطبقات في الشكل السابق. ما نوع هذا التطبق، وهل هو جيد الفرز أم رديء؟ وضح إجابتك.

31. استدل ما عامل التعرية الذي يمكن أن يُتَّبع الطبقات الموضحة في الشكل؟ وضح ذلك.

32. استنتاج لماذا تكون القطع الزجاجية الموجودة على الشاطئ المكون من الرمل الكوارتز مستديرة، بينما تكون حادة إذا كانت على شاطئ مكون من الرمل الكلسي؟

خرائط مفاهيمية

33. استخدم المصطلحات الآتية لبناء خريطة مفاهيم تنظم عالم الصخور الرسوبي: علامات النيم، تطبق متدرج، تطبق أفقي، غير متوازي، متوازي، تيار نيري، حركة الأمواج، ترسيب الرياح، ترسيب المياه. يمكن أن تستعمل بعض المصطلحات أكثر من مرة.

سؤال تحفيز

34. كون فرضية. تُستنفذ الكربونات على عمق 4000 m تقريباً في مياه المحيط. وتحت هذا العمق لا ترسيب الكربونات، ولا تراكم الأصداف على قاع المحيط. كون فرضية تفسّر فيها سبب وجود هذا الشرط في المحيط.

19. احسب كتلة من الحجر الرملي حجمها 1m^3 ، ومساميتها 30%. كم لترًا من الماء يمكن أن تستوعب هذه الكتلة؟

20. وضع بالرسم الشرطين الضروريين لتشكل الصخور المتحولة المتورقة.

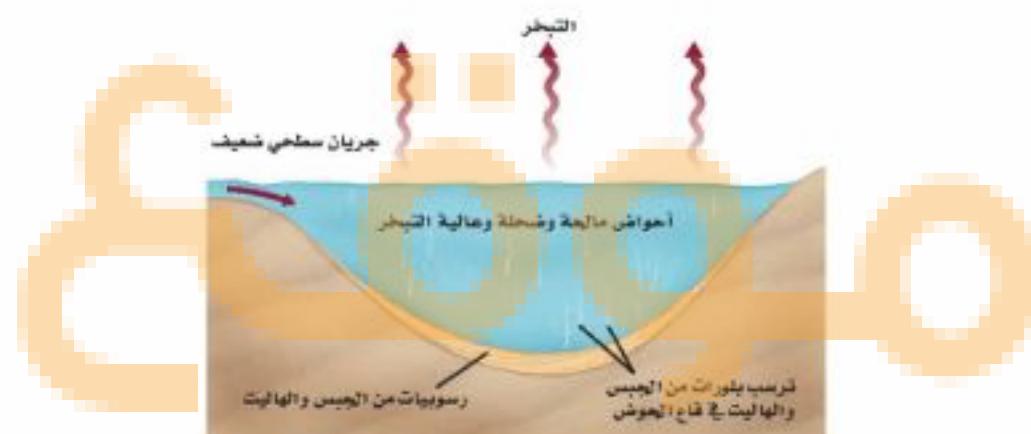
21. قارن بين طرائق تصخر الرمل والطين.

22. صنف أنواع الرسوبيات الآتية إلى سيئة الفرز أو جيدة الفرز: رمال الكثبان، مواد الانزلالات الأرضية، رسوبيات جليدية، رمال الشواطئ.

23. حلل تأثير ترسب معادن الكالسيت أو أكسيد الحديد في الرسوبيات الفتاتية.

24. قارن بين الكونجلوميرات والبريشيا من حيث خصائصهما وطرائق تشكيلهما.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 25.



25. قوم تأثير افتتاح هذه البيئة على المحيط.

التغير الناقد

26. اربط ما تعلمته عن أشكال البلورات لتفسير عدم تكون التورق في الرخام، رغم أنه تشكّل تحت ضغط عالي.

27. **مهنة الجيولوجي** يعمل بعض علماء الرسوبيات في أماكن استخراج الرمل والخشباء، حيث يحملون هذه المواد لتقرير أفضل الأمكنة، وكيف يستعملونها. استدل على أهمية فهم علماء الرسوبيات لما يحدث لسامية الرمل إذا اختلطت به رسوبيات ناعمة الحبيبات.

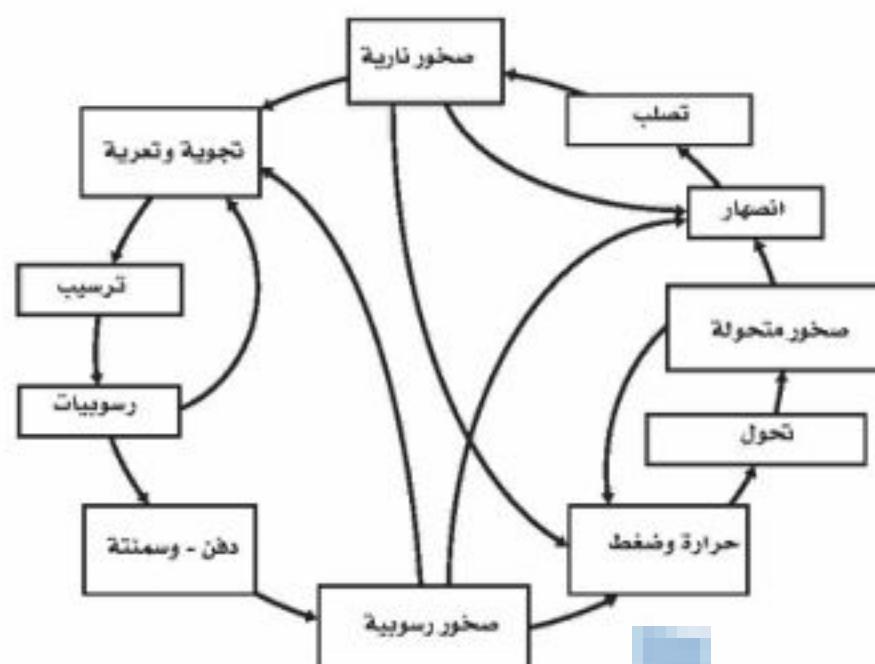
28. وضع بالرسم خزانًا بتروليًا مكونًا من طبقات من الرمل والطفل. حدد مكان البترول في الصخور.

5. ما الصخور المتحولة المكونة من معادن ذات بلورات

كتلية الشكل؟

- c. النايس
- a. المتورقة
- b. غير المتورقة
- d. الشيست

استعمل الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 6 و 7.



6. بناء على المخطط أعلاه، كيف تكون الصخور النارية؟

- a. ارتفاع في درجات الحرارة والضغط لصخور موجودة، دون حدوث انصهار لها.
- b. انصهار لصخور موجودة، ثم تصلبها.
- c. دفن وسمننة للرسوبيات، ثم تصلبها.
- d. تجوية وتعرية لصخور، ثم تصلبها.

7. اعتماداً على دورة الصخر الموضحة أعلاه، ما الاحتمال الذي تتوقع حدوثه أكثر، بعد توضع الرسوبيات؟

- a. تشكّل التجوية المزيد من الرسوبيات.
- b. تبرُّد الصهارة وتشكل صخوراً نارية.
- c. تسبّب الحرارة والضغط في صهر الرسوبيات.
- d. تحدث السمننة وتشكل الصخور الرسوبيّة.

اختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. ما الصخور الأكثر احتمالاً أن تتحول بسبب انسيابات الลาبة؟

- a. الصخور التي في فوهة البركان؛ حيث تكون اللابة أسرخ.
- b. الصخور التي في الفوهة والصخور الواقعة على طول الجزء العلوي من الجبل.
- c. جميع الصخور التي على الجبل.
- d. جميع الصخور التي يصلها انسياب اللابة.

2. ما نوع الصخر الذي يتشكّل، بعد أن تبرد اللابة وتتبلور؟

- a. الرسوبي
- b. المتحول
- c. الناري السطحي
- d. الناري الجوفي

3. ما الاسم الشائع لـ NaCl؟

- a. ملح الطعام
- b. سكر
- c. كلور طبيعي
- d. ماء

4. ما الخطوة الأولى التي تبدأ بها عملية تغيير الرسوبيات إلى صخور رسوبيّة؟

- a. التطبق
- b. الدفن
- c. السمننة
- d. التراص

اختبار مقنن

استعن بالشكل والجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 11 و 12

عمر طبقات الصخور الرسوبيّة			
العمق (بالأمتار)	العمر المقدر (بالسنوات)	المكونات	الطبقة
0 - 4.95	100,000	صخور رسوبيّة	M
5 - 7.95	غير معروف	صخور رسوبيّة	N
8 - 8.95	6 ملايين	صخور رسوبيّة	O
9 - 10	6.1 مليون	صخور رسوبيّة	P

11. ما الذي كان ينبغي على علماء الأحافير تسجيله لتحسين نوعية المعلومات؟

- a. الوقت من السنة
- b. عمر الطبقة
- c. تحديد موقع العمل
- d. كتلة الصخور الرسوبيّة.

12. إذا وجدت نوعاً من الأحافير في الطبقتين P و O ولم تجده في الطبقتين M و N فماذا تستنتج؟

- a. لا يعيش النوع في أي مكان من الأرض في الوقت الحاضر.
- b. اختفى وساد نوع آخر بدلاً عنه
- c. لقد انقرض النوع قبل أقل من 100,000 سنة مضت.
- d. لقد اختفى النوع من المنطقة قبل 6 ملايين سنة تقريباً.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 8 و 9.



8. ما الذي تلاحظه في تشكّل الصخر الرسوبي أعلاه؟

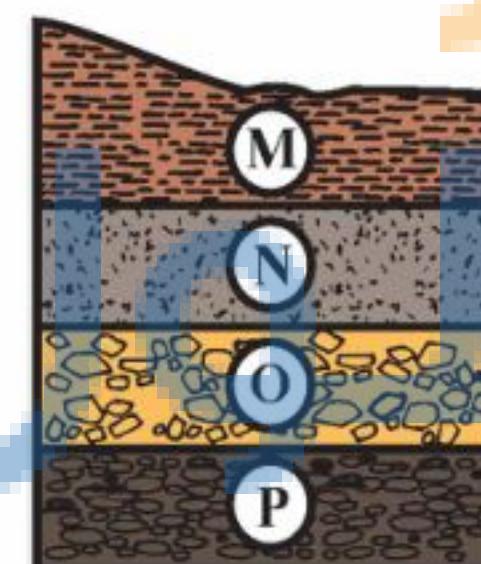
9. هل تمثل هذه العملية التراص أم السمنتة؟ صُفِّ الفرق بين العمليتين.

10. كيف تُساعد دراسة طبقات الصخور الرسوبيّة وفهم كيفية تشكّلها علماء الأحافير في تعرّف تاريخ الأرض؟

القراءة والاستيعاب

طبقات الصخور الرسوبيّة

يرغب علماء الأحافير في دراسة طبقات الصخور الرسوبيّة ومكوناتها في منطقة معينة. ويوضح الشكل أدناه مقطعاً طولياً لطبقات صخور مدرسة. أما الجدول فيوضح المعلومات التي استطاع العلماء جمعها.



المياه الجوفية Groundwater

4



الفكرة العامة يسهم المطر والرشع في تكوين المياه الجوفية وتخزينها في خزانات في باطن الأرض إلى أن تعود إلى السطح على شكل ينابيع، أو من خلال سحبها من الآبار الارتوازية.

1-4 حركة المياه الجوفية وتخزينها

الفكرة الرئيسية تزود خزانات المياه الجوفية الجداول والينابيع الطبيعية والمناطق بالمياه حيثما يتقاطع منسوبها مع سطح الأرض.

2-4 موارد المياه الجوفية

الفكرة الرئيسية لا توفر المياه الجوفية دائمًا بالكميات والموقع المطلوبة حيثما نحتاجها، وإن وجدت فاحتياطها تكون ملوثة.

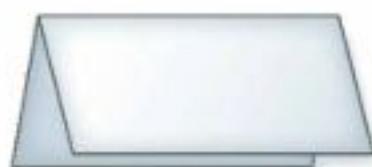
حقائق جيولوجية

- يقع ينبع ذي عين في قرية ذي عين الأثرية جنوب غرب مدينة الباحة على بعد 24 km منها.
- يُعد ينبع ذي عين من الينابيع دائمة التدفق طوال العام.
- تستخدم مياه الينبوع في ري مزراعات القرية وبخاصة الموز.

نشاطات تمهيدية

المخاطر التي تواجه المياه الجوفية
أعمل هذه المطوية لتلخيص المشكلات
الرئيسة التي تهدد المياه الجوفية.

المطويات منظمات الأفكار



الخطوة 1: اثنن الورقة من متصفها طولياً.



الخطوة 2: اثنن الورقة إلى نصفين، واثن كل نصف إلى ثلاثة أقسام.



الخطوة 3: أعد الورقة كما هي وقصها على منطقة الشي حتى الخط الذي يقسم الورقة إلى نصفين، ستحصل على ستة أنسنة.



الخطوة 4: اكتب على كل لسان مشكلة من المشكلات التي تهدد مصادر المياه الجوفية كما تلاحظ في الشكل.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك للقسم 2-4، ولخص فيها المشكلات التي تهدد المياه الجوفية.



تجربة استهلاكية

كيف تخزن المياه في جوف الأرض؟

ربما يوجد تحت قدميك كميات هائلة من المياه في الفراغات بين الحبيبات في الصخور والرسوبيات المفككة والصدوع. ستقوم في هذا النشاط بعمل نموذج لخزان المياه الجوفية.



الخطوات

- اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
- املاً مخبراً مدرجاً سعته 250 mL رملًا ناعمًا جافاً.
- املاً مخبراً مدرجاً آخر سعته 250 mL ماءً.
- اسكب الماء من المخبر الثاني في المخبر المدرج الأول الذي يحتوي على الرمل، حتى يصل إلى مستوى سطح الرمل. سجل قراءة حجم الرمل المشبع بالماء.
- قس كمية المياه المتبقية في المخبر المدرج الثاني وسجلها.
- كرر خطوات التجربة مرتين: مستخدماً الرمل الخشن والطين.

التحليل

- حدد كمية المياه الموجودة في كل من الرمل الناعم والرمل الخشن والطين بعد أن أصبح كل منهم مشبعاً بالماء.
- احسب النسبة بين حجم المياه إلى حجم كل من الرمل الناعم، والرمل الخشن، والطين وعبر عن هذه القيم في صورة نسبة مئوية.
- استدل على حجم المياه باللتر، التي يمكن تخزينها في $1m^3$ لكل نوع من الرسوبيات (الرمل الناعم، والرمل الخشن، والطين).



4-1

الأهداف

- تصف كيف يرتبط كل من تخزين المياه الجوفية وحركتها مع دورة الماء في الطبيعة.
- توضح المقصود بالخزان المائي الجوفي والطبقة العازلة.
- ترتبط بين مكونات الخزان المائي الجوفي وجود الينابيع.

مراجعة المفردات

الدورة المائية: الحركة الدورانية الطبيعية المستمرة للماء ضمن أنظمة الأرض.

المفردات الجديدة

رشح

نطاق الإشباع

منسوب الماء

نطاق التهوية

النفاذية

الخزان المائي الجوفي

الطبقة العازلة (الصماء)

ينبع

ينبع ساخن

الينابيع الفوارية

حركة المياه الجوفية وتخزينها

Movement and Storage of Groundwater

الفكرة الرئيسية تزود خزانات المياه الجوفية الجداول والينابيع الطبيعية والمناطق ب المياه حيثما يتلقاها من سطح الأرض.

الربط مع الحياة. هل لاحظت ينبع ماء يتدفق مدة طويلة دون وجود أمطار؟ لا شك أن مياه الأمطار تسهم في تدفق مياه الينابيع، لكن المصدر الأكبر لهذه المياه يأتي من تحت سطح الأرض.

The Hydrosphere

المياه الموجودة في القشرة الأرضية وعلى سطحها وفي الغلاف الجوي تشكل الغلاف المائي. وقد درست سابقاً في إطار أنظمة الأرض التي تضم كلاً من الغلاف الصخري والمائي والجوي والحيوي، وأن مياه المحيطات تشكل 97% تقريباً من الغلاف المائي، بينما تشكل مياه اليابسة 3% تقريباً من الغلاف المائي، ومعظمها مياه عذبة.

وتعد المياه العذبة أكثر الموارد المتتجدد أهمية وشيوعاً، وعلى الرغم من أن معظم المياه العذبة (70-80%) مختبأة على هيئة غطاء جليدي وجليديات إلا أن مياه الأنهر والجداول المائية والبحيرات تمثل جزءاً يسيراً من المياه العذبة السائلة، كما في الجدول 1-4. تذكر ما درسته سابقاً من أن الماء في الغلاف المائي يتحرك ضمن دورة الماء في الطبيعة.

مصادر المياه على الأرض				الجدول 1-4
تقديرات متوسط زمن وجود المياه	حجم المياه (km ³)	النسبة المئوية للمياه الكلية	الموقع	
سنة 3200	1230000000	97.2	المحيطات	
سنة 20000	28600000	2.15	الغطاء الجليدي والجليديات	
ـ 200 سنة	8000000	0.62	المياه الجوفية	
عشرات السنوات	123000	0.009	البحيرات	
ـ 9 أيام	12700	0.001	الغلاف الجوي	
ـ أسبوعان	1200	0.0001	الأنهار والجداول المائية	

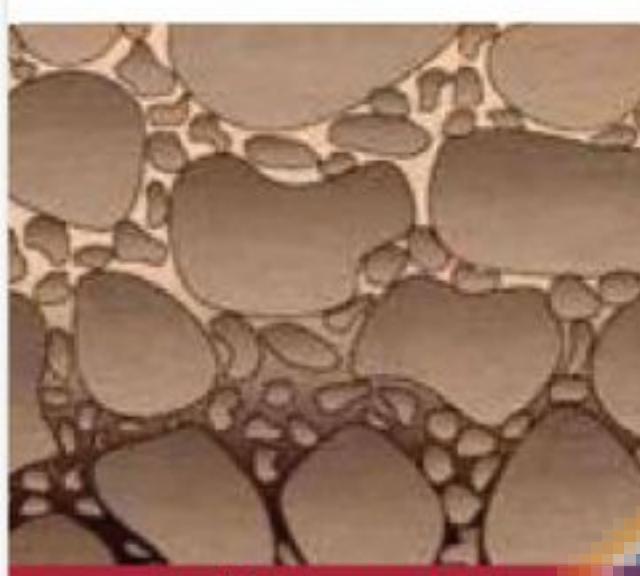


الشكل ٤-٤ تعتمد المسامية على حجم حبيبات المادة وتنوعها.

قارن بين المساميات المبينة في كل عينة.



حبيبات رمل كبيرة جيدة الفرز



حبيبات رمل مدينة الفرز



حبيبات رمل صغيرة جيدة الفرز

المياه الجوفية والهطول

Groundwater and Precipitation

تعد المحيطات المصدر الرئيس لجميع المياه على سطح الأرض. تتبخر المياه خلال دورة الماء في الطبيعة إلى الغلاف الجوي على شكل بخار ماء وغيوم، ثم تقوم الرياح وأنظمة الطقس بنقل رطوبة الجو إلى جميع أنحاء الأرض، حيث يتركز معظمها فوق اليابسة (القارات)، ويحصل الهطول الذي يمثل عودة الماء إلى سطح الأرض. لاحظ أن بعض الهطول يحدث فوق المحيط مباشرة والبعض الآخر يحدث فوق اليابسة. وقد قال الله تعالى في كتابه العزيز يصف أهمية الماء: ﴿وَمِنْ أَيْمَنِهِ أَنَّكَ تَرَى الْأَرْضَ خَشِعَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ أَهْرَأَتْ وَرَبَّتْ إِنَّ الَّذِي أَحْيَاهَا لَمْحِي الْمَوْقَعَ إِنَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ﴾ فصلت.

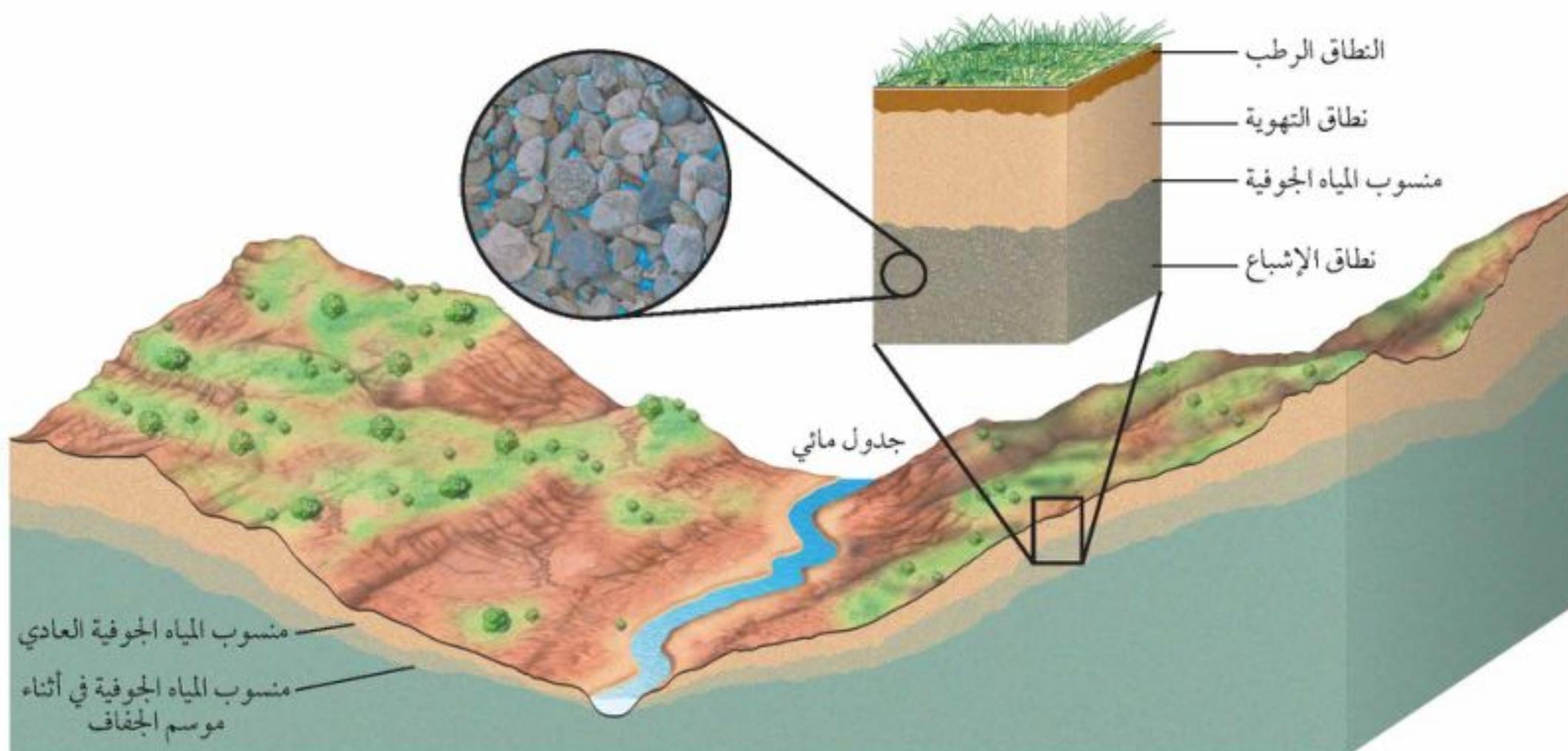
وتسمى عملية تسرب مياه الأمطار بعد سقوطها على اليابسة إلى جوف الأرض **بالرشح** Infiltration، وتصبح مياهاً جوفية، بينما يجري جزء بسيط من مياه الأمطار على سطح الأرض في صورة جداول مائية وأنهار تعود مباشرة إلى المحيطات، وتتحرك المياه الجوفية في باطن الأرض حركة بطيئة وتعود في النهاية إلى السطح من خلال الينابيع (العيون)، وتنساب على شكل جداول مائية في المناطق الرطبة، ثم تتدفق عائدة إلى المحيطات.

ماذا قرات؟ تعرّف ما المصدر الرئيس لجميع المياه على اليابسة؟

تخزين المياه الجوفية Groundwater Storage

للحظ أن البرك الصغيرة جداً التي تنشأ عن تجمع مياه الأمطار تختفي بسرعة؛ إذ ترشع جزئياً إلى باطن الأرض. ففي التربة الرملية غالباً ما تسرب المياه نحو الأسفل بسرعة. فأين تذهب هذه المياه؟ إنها تتجمع في الفراغات الصغيرة في باطن الأرض. وعلى الرغم من أن قشرة الأرض تبدو صلبة مصممة إلا أن التربة والرسوبيات والصخور فيها عدد لا يحصى من الفراغات الصغيرة التي تسمى المسامات.

تشكل المسامات نسبة كبيرة من بعض الصخور. ويسمى الحجم الكلي للمسامات في الصخر المسامية. وكلما زادت مسامية الصخر سهل تدفق الماء من خلاله إذا كانت مساماته متصلة. وتتراوح مسامية الصخور تحت السطحية بين 2% إلى أكثر من 50%. فعلى سبيل المثال، مسامية الرمل جيد الفرز 30%， ولكن في الرسوبيات رديئة الفرز تحتل المكونات صغيرة الحجم جزءاً من المسامات، ولذلك تقلل من المسامية الكلية للرسوبيات. انظر الشكل ٤-٤. وبالمثل فإن المادة اللاحة التي تعمل على تماسك الحبيبات في الصخور الرسوبيّة معًا تقلل من مسامية الصخر. وتكون كميات المياه المخزنة في المسامات كبيرة جداً؛ لأن حجم الرسوبيات والصخور تحت سطح الأرض ضخم جداً.



The Zone of Saturation

تسمى المنطقة تحت سطح الأرض الملوءة مساماتها تماماً بالمياه الجوفية **نطاق الإشباع**، ويسمى الحد العلوي لهذا النطاق **منسوب الماء**. انظر الشكل 2-4. وفي **نطاق التهوية Water table** منسوب الماء تكون الصخور رطبة، ولكن مساماتها غير مشبعة بالماء، لذا يحتل الهواء جزءاً كبيراً منها.

حركة المياه Water movement يمكن تصنيف المياه الموجودة في نطاقي الإشباع والتهوية إلى مياه جاذبية ومياه شعرية. و**مياه الجاذبية هي** المياه التي تتحرك إلى أسفل نتيجة الجاذبية الأرضية. أما **المياه الشعرية** فهي المياه التي تُسحب إلى أعلى بفعل الخاصية الشعرية، وهي موجودة فوق منسوب الماء؛ إذ تُحتجز داخل مسامات الصخور والرسوبيات بسبب التوتر السطحي. ويمكن ملاحظة فعل الخاصية الشعرية عندما نضع طرف ورق التنشيف على سطح الماء، حيث يظهر الماء وكأنه يرتفع إلى أعلى من خلال ورق التنشيف.

منسوب المياه الجوفية The water table يتفاوت عمق منسوب الماء في معظم الأحيان اعتماداً على الظروف المحلية. ففي الجداول المائية على سبيل المثال يكون منسوب الماء قريباً من سطح الأرض؛ إذ يصل عمق الماء إلى عدة أمتار فقط. أما في مناطق البرك فيصل منسوب الماء إلى مستوى سطح الأرض، بينما في مناطق أعلى التلال أو في المناطق الجافة يتراوح عمق منسوب الماء بين عشرات الأمتار ومئات الأمتار أوزيد. ويوضح الشكل 2-4 كيف يأخذ شكل منسوب المياه الجوفية شكل تضاريس السطح فوقه. فعلى سبيل المثال، ينطبق شكل انحدار منسوب المياه الجوفية مع شكل الوديان والتلال التي تعلو على سطح الأرض. ولما كان منسوب الماء يعتمد على اهطول، لذا فهو يتذبذب فصلياً وتبعاً لظروف الطقس الأخرى؛ إذ يرتفع في الفصول الرطبة وخصوصاً في فصل الشتاء، وينخفض في فصل الصيف الجاف.

الشكل 2-4 يبين نطاق الإشباع في منطقة تحت سطح الأرض.

صف النطاق الذي يعلو نطاق الإشباع.



حركة المياه الجوفية Groundwater Movement

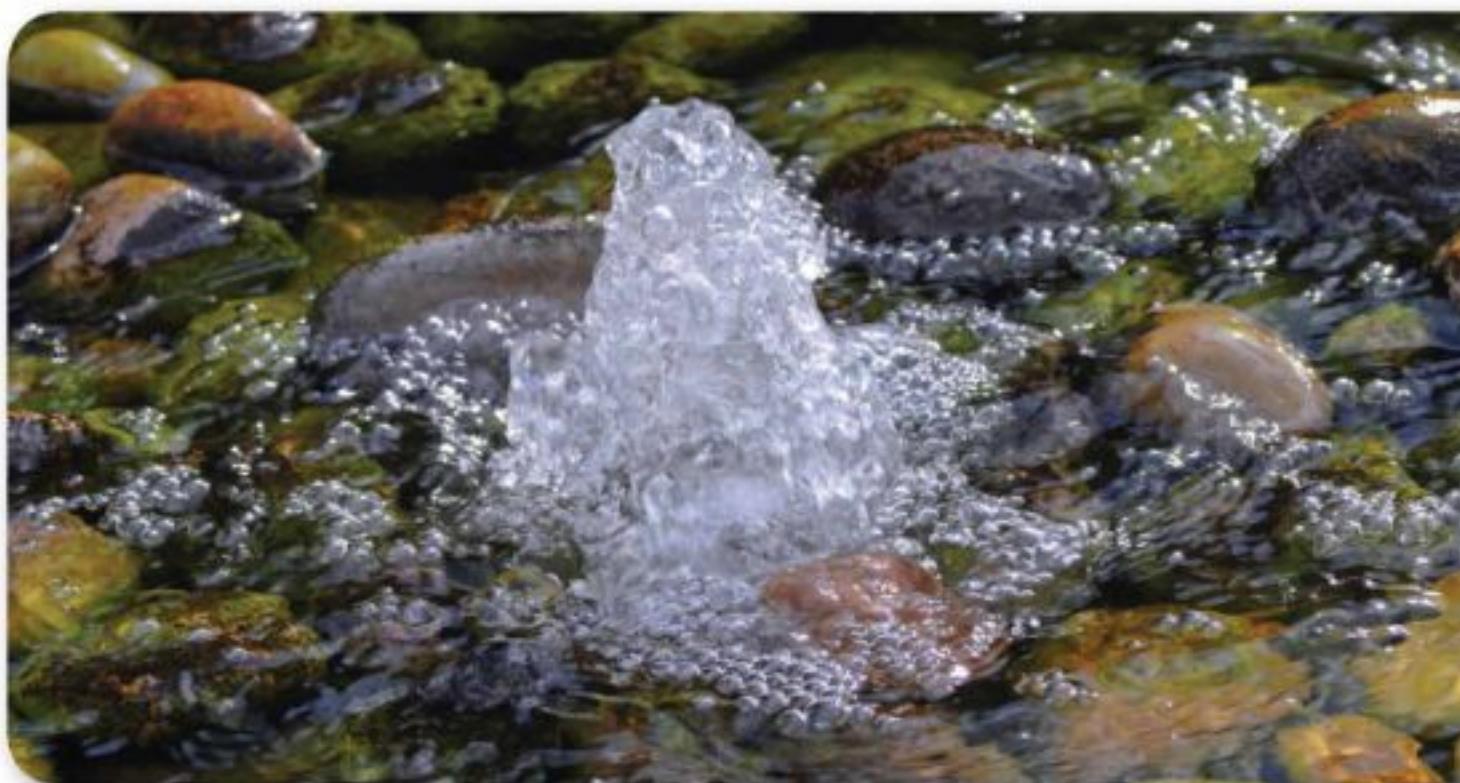
تنساب المياه الجوفية من أعلى إلى أسفل في اتجاه ميل منسوب الماء، وعادةً ما تكون هذه الحركة بطيئة؛ لأن المياه الجوفية تنساب في خلال عدد كبير من المسامات الدقيقة في المواد تحت السطح. وتسمى قابلية المادة لإنفاذ الماء من خلالها **النفاذية Permeability**. بينما المواد التي حبيباتها كبيرة ومسamatتها متصلة - ومنها الرمل والخصى - تكون نفاذيتها كبيرة، وتسمح بمرور المياه الجوفية خلالها بسرعة أكبر، وتتراوح نفاذية الصخور عادةً ما بين 1 متر في اليوم إلى 1 متر في السنة.

النفاذية Permeability تسمى الصخور والرسوبيات المنفذة للمياه الجوفية **الخزان المائي الجوفي Aquifers**. انظر الشكل 3-4. حيث تكون مسامات صخور الخزان المائي الجوفي كبيرة ومتصلة، ومن أمثلتها الرمل. أما الصخور والرسوبيات التي تتكون من حبيبات صغيرة فإن مساماتها صغيرة ونفاذيتها قليلة وتسمى صخوراً غير منفذة، وتسمى الطبقات غير المنفذة التي تحجز الماء وتنعنه من التدفق **الطبقة العازلة (الصماء) Aquiclude**. ويكون انسياج المياه الجوفية فيها بطئاً، ويقاس غالباً بالللمترات في اليوم. وبعد حجر الطمي والطفل والطين أمثلة على الصخور غير المنفذة؛ فالطين غير منفذ؛ لأن حبيباته دقيقة ومتراصة، وتعمل على الاحتفاظ بالماء، وهذا السبب يُستخدم الطين طبقةً مبطنة في البرك الاصطناعية، وفي مكاتب النفايات.

سرعة التدفق Flow velocity تعتمد سرعة تدفق المياه الجوفية على انحدار منسوب المياه الجوفية ونفاذية الصخر التي تتدفق المياه الجوفية من خلاله. وتقوم قوة الجاذبية بسحب المياه إلى أسفل، ويزداد التدفق عندما يكون انحدار منسوب الماء شديداً، كما يتدفق الماء أسرع خلال الفتحات الكبيرة، مقارنة بسرعةه خلال الفتحات الصغيرة. وتتناسب سرعة تدفق المياه الجوفية طردياً مع كل من انحدار منسوب المياه الجوفية ونفاذية المادة التي يتدفق الماء من خلالها.

الشكل 3-4 الخزان المائي الجوفي طبقة مكونة من صخور منفذة ومشبعة بالماء، ويقع هذا الخزان المائي الجوفي بين طبقتين غير منفذتين تسميان طبقتين عازلتين.





الشكل ٤-٤ توجد الينابيع عند نقاط تقاطع منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض.

الينابيع (العيون) Springs

تحرك المياه الجوفية ببطء وباستمرار خلال الخزان المائي الجوفي، وتعود في النهاية إلى سطح الأرض. وفي معظم الأحيان تخرج المياه الجوفية من مكان تقاطع منسوبها مع سطح الأرض. ومثل هذه التقاطعات غالباً ما توجد في المناطق المنحدرة. ويعتمد مكان خروج المياه الجوفية إلى السطح على ترتيب طبقات الخزان المائي الجوفي والطبقات العازلة في المنطقة.

ماذا قرات؟ وضع كيف يؤثر انحدار اليابسة في أماكن الينابيع.

يعدّ الخزان المائي الجوفي طبقات منفذة تحت الأرض يتدفق الماء خلالها بسهولة. أما الطبقة العازلة فهي عبارة عن طبقات غير منفذة. يتالف الخزان الجوفي المائي عادةً من طبقات الرمل والخصى والحجر الرملي والحجر الجيري. أما الطبقة العازلة فتتألف من طبقات الطين أو الطفل، وتنبع حركة المياه الجوفية خلالها. ويؤدي اتصال الخزان المائي الجوفي مع الطبقة العازلة إلى تصريف المياه الجوفية عند سطح الأرض في منطقة التماس بينهما. انظر الشكل ٤-٤. يسمى هذا التصريف الطبيعي لل المياه الجوفية بالينابيع **Springs**.

كما يمكن أن تخرج الينابيع عند طرف منسوب المياه الجوفية المرتفع؛ فنطاق الإشباع الذي يعلو الطبقة العازلة يفصل بين مستوى المياه الجوفية للطبقة المعلقة ومنسوب المياه الجوفية الرئيس الذي يقع أسفل منه. وهناك مناطق أخرى تخرج منها الينابيع على امتداد الصدوع.

انبثاق الينابيع Emergence of springs قد يكون الماء المتذوق من الينابيع في صورة نز أو تسرب، وقد يشكّل جدوالاً. هناك مثلاً ينابيع كبيرة تسمى ينابيع الكارست ينبع منها نهر كامل. وتوجد ينابيع الكارست في المناطق التي تتكون من الحجر الجيري؛ حيث تتغذى مياه الينبوع من مرات تحت الأرض. أما في المناطق التي تتكون من صخور رسوبية أفقية فيتدفق الينبوع على جوانب الوديان من قاعدة الخزان المائي الجوفي، وعلى ارتفاع واحد. كما يظهر في الشكل ٥-٤. وقد قال الله تعالى: ﴿أَلمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَّكَهُ يَنْدَعِ فِي الْأَرْضِ﴾ الزمر (٢١).

إرشادات الدراسة

الكتابة بالمشاركة

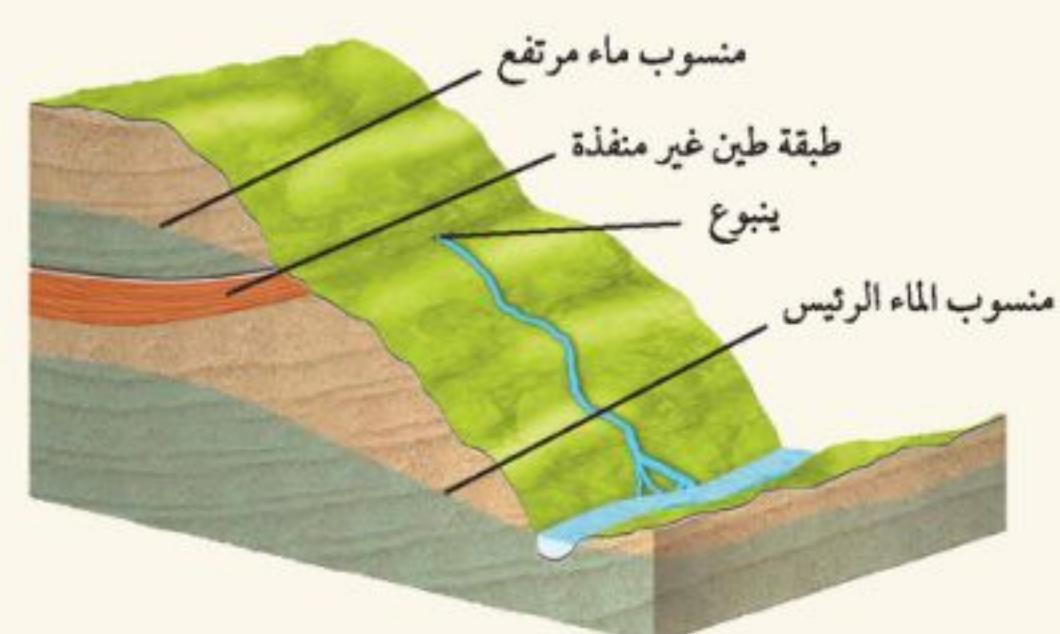
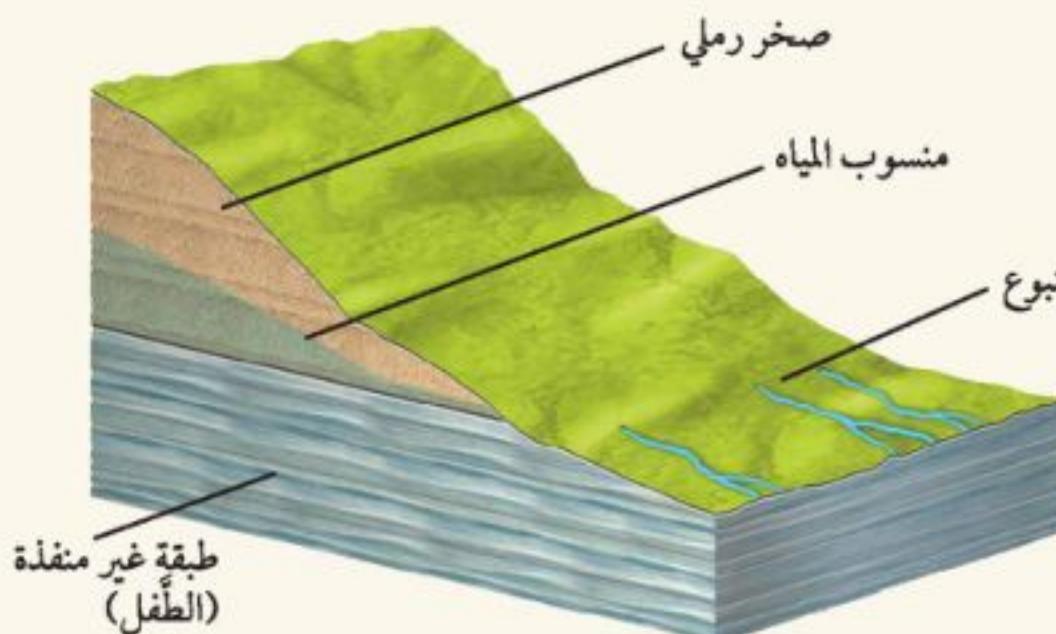
اكتب تقريراً حول أحد الينابيع في المملكة العربية السعودية من حيث اسمه وكيفية تدفقه، ومكان وجوده وأهميته السياحية أو الزراعية.



الينابيع Springs

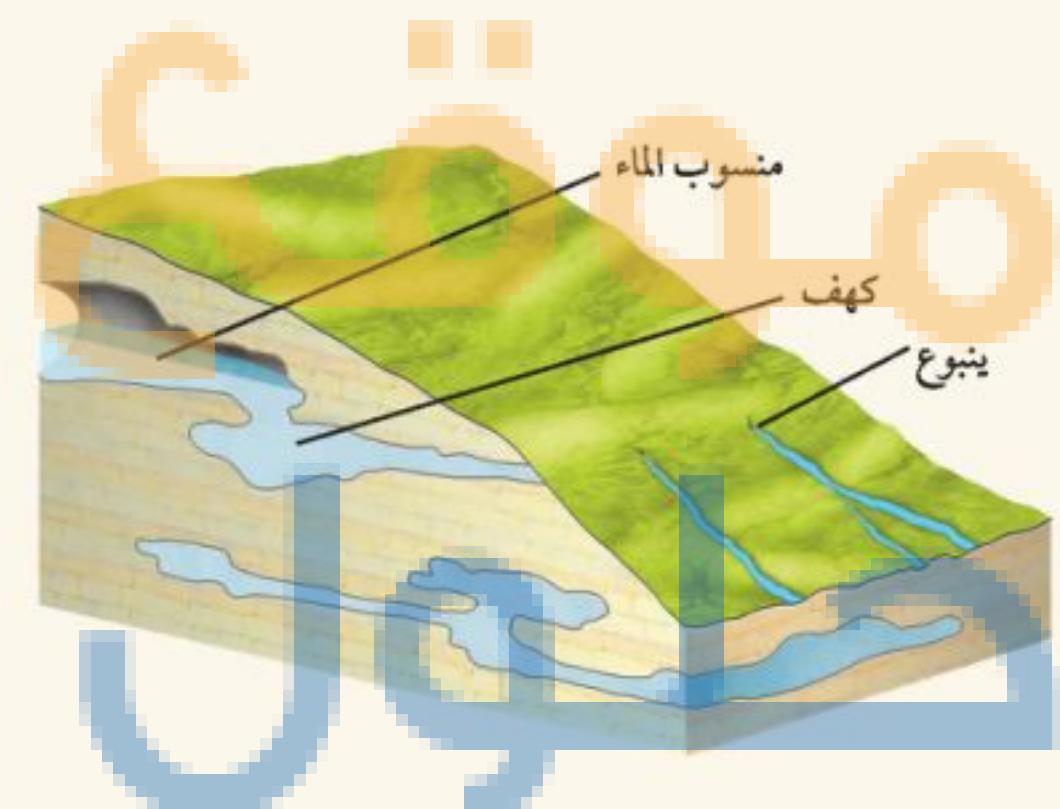
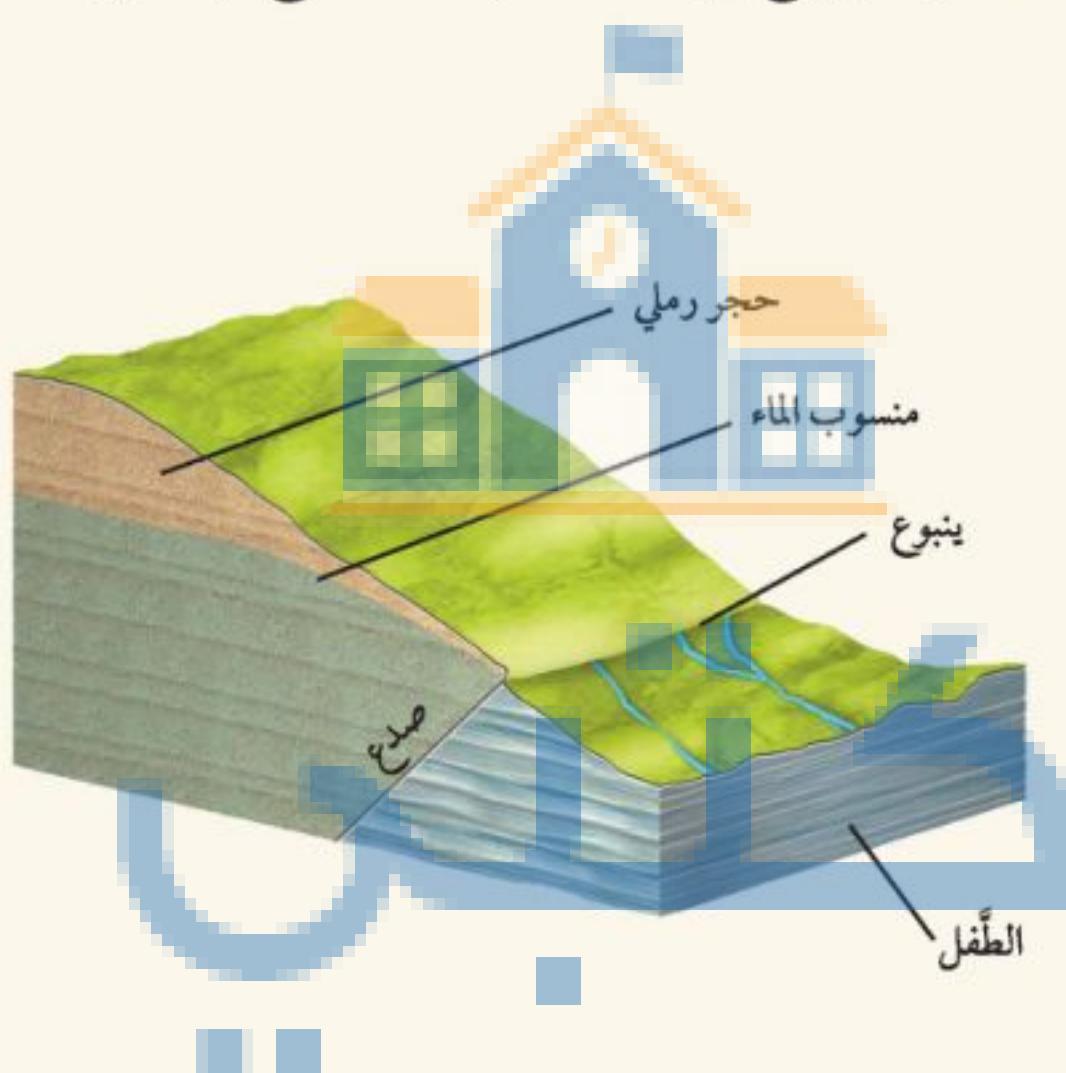
الشكل 5-4 تكون الينابيع نتيجة خروج المياه الجوفية إلى سطح الأرض، وتشكل نتيجة تقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض، ويمكن للينابيع أن يتشكل بطرق مختلفة.

قارن بين نشأة أنواع الينابيع الأربع.



تتكون الينابيع نتيجة التقائه طبقة منفذة مع طبقة غير منفذة.

يؤدي وجود طبقات غير منفذة - ومنها الطفل - فوق الخزان المائي الجوفي إلى تكوين منسوب ماء مرتفع.



ت تكون بعض الينابيع في مناطق الصدوع، حيث تؤدي هذه الصدوع إلى التقائه نوعين مختلفين من الطبقات؛ لأن تلتقي طبقة صخرية مسامية مع أخرى غير مسامية.

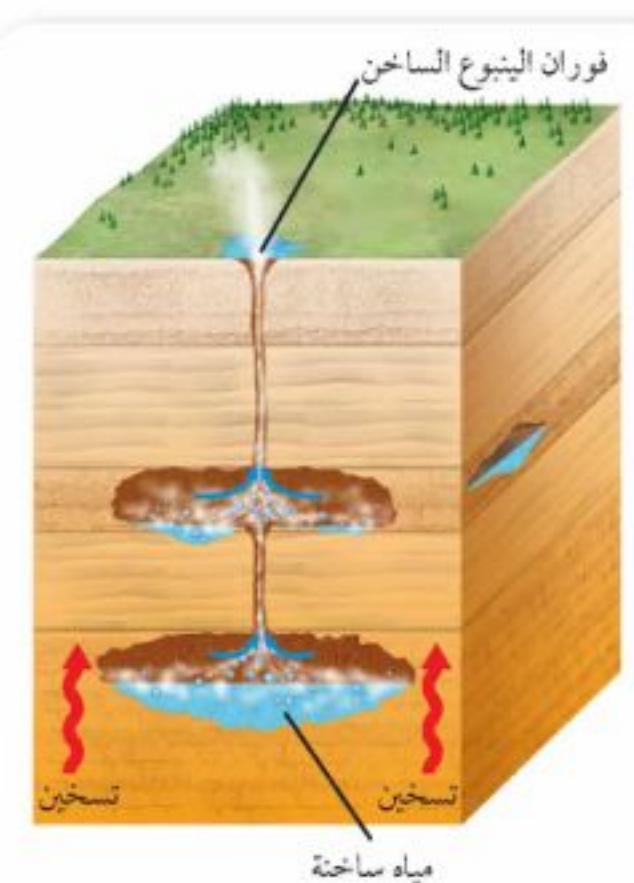
ت تكون الينابيع الجيرية (Karst) في المناطق التي تعمل فيها المياه الجوفية على تحجيم طبقة الحجر الجيري؛ حيث تنساب المياه من الكهوف المتصلة في جوف الأرض، فتصل إلى سطح الأرض.

درجة حرارة الينابيع **Temperature of springs** ينظر الناس إلى مياه الينابيع على أنها باردة ومنعشة، إلا أن درجة حرارة المياه الجوفية التي تصرف من خلال الينابيع عموماً تساوي متوسط درجة الحرارة السنوية في المنطقة الموجدة فيها.

ومقارنة بدرجة حرارة الهواء فإن درجة حرارة المياه الجوفية عموماً أبود في فصل الصيف، وأسخن في فصل الشتاء. وهناك بعض الينابيع التي تكون مياهها أدفأ من متوسط درجة الحرارة السنوية، وتسمى **الينابيع الساخنة Hot springs**؛ اعتماداً على درجة حرارتها. الينابيع الساخنة هي ينابيع مياه تزيد درجة حرارتها على درجة حرارة جسم الإنسان (37°C).

وهناك آلاف الينابيع في العالم تتدفق في مناطق مختلفة، ما زالت درجة حرارة صخورها الجوفية مرتفعة بسبب قربها من النشاط الناري. أو بسبب الماء الحراري الجوفي في المناطق البركانية. ومن هذه ما يطلق عليه **الينابيع الفواراء Geysers**. انظر الشكل 6-4، وهي عبارة عن نوافير ساخنة. ويعتقد أن مياه هذه الينابيع قد سخنت في باطن الأرض إلى درجة الغليان، مما أدى إلى تبخرها، فينشأ عن ذلك ضغط كبير لبخار الماء يسبب حدوث الفورانات المتعاقبة.

ومن الينابيع الحارة في المملكة العين الحارة في منطقة جيزان؛ والتي تبلغ درجة حرارتها حوالي 50°C وعين الخوبة وتبلغ درجة حرارتها 57°C .



الشكل 6-4 الينابيع الفواراء نوع من الينابيع الساخنة، تخرج منها مياه حارة ويُخار ماء إلى سطح الأرض.
عرف ما أصل العيون الفواراء؟

التقويم 1-4

الخلاصة

- ترشح بعض مياه الهطول إلى جوف الأرض فتصبح مياهاً جوفية.
- تحزن المياه الجوفية في مسامات الصخور والرسوبيات وتوجد أسفل منسوب الماء.
- تحرك المياه خلال طبقات منفذة تسمى الخزان المائي الجوفي، ويتم احتاجازها بطبقات غير منفذة تدعى الطبقات العازلة.
- تبعد المياه الجوفية حيثما يتقطع منسوبها مع سطح الأرض.

التفكير الناقد

- قارن بين المسامية والنفاذية للمواد تحت السطحية.
- استدل لماذا يعود وجود الطبقة العازلة أسفل الخزان المائي الجوفي ذاتفائدة كبيرة للمجتمع؟
- طور مجموعة من الإشارات تصف فيها أفضل الأماكن للبحث عن المياه الجوفية.

الكتابة في الجيولوجيا



4-2

الأهداف

- توضيح كيف يتم سحب المياه الجوفية من خزاناتها عن طريق الآبار.
- تصف المشكلات الرئيسية التي تهدد موارد المياه الجوفية.

مراجعة المفردات

الجريان السطحي: انساب المياه من أعلى إلى أسفل على طول سطح الأرض.

المفردات الجديدة

الأبار

الضخ الجائر

الهبوط في منسوب المياه الجوفية

تغذية المياه الجوفية

البئر الارتوازية

موارد المياه الجوفية Groundwater Supply

الفكرة لا توافر المياه الجوفية دئماً بالكميات والموقع المطلوبة حينما تحتاجها، وإن وجدت فأحياناً ما تكون ملوثة.

الربط مع الحياة من لديه حساب في البنك، فهل يمكنه سحب نقود كما يشاء؟ بالطبع لا. وكذلك يمكن سحب المياه الجوفية ولكن حسب الكميات المختزنة في الطبقات المائية.

الأبار Wells

الأبار ثقوب تحفر في الأرض للوصول إلى الخزان المائي الجوفي. وهناك نوعان رئيسان من الأبار، هما الأبار العادمة، والأبار الارتوازية.

الأبار العادمة Ordinary wells أبسط الآبار هي تلك المحفورة أسفل منسوب الماء داخل ما يسمى الخزان المائي الجوفي غير المحصور، كما في الشكل 7-4. في هذا النوع من الخزانات المائية الجوفية يكون منسوب المياه داخل البئر هو نفسه منسوب الماء المحيط به، فعندما يتم سحب المياه من البئر يتم تعويضها من المياه المحاطة في الخزان المائي الجوفي.

يحدث **الضخ الجائر Overpumping** عندما يفوق معدل سحب المياه من البئر معدل تعويض المياه فيه، فيؤدي ذلك إلى خفض منسوب المياه المحلي، متراجعاً نحو الانخفاض حول البئر، كما في الشكل 7-4. ويسمى الفرق بين منسوب المياه الجوفية الأصلي ومنسوب المياه في أثناء عملية الضخ **الهبوط في منسوب المياه الجوفية Drawdown**. وإذا حدث هبوط في منسوب المياه في مجموعة آبار متقاربة في الخزان غير المحصور فإن مجموعة مخاريط الانخفاض المتقاربة يتحدد بعضها مع بعض، مسبباً بذلك هبوطاً عاماً في منسوب المياه، مما يؤدي إلى جفاف **الأبار الضحلة**.

وتزود مياه الأمطار الخزان المائي الجوفي بمحتواه المائي في عملية تسمى **تغذية المياه الجوفية Recharge**. وتؤدي أحياناً تغذية المياه الجوفية بمياه الأمطار أو بالمياه الجارية إلى تعويضها عن المياه التي سُحب من الآبار. فإذا تجاوز سحب المياه الجوفية معدل تغذية الخزان الجوفي ازداد الهبوط في منسوب المياه إلى أن تصبح جميع الآبار جافة.

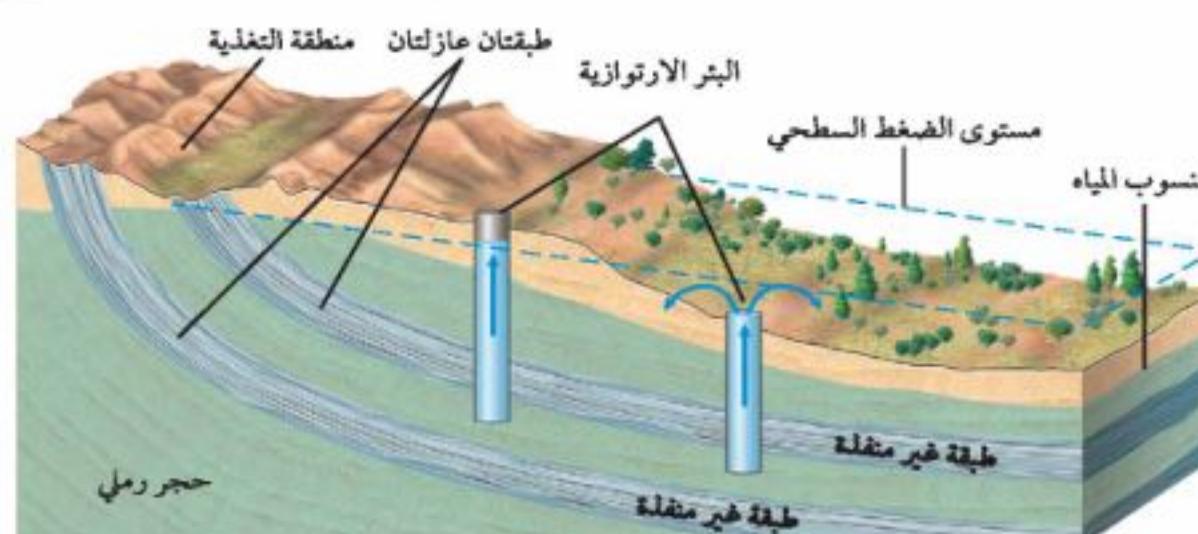


بعد الضخ الجائر



قبل الضخ الجائر

الشكل 7-4 يؤدي الضخ الجائر من البئر أو عدة آبار إلى تكوين مخروط الانخفاض وهبوط عام في منسوب المياه.



الشكل 8-4 يحتوي الخزان المائي الارتوازي على ماء مضغوطة.

تعرف السبب الرئيس الذي جعل البئر ارتوازية مختلف عن البئر العادية.

الأبار الارتوازية Artesian wells غالباً ما تكون منطقة تغذية الخزان أعلى من الخزان المائي الجوفي نفسه. ويسمى الخزان المائي الجوفي الواقع بين طبقتين عازلتين خزانًا جوفيًا مخصوصاً، ويقع الماء الذي يحتويه تحت تأثير الضغط. والسبب في ذلك أن قمة منحدر منسوب الماء يقع تحت تأثير الجاذبية الأرضية، لذلك تتجه المياه إلى أسفل. ويسمى الخزان في هذه الحالة الخزان المائي الجوفي الارتوازي. وعندما يكون معدل التغذية كبيراً وكافياً فإن ضغط الماء في بئر محفورة في خزان ارتوازية يجعل الماء يتدفق فوق سطح الأرض على شكل نافورة تسمى **البئر الارتوازية Artesian well**. ويسمى المستوى الذي يرتفع منسوب المياه إليه في الآبار المحفورة مستوى الضغط السطحي، كما في الشكل 8-4. وتسمى أيضاً الينابيع التي يجري تصريفها بضغط الماء الينابيع الارتوازية. وتعود كلمة *artesian* إلى مقاطعة فرنسية اسمها Artois، حفرت فيها أول بئر ارتوازية، وذلك قبل 900 عام.

مختبر حل المشكلات

اعمل مقطعاً تصاريسيّاً

كيف يختلف منسوب المياه في الآبار الارتوازية؟

تحتوي خزانات المياه الجوفية الارتوازية على ماء يقع تحت ضغط عالي. ويوضح الجدول المجاور بيانات عن الخزان المائي الجوفي الارتوازي لثلاثة مواقع يبتعد بعضها عن بعض مسافة 100 m على امتداد خط المسح. وهذه البيانات لارتفاعات سطح الأرض، وارتفاعات منسوب المياه، وارتفاعات السطح العلوي للطبقة العازلة للخزان المائي الارتوازي، ومستوى الضغط السطحي.

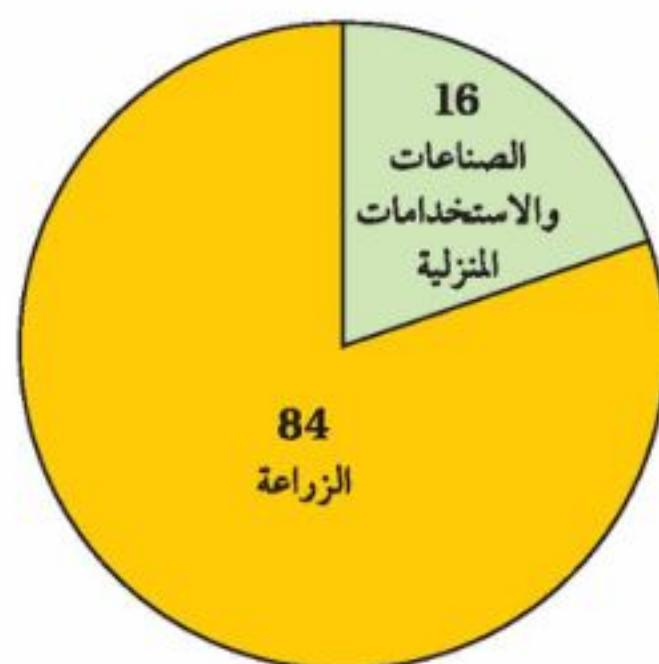
التحليل

1. أسقط بيانات الارتفاع على رسم بياني، بحيث تكون المواقع على محور السينات، والارتفاعات على محور الصادات.
2. اعمل مقطعاً تصاريسيّاً لخط المسح من الموقع الأول حتى الموقع الثالث مستعملاً خطأ عريضاً تمثيل سطح الأرض.

بيانات الخزان الجوفي المائي					
مستوى الضغط السطحي (m)	ارتفاع السطح العلوي للطبقة العازلة (m)	ارتفاع الماء العازلة (m)	منسوب الماء العازلة (m)	ارتفاع السطح (m)	الموقع
394	388	392	396	1	
393	386	390	394	2	
392	381	388	390	3	

التفكير الناقد

3. حل. ما عمق الماء في الآبار الثلاثة قبل عملية الضخ؟
4. قوم ماذا يحدث لو حفرنا بئراً في الخزان المائي المحصور عند الموقع #3؟
5. توقع كيف يؤثر حفر بئر ارتوازية في موقع واحد في بقية الآبار؟



الشكل ٩-٤ استخدامات المياه العذبة في المملكة العربية السعودية لعام ٢٠١٥م.

المصدر: وزارة البيئة والمياه والزراعة.

ما يهدد موارد مياهنا Threats to our Water Supply

تعد المياه العذبة موارد طبيعية نفيسة؛ إذ يعتمد الإنسان عليها بصورة كبيرة، لأنها عنصر أساسي في الحياة. كما أنها تستعمل بصورة مكثفة في الزراعة والصناعة. ويوضح الشكل ٩-٤ استخدامات المياه العذبة في المملكة العربية السعودية لعام ٢٠١٥م.

ماذا قرأت؟ لخص لماذا تعد المياه العذبة أثمن الموارد الطبيعية؟

يتم تقدير موارد المياه اعتماداً على مجموعة من العوامل. من هذه العوامل كميات الاطول والرشح والتصرف السطحي ومسامية الصخور ونفاديتها والرسوبيات تحت السطح وحجم المياه الجوفية التي تصرف طبيعياً إلى السطح. وتتغير بعض هذه العوامل طبيعياً مع الزمن، ويتأثر البعض الآخر بالأنشطة البشرية. وتؤدي التغيرات التي تحدث لموارد المياه الجوفية إلى ظهور قضايا بيئية، منها انخفاض مستوى المياه والخشوف والتلوث والتملح.

تجربة

نموذج البئر الارتوازية

كيف تكون البئر الارتوازية؟ ما الأسباب التي تؤدي إلى ارتفاع المياه فوق سطح الأرض؟

خطوات العمل

- طبقة الرمل السفلية، وسد الثقوب بإحكام حول الأنابيب البلاستيكية.
- التحليل**
1. لاحظ منسوب المياه في الأنابيب. أي الأنابيب يكون ارتفاع الماء فيها أعلى مما يمكن، وأيها يكون فيها أخفض مما يمكن؟
 2. حدد منسوب المياه في الصندوق.
 3. حلل حدد المكان الذي يكون عنده ضغط المياه أكبر مما يمكن. وضح إجابتك.
 4. توقع ما يحدث لمنسوب المياه وللضغط السطحي إذا تدفقت المياه من إحدى الأنابيب.

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. املأ صندوقاً بلاستيكياً أو أي وعاء آخر إلى منتصفه بالرمل، وأضف كميات كافية من الماء لإشباع الرمل به، ثم غطِّ الرمل تماماً بطبقة من الطين أو أي طبقة غير منفذة بسمك ١-٢ cm.
3. ضع الصندوق مائلًا بزاوية 10° ، مستعملاً كتاباً لإسناده.
4. اعمل ثلاثة ثقوب في الطبقة الطينية، بحيث يكون الثقب الأول في النهاية السفلية، والثاني في الوسط، والثالث في النهاية العلوية للصندوق، ثم أدخل أنبوباً بلاستيكياً شفافاً لكل ثقب، بحيث يتخلل

الاستعمال الجائر Overuse يستنزف الاستعمال الجائر موارد المياه. فإذا كان معدل الضخ يفوق معدل التغذية فعندئذ ينخفض مستوى التزويد بالمياه الجوفية، ويهبط منسوب المياه. ويحدث الضخ الجائر بسبب زيادة الطلب على المياه العذبة للاستعمالات الزراعية والمنزلية والصناعية حيث يؤدي إلى هبوط مستوى المياه العذبة في خزانات المياه الجوفية، كما في خزان الساق، وخصوصاً في منطقة القصيم. كما يؤدي الضخ الجائر مع الزمن إلى ارتفاع ملوحة المياه الجوفية؛ فتصبح غير قابلة للاستعمال.

المهن في علم الأرض

الهيدرولوجي جيولوجي متخصص في مجال تمثيل المياه في خرائط التضاريس الهيدرولوجية؛ إذ يستعمل الطرائق الميدانية والخرائط والصور الجوية لتحديد مكان المياه الجوفية.

الخسف Subsidence ينتج عن الضخ الجائر للمياه الجوفية حدوث مشكلة أخرى هي هبوط اليابسة؛ إذ يدعم حجم المياه الجوفية وزن التربة والرسوبيات والصخور التي تعلوها، وعندما يقل ارتفاع منسوب الماء يتقل وزن المواد التي تعلوه بالتدريج إلى حبيبات الخزان، مما يؤدي إلى تراصها، وخفف سطح اليابسة فوق الخزان.

تلويت المياه الجوفية Pollution in groundwater إن أكثر خزانات المياه الجوفية عرضة للتلوث هي الخزانات غير المحصورة. أما الخزانات الجوفية المحصورة فلا تتأثر كثيراً بالتلوث المحلي؛ لأنها محماة بالطبقة العازلة التي تحتجز الملوثات، وتحميها من التلوث. ولكن إذا تلوثت مناطق تغذية الخزانات الجوفية المحصورة فعندئذ تصاب مياهها بالتلوث.

ماذا قرات؟ تعرّف أي الخزانين أكثر عرضة للتلوث؟

تتضمن مصادر تلوث المياه الجوفية مياه الصرف الصحي والخفر الامتصاصية (غير المبطنة) والمزارع ومكاب النفايات الأخرى؛ إذ تدخل الملوثات جوف الأرض وتكون في البداية فوق منسوب المياه، ولكنها، في النهاية، ترشع حتى تصل إلى منسوب المياه. وتنتشر الملوثات بسرعة في الطبقات المنفذة للخزانات الجوفية وفي اتجاهات محددة، كأن تتجه نحو الآبار، كما في الشكل 10-4.

المعلومات

ضمن معلومات هذا الدرس في المطوية الخاصة بك.



الشكل 10-4 يمكن أن تنتشر الملوثات بسرعة خلال الخزان المائي. لاحظ كيف سحب البشر التلوث نحوه مع سحب الماء من الخزان المائي الجوفي.

**المفردات
مفردات أكاديمية**

النقل

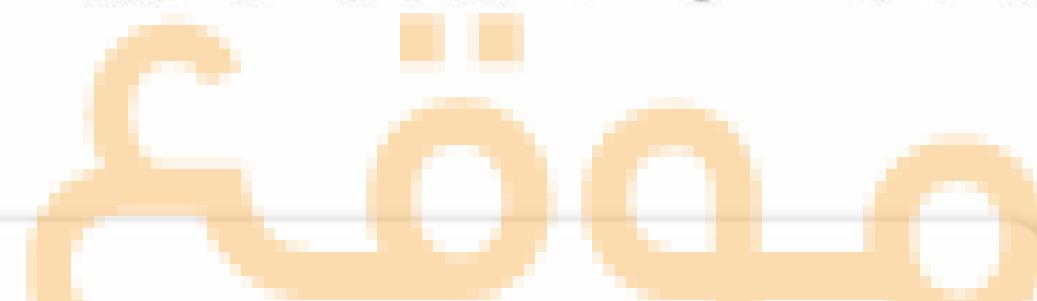
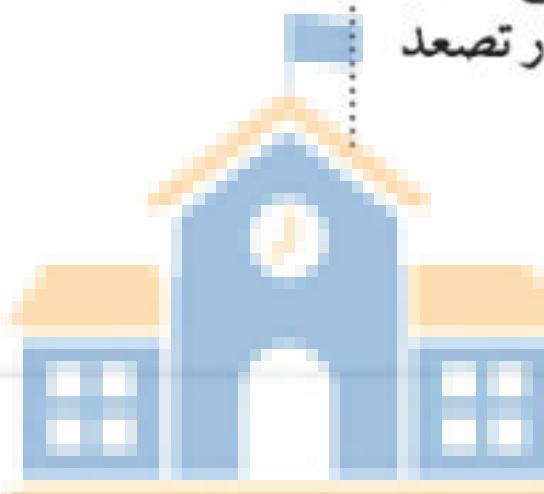
وتعني التحرير من مكان إلى آخر.
فالطائرات تنقل البضائع من مكان إلى آخر عبر البلاد

المواد الكيميائية Chemicals بسبب صغر حجم المواد الكيميائية الذائبة والمنقولة مع المياه إلى جوف الأرض فإنه يمكنها أن تدخل المسامات الدقيقة الموجودة بين الحبيبات الصغيرة جداً. لهذا السبب فإن المواد الكيميائية يمكنها أن تلوث أي نوع من الخزانات الجوفية. وب مجرد دخول الملوثات الكيميائية إلى المياه الجوفية يصعب إزالتها.

ماذا قرات؟ وضع لماذا قد تلوث المواد الكيميائية - ومنها عنصر الزرنيخ - أي نوع من الخزانات الجوفية المائية؟

تضم مياه الصرف الصحي ومكاتب النفايات وغيرها من مواقع المخلفات عدداً من الملوثات؛ وقد تذوب هذه المواد في المياه المتسربة إلى الخزان المائي الجوفي، وتنشر في جميع أجزاء الخزان، ومع الزمن يصبح الخزان ملوثاً وساماً.

الأملاح Salt ليست جميع الملوثات مواد سامة أو ضارة بالصحة؛ فعلى سبيل المثال يستخدم ملح الطعام في المائدة، إلا أن وجوده في الماء بتركيز عالية يجعل الماء غير صالح للشرب. وبالطريقة نفسها تصبح المياه الجوفية غير صالحة للاستعمال بعد اختلاطها مع مياه مالحة. لذا يعد التلوث بالأملاح أحد المخاطر الرئيسية التي تواجه موارد المياه الجوفية، وخاصة في المناطق الشاطئية، حيث تشكل مسألة تداخل المياه الجوفية بمياه مالحة مشكلة رئيسية؛ فالمياه المالحة الأكثر كثافة تقع أسفل المياه العذبة، كما في الشكل 11-4، وفي حالة حدوث ضغط جائز من الآبار تصعد مياه البحر المالحة من خلال الآبار، وتلوث المياه الجوفية.



الشكل 11-4 يمكن أن تلوث الخزانات الجوفية العذبة بماء المالح.

تعرف كيف يمكن أن يتسبب الضغط الجائز في ارتفاع الماء المالح من الأسفل إلى الآبار؟



حماية مواردنا المائية

Protecting our Water Supply

هناك عدة طرائق لحماية موارد المياه، وتخليصها من الملوثات؛ لذا علينا أن نتعرف على مصادر تلوث المياه الجوفية الرئيسية، والواردة في الجدول 2-4، أما علامات التلوث فيمكن مراقبتها من خلال آبار المراقبة، وباستخدام تقنيات أخرى. وتنتشر معظم مصادر التلوث ببطء شديد، مما يتيح وقتاً كافياً للبحث عن مصادر مياه بديلة، وفي بعض الحالات يمكن إيقاف حركة الملوثات من خلال بناء طبقات عازلة تحت الأرض تحيط بالمنطقة الملوثة. وأحياناً يتم ضخ المياه الجوفية الملوثة إلى السطح لمعالجتها كيميائياً. وما يجدر ذكره أن العمل بهذه الإجراءات يُسهم في تحقيق نجاح محدود. لذا لا يمكن حماية موارد المياه بالاعتماد على هذه الإجراءات فقط؛ إذ لا بد أن يعي الإنسان أن النشاطات التي يمارسها تؤثر سلباً في نظام المياه الجوفية؛ حتى يتمكن من حمايتها.

وتعمل المملكة العربية السعودية على حماية مواردها المائية بطرق مختلفة، منها: تقليل عمليات الضخ الجائر للمياه الجوفية المستخدمة في الري، وإيجاد مصادر بديلة عنها باستخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها، وإقامة السدود لاستخدام مياهها في الري، وفي الوقت نفسه لرفد المياه الجوفية ب المياه المترسبة منها. كذلك تقليل كميات الملوثات الواردة إلى المياه الجوفية ومنها المخلفات الصناعية، والأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية المستخدمة في الزراعة.

مصادر تلوث المياه الجوفية

الجدول 2-4

الرشح من الأسمدة
التربت من أماكن التخزين في محطات الوقود
رشح مياه حمضية من المناجم
التربت من بحارة الصرف الصحي غير المبطن
تدخل المياه المالحة بالمياه العذبة في الخزانات المائية القريبة من الشواطئ
التربت من مكابِ النفايات
الإشعاعات ومنها تربت عنصر الرادون



التقويم 2-4

الخلاصة

تحفر الآبار وصولاً إلى نطاق الإشباع للحصول على المياه.

يؤدي الضخ الجائر من الآبار إلى تكون مخروط الانخفاض.

الآبار الارتوازية تخرج لمياه الخزان المائي الجوفي المحصور الذي تقع مياهه تحت الضغط.

يؤدي سحب المياه بكميات تفوق كميات تغذية الخزان إلى هبوط منسوب الماء فيه.

أكثر مصادر تلوث المياه الجوفية شيوعاً هي: مياه الصرف الصحي، ومكابِ النفايات الصلبة وغيرها من مواقع التخلص من النفايات.

التفكير الناقد

5. صمم تجربة تختبر فيها وجود حواجز غير منفذة (عازلة) تحيط بالمنطقة الملوثة.

6. حلل أفضل طريقة لمنع تلوث المياه الجوفية في المناطق السكنية.

الكتابة في الجيولوجيا

7. توقع كيف تؤثر نفاذية الخزان المائي الجوفي في انتشار الملوثات.

الجيولوجيا والبيئة

Geology and the Environment



يجمع هذان الهيدروجيولوجيان عينات مائية لتحديد ما إذا كانت المياه ملوثة أم لا.

ضمان الجودة الهيدروجيولوجي مسؤول أيضًا عن فحص نوعية المياه. فمثلاً لو أصبح المياه أحد الخزانات المائية الجوفية طعم ورائحة مختلفة فعندئذ سيسعى سكان المنطقة للتأكد من صلاحية هذه المياه للشرب. لذا يقوم الهيدروجيولوجي بجمع عينات، وإرسالها إلى المختبرات لفحص مدى إصابتها بالملوثات المختلفة، ومنها مياه الصرف الصحي والمبيدات الحشرية والفطريّة والفلزات الذائبة والمواد العضوية. فإذا عُرف مصدر الملوثات فسوف يطلب الهيدروجيولوجي من السكان عدم استعمال المياه حتى يتم تحديد مصدر التلوث وحل المشكلة. وبعدها سيقوم بدراسة المشكلة والبحث عن حلول لها لكي يوقف ذلك التلوث.

الكتابة في الجيولوجيا

المجلات العلمية. أبحث أكثر فيما يمارسه الهيدروجيولوجيون من عمل في الكتب العلمية والإنترنت. ثم تخيل أنك ترافق أحدهم في يوم عمل أو قم بزيارة أو مرافقة الهيدروجيولوجي في يوم عمل. صف ما شاهدت وما فعلت وما تعلمت حول خزانات المياه الجوفية.

مراقبو المياه Watcher of the water

أن يكون ماء الشرب نقىًّا أمر مُسلَّم به عند معظم الناس. ومعظم الماء المستعمل في الشرب وفي الأعمال المتزيلة مصدره المياه الجوفية. لذا من يضمن أن تبقى هذه المصادر صالحة للشرب وللاستعمالات المتزيلة؟

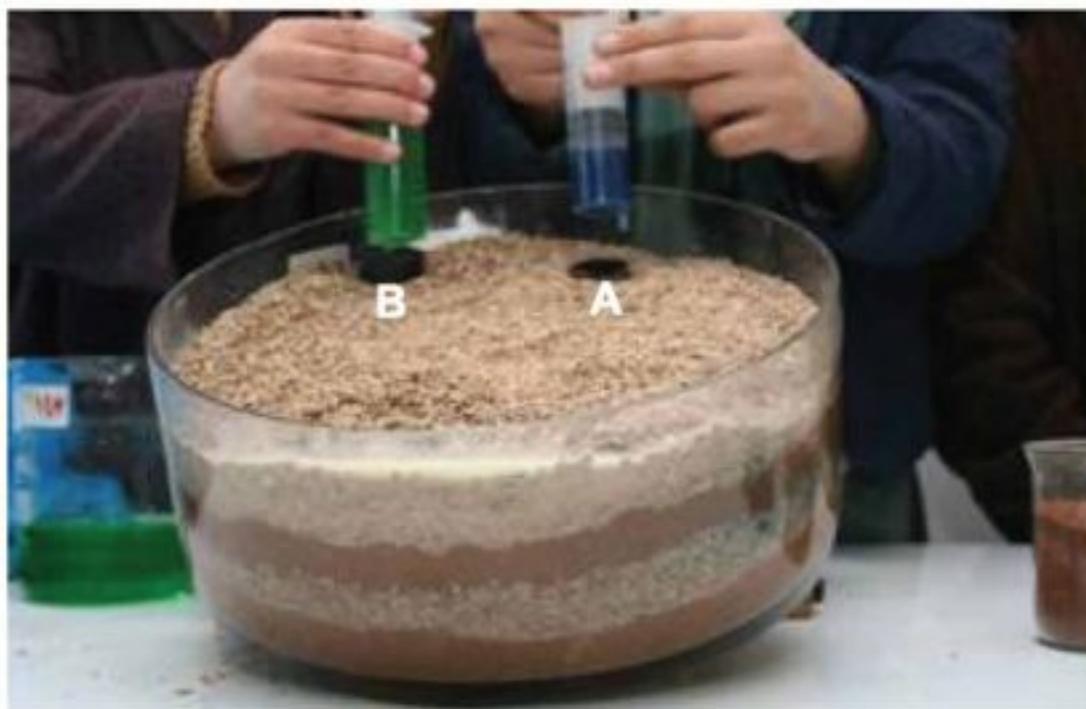
الهيدروجيولوجيون (اختصاصيو المياه) يسمى عالم المياه الجوفية هيدروجيولوجيا، وهو مسؤول عن إيجاد مصادر للمياه الجوفية، وعن مراقبتها، وضمان التزود بها نقيّة وخالية من التلوث، وضمان استعمالها بمعدلات أقل من معدلات تعويضها بمياه جديدة. فكيف يبدو يوم عمل مثالي من أيام عمل الهيدروجيولوجي؟ يمكن تخضية هذا اليوم في الميدان في إجراء اختبارات على مناسبات المياه، واليوم التالي في تقويم البيانات في المكتب، ثم الذي يليه في البحث في مشكلة تزويد أحد المواقع أو المدن بالمياه.

دراسة حالة للخزان المائي افترض أن أحد المزارعين يرغب في إقامة نظام ري يتطلب حفر بئر، فكيف تتم دراسة ذلك؟ لا بدأولاً من اختبار منسوب الماء لضمان أن البئر الجديدة لن تسبب نقصاً في إمدادات المياه. لذا يقوم الهيدروجيولي بالبحث عن بئر عاملة (غير مقفلة أو غير جافة) في المنطقة المجاورة، ويقوم بتشغيلها باستعمال مضخة مدة 24 ساعة. ويحدد الاختبار الدوري للأبار العاملة في منطقة ما التغيرات التي تطرأ على منسوب الماء وعلى نوعيته. ومن البيانات التي يتم جمعها يقوم الهيدروجيولوجي بحساب كمية المياه الموجودة في الخزان المائي الجوفي وحساب ما هو متوافر منها للبئر الجديدة.

افترض أنه بعد أن بدأت المزرعة استعمال نظام الري انقطعت المياه عن أحد المنازل أسفل الطريق. سيقوم الهيدروجيولوجي بالذهاب إلى ذلك المنزل لكي يتفحص وجود مشكلات تقنية كثقب في الجدران الداخلية للبئر، فإذا لم يكن السبب تقنيًّا فسوف يقوم بإعادة تقويم نظام الري بتفحص نظام الخزان المائي الجوفي.

مختبر الجيولوجيا

نموذج محاكاة تلوث المياه الجوفية



8. حضر ماء مصبوعاً بالصبغة الخضراء، وآخر بالصبغة البنفسجية، واحقن كلاً منها في فوهة، كما في الشكل.
9. رش السطح العلوي للطبقة الرملية الثانية بالماء، ثم راقب انتشار الألوان في الطبقات مدة 10 دقائق.

التحليل والاستنتاج

1. استنتج إلام ترمز الصبغات؟
2. لاحظ أي الطبقات وصل إليها ماء ملون، وأيها لم يصل إليها؟ ولماذا؟
3. حدد الطبقة التي تلوثت أسرع. ويبين سبب ذلك.
4. استنتاج ما الطبقة الأصعب معالجة إذا تلوثت؟ ولماذا؟
5. قارن بين الطبقات في النموذج وبين الخزان المائي الجوفي.
6. تفحص أوجه الشبه والاختلاف بين ما شاهدته والواقع في الطبيعة.
7. قوم كيف نحمي مصادر المياه من التلوث؟

الكتابة في الجيولوجيا

ابحث مستعيناً بمصادر المعلومات المختلفة، اكتب تقريراً عن مصادر تلوث المياه الجوفية وكيفية حاليتها. شارك أقرانك في الصف بما توصلت إليه من المعلومات حول الموضوع.

خلفية علمية: تميز المياه بخصائص فيزيائية وكميائية وحيوية محددة لاستعمالها في أغراض مختلفة. ونتيجة النشاط البشري تتعرض هذه الخصائص للتغير بسبب وصول الملوثات إليها.

سؤال: كيف تصل الملوثات إلى المياه في باطن الأرض؟

الأدوات

حوض زجاجي عمقه تقريرياً 20 cm ، صبغتا طعام بلونين مختلفين (أخضر وبنفسجي)، ماء، تربة طينية، رمل خشن، حقنان طبيان، رشاش ماء، قطعتان من خرطوم ماء طولاً هما على الترتيب 3 cm و 6 cm .

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر
2. ضع طبقة من التربة الطينية في قاع الحوض الزجاجي، واضغطها، ثم رشها بالماء.
3. ضع طبقة من الرمل فوق الطبقة الطينية، ثم رشها بالماء.
4. ضع قطعة الخرطوم 6 cm على سطح الطبقة الرملية، مشكلاً الفوهة A، وقم بتشييدها بوضع طبقة ثانية من التربة الطينية سمكها 3 cm فوق طبقة الرمل السابقة، ثم رشها بالماء.
5. ضع طبقة ثانية من الرمل فوق الطبقة الطينية، ثم اغرس قطعة الخرطوم 3 cm ، وفرغها من الرمل الذي علق بها في أثناء الغرس، مشكلاً الفوهة B.
6. تأكد أن سطح الفوهتين العلويتين على مستوى سطح طبقة الرمل العلوية نفسها، ثم رش طبقة الرمل بالماء.
7. ارفع طرف الحوض بمقدار 10 cm من ناحية الفوهتين كما في الشكل.

دليل مراجعة الفصل

4

الفكرة العامة يسهم المطر والرشح في تكوين المياه الجوفية وتخزينها في خزانات في باطن الأرض إلى أن تعود إلى السطح على شكل ينابيع، أو من خلال سحبها من الآبار الارتوازية.

المفاهيم الرئيسية	المفردات
1- 4 حركة المياه الجوفية وتخزينها	رشح نطاق الإشباع منسوب الماء نطاق التهوية النفادية الخزان المائي الجوفي الطبقة العازلة الينبوع (العين) ينبع ساخن ينبع فوار
الفكرة الرئيسية تزود خزانات المياه الجوفية الجداول والينابيع الطبيعية والمناطق بـمياه حينما يتقطع منسوبها مع سطح الأرض.	
• ترشع مياه الأمطار بعد سقوطها على اليابسة إلى جوف الأرض، وتصبح مياهًا جوفية.	
• تخزن المياه الجوفية تحت منسوب المياه في مسامات الصخور والرسوبيات.	
• تتحرك المياه الجوفية خلال طبقة منفذة تسمى الخزان المائي الجوفي، وتحصر بطبقة غير منفذة تسمى الطبقة العازلة.	
• تتدفق المياه الجوفية إلى السطح، عندما يتقطع منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض.	
2- 4 موارد المياه الجوفية	الأبار الضخ الجائر الهبوط في منسوب المياه الجوفية تغذية المياه الجوفية البئر الارتوازية
الفكرة الرئيسية لا تتوافر المياه الجوفية دائمًا بالكميات والواقع المطلوبة حينها نحتاجها، وإن وجدت فأحياناً ما تكون ملوثة.	
• تحفر الآبار في نطاق الإشباع للحصول على الماء.	
• الضخ الجائر من الآبار يسبب مخاريط الانخفاض.	
• تقتصر الاستفادة من الآبار الارتوازية على المياه الجوفية المحصورة.	
• ينخفض منسوب الماء في الخزان المائي الجوفي إذا كانت كمية الضخ أكبر من التغذية.	
• المصادر الأكثر شيوعاً لتلوث المياه الجوفية هي مياه الصرف الصحي، ومكاب النفايات.	

تقويم الفصل

4

مراجعة المفردات

استعن بالرسم البياني الآتي الذي يمثل المياه الجوفية لبئر في منطقة ما، للإجابة عن السؤالين 9 و 10.



9. أي الجمل الآتية تمثل استنتاجاً منطقياً يمكن استخلاصه من الرسم البياني؟

a- زادت كمية المياه الجوفية في الفترة بين 1993 و 2003 م.

b- انخفض منسوب الماء في الفترة بين 2002 و 2003 م بسرعة أكبر من انخفاضه في الفترة بين 1993 و 1994 م.

c- انخفض منسوب الماء في الفترة 1993 و 1994 م بسرعة أقل من انخفاضه في الفترة 2002 و 2003 م.

d- قلت وفرة الماء في الفترة بين 1993 و 2003 م.

10. في أي عام كان منسوب الماء أعلى مما يمكن؟

a- 1996 م

b- 2004 م

c- 2003 م

d- 1993 م

11. ما الخصائص التي يجب أن تكون للصخور المسامية لكي تصبح منفذة؟

a- يجب أن تكون فوق منسوب الماء.

b- يجب أن تكون المسامات كبيرة.

c- يجب أن تكون المسامات متصلة.

d- يجب أن تكون أسفل منسوب الماء.

ما المصطلحات التي تصف العبارات الآتية:

1. منطقة تحت سطح الأرض تحوي مياه جوفية.

2. قابلية الصخور المكونة لطبقات الأرض لإمداد الماء من خلاها.

3. جميع الطبقات المنفذة للماء الراشح في موقع ما.

4. طبقات غير منفذة تحجز الماء وتمنعه من التدفق.

استعمل المفردات التي تعلمتها في هذا الفصل للإجابة عن الأسئلة الآتية:

5. ما الفرق بين الينابيع العادي والينابيع الارتوازية؟

6. ماذا تسمى الينابيع الساخنة التي تتكون في المناطق البركانية؟

تشبيت المفاهيم الرئيسية

7. ما المصدر الذي يمثل أكبر تجمع للمياه العذبة المتوافرة للاستعمال البشري؟

a- الجليديات والأغطية الثلجية.

b- بحيرات الماء العذب.

c- الأنهر والجداول المائية.

d- المياه الجوفية.

8. ما اسم الطبقة الروسية أو الصخرية التي لا تسمح بمرور الماء خلاها؟

a- المخزان المائي.

b- الطبقة المنفذة.

c- الطبقة العازلة.

4

تقدير الفصل

التفكير الناقد

18. قوم العاقبة التي ستحل بموارد المياه الجوفية في المناطق الشاطئية بسبب ارتفاع منسوب ماء البحر.
استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 19.



19. فكر. ارسم شكلاً يفسر دور المياه الجوفية في هذه الصورة، آخذًا بعين الاعتبار الماء المتذوق من سفح الجبل.

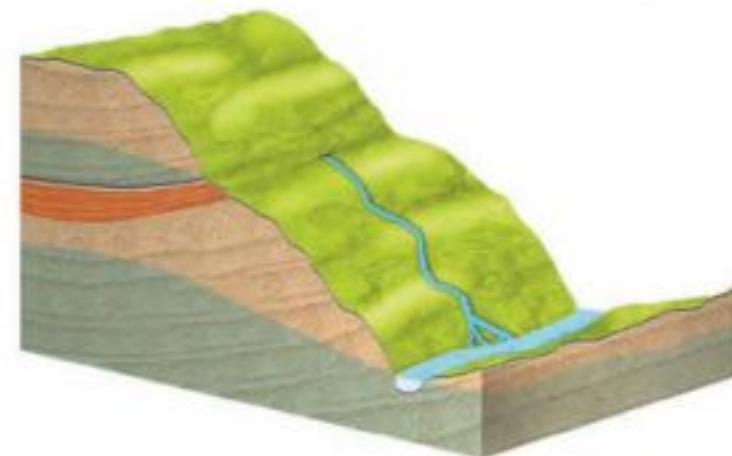
خريطة مفاهيمية

20. ارسم خريطة مفاهيمية باستعمال المصطلحات الآتية: بئر عادمة، بئر ارتوازية، طبقة عازلة، محصور، غير محصور، منسوب ماء الخزان الجوفي.

سؤال تحضير

21. استدل إذا زاد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي، فما تأثير ذلك في المباني التي أنشئت من الأحجار الجيرية، وفي تكوين اليابس الجيري (Karst)؟

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤال 12.



12. ما الشروط الضرورية لتكون اليابس؟
a- توافر منطقة تغذية ونطاق التشبّع والطبقة العازلة.
b- وجود طبقة عازلة تحصر المياه فوق نطاق التهوية والإشباع.
c- وجود منسوب ماء مرتفع فوق الطبقة العازلة يتقاطع مع سطح الأرض.
d- وجود طبقة عازلة أسفل منسوب المياه.

أسئلة بنائية

13. صنف أين يوجد منسوب الماء في بحيرة أو في منطقة رطبة مقارنة بمنطقة لا يوجد على سطحها ماء؟

14. تعرّف المعلّمين اللذين يجب توافرهما في الخزان الجوفي المائي لكي يصبح مصدرًا ارتوازياً.

15. قارن بين منسوب الماء في المناطق الرطبة وفي المناطق الجافة.

16. توقع كيف يمكن أن يتأثر خزان جوفي صغير بالجفاف لسنوات عديدة.

17. فسر. لماذا يعتقد أن طرح المخلفات السامة في حفرة خسفية قد يشكل مخاطر حقيقة على مياه الشرب؟

اختبار مقتني

القراءة والاستيعاب

اقرأ النص الآتي ثم أجب عن السؤالين 10 و 11.

خزان الساق الجوفي

يقع خزان الساق الجوفي شمالي المملكة العربية السعودية، ويعد جزءاً منه - وبخاصة الواقع في المناطق الشمالية الشرقية من المملكة - خزانًا جوفياً محصوراً. أما باقي الخزان الجوفي فهو غير محصور.

وتقدر كمية الماء المخزنة في الخزان الجوفي بحوالي 280000 مليون متر مكعب. ويتراوح عمر الماء فيه بين 10-30 ألف سنة، وهو من الخزانات الجوفية غير المتتجدة. ومتنازع مياه الساق في معظمها بجودتها العالية؛ حيث يقدر متوسط كمية الأملاح الذائية $L/500 \text{ mg}$. وفي الوقت الحاضر فإن كمية الماء التي تضخ من الحوض - وخصوصاً للزراعة - تفوق كثيراً كميات المياه التي تضاف إليه، مما أدى إلى انخفاض مستوى الماء، وزيادة ملوحتها، وخصوصاً في منطقة القصيم.

10. من خصائص حوض الساق المائي:

- a- مياه ذات جودة منخفضة.
- b- يعَد حوضاً محصوراً.
- c- ملوحة مياه عالية.
- d- مياه غير متتجدة.

11. من أكثر المشاكل التي يتعرض لها خزان الساق المائي:

- a- الضخ الجائر للاستخدامات الزراعية.
- b- التلوث بفعل مياه الصرف الصحي.
- c- الضخ الجائر للاستخدامات المنزلية.
- d- التلوث بفعل الأسمدة.

اختيار من متعدد

1. أي المواد الآتية أنساب لتطهير بركة ماء؟

- c- الطين
- b- الحجر الجيري
- d- الرمل

2. أي المصادر المائية الآتية أسهل تلوئناً؟

- a- خزان المياه الجوفية غير المحصورة.
- c- الآبار الارتوازية.
- b- خزان المياه الجوفية المحصورة.
- d- الينابيع الساخنة.

3. ما الصفة التي تنطبق على درجة حرارة المياه الجوفية التي تتدفق من خلال العيون الطبيعية؟

- a- أسرخ من متوسط درجة حرارة المنطقة.
- b- أبرد من متوسط درجة حرارة المنطقة.

c- لها درجة الحرارة نفسها في أي مكان توجد فيه العين.

d- تساوي متوسط درجة الحرارة السنوية في المنطقة.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل الموجود في الصفحة الآتية للإجابة عن الأسئلة 4-6.

4.وضح كيف تحدث العملية التي يشير إليها الحرف B؟

5. لماذا يوجد سهمان يشيران إلى العملية التي يرمز إليها الحرف A في الشكل؟

6. ما العمليات التي تحدث في الخطوتين C و D؟

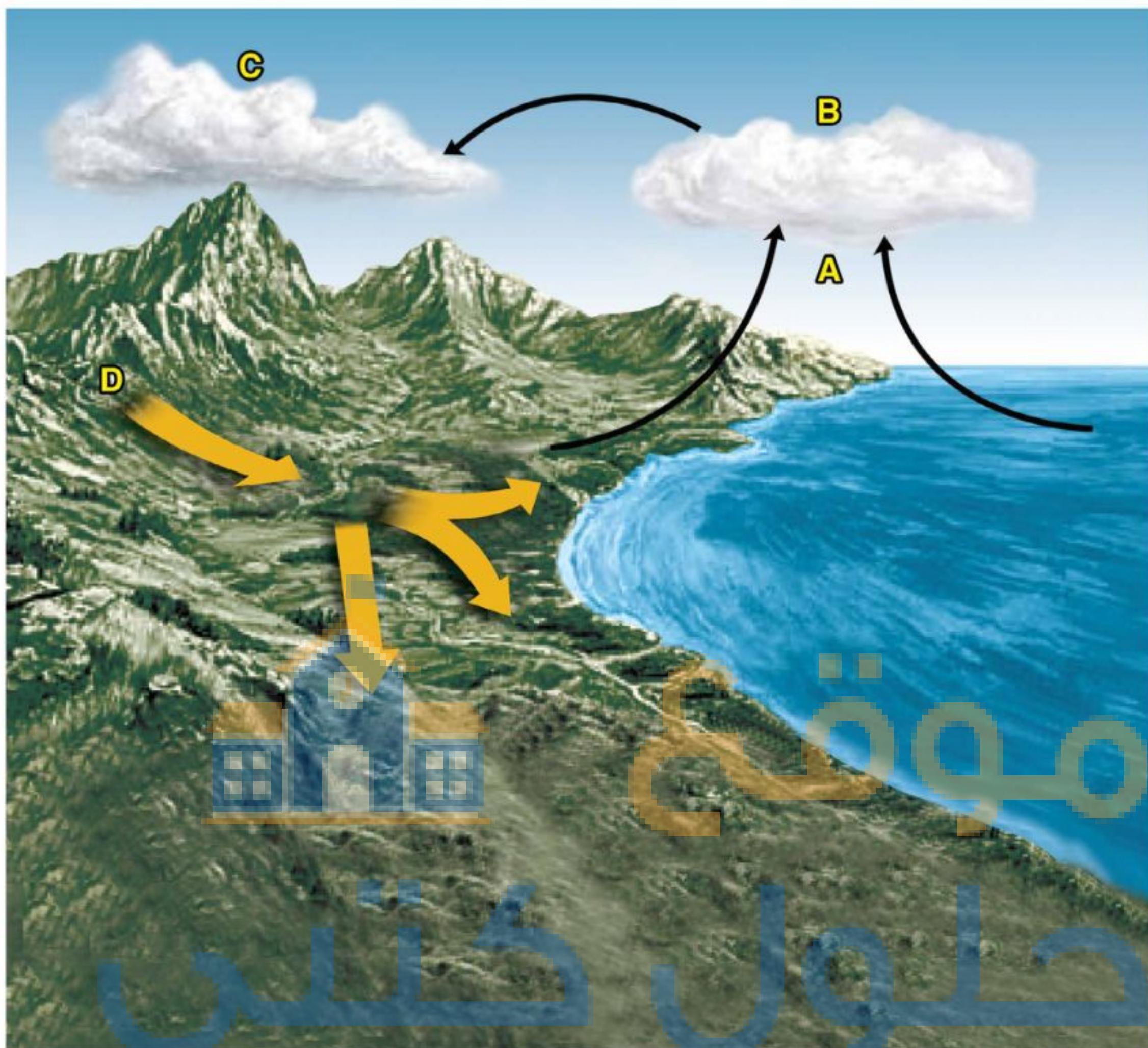
7. ما خطورة الضخ الجائر من الآبار؟

8. ما الفرق بين البئر العادمة والبئر الارتوازية من حيث نوع الخزان الجوفي؟

9. نقاش خسق سطح الأرض الناشئ عن الضخ الجائر وخطره على موارد المياه.

اختبار مقنن

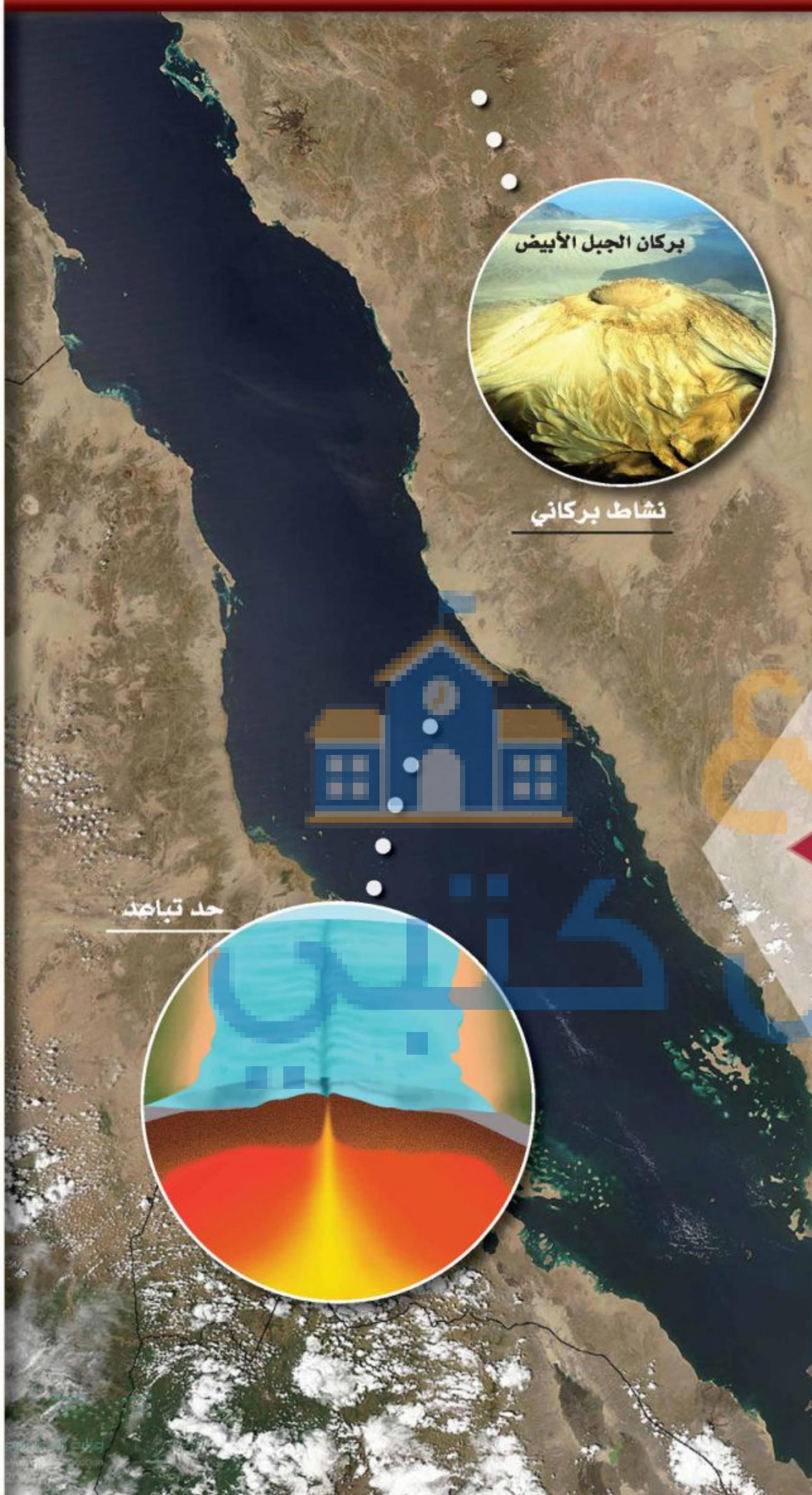
دورة الماء في الطبيعة



تمثل الأسماء الظاهرة في الشكل حركة المياه في أماكن تجمعها، بينما تشير الأحرف إلى العمليات التي تحدث لها.

Earth Plates الصفائح الأرضية

5



الفكرة العامة تحدث معظم الأنشطة الجيولوجية عند حدود الصفائح.

1- انجراف القارات

الفكرة الرئيسية تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معاً يوماً ما.

2- توسيع قاع المحيط

الفكرة الرئيسية تتكون القشرة المحيطية في مناطق التوسيع (ظهور المحيطات) وتصبح جزءاً من قيعانها.

3- حدود الصفائح وأسباب حركتها

الفكرة الرئيسية تكون كل من الجبال والبراكين والأخاديد البحرية بين حدود الصفائح، وتؤدي تيارات الحمل في الستار إلى حركة الصفائح الأرضية.

حقائق جيولوجية

- نشأ البحر الأحمر نتيجة انفصال الجزيرة العربية عن إفريقيا قبل 27 مليون سنة تقريباً.

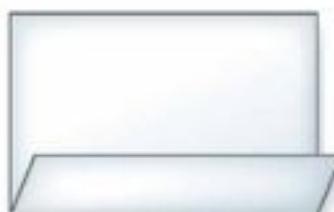
- أظهرت نتائج صور الأقمار الصناعية أن قاع البحر الأحمر يتسع بمعدل 2 cm سنوياً تقريباً، لذا يطلق الجيولوجيون عليه المحيط الصغير، ويتوقع أن يصبح قاعه محيطاً حقيقياً في المستقبل.

- توجد الصفيحة العربية - وتشمل جزء منها في هذه الصورة - عن يمين البحر الأحمر، وصفيحة إفريقيا على يساره.

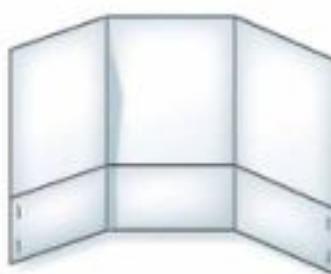
نشاطات تمهيدية

حدود الصفائح

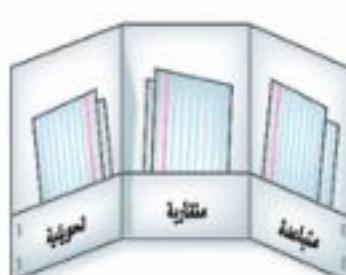
اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع حدود الصفائح والمعالم الجيولوجية المرتبطة معها.



الخطوة 1 اثن الطرف السفلي للورقة طولياً بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



الخطوة 2 اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



الخطوة 3 أقصى الجزء المثني من الورقة من الجوانب لعمل ثلاثة جيوب، وعنوانها على النحو الآتي: متباينة، متقاربة، تحويلية.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراسة القسم 3-5، لخض الخصائص الجيولوجية لأنواع حدود الصفائح الثلاث والعمليات المرافقة لها على بطاقات معونة، وضعها في الجيوب المناسبة لها.

المطويات

منظمات الأفكار

تجزئة استهلاكية

هل تتحرك مدينة جدة؟

كانت الجزيرة العربية جزءاً من قارة إفريقيا إلى أن حدث شق عظيم بينهما يُدعى حفرة الانهدام. وأخذ هذا الشق يتسع ببطء، ثم اندفعت فيه المياه من خليج عدن حتى تكون البحر الأحمر وخليجاً العقبة والسويس، واستمر البحر في التوسيع بمعدل 2 cm كل عام، وهذا يعني أن مدينة جدة تبعد أكثر فأكثر عن شرق إفريقيا وتتحرك في اتجاه الشمال الشرقي.



الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر في دليل التجارب العملية.

2. حدد المسافة الفعلية بين مدينة جدة في المملكة العربية السعودية ومدينة بورسودان في جمهورية السودان، وكذلك بين مدینتي جدة ومكة المكرمة باستعمال المسطرة المترية ومقاييس رسم الخريطة.

3. احسب تغير المسافة بين مدینتي جدة وبورسودان، وبين مدینتي جدة ومكة المكرمة بعد 50 مليون سنة، مع افتراض أن البحر الأحمر يتسع بمعدل نفسه على طول الخط الواصل بين مدینتي جدة وبورسودان.

التحليل

1. استنتاج ما القوى التي أدت إلى ابتعاد شبه الجزيرة العربية عن قارة إفريقيا؟

2. احسب المدة الزمنية التي يستغرقها البحر الأحمر ليزداد عرضه 100 km عن عرضه الحالي، إذا كان معدل توسيعه 2 cm في العام الواحد.



5-1

الأهداف

• تتعزّز الأدلة التي جعلت العالم فاجنر يقترح أن القارات قد تحركت.

• تناقش كيف دعم دليل المناخ القديم فرضية انجراف القارات.

• توضح لماذا لم تحظ فرضية انجراف القارات بالقبول في البداية.

مراجعة المفردات

الفرضية: تفسير لوقف ما قابل للاختبار.

المفردات الجديدة

انجراف القاري

بانجيا

Drifting Continents

الفكرة الرئيسية تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معاً يوماً ما.

الربط مع الحياة ما خصائص القطع التي تستعملها في لعبة تركيب القطع (البازل)؟ يستعمل العلماء خصائص - منها الشكل والموقع - لكي تساعدهم على معرفة لماذا تتشابه حواف القارات وتطابق على الرغم من تباعدتها.

اللاحظات القديمة

باسثناء الأحداث المفاجئة كالزلزال والبراكين والانزلاقات الأرضية، فإن معظم معالم سطح الأرض لا تظهر تغييراً نسبياً في أثناء حياة الإنسان. ومع ذلك فإن الأرض مرت بتغيرات كثيرة عبر تاريخها الطويل المؤوث في سلم الزمن الجيولوجي. وأول من اقترح فكرة تغيير المعالم الرئيسية للأرض هم رسامو الخرائط. ففي نهاية القرن الخامس عشر لاحظ رسام الخرائط الهولندي إبراهام أورتيليوس تطابقاً بين حافات القارات على جانبي المحيط الأطلسي، فاقتصر أن القارتين الأميركيتين الشمالية والجنوبية قد انفصلتا عن قارتي أوروبا وإفريقيا بسبب الزلزال والفيضانات. وقد لاحظ العديد من العلماء وجود تطابق بين الحواف القارية. ويوضح الشكل 1-5 خريطة أعدّها رسامو الخرائط في القرن التاسع عشر.

وكان أول من اقترح فكرة حركة القارات العالم الألماني ألفريد فاجنر Alfred Wegener في فرضيته العلمية التي قدمها عام 1912م إلى الأوساط العلمية آنذاك.

ماذا قرأت؟ استنتاج ما الذي جعل رسامي الخرائط من أوائل الذين اقترحوا أن القارات كانت متصلة معاً يوماً ما؟



القارات بعد الانفصال



القارات قبل الانفصال

الشكل 1-5 خريطة تظهر ان التطابق الظاهري بين حواف القارات، أعدّها رسامو الخرائط القدماء عام 1858م، بناءً على ملاحظاتهم.

الانجراف القاري Continental Drift

طور العالم فاجنر فكرة تُسمى الانجراف القاري **Continental drift**، وفيها أن القارات كانت مجتمعة معاً في قارة واحدة ضخمة (القارة الأم أو الأصل) أطلق عليها **Pangaea**. وهي كلمة من أصل إغريقي تعني جميع اليابسة، واقتصر أن هذه القارة بدأت في الانقسام قبل 200 مليون سنة، وانفصل بعضها عن بعض إلى أجزاء، ثم انجرفت هذه الأجزاء، واستمرت في الحركة ببطء حتى وصلت إلى مواقعها الحالية، كما في الشكل 2-5.

أدلة فاجنر على الانجراف القاري Wegener Evidences for Continental Drift يُعد ألفريد فاجنر أول عالم قدّم أكثر من دليل على تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي. وقد جمع أدلة، صخرية ومناخية وأحفورية تدعم فكرته.

الشكل 2-5 تنص فرضية فاجنر على أن القارات كانت مجتمعة معاً في قارة واحدة قبل 200 مليون سنة، ثم انجرفت حتى وصلت إلى مواقعها الحالية.

حدّد أجزاء بانجيا التي تشكلت منها القارات الأمريكية الشمالية والجنوبية. متى كانتا متحددين؟ ومتى انفصلتا؟



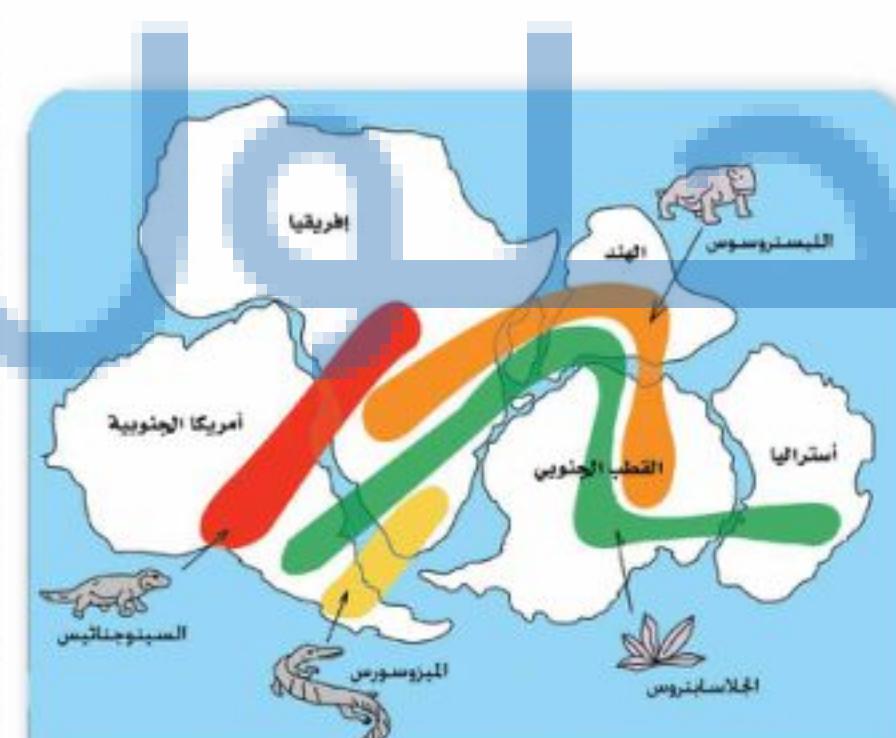


التكوينات الصخرية Rock formations بين فاجنر أنه عندما بدأت بانجيا في الانقسام إلى أجزاء أصغر، تكسرت تراكيب جيولوجية ضخمة، منها السلسل الجبلية؛ بسبب انفصال القارات وتباعدها. وبناءً على ذلك اعتقد فاجنر أنه لا بد من وجود تشابه في أنواع الصخور على جانبي المحيط الأطلسي. وقد لاحظ تشابهًا بين العديد من الطبقات الصخرية التي يزيد عمرها على 200 مليون سنة في جبال الألبash في أمريكا الشمالية مع الطبقات الصخرية للجبال في جرينلاند وأوروبا، مما يدعم فكرته أن القارات كانت مجتمعة معاً قبل 200 مليون سنة. ويوضح الشكل 3-5 الواقع الذي تتشابه عندها مجموعات الصخور المشار إليها.

الأحافير Fossils جمع فاجنر أدلة أحافيرية ثبت فيها وجود قارة بانجيا في وقت ما؛ حيث عثر على أحافير لأنواع مختلفة من الحيوانات والنباتات كانت تعيش على اليابسة، وتنشر انتشاراً واسعاً في القارات، كما في الشكل 3-5، واستطاع أن يبرهن على صحة فرضيته من خلال مجموعة من هذه الأحافير، منها أحافورة الميزوسورس؛ وهو نوع من الزواحف كان يعيش في المياه العذبة فقط، وغير قادر على السباحة مسافات طويلة في مياه المحيط المالحة، مما يؤكد أن القارات كانت متصلة معاً في زمن حياة هذه المخلوقات الحية التي عاشت على بانجيا قبل انقسامها انظر الشكل 4-5، ولذلك استطاع أن يبرهن على صحة فرضيته.

الشكل 3-5 استعمل ألفريد فاجنر التشابه بين أنواع الصخور والأحافير على جانبي المحيط الأطلسي دليلاً على أن القارات كانت مجتمعة معاً يوماً ما.

حدد المجموعات التي تثبت أن القارات كانت تشكل قارة واحدة يوماً ما.



الشكل 4-5 كانت القارات متصلة مع بعضها البعض قبل 200 مليون سنة وقد سميت بانجيا.



الشكل 5-5 يدل وجود توضيعات الفحم الحجري في القارة القطبية المتجمدة على أن نباتات المستنقعات قد ازدهرت في هذه المنطقة يوماً ما.

وضح كيف أن الفحم الحجري الذي تكون في المستنقعات القديمة قد وجد في القارة القطبية الجنوبيّة؟

المتاخ القديم Ancient climate استطاع فاجنر أن يحدد المناخات القديمة من خلال دراسة الأحافير، ومن الأحافير التي استعملت لدعم فرضية انجراف القارات أحفورة جلاسابتروس، وهي أحفورة لنبات سرخسي بذرى يشبه الشجيرات الصغيرة؛ وقد عُثر عليها في أماكن متعددة، منها أمريكا الجنوبيّة والقاره القطبية الجنوبيّة والهند، انظر الشكل 3-5. وقد فسر فاجنر هذا الدليل على النحو الآتي: لأن هذه الأحفورة موجودة في الوقت الحاضر في أماكن منفصلة بعضها عن بعض ومتباعدة جدًا يصعب أن يسود فيها مناخ واحد، ولأن نبات هذه الأحفورة يعيش في مناخ معتدل، والأماكن التي وجدت فيها أحافير هذا النبات قريبة من خط الاستواء، لذا استنتج فاجنر من ذلك كله أن صخور هذه الأماكن التي تحوي أحفورة هذا النبات لابد أنها كانت متصلة معًا يوماً ما، في مكان معتدل المناخ.

✓ **ماذا قرأت؟** استنتاج كيف ساعدت خلفية فاجنر العلمية في الأرصاد الجوية على دعم فكرته حول انجراف القارات؟

توضيعات الفحم الحجري Coal deposits توفر الصخور الروسية أدلة على البيئة والمناخ القديمين. وقد وجد العالم فاجنر أدلة في بعض الصخور تثبت بوضوح أن المناخ قد تغير في بعض القارات؛ فقد وُجدت توضيعات من الفحم الحجري في القارة القطبية الجنوبيّة، انظر الشكل 5-5. ولما كان الفحم الحجري قد تكون نتيجة تراكم نباتات ميتة قديمة في مستنقعات المناطق الاستوائية، لذا اعتبر فاجنر أن وجود طبقة من الفحم الحجري في القارة القطبية الجنوبيّة يدل دلالة قطعية على أن القارة القطبية الجنوبيّة كانت تقع على خط الاستواء أو قريبة منه في الزمن البعيد.

الترسبات الجليدية Glacial deposits تُعد التربات الجليدية التي وُجدت في أجزاء من إفريقيا والهند وأستراليا وأمريكا الجنوبيّة، التي يعود عمرها إلى 290 مليون سنة دليلاً مناخياً آخر على انجراف القارات، مما جعل فاجنر يقترح أن هذه المناطق كانت ذات يوم مغطاة بقطناء سميك من الجليد، كما هو الحال في القطب الجنوبي اليوم؛ إذ لا يمكن لمناطق دافئة جدًا أن تتشكل فيها أغطية جليدية، مما يؤكّد أنها كانت في موقع قريب من القطب الجنوبي في ذلك الوقت، انظر الشكل 6-5. وقد اقترح فاجنر احتمالين لتفسير التربات الجليدية؛ الأول: أن القطب الجنوبي قد غير موقعه، والثاني: أن هذه القارات كانت في موقع القطب الجنوبي وغيّرت مواقعها. وقد درجَّ فاجنر الاحتمال الثاني، وهو أن القارات هي التي جرفت بعيداً، لأن محور الأرض هو الذي غير موقعه.

الشكل 6-5 إن وجود التربات الجليدية التي يعود عمرها إلى 290 مليون سنة في عدة قارات جعل فاجنر يقترح أن هذه القارات كانت مجتمعة معًا ومغطاة بالجليد في ذلك الوقت. وبين اللون الأبيض المنطقة المغطاة بالجليد.



قصور في فرضية الانجراف القاري

Failure Hypothesis of Continental Drift

كانت الفكرة السائدة في المجتمع العلمي في مطلع القرن العشرين أن قياعان المحيطات والقارات هي معالم ثابتة لا تتغير مع الزمن، مما جعل فاجنر يواصل رحلاته والسفر إلى مناطق نائية لجمع المزيد من الأدلة التي تدعم فكرته. ويوضح الشكل 7-5 صورة له في رحلته الأخيرة إلى جرينلاند. وعلى الرغم من أنه حصل على مجموعة قيمة من البيانات، إلا أن فكرة الانجراف القاري لم تُقبل في المجتمع العلمي آنذاك.

وقد واجهت فرضية الانجراف القاري مشكلتين رئيسيتين منعتاً قبولها:

أولاً: لم توضح على نحو مقنع القوة التي يتطلبها دفع الكتل الكبيرة من القارات ونقلها مسافات بعيدة. وقد أفاد فاجنر أن دوران الأرض حول نفسها قد يكون هو القوة المسؤولة عن ذلك بحسب اعتقاده، غير أن الفيزيائيين بيّنوا أن هذه القوة لا تكفي لتحريك القارات. ثانياً: تساءل العلماء عن آلية حركة القارات؛ حيث اقترح فاجنر أن القارات تحرّكت فوق قياع المحيطات الثابتة، وكان يعتقد في ذلك الوقت أن ستار الأرض الذي يقع أسفل القشرة الأرضية صلب، فكيف تحرّك القارات عبر شيء صلب؟

وبسبب عجز فرضية انجراف القارات في الرد على هذين السببين تم رفضها في ذلك الوقت. غير أن التقنية الجديدة منذ مطلع السبعينيات كشفت عن المزيد من الأدلة حول كيفية حركة القارات، مما جعل العلماء يعودون النظر في أفكار فاجنر؛ فقد أدّى إعداد الخرائط المتطورة لقياع المحيطات وفهم المجال المغناطيسي للأرض إلى تقديم أدلة جوهرية حول آلية حركة القارات ومصدر القوى المحركة لها.



الشكل 7-5 جع فاجنر المزيد من الأدلة لدعم نظريته في رحلة استكشافية عام 1930م إلى جرينلاند، وتوفي في أثناء هذه الرحلة، غير أن هذه البيانات التي جمعها أصبحت تشكّل أساساً لنظرية الصفائح الأرضية بعد سنوات عديدة.

التقويم 1-5

الخلاصة

- يوحّي تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي بأن القارات كانت مجتمعة معاً يوماً ما.
- الانجراف القاري فكرة وضع في بداية القرن الماضي، تنص على أن القارات تحرّك فوق قياع المحيطات.

- جع فاجنر أدلة من الصخور والأحافير والمناخات القديمة لدعم فرضيته.
- لم تقبل فكرة الانجراف القاري لأنها لم تفسّر كيفية حركة القارات، وما يسبّب حركتها.

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** ارسم كيف كانت القارات مجتمعة معاً في قارة بانجيا.
2. وضح كيف تدعم الرسوبيات الجليدية القديمة الموجودة في إفريقيا وأهنتن وأستراليا والقارنة القطبية الجنوبيّة فكرة الانجراف القاري.
3. لخص كيف تزودنا الصخور والأحافير والمناخ القديم بأدلة على الانجراف القاري؟
4. استنتج كيف كان مناخ أمريكا الشمالي عندما كانت جزءاً من قارة بانجيا.

التفكير الناقد

5. فسر من خلال الشكل 6-5، اكتشفت تربات نفطية في البرازيل عمرها 200 مليون سنة تقريباً. فأين يمكن أن يعثر الجيولوجيون على تربات نفطية لها العمر نفسه؟
6. قوم الجملة الآتية: "موقع المدينة التي أسكنها ثابت لا يتغير".

العنابة في الجيولوجيا

7. اكتب عن إحدى الرحلات الاستكشافية التي قام بها العالم فاجنر، مع توضيح رأيك العلمي حول ما توصل إليه خلاهها.