KINGDOM OF BAHRAIN

Ministry of Education

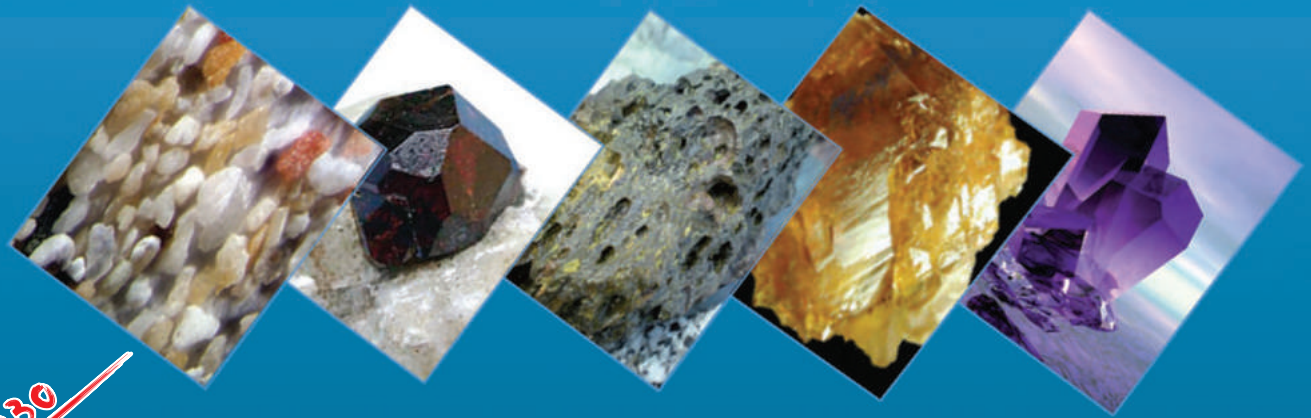
مَمْلَكَةُ البَحْرَيْن

وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيم

جيو 211

الجيولوجيا 1

للمرحلة الثانوية



2030 البحرين BAHRAIN

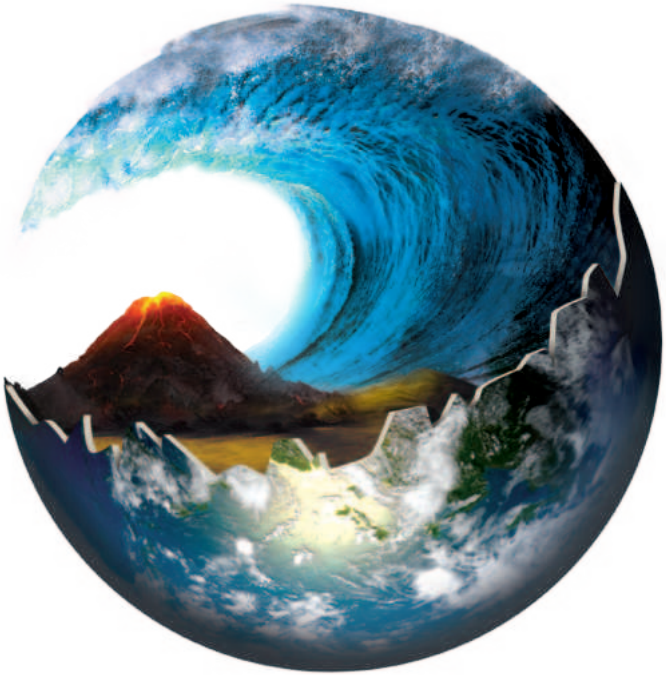
جيو 211

قررت وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين اعتماد هذا الكتاب لتدريس الجيولوجيا 1 بمدارسها الثانوية

إدارة سياسات وتطوير المناهج

الجيولوجيا 1

للمرحلة الثانوية



الطبعة الثانية

1444هـ - 2022م

العبيكان Obeikan

Mc Graw Hill Education

المراجعة والتطوير لهذه الطبعة

فريق متخصص من إدارة المناهج بوزارة التربية والتعليم

www.obeikaneducation.com

www.macmillanmh.com

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٩م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين والاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

English Edition Copyright © 2009 the McGraw-Hill Companies, Inc.
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with
The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.

حضرة صاحب الجلالة الملك حمد بن عيسى آل خليفة

ملك مملكة البحرين المعظم

المقدمة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد الخلق والمرسلين، وبعد، فقد تطور تدريس علوم الأرض مع نهاية القرن الرابع عشر ومطلع القرن الخامس عشر الهجري تطورًا مذهلًا استمد مقوماته من الاكتشافات العلمية الحديثة، فضلا عن الطبيعة الاستقصائية الميدانية والتطبيقية التي يتميز بها هذا العلم.

وانطلاقًا من عملية تطوير التعليم، وفلسفة وزارة التربية والتعليم في مملكة البحرين، واستنادًا إلى أهداف مناهج العلوم في مراحل التعليم المختلفة، تم إعداد هذا الكتاب ليعكس طبيعة مادة العلم وطرائقه في فهم المشكلة، ووضع الفرضية، وضبط المتغيرات، والتعميم، وليؤكد أهمية تقنية المعلومات والاتصالات في العملية التعليمية التعلمية، من حيث نقل المعرفة العلمية، ورصدها وإدارتها، وجمع البيانات وتحليلها.

عزيزي الطالب يساعدك هذا الكتاب في أن تكون متعلمًا مستقلًا، باحثًا عن المعرفة من مصادرها العالمية الواسعة، ومحللًا لها، من أجل التواصل بها مع الآخرين، وكذلك يعمل على تنمية قدراتك في التفكير الناقد، وحل المشكلات، وصنع القرار. ولتحقيق ذلك ركزنا في مستهل كل فصل على المفردات العلمية التي ينبغي عليك إدراك معانيها. كما احتوى الكتاب على العديد من النشاطات التي تؤكد بناء المعرفة والمفاهيم العلمية المتصلة بحياتك، واتخاذ أسلوب المنهج العلمي في التفكير والملاحظة والتحليل والتفسير والتطبيق والتوقع والتقويم. وقد اعتمد الكتاب أسلوب التوسع في المعرفة، والربط مع العلوم الأخرى لتحقيق تكامل المبحث، فضلًا عن التقويم المستمر ضمن السياق، وتنمية قدراتك على التقويم الذاتي.

يتألف هذا الكتاب من أربعة فصول؛ تناولت مكونات الأرض من المعادن والصخور النارية والرسوبية والمتحولة والمياه الجوفية وما تمثله من موارد طبيعية. كما اشتمل الكتاب على مسرد للمصطلحات لمساعدتك على فهم المادة.

ختاما عزيزي الطالب نحن على يقين أنك قادر على أن تتعلم ذاتيًّا بما يتوافر لديك من إمكانات للحصول على المعلومات، إضافة إلى ما يقدمه لك هذا الكتاب من معرفة علمية. والله نسأل أن يوفقنا إلى تحقيق الأهداف المرجوة من التطوير التربوي المنشود. والله من وراء القصد.

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف نستفيد من كتاب الجيولوجيا 1 ؟..... vii

الفصل 1

المعادن 10

1-1: ما المعدن؟..... 12

1-2 : أنواع المعادن 22

مختبر الجيولوجيا 29

دليل مراجعة الفصل 30

مراجعة الفصل 31

الفصل 2

الصخور النارية..... 36

2-1: ما الصخور النارية؟..... 38

2-2: تصنيف الصخور النارية 43

مختبر الجيولوجيا 50

دليل مراجعة الفصل 51

مراجعة الفصل 52

الفصل 3

الصخور الرسوبية والمتحولة..... 56

3-1: تشكل الصخور الرسوبية 58

3-2: أنواع الصخور الرسوبية..... 65

3-3: الصخور المتحولة..... 70

مختبر الجيولوجيا 76

دليل مراجعة الفصل 77

مراجعة الفصل..... 78

الفصل 4

المياه الجوفية..... 82

4-1: حركة المياه الجوفية وتخزينها..... 84

4-2: موارد المياه الجوفية 91

مختبر الجيولوجيا 98

دليل مراجعة الفصل 99

مراجعة الفصل 100

مرجعيات الطالب

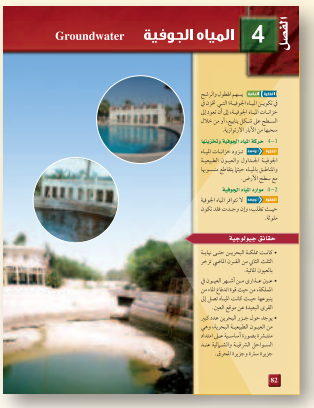
صفات المعادن ذات البريق الفلزي 105

صفات المعادن ذات البريق اللافلزي 106

الصخور 107

الجدول الدوري للعناصر 108

المصطلحات 110

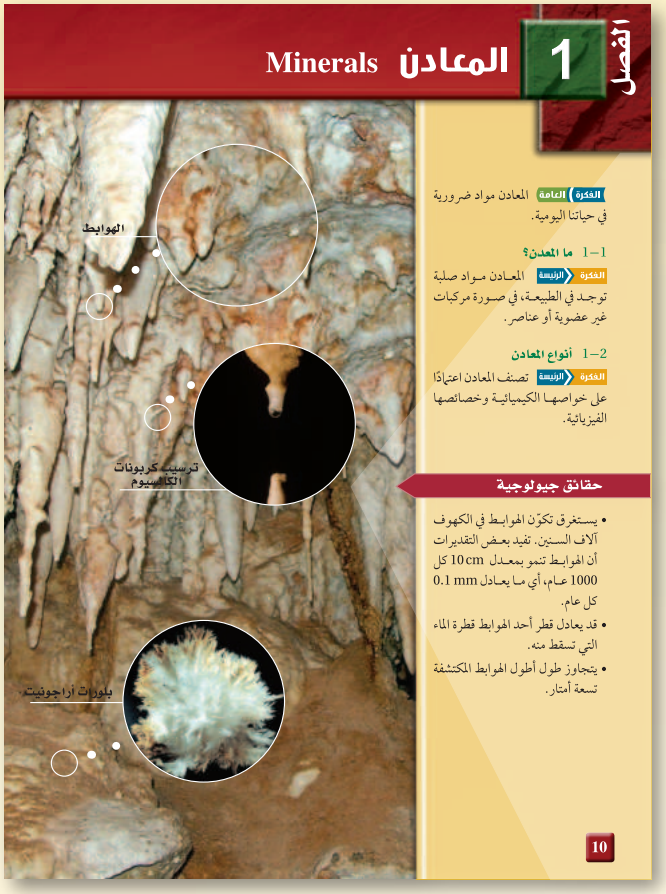


كيف نستفيد من كتاب الجيولوجيا 1 ؟

عندما تقرأ كتاب الجيولوجيا (1) إنما تقرؤه للحصول على المعلومات؛ فالكتابة العلمية ليست مجرد كتابة خيالية، وإنما هي تصف أحداثا حياتية واقعية تربط الناس مع الأفكار والتقنيات. وفيما يلي بعض الأدوات التي تضمنها الكتاب والتي تساعدك على القراءة.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة قبل قراءة الفصل أو في أثنائها؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.


الفصل 1 المعادن Minerals

الفكرة العامة المعادن مواد ضرورية في حياتنا اليومية.

1-1 ما المعدن؟

الفكرة الرئيسة المعادن مواد صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركبات غير عضوية أو عناصر.

1-2 أنواع المعادن

الفكرة الرئيسة تصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية.

حقائق جيولوجية

- يستغرق تكوّن الهوابط في الكهوف آلاف السنين. تفيد بعض التقديرات أن الهوابط تنمو بمعدل 10 cm كل 1000 عام، أي ما يعادل 0.1 mm كل عام.
- قد يعادل قطر أحد الهوابط قطرة الماء التي تسقط منه.
- يتجاوز طول أطول الهوابط المكتشفة تسعة أمتار.

الهوابط

ترسيب كربونات الكالسيوم

بلورات أراجونيت

10

الفكرة العامة تقدم صورة شمولية لكل فصل، ولكل موضوع من موضوعات الفصل.

الفكرة الرئيسة تصف الموضوع، وتدعم فكرته العامة.

طرائق أخرى للتصفح

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرَّف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظلّلة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل مستخدمًا العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

كيف نستفيد من كتاب الجيولوجيا 1 ؟

عندما تقرأ

في كل درس من دروس الفصل ستجد أساليب لتعميق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

1-1

تساؤلات جوهرية

- ما المعدن؟
- كيف تتكون المعادن؟
- كيف تصنف المعادن حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية؟

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

المعدن
البلورة
البريق
القساوة
الانفصام
المكسر
الحكاكة
الوزن النوعي

ما المعدن؟ What is a mineral?

الفكرة الرئيسة المعدن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركبات غير عضوية أو عناصر.

الربط مع الحياة

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

الخصائص العامة للمعادن
Mineral Characteristics

تتكون القشرة الأرضية من 3000 معدن تقريبًا، ولهذه المعادن أهمية كبيرة في تكوين الصخور وتشكيل سطح الأرض. وقد ساعدت بعض المعادن في تشكيل الحضارة الإنسانية، فقد حدث تقدم في مرحلة ما قبل التاريخ عندما تمكن الإنسان وفتذٍ من استخلاص فلز الحديد، واستعماله في صنع أدواته.

المعدن Mineral مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد. وغالبًا ما يمثل البناء الداخلي المنتظم شكلَ البلورة نفسها، انظر **الشكل 1–1**.

تتكون بشكل طبيعي وغير عضوي Naturally occurring and inorganic تتكون المعادن بطرائق طبيعية. لذا فإن الألماس الصناعي والمواد الأخرى التي تم تحضيرها في المختبرات لا تعدُّ معادن.

الشكل 1–1 تعكس أشكال بلورات المعادن هذه الترتيبَ الداخلي لذراتها.

البيريت — الكالسيت

12

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.

الشكل 10–2 يمكن تعرُّف المعادن المكونة للجرانيت باستعمال شرائح رقيقة تحت المجهر المستقطب.

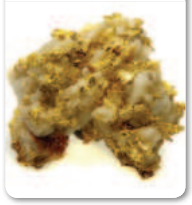
الشرائح الرقيقة Thin Sections

لتعرُّف الصخر يختبر الجيولوجيون بلورات المعادن في العينات الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهر. والشريحة الرقيقة قطعة من الصخر سمكها 0.03 mm تقريبا، مثبتة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بنفاذ الضوء عبرها. ويوضح الشكل 10– 2 مقطع من الجرانيت تحت المجهر.

الصخور النارية موارد طبيعية
Igneous rocks as Resources

تتكون أحيانا –في أثناء تبريد الصخور النارية وتبلورها– معادن اقتصادية أو غير اقتصادية. يمكن استعمال هذه المعادن في مجالات عدة، منها البناء وإنتاج الطاقة وصنع المجوهرات. وبعض أشكال هذه المعادن واستعمالاتها موصوفة في الفقرات الآتية:

العروق Viens تحتوي الموائع المتبقية من تبلور الماجما 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. تتحرر هذه العناصر من السيليكا المذابة في نهاية عملية تبلور الماجما، على هيئة موائع ساخنة غنية بالعناصر، تملأ الشقوق والفراغات في الصخور المجاورة. تتصلب هذه الموائع وتكوِّن عروقًا غنية بمعادن أو فلزات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الحاملة للذهب في مهد الذهب في المملكة العربية السعودية. ويبين **الشكل 11– 2** ذهبًا متكونًا في عروق الكوارتز.



الشكل 11– 2 يستخرج الذهب والكوارتز معا من المناجم، ثم يفصلان لاحقا.
استدل ما الذي يمكنك تحديده من هذه الصورة عن درجة انصهار الذهب؟

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

46

الروابط البيئية يتضمن محتوى الجيولوجيا (1) أجزاء من فصول وفقرات تؤكد التطبيقات البيئية المرتبطة مع واقع الحياة: وعندما تشاهد هذه الأيقونة فكر في كيفية ربط المحتوى مع العالم من حولك.

ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.

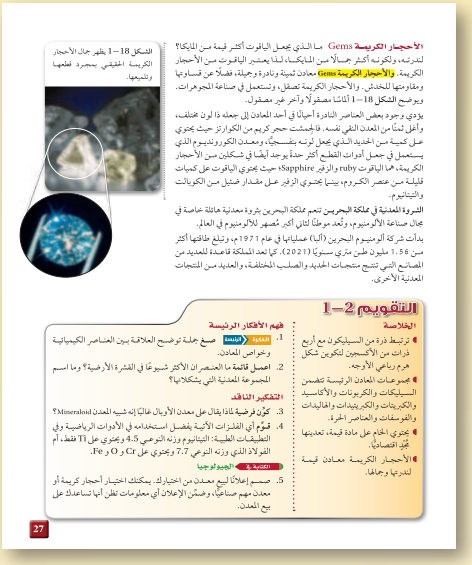
كيف نستفيد من كتاب الجيولوجيا 1 ؟

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- فكر في المخلوقات الحية والمواقع والمواقف التي مررت بها، هل بينها وبين دراستك لمادة الجيولوجيا علاقة؟
- اربط معلومات هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائج من خلال توظيف المعلومات التي لديك.
- غيّر توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

بعدما قرأت

اقرأ الخلاصة وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لمادرسته.



الأحجار الكريمة Gems ما الذي يجعل الياقوت أكثر قيمة من المايكا؟ لندرته، ولكونه أكثر جمالًا من المايكا، لذا يعتبر الياقوت من الأحجار الكريمة. والأحجار الكريمة Gems معادن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلًا عن قساوتها ومقاومتها للخدش. والأحجار الكريمة تصقل، وتستعمل في صناعة المجوهرات. ويوضح الشكل 18–1 أمثلة مصقولة وأخر غير مصقول.

يؤدي وجود بعض العناصر النادرة أحيانًا في أحد المعادن إلى جعله ذا لون مختلف، وأغلى ثمنًا من المعدن النقي نفسه. فالجمشت حجر كريم من الكوارتز حيث يحتوي على كمية من الحديد الذي يجعل لونه بنفسجيًا، ومعدن الكورونديوم الذي يستعمل في جعل أدوات القطع أكثر حدةً يوجد أيضًا في شكلين من الأحجار الكريمة، هما الياقوت ruby والزفر sapphire، حيث يحتوي الياقوت على كميات قليلة من عنصر الكروم، بينما يحتوي الزفر على مقدار ضئيل من الكوبالت والتيتانيوم.

الثروة المعدنية في مملكة البحرين تنعم مملكة البحرين بثروة معدنية هائلة خاصة في مجال صناعة الألومنيوم، وتُعد موطنًا لثاني أكبر مُصهر للألومنيوم في العالم.

بدأت شركة ألومنيوم البحرين (ألبا) عملياتها في عام 1971م، وتبلغ طاقتها أكثر من 1.56 مليون طن متري سنويًا (2021). كما تعد المملكة قاعدة للعديد من المصانع التي تنتج منتجات الحديد والصلب المختلفة، والحديد من المنتجات المعدنية الأخرى.

الشكل 18–1 يظهر جمال الأحجار الكريمة الحقيقي بمجرد قطعها وتلميعها.

التقويم 1–2

الخلاصة

- ترتبط ذرة من السيليكون مع أربع ذرات من الأكسجين لتكوين شكل هرم رباعي الأوجه.
- مجموعات المعادن الرئيسة تتضمن السيليكات والكربونات والأكاسيد والكبريتات والكلوريدات والفوسفات والعناصر الحرة.
- يحتوي الجسم على مادة قيمة، تعدينها مجدٍ اقتصاديًا.
- الأحجار الكريمة معادن قيمة لندرتها وجمالها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة صِغ جملة توضح العلاقة بين العناصر الكيميائية وخواص المعادن.
2. اعمل قائمة ما العنصران الأكثر شيوعًا في القشرة الأرضية؟ وما اسم المجموعة المعدنية التي يشكلانها؟

التفكير الناقد

3. كوّن فرضية لماذا يدل على معدن الأبال غالبًا إنه شبه المعدن Mineraloid؟
4. قوّم أي المقدرات الآتية يفضل استخدامه في الأدوات الرياضية وفي التطبيقات الطبية: التيتانيوم ورتبه النوعي 4.5، ويحتوي على Ti فقط، أم الفولاذ الذي ورتبه النوعي 7.7 ويحتوي على Cr و O و Fe.

الكتابة في الجيولوجيا

5. صمم إعلانًا لبيع معدن من اختيارك. يمكنك اختيار أحجار كريمة أو معدن مهم صناعيًا، وضمّن الإعلان أي معلومات تظن أنها تساعدك على بيع المعدن.

27

يتضمن كل جزء من الفصل أسئلة وخلاصة. حيث تقدم الخلاصة مراجعة للمفاهيم الرئيسة، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درسته.

مراجعة الفصل 1

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. أي العناصر الآتية ترتيبه الثاني من حيث وفرته في القشرة الأرضية؟
a. النيتروجين. c. السيليكون.
b. الألمنيوم. d. الكربون.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و 3.

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

2. أي المعادن الآتية أكثر قساوة؟
a. الفلسبار. c. الجالينا.
b. الفلوريت. d. الكوارتز.
3. أي المعادن الآتية أكثر لمعانًا؟
a. الفلسبار. c. الجالينا.
b. الفلوريت. d. الكوارتز.
4. أي الخصائص الآتية أكثر مصداقية لتعرف المعادن؟
a. اللون. c. القساوة.
b. الحكاكة. d. البريق.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و 6.

المعدن	القساوة	المعدن	القساوة
التلك	1	الفلسبار	6
الجبس	2	الكوارتز	7
الكالسيت	3	التوباز	8
الفلوريت	4	الكورونديوم	9
الأباتيت	5	الألماس	10

5. يتم تصنيف الألماس من واقع البيانات الواردة في الجدول؟
a. المعدن الأثقل.
b. المعدن الأبعد في التكون.
c. الأكثر انتظامًا في البناء البلوري.
d. لا يمكن خدشه بأي معدن آخر.
6. أيٌ معدن يخدش الفلسبار ولا يخدش التوباز؟
a. الكوارتز. c. الأباتيت.
b. الكالسيت. d. الألماس.
7. التخطيط الجيد لإجراء تجربة لا يشترط بالضرورة وجود واحد من العناصر الآتية:
a. التكنولوجيا.
b. تحديد المتغيرات.
c. صياغة الفرضيات.
d. جمع البيانات.

34

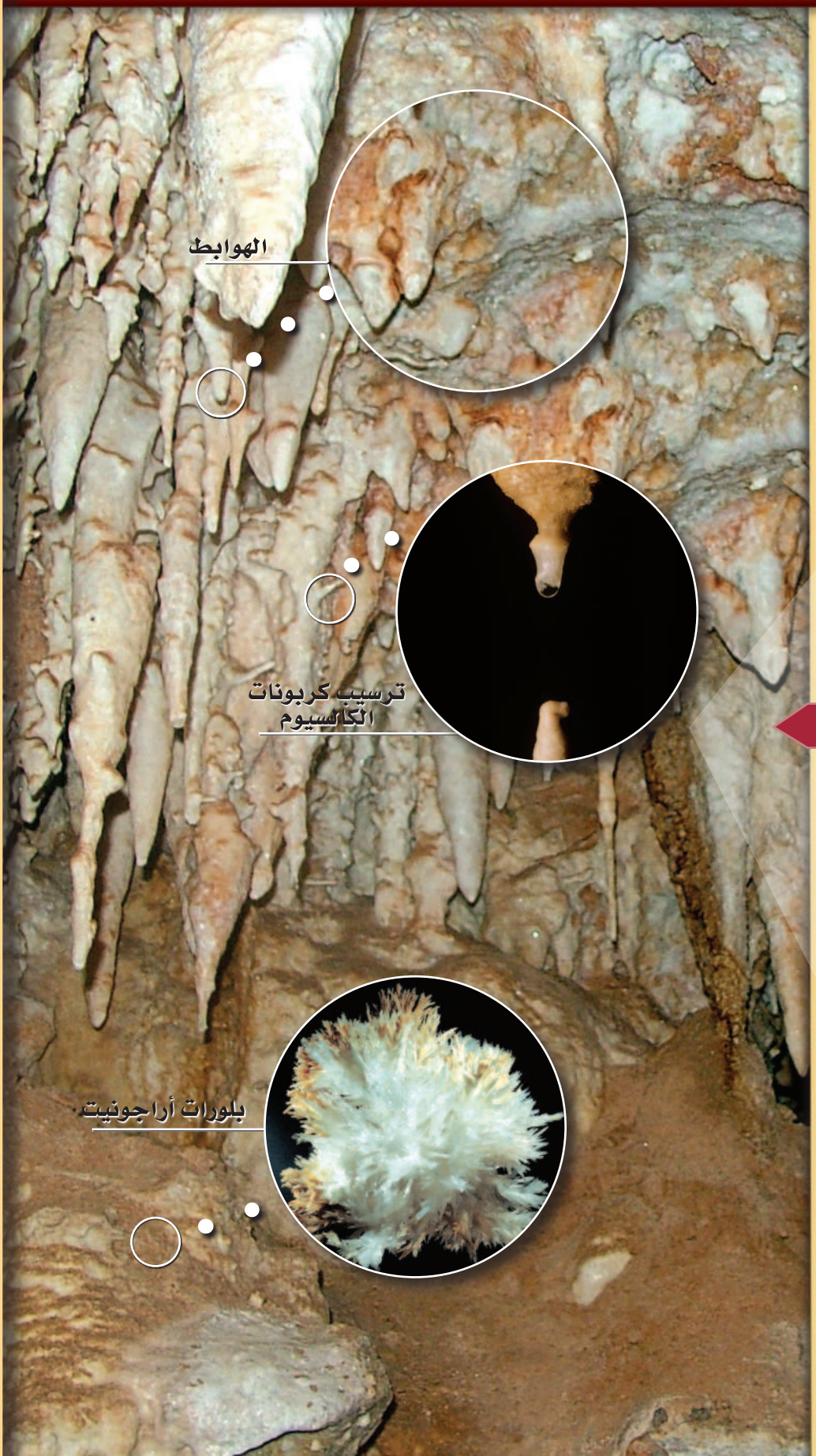
في نهاية كل فصل أسئلة تقويم الفصل، فضلًا عن أسئلة الاختبارات المقننة.

طرائق أخرى للمراجعة

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

الفصل 1

المعادن Minerals



الفكرة العامة المعادن مواد ضرورية في حياتنا اليومية.

1–1 ما المعدن؟

الفكرة الرئيسة المعادن مواد صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركبات غير عضوية أو عناصر.

1–2 أنواع المعادن

الفكرة الرئيسة تصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية.

حقائق جيولوجية

- يستغرق تكوّن الهوابط في الكهوف آلاف السنين. تفيد بعض التقديرات أن الهوابط تنمو بمعدل 10 cm كل 1000 عام، أي ما يعادل 0.1 mm كل عام.
- قد يعادل قطر أحد الهوابط قطرة الماء التي تسقط منه.
- يتجاوز طول أطول الهوابط المكتشفة تسعة أمتار.

تجربة استهلالية

ما الأشكال التي تتخذها المعادن؟

رغم وجود آلاف المعادن في القشرة الأرضية، إلا أن لكل معدن خصائص فريدة تميزه من غيره من المعادن.

تدل هذه الخصائص على مكونات المعدن وعلى الطريقة التي تكوّن بها. تستعمل الخواص الفيزيائية في تمييز المعادن بعضها من بعض.

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ضع قليلًا من حبيبات **ملح الطعام** (معدن الهاليت) على **شريحة المجهر**. ضع الشريحة على منضدة المجهر، أو شاهد الحبيبات باستخدام **العدسة المكبرة**.
3. ركز على حبيبة واحدة في كل مرة. عُدّ أوجه كل حبيبة، ثم ارسمها.
4. اختبر بعد ذلك **بلورة كوارتز** باستخدام المجهر أو العدسة المكبرة. عُد جوانب بلورة الكوارتز، ثم ارسمها. (قد لا تحتاج إلى عدسة مكبرة إذا كانت بلورة الكوارتز أو الهاليت كبيرة الحجم).

التحليل

1. **قارن** بين شكل بلورة الكوارتز وبلورة الهاليت.
2. **صف** خواص أخرى لعيناتك المعدنية.
3. **استنتج** سبب الفروق التي شاهدتها.

بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

- استيعاب مفهوم كل من المعدن، البلورة، البريق، القساوة، المكسر، الحكاكة، الانفصام.
- تعرّف الخصائص العامة للمعادن.
- تفسير عدم اعتبار الفحم الحجري والنفط من المعادن.
- وصف كيفية تكون المعادن في الطبيعة.
- توضيح الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن.
- استيعاب مفهوم كل من السيليكات، الهرم رباعي الأوجه، الخام، الأحجار الكريمة.
- تصنيف المعادن بحسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية.
- تعرف مجموعات المعادن المختلفة، وذكر أمثلة لها.
- توضيح مجسم السيليكا رباعي الأوجه.
- مناقشة استخدامات المعادن الاقتصادية والأحجار الكريمة.

جيولوجيا عبر المواقع الالكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع

www.moe.gov.bh

1-1

تساؤلات جوهرية

- ما المعدِن؟
- كيف تتكون المعادن؟
- كيف تصنف المعادن حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية؟

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

المعدن

البلورة

البريق

القساوة

الانفصام

المكسر

الحكاكة

الوزن النوعي

ما المعدن؟ What is a mineral?

الفكرة الرئيسة المعدن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركبات غير عضوية أو عناصر.

الربط مع الحياة

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

الخصائص العامة للمعادن Mineral Characteristics

تتكون القشرة الأرضية من 3000 معدن تقريبًا، ولهذه المعادن أهمية كبيرة في تكوين الصخور وتشكيل سطح الأرض. وقد ساعدت بعض المعادن في تشكيل الحضارة الإنسانية، فقد حدث تقدم في مرحلة ما قبل التاريخ عندما تمكن الإنسان وقتئذٍ من استخلاص فلز الحديد، واستعماله في صنع أدواته.

المعدن Mineral مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد. وغالبًا ما يمثل البناء الداخلي المنتظم شكلَ البلورة نفسها، انظر **الشكل 1–1**.

تتكون بشكل طبيعي وغير عضوي Naturally occurring and inorganic

تتكون المعادن بطرائق طبيعية. لذا فإن الألماس الصناعي والمواد الأخرى التي تم تحضيرها في المختبرات لا تعَدُّ معادن.

البيريت

الكالسيت

الشكل 1–1 تعكس أشكال بلورات المعادن هذه الترتيبَ الداخلي لذراتها.

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

بناء بلوري محدد Definite crystalline structure المعدن له بناء بلوري محدد فهذا يعني أن الذرات مرتبة في المعادن في بناء هندسي منتظم ومتكرر، وينتج عن هذا البناء البلورة. **والبلورة** Crystal جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر ومنتظم.

وعندما يتوافر للمعدن حيز فإنه ينمو فيه أحيانا مكونًا بلورة كبيرة مكتملة الأوجه كالتي في **الشكل** 1–1. إلا أن البلورات المكتملة الأوجه نادرة الوجود. أما الأكثر شيوعًا فهي بلورات غير مكتملة الأوجه، ومنها المبينة في **الشكل** 2–1؛ لنموها في حيز محصور (مغلق)، ولا ينعكس بناؤها الذري الداخلي على شكلها الخارجي.

ماذا قرأت؟ صف الترتيب الذري لبلورة ما.

مواد صلبة ذات تراكيب محددة Solids with specific compositions

المواد الصلبة لها شكل وحجم محددان. أما السوائل والغازات فليس لهما ذلك، لذا لا يعدَّان من المعادن.

لكل نوع من المعادن مكونات كيميائية خاصة به؛ قد تكون هذه المكونات محددة أو متغيرة إلى حد ما. والقليل من المعادن – ومنها النحاس والفضة والكبريت – مكونة من عنصر واحد فقط، أما معظم المعادن فمكونة من مركبات؛ فمعدن الكوارتز مثلًا مكون من ذرتين من الأكسجين وذرة واحدة من السيليكون. وعلى الرغم من وجود معادن أخرى تحتوي على السيليكون والأكسجين، إلا أن نِسَب هذين العنصرين وترتيبهما في الكوارتز خاصيتان ينفرد بهما الكوارتز.

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

الكوارتز

الفلوريت

الشكل 3–1 مدى التغير في المكونات الكيميائية وما يتبعه من تغير في المظهر الخارجي كافيان لتعرُّف أنواع معادن الفلسبار المتعددة بدقة.

التغيرات في المكونات الكيميائية Variation in composition قد تختلف المكونات الكيميائية لبعض المعادن قليلًا تبعًا للظروف التي تتكوَّن عندها بلوراتها. فمعادن الفلسبار مثلًا في **الشكل** 3–1 تتفاوت مكوناتها 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 مُنتِجَيْن طبقات متبادلة تسمح للضوء بالانكسار والتشتت، مسبِّبَين ظهور المعدن بألوان متدرجة، كما في معدن اللابرادوريت، انظر **الشكل** 3–1. وينتج عن هذا التغير الطفيف في مكونات المعدن الكيميائية تغيّرٌ في مظهره الخارجي.

المعادن تكون الصخور
Rock-Forming minerals

رغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريبًا في القشرة الأرضية، إلا أن ثلاثين فقط هي الأكثر شيوعًا. وتشكِّل ثمانية إلى عشرة من هذه المعادن معظم صخور القشرة الأرضية. لذا يشار إليها على أنها المعادن المكونة للصخور، وهي مكونة من ثمانية عناصر هي الأكثر شيوعًا في القشرة الأرضية كما في **الجدول** 1–1.

الجدول 1–1 المعادن الأكثر شيوعًا في صخور القشرة الأرضية *

الكوارتز	الفلسبار	المايكا	البيروكسين
SiO_2	$NaAlSi_3O_8$ – $CaAl_2Si_2O_8$ و $KAlSi_3O_8$	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	$MgSiO_3$ $CaMgSi_2O_6$ $NaAlSi_2O_6$
الأمفيبول	**الأوليفين**	**الجارنت**	**الكالسيت**
$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$ $Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$	$CaCO_3$

* الصيغ الكيميائية للمعادن للاطلاع فقط.

معادن تتبلور من الماجما Minerals from magma تسمى المادة المصهورة التي تتكون وتتجمع تحت سطح الأرض الماجما. والماجما أقل كثافة من الصخور الصلبة المحيطة بها، لذا يمكنها الصعود نحو الطبقات العليا الباردة في باطن الأرض ثم تتبلور.

إذا بردت الماجما ببطء في الأعماق فسوف يكون لدى الذرات وقت كاف لكي ترتب نفسها في بلورات كبيرة الحجم، كما في صخر الجرانيت المبين في **الشكل** 4–1. أما إذا وصلت الماجما إلى سطح الأرض ولامست الماء أو الهواء فإنها تبرد بسرعة، وتتكون بلورات صغيرة. ويسهم عدد العناصر الموجودة في الماجما ونوع هذه العناصر في تحديد نوع المعدن المتكون.

ماذا قرأت؟ **وضح** كيف تؤثر ملامسة الماجما للماء في حجم البلورة؟

المعادن المتبلورة من المحاليل Minerals from solutions تذوب الأملاح في مياه المحيطات مما يجعلها محلولًا مالحًا، وعندما يصبح المحلول مشبعًا بمادة مذابة فلا يمكنه إذابة المزيد منها فإذا ذابت كمية أكبر يصبح فوق المشبع، وعندئذٍ تتهيأ الظروف لتكوين المعادن؛ حيث ترتبط الذرات المنفردة بعضها مع بعض، وتترسب مكونةً بلورات المعادن.

وقد تتبلور المعادن من المحاليل أيضًا عند تبخر الماء؛ حيث تترسب المعادن المذابة في المحلول. وتسمى المعادن المتكونة من تبخر السوائل المتبخرات. ومن ذلك تكوُّن الملح الصخري كما في **الشكل** 4–1 بفعل عملية التبخر. ويوضح **الشكل** 5–1 تكوُّن المتبخرات على شاطيء البحر الميت في الأردن.

الجرانيت

الملح الصخري

الشكل 4–1 تكونت البلورات في هاتين العينتين بطرائق مختلفة.

صف الفرق بين هاتين العينتين.

الشكل 5–1 تكونت هذه المتبخرات على شاطئ البحر الميت بسبب تبخر ماء البحر. أما التغير في لون الصخور فسببه تنوع الأملاح الذائبة في الماء.

تعرُّف المعادن Identifying Minerals

يجري الجيولوجيون كثيرًا من الاختبارات لتعرف المعادن. وتعتمد هذه الاختبارات على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن، ومنها الشكل البلوري والبريق والقساوة والانفصام والمكسر والحكاكة واللون والنسيج والكثافة والوزن النوعي، وبعض الخواص الأخرى.

الشكل البلوري Crystal Form بعض المعادن تمتاز بأشكال بلورية مميزة يمكن تعرُّفها؛ فالهاليت (ملح الطعام) غالبا ما تكون بلوراته المكعبة كاملة الأوجه، وبلورات الكوارتز ذات النهايتين المدببتين والمحاطة بستة أوجه جانبية هي الأخرى ميزة يسهل تعرُّفها، ولأن البلورات المكتملة النمو نادرة التشكل، لذا يندر تعرُّف معدنها اعتمادًا على شكل بلوراته.

البريق Luster تسمى الكيفية التي يعكس بها المعدنُ الضوءَ الساقط على سطحه **البريق Luster**. ويوجد نوعان من البريق: الفلزي واللافلزي. فالفضة والذهب والنحاس والجالينا لها سطوح لامعة تعكس الضوء، كما تعكس قطع السيارة المصنوعة من الكروم الضوء الساقط عليها، لذا يقال إن لهذه المعادن بريقًا فلزيًّا. والمعادن ذات البريق الفلزي ليست جميعها فلزات، ولكن سطحها لامع كالفلزات. وبريق معدن السفاليريت – على سبيل المثال – له بريق فلزي، رغم أنه ليس فلزًّا.

أما المعادن ذات البريق اللافلزي – ومنها الكالسيت والجبس والكبريت والكوارتز –لا تلمع كالفلزات. يوصف البريق اللافلزي بأنه قاتم أو لؤلؤي أو شمعي أو حريري أو أرضي. ويوضح **الشكل 6–1** الفرق في البريق الناتج بسبب الاختلافات في المكونات الكيميائية للمعدنين. ويعد البريق اللافلزي للمعادن صفة غير مميزة لها، فالمعدن الذي يبدو شمعيًّا لشخص ما قد لا يبدو كذلك لشخص آخر، لذا لابد أن يقترن اختبار البريق باختبارات فيزيائية أخرى لتعرُّف المعادن.

ماذا قرأت؟ عرِّف مصطلح البريق.

المهن في علوم الأرض

الجوهري: الجوهري شخص يقطع الأحجار الكريمة ويلمعها وينقشها. وهو الذي يدرس المعادن وصفاتها من أجل معرفة أنسبها لعمل ما.

لتتعلم المزيد عن المهن الجيولوجية قم بزيارة الموقع:

www.moe.gov.bh

التلك

الكاؤولينيت

الشكل 6–1 المظهر الصفيحي اللامع للتلك يكسبه بريقه اللؤلؤي، في حين أن الكاؤولينيت – وهو أيضًا معدن أبيض إلا أنه على النقيض من التلك – ذو بريق أرضي.

الجدول 2–1	مقياس موهس للقساوة	
المعدن	القساوة	قساوة بعض المواد الشائعة
الألماس	10	
الكورنديوم	9	
التوباز	8	
الكوارتز	7	قطعة بورسلان=7
الفلسبار	6	نصل السكين=6.5
الأباتيت	5	الزجاج= 5.5
الفلوريت	4	مسمار حديدي=4.5
الكالسيت	3	قطعة نحاسية=3.5
الجبس	2	ظفر الأصبع = 2.5
التلك	1	

القساوة Hardness أكثر الاختبارات مصداقية واستخدامًا في تعرُّف المعادن.

القساوة Hardness مقياس لمدى مقاومة المعدن للخدش. وقد طور الجيولوجي الألماني فريدريك موهس مقياسًا 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 التلك الدرجة رقم 1 على مقياس موهس للقساوة؛ لأنه من أطرى المعادن، ويمكن خدشه بظفر الأصبع، وفي المقابل فإن الألماس يمثل الرقم 10 على المقياس نفسه؛ لذا يستخدم لجعل أدوات القطع أكثر حدة.

ويستخدم المقياس المبين في **الجدول 2–1** بالطريقة الآتية: المعدن الذي يُخدَشُ بظفر الإصبع قساوته تعادل 2 أو أقل، والمعدن الذي لا يُخدش بظفر الإصبع ويُخدَشُ بالزجاجَ تتراوح قساوته بين 2.5 – 5.5 . أما المعدن الذي يَخدش الزجاج فقساوته أكبر من 5.5. ويمكن أن تستخدم مواد أخرى شائعة كتلك المُدوَّنَة في الجدول. ويوضح **الشكل 7–1** معدنين مختلفين في قساوتهما.

الانفصام والمكسر Cleavage and Fracture يُحَدِّدُ البناء البلوري كيف تنكسر المعادن، فهي تنكسر بسهولة عند المستويات التي تكون الروابط الذرية على طولها ضعيفة. ويقال للمعدن الذي ينقسم بسهولة وبشكل مستوٍ في اتجاه واحد أو أكثر أن له **انفصامًا Cleavage**. ولتعرف المعدن حسب انفصامه يقوم الجيولوجيون بِعدِّ مستويات الانفصام، ودراسة الزوايا بينها. فعلى سبيل المثال، لمعدن المايكا انفصام بمستوى واحد؛ إذ تنفصم إلى رقائق بسبب ضعف الروابط الذرية.

الشكل 7–1 المعدن العلوي يمكن خدشه بظفر الأصبع. والمعدن السفلي الشفاف لا يمكن خدشه بظفر الإصبع ولكن يخدشه المعدن

حدد أي المعدنين أكثر قساوة؟

الهاليت

الكوارتز

الصوان

الشكل 8–1 للهاليت انفصام تام بثلاثة مستويات؛ فهو ينكسر إلى قطع بزوايا 90°. أما معدن الكوارتز فإن الروابط القوية فيه تمنع حدوث الانفصام. أما المكسر المحاري فيميّز المعادن التي تتكون من بلورات مجهرية مثل الصوان.

الشكل 8–1 يوضح انفصام مكعب 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 للمعادن التي تنكسر بحواف خشنة متعرجة إن لها **مكسرًا Fracture** وهو شكل سطح المعدن الناتج عند كسره. فالصوان والجاسبر والكالسيدوني (أنواع مختلفة من الكوارتز المجهري البلورات) تظهر مكسرًا فريدًا بأشكال قوسية تشبه زخارف أصداف المحار، ويسمى هذا المكسر مكسرًا محاريًّا.

تجربة 1–1

تعرُّف الانفصام والمكسر

كيف يستخدم الانفصام في تعرف المعادن؟ يتكون الانفصام عندما ينكسر المعدن في مستويات الروابط الضعيفة، وإذا 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

1. اقرأ نموذج السلامة العامة في كراسة التجارب العملية.
2. احصل على عينات لخمس معادن من معلمك، وصنفها في مجموعتين، الأولى المعادن التي لها انفصام، والأخرى المعادن التي لا انفصام لها.
3. رتب المعادن التي لها انفصام إلى مستويات من الانفصام الأقل إلى الأكثر. ما عدد المستويات التي تُظهرها كل عينة؟ عرِّف هذه المعادن إن استطعت.
4. اختبر المعادن التي لا انفصام لها؛ وَصِفْ سطوحها، وتعرَّفْها إن استطعت.

الجزء الثاني

5. احصل على عينتين إضافيتين من معلمك. هل هي المعادن نفسها؟ كيف عرفت ذلك؟
6. استعمل **المنقلة** لقياس الزوايا بين مستويات الانفصام. سجل قياساتك .

التحليل

1. **سجل** عدد مستويات الانفصام أو وجود مكسر في العينات السبع.
2. **قارن** بين زوايا الانفصام للعينتين 6 ، 7. ما نتيجة هذه المقارنة؟
3. **توقع** ما يحدث لشكل كل معدن لو ضرب بمطرقة.

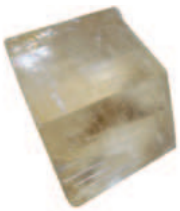
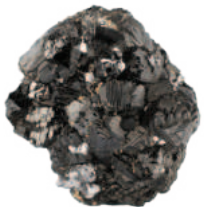
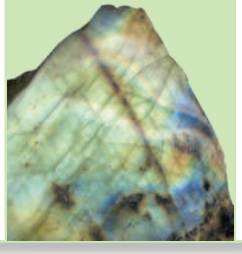
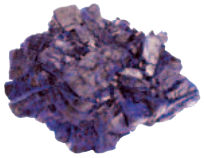
الحُكاكة Streak يترك المعدن الذي يُحَكُّ بقطعة البورسلان مسحوقًا ملونًا على سطحها. **والحُكاكة Streak** هي لون مسحوق المعدن، وتكون حكاكة المعادن اللافلزية في العادة بيضاء اللون، لذا تكون الحكاكة مفيدة جدًّا في تعرُّف المعادن الفلزية أكثر من المعادن اللافلزية. وقد لا تشبه حكاكة المعدن الفلزي لونه الخارجي ، كما في **الشكل 9–1**. فعلى سبيل المثال يوجد معدن الهيماتيت بهيئتين ينجم عنهما مظهران مختلفان. فالهيماتيت الذي يتكون بفعل التجوية والتعرض للهواء والماء يكون مظهره صدئًا، وبريقه أرضيًّا، بينما الهيماتيت الذي تكوَّن من الماجما لونه فضي، ومظهره فلزي، أما حكاكتهما فحمراء إلى بنية. ولا يمكن أن نستخدم الحكاكة إلا مع المعادن الأطرى من قطعة الخزف، وهذا سبب آخر يجعل استعمال الحكاكة في تعرُّف المعادن محدودًا.

ماذا قرأت؟ فسر أي نوع من المعادن يمكن تعرُّفه باستعمال الحُكاكة؟

اللون Color اللون من أهم الخصائص الملاحظة في المعدن، ولكنه أقل الخصائص في تعرُّف المعادن، وينتج اللون أحيانًا من وجود بعض العناصر النادرة أو المركبات داخل المعدن. فعلى سبيل المثال، يوجد الكوارتز بألوان مختلفة، كما في **الشكل 10–1**؛ 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 حليبي أنه يحتوي على فقاعات من الغازات والسوائل المحصورة في البلورة.

الشكل 9–1 رغم أن هاتين القطعتين من الهيماتيت مختلفتان في المظهر، إلا أن حكاكتهما واحدة (نفس لون المسحوق) لأن مكوناتهما الكيميائية واحدة.

الشكل 10–1 تحتوي جميع هذه العينات المختلفة من الكوارتز على السيليكون والأكسجين. تحدد العناصر النادرة لون العينة.

الجدول 3–1	صفات خاصة بالمعادن				
الخاصية	الانكسار المزدوج يحدث عندما يمر شعاع ضوئي عبر معدن وينقسم إلى شعاعين.	الفـوران يحدث عندما يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الكالسيت فتتصاعد الفقاعات محدثة صوتًا للفوران.	المغناطيسية تحدث بين المعادن المحتوية على الحديد.	تعدد الألوان سببه انكسار الأشعة الضوئية.	التضوء (الفلورة) تحدث عندما تتعرض بعض المعادن للأشعة فوق البنفسجية التي تجعلها تتوهج في الظلام.
المعدن	الكالسيت نوعه سبار أيسلندي لامع.	الكالسيت	الماجنيتيت البيروتيت	اللابرادوريت	الفلوريت الكالسيت
مثال					

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

مختبر تحليل البيانات 1–1*

ما البيانات التي تتضمنها بطاقة تعريف المعدن؟

بطاقة تعريف المعدن			
لون المعدن	الحكاكة	القساوة	الانفصام والمكسر
أحمر نحاسي		3	مكسر مسنن
	أحمر أو بني محمر	6	مكسر غير منتظم
أصفر ذهبي –باهت	أصفر		
	شفاف	7.5	مكسر محاري
رمادي أو أخضر أو أبيض			مستويان للانفصام

* مختبر تحليل البيانات للاطلاع فقط.

التحليل

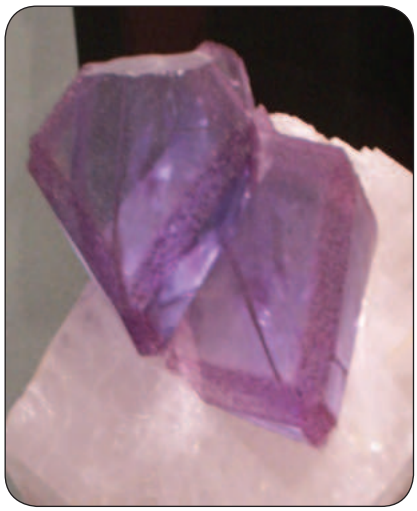
1. انسخ البيانات في الجدول، واستعمل مَرجعًا مناسبًا لتعبئة الجدول.
2. أضف أعمدة للجدول لكتابة اسم المعدن واستعمالاته وخصائص أخرى مميزة.

التفكير الناقد

3. **حدد** أي هذه المعادن يخدش الزجاج؟ لماذا؟
4. **اعرف** المعدن الذي يوجد في الطلاء وفي مقعدك.
5. **توقع** أي بيانات أخرى يمكن أن تضمها إلى الجدول.

الكثافة والوزن النوعي Density and specific gravity قد يكون لمعدنين أحيانا الحجم نفسه، إلا أن كتلتيهما مختلفتان بسبب اختلاف كثافتيهما. فلو كان لديك عينتان من الذهب والبيريت لهما الحجم نفسه فسوف تكون كتلة الذهب أكبر؛ لأن كثافته أكبر. والكثافة انعكاس للكتلة الذرية وبنائية المعدن؛ 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، وV الحجم. ولأن الكثافة لا تعتمد على شكل أو حجم المعدن فإنها وسيلة ناجحة لتعرُّف المعادن. ويسمى مقياس الكثافة الأكثر استخدامًا من قِبَل الجيولوجيين **الوزن النوعي** Specific gravity، وهو النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة $4°C$. فمثلًا، الوزن النوعي للبيريت 5.2، والوزن النوعي للذهب النقي 19.3.

النسيج Texture يصف النسيج ملمس المعدن. 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. فمثلًا، نسيج الفلوريت في **الشكل 11–1** ناعم ، بينما نسيج التلك في **الشكل 6–1** شحمي.



الشكل 11–1 يختلف الإحساس بالنسيج من شخص لآخر. توصف عينة الفلوريت هذه أنها ناعمة.

التقويم 1–1

الخلاصة

- المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، ولها مكونات كيميائية محددة، وترتيب ذري داخلي منتظم.
- البلورة مادة صلبة، تترتب الذرات فيها وفق ترتيب معين بصورة متكررة.
- تتكون المعادن من الماجما أو من محاليل فوق مشبعة.
- يتم تعرف المعادن اعتمادًا على خواصها الفيزيائية والكيميائية.
- الطريقة الأكثر مصداقية في تعرف المعادن هي إجراء اختبارات متعددة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **اذكر** سببين لعدم اعتبار النفط معدنًا.
2. **عرف** ما المقصود بأن المعادن تتشكل في الطبيعة؟
3. **قارن** بين تكون المعادن من الماجما، ومن المحاليل.
4. **ميز** بين الخواص الموضوعية للمعادن وغير الموضوعية.

التفكير الناقد

5. **صمم** خطة لفحص صلابة معدن فلسبار باستخدام المصطلحات الآتية: صحن زجاج، عملة نحاسية، قطعة بورسلان.
6. **توقع** مدى نجاح الفحص المخبري الذي يقوم به الطلبة لمقارنة الحكاكة واللون لكل من الفلوريت والكوارتز والفلسبار.

الرياضيات في الجيولوجيا

7. احسب حجم 5 g من الذهب النقي، إذا علمت أن كثافة الذهب $19.3\ g/cm^3$.

1-2

تساؤلات جوهرية

- كيف يمكنك تعرُّف المجموعات المختلفة من المعادن؟
- ما مجسم السيليكا رباعي الأوجه؟
- ما الاستعمالات المختلفة للمعادن؟

مراجعة المفردات

رابطة كيميائية: القوة التي تربط ذرتين إحداهما بالأخرى.

المفردات الجديدة

السيليكات

الهرم رباعي الأوجه

الخام

الأحجار الكريمة

أنواع المعادن Types of Minerals

الفكرة الرئيسة تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

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

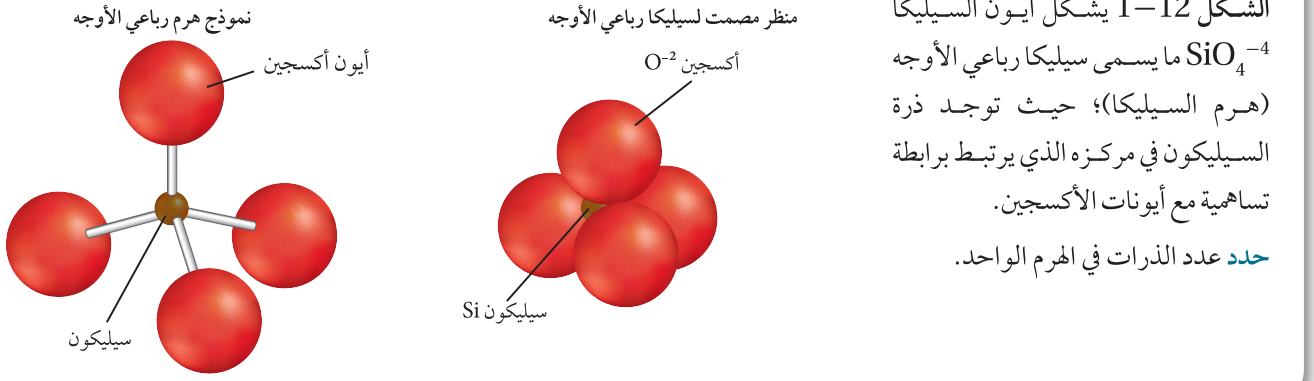
مجموعات المعادن Minerals Groups

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

السيليكات Silicate يُعد الأكسجين أكثر العناصر شيوعًا في القشرة الأرضية، ويليه السيليكون. وتسمى المعادن المحتوية على الأكسجين والسيليكون وعنصر آخر أو أكثر –في الغالب– **السيليكات Silicate**. تشكل السيليكات 96% تقريبًا من المعادن الموجودة في القشرة الأرضية. ويتبع المعدنان الأكثر شيوعًا (الفلسبار والكوارتز) مجموعة السيليكات. وحدة البناء الأساسية للمعادن السيليكاتية هي سيليكا هرم رباعي الأوجه المبين في **الشكل 12–1**. **وهرم 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. يحدد عدد إلكترونات التكافؤ نوع وعدد الروابط الكيميائية التي تشكلها الذرة. ولأن لذرة السيليكون أربعة إلكترونات تكافؤ، فإن لديها القدرة على الارتباط بأربع ذرات أكسجين بطرائق متعددة مما يسمح بوجود معادن السيليكا بتراكيب متنوعة، وخصائص مختلفة. كما في **الشكل 13–1**.

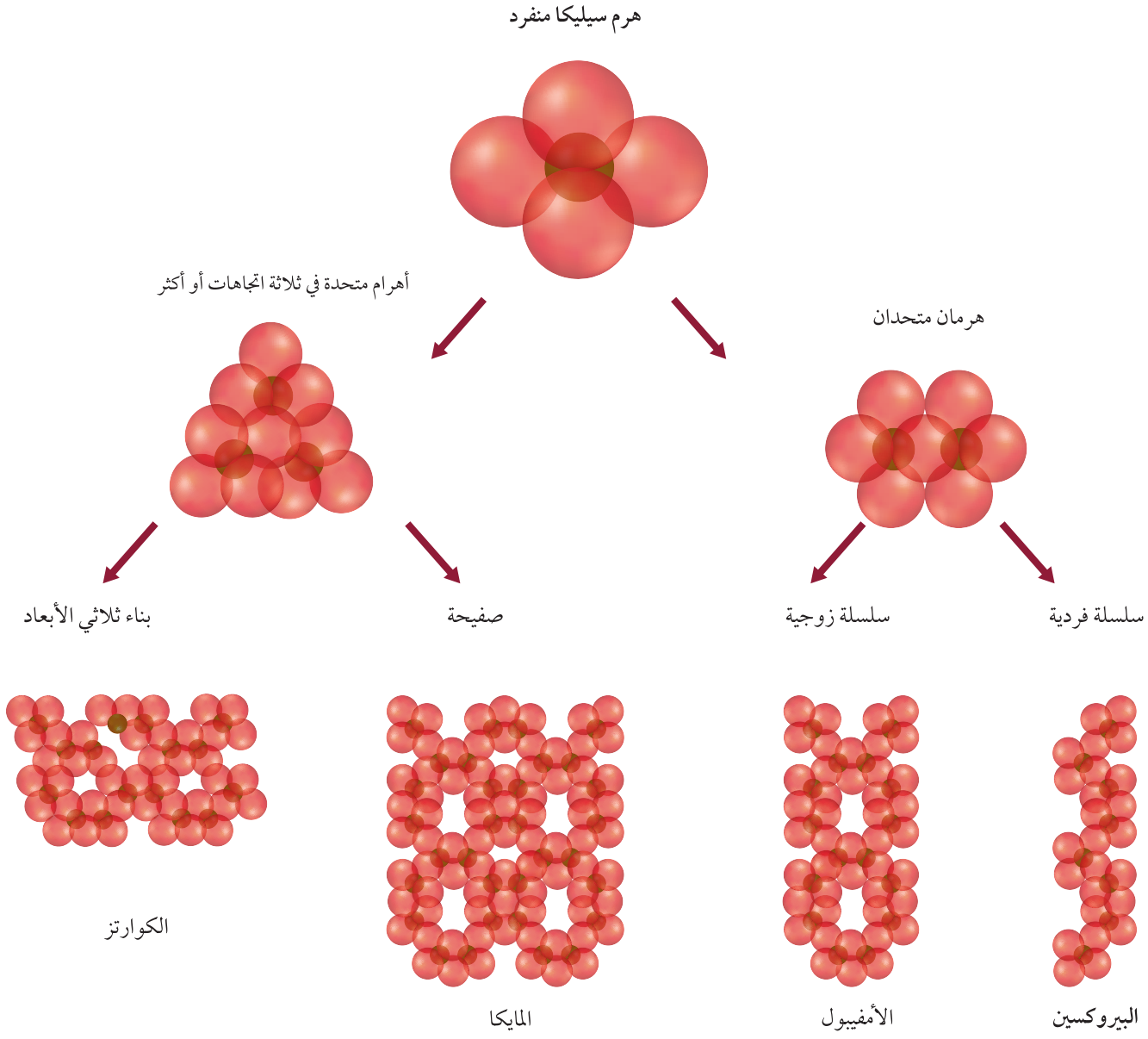
الشكل 12–1 يشكل أيون السيليكا SiO_4^{-4} ما يسمى سيليكا رباعي الأوجه (هرم السيليكا)؛ حيث توجد ذرة السيليكون في مركزه الذي يرتبط برابطة تساهمية مع أيونات الأكسجين.

حدد عدد الذرات في الهرم الواحد.



تصور أهرامات السيليكا
Visualizing the Silica Tetrahedron

الشكل 13–1 تحتوي أهرامات السيليكا على أربعة أيونات أكسجين مرتبطة مع ذرة سيليكون مركزية، وتتحد أهرامات السيليكا بعضها مع بعض على شكل سلاسل وصفائح وتراكيب معقدة، وتصبح هذه التراكيب معادن سيليكاتية متعددة في الأرض.



المايكا

الإسبستوس

الشكل 14–1 تعود الاختلافات بين المعادن السيليكاتية إلى الفروق في ترتيب أهرامات السيليكا. تحتوي بعض أنواع الإسبستوس على سلاسل أهرامات زوجية، والروابط بين هذه السلاسل الزوجية ضعيفة، بينما تحتوي المايكا على صفائح من أهرامات السيليكا، والروابط بين هذه الصفائح ضعيفة أيضا.

المفردات

صفائحي

الاستعمال العلمي

صفائح السيلكيا رباعي الأوجه

الاستعمال الشائع

صفائح المعجنات والحلويات

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

يظهر **الشكل 14–1** الصفائح السيليكاتية التي تدعى أحيانًا بالسيليكات العملاقة (Phyllosilicate)، حيث ترتبط كل من أيونات البوتاسيوم الموجبة أو الألومنيوم مع صفائح الأهرامات السالبة الشحنة؛ و تنفصم المايكا إلى صفائح بسهولة؛ لأن لها مستوى انفصام واحد، وأن قوى التجاذب بين صفائح أهرامات السيليكا وأيونات الألومنيوم والبوتاسيوم ضعيفة. ويتكون الإسبستوس أيضًا (كما في **الشكل 14–1**) من سلاسل مزدوجة من أهرامات السيليكا، وتنتج عن ضعف الروابط بين هذه السلاسل المزدوجة الطبيعة الليفية.

الكربونات Carbonates يتحد الأكسجين بسهولة مع معظم العناصر تقريبًا مكونًا مجموعات معدنية منها الكربونات. والكربونات معادن مكونة من أيونات فلز أو أكثر موجبة الشحنة متحدة مع أيون الكربونات CO_3^{-2} السالبة الشحنة.

الشكل 16–1 **استعمالات المعادن عبر الزمن** تغيرت قيم المعادن واستعمالاتها عبر الزمن.

3000–3300 ق. م شاعت الأسلحة البرونزية في منطقة الشرق الأدنى مع بزوغ فجر الإمبراطوريات القوية.

800 ق. م استعمل الألماس في الهند، ومنها انتشر إلى أماكن أخرى في العالم، في القطع، والحفر، وفي الحلي.

9000 – 12000 ق.م أدى الطلب على الصوان (الأوبسيدان) – وهو زجاج بركاني يستخدم في صنع الأدوات إلى تشكل أول طريق تجاري طويل.

1000 – 1200ق. م أصبح البرونز في الشرق الأدنى نادرًا واستعمل الحديد بدلا منه في صناعة الأدوات والأسلحة.

506ق. م سيطرت روما على صناعة الملح في أوستايا. وقد دفعت روما رواتب لجنودها على شكل حصص من الملح.

ومن أمثلة الكربونات الكالسيت والدولوميت والرودوكروزيت. وتواجدت معادن الكربونات وهي معادن أولية في الصخور على شكل جيري ورخام. وتمتاز الكربونات بألوانها المميزة، ومنها ألوان الأنواع المختلفة للكالسيت، ولون الرودوكروزيت الوردي المبين في **الشكل** 15–1.

الأكاسيد Oxides مركبات تتألف من أكسجين وفلز. وتعد معادن الهيماتيت Fe_2O_3 والماجنيتيت Fe_3O_4 أكاسيد حديد شائعة، ومصدرًا جيدًا للحديد. ومعدن اليورانايت UO_2 معدن قيم؛ لأنه يشكل المصدر الرئيس لليورانيوم المستخدم في إنتاج الطاقة النووية.

المجموعات الأخرى Other groups هناك مجموعات معدنية رئيسة أخرى، ومنها الكبريتات والكبريتيدات والهاليدات والفوسفات والعناصر الحرة (الأصيلة). والكبريتيدات – ومنها البيريت FeS_2 – مركبات تتألف من الكبريت وعنصر واحد أو أكثر. أما الكبريتات – ومنها الإنهيدريت $CaSO_4$ – فهي مركبات لعناصر متحدة مع أيون الكبريتات SO_4^{2-}. وتتكون الهاليدات – ومنها معدن الهاليت NaCl – من أيونات الكلوريد أو الفلوريد متحدة مع كالسيوم أو صوديوم أو بوتاسيوم. والعناصر الحرة – ومنها الفضة Ag أو النحاس Cu – مكونة من عنصر واحد فقط.

يلخص **الجدول** 4–1 مجموعات المعادن واستعمالاتها الرئيسة.

الرودوكروزيت

الكالسيت

الشكل 15–1 توجد الكربونات – ومنها الكالسيت والرودوكروزيت – بألوان مميزة نتيجة لوجود عناصر نادرة فيها.

المعادن الاقتصادية Economic Minerals

توجد المعادن في كل مكان، وهي تستعمل في صناعة الحواسيب والسيارات والتلفزيونات والمكاتب والطرق والبنايات والمجوهرات والدهانات وأدوات الرياضة والأدوية، وفي صناعات أخرى كثيرة. يمكنك تعلم الاستعمالات المختلفة للمعادن عبر التاريخ بدراستك المخطط الزمني في **الشكل** 16–1.

800–900 م استعمل الكيميائيون الصينيون الملح الصخري والكبريت والكربون لصناعة ملح البارود الذي استعمل للمرة الأولى في الألعاب النارية، واستعمل في وقت لاحق في الأسلحة.

1546 م ساعدت مناجم الفضة في أمريكا الجنوبية الأسبان على تأسيس تجارة عالمية قوية، وتوفير الفضة اللازمة في صك النقود.

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

2000 ميلادية | 1500 ميلادية | ميلادية 500

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

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

الجدول 4–1	مجموعات المعادن الرئيسة	
المجموعة	الأمثلة	الاستعمالات الاقتصادية
السيليكات	المايكا (بيوتيت) أوليفين Mg_2SiO_4 الكوارتز SiO_2 الفيرميكيوليت	نوافذ الأفران الأحجار الكريمة (بيرودوت) صناعة الساعات وصناعة الزجاج يضاف لتربة الأصص، وينتفخ عندما يبتل
الكبريتيدات	البيريت FeS_2 المركزيت FeS_2 الجالينا PbS السفاليريت ZnS	صناعة حمض الكبريتيك مجوهرات خام الرصاص خام الزنك
الأكاسيد	الهيماتيت Fe_2O_3 الكورونديوم Al_2O_3 اليورانينيت UO_2 الإلمنيت $FeTiO_3$ الكروميت $FeCr_2O_4$	خام حديد، صبغة حمراء حجر لجعل أدوات القطع أكثر حدة، مجوهرات (الياقوت، زفير) مصدر لليورانيوم مصدر للتيتانيوم، صبغة، يستعاض به عن الرصاص في الدهانات مصدر للكروم، وصلات سباكة، إضافات للسيارات.
الكبريتات	الجبس $CaSO_4 . 2H_2O$ الأنهيدريت $CaSO_4$	أعمال المسح، مثبط لتصلب الأسمنت أعمال المسح الجيولوجية.
الهاليدات	الهاليت NaCl الفلوريت CaF_2 السلفيت KCl	ملح الطعام، علف للمواشي، قاتل للأعشاب، إعداد الأطعمة وحفظها صناعة الفولاذ، في صناعة أدوات الطهي صناعة الأسمدة
الفوسفات	الأباتيت $Ca_5(PO_4)_6(OH,F,Cl)_2$	صناعة الأسمدة
الكربونات	الكالسيت $CaCO_3$ الدولوميت $CaMg(Co_3)_2$	صناعة الأسمنت والجير والطباشير صناعة الأسمنت والجير ومصدر للكالسيوم والماغنسيوم في الفيتامينات
العناصر في صورتها الطبيعية (الأصلية)	الذهب Au النحاس Cu الفضة Ag الكبريت S الجرافيت C	العملات المعدنية والمجوهرات العملات المعدنية والأسلاك الكهربائية والمجوهرات العملة والمجوهرات والتصوير الأدوية والصناعات الكيميائية مثل صناعة أعواد الثقاب والألعاب النارية أقلام الرصاص والتشحيم

الشكل 17–1 أجزاء من هذه الدراجة مصنوعة من التيتانيوم؛ لخفة وزنه ومتانته الكبيرة، مما يجعله فلزًا مثاليًا للاستخدام.

الخامات Ores كثير من المواد التي سبق ذكرها مصنوعة من الخامات. ويسمى المعدن **خامًا Ore** إذا احتوى على مواد قيمة يمكن تعدينها بحيث تكون مجدية اقتصاديًّا. الهيماتيت 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 17–1** مصنوعة من فلز التيتانيوم الذي يستخرج من معدن الإلمنيت.

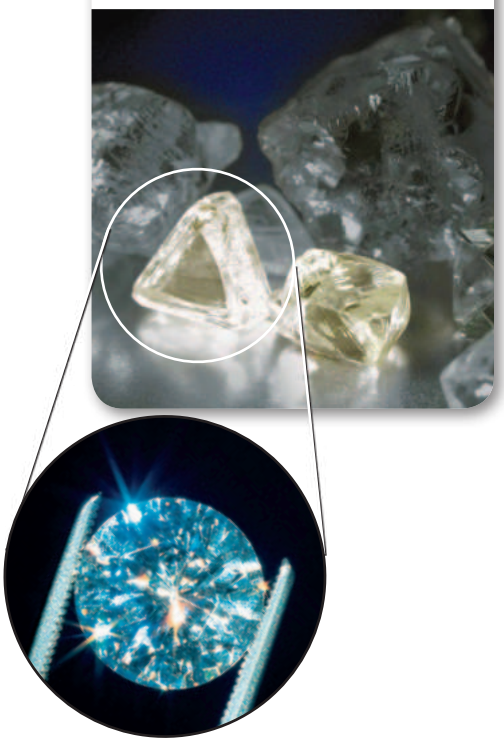
الأحجار الكريمة Gems ما الذي يجعل الياقوت أكثر قيمة من المايكا؟ لندرته، ولكونه أكثر جمالًا من المايكا، لذا يعتبر الياقوت من الأحجار الكريمة. **والأحجار الكريمة Gems** معادن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلًا عن قساوتها ومقاومتها للخدش. والأحجار الكريمة تصقل، وتستعمل في صناعة المجوهرات. ويوضح **الشكل 18–1** ألماسًا مصقولًا وآخر غير مصقول.

يؤدي وجود بعض العناصر النادرة أحيانًا في أحد المعادن إلى جعله ذا لون مختلف، وأغلى ثمنًا من المعدن النقي نفسه. فالجِمشت حجر كريم من الكوارتز حيث يحتوي على كمية من الحديد الذي يجعل لونه بنفسجيًّا، ومعدن الكورونديوم الذي يستعمل في جعل أدوات القطع أكثر حدةً يوجد أيضًا في شكلين من الأحجار الكريمة، هما الياقوت ruby والزفير Sapphire؛ حيث يحتوي الياقوت على كميات قليلة من عنصر الكروم، بينما يحتوي الزفير على مقدار ضئيل من الكوبالت والتيتانيوم.

الثروة المعدنية في مملكة البحرين تنعم مملكة البحرين بثروة معدنية هائلة خاصة في مجال صناعة الألومنيوم، وتُعد موطنًا لثاني أكبر مُصهر للألومنيوم في العالم.

بدأت شركة ألومنيوم البحرين (ألبا) عملياتها في عام 1971م، وتبلغ طاقتها أكثر من 1.56 مليون طن متري سنويًا (2021). كما تعد المملكة قاعدة للعديد من المصانع التي تنتج منتجات الحديد والصلب المختلفة، والعديد من المنتجات المعدنية الأخرى.

الشكل 18–1 يظهر جمال الأحجار الكريمة الحقيقي بمجرد قطعها وتلميعها.



التقويم 2–1

الخلاصة

- ترتبط ذرة من السيليكون مع أربع ذرات من الأكسجين لتكوين شكل هرم رباعي الأوجه.
- مجموعات المعادن الرئيسة تتضمن السيليكات والكربونات والأكاسيد والكبريتات والكبريتيدات والهاليدات والفوسفات والعناصر الحرة.
- يحتوي الخام على مادة قيمة، تعدينها مُجْدٍ اقتصاديًّا.
- الأحجار الكريمة معادن قيمة لندرتها وجمالها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** صغ جملة توضح العلاقة بين العناصر الكيميائية وخواص المعادن.
2. **اعمل قائمة** ما العنصران الأكثر شيوعًا في القشرة الأرضية؟ وما اسم المجموعة المعدنية التي يشكلانها؟

التفكير الناقد

3. **كوِّن فرضية** لماذا يقال على معدن الأوبال غالبًا إنه شبيه المعدن Mineraloid؟
4. قوِّم أي الفلزات الآتية يفضل استخدامه في الأدوات الرياضية وفي التطبيقات الطبية: التيتانيوم وزنه النوعي 4.5 ويحتوي على Ti فقط، أم الفولاذ الذي وزنه النوعي 7.7 ويحتوي على Cr و O و Fe.

الكتابة في الجيولوجيا

5. صمم إعلانًا لبيع معدن من اختيارك. يمكنك اختيار أحجار كريمة أو معدن مهم صناعيًّا، وضمِّن الإعلان أي معلومات تظن أنها تساعدك على بيع المعدن.

البحثات التقنية*

في الموقع

كهف الهوتة

كهف طبيعي في سلطنة عُمان. اكتشفه السكان المحليون منذ مئات السنين ونسجوا حوله الأساطير لغرابة الأشكال الطبيعية فيه من الصواعد والهوابط المتشكلة بسبب تبلور المعادن من الأملاح المذابة في مياه الأمطار على مدار ملايين السنين، والتي تتعدد ألوانها وأشكالها، وعمقه الكبير. وتم افتتاحه بوصفه مزارًا سياحيًّا في شهر ديسمبر من عام 2006 م.

يمتد الكهف مسافة 5 كيلومترات تحت الأرض ، أما المسافة التي يمكن الدخول إليها فهي 860 مترًا تبدأ بعدها البحيرة التي تمتد مسافة 4 كيلومترات ، ويتطلب اجتيازها تجهيزات خاصة ، بالإضافة إلى صعوبتها على معظم الزوار.

المناخ داخل الكهف: تختلف درجة الحرارة داخل كهف الهوتة من مكان لآخر حسب الارتفاع والانخفاض. أما رطوبة الهواء النسبية فتبلغ في بعض المناطق 90% .

تكوُّن البلورات في الكهف: البلورات في كهف الهوتة الكالسيت والجبس. تنمو البلورات في الكهف بأشكال وألوان مميزة؛ حيث تشبه البلورات التي تنمو على أرضية الكهف الغطاء النباتي، وهي رمادية اللون بسبب الطين الذي يدلف إليها في أثناء نموها. وهناك أيضًا بلورات تشبه السيوف تغطي جدران الكهف. تنمو هذه البلورات بأطوال مختلفة تتجاوز المتر أحيانًا، وفي مناطق أخرى من الكهف تتصل الصواعد بالهوابط وتشكل أعمدة.

كيف تكونت هذه البلورات؟ تحتاج البلورات إلى أشياء عدة لكي تتكون، أولها الفراغ، وهو الكهف في حالتنا هذه. تتكون الكهوف نتيجة تسرب المياه عبر مستويات الضعف في الصخور، ومع مرور الزمن يذوب الصخر وتتكون الكهوف. وتحتاج البلورات في تكونها أيضًا إلى مصدر من

الماء غني بالمعادن الذائبة. ويعتمد تكون البلورات كذلك على عوامل منها الضغط، ودرجة الحرارة، ومستوى الماء في الكهف، وكيميائية المياه الغنية بالمعادن.

أن الحجم الكبير للبلورات ناجم عن ارتفاع درجات الحرارة وامتلاء الكهف بالمياه الغنية بالمعادن. وإذا بقيت البلورات في مثل هذه الظروف فسوف تستمر في النمو. يعتقد العلماء بأن وجود هذه البلورات الكبيرة يدل على توافر هذه الظروف عبر آلاف السنين.

بحث: أبحث في الإنترنت لإجراء بحث عن العمليات التي تكوِّن البلورات في كهف ما. اختر كهفًا، واعمل بحثا يوضح أنواع البلورات فيه ويصفها. كيف نمت هذه البلورات إلى هذا الحجم؟ ما الظروف التي جعلت تكوُّن مثل هذه البلورات ممكنًا؟

* البحثات التقنية للاطلاع فقط.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك

دليل المعادن الميداني

خلفية علمية: هل استخدمت دليلًا ميدانيًّا من قبل لتعرف الطيور أو الأزهار أو الصخور أو الحشرات. إذا فعلت ذلك فأنت تعرف أن الدليل الميداني لا يحتوي فقط صورًا لما تبحث أو ترغب في تعرُّفه، بل أكثر من ذلك. يحتوي الدليل الميداني للمعادن على خلفية علمية عن المعادن عمومًا، 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

عينات معادن	قطعة نحاس
عدسة مكبرة	مشبك أوراق
لوح زجاج	مغناطيس
لوح مخدش أو قطعة خزف	حمض الهيدروكلوريك المخفف
مقياس موهس للقساوة	قطارة
مسمار أو دبوس فولاذي	مرجع علمي للمعادن

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. نظم مع أفراد مجموعتك الخطوات التي ستتبعها لإعداد الدليل الميداني، مع الأخذ في الاعتبار المواد المتاحة التي تحتاج إليها عند التخطيط للعمل.
3. هل يجب أن تكرر إجراءات فحص أي خاصية للمعدن؟ وكيف تعرف إذا كانت خاصية معينة تدل على معدن معين دون سواه؟
4. صمم جدول بيانات لتلخيص نتائجك. وتأكد من وجود عمود لتسجيل ما إذا كان الدليل يتضمن اختبارًا ما أو لا يتضمنه.
5. اقرأ المخطط وتأكد ما إذا كانت جميع الخطوات مقبولة وقابلة للتنفيذ أم لا.
6. هل هناك إجراء يحتاج إلى بحث إضافي؟ استخدم المراجع العلمية لجمع المعلومات اللازمة لإنجاز الدليل.
7. ما المعلومات الإضافية التي يتضمنها الدليل؟ يمكن أن يبين الدليل طريقة تكوُّن كل معدن، واستعمالاته وصيغته الكيميائية وصورة معنونة للمعدن أو رسم المعدن.
8. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل تنفيذها.

التحليل والاستنتاج

1. **حلل** أي الاختبارات أكثر مصداقية لتعرف المعادن؟ وأيها أقل مصداقية؟ ناقش الأسباب التي تجعل خاصية ما أكثر فائدة من غيرها في تعرف المعدن.
2. **لاحظ وفسر** أي المعادن يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك؟ لماذا تظهر الفقاعات على سطح العينة؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة تصف فيها التفاعل الكيميائي بين المعدن والحامض.
3. **لخِّص** ما المعلومات التي تضمنها الدليل؟ ما المصادر التي استخدمت لجمع المعلومات؟ صف تصميم صفحة الدليل.
4. **قوِّم** ما إيجابيات وسلبيات الدليل؟
5. **استخلص النتائج** اعتمادًا على نتائجك، هل هناك أي فحص حاسم يمكن استعماله بشكل دائم لتمييز المعادن؟ وضح إجابتك.

الكتابة في الجيولوجيا

شارك نتائجك

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

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة المعادن مواد ضرورية في حياتنا اليومية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 ما المعدن؟	
المعدن البلورة البريق القساوة الانفصام المكسر الحكاكة الوزن النوعي	**الفكرة الرئيسة** المعادن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركبات غير عضوية أو عناصر. • المعادن مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد، وغالبا ما يمثل بناؤها الداخلي المنتظم شكل البلورة نفسه. • البلورة جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر. • المعادن تتبلور من الماجما، ومن المحاليل فوق المشبعة. • يمكن تصنيف المعادن اعتمادًا على صفاتها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية. • لتميز المعادن بطريقة صحيحة لا بد من اختبار أكثر من خاصية.
1–2 أنواع المعادن	
السيليكات الهرم رباعي الأوجه الخام الأحجار الكريمة	**الفكرة الرئيسة** تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية. • تحاط ذرة السيليكون في مجموعة السيليكات بأربعة ذرات أكسجين لتشكل هرم السيليكا. • مجموعات المعادن الرئيسة هي السيليكات والكربونات والأكاسيد، والكبريتيدات والكبريتات والهاليدات والعناصر الحرة (الأصيلة). • الخام يحتوي على مواد قيمة يمكن تعدينها بحيث تكون مجدية اقتصاديًّا. • الأحجار الكريمة معادن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلا عن قساوتها ومقاومتها للخدش.

الفصل 1

مراجعة

مراجعة المفردات

لتحديد المصطلح الذي يصف كلًّا من العبارات الآتية استعن بما 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 عشوائيًّا .....
7. فحص الـ ..... يحدد المواد التي يخدشها المعدن.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال رقم 8.

8. ما الخاصية المعدنية التي يتم فحصها؟

a. النسيج. c. الانفصام.

b. المكسر. d. القساوة.

9. ما الخاصية التي تؤدي إلى تكسر معدن الجالينا إلى مكعبات صغيرة؟

a. الكثافة. c. القساوة.

b. البناء البلوري. d. البريق.

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

a. البناء الذري الداخلي.

b. وجود أهرامات السيليكا أو عدم وجودها.

c. المكونات الكيميائية.

d. الكثافة والقساوة.

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

a. $5000\ g/cm^3$ c. $5\ g/cm^3$

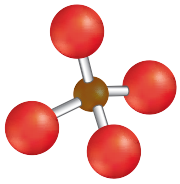
b. $2\ g/cm^3$ d. $150\ g/cm^3$

12. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لهرم السيليكا؟

a. SiO_2 c. SiO_4^{-4}

b. $Si_2O_2^{+4}$ d. Si_2O_2

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؟

a. السيليكات. c. الكربونات.

b. الأكاسيد. d. الكبريتات.

مراجعة الفصل 1

15. أي المعادن الآتية لا يمكن تحديد حكاكته باستعمال صفيحة البورسلان؟

a. الهيماتيت. c. الكوارتز.

b. الذهب. d. الماجنيتيت.

16. أي عنصر من العناصر الآتية أكثر شيوعًا في القشرة الأرضية؟

a. الصوديوم. c. الحديد.

b. السيليكون. d. الكربون.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال رقم 17:

الصيغ الكيميائية للمعادن

الاسم	الصيغة الكيميائية
الكوارتز	SiO_2
الفلسبار	$NaAlSi_3O_8$ — $CaAl_2Si_2O_8$ و $KAlSi_3O_8$
الأمفيبول	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$ $Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$
الأوليفين	$(Mg,Fe)_2SiO_4$

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

a. معدل تبريد الماجما.

b. درجة حرارة الماجما.

c. وجود الماء أو غيابه.

d. تغيرات في الضغط.

18. المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسيت. فإلى أي مجموعة معدنية ينتمي؟

a. سيليكات. c. أكاسيد.

b. كربونات. d. كبريتات.

19. أي معدن يتصاعد منه فقاعات غازية (فوران) عند ملامسته حمض الهيدروكلوريك؟

a. الكوارتز. c. الجبس.

b. الكالسيت. d. الفلوريت.

20. ما الخاصية التي تصف المصطلحات الآتية: قاتم، حريري، شمعي، لؤلئي، أرضي؟

a. البريق. c. اللون.

b. الحكاكة. d. الانفصام.

21. ماذا يتطلب المعدن لكي يعتبر خامًا؟

a. أن يكون شائعًا.

b. ألا يسبب إنتاجه تلوثًا.

c. أن يوجد بصورة تلقائية في الطبيعة.

d. أن يحقق إنتاجه ربحًا اقتصاديًّا.

أسئلة بنائية

22. **فسر** لماذا يختلف لون حجر الياقوت عن لون الزفير رغم أنهما شكلان لمعدن الكورونديوم؟

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 السكر في كأس من الشاي الساخن محلى بالسكر.

25. **كوِّن فرضية** أي الخواص المعدنية نتيجة مباشرة لترتيب الذرات أو الأيونات في البلورات؟ وضح إجابتك.

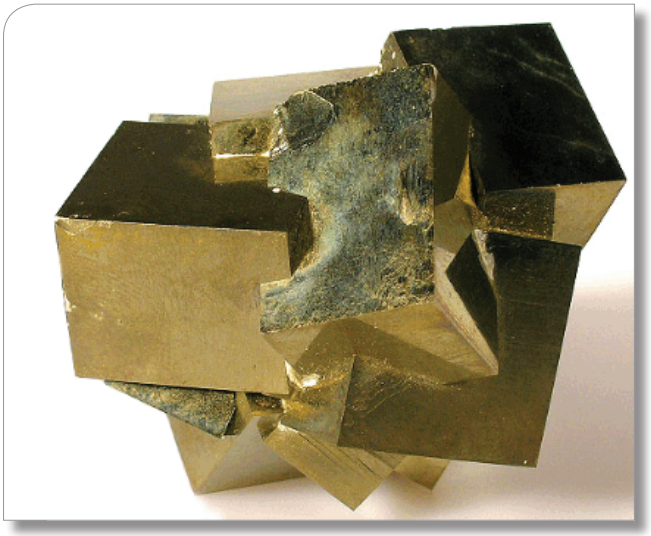
26. **قارن** للألماس والجرافيت المكونات الكيميائية نفسها. ما أوجه الشبه والاختلاف بين هذين المعدنين؟ ولماذا الألماس حجر كريم خلاف الجرافيت؟

1 مراجعة الفصل

التفكير الناقد

27. **صف** الاختلافات التي تظهرها معادن الجارنت المدونة في **الجدول 1–1**.

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال رقم 28.



28. **ارسم** كيف يكون التركيب الذري لبلورة هذا المعدن إذا كان شكل البلورة انعكاسًا خارجيًّا له؟

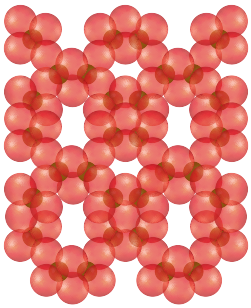
29. **اقترح** أفضل المعادن –ما عدا الألماس – التي يمكن أن تُستخدم في صنع ورق الصنفرة؟ وضح إجابتك مستخدمًا **الجدول 2–1**.

30. **قرر** أي المواد الآتية ليست معادن ولماذا: النفط، الخشب، الفحم، الفولاذ، الأسمنت المسلح، الزجاج؟

31. **استدل** كيف استعمل المنقبون الأوائل في المناجم الكثافة في تحديد ما إذا كان المعدن الذي وجدوه بيريتًا أم ذهبًا؟

32. **تقويم** تخيل أنه تم اكتشاف حجر كريم أكثر إبهارًا من الألماس والياقوت. قوِّم العوامل التي ستؤخذ بعين الاعتبار لتقدير قيمة الحجر الكريم الجديد مقارنةً بالأحجار الكريمة المعروفة.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 33 و 34.



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

34. **صف** نوع الانفصام في المعادن التي لها التركيب الذري الموضح في الشكل أعلاه.

خريطة مفاهيمية

35. **ارسم** خريطة مفاهيمية مستعملًا المصطلحات الآتية: سيليكات، وأكاسيد، وهاليدات، وكبريتات، وكبريتيدات، وفوسفات، وعناصر في صورتها الطبيعية (الأصيلة)، وكربونات. أضف أي مصطلحات مساعدة.

سؤال تحدٍّ

36. **رتب** بالإضافة إلى السيليكات الصفائحية هناك سيليكات السلاسل والسيليكات الثلاثية الأبعاد والسيليكات الحلقية. رتب ستة أهرامات سيليكا على شكل سيليكات حلقية، وتأكد من ربط ذرات الأكسجين بدقة.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. أي العناصر الآتية ترتيبه الثاني من حيث وفرته في القشرة الأرضية؟
   a. النيتروجين. c. السيليكون.
   b. الأكسجين. d. الكربون.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و 3

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

2. أي المعادن الآتية أكثر قساوة؟
   a. الفلسبار. c. الجالينا.
   b. الفلوريت. d. الكوارتز.
3. أي المعادن الآتية أكثر لمعانًا؟
   a. الفلسبار. c. الجالينا.
   b. الفلوريت. d. الكوارتز.
4. أي الخصائص الآتية أكثر مصداقية لتعرف المعادن؟
   a. اللون. c. القساوة.
   b. الحكاكة. d. البريق.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و 6.

المعدن	القساوة	المعدن	القساوة
التلك	1	الفلسبار	6
الجبس	2	الكوارتز	7
الكالسيت	3	التوباز	8
الفلوريت	4	الكورونديوم	9
الأباتيت	5	الألماس	10

5. بم تصف الألماس من واقع البيانات الواردة في الجدول؟
   a. المعدن الأثقل.
   b. المعدن الأبطأ في التكون.
   c. الأكثر انتظامًا في البناء البلوري.
   d. لا يمكن خدشه بأي معدن آخر.
6. أيُّ معدن يخدش الفلسبار ولا يخدش التوباز؟
   a. الكوارتز. c. الأباتيت.
   b. الكالسيت. d. الألماس.
7. التخطيط الجيد لإجراء تجربة لا يشترط بالضرورة وجود واحد من العناصر الآتية:
   a. التكنولوجيا.
   b. تحديد المتغيرات.
   c. صياغة الفرضيات.
   d. جمع البيانات.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل معامل التحويل والجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 10–8

1.0 قيراط = 0.2g

الماس	قيراط	جرام
ماسة سام : أكبر ماسة في العالم وجدت في الولايات المتحدة	40.4	؟
ثاني أكبر ماسة في العالم	؟	6.89
ماسة تريزا : اكتشفت عام 1888م	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 جرامًا 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. **عرّف البريق** 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 المعادن انتشارًا في القشرة الأرضية. إلا أن الاهتمام به زاد بشكل واسع بعد استعماله في صناعة الأجهزة الإلكترونية. يوجد السيليكون في الطبيعة بأشكال متعددة؛ فهو موجود في الكثير من الصخور، وأحيانًا في المياه، وفي الهواء على شكل دقائق غبار، وفي هياكل بعض المخلوقات الحية، حتى إنه موجود في الكواكب والنجوم.

لا يوجد السيليكون منفردًا في الطبيعة، خلاف الذهب أو الفضة، بل يوجد دائمًا متحدًا مع عناصر، منها الأكسجين O والألومنيوم Al والماغنسيوم Mg والكالسيوم Ca والصوديوم Na والبوتاسيوم K والحديد Fe، وغيرها من العناصر، ويكون مجموعة السيليكات، وهي أكبر المجموعات الكيميائية، وأكثرها تعقيدًا.

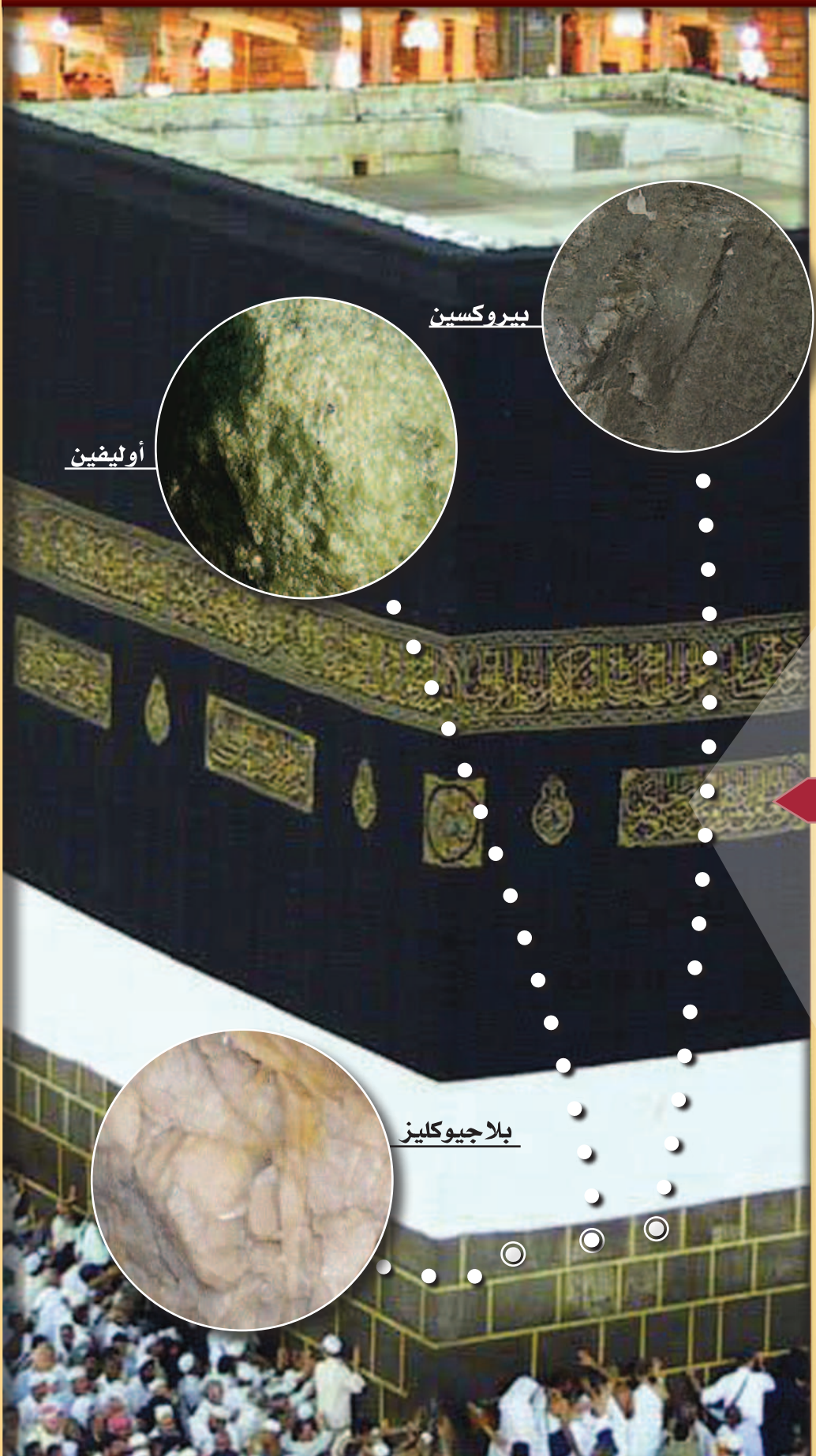
لون السيليكون رمادي باهت، ووزنه النوعي 2.42، وتكافؤه مثل تكافؤ الكربون. وقد دخل السيليكون في مجموعة من الصناعات الكيميائية، منها كربيد السيليكون الذي يستعمل لشحذ أدوات القطع، ومطاط السيليكون المستعمل في السدادات، والزيوت والدهانات. السيليكون شبه موصل، لذا يستعمل في الخلايا الشمسية لتوليد التيار الكهربائي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

اعتمادًا على النص السابق أجب عن الأسئلة 14 ، 15 ، 16.

14. أي خصائص السيليكون الآتية تشكل تحديًا لاستخدامه؟
   a. يحيط به هالة من الإلكترونات.
   b. لونه رمادي باهت.
   c. لا يوجد منفردًا في الطبيعة.
   d. واسع الانتشار في أماكن عديدة.
15. أي الصناعات الآتية لا تعتمد على الحالة الكيميائية للسيليكون؟
   a. مطاط السيليكون والسدادات.
   b. كربيد السيليكون والحجارة التي تشحذ أدوات القطع.
   c. الرقائق الإلكترونية.
   d. الزيوت والدهانات.
16. لماذا لم يكن السيليكون معروفًا بشكل واسع قبل انتشار الأجهزة الإلكترونية؟

الفصل 2

الصخور النارية Igneous Rocks



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

2–1 ما الصخور النارية؟

الفكرة الرئيسة الصخور النارية هي الصخور التي تتكون عندما تبرد المواد المنصهرة الموجودة في باطن الأرض، وتتبلور.

2–2 تصنيف الصخور النارية

الفكرة الرئيسة يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها.

حقائق جيولوجية

- تمثل هذه الصورة الكعبة المشرفة.
- بنيت الكعبة المشرفة في عهد نبي الله إبراهيم عليه السلام.
- تم بناؤها باستخدام الحجارة البازلتية المتوافرة في مكة المكرمة.
- تبلغ مساحة الكعبة المشرفة $720\ m^2$، وارتفاعها 12 m.

تجربة استهلالية

كيف نتعرف المعادن؟

تتكون الصخور النارية من معادن مختلفة، وفي كثير من الأحيان يمكن تعرف المعادن في العينات الصخرية.

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اختبر عينة من الجرانيت على بعد 1 m، وسجل ملاحظاتك.
3. استعمل عدسة مكبرة أو مجهرا لمشاهدة عينة الجرانيت، وسجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **وضح** ما شاهدته من خلال العدسة المكبرة أو المجهر. ضمِّن رسمك مقياسًا للرسم.
2. **عدد** أنواع المعادن التي شاهدتها في عينتك.
3. **صف** أشكال بلورات المعادن وحجومها.
4. **صف** أي دليل يفيد أن هذه البلورات تكوّنت من صخر مصهور.

بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

- استيعاب مفهوم كل من اللابة، الصخور النارية، الانصهار والتبلور الجزئي.
- تعرُّف الصخور النارية، وكيفية تكونها.
- وصف مكونات الماجما، وأنواعها.
- تحديد العوامل التي تؤثر في تكوُّن الماجما.
- تعرف العوامل التي تؤثر في انصهار الصخور وتبلورها.
- المقارنة بين عمليتي الانصهار الجزئي والتبلور الجزئي.
- استيعاب مفهوم كل من الصخور الجوفية، الصخور السطحية.
- تصنيف الصخور النارية وفق موقعها من القشرة الأرضية.
- تصنيف الصخور النارية بحسب مكوناتها المعدنية.
- تعرُّف مفهوم النسيج وأنواعه.
- تعرُّف أثر معدلات التبريد في حجوم بلورات الصخور النارية.
- توضيح أهمية الصخور النارية كموارد طبيعية.
- مناقشة بعض استخدامات الصخور النارية.

جيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع

www.moe.gov.bh

تساؤلات جوهرية

- كيف تتكون الصخور النارية؟
- ما مكونات الماجما؟
- ما العوامل التي تؤثر في كيفية انصهار الصخور وتبلورها؟

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

اللابة

الصخور النارية

الانصهار الجزئي

التبلور الجزئي

ما الصخور النارية؟
What are Igneous Rocks?

الفكرة الرئيسة **الصخور النارية صخور تتكوَّن عندما تبرد المواد المنصهرة في باطن الأرض وتتبلور.**

الربط مع الحياة تتكوّن الصخور النارية في أي وقت من الزمان وفي كل مكان من الأرض. ويعتمد نوعها على موقع وظروف تكونها.

تكوُّن الصخور النارية Igneous Rocks Formation

لو أنك تابعت فيلمًا عن بركان نشط لشاهدت كيف تتكون الصخور النارية. وكما درست سابقًا، فإن الماجما صخر منصهر يوجد تحت سطح الأرض. و**اللابة** Lava هي ماجما تتدفق على سطح الأرض. أما **الصخور النارية** Igneous Rock فهي صخور جوفية أو سطحية تتكون عندما تبرد الماجما أو اللابة وتتبلور المعادن.

تمكن العلماء من صهر معظم أنواع الصخور في المختبر بتسخينها إلى درجات حرارة تتراوح بين 800° C و 1200° C. وتتوافر 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 تكوّن الأرض من الصهير الأولي، وطاقة التحلل الإشعاعي للعناصر.

مكونات الماجما Composition of magma يعتمد نوع الصخر الناري المتكون على مكونات الماجما. والماجما خليط من صخر مصهور وغازات مذابة وبلورات معدنية. والعناصر الشائعة في الماجما هي نفسها العناصر الرئيسة في القشرة الأرضية: الأكسجين O، والسيليكون Si، والألومنيوم Al، والحديد Fe، والماغنيسيوم Mg، والكالسيوم Ca، والبوتاسيوم K، والصوديوم Na.

الجدول 1 – 2*

أنواع الماجما

نوع الماجما	المحتوى من السيليكا	مثال
بازلتية	42 – 52%	حرات المدينة المنورة
أنديزيتية	52 – 66%	جبال الأنديز
ريولايتية	أكثر من 66%	متنزه يلوستون – أمريكا

* الجدول 1–2 للاطلاع فقط

ومن بين جميع المركبات الموجودة في الماجما، السيليكا، وهي من أكثر مكونات الماجما شيوعًا وتأثيرًا في خصائصها. وتصنف الماجما اعتمادًا على محتواها من السيليكا - كما هو مبين في **الجدول 1 – 2** إلى بازلتية وأنديزيتية و ريولايتية. ويؤثر محتوى الماجما من السيليكا في درجة انصهارها وسرعة تدفقها.

عندما تتحرر الماجما من الضغط الواقع عليها من الصخور التي حولها تتمكن الغازات الذائبة فيها من الانطلاق إلى الغلاف الجوي. لذلك تختلف مكونات اللابة الكيميائية قليلًا عن المكونات الكيميائية للماجما التي نتجت اللابة عنها.

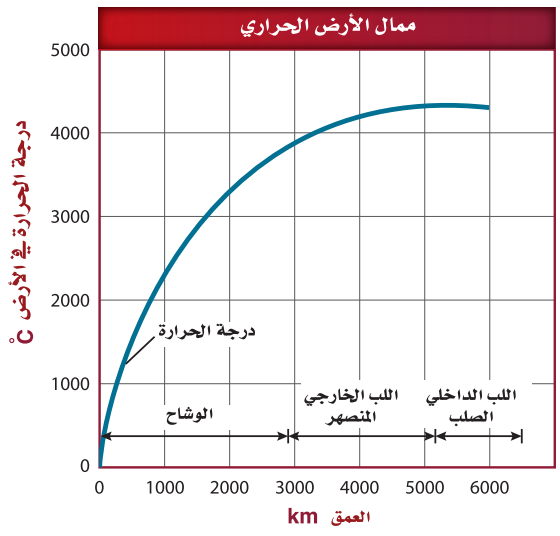
تكون الماجما Magma formation تتكون الماجما بانصهار قشرة الأرض، أو مادة الوشاح. وهناك أربعة عوامل رئيسة تؤثر في تكوُّن الماجما، هي درجة الحرارة، والضغط، والمحتوى المائي، والمحتوى المعدني لمادة القشرة أو الوشاح. وعادة ما تزداد درجة الحرارة كلما تعمَّقنا في القشرة الأرضية. وتسمى هذه الزيادة في درجة الحرارة المال الحراري، وهي ممثلة في **الشكل 1 – 2**. ولدى حفَّاري آبار النفط خبرة مباشرة في المال الحراري الأرضي؛ فآلات الحفر -كتلك المبينة في **الشكل 2 – 2** يمكن أن تصادف درجات حرارة تزيد على 200° C في أثناء حفر آبار النفط العميقة.

يزداد الضغط أيضًا مع زيادة العمق، وهذا ناجم عن وزن الصخور العلوية. وتفيد التجارب المختبرية أنه مع ازدياد الضغط الواقع على الصخور تزداد درجة انصهارها، لذلك فإن الصخر الذي ينصهر عند 1100° C على سطح الأرض ينصهر عند درجة 1400° C على عمق 100 km.

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

ماذا قرأت؟ عدِّد العوامل الرئيسة المؤثرة في تكون الماجما.

الشكل 2 – 2 تزداد درجة حرارة الجزء العلوي من القشرة مع زيادة العمق 30° C/km تقريبًا. تصادف آلة الحفر عند عمق 3 km صخورًا درجة حرارتها قريبة من درجة غليان الماء.



الشكل 1 – 2 متوسط المال الحراري في القشرة الأرضية 30°c/km تقريبًا، ويعتقد العلماء أنها تهبط بشدة إلى 1°c/km في الوشاح.

المحتوى المعدني Mineral content لكي نفهم كيف تعتمد خصائص الماجما على عناصرها ومركباتها، من المفيد إلقاء الضوء على المحتوى المعدني للماجما. المعادن المختلفة لها درجات انصهار مختلفة. فعلى سبيل المثال تنصهر صخور البازلت التي تتكون من معادن الأوليفين والفلسبار الكلسي والبيروكسين عند درجات حرارة أعلى، مقارنة بصخور الجرانيت أو الريولايت التي تتكون من الكوارتز والفلسبار البوتاسي ونسبة قليلة من البلاجيوكليز.

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

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

الانصهار الجزئي Partial melting افترض أنك جمدت شمعًا منصهرًا وماء في طبق مكعبات جليد، وأخذت هذا الطبق خارج الثلاجة وتركته في درجة حرارة الغرفة، سوف ينصهر الجليد، ولكن الشمع لن ينصهر؛ والسبب في ذلك هو اختلاف درجتي انصهارهما، وتنصهر الصخور بالطريقة نفسها لاختلاف درجات انصهار المعادن التي تحتويها. لذلك لا تنصهر جميع أجزاء الصخر عند درجة الحرارة نفسها. وهذا يفسر لماذا تُكوّن الماجما غالبًا مزيجًا 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 الماجما، مما يؤدي إلى تغير في مكوناتها. وإذا لم تكن درجات الحرارة كافية لصهر الصخر بأكمله فإن مكونات الماجما الناتجة ستختلف عن مكونات الصخر الذي تكونت منه. وهذه إحدى الطرائق التي تتكون بها الأنواع المختلفة من الصخور النارية.

ماذا قرأت؟ لخص لماذا تختلف مكونات الماجما الكيميائية عن المكونات الكيميائية للصخر الأصلي؟

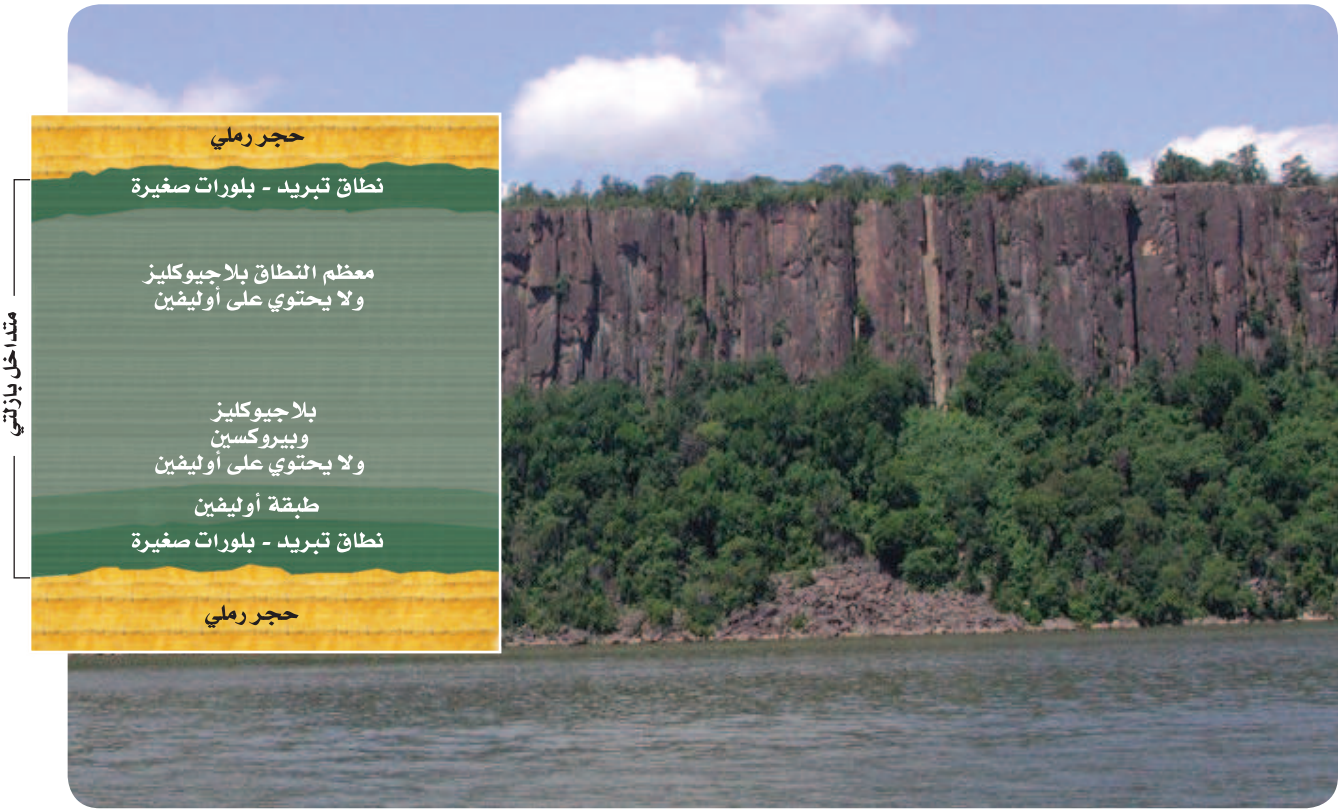
الشكل 3– 2 تبدأ المعادن في الانصهار في منطقة ما بارتفاع درجة الحرارة.

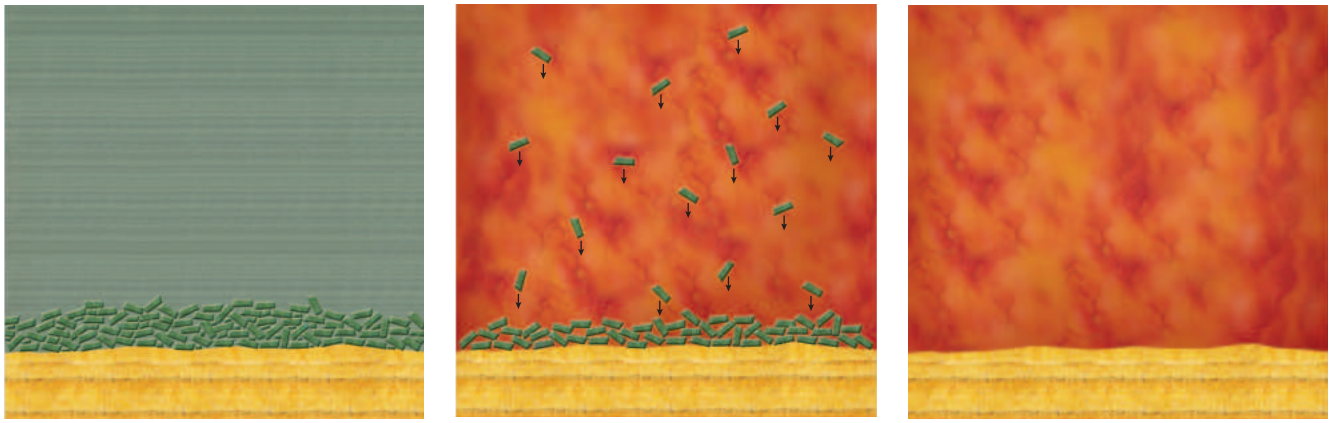
حدد ماذا تتوقع أن تكون درجة انصهار الكوارتز اعتمادًا على هذا الشكل؟

تصور التبلور الجزئي وترسب البلورات

Visualization Fractional Crystallization and Crystal Settling

الشكل 4 – 2 تعتبر عتبة باليسيد (Palisade Sill) في وادي نهر هدسون (Hudson) في نيويورك ونيوجيرسي مثالًا على عملية التبلور الجزئي وترسيب البلورات. ففي العتبة البازلتية تكونت بلورات صغيرة في نطاق التبريد؛ لأن الأجزاء الخارجية من هذا الجسم البازلتي بردت بسرعة أكبر من الأجزاء الداخلية.





مع بدء تبريد الماجما التي اخترقت الطبقات الصخرية تتكون البلورات وتستقر في القاع، وتسمى هذه الطبقية في توزيع البلورات التبلورالجزئي.

التبلور الجزئي Fractional Crystallization

عندما تبرد الماجما تتبلور معادنها بترتيب عكس ترتيب انصهار بلورات المعادن في حالة الانصهار الجزئي، بمعنى أن آخر المعادن انصهارًا تكون أولها تبلورًا.

التبلور الجزئي Fractional Crystalization عملية تصلب بلورات بعض المعادن وانفصالها عن الماجما فتتغير مكوناتها المعدنية. ويوضح **الشكل 4–2** مفهوم التبلور الجزئي من خلال عرض مثال عتبة باليسيد، وباستمرار التبلور الجزئي وانفصال بلورات أخرى من المعادن تصبح الماجما أغنى بعناصر السيليكا والألومنيوم والبوتاسيوم، لذا فإن آخر معدنين يتبلوران هما الفلسبار البوتاسي والكوارتز. الفلسبار البوتاسي أكثر أنواع الفلسبار شيوعًا في القشرة الأرضية، بينما تحتوي العروق على الكوارتز غالبًا كما في **الشكل 5– 2**؛ لأنه يتبلور في أثناء اندفاع الجزء السائل المتبقي من الماجما في الشقوق الصخرية.

الشكل 5– 2 تمثل عروق الكوارتز هذه آخر ما برد وتبلور من الجسم الماجمي المتبقي.

المطويات

ضَمِّن معلومات من هذا الدرس في مطويتك

التقويم 1–2

الخلاصة

- تتكون الماجما من صخور منصهرة وغازات ذائبة وبلورات معدنية.
- تُصنّف الماجما إلى بازلتية أو أنديزيتية أو الريولايتية اعتمادًا على كمية السيليكا التي تحتويها.
- تنصهر المعادن المختلفة وتتبلور عند درجات حرارة مختلفة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **توقع** المظهر الذي يبدو عليه صخر ناري تكوَّن من ماجما بردت بسرعة، ثم ببطء.
2. **اعمل قائمة** بالعناصر الثمانية الرئيسة الموجودة في معظم أنواع الماجما. أضف الرمز الكيميائي لكل عنصر.
3. **لخص** العوامل التي تؤثر في تكوين الماجما.
4. **قارن** بين الماجما واللابة.

التفكير الناقد

5. **توقع** لماذا يصبح مركز الأرض صلبًا بينما درجة الحرارة تزداد نحو مركز الأرض؟
6. **استنتج** السيليكا من مكونات الماجما وتشكلت بعملية الانصهار الجزئي للصخور النارية، هل ستكون مثل الصخور التي تشكلت منها، وضح إجابتك؟

الكتابة في الجيولوجيا

7. اكتب مقالة توضح فيها الآثار الإيجابية والسلبية لخروج الماجما على سطح الأرض؟

2-2

تصنيف الصخور النارية
Classification of Igneous Rocks

تساؤلات جوهرية

- كيف تصنف الصخور النارية وفق مكوناتها المعدنية وأنسجتها؟
- ما أثر معدَّلات التبريد في حجوم البلورات في الصخور النارية؟
- ما استعمالات الصخور النارية؟

مراجعة المفردات

التبلور الجزئي

عملية متعاقبة يتم في أثنائها فصل أول البلورات المتكونة من الصهير، فلا تتفاعل مع الماجما المتبقية.

المفردات الجديدة

الصخور الجوفية

الصخور السطحية

الصخر البازلتي

الصخر الجرانيتي

النسيج

النسيج البورفيري

النسيج الفقاعي

البيجماتيت

الكيمبرليت

الفكرة الرئيسة **يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها.**

الربط مع الحياة هناك شيء مشترك بين أرضيات المباني وجدرانها؛ فالعديد منها من النوع الصخري المعروف بالجرانيت، وهو صخر شائع في القشرة الأرضية.

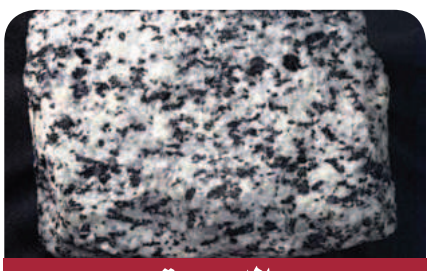
المكونات المعدنية للصخور النارية
Mineral Composition of Igneous Rocks

تُصنف الصخور النارية عمومًا إلى صخور جوفية (متداخلة)، وأخرى سطحية (بركانية)؛ فعندما تبرد الماجما وتتبلور ببطء تحت سطح الأرض تتكوَّن **الصخور الجوفية Intrusive Rocks**، وإذا (حُقنت) الماجما في الصخور المجاورة سمي ما (حُقن) أيضًا بالصخور النارية الجوفية. وبلورات الصخور الجوفية تكون كبيرة عادة، بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وتسمى الماجما التي تبرد وتتبلور على سطح الأرض **صخورًا سطحية Extrusive Rocks**، ويشار إليها أحيانًا بالحرات أو طفوح اللابة أو الطفوح البازلتية. والبلورات التي تتكون في هذه الصخور صغيرة ويصعب رؤيتها بالعين المجردة. ويُصنِّف الجيولوجيون هذه الصخور حسب مكوناتها المعدنية، بالإضافة إلى الخصائص الفيزيائية ومنها حجم البلورات والنسيج وهذا يكون بمثابة مؤشر لتعرّف أنواع الصخور النارية المتنوعة.

تُصنَّفُ الصخور النارية حسب مكوناتها المعدنية؛ **فالصخور البازلتية Basultic Rocks** ومنها الجابرو- صخور نارية لونها غامق، ومحتواها من السيليكا قليل، وتتكون في غالبيتها من الأوليفين والبلاجيوكليز والبيروكسين. أما **الصخور الجرانيتية Granitic Rock** -ومنها الجرانيت- فهي صخور نارية فاتحة اللون ومحتواها من السيليكا كثير، ويتكون معظمها من الكوارتز والفلسبار البوتاسي ونسبة أقل من البلاجيوكليز.

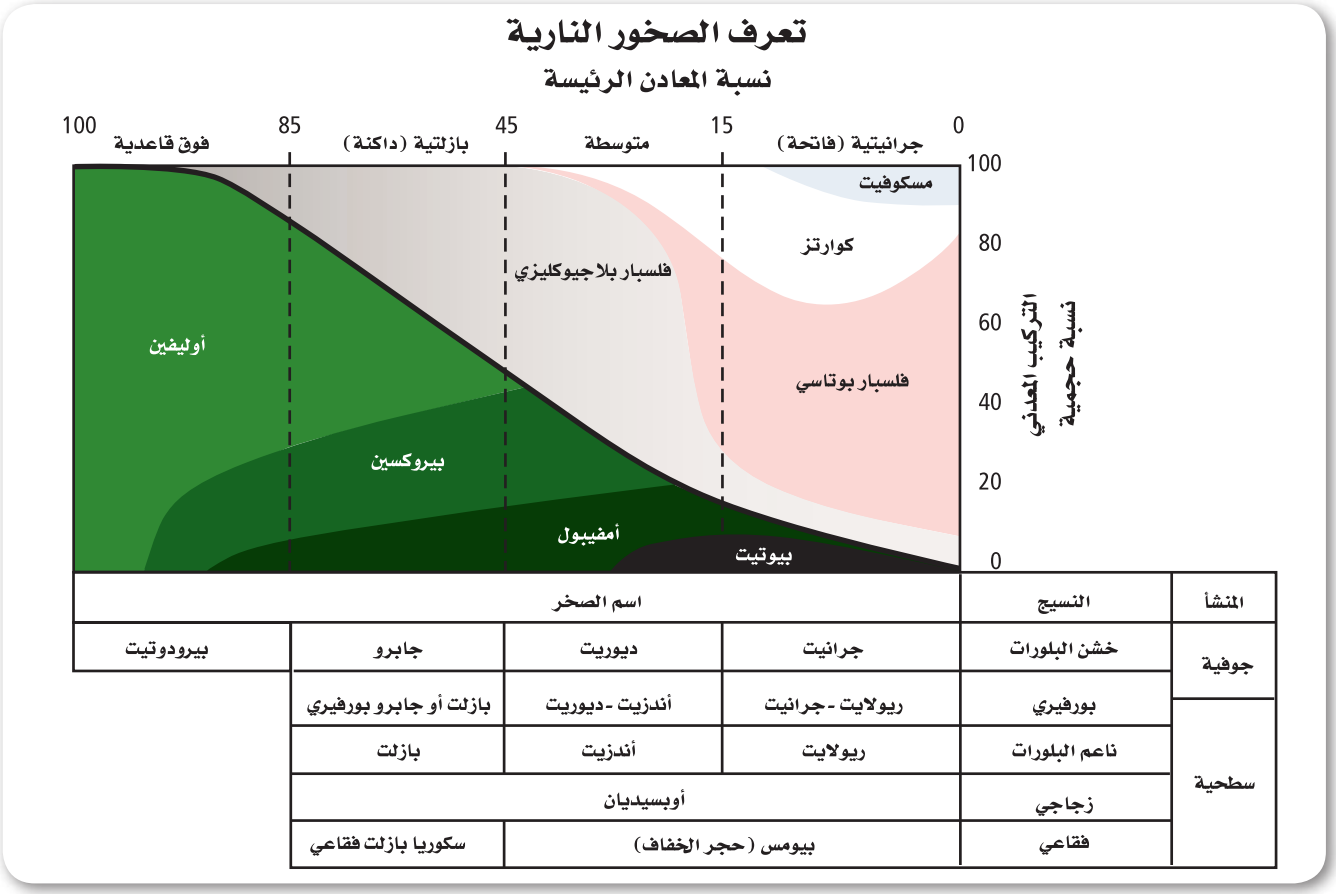
الصخور الوسيطة: تسمى الصخور ذات المكونات المتوسطة بين البازلت والجرانيت بالصخور الوسيطة، ويتكون معظمها من البلاجيوكليز والهورنبلند، ويعد الديوريت مثالًا جيدًا على هذا النوع. ويوضح **الشكل 6- 2** أمثلة على الأنواع الثلاثة من الصخور النارية.

الشكل 6- 2 يمكن ملاحظة الفروق في مكونات الماجما في الصخور التي تتكون عندما تبرد الماجما وتتبلور.
لاحظ صف الفروق التي تشاهدها في هذه الصخور.


الديوريت

الجرانيت

الجابرو



المنشأ	النسيج	اسم الصخر				
جوفية	خشن البلورات	جرانيت	ديوريت	جابرو	بيرودوتيت	
	بورفيري	ريولايت - جرانيت	أندزيت - ديوريت	بازلت أو جابرو بورفيري		
سطحية	ناعم البلورات	ريولايت	أندزيت	بازلت		
	زجاجي	أوبسيديان				
	فقاعي	بيومس (حجر الخفاف)		سكوريا بازلت فقاعي		

الشكل 7 – 2 أنواع الصخور النارية يمكن تعرُّفها من خلال نسب المعادن فيها.

الصخور فوق القاعدية: هناك مجموعة رابعة من الصخور تدعى فوق القاعدية، منها صخر البيرودوتيت. تحتوي هذه الصخور فقط على معادن غنية بالحديد مثل الأوليفين والبيروكسين، وهي دائمًا داكنة اللون. ويلخص **الشكل 7 – 2** آلية تعرُّف الصخور النارية.

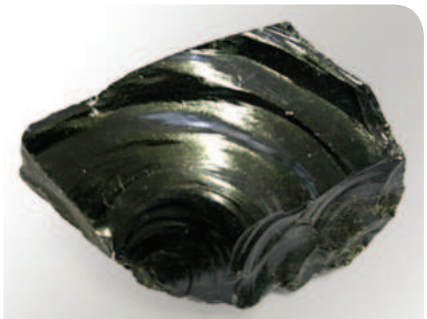
النسيج Texture

كما تختلف الصخور النارية في مكوناتها المعدنية، تختلف أيضًا في حجوم بلوراتها. يشير **النسيج Texture** إلى حجم البلورات التي يتكون منها الصخر، وإلى شكلها وتوزيعها. فعلى سبيل المثال يمكن وصف نسيج الريولايت المبين في **الشكل 8 – 2** بأنه ناعم البلورات، أما الجرانيت فيوصف بأنه خشن البلورات. ويرجع الاختلاف في حجم البلورات إلى أن أحدهما صخر سطحي، والآخر صخر جوفي (متداخل).

الشكل 8 – 2 للريولايت والجرانيت والأوبسيديان أنسجة مختلفة لأنها تكونت بطرائق مختلفة.

الريولايت

الجرانيت


الأوبسيديان

حجم البلـورة ومعدلات التبريـد Crystal size and cooling rates

عندما تتدفق اللابة على سطح الأرض تبرد بسرعة، ولا تتهيأ الفرصة لتشكل بلورات كبيرة، فَتُنتِجُ صخورًا نارية سطحية كالريولايت المبين في **الشكل** 8– 2، بلوراتها صغيرة لا يمكـن رؤيتها بالعين المجـردة، وأحيانًا يحدث التبريد بسرعة كبيرة جدًّا، بحيث لا تتهيأ الفرص لتكوُّن البلورات، وينتج زجاج بركاني يسمى أوبسيديان، كما في **الشكل** 8– 2. وفي مقابل ذلك يمكن للصخور الجوفية –ومنها الجرانيت والديوريت والجابرو– التي تبرد ببطء أن تكون بلوراتها أكبر من 1 cm.

الصخور البورفيرية (السماقية) Porphyritic rocks

انظـر إلى أنسـجة الصخور في **الشـكل** 9– 2. توضـح الصورة العلوية صخرًا يحتوي على بلورات بحجمين مختلفين. يظهر هذا الصخر **نسيجًا بورفيريًّا Porphyritic Texture** وهو نسيج يتميز بوجـود بلورات كبـيرة واضحة المعالم، محاطـة ببلورات صغيرة من المعدن نفسـه أو من معادن مختلفـة. والذي جعلها تتكون في صورة بلورات صغيرة وأخرى كبيرة كلتاهما في صخر واحد.

وتدل الأنسـجة البورفيرية على أن جـزءًا من الماجما مر في البداية بتبريد بطيء في باطن الأرض، حيث نمت فيه البلورات الكبيرة الحجم، ثم قُذفت الماجما فجأة إلى مواقع أعلى في القشرة الأرضية أو على سـطح الأرض، وبدأت الماجما المتبقية تبرد بسرعة مكونة بلورات صغـيرة الحجم تحيط بالبلورات الكبـيرة التي تبلورت من قبل.

الصـخور الفقاعية Vesicular rocks

تحتـوي الماجما على غـازات ذائبـة، تأخـذ في التصاعـد عندمـا ينحسر الضغـط عنها، فتصبـح عندئـذ لابة؛ فـإذا كانت اللابة شـديدة القـوام، فإنها تمنع تصاعد الفقاعات الغازية بسهولة، فتترك الغازات ثقوبًا في الصخر تسـمى فقاعـات، ويبدو الصخر إسـفنجيًّا. ويسـمى هـذا المظهر الإسـفنجي الناتج عن خـروج الغازات من اللابة **نسـيجًا فقاعيًّا Vesicular Texture**. ويعـد كل مـن البيومـس والبازلـت الفقاعي أمثلة على ذلك. انظر **الشكل** 9– 2

ماذا قـرأت؟ فـسر سـبب تكـون الثقـوب في الصخـور النارية.

النسيج البورفيري

بازلت فقاعي

بيومس

الشكل 9– 2 تعطي أنسجة الصخور معلومات عن كيفية تكون الصخر؛ حيث تحتفظ أنسجة هذه الصخور بأدلة عن معدلات التبريد، وكذلك على وجـود الغازات المذابة فيها أو عدم وجودها.

الشكل 10 – 2 يمكن تعرُّف المعادن المكونة للجرانيت باستعمال شرائح رقيقة تحت المجهر المستقطب.

الشرائح الرقيقة Thin Sections

لتعـرُّف الصخر يختبر الجيولوجيون بلورات المعـادن في العينات الصخرية في صـورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهـر. والشريحة الرقيقة قطعة مـن الصخـر سـمكها 0.03 mm تقريبـا، مثبتة عـلى قطعة زجاجيـة بحيث تسـمح بنفاذ الضـوء عبرها. ويوضح الشـكل 10 – 2 مقطع مـن الجرانيت تحت المجهر.

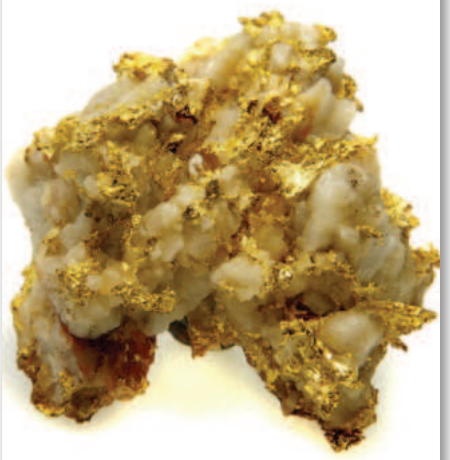
الصخور النارية موارد طبيعية
Igneous rocks as Resources

تتكون أحيانا –في أثناء تبريد الصخور النارية وتبلورها– معادن اقتصادية أو غـير اقتصاديـة. يمكن اسـتعمال هذه المعـادن في مجالات عدة، منهـا البناء وإنتاج الطاقة وصنع المجوهرات. وبعض أشـكال هذه المعادن واسـتعمالاتها موصوفة في الفقرات الآتية:

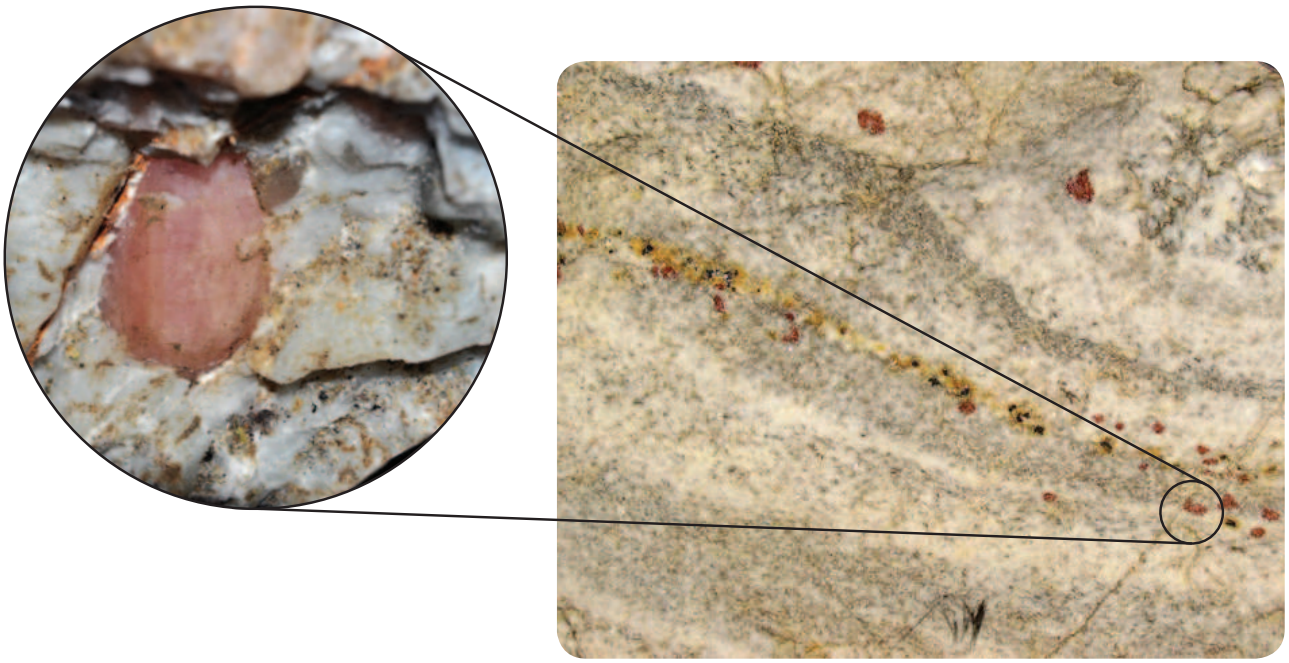
العروق Viens تحتوي الموائع المتبقية من تبلور الماجما على تراكيز عالية من السـيليكا والماء، كما تحتوي على شـوائب أو بقايا مـن عناصر لم تصنف ضمن الصخور النارية؛ فالذهب والفضة والرصاص والنحاس من الفلزات التي لم تتضمنهـا المعادن الشـائعة. تتحرر هـذه العناصر من السـيليكا المذابة في نهاية عمليـة تبلـور الماجما، عـلى هيئة موائع سـاخنة غنيـة بالعناصر، تملأ الشـقوق والفراغـات في الصخور المجـاورة. تتصلب هذه الموائع وتكـوِّن عروقًا غنية بمعادن أو فلزات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الحاملة للذهب في مهـد الذهـب في المملكـة العربيـة السـعودية. ويبين **الشـكل 11 – 2** ذهبًا متكونًا في عروق الكوارتز.

الشكل 11 – 2 يستخرج الذهب والكوارتز معا من المناجم، ثم يفصلان لاحقا.

استدل مـا الـذي يمكنـك تحديـده مـن هذه الصورة عن درجة انصهار الذهب؟



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



الشكل 12– 2 عرق البيجماتيت يخترق صخور الجرانيت، وفيه بلورات جميلة.

البيجماتيت Pegmatites يمكن أن تحتوي ترسبات العروق على موارد قيّمة، بالإضافة إلى الفلزات، وتسمى العروق التي تحتوي على معادن حبيباتها خشنة جدًّا **البيجماتيت Pegmatites**. ويمكن أن تحتوي صخور البيجماتيت على خامات العناصر النادرة، ومنها الليثيوم Li والبيريليوم Be، فضلًا عن احتوائها على بلورات جميلة كما يتضح في **الشكل 12– 2**. ولأن هذه العروق تملأ الكهوف وشقوق الصخور فإن المعادن تنمو في الفراغات محتفظة بأشكالها؛ فقد وجدت بعض المعادن الأكثر جمالًا في العالم في البيجماتيت، ويوجد البيجماتيت في مناطق مختلفة جنوب الجزيرة العربية وغربها على هيئة قواطع في صخور جرانيتية.

مختبر حل المشكلات 1–2 *

تفسير الأشكال العلمية

كيف يمكنك تقدير المحتوى المعدني؟

تصنف الصخور النارية اعتمادًا على محتواها المعدني. ستستخدم في هذا النشاط الشريحة الرقيقة الموضحة في **الشكل 10– 2** لتقدير نسب المعادن المختلفة في العينة.

التحليل

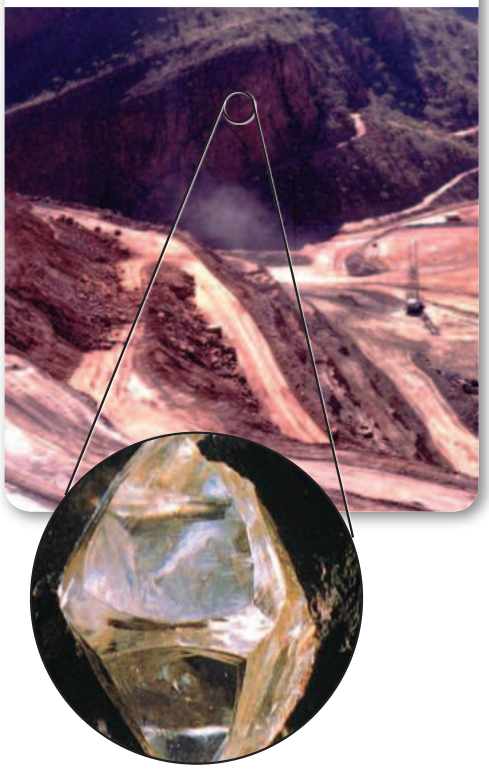
1. **صمم** طريقة لتقدير نسب المعادن في العينة الصخرية في **الشكل 10– 2**.
2. **اعمل** جدول بيانات يضم المعادن، ونسبها المقدرة.

التفكير الناقد

3. **حدد** باستخدام **الشكل 7– 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 تقديرك.

* مختبر حل المشكلات للاطلاع فقط.

الشكل 13 – 2 يستخرج الألماس من الكمبرليت في منجم في جنوب إفريقيا.



الكيمبرليت Kimberlites الألماس معدن قيِّم، نادر الوجود، يوجد في الصخور المسماة **كيمبرليت** Kimberlite وهي صخور فوق قاعدية نادرة تحتوي تحديدا على الألماس ومعادن أخرى، تكونت تحت ضغط هائل جدًّا. وتسمى بهذا الاسم نسبة إلى مدينة كيمبرلي في جنوب إفريقيا. وتعد هذه الصخور غير العادية أحد أنواع البيرودوتيت. وتتكون هذه الصخور على الأرجح في أعماق القشرة الأرضية، أو في الوشاح على أعماق تتراوح بين 150 km و300 km؛ لأن الألماس الذي تحويه هذه الصخور مع معادن أخرى لا يمكن أن يتكون إلا تحت ضغط عال جدًّا.

وضع الجيولوجيون فرضية مفادها أن ماجما الكيمبرليت قد حُقنت بسرعة إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض، مشكِّلةً تراكيب طويلة ضيقة في صورة أنابيب. وتمتد هذه التراكيب عدة كيلومترات في القشرة الأرضية، تتراوح أقطارها بين 100 m و 300 m. ومعظم ألماس العالم يأتي من مناجم جنوب إفريقيا. انظر **الشكل** 13 – 2.

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

التقويم 2–2

الخلاصة

- يعتمد تصنيف الصخور النارية على ثلاث خصائص رئيسة.
- يحدد معدل التبريد حجم البلورة.
- يكثر وجود الخامات في البيجماتيت. ويوجد الألماس في الكيمبرليت.
- تستخدم بعض الصخور النارية كمواد بناء؛ بسبب متانتها واستمرارها وجمالها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **استدل** لماذا يعد التركيب الكيميائي للأوبسيديان الأسود أو الأحمر تركيبًا جرانيتيًا؟
2. **صف** مجموعات الصخور النارية الثلاث الرئيسة.
3. **طبق** ما تعرفه عن معدلات التبريد في توضيح الاختلاف في حجوم البلورات.
4. **ميز** بين الأندزيت والديوريت من خلال خاصيتين فيزيائيتين من خصائص الصخور النارية.

التفكير الناقد

5. **فكر** لماذا لا توجد صخور جوفية فوق قاعدية عادة في صخور القشرة الأرضية.
6. **حدد** أيهما أكثر قابلية لتكوين بلورات مكتملة الأوجه في الصخور النارية: الكوارتز أم فلسبار البلاجيوكليز؟ وضح إجابتك.

الرياضيات في الجيولوجيا

7. قطعة جرانيت كثافتها $2.7 g/cm^3$، صنع منها طاولة مطبخ مستطيلة، سمكها 2 cm، وبُعداها $0.6 m \times 2.5 m$ ؟ ما كتلتها بالجرام؟

الجيولوجيا والبيئة *
Geology and the Environment

صخور القمر Moon Rocks

جمعت عيِّنات صخرية في كل رحلة من الرحلات الست لأبولّو للحصول على معلومات عن نشأة القمر وتاريخه وبيئته. فيم تتشابه صخور القمر وصخور الأرض؟ وفيم تختلف؟

أنواع صخور القمر جَمَعَ رواد الفضاء بين عامي 1969 و 1972م ما يقارب 380 kg من صخور القمر، ويتراوح حجم العينات البالغ عددها 2415 عيّنة بين حجم حبة الرمل وحجم كرة السلة.

تتراوح صخور القمر في ألوانها ما بين الرمادي والأسود والأبيض والأخضر، كذلك تختلف في نسيجها؛ فبعضها زجاجي، والبعض الآخر قاس، وبعضها هش. وقد كشفت تحاليل الصخور أن هناك ثلاثة أنواع من الصخور على سطح القمر؛ وهي صخور البازلت التي تكونت من الرماد البركاني واللابة التي وصلت إلى سطح القمر من خلال الشقوق والتي تكونت بسبب ارتطام النيازك بسطح القمر. وصخور البريشيا التي تكونت عندما حطمت النيازك الصخور، وصهرت القطع معًا بفعل الحرارة الناجمة عن الارتطام. أما صخر البريستين فلم ينتج عن ارتطام النيازك، بل هو صخر شائع رمادي اللون، يتكون من الفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالكالسيوم ذي اللون الرمادي.

مكونات صخور القمر تتميز صخور القمر عن غيرها بأمرين؛ 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 ومجواة، وثانيهما أن بعض سطوح صخور القمر مغطى ببثور (كبثور الجدري) تسمى حفر زاب (Zappits)، وتنتج هذه البثور عن ارتطام قطع نيزكية مجهرية بصخور سطح القمر، وهذه غير موجودة على سطوح صخور الأرض؛ إذ تحترق في الغلاف الجوي قبل وصولها إلى سطح الأرض.

تصنيف صخور القمر يستعمل العلماء في تصنيف صخور القمر الخصائص نفسها المستعملة في تصنيف صخور الأرض، وقد سمَّى العلماء فئة جديدة من صخور القمر "كريب" (KREEP)، اعتمادًا على المكونات المعدنية؛ لكونها تحتوي على كميات كبيرة من البوتاسيوم (K) والعناصر الأرضية النادرة (REE) والفوسفور (P)،

الشكل 14 – 2 قطعة من البازلت الذي جُمع من سطح القمر خلال رحلة أبولّو.

وهي أكثر إشعاعًا من صخور الأرض؛ لأنها تحتوي على ثوريوم أكثر.

أبحاث صخور القمر ما زالت الأبحاث مستمرة على صخور القمر؛ حيث تمت حماية تلك العينات من التأكسد، بوضعها في أقبية من الفولاذ المضاد للصدأ في جو جاف من النيتروجين؛ لإبقائها بعيدة عن الرطوبة والصدأ. وما زال العلماء يطرحون الأسئلة عن هذه الصخور وهم يدرسون نشأة القمر وتاريخه.

الكتابة في الجيولوجيا

لعبة صخر قمري استعمل الموارد المتاحة لتصميم لعبة تتضمن جمع عينات صخور قمرية وتحليلها من قبل العلماء. تبادل الألعاب مع زملائك لكي تزيد من فهمك للصخور القمرية.

* الجيولوجيا والبيئة للاطلاع فقط.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك

نموذج تكون البلورات

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

سؤال: كيف تتبلور المعادن من الماجما؟

الأدوات

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

احتياطات السلامة

احذر: محلول الشب قد يسبب تهيج الجلد ويصب ساخنًا في أطباق بتري. إذا لامس المحلول 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 الحار في أطباق بتري، كل عضو في المجموعة سيختار طبق بتري في مكان محدد مسبقًا لمراقبته في أثناء الاستقصاء. تأكد من موافقة معلمك على الخطة المقترحة للعمل.
3. ضع طبق ورق مقوى أسود على سطح مستوٍ، وتأكد أنك وضعته في المكان المحدد مسبقًا، وضع أطباق بتري فوق الورق المقوى.
4. استعمل كأسًا زجاجية للحصول على حوالى 150 mL من محلول الشب فوق المشبع من معلمك. درجة حرارة المحلول دون درجة الغليان، أي حوالي 95°C – 98°C.

5. املأ كل طبق من أطباق بتري إلى نصفه بالمحلول 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 تتكون.

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 شيوعًا، وقارن بين رسمك ورسوم المجموعات الأخرى. صف أي نمط لاحظته في رسوم المجموعات الأخرى.
4. **استنتج** العوامل المؤثرة في حجم البلورات (الأطباق المختلفة). كيف عرفت ذلك؟
5. **فسر** لماذا يختلف شكل البلورات عند نموها؟
6. **قارن** بين هذه التجربة وتبلور الماجما في الطبيعة.
7. **قوِّم** العلاقة بين معدل التبريد وتكون البلورات.

شارك بياناتك

راجع مع أقرانك وضع ملخصًا لبياناتك، ثم قارنها مع الطلبة في الصف.

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

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

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2–1 ما الصخور النارية؟	
اللابة الصخور النارية الانصهار الجزئي التبلور الجزئي	**الفكرة الرئيسة** الصخور النارية صخور تتكون عندما تبرد المواد المنصهرة في باطن الأرض وتتبلور. • تتكون الماجما من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معادن. • تصنف الماجما إلى بازلتية وأندزيتية وريولايتية؛ اعتمادًا على نسبة السيليكا في كل نوع. • المعادن المختلفة تنصهر وتتبلور عند درجات حرارة مختلفة.
2–2 تصنيف الصخور النارية	
الصخور الجوفية (المتداخلة) الصخور السطحية الصخر البازلتي الصخر الجرانيتي النسيج النسيج البورفيري النسيج الفقاعي البيجماتيت الكيمبرليت	**الفكرة الرئيسة** يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها. • تصنف الصخور النارية اعتمادًا على خصائصها. • يعتمد حجم البلورات على معدل التبريد. • غالبًا توجد الخامات في البيجماتيت، والألماس في الكيمبرليت. • تستخدم بعض أنواع الصخور النارية في البناء؛ لقساوتها، وتحملها للضغط، ولجمالها.

مراجعة المفردات

ضع المصطلح العلمي الصحيح مكان الكلمات التي تحتها خط فيما يأتي:

1. تتصاعد الغازات من الماجما مع تدفقها على سطح الأرض.
2. تتميز الصخور الجرانيتية بلونها الغامق ومحتواها القليل من السيليكا.
3. تتكون اللابة في الأعماق تحت القشرة الأرضية.

املأ الفراغ في الجمل الآتية بالمفردات الصحيحة:

4. يسمى النسيج الناري الذي يمتاز باحتوائه على بلورات كبيرة في أرضية من البلورات الصغيرة .....
5. يقال عن الصخور النارية التي تتكون في ظروف تبريد سريعة إنها .....
6. يقال عن الصخور الفاتحة اللون ذات البلورات كبيرة الحجم إنها .....

تثبيت المفاهيم الرئيسة

7. ما أول المعادن التي تتكون عندما تبرد الماجما؟

a. الكوارتز. c. الفلسبار البوتاسي.
b. المايكا. d. الأوليفين.

استعمل الصورتين أدناه في الإجابة عن السؤال رقم 8.

8. ما العملية التي حدثت؟

a. الانفصال الجزئي. c التبلور الجزئي.
b. الفصل البلوري . d. الانصهار الجزئي.

9. أي أنواع الماجما تحتوي كمية أكبر من السيليكا؟

a. البازلتية. c. الريولايتية.
b. الأندزيتية. d. البيردويتية.

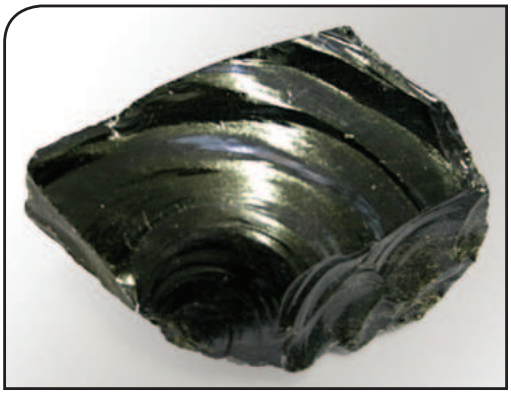
10. أي العوامل الآتية لا يؤثر في تكون الماجما؟

a. الحجم. c. الضغط.
b. درجة الحرارة. d. المكونات المعدنية.

11. أي الصخور السطحية الآتية لها مكونات الديوريت نفسها؟

a. الريولايت. c. الأوبسيديان.
b. البازلت. d. الأندزيت.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال رقم 12.



12. أي العمليات كونت هذا الصخر؟

a. تبريد بطيء. c. تبريد سريع جدًّا.
b. تبريد سريع. d. تبريد بطيء ثم سريع.

13. أي أنواع الصخور فوق القاعدية تحتوي أحيانًا على الألماس؟

a. البيجماتيت. c. الجرانيت.
b. الكيمبرليت. d. الريولايت.

14. لمعدلات التبريد السريعة أثر في حجم البلورات في الصخور النارية، حيث تكوّن:

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

مراجعة الفصل 2

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

a. الماجما.
c. اللابة.
b. الجوفية.
d. السطحية.

16. أي المعدنين أكثر شيوعًا في الجرانيت؟

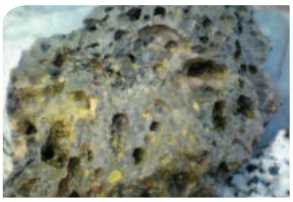
a. الكوارتز والفلسبار.
b. الأوليفين والبيروكسين.
c. الفلسبار البلاجيوكليزي وأمفيبول.
d. الكوارتز والأوليفين.

أسئلة بنائية

17. **اعمل قائمة** ببعض استخدامات الصخور النارية في صناعة البناء.

18. **فسر** كيف ولماذا؟ يختلف الفلسبار البلاجيوكليزي في الصخور البازلتية عنه في الصخور الجرانيتية؟

استعمل الصورين الآتيتين للإجابة عن السؤالين 19 و 20.



19. **ارسم** مخططا انسيابيًّا لتوثيق عملية تكون الثقوب في عينة البازلت الفقاعي.

20. **فكر** في الأسباب التي تجعل عينة البيومس (حجر الخفاف) تطفو فوق سطح الماء.

التفكير الناقد

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

22. **قوّم** هذه العبارة: من الممكن أن يكون محتوى الماجما من السيليكا كبيرًا، مقارنة بالصخر الذي تكون منها.

23. طبق ما تعرفه عن صلابة المعادن لتفسير عدم خدش سكاكين الفولاذ غير القابل للصدأ ألواح قطع الجرانيت؟

24. **استدل** تعد صخور الكيمبيرليت مصدر معظم الألماس. لماذا يدرس العلماء صخور الكيمبيرليت ليتعرفوا المزيد عن وشاح الأرض؟

25. **قوّم** تتكون الصخور عمومًا من المعادن، وعندما يبرد الصخر المنصهر بسرعة كبيرة يتحول إلى زجاج، والزجاج البركاني عبارة عن صخر ناري سطحي. قوّم ما إذا كان هذا الصخر يحتوي على المعادن، وفسّر إجابتك.

(ملاحظة: تذكر تعريف المعدن في الفصل الأول).

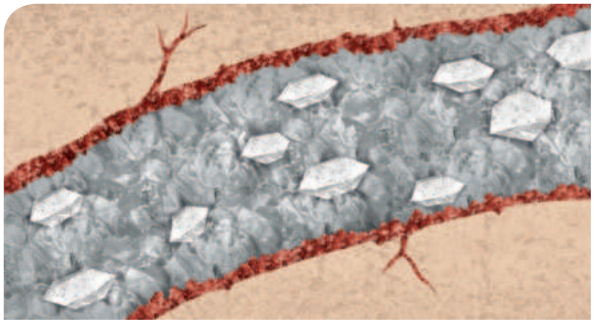
26. **كوّن فرضية** كيف تبدو عتبة باليسيد لو كان تركيب الماجما جرانيتيًّا؟

خريطة مفاهيمية

27. استعمل المفردات الآتية لعمل خريطة مفاهيم تبين العلاقات بين المواقع في القشرة الأرضية والوشاح وحجم البلورات ونوع الصخر: سريع، بطيء، الأبطأ، جوفي، سطحي، ماجما، لابة، جرانيت، ريولايت، بازلت، جابرو، أوبسيديان، بيومس.

سؤال تحدٍّ

استعمل الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال رقم 28.



28. **حدد** يوضح الشكل مقطعًا عرضيًّا لعرق في صخر ناري. ما مراحل تكوُّن هذه الوحدة الصخرية؟

اختبار مقنن

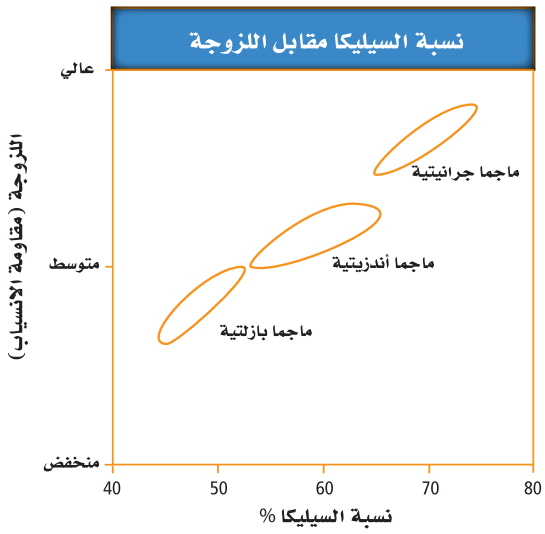
اختيار من متعدد

استعمل الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2

خصائص الصخور			
	اللون	محتوى السيليكا	المكونات
الصخر A	فاتح	مرتفع	كوارتز وفلسبار
الصخر B	غامق	منخفض	حديد وماغنيسيوم

1. ما نوع الصخر الأكثر شبهًا بالصخر A؟
   a. الجرانيت. c. البيردوتيت.
   b. البازلت. d. الديوريت.
2. ما نوع الصخر B؟
   a. الجرانيت. c. الجابرو.
   b. الديوريت. d. البيجماتيت.
3. أي المواد الآتية أكثر وفرة في الماجما، ولها تأثير كبير في خصائصها؟
   a. O. c. Al.
   b. Ca. d. SiO_2.
4. ما العملية التي تصف انتقال بلورات المعادن وانفصالها عن الماجما؟
   a. الانصهار الجزئي. c. المهال الحراري.
   b. التبلور الجزئي. d. الانفصال الجزئي.
5. أي الخصائص الآتية لا تُستعمل في تعرُّف المعادن؟
   a. القساوة. c. الكثافة.
   b. اللون. d. الحجم.

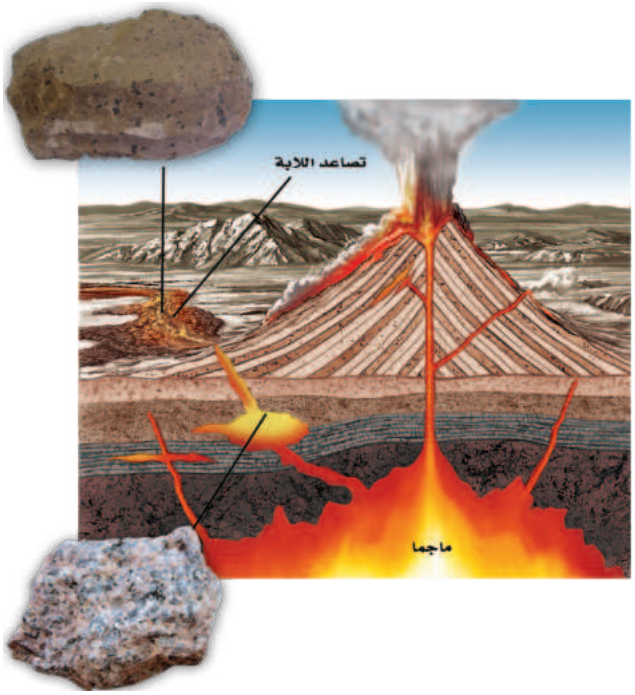
استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 6و7.



6. ما العلاقة التي يمكن استخلاصها من الرسم البياني؟
   a. الماجما التي تحتوي على سيليكا أكثر تكون أعلى لزوجة.
   b. الماجما التي تحتوي على سيليكا أقل تكون أعلى لزوجة.
   c. لزوجة الماجما منخفضة دائمًا.
   d. لا توجد علاقة بين محتوى السيليكا واللزوجة.
7. ما العبارة الصحيحة حول الماجما الريولايتية؟
   a. أثقل من النوعين الآخرين من الماجما.
   b. أخف من النوعين الآخرين من الماجما.
   c. تنساب بسرعة أكبر من النوعين الآخرين من الماجما
   d. تنساب أبطأ من النوعين الآخرين من الماجما.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 10 – 8



8. ما نوع الصخر المبين أسفل الصورة. أعط مثالًا على صخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع؟
9. ما نوع الصخر المبين أعلى الصورة. أعط مثالًا 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 طبيعيًّا، ومن أصل غير عضوي؟
12. لماذا تصنف بعض المعادن على أنها أحجار كريمة؟

القراءة والاستيعاب

براكين قاع المحيط

تتصاعد أعمدة الرماد البركاني وقطرات الكبريت المنصهر، ويتجمع الروبيان على وليمة من الأسماك التي قتلتها اللابة المتدفقة من فوهة البركان. هذا وصف لمشهد من فيلم تم تصويره مؤخرًا تحت سطح الماء غرب المحيط الهادي.

المناظر التي يعرضها هذا الفيلم حقيقية، التقطت لبركان نشط من البراكين التي شكلت أقواس الجزر البركانية.

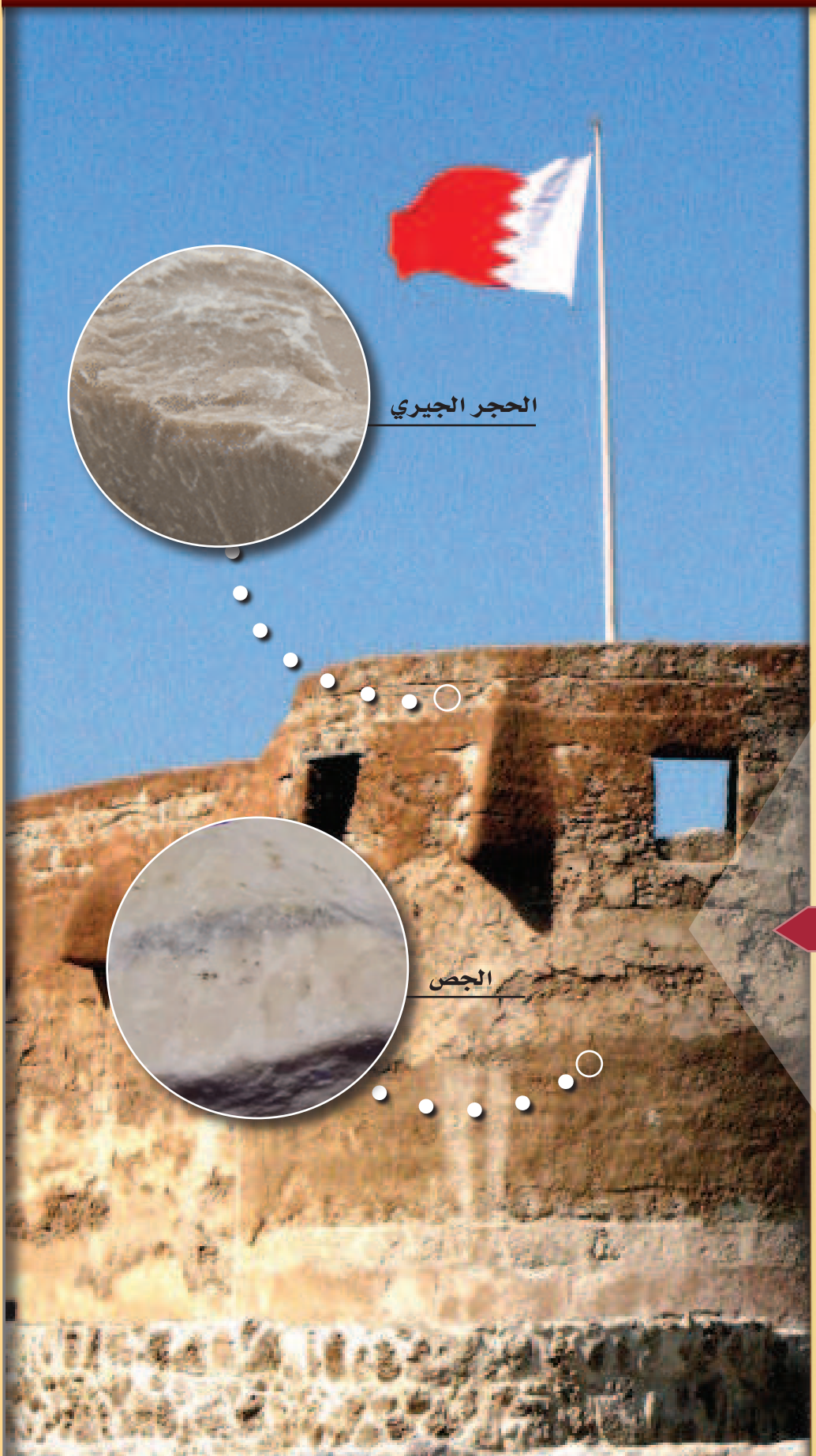
تحدث هذه البراكين بمحاذاة الأخاديد البحرية؛ حيث تنزلق صفيحة أرضية تحت صفيحة أخرى. وفي مقابل البراكين التي تحدث عند ظهر المحيط حيث تتباعد الصفائح عن بعضها، فإن المقذوفات البركانية عند الأخاديد تتراكم بعضها فوق بعض حيث ترتفع الجبال البركانية تدريجيًّا حتى تصل فوق سطح الماء، وتشكل الجزر البركانية. لقد مكنت التقنيات الحديثة العلماءَ من دراسة النشاط البركاني عند أقواس الجزر البركانية عن قرب، مما مكَّنهم من الحصول على معلومات واقعية عن عمليات تكون بعض هذه الجزر، ومنها جزيرة ماريانا . تم رصد النشاط البركاني لجزيرة ماريانا للمرة الأولى عام 2004، ورغم أن النشاط البركاني في الجزيرة يحدث بمعدل ثابت وضعيف إلا أن ذلك لا يعني أنه كان نشطًا 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 لإلقاء نظرة واقعية على العمليات التي تشكل الجزر البركانية.
   b. تكشف أن البراكين يمكن أن تستمر في الثوران عقودًا 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 مواقع مختلفة تحت سطح الماء.

الفصل 3

الصخور الرسوبية و المتحولة
Sedimentary and Metamorphic Rocks



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

3–1 تشكل الصخور الرسوبية

الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور الرسوبية من تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.

3–2 أنواع الصخور الرسوبية

الفكرة الرئيسة تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.

3–3 الصخور المتحولة

الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لارتفاع في درجة الحرارة والضغط والمحاليل الحرمائية.

حقائق جيولوجية

قلعة البحرين

- تقع قلعة البحرين على الشاطئ في الجهة الشمالية من جزيرة البحرين.
- بنيت في القرن الرابع الميلادي على مبانٍ تعود لفترات مختلفة.
- تتكون من أربعة أبراج دائرية بنيت بالأحجار الجيرية المتواجدة في مملكة البحرين، وممسوحة بالجص.

تجربة استهلالية

ما الذي حدث هنا؟

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

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ادرس **صورة لمجموعة آثار أقدام حُفظت في صخور رسوبية**.
3. اكتب وصفًا تبين فيه احتمال كيفية تكوُّن هذه الآثار.
4. ارسم مخططًا لمجموعة آثار أقدام أحفورية سجلت تفاعل المخلوقات الحية مع البيئة.
5. أعط مخططك إلى طالب آخر، واطلب إليه تفسير ما حدث.

التحليل

1. **حدد** عدد الحيوانات التي خلَّفت هذه الآثار.
2. **استدل** على المعلومات التي يمكن الحصول عليها من دراسة آثار الأقدام الأحفورية.
3. **فسر** هل إجابتك تشبه إجابات زملاءك بالصف؟ ما الذي أدّى إلى وجود اختلافات في التفسير؟

بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

- استيعاب مفهوم كل من الرسوبيات، التصخر، التجوية وأنواعها، التطبق وأنواعه.
- تتبع مراحل تشكل الصخور الرسوبية.
- توضيح عملية التصخّر وأهميتها في تكون الصخور الرسوبية.
- وصف معالم الصخور الرسوبية وتفسير نشأتها.
- استيعاب مفهوم كل من الصخور الرسوبية الفتاتية، الفتات الصخري، المسامية، المتبخرات.
- وصف أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية من حيث حجم حبيباتها ومكوناتها المعدنية.
- توضيح كيفية تشكل الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية.
- مناقشة خصائص الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية وأماكن وجودها.
- تعرُّف الصخور المتحولة وأنواعها.
- المقارنة بين أنواع الصخور المتحولة وأسباب تشكلها.
- التمييز بين أنسجة التحول في الصخور المتحولة.
- مناقشة الأهمية الاقتصادية للصخور المتحولة.

جيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع

www.moe.gov.bh

تشكّل الصخور الرسوبية

Formation of Sedimentary Rocks

تساؤلات جوهرية

- **كيف** تتشكّل الصخور الرسوبية؟
- **كيف** تتم عملية التصخّر؟
- **ما** مظاهر الصخور الرسوبية؟

مراجعة المفردات

النسيج: المظهر الفيزيائي للصخر أو ملمسه.

المفردات الجديدة

الرسوبيات
التجوية
التجوية الكيميائية
التجوية الفيزيائية
التصخّر
التراص
السمنتة
التطبّق
التطبّق المتدرّج
التطبّق المتقاطع

الفكرة الرئيسة **تنشأ الصخور الرسوبية من تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.**

الربط مع الحياة قد ترى قطعا مكسرة من الصخر والرمل والتربة على الأرض. ما الذي حدث لهذه المواد؟ وماذا يحدث لها مستقبلاً؟

التجوية والتعرية Weathering and Erosion

يتكسّر الصخر الظاهر على سطح الأرض أو يتفتت بالتجوية باستمرار. والتجوية مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تفتت الصخر إلى قطع أصغر. أما **الرسوبيات Sediment** فهي قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسَّبت بفعل المياه أوالرياح أوالجليديات أوالجاذبية. وعندما تلتحم الرسوبيات بعضها مع بعض تشكل الصخور الرسوبية. ويمكن القول إن الصخور الرسوبية تأخذ في التشكل عندما تنتج الرسوبيات عن عمليات التجوية والتعرية.

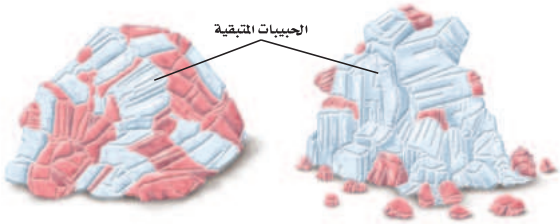
التجوية Weathering **التجوية Weathering** عملية تكسر «تفتت» المواد وتغيرها على سطح الأرض أو تحته بقليل، وينتج عنها فتات من الصخور والمعادن يعرف بالرسوبيات. ويتراوح حجم هذه الرسوبيات بين كتل ضخمة وحبيبات مجهرية.

وهناك نوعان من التجوية الأول يعرف **بالتجوية الكيميائية chemical weathering** وهي عملية تخضع فيها الصخور والمعادن لتغيرات في مكوناتها الكيميائية لتفاعلها كيميائيا مع الأحماض والماء والأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون. ويحدث خلالها تغير معادن الصخر الأقل استقرارًا. فما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوية؟

وأما النوع الثاني فيعرف **بالتجوية الفيزيائية physical weathering** وهي عملية تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجمًا، دون أن تتغير كيميائيًّا. وتسمى أيضا التجوية الميكانيكية. ويوضح **الشكل 1–3** صخرًا تجوّى كيميائيًّا وفيزيائيًّا.

الشكل 1–3 عندما يتعرض الجرانيت لنوعي التجوية الكيميائية والفيزيائية يتفتت في النهاية، ويمكن أن يصبح كالجرانيت المتحلل، كما تشاهده في الشكل.

فسر أي المعادن الثلاثة :الكوارتز، أو الفلسبارأو المايكا أكثر مقاومة للتجوية؟



التعرية Erosion تسمى عملية إزالة الرسوبيات ونقلها بالتعرية. ويوضح **الشكل 2–3** عوامل التعرية الأربعة: الرياح والمياه الجارية والجاذبية والجليديات. والجليديات كتل ضخمة من الجليد المتحرك عبر اليابسة. وأنت تستطيع أن ترى من حولك علامات واضحة للتعرية، ومن ذلك مياه الجداول والأنهار التي تصبح موحلة أو عكرة بعد العاصفة المطرية، لأن حبيبات الغرين والطين التي تعرضت للتعرية اختلطت بهذه المياه. ويمكن ملاحظة عملية التعرية مباشرة عندما تعصف الرياح بالتربة في ساحة رملية؛ إذ تزيل قوة الرياح الرمال وتحملها معها. وبعد تجوية الصخور تنقل غالبًا إلى أماكن جديدة من خلال عملية التعرية، حيث تُحمل المواد التي تعرضت للتعرية وتنقل دائمًا نحو المناطق المنخفضة أسفل المنحدر بتأثير الجاذبية الأرضية.

ماذا قرأت؟ لخص ما يجري في أثناء عملية التعرية.

الشكل 2–3 تتعرض الصخور والرسوبيات للتعرية والنقل بتأثير عوامل التعرية الرئيسة: الرياح والمياه الجارية والجاذبية الأرضية والجليديات.

الرياح

المياه الجارية

الجاذبية

الجليديات

تجربة 3–1

نموذج لتطبّق الرسوبيات

كيف تتشكّل الطبقات في الصخور الرسوبية؟

توجد الصخور الرسوبية عادة على شكل طبقات. ستلاحظ في هذا النشاط كيف تتشكّل الطبقات من ترسب حبيبات في الماء.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل على $100\ cm^3$ من **الرسوبيات** من مكان يحدده معلمك.
3. ضع الرسوبيات في قنينة لها غطاء سعته 200 ml.
4. أضف الماء للقنينة حتى ثلاثة أرباعها.
5. أغلق القنينة بالغطاء بإحكام.
6. احمل القنينة بكلتا يديك واقلبها عدة مرات لخلط الماء والرسوبيات معًا، ودع القنينة مقلوبةً قبل أن تضعها معتدلةً على سطح مستوٍ.
7. دع القنينة 5 دقائق تقريبًا.
8. لاحظ عملية الترسيب.

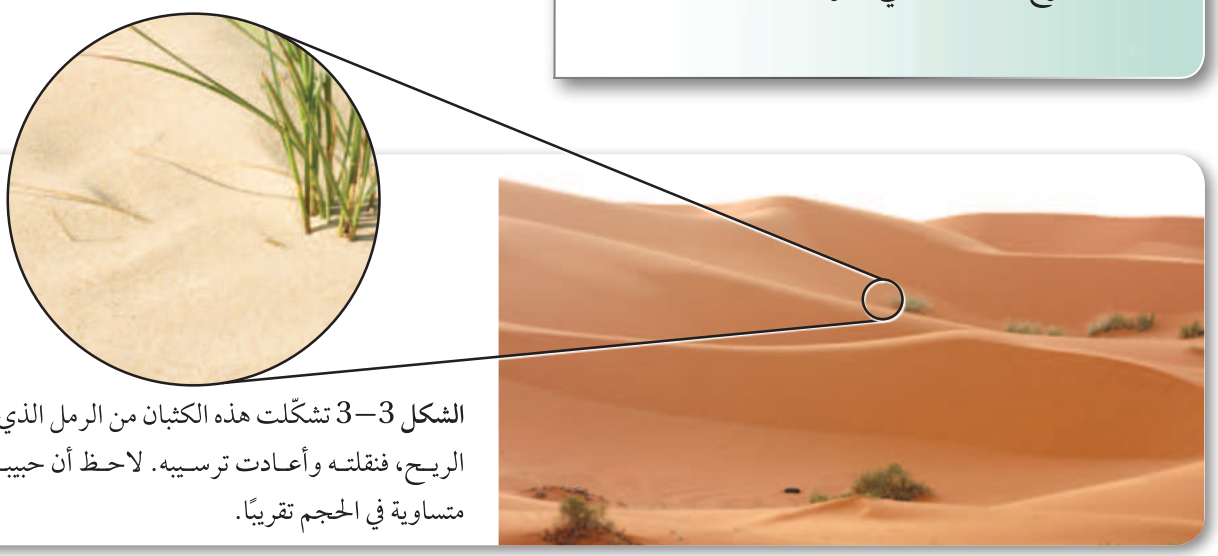
التحليل

1. **وضح** ما لاحظته على شكل مخطط.
2. **صف** نوع الحبيبات التي ترسبت أولًا في قاع القنينة.
3. **صف** نوع الحبيبات التي تكوّن الطبقات العليا.

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 القنينة المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحبيبات الصغرى في الأعلى. وبالمثل، تترسب الرسوبيات في الطبيعة عندما يتوقف عامل النقل أو تقل سرعته. فعندما يتوقف هبوب الرياح، أو عند دخول نهر مياهًا هادئة في بحيرة أو محيط تترسب الرسوبيات المحمولة مكونةً طبقات من الرسوبيات، حيث تكون 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 الأكبر، ثم الأصغر وهكذا، بحيث تُفرز الحبيبات المتساوية الحجوم في طبقات. أما الرياح فلا تحرك إلا على الحبيبات الصغيرة. ولهذا، تتكون الكثبان الرملية في العادة من الرمل الناعم جيد الفرز، كما في **الشكل 3–3**. ولكن ليست جميع الرسوبيات مفروزة؛ فالجليديات مثلًا تحمل جميع المواد على اختلاف حجومها بالقدر نفسه؛ إذ تحمل الصخور الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصهر فإنها تلقيها دفعة واحدة على هيئة كومة غير مفروزة.



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

التصخّر 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 يزداد الضغط على الطبقات السفلى، فتزداد درجة حرارتها، وتسبب هذه الظروف تصخّر الرسوبيات، **والتصخر Lithification** عمليات فيزيائية وكيميائية تؤدي إلى تماسك الرسوبيات وتكوُّن صخر رسوبي. والمقطع الأول من كلمة التصخر بالإنجليزية lithification وهو lithify مأخوذ من الكلمة اليونانية lithos، وتعني الحجر. ويشمل التصخر مجموعة عمليات هي، الدفن والتراص والسمنتة.

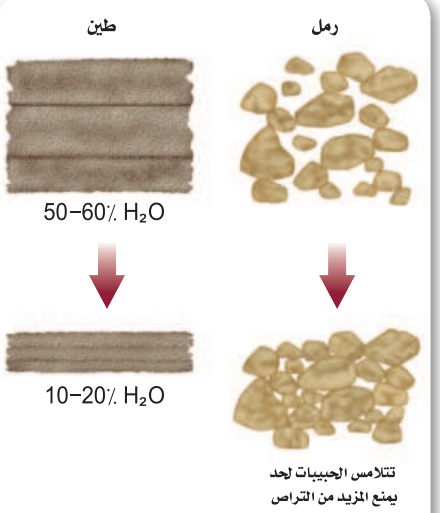
الدفن burial عملية مستمرة ومتزامنة مع عملية الترسيب، حيث يتم تغطية الرواسب القديمة تحت الطبقات الحديثة، وبمرور الزمن يزداد إنطمار الرسوبيات ودفنها.

التراص Compaction يؤدي زيادة وزن الرسوبيات العلوية إلى زيادة الضغط الواقع على الطبقات السفلية فتحدث عملية **التراص Compaction**، وتتمثل في تقارب حبيبات الرسوبيات بعضها إلى بعض، مما يترتب عليه تغيرات فيزيائية وخروج المياه الموجودة بالفراغات **الشكل 4–3**. فطبقات الطين تحوي 60% من حجمها تقريبًا من الماء. لذا ينقص حجمها عندما يخرج الماء منها بتأثير الضغط. أما الرمل فلا ينضغط بقدر انضغاط الطين، ومن أسباب ذلك أن حبيبات الرمل تتكون في العادة من الكوارتز، وهي غير قابلة للتشوُّه تحت ظروف الدفن العادية.

ويشكل تلامس حبيبات الرمل بعضها مع بعض هيكلًا داعمًا يعمل على بقاء الفراغات بين الحبيبات، وهذا التركيب ملائم لتخزين المياه الجوفية والنفط والغاز الطبيعي.

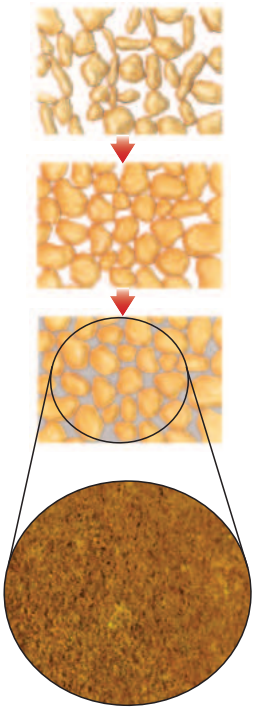
السمنتة Cementation تلتحم الرسوبيات بتأثير عوامل متعددة منها الضغط والحرارة، **والسمنتة Cementation** عملية تحدث عندما تترسب معادن جديدة تكون مذابة في المياه الجوفية، وتؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات بعضها ببعض مشكلةً صخرًا صلبًا.

ويحدث هذا عندما يترسب معدن جديد مثل الكالسيت $CaCO_3$ أو أكسيد الحديد Fe_2O_3 بين الحبيبات الرسوبية بالكيفية نفسها التي تترسب بها المعادن المذابة من المياه الجوفية. ويوضح **الشكل 5–3** كيف تحدث هذه العملية.



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

الشكل 5–3 تترسب المعادن من المياه في أثناء تدفقها عبر مسامات الرسوبيات. تشكّل هذه المعادن مادة لاحمة تعمل على ربط الرسوبيات بعضها مع بعض.



معالم الصخور الرسوبية Sedimentary Features

كما تحتوي الصخور النارية على معلومات عن تاريخ نشأتها، فإن للصخور الرسوبية معالمها وخصائصها التي تساعد الجيولوجيين على تفسير نشأتها وتاريخ المنطقة التي تشكّلت فيها.

التطبّق Bedding وضع الصخور على هيئة طبقات أفقية. يحدث **التطبق Bedding** نتيجة للطريقة التي تترسب بها الرسوبيات بتأثير المياه أو الرياح، ويتراوح سمك الطبقة الواحدة بين المليمترات وعدة أمتار. وهناك نوعان مختلفان من التطبق، يعتمد كل منهما على طريقة النقل. أما حجم الحبيبات ونوع المادة المكوِّنة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

التطبّق المتدرّج Graded bedding يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبات الأثقل والأكبر حجمًا نحو الأسفل **التطبقَ المتدرج Graded bedding**. وغالبا ما يلاحظ وجود التطبق المتدرج في الصخور الرسوبية البحرية عندما يصل الفتات الصخري إلى مسطحات مائية هادئة، فتترسب المواد الأثقل والأكبر حجمًا أولًا، ثم تترسب بعدها بالتدريج المواد الأصغر. ويوضح **الشكل 6–3** مثالًا على التطبق المتدرج.

التطبق المتقاطع Cross- bedding مظهر آخر مميز للصخور الرسوبية. ينشأ **التطبق المتقاطع Cross bedding**، كالذي يظهر في **الشكل 7–3**، عندما تترسب طبقات مائلة نسبة إلى بعضها البعض، وبعد تصخُّر 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 تترسب الرسوبيات في تموجات صغيرة تكونت بفعل الرياح أو الأمواج أو التيارات النهرية. وتحفظ هذه العلامات في الصخر الصلب إذا طُمرت بهدوء ودون اضطراب أو اختلاط برسوبيات أخرى.

الشكل 6–3 توضح الصورة كيف تم تسجيل التطبق المتدرج في أثناء انخفاض سرعة المياه وفقدان طاقتها الترسيبية .

المهن في علوم الأرض

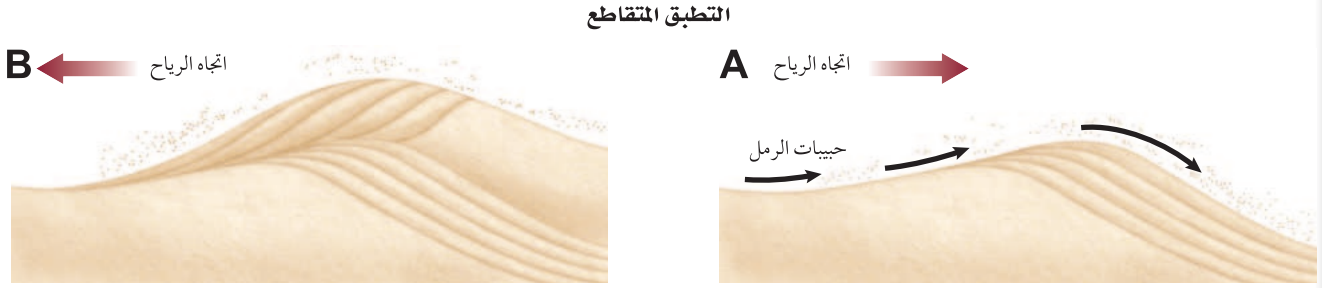
عالم الرسوبيات: مهنة عالم الرسوبيات هي دراسة أصل الرسوبيات وترسيبها وتحولها إلى صخور رسوبية. وغالبا ما ينشغل علماء الرسوبيات في البحث عن البترول والغاز الطبيعي والمعادن المهمة اقتصاديًّا والحصول عليها. لتعرُّف المزيد من مهن علوم الأرض زر الموقع .

www.moe.gov.bh

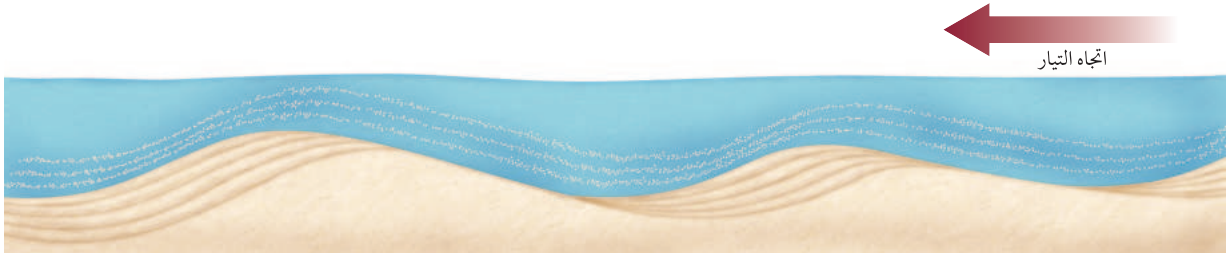
الشكل 7–3 تطبق متقاطع كبير الحجم في كثبان قديمة تشكّلت بالرياح.

تصور التطبق المتقاطع وعلامات النيم
Visualizing Cross-Bedding and Ripple Marks

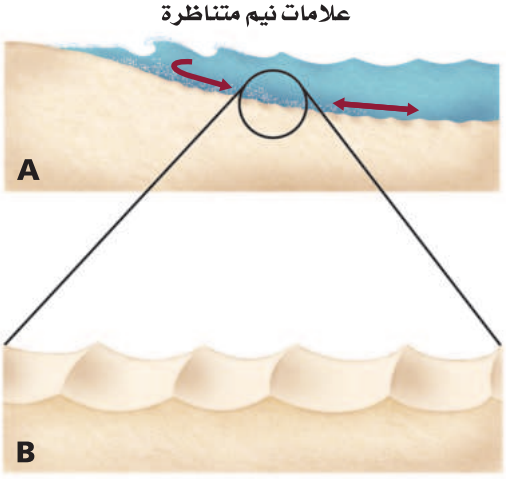
الشكل 8–3 ينتج عن حركة المياه والرسوبيات المفككة تكوّن تراكيب رسوبية كالتطبق المتقاطع وعلامات النيم.



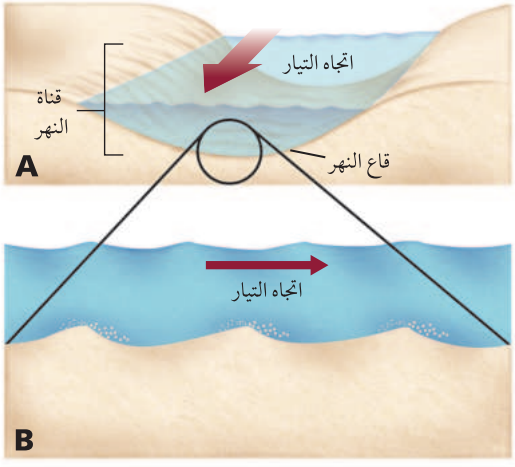
يستقر الرمل الذي تحمله الريح على جانب الكثيب البعيد عن اتجاه الريح، وعندما تغير الريح اتجاهها يتكون التطبق المتقاطع الذي يُظهر حادثة تغيير الاتجاه.



تُدفع رسوبيات قاع النهر بفعل حركة التيارات مشكلةً تلالًا صغيرة وتموجات. فإذا تلاها استقرار رسوبيات أخرى بزاوية معينة فوق الجانب المائل لهذه التلال في اتجاه التيار فعندئذ يتشكل التطبق المتقاطع. وفي النهاية تستوي المنطقة أو تتشكّل تلال جديدة، وتبدأ العملية من جديد.

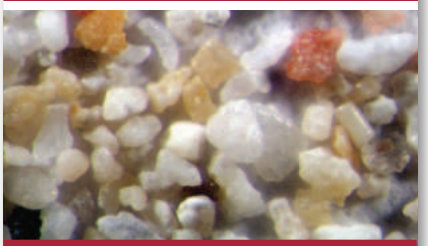


تؤدي حركة الأمواج على الشاطئ ذهابًا وإيابًا إلى دفع رمل القاع، فتشكل علامات نيم متناظرة؛ إذ تتوزع حبيبات الرمل على جانبي قمم التلال بانتظام.



تقوم التيارات التي تجري في اتجاه واحد – كتلك التي في الأنهار – بدفع رسوبيات القاع لتشكيل علامات نيم غير متناظرة؛ حيث يكون الجانب المعاكس لاتجاه التيار أكثر انحدارًا، ويحوي الرسوبيات الأخشن. لاحظ أن التيار المائي يسير من المنبع إلى المصب.

حجر رملي كوارتزي



رمل كربوناتي

الشكل 9–3 حبيبات الرمل الكربوناتي المنقولة من مسافات قريبة حادة، مدببة الحواف، وليس لها استدارة أو نعومة كحبيبات الرمل الكوارتزي المنقولة من مسافات بعيدة.

الفرز والاستدارة Sorting and rounding يُظهر التفحص الدقيق لحواف حبيبات الرمل أن بعضها مدبب الحواف، والبعض الآخر مستدير. فعندما يتكسّر الصخر يكون شكل حواف القطع في بادئ الأمر ذا زوايا حادة. وفي أثناء عملية النقل تصطدم الحبيبات بعضها مع بعض فتتكسر الحواف الحادة، ومع الزمن تصبح القطع الصخرية مستديرة الحواف. وتتأثر درجة الاستدارة بمسافة نقل الرسوبيات وقساوة معادن الصخر؛ فكلما كان المعدن أكثر قساوة زادت فرصة استدارته قبل أن يتكسّر ويصبح حجمه صغيرًا جدًّا، كما يوضح **الشكل 9–3**.

أدلة من الماضي Evidence of past life قد يكون أفضل دليل للصخور الرسوبية هو احتواؤها على الأحافير. والأحافير ما يحفظ من بقايا أو طبعات أو أي أثار لمخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي. فعندما يموت مخلوق حي ويُدفن قبل أن يتحلل، قد يحفظ على شكل أحفورة. وفي أثناء عملية التصخّر قد تستبدل معادن بأجزاء من المخلوق الحي، فيتحول إلى صخر كالأصداف التي تحولت إلى معدن. ويهتم علماء الأرض كثيرا بالأحافير؛ لأنها تزودهم بأدلة على أنواع المخلوقات الحية التي كانت تعيش في الزمن الماضي البعيد، وكيف تغيرت عبر الزمن، وكذلك عن البيئات القديمة وقت حياتها.

التقويم 1–3

الخلاصة

- تتشكّل الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخّر.
- تتحول الرسوبيات إلى صخر بعمليتي التراصّ والسمنتة.
- الأحافير بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي أو أي أثر آخر يدل على هذه المخلوقات، وتكون محفوظة – في الغالب – في الصخور الرسوبية.
- قد تحوي الصخور الرسوبية معالم مميزة، ومنها التطبّق المتدرج والتطبّق المتقاطع وعلامات النيم.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** كيف تَنتج الرسوبيات عن التجوية والتعرية؟
2. **ارسم مخططًا**. اعمل مخططًا لتوضح لماذا تستقر الرسوبيات في طبقات؟
3. **وضح** كيف تشكّل التطبق المتدرج باستخدام الرسم.
4. **قارن** علاقة درجة الحرارة والضغط على سطح الأرض وتحته بعملية التصخر.

التفكير الناقد

5. **قوِّم** هذه العبارة: من الممكن أن نجد تطبقًا متقاطعًا وتطبقًا متدرجًا في طبقة واحدة.
6. **حدد** في أي اتجاه تسير نحو أعلى جدول جبلي جاف، أم نحو أسفله، بحيث تلاحظ أن شكل حبيبات الرسوبيات يصبح مدببًا أكثر باستمرار السير؟ فسر ذلك.

الكتابة في الجيولوجيا

7. تخيل أنك تصمم عرضًا لمتحف يتضمن صخورًا رسوبية تحوي أحافير المرجان وحيوانات بحرية أخرى. ارسم صورة البيئة التي تتوقع أنها كانت تعيش فيها. ثم اكتب وصفًا مرافقًا للصورة.

3-2

تساؤلات جوهرية

- ما أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية؟
- كيف تتشكّل الصخور الرسوبية الكيميائية؟
- كيف تصف الصخور الرسوبية الحيوية؟

مراجعة المفردات

محلول مشبع: أعلى محتوى ممكن من المعادن الذائبة في محلول.

المفردات الجديدة

الصخور الرسوبية الفتاتية

الفتات الصخري

المسامية الصخرية

المتبخرات

أنواع الصخور الرسوبية

Types of Sedimentary Rocks

الفكرة الرئيسة تُصنّف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكّلها.

الربط مع الحياة إذا مشيت على طول أحد الشواطئ أو ضفة نهر فقد تلاحظ حجومًا مختلفة من الرسوبيات. يُحدد حجم حبيبات الرسوبيات نوع الصخر الرسوبي الذي يمكن أن يتشكّل منها.

الصخور الرسوبية الفتاتية
Clastic Sedimentary Rocks

أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعًا **الصخور الرسوبية الفتاتية** Clastic Sedimentary Rocks وهي الصخور التي تتشكّل من تراكم الرسوبيات المفككة على سطح الأرض. وكلمة فتاتي مأخوذة من كلمة klastos اليونانية بمعنى مكسّره. **والفتات الصخري** Clastic Rocks قطع الصخر أو المعدن المتكسرة والمتحللة بفعل التجوية والتعرية. وتُصنّف هذه الصخور بناءً على حجم حبيباتها وطريقة تشكّلها ومكوناتها المعدنية، انظر إلى **الجدول 1–3**.

الصخور الرسوبية خشنة الحبيبات Coarse - grained rocks

تصنف الصخور الرسوبية المكونة من فتات الصخر والمعادن بحجم الحصباء على أنها صخور خشنة الحبيبات كما في **الشكل 10–3**. وبسبب كتلتها الكبيرة نسبيًّا تُنقل الحصباء بالتيارات المائية العالية الطاقة، كتلك التي تتولد في الجداول الجبلية، والأنهار الفائضة، وبعض أمواج المحيط، ومياه الانصهار الجليدي. وفي أثناء عملية النقل تحتك الحبيبات بعضها ببعض، فتصبح مستديرة. وهذا هو سبب الاستدارة الجيدة لحصباء الشواطئ والأنهار. وتحوِّل عملية التصخُّر هذه الرسوبياتِ إلى صخر يسمى الكونجلوميرات.

وعلى نقيض الكونجلوميرات، تتكون البريشيا من حبيبات مدببة الحواف في حجم الحصباء. وتشير الحواف المدببة إلى أن الرسوبيات التي شكلت البريشيا لم تأخذ الوقت الكافي لتصبح مستديرة. ويدل هذا على أن هذه الحبيبات قد نقلت مسافة قصيرة واستقرت قريبًا من مصدرها. انظر **الجدول 1–3**، ولاحظ كيف سُمّيت هذه الصخور.

الشكل 10–3 تتكوّن الكونجلوميرات والبريشيا من الرسوبيات الخشنة التي نقلت بمياه عالية الطاقة.

استدل على الظروف التي يمكن أن تسبب أنواع النقل اللازمة لتكوين هذين الصخرين.

البريشيا

الكونجلوميرات

الجدول 1–3 تصنيف الصخور الرسوبية *

التصنيف	النسيج / حجم الحبيبات	المكونات	اسم الصخر
الفتاتية	خشن (> 2 mm)	قطع من أي صخر – كوارتز وصوّان وكوارتزيت هي الشائعة.	كونجلوميرات (مستديرة) بريشيا (مدببة الحواف)
	متوسطة ($\frac{1}{16}$ mm – 2mm)	كوارتز وقطع صخرية كوارتز وفلسبار بوتاسي وقطع صخر	حجر رملي حجر رملي أركوزي
	ناعمة ($\frac{1}{256}$ mm – $\frac{1}{16}$ mm)	كوارتز وصلصال	حجر الغرين (الطفل)
	ناعمة جدًّا (<$\frac{1}{256}$ mm)	كوارتز وصلصال	الحجر الطيني
الكيميائية الحيوية	بلورات دقيقة مع تشققات محارية	كالسيت $CaCO_3$	مِكرايت
	أحافير كثيرة في أرضية من المِكرايت	كالسيت $CaCO_3$	حجر جيري أحفوري
	أووليت (كرات صغيرة من كربونات الكالسيوم)	كالسيت $CaCO_3$	حجر جيري أووليتي
	أصداف وأصداف مكسّرة مفككة	كالسيت $CaCO_3$	كوكينا
	أصداف مجهرية وصلصال	كالسيت $CaCO_3$	طباشير
	قطع مختلفة الحجوم	بقايا نبات متفحمة مع بعض الأحافير النباتية	فحم
الكيميائية	ناعمة إلى خشنة التبلور	كالسيت $CaCO_3$	حجر جيري متبلور
	ناعمة إلى خشنة التبلور	دولوميت $(Ca, Mg)\ CO_3$ (يتفاعل مع الحمض إذا كان مسحوقًا)	دولوميت
	ناعمة التبلور جدًّا	كوارتز SiO_2 بلونيه الفاتح والغامق	صوّان
	ناعمة إلى خشنة التبلور	جبس $CaSO_4.2H_2O$	الجبس الصخري
	ناعمة إلى خشنة التبلور	هاليت Na Cl	الملح الصخري

* الصيغ الجزيئية في هذا الجدول للاطلاع فقط

المفردات

مفردات أكاديمية

خزّان جوفي

هو طبقات من الصخور تحت السطحية، بها قدر كاف من المسامية تسمح بتراكم كمية من البترول أو الغاز الطبيعي أو الماء. ويحوي الخزان الجوفي المكتشف حديثًا كميات كبيرة من الغاز الطبيعي.

الصخور الرسوبية متوسطة الحبيبات Medium- grained rocks

غالبا ما تحوي قنوات الجداول المائية والأنهار والشواطئ والصحارى كميات وفيرة من الرسوبيات بحجم حبيبات الرمل. تصنف الصخور الرسوبية التي تتكوّن من قطع صخرية أو معدنية بحجم الرمل على أنها صخور فتاتية متوسطة الحبيبات. انظر إلى **الجدول 1–3**. تحوي الصخور الرملية في الغالب مجموعة من المعالم التي تهم العلماء. وتشير علامات النيم والتطبق المتقاطع إلى اتجاه تدفق التيار. لذا يستعمل الجيولوجيون طبقات الصخور الرملية لمسح الجداول المائية القديمة وقنوات الأنهار.

من خصائص الصخور الرسوبية الهامة أن مساميتها عالية نسبيًّا. و**المسامية الصخرية Rock Porosity** هي نسبة حجم الفراغات بين حبيبات الصخر إلى الحجم الكلي للصخر. وتختلف قيمتها من صخر إلى آخر بحسب مكونات الصخر وظروف تكوينه، فقد لا تتعدّى 20% في الصخور الطينية المتكونة من حبيبات ناعمة جدًّا تجعل الصخر عديم النفاذية (صخور كتيمة)، وقد تصل المسامية لأكثر من 40% في الصخور الرملية.

عندما تكون المسام متصلًا بعضها ببعض تستطيع الموائع أن تتحرك خلال الحجر الرملي. وهذه الخاصية تجعل طبقات الصخور الرملية مهمة بوصفها خزانات تحت سطحية للبترول والغاز الطبيعي والمياه الجوفية.

الصخور الرسوبية ناعمة الحبيبات Fine- grained rocks

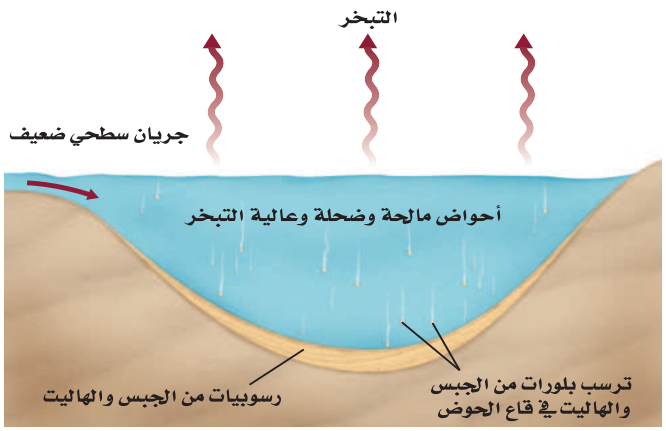
تتكون هذه الصخور من حبيبات بحجم الغرين (الطَفل) والصلصال. ومنها حجر الغرين والغَضار. و تمثل هذه الصخور بيئات مياه ساكنة أو بطيئة الحركة كالمستنقعات والبرك. وفي غياب التيارات القوية وتأثير الأمواج تهبط هذه الرسوبيات إلى القاع، وتترسب في طبقات أفقية رقيقة. وعادة ما ينكسر الغَضار على طول الطبقات الرقيقة، 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. ويوضح **الجدول 1–3** كيف سُمّيت هذه الصخور.

ماذا قرأت؟ وضح أنواع البيئات التي تتشكّل فيها الصخور ناعمة الحبيبات.

الشكل 11–3 ترسبت الرسوبيات الناعمة جدًّا التي شكلت هذا الغَضار في طبقات رقيقة من مياه هادئة.

الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية
Chemical and Biochemical Sedimentary Rocks

يتطلّب تشكّل الصخور الكيميائية والكيميائية الحيوية اشتراك عمليتي التبخّر وترسيب المعادن. ففي أثناء عملية التجوية تذوب المعادن وتُحمل إلى البحيرات والمحيطات. وعندما تتبخّر المياه من البحيرات والمحيطات تُترك المعادن الذائبة في المياه الباقية. وفي الأقاليم الجافة يمكن لمعدلات التبخر العالية أن تزيد تركيز المعادن الذائبة في المسطحات المائية. ويعد البحر الميت في الأردن – كما في **الشكل 12–3** مثالًا على بحيرة تحوي تراكيز عالية من المعادن الذائبة.



الشكل 12–3 يؤدي التبخر المستمر من مسطح مائي مالح إلى ترسيب كميات كبيرة من الملح. هذه العملية ما زالت مستمرة في البحر الميت منذ نشأته.

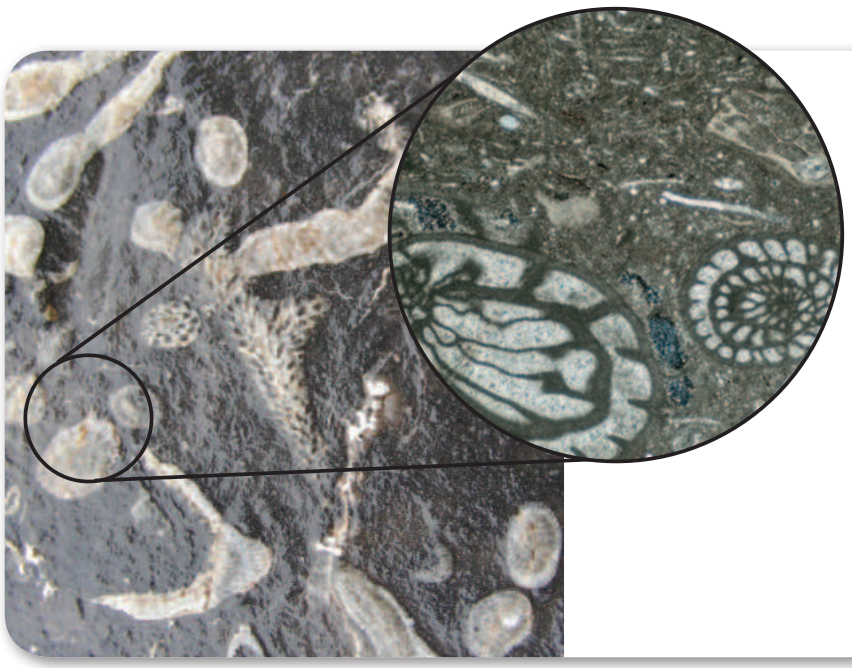
الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks

تتشكّل طبقات من الصخور الرسوبية الكيميائية تدعى **المتبخرات Evaporites** وهي صخور رسوبية تتكون عندما يصل تركيز المعادن الذائبة في مسطح مائي حد الإشباع فتترسب بلورات المعادن من المحلول، وتهبط إلى القاع.

تتشكّل المتبخرات في معظم الأحيان في الأقاليم الجافة، وفي أحواض التصريف المائي ذات التدفق المنخفض في القارات. وبسبب قلة المياه العذبة التي تتدفق إلى هذه المناطق يبقى تركيز المعادن المذابة مرتفعًا. 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 تتراكم طبقات سميكة من معادن التبخريات على أرضية الحوض كما في **الشكل 12-3**. كما يبين **الشكل 5-1** صفحة 15 تكون المتبخرات (الرواسب الملحية) على شاطئ البحر الميت.

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks

تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الماضي. وأكثر هذه الصخور شيوعًا هو الحجر الجيري المكون أساسًا من معدن الكالسيت. تَستعمل بعض المخلوقات الحية التي تعيش في المحيط كربونات الكالسيوم الذائبة في المياه لبناء أصدافها. وعندما تموت هذه المخلوقات الحية تهبط أصدافها إلى قاع المحيط فتشكّل طبقات سميكة من رواسب الكربونات. وفي أثناء عملية الدفن والتصخر تترسب كربونات الكالسيوم من المياه وتتبلور بين حبيبات رواسب الكربونات وتشكّل الحجر الجيري.



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

يكثر وجود الحجر الجيري في البيئات البحرية الضحلة، ومن ذلك الشعاب المرجانية التي تنتشر على شواطىء البحر الأحمر في مياه عمقها من 15 m إلى 20 m غير بعيدة عن الشاطئ. وتصبح المواد المكونة للهيكل والأصداف التي تتراكم حجرًا جيريًّا. تحوي أنواع كثيرة من الحجر الجيري أدلة على أصلها الحيوي على هيئة أحافير وفيرة، كما في **الشكل 13–3**. ويمكن أن تتراوح حجوم هذه الأحافير بين أصداف مخلوقات حية كبيرة إلى أصداف مخلوقات حية مجهرية وحيدة الخلية، ولكن ليس جميع أنواع الحجر الجيري تحوي أحافير؛ فبعض أنواع الحجر الجيري مكون من نسيج متبلور، وبعضها مكون من كريّات صغيرة من الرمل الكربوناتي، وبعضها الآخر مكون من طين كربوناتي ناعم الحبيبات. وجميع هذه الأنواع موجودة في **الجدول 1–3**.

تستعمل بعض المخلوقات الأخرى السيليكا في بناء أصدافها، وتشكّل راسبًا غنيًّا بالسيليكا. وعندما تتصخر تتحول إلى صخر رسوبي يسمى الصوان، المدوّن في **الجدول 1–3**.

التقويم 2–3

الخلاصة

- الصخورالرسوبية فتاتية أو كيميائية أو كيميائية حيوية.
- تتشكّل الصخور الفتاتية من الرسوبيات، وتصنف على أساس حجم الحبيبات وشكلها.
- تتكون الصخور الكيميائية أساسًا من المعادن التي تترسب من الماء.
- تتكون الصخور الكيميائية الحيوية من بقايا المخلوقات الحية التي عاشت في الزمن الماضي.
- تزود الصخور الرسوبية الجيولوجيين بمعلومات عن ظروف سطح الأرض التي سادت في الزمن الماضي.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اذكر** نوع الصخر الرسوبي الذي يتشكّل من تعرية ونقل الحبيبات والقطع الصخرية وترسيبها.
2. **وضح** لماذا يعد الحجر الجيري صخرًا رسوبيًّا حيويًّا؟
3. **احسب** معامل ازدياد حجم الحبيبات من كل فئة نسيجية إلى التي تليها.
4. **حلل** الظروف البيئية التي تفسّر تشكّل معظم الصخور الرسوبية الكيميائية في مناطق ذات معدلات تبخر مرتفعة.

التفكير الناقد

5. **اقترح** سيناريو يفسر 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.
6. **تفحص** طبقات الغَضار (الطين) في **الشكل 11–3**، وفسر عدم احتوائها على التطبق المتقاطع أو علامات النيم.

الرياضيات في الجيولوجيا

7. **افترض** أن طبقة من الطين سينقص حجمها بمقدار 35% في أثناء الترسيب والتراص، فإذا كان السمك الأصلي للطبقة هو 30 cm، فكم يصبح سمكها بعد عملية التراص؟

تساؤلات جوهرية

- ما أنواع الصخور المتحولة وما أسباب تشكلها؟
- كيف تميز بين أنسجة التحول؟
- كيف تفسر حدوث التغيرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحول؟

مراجعة المفردات

صخور جوفية: صخور تتشكّل من ماجما بردت وتبلورت ببطء تحت سطح الأرض.

المفردات الجديدة

الصخور المتورقة

الصخور غير المتورقة

الكوارتزيت

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

الفكرة الرئيسة **تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لارتفاع في درجة الحرارة والضغط و المحاليل الحرمائية.**

الربط مع الحياة عندما تقوم بصنع كعكة تتحول جميع مكوناتها الأولية التي وضعتها في الإناء إلى شيء جديد. وكذلك تتغير خصائص الصخور إلى شيء جديد عندما تتعرض الصخور لدرجات الحرارة المرتفعة، وينتج عن ذلك صخور مختلفة كليًّا.

تعرُّف الصخور المتحوّلة

Recognizing Metamorphic Rocks

يوضح **الشكل 14-3** صخورًا تحوّلت. كيف عرف الجيولوجيون حدوث ذلك؟ تزداد درجة الحرارة والضغط كلما تعمقنا في باطن الأرض، وعندما تصبح درجة الحرارة أو الضغط مرتفعين بقدر كافٍ تنصهر الصخور لتشكّل الماجما. ولكن ما الذي يحدث لو أن الصخور لم تصل إلى درجة الانصهار؟ عندما تجتمع الحرارة والضغط العاليان، ويغيران نسيج الصخر ومكوناته المعدنية أو مكوناته الكيميائية دون انصهاره - يتشكّل الصخر المتحول. وكلمة تحول بالإنجليزية metamorphism مشتقة من الكلمة اليونانية meta بمعنى تغيّر، وكلمة morphe ومعناها شكل؛ إذ يتغير شكل الصخر في أثناء التحول، لكنه يبقى صلبًا.

تتطلب عملية التحول درجات حرارة عالية، مصدرها حرارة باطن الأرض؛ وتكون بالدفن العميق، أو من الأجسام النارية الجوفية القريبة. أما الضغط العالي الذي تتطلبه عملية التحول فيتوافر بالدفن العميق أيضًا، أو من التضاغط الناتج أثناء عملية تكون الجبال.

الشكل 14-3 يتطلب طي طبقات هذه الصخور أو ثنيها إلى الشكل الذي هي عليه اليوم وجود قوى كبيرة.

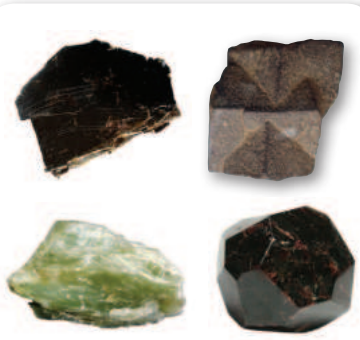
كوِّن فرضية للتغيرات التي حدثت للرسوبيات بعد استقرارها.

المعادن المتحولة Metamorphic minerals كيف يمكن للمعادن أن تتغير دون أن تنصهر؟ تكون المعادن مستقرة في أثناء تبلورها من الماجما ضمن مدى من درجات الحرارة المختلفة. وقد اكتشف العلماء أن مدى الاستقرار هذا ينطبق أيضًا على المعادن في الصخور الصلبة، ففي عملية التحول تتغير المعادن في صخر ما إلى معادن مستقرة تحت الظروف الجديدة من الحرارة والضغط، ويقال عن المعادن التي تتغير بهذه الطريقة أنها خضعت لتغيرات في الحالة الصلبة. ولقد قام العلماء بتجارب لتعرُّف ظروف التحول التي تؤدي إلى إيجاد معادن تكرَّر ظهورها في الصخور المتحولة؛ وذلك لتفسير الظروف الموجودة داخل القشرة الأرضية التي أدت إلى تحول هذه الصخور. يوضح **الشكل 15-3** بعض المعادن المتحولة الشائعة.

ماذا قرأت؟ وضح 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 لتعرف الصخور المتحولة. ويوضح **الشكل 16-3** كيفية استعمال هاتين الخاصيتين في تصنيف الصخور المتحولة.

الصخور المتورقة Foliated rocks تتميز الصخور المتحولة **المتورقة Foliated** بوجود المعادن المكونة لها في صفائح وأحزمة (خطوط)؛ حيث يتسبب الضغط العالي في أثناء عملية التحول في تصفيف المعادن الصفائحية Foliated rocks أو الإبرية الشكل، بحيث يكون محورها الطويل متعامدًا مع الضغط، كما في **الشكل 17-3**. وينتج عن هذا الاصطفاف المتوازي للمعادن التورق الذي تلاحظه في الصخور المتحولة المتورقة.

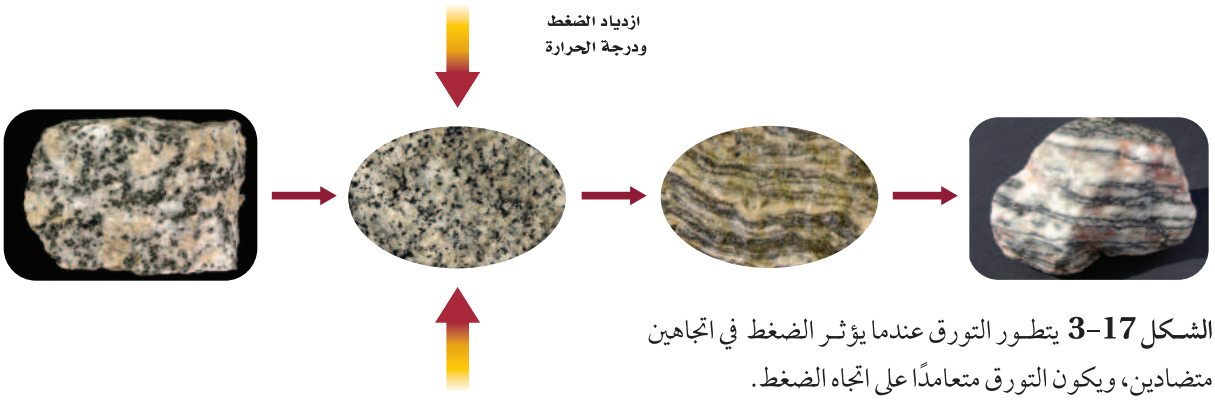


الشكل 15-3 معادن متحولة، منها المايكا والشتوروليت والجارنت والتلك (الاتجاه مع عقارب الساعة من أعلى اليسار)، توجد بألوان وأشكال وحجوم بلورات متعددة. قد يكون لونها بين القاتم والساطع. أما البلورات فقد تكون فريدة.

الشكل 16-3 توازي الزيادة في حجم الحبيبات التغير في المكونات وتطور التورّق. ولا يعد حجم الحبيبات عاملًا في تصنيف الصخور غير المتورقة.

مخطط الصخور المتحولة

النسيج			المكونات المعدنية					اسم الصخر
متورقة (صفائحية)	صفائحية	ناعمة الحبيبات	الكلوريت	المايكا	الكوارتز	الفلسبار	الأمفيبول	الأردواز
		ناعمة الحبيبات						الفيليت
		خشنة الحبيبات						الشيست
	أحزمة	خشنة الحبيبات					البيروكسين	النايس
غير متورقة (غير صفائحية)	ناعمة إلى خشنة الحبيبات		الكوارتز					الكوارتزيت
			الكالسيت أو الدولوميت					الرخام



الشكل 17-3 يتطور التورق عندما يؤثر الضغط في اتجاهين متضادين، ويكون التورق متعامدًا على اتجاه الضغط.

الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated rocks تختلف الصخور المتحولة **غير المتورقة Nunfoliated** عن الصخور المتورقة في أنها مكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل. ويوضح **الشكل 18-3** مثالين شائعين على الصخور غير المتورقة هما الرخام والكوارتزيت. و**الكوارتزيت Quartzite** صخر قاس، وغالبًا ما يكون فاتح اللون، وينشأ من تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز. بينما ينشأ الرخام من تحول الحجر الجيري. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستعمل أنواع الرخام هذه غالبًا في أرضيات المنازل. ونادرا ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. 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 جدًّا في البيجماتيت الجرانيتي، أنها غير متماثلة؛ فبدلا من أن تتشكّل من الماجما فإنها تتشكّل في الصخر الصلب من خلال إعادة ترتيب الذرات في أثناء عملية التحول. ويوضح **الشكل 18-3** معدن الجارنت الذي تشكل بهذه الطريقة.

الشكل 18-3 لا يحتوي الرخام على الأحافير إلا نادرًا بسبب الحرارة والضغط الشديدين في أثناء عملية التحوّل، ولا تؤدي عملية التحول دائما إلى تدمير التطبق المتقاطع وعلامات النيم التي يمكن أن تُشاهد في بعض أنواع الكوارتزيت،وقد تنمو بلورات الجارنت إلى حجوم كبيرة في بعض الصخور.

الرخام

الكوارتزيت

بلورات كبيرة من الجارنت

الأهمية الاقتصادية للصخور والمعادن المتحولة
Economic Importance of Metamorphic Rocks and Minerals

إزداد في الآونة الأخيرة استخراج واستخدام موارد الأرض الطبيعية، فنحن مثلًا نحتاج إلى الملح للطهي، وإلى الذهب للتجارة، وإلى فلزات أخرى للبناء وأدوات الصناعة، والوقود الأحفوري للطاقة، والصخور والعديد من المعادن في المستحضرات التجميلية، إلى غير ذلك من الاستعمالات. يوضح **الشكل 19–3** مثالين على كيفية استعمال الصخور المتحولة في البناء، حيث يَنتج الكثير من هذه الموارد المعدنية الاقتصادية من عمليات التحول، ومنها فلزات الذهب والفضة والنحاس والرصاص، بالإضافة إلى موارد غير فلزية مهمة وكثيرة.

موارد المعادن الفلزية Metallic mineral resources توجد الموارد الفلزية غالبًا على هيئة خامات فلزية. وعلى الرغم من اكتشاف رواسب فلزية نقية أحيانًا فإن الكثير من الرواسب الفلزية تترسب من المحاليل الحرمائية، متركزة على هيئة عروق أو على هيئة قشرة في كتلة الصخر. ويكثر وجود رواسب الذهب والفضة والنحاس في عروق الكوارتز الحرمائية بالقرب من الأجسام النارية الجوفية. وتوجد معظم الرواسب الفلزية الحرمائية على هيئة كبريتيد الفلز، ومنها الجالينا PbS، وبيريت FeS_2. أما خاما الحديد (المجنيتيت والهيماتيت)، فهما معدنان يوجدان على هيئة أكسيدين تشكّلا بالترسُّب من محاليل حرمائية حاملة للحديد.

ماذا قرأت؟ **اذكر** الموارد الاقتصادية التي تنتجها المحاليل الحرمائية.

الشكل 19–3 الرخام والأردواز صخران متحولان استعملا في البناء منذ قرون.

الشكل 20–3 يستخدم معدن الجرافيت في صناعة أقلام الرصاص.

موارد المعادن غير الفلزية Nonmetallic mineral resources

يؤدي تحول الصخور النارية فوق القاعدية إلى إنتاج معادن التلك والإسبستوس. لما كانت قساوة التلك 1 على مقياس القساوة فإنه يستعمل مسحوقًا ومشحمًا ومادة مالئة في الدهانات. ولأن الإسبستوس غير قابل للانفجار، وموصليته للحرارة والكهرباء منخفضة فهو يستعمل مضادًّا للحريق وفي مواد العزل. وقبل أن تُعرف خصائصه المسببة للسرطان، أُستعمل كثيرًا في صناعة البناء، وما زال الكثير من مواد البنايات القديمة تحتوي على الإسبستوس. أما الجرافيت المكوّن الرئيس في أقلام الرصاص فيمكن أن ينتج عن تحوّل الفحم. انظر **الشكل 20–3**.

التقويم 3–3

الخلاصة

- يمكن أن يكون نسيج الصخور المتحولة متورقًا أو غير متورق.
- في أثناء عملية التحول تتشكّل معادن جديدة تكون مستقرة تحت درجة الحرارة المرتفعة والضغط.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخّص** كيف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى عملية التحوّل؟
2. **لخص** أسباب تشكّل النسيج المتحول المتورق.
3. **قارن** بين صخري الفيليت والنايس من حيث حجم الحبيبات والمعادن المكونة لكل منهما.

التفكير الناقد

4. **استنتج** خطوات تكون صخر الرخام من الحجر الجيري.

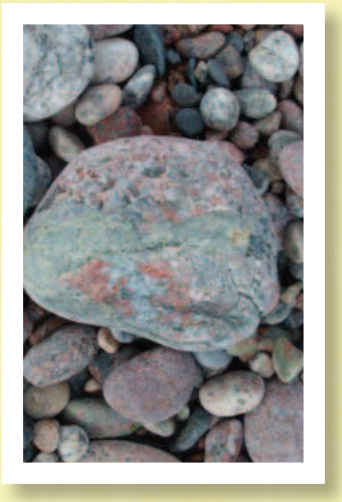
الرياضيات في الجيولوجيا

5. تتشكّل غالبًا الأحجار الكريمة في صورة بلورات معدنية كبيرة في الصخور المتحولة. وتوصف الأحجار الكريمة بوحدة القيراط. يساوي القيراط 0.2 g أو 200 mg. اكتشفت بلورة جارنت كبيرة في نيويورك عام 1885 كتلتها 4.4kg وقطرها 15 cm. ما كتلة هذه الجوهرة بوحدة القيراط؟

الجزيرة العربية عبر العصور

يسافر بعض الناس إلى أماكن قاصية من العالم ليروا أنواعًا مختلفة من الصخور. ولا شك أن جزيرتنا العربية تتمتع بموقع فريد وطبيعة جيولوجية خلابة تفرض فيها التشكيلات الجيولوجية نفسها؛ حيث تتكشف فيه سجلات صخرية لمعظم العصور الجيولوجية.

الرواسب الجليدية



هل تصدقون أن جزيرة العرب مرت عليها عصور جليدية تركت وراءها رواسب جليدية موجودة في وديان جليدية قديمة تشبه تلك الموجودة حاليًّا في شمال كندا وشمال أوربا. وقد تكونت تلك الرواسب الجليدية في العصر الأردوفيشي في مناطق مختلفة من الجزيرة العربية مثل تلك الموجودة في منطقة القصيم في المملكة العربية السعودية والتي تكونت منذ أكثر من 440 مليون سنة، وهي تعد من الأمثلة النادرة على العصور الجليدية القديمة.

الأشجار المتحجرة

تزخر الجزيرة العربية بعدد من مناطق الأشجار المتحجرة، التي تدل على أنها كانت خضراء في العصور التي نمت فيها تلك الأشجار. ومن ذلك الأشجار المتحجرة المكتشفة في المملكة العربية السعودية، والتي تعود إلى العصر البرمي، منذ أكثر من 240 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 .

مطوية تعزيزية: ابحث عن مزيد من المعلومات عن أنواع الصخور الموجودة طبيعيًّا في منطقتك، والمستعملة في بناء المنشآت. اعمل مطوية تعزيزية تصف فيها رحلة تركز فيها على الجيولوجيا المحلية.

* في الموقع للاطلاع فقط.

مختبر الجيولوجيا

تفسير التغيرات في الصخور

خلفية علمية: مع استمرار دورة الصخور يتغير الصخر من نوع لآخر. بعض التغيرات يمكن ملاحظتها بالعين المجردة إلا أن بعضها الآخر لا يمكن ملاحظته. فمثلًا لون الصخر وحجم الحبيبات والنسيج والتركيب المعدني 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، الحجر الطيني، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، اردواز، رخام، نايس.

عدسة مكبرة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم 100 mL أو كأس يتسع للعينة والماء.

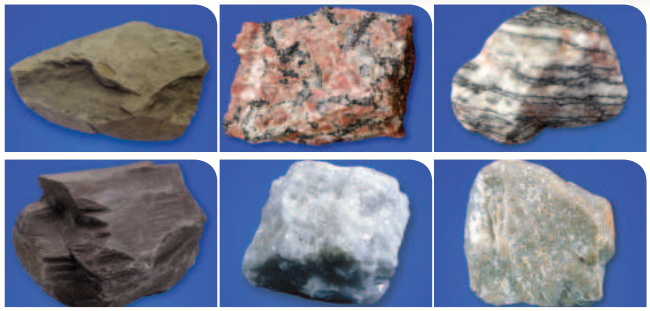
احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. حضر جدولًا لتسجيل البيانات كالجدول المجاور.
3. لاحظ كل عينة وسجل ملاحظاتك في الجدول.
4. تذكر أن الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$. ضع مخططًا لقياس كل من الحجم والكتلة لكل عينة.
5. احسب كثافة كل عينة، وسجلها في الجدول.

التحليل والاستنتاج

1. **قارن** بين الحجر الرملي وبين الكوارتزيت.



جدول معلومات العينات

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

2. **صف** كيف تتغير حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي في أثناء التحول.
3. **صف** اختلاف النسيج الذي تراه بين الغضار والأردواز.
4. **قارن** بين نتائج حساباتك وحسابات زملائك، واستنتج أسباب اختلاف النتائج.
5. **وضح** لماذا يمكن أن يختلف لون الصخور الرسوبية في أثناء عمليات التحول؟
6. **قوِّم** التغير في الكثافة بين كل من الغضار والأردواز، الحجر الرملي والكوارتزيت، الحجر الجيري والرخام. هل حدث تغير في جميع العينات؟ فسر نتائجك.

شارك بياناتك

راجع مع أقرانك ناقش نتائجك مع المجموعات الأخرى في الصف مع التركيز على المتغيرات: الكتلة والحجم والكثافة.

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

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

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3–1 تشكل الصخور الرسوبية	
الرواسب التصخّر السمنتة التطبّق التطبّق المتدرّج التطبّق المتقاطع	**الفكرة الرئيسة** تنشأ الصخور الرسوبية من تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية. • تتضافر عمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخر لتكوين الصخور الرسوبية. • تتصخر الرسوبيات بعمليتي التراص والسمنتة. • الأحافير هي ما حفظ من بقايا أو طبعات أو أي دليل آخر لمخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي. • تحتوي الصخور الرسوبية على معالم مميزة كالتطبق المتدرج والتطبق المتقاطع وعلامات النيم.
3–2 أنواع الصخور الرسوبية	
الصخور الرسوبية الفتاتية الفتات الصخري المسامية الصخرية المتبخرات	**الفكرة الرئيسة** تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها. • الصخور الرسوبية تكون فتاتية أو كيميائية أو كيميائية حيوية. • الصخور الرسوبية الفتاتية تتكون من فتات صخري، وتصنف حسب حجوم حبيباتها وأشكالها. • تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية من معادن ترسبت من الماء. • تتكون الصخور الرسوبية الحيوية من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي. • تفيد الصخور الرسوبية الجيولوجيين في معرفة الظروف التي سادت سطح الأرض في الزمن الماضي.
3–3 الصخور المتحولة	
الصخور المتورقة الصخور غير المتورقة الكوارتزيت	**الفكرة الرئيسة** تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لارتفاع في درجة الحرارة والضغط والمحاليل الحرمائية. • نسيجا الصخور المتحولة هما المتورقة وغير المتورقة. • في أثناء عملية التحول تتغير المعادن في صخر ما إلى معادن مستقرة تحت الظروف الجديدة من الحرارة والضغط.

مراجعة المفردات

أكمل الجملتين الآتيتين مستعملًا المفردات المناسبة:

1. ينتج عن تراص الرسوبيات الفتاتية والتحامها .....
2. تدعى طبقات الصخور الرسوبية التي تترسب مائلة على الأفقي .....

ضع المصطلح الصحيح بدلًا من الكلمة التي تحتها خط:

3. تحدث السمنتة في أثناء استقرار الرسوبيات بتناقص طاقة المياه.
4. تتكوّن الصخور المتحولة الصفائحية من بلورات كتلية الشكل.

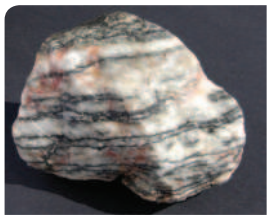
اكتب جملة تستعمل فيها زوج الكلمات في كل من الآتي:

5. المسامية، الصخر الرسوبي الفتاتي
6. الراسب، التطبّق
7. فتاتي، المتبخرات

تثبيت المفاهيم الرئيسة

8. ما الراسب الفتاتي الذي حجم حبيباته أصغر فيما يلي؟
   a. الرمل. c. الحصى.
   b. الحجر الطيني. d. الغرين (الطفل).
9. ما الصخر الفتاتي الخشن الحبيبات الذي يحوي قطعًا مدببة؟
   a. الحجر الجيري. c. الحجر الرملي.
   b. الكونجلوميرات. d. البريشيا.
10. ما الصخر البيوكيميائي الذي يحوي أحافير؟
    a. البازلت. c. الحجر الرملي.
    b. الحجر الجيري. d. البريشيا.
11. أيٌّ مما يأتي ليس من عوامل التحول ؟
    a. التصخر. c. الحرارة.
    b. المحاليل الحرمائية. d. الضغط.

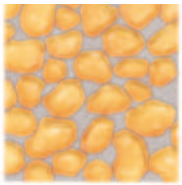
استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين؛ 12 و 13 .



12. ما المصطلح الأفضل لوصف نسيج هذا الصخر؟
    a. متبلور. c. متورق.
    b. غير متورق. d. فتاتي.
13. أي صخر ناري يشكل تحوله هذه العينة عادة؟
    a. الديورايت. c. الجرانيت.
    b. البازلت. d. الجابرو.
14. أي من الآتي تتوقع أن تكون مساميته أكبر؟
    a. الحجر الرملي. c. الحجر الجيري.
    b. النايس. d. الكوارتزيت.
15. أيّ عوامل التعرية ينقل عادة فتاتًا بحجم حبيبات الرمل أو أقل من ذلك فقط؟
    a. الانزلاقات الأرضية. c. الماء.
    b. الجليديات. d. الرياح.
16. أيّ العمليات مسؤولة عن إزالة ونقل المواد من مكان لآخر؟
    a. التجوية. c. الترسيب.
    b. التعرية. d. السمنتة.

أسئلة بنائية

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال رقم 17

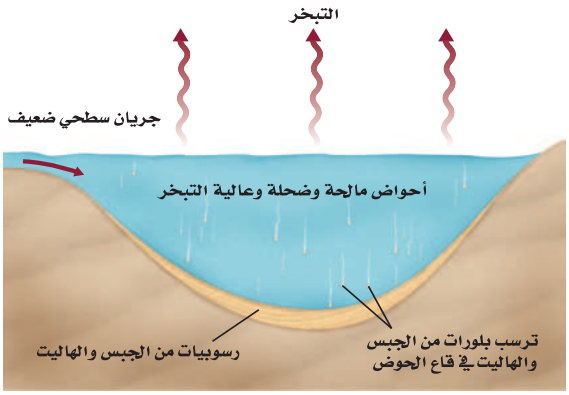


17. صف كيف تلتصق الحبيبات في الشكل بعضها ببعض.
18. لخص الفرق الرئيس بين صخر الكوكينا والحجر الجيري الأحفوري. استعن بالجدول (1-3).

3 مراجعة الفصل

19. **احسب** كتلة من الحجر الرملي حجمها $1m^3$، ومساميتها 30٪. كم لترًا من الماء يمكن أن تستوعب هذه الكتلة؟
20. **وضح** بالرسم الشرطين الضروريين لتشكّل الصخور المتحولة المتورقة.
21. **قارن** بين طرائق تصخر الرمل والطين.
22. **صنف** أنواع الرسوبيات الآتية إلى سيئة الفرز أو جيدة الفرز: رمال الكثبان، مواد الانزلاقات 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 تشكّلهما.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال رقم 25.



25. **قوّم** تأثير انفتاح هذه البيئة على المحيط.

التفكير الناقد

26. **اربط** ما تعلمته عن أشكال البلورات لتفسير عدم تكون التورق في الرخام، بالرغم أنه تشكّل تحت ضغط عالٍ.
27. **كون** جملة تفسر عدم اتساق تعريف الصخر على أنه تجمع من المعادن مع الفحم الحجري الذي هو نوع من الصخور الرسوبية.
28. **مهن في الجيولوجيا.** يعمل بعض علماء الرسوبيات في مقالع الرمل والحصباء، حيث يحللون هذه المواد لتقرير أفضل الأمكنة، وكيف يستعملونها. استدل على أهمية ما يقوم به علماء الرسوبيات لفهم ما يحدث لمسامية الرمل إذا اختلطت به رسوبيات ناعمة الحبيبات.
29. **وضح بالرسم** خزان بترولي مكون من طبقات من الرمل والغضار. حدد مكان البترول في الصخور.
30. **قوّم** ما إذا كانت علامات النيم وآثار أقدام حيوان تعد من الأحافير. فسر إجابتك.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 31 و 32.

31. **قوّم** الرسوبيات المكونة للطبقات في **الشكل**. ما نوع هذا التطبق، وهل هو جيد الفرز أم ردىء الفرز؟ وضح إجابتك.
32. **استدل** فسر ما عامل التعرية الذي يمكن أن يُنتج الطبقات الموضحة في الشكل؟
33. **استدل** لماذا تكون القطع الزجاجية الموجودة على الشاطئ المكون من الرمل الكوارتزي مستديرة، بينما تكون حادة إذا كانت على شاطئ مكون من الرمل الكربوناتي؟

خريطة مفاهيمية

34. استخدم المصطلحات الآتية لبناء خريطة مفاهيم تنظم معالم الصخور الرسوبية: علامات النيم، تطبق متدرج، تطبق أفقي، غير متماثل، متماثل، تيار نهري، فعل الموجة، ترسيب الرياح، ترسيب المياه. يمكن أن تستعمل بعض المصطلحات أكثر من مرة.

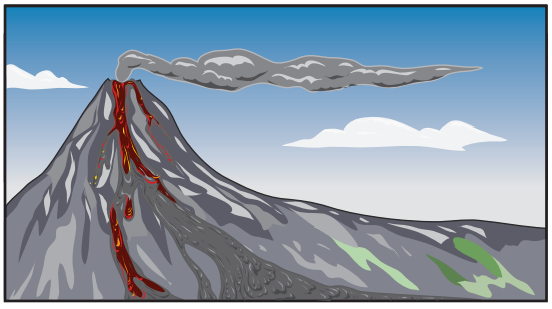
سؤال تحدٍّ

35. **كوِّن فرضية.** تُستنفد الكربونات على عمق 4000 m تقريبًا في مياه المحيط. وتحت هذا العمق لا تترسب الكربونات، ولا تتراكم الأصداف على قاع المحيط. كوِّن فرضية تفسِّر فيها سبب وجود هذا الشرط في المحيط.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. ما الصخور الأكثر احتمالًا أن تتحول بسبب انسيابات اللابة؟
   a. الصخور التي في فوهة البركان؛ حيث تكون اللابة أسخن.
   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. c. الناري السطحي.
   b. المتحول. d. الناري الجوفي.
3. ما الاسم الشائع لـ NaCl؟
   a. ملح الطعام. c. ماء.
   b. سكر. d. كلور طبيعي.
4. ما الخطوة الأولى التي تبدأ بها عملية تغير الرسوبيات إلى صخور رسوبية؟
   a. التطبق. c. السمنتة.
   b. الدفن. d. الرص.
5. ما الصخور المتحولة المكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل؟
   a. المتورقة. c. نايس.
   b. غير المتورقة. d. شيست.
6. ما الصخر الرسوبي الذي يُستعمل في صناعة الأسمنت لمواد البناء؟
   a. الغضار. c. الفوسفات.
   b. الحجر الرملي. d. الحجر الجيري.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 7 و 8.

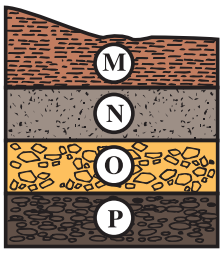
7. ماالذي تلاحظه في تشكّل الصخر الرسوبي أعلاه؟
8. هل تمثل هذه العملية التراص أم السمنتة؟ صف الفرق بين العمليتين.
9. صف باختصار العملية التي تصبح بها الماجما صخرًا ناريًّا.
10. كيف تُساعد دراسة طبقات الصخور الرسوبية وفهم كيفية تشكّلها علماء الأحافير في تعرُّف تاريخ الأرض؟

القراءة و الاستيعاب

طبقات الصخور الرسوبية

يرغب علماء الأحافير في دراسة طبقات الصخور الرسوبية ومكوناتها في منطقة معينة. ويوضح الشكل أدناه مقطعًا طوليًّا لطبقات صخور مدروسة. أما الجدول فيوضح المعلومات التي استطاع العلماء جمعها.

استعن بالشكل والجدول للإجابة عن السؤالين 11و 12



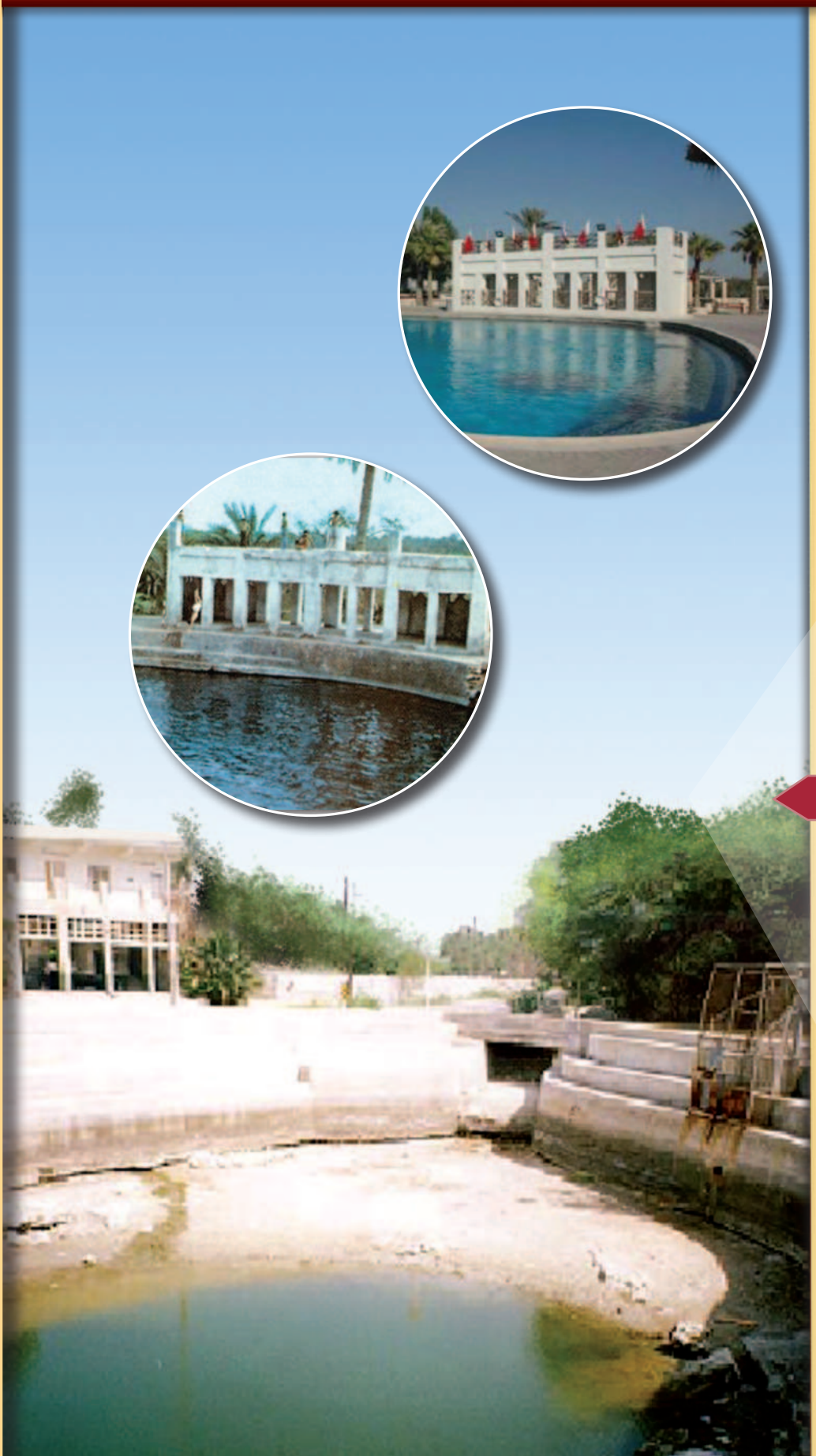
عمر طبقات الصخور الرسوبية

الطبقة	المكونات	العمر المقدر (بالسنوات)	العمق (بالأمتار)
M	صخور رسوبية	100,000	0 – 4
N	صخور رسوبية	غير معروف	5 – 7
O	صخور رسوبية	6 ملايين	8 – 9
P	صخور رسوبية	6.1 مليون	9 – 10

11. ما الذي كان ينبغي على علماء الأحافير تسجيله لتحسين نوعية المعلومات؟
   a. الوقت من السنة.
   b. عمر الطبقة N.
   c. تحديد موقع العمل.
   d. كتلة الصخور الرسوبية.
12. إذا وجدت نوعًا 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. لقد تطور النوع إلى نوع جديد مختلف كليًّا.
   c. لقد انقرض النوع قبل أقل من 100,000 سنة مضت.
   d. لقد اختفى النوع من المنطقة قبل 6 ملايين سنة تقريبًا.

الفصل 4

المياه الجوفية Groundwater



الفكرة العامة يسهم الهطول والرشح في تكوين المياه الجوفية؛ التي تخزن في خزانات المياه الجوفية، إلى أن تعود إلى السطح على شكل ينابيع، أو من خلال سحبها من الآبار الارتوازية.

4–1 حركة المياه الجوفية وتخزينها

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

4–2 موارد المياه الجوفية

الفكرة الرئيسة لا تتوافر المياه الجوفية حيث تطلب، وإن وجدت فقد تكون ملوثة.

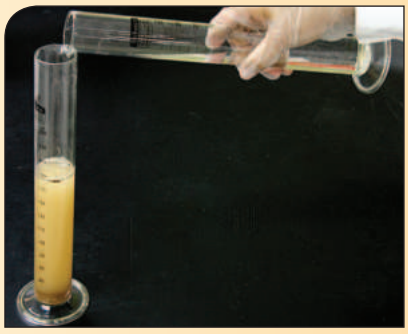
حقائق جيولوجية

- كانت مملكة البحرين حتى نهاية الثلث الثاني من القرن الماضي تزخر بالعيون المائية.
- عين عذارى من أشهر العيون في المملكة، من حيث قوة اندفاع الماء من ينبوعها حيث كانت المياه تصل إلى القرى البعيدة عن موقع العين.
- يوجد حول جزر البحرين عدد كبير من العيون الطبيعية البحرية، وهي منتشرة بصورة أساسية على امتداد السواحل الشرقية والشمالية عند جزيرة سترة وجزيرة المحرق.

تجربة استهلالية

كيف تُخزّن المياه في جوف الأرض؟

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.



خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. املأ مخبارًا مدرجًا سعته 250 mL رملًا ناعمًا جافًا.
3. املأ مخبارًا مدرجًا آخر سعته 250 mL ماء.
4. اسكب الماء من المخبار الثاني في المخبار المدرج الأول الذي يحتوي على الرمل، حتى يصل إلى مستوى سطح الرمل. سجل قراءة حجم الرمل المشبع بالماء.
5. قس كمية المياه المتبقية في المخبار المدرج الثاني وسجلها.
6. كرر خطوات التجربة مرتين: مستخدمًا الرمل الخشن والطين.

التحليل

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

بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

- استيعاب مفهوم كل من الرشح، نطاق الإشباع، منسوب المياه، نطاق التهوية.
- تعرُّف المياه الجوفية، وأماكن وجودها.
- وصف ارتباط تخزين المياه الجوفية وحركتها مع دورة الماء في الطبيعة.
- تعرُّف مفهوم كل من النفاذية، الخزان المائي الجوفي، الطبقة الكتيمة، العيون وأنواعها.
- مناقشة العوامل المؤثرة في حركة المياه الجوفية.
- الربط بين مكونات الخزان المائي الجوفي ووجود الينابيع.
- مناقشة أنواع الآبار وعلاقتها بمدى توفر المياه الجوفية.
- استيعاب مفهوم الضخ الجائر، تغذية المياه الجوفية، الهبوط في منسوب المياه الجوفية.
- توضيح كيف يتم سحب المياه الجوفية من خزاناتها عن طريق الآبار.
- وصف المشكلات الرئيسة التي تهدد موارد المياه الجوفية.
- مناقشة مصادر تلوث المياه الجوفية، وطرائق حمايتها.

جيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع

www.moe.gov.bh

تساؤلات جوهرية

- ما المياة الجوفية؟
- كيف يرتبط كل من تخزين المياه الجوفية وحركتها مع دورة الماء في الطبيعة؟
- ما الخزان المائي الجوفي وما الطبقة الكتيمة؟
- كيف تربط بين مكونات الخزان المائي الجوفي ووجود الينابيع؟

مراجعة المفردات

الدورة الهيدرولوجية: الحركة الدورانية الطبيعية غير النهائية للماء ضمن أنظمة الأرض.

المفردات الجديدة

الرشح
نطاق الإشباع
منسوب الماء
نطاق التهوية
النفاذية
الخزان المائي الجوفي
الطبقة الكتيمة
العين
العين الساخنة
الحمَّة الفوارة

حركة المياه الجوفية وتخزينها

Movement and Storage of Groundwater

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

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

الغلاف المائي The Hydrosphere

تشكل المياه الموجودة في القشرة الأرضية وعلى سطحها الغلاف المائي. وقد درست سابقا في إطار أنظمة الأرض التي تضم كلًّا من الغلاف الصخري والمائي والجوي والحيوي، أن مياه المحيطات تشكل 97% تقريبا من الغلاف المائي، بينما تشكل مياه اليابسة 3% تقريبا من الغلاف المائي، ومعظمها مياه عذبة.

وتعد المياه العذبة أكثر الموارد المتجددة أهمية وشيوعًا، وعلى الرغم من أن معظم المياه العذبة (70%–80%) مختزنة على هيئة غطاء جليدي وجليديات إلا أن مياه الأنهار والجداول المائية والبحيرات تمثل جزءًا يسيرًا من المياه العذبة السائلة، كما في **الجدول 1–4**. تذكر ما درسته سابقًا من أن الماء في الغلاف المائي يتحرك ضمن دورة الماء في الطبيعة.

الجدول 1–4* مصادر المياه على الأرض

الموقع	النسبة المئوية للمياه الكلية	حجم المياه (m^3)	تقديرات متوسط زمن وجود المياه
المحيطات	97.2	1230000000	آلاف السنين
الغطاء الجليدي والجليديات	2.15	28600000	عشرات آلاف السنين أو أكثر
المياه الجوفية	0.31	4000000	بضع مئات آلاف السنين
البحيرات	0.009	123000	عشرات السنوات
الغلاف الجوي	0.001	12700	9 أيام
الأنهار والجداول المائية	0.0001	1200	أسبوعان

* الجدول 1–4 للاطلاع فقط.

المياه الجوفية والهطول
Groundwater and Precipitation

تعد المحيطات المصدر الرئيس لجميع المياه على سطح الأرض؛ حيث 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.

وتسمى عملية تسرب مياه الأمطار بعد سقوطها على اليابسة إلى جوف الأرض **بالرشح Infiltration**، وتصبح مياهًا 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 العيون (الينابيع)، وتنساب على شكل جداول مائية في المناطق الرطبة ثم تتدفق عائدة إلى المحيطات.

المياه الجوفية في مملكة البحرين: لا يوجد في مملكة البحرين مياه سطحية (أنهار وبحيرات)، ولكنها تعتمد في حصولها على المياه العذبة على موردين، هما المياه الجوفية، والمياه المحلاة ومياه الصرف الصحي المعالجة. كما أن المياه الجوفية محدودة نظرًا لقلة الأمطار. ولمزيد من المعلومات حول الموارد المائية **ارجع إلى موقع وزارة شؤون البلديات والزراعة** http://websrv.municipality.gov.bh.

ماذا قرأت؟ **تعرَّف** ما المصدر الرئيس لجميع المياه على اليابسة؟

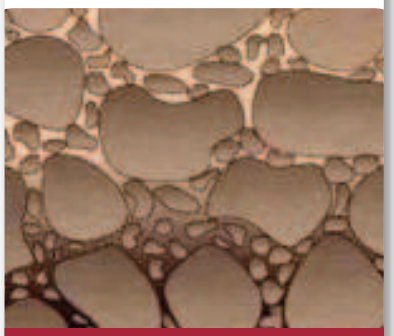
تخزين المياه الجوفية Groundwater Storage

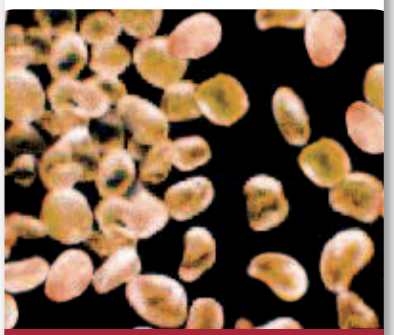
لوحظ أن البرك الصغيرة جدًّا التي تنشأ عن تجمع مياه الأمطار تختفي بسرعة؛ إذ ترشح جزئيًّا إلى باطن الأرض. ففي التربة الرملية غالبًا ما تتسرب المياه نحو الأسفل بسرعة. فأين تذهب هذه المياه؟ إنها تتجمع في الفراغات الصغيرة في باطن الأرض. وعلى الرغم من أن قشرة الأرض تبدو صلبة مصمتة إلا أن التربة والرسوبيات والصخور فيها عدد لا يحصى من الفراغات الصغيرة التي تسمى المسامات.

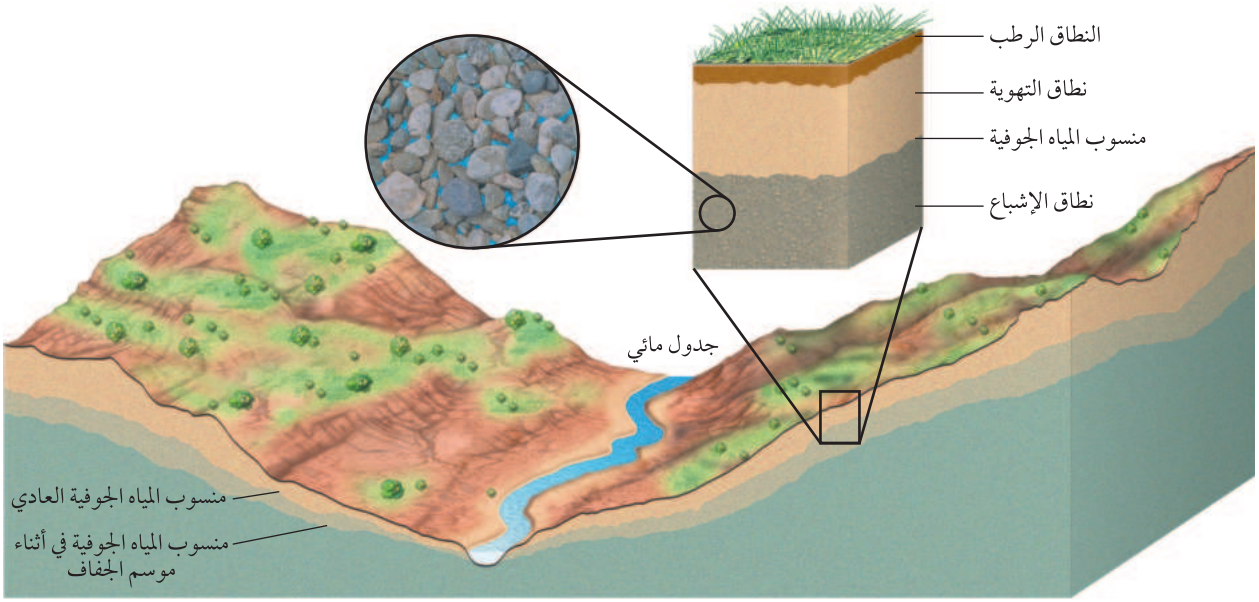
تشكل المسامات نسبة كبيرة من بعض المواد، ويسمى الحجم الكلي للمسامات في المادة بالمسامية. وكلما زادت مسامية المادة سهل تدفق الماء من خلالها إذا كانت مساماتها متصلة. وتتراوح مسامية المواد تحت السطحية من 2% إلى أكثر من 50%. فعلى سبيل المثال، مسامية الرمل الجيد الفرز 30%، ولكن في الرسوبيات الرديئة الفرز فإن الرسوبيات الصغيرة الحجم تحتل جزءًا من المسامات، ولذلك تقلل من المسامية الكلية للرسوبيات. انظر **الشكل 1-4**. وبالمثل فإن المادة اللاصقة التي تعمل على تماسك الحبيبات في الصخور الرسوبية بعضها مع بعض تقلل من مسامية الصخر. ونظرا لأن حجم الرسوبيات والصخور تحت سطح الأرض ضخم جدًّا، لذا فإن كميات المياه المختزنة في المسامات كبيرة جدًّا.

الشكل 1-4 تعتمد المسامية على حجم حبيبات المادة وتنوعها.
قارن بين المساميات المبينة في كل عينة.

حبيبات رمل كبيرة جيدة الفرز


حبيبات رمل رديئة الفرز


حبيبات رمل صغيرة جيدة الفرز



الشكل 2–4 نطاق الإشباع هو المنطقة تحت سطح الأرض التي مساماتها مملوءة تمامًا بالمياه الجوفية.

صف النطاق الذي يعلو نطاق الإشباع.

نطاق الإشباع The Zone of Saturation

تسمى المنطقة تحت سطح الأرض المملوءة مساماتها بالمياه الجوفية **نطاق الإشباع Zone of saturation**، ويسمى الحد العلوي لهذا النطاق **منسوب الماء Water table**. انظر **الشكل 2–4**. والمياه الموجودة في نطاق الإشباع خصوصًا هي المياه الجوفية. وفي **نطاق التهوية Zone of aeration** الذي يعلو منسوب الماء تكون الصخور رطبة ولكن مساماتها غير مشبعة بالمياه، لذا يحتل الهواء جزءًا كبيرًا منها.

حركة المياه Water movement يمكن تصنيف المياه الموجودة في نطاقي الإشباع والتهوية إلى مياه جاذبية ومياه شعرية. ومياه 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.

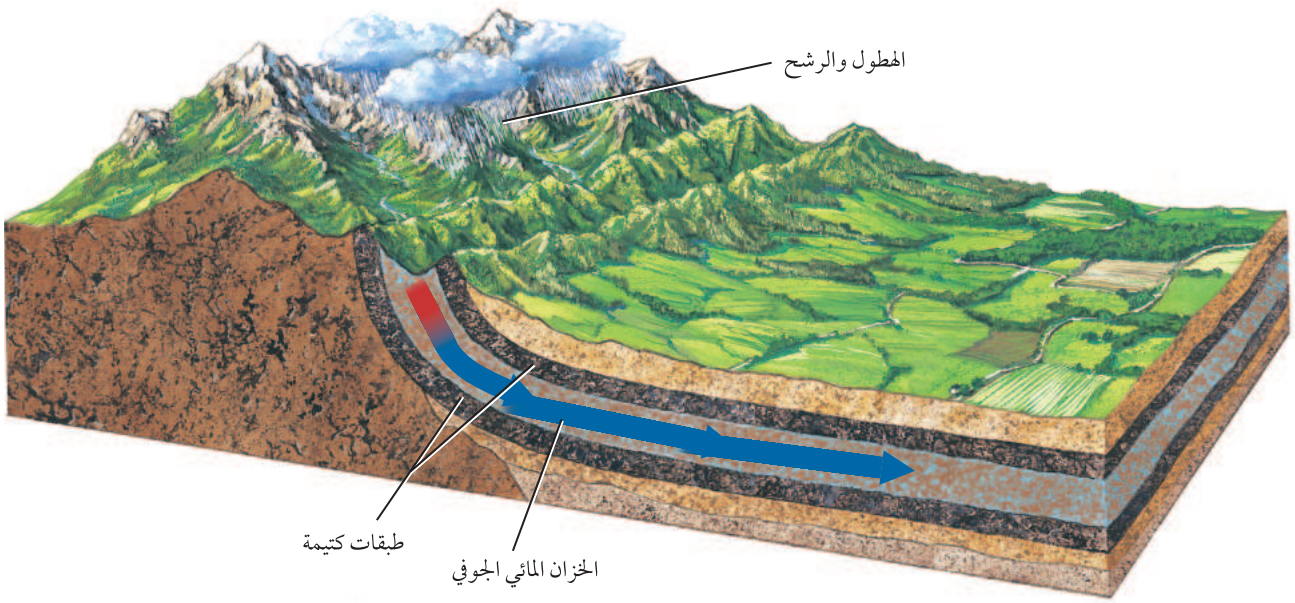
منسوب المياه الجوفية The water table يتفاوت عمق منسوب الماء في معظم الأحيان اعتمادًا على الظروف المحلية. ففي الجداول المائية على سبيل المثال، يكون منسوب الماء قريبًا من سطح الأرض؛ إذ يصل عمق المياه إلى عدة أمتار فقط. أما في مناطق البرك فيَصِل منسوب الماء إلى مستوى سطح الأرض، بينما في مناطق أعلى التلال أو في المناطق الجافة يتراوح عمق منسوب الماء بين عشرات الأمتار ومئات الأمتار أو يزيد. ويوضح **الشكل 2–4** كيف يأخذ شكلُ منسوب المياه الجوفية شكلَ تضاريس السطح فوقه. فعلى سبيل المثال، ينطبق شكل انحدار منسوب المياه الجوفية مع شكل الوديان والتلال التي تعلوه على سطح الأرض. ولما كان منسوب الماء يعتمد على الهطول، لذا فهو يتذبذب فصليًّا وتبعًا لظروف الطقس الأخرى؛ إذ يرتفع في الفصول الرطبة وخصوصًا في فصل الشتاء، وينخفض في فصل الصيف الجافّ.

حركة المياه الجوفية
Groundwater Movement

تنساب المياه الجوفية من أعلى إلى أسفل في اتجاه ميل منسوب الماء، وعادة ما تكون هذه الحركة بطيئة؛ لأن على المياه الجوفية أن تنساب من خلال عدد كبير من المسامات الدقيقة في المواد تحت السطح. وتسمى قابلية المادة لإمرار الماء من خلالها **النفاذية Permeability**. بينما المواد التي حبيباتها كبيرة ومساماتها متصلة – ومنها الرمل والحصى – 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**. وفي الخزان المائي الجوفي تكون المسامات كبيرة ومتصلة، في حين تكون المواد ناعمة الحبيبات ذات نفاذية قليلة؛ لأن مساماتها صغيرة وتسمى مواد غير منفذة؛ إذ يكون انسياب المياه الجوفية فيها بطيئًا، ويقاس غالبًا بالمليمترات في اليوم. ويعد الغرين والطين والحجر الطيني أمثلة على المواد غير المنفذة؛ فالطين غير منفذ؛ فحبيباته دقيقة ومتراصة، وتعمل على الاحتفاظ بالماء، ولهذا السبب يُستخدم طبقةً مبطنة في البرك الاصطناعية، وفي مكاب النفايات، وتسمى الطبقات غير المنفذة التي تحجز الماء وتمنعه من التدفق **بالطبقة الكتيمة Aquicludes**.

سرعة التدفق Flow velocity تعتمد سرعة تدفق المياه الجوفية على انحدار منسوب المياه الجوفية ونفاذية المادة التي تتدفق هذه المياه من خلالها؛ حيث تقوم قوة الجاذبية بسحب المياه إلى أسفل، ويزداد التدفق عندما يكون انحدار منسوب الماء شديدًا، كما يتدفق الماء أسرع من خلال الفتحات الكبيرة، مقارنة بسرعته خلال الفتحات الصغيرة. وحيث تتناسب سرعة تدفق المياه الجوفية طرديًّا 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 كتيمتين.

الشكل 4–4 توجد العيون عند نقاط تقاطع منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض.

العيون (الينابيع) Springs

تتحرك المياه الجوفية ببطء وباستمرار من 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، غالبًا ما توجد في المناطق المنحدرة. ويعتمد مكان خروج المياه الجوفية إلى السطح على ترتيب طبقات الخزان المائي الجوفي والطبقات الكتيمة في المنطقة.

ماذا قرأت؟ وضح كيف يؤثر انحدار اليابسة في أماكن العيون.

يعتبر الخزان المائي الجوفي طبقات منفذة تحت الأرض يتدفق الماء خلالها بسهولة. أما الطبقة الكتيمة فهي عبارة عن طبقات غير منفذة. يتألف الخزان الجوفي المائي عادةً من طبقات الرمل والحصى والحجر الرملي والحجر الجيري، أما الطبقة الكتيمة فتتألف من طبقات الطين أو الغضار، وتمنع حركة المياه الجوفية خلالها. ويؤدي اتصال الخزان المائي الجوفي مع الطبقة الكتيمة إلى تصريف المياه الجوفية عند سطح الأرض في منطقة التماس بينهما. انظر **الشكل 4–4**. يسمى هذا التصريف الطبيعي للمياه الجوفية عند تقاطع منسوبها مع سطح الأرض **بالعيون Spring**.

ولا يقتصر تدفق العيون على اليابسة؛ فهناك أنواع أخرى من العيون الطبيعية البحرية، ومنها عيون عذبة منتشرة في مملكة البحرين تسمى محليًّا كواكب جمع كوكب، وهي عبارة عن شعاب صخرية تمر المياه العذبة خلالها، يستقي منها الغواصون وصائدو الأسماك، وكذلك السكان الذين يسكنون بالقرب منها. وعادة ما تنكشف هذه العيون في حالة الجزر، أما في حالة المد فتغطيها مياه البحر.

تدفق العيون Emergence of springs قد يكون حجم الماء المتدفق من العيون مجرد سيلان قليل، وقد يشكّل جدولًا؛ فهناك مثلًا عيون كبيرة تسمى عيون الكارست ينبثق منها نهر كامل، وتوجد هذه العيون في المناطق التي تتكون من الحجر الجيري؛ حيث تتدفق مياه العيون من ممرات تحت الأرض. أما في المناطق التي تتكون من صخور رسوبية أفقية فتتدفق العيون على جوانب الوديان من قاعدة الخزان المائي الجوفي، وعلى ارتفاع واحد. كما يظهر في **الشكل 5–4**.

إرشادات الدراسة

القراءة بالمشاركة

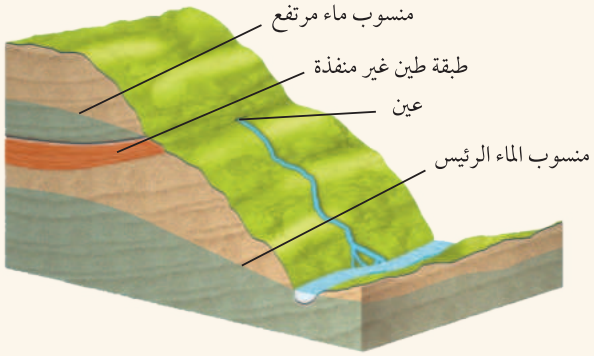
اكتب تقريرًا حول العيون في مملكة البحرين، من حيث أعدادها، وأسماؤها، وأماكن وجودها وأسباب نضوب معظمها.

ارجع إلى موقع وزارة شؤون البلديات والزراعة بمملكة البحرين.

http://websrv.municipality.gov.bh

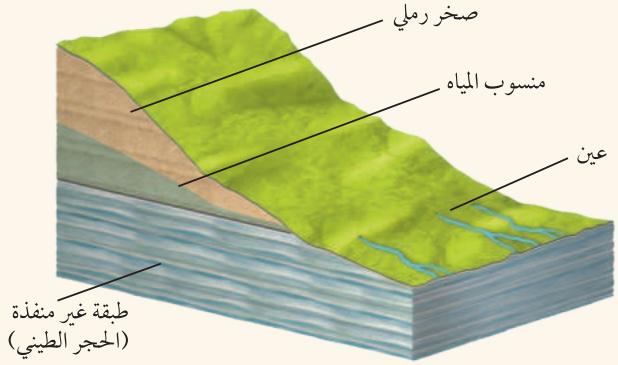
تصور تشكل العيون Visualization Springs

الشكل 5–4 تتكون العيون نتيجة خروج المياه الجوفية إلى سطح الأرض، عندما يتقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض. ويمكن للعيون أن تتشكل بطرائق مختلفة. قارن بين تكوّن أنواع العيون الأربعة.



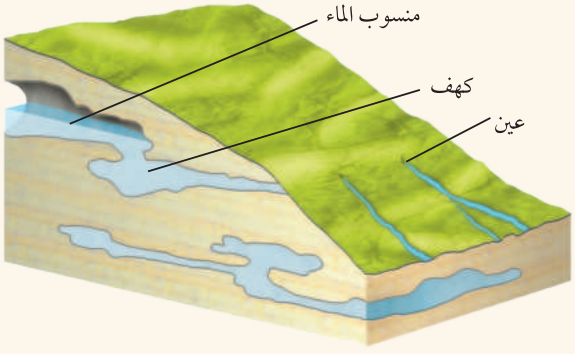
عين منسوب الماء المرتفع

1. يؤدي وجود طبقات غير منفذة – ومنها الطين – ضمن الخزان المائي الجوفي إلى تكوين منسوب الماء المرتفع.



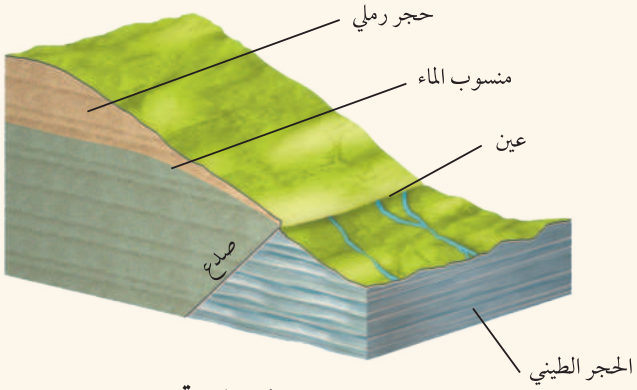
عين تسريبية

2. تتكون العيون نتيجة التقاء طبقة منفذة مع طبقة غير منفذة.



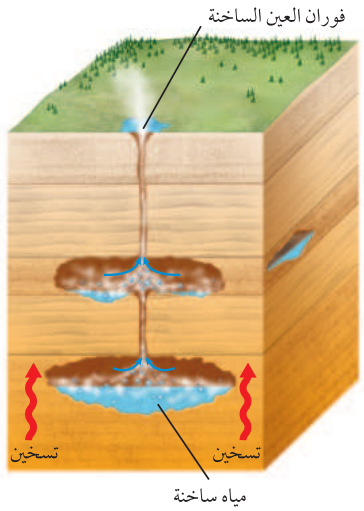
عين جيرية

3. تتكون العيون الجيرية (Karst) في المناطق التي تعمل فيها المياه الجوفية على تجوية طبقة الحجر الجيري؛ حيث تنبع المياه من الكهوف المتصلة في جوف الأرض، فتصل إلى سطح الأرض.



عين صدعية

4. تتكون بعض العيون في مناطق الصدوع، حيث تؤدي هذه الصدوع إلى التقاء نوعين مختلفين من الطبقات؛ كأن تلتقي طبقة صخرية مسامية مع أخرى غير مسامية.



الشكل 6–4 عين الماء الحارة نوع من العيون الساخنة، تخرج منها مياه حارة وبخار ماء إلى سطح الأرض.

عرف ما أصل الحمَّة الفوارة؟

درجة حرارة العيون Temperature of springs ينظر الناس إلى مياه العيون على أنها باردة ومنعشة، إلا أن درجة حرارة المياه الجوفية التي يتم تصريفها من خلال العيون عمومًا تساوي متوسط درجة الحرارة السنوية في المنطقة الموجودة فيها.

ومقارنة بدرجة حرارة الهواء فإن درجة حرارة المياه الجوفية عمومًا أبرد في فصل الصيف، وأسخن في فصل الشتاء. هناك بعض العيون التي تكون مياهها أدفأ من متوسط درجة الحرارة السنوية، وتسمى **بالعين الساخنة Hot spring**؛ اعتمادًا على درجة حرارتها. والعيون الساخنة هي ينابيع مياه تزيد درجة حرارتها على درجة حرارة جسم الإنسان (37°C).

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

التقويم 4–1

الخلاصة

- ترشح بعض مياه الهطول إلى جوف الأرض فتصبح مياهًا جوفية.
- تخزن المياه الجوفية في مسامات الصخور والرسوبيات تحت منسوب الماء.
- تتحرك المياه خلال طبقات منفذة تسمى الخزان المائي الجوفي، ويتم احتجازها بطبقات غير منفذة تدعى الطبقات الكتيمة.
- تنبع المياه الجوفية حيثما يتقاطع منسوبها مع سطح الأرض.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **وضح** كيف ترتبط حركة المياه الجوفية بدورة الماء في الطبيعة.
2. **وضح** بالرسم كيف تؤدي المواقع النسبية لكل من الخزان المائي الجوفي والطبقة الكتيمة إلى وجود العيون.
3. **صف** كيف تصبح مياه العيون ساخنة.
4. **حلل** العوامل التي تحدد سرعة التدفق.

التفكير الناقد

5. **قارن** بين المسامية والنفاذية للمواد تحت السطحية.
6. **استدل** لماذا يعد وجود الطبقة الكتيمة أسفل الخزان المائي الجوفي ذات فائدة كبيرة للمجتمع.

الكتابة في الجيولوجيا

7. **طور** مجموعة من الإشارات تصف فيها أفضل الأماكن للبحث عن المياه الجوفية.

4-2

تساؤلات جوهرية

- ما الآبار وما أنواعها؟
- كيف يتم سحب المياه الجوفية من خزاناتها عن طريق الآبار؟
- ما المشكلات الرئيسة التي تهدد موارد المياه الجوفية؟
- كيف يمكن حماية مواردنا المائية؟

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الآبار

الضخ الجائر

الهبوط في منسوب المياه الجوفية

تغذية المياه الجوفية

الخزان الجوفي الارتوازي

البئر الارتوازية

موارد المياه الجوفية

Groundwater Supply

الفكرة الرئيسة المياه الجوفية ليست متوافرة دائمًا في أماكن طلبها، وإن وجدت فقد تكون ملوثة.

الربط مع الحياة إذا كان لديك حساب في البنك، فهل يمكنك سحب نقود كما تشاء؟ بالطبع لا. وكما هو الحال في حساب البنك، يمكن سحب المياه الجوفية لكن حسب الكميات المختزنة في الطبقات المائية.

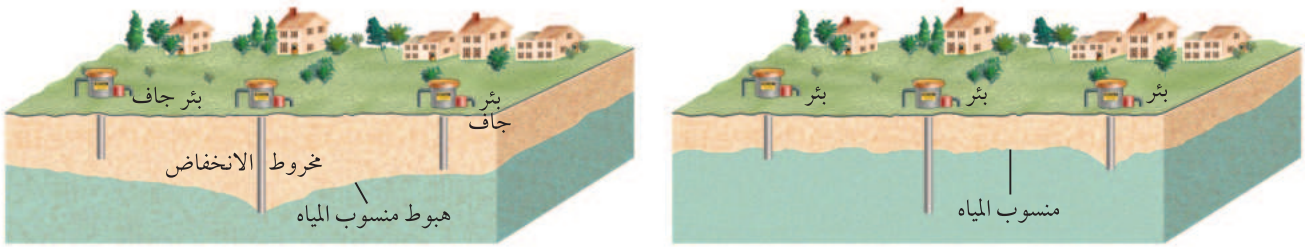
الآبار Wells

الآبار Wells ثقوب تُحفر في الأرض للوصول إلى الخزان المائي الجوفي. وهناك نوعان رئيسان من الآبار، هما الآبار العادية والآبار الارتوازية.

الآبار العادية 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 المحيطة في الخزان المائي الجوفي.

يحدث **الضخ الجائر Over pumping** عندما يفوق معدل سحب المياه من البئر معدل تعويض المياه فيه، فيؤدي ذلك إلى خفض منسوب المياه المحلي، منتجًا مخروط الانخفاض حول البئر، كما في **الشكل 7–4**. ويسمى الفرق بين منسوب المياه الجوفية الأصلي ومنسوب المياه في أثناء عملية الضخ **بالهبوط في منسوب المياه الجوفية Drawdown**. وإذا حصل هبوط في منسوب المياه في مجموعة آبار متجاورة في الخزان غير المحصور فإن مجموعة مخاريط الانخفاض المتجاورة يتحد بعضها مع بعض، مسببة بذلك هبوطًا عامًّا في منسوب المياه، مما يؤدي إلى جفاف الآبار الضحلة.

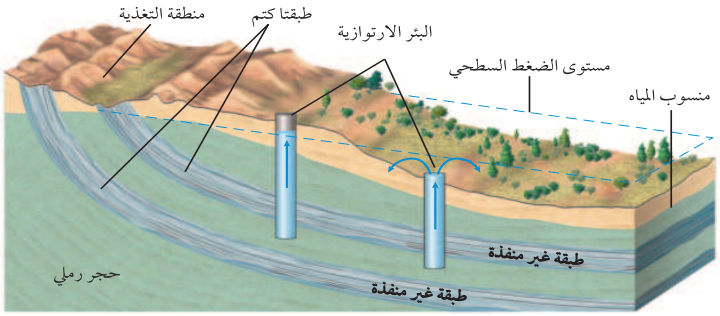
وتزوّد مياه الأمطار الخزانَ المائي الجوفي بمحتواه المائي في عملية تدعى **بتغذية المياه الجوفية Recharge**. وتؤدي أحيانًا تغذية المياه الجوفية بمياه الأمطار أو بالمياه الجارية إلى تعويضها عن المياه التي سُحبت من الآبار. فإذا تجاوز سحب المياه الجوفية معدل تغذية الخزان الجوفي، ازداد الهبوط في منسوب المياه إلى أن تصبح جميع الآبار جافة.



قبل الضخ الجائر

بعد 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 مضغوط .

تعرف السبب الرئيس الذي جعل البئر الارتوازية تختلف عن البئر العادية.

الآبار الارتوازية Artesian wells غالبا ما تكون منطقة تغذية الخزان أعلى من الخزان المائي الجوفي نفسه. ويسمى الخزان المائي الجوفي الواقع بين طبقتين كتيمتين خزانًا جوفيًّا محصورًا، 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 **الخزانَ الجوفيَّ الارتوازيَّ Artesian Aquifer**. وعندما يكون معدل التغذية كبيرًا وكافيًا فإن ضغط الماء في بئر محفورة في خزان ارتوازي سيجعل الماء يتدفق فوق سطح الأرض على شكل نافورة تسمَّى **البئر الارتوازية Artesian well**. ويمكن أن يرتفع منسوب المياه في الآبار المحفورة إلى مستوى الضغط السطحي، كما في **الشكل** 8–4. تسمى أيضًا العيون التي يجري تصريفها بضغط الماء بالعيون الارتوازيةَ. وتعود كلمة artesian إلى مقاطعة فرنسية اسمها Artois، حفر فيها أول بئر ارتوازية، وذلك قبل 900 عام. هذا وقد تم حفر أول بئر ارتوازية في مملكة البحرين عام 1925م.

مختبر حل المشكلات 1–4 *

اعمل مقطعًا تضاريسيًّا

كيف يختلف منسوب المياه في الآبار الارتوازية؟

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

بيانات الخزان الجوفي المائي

الموقع	ارتفاع السطح (m)	ارتفاع منسوب الماء (m)	ارتفاع السطح العلوي لطبقة الكتيمة (m)	مستوى الضغط السطحي (m)
1	396	392	388	394
2	394	390	386	393
3	390	388	381	392

التحليل

1. أسقط بيانات الارتفاع على رسم بياني، بحيث تكون المواقع على محور السينات، والارتفاعات على محور الصادات.
2. اعمل مقطعا تضاريسيًّا لخط المسح من الموقع الأول ولغاية الموقع الثالث مستعملًا خطًّا عريضًا لتمثيل سطح الأرض.

التفكير الناقد

3. **حلل**. كم يرتفع الماء في البئر المحفورة عند كل موقع؟
4. **قوّم** ماذا يحدث لو حفرنا بئرًا في خزان مائي جوفي محصور عند الموقع 3؟
5. **توقع** كيف يؤثر حفر بئر ارتوازية في موقع واحد في بقية الآبار؟

* مختبر حل المشكلات للاطلاع فقط.

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.

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

تعدّ تقديرات موارد المياه نتيجة للاتزان الحركي ضمن مجموعة من العوامل، ومنها كميات الهطول، والرشح، والتصريف السطحي، ومسامية الصخور، ونفاذيتها، والرسوبيات تحت السطح، وحجم المياه الجوفية التي تصرف طبيعيًّا إلى السطح. وتتغير بعض هذه العوامل طبيعيًّا مع الزمن، ويتأثر البعض الآخر بالأنشطة البشرية. وتؤدي التغيرات التي تحدث لموارد المياه الجوفية إلى ظهور قضايا بيئية، منها انخفاض مستوى المياه والخسف والتلوث والتملح.

إن الضخ الجائر بسبب زيادة الطلب على المياه العذبة للاستعمالات المنزلية والزراعة والصناعة أدى إلى هبوط مستوى المياه العذبة في خزانات المياه الجوفية، كما في تكوين الدمام وطبقة الروس أو أم الرضمة، ومن ثم ارتفاع ملوحتها، بحيث أصبحت غير قابلة للاستعمال. لذلك لجأت مملكة البحرين إلى إنشاء محطات تحلية المياه؛ فأنشأت محطة تحلية مياه سترة وأبي جرجور والدور والحد ومحطة توبلي لمعالجة مياه الصرف الصحي.

تجربة 1–4

نموذج البئر الارتوازية

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

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. املأ **صندوقًا بلاستيكيًّا** أو أي وعاء آخر إلى منتصفه **بالرمل**، وأضف كميات كافية من **الماء** لإشباع الرمل به، ثم غطِّ الرمل تمامًا بطبقة من الطين أو أي طبقة غير منفذة بسمك 1–2 cm.
3. ضع الصندوق مائلًا بزاوية 10°، مستعملًا **كتابًا** لإسناده، واعمل ثلاثة ثقوب في الصندوق، بحيث يكون الثقب الأول في النهاية السفلية، والثاني في الوسط، والثالث في النهاية العلوية للصندوق، ثم أدخل أنبوبًا بلاستيكيًّا شفافًا لكل ثقب، بحيث يتخلل طبقة الرمل، وسدّ الثقوب بإحكام حول **الماصات**.

التحليل

1. **لاحظ** منسوب المياه في الأنابيب. أي الأنابيب يكون ارتفاع الماء فيها أعلى ما يمكن؟ وأيها يكون فيها أقل ما يمكن؟
2. **حدد** منسوب المياه في الصندوق.
3. **حلل** حدد المكان الذي يكون عنده ضغط المياه أكبر ما يمكن. وضح إجابتك.
4. **توقع** ما يحدث لمنسوب المياه وسطح الضغط إذا تدفقت المياه من إحدى الأنابيب.

المهن في علوم الأرض

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

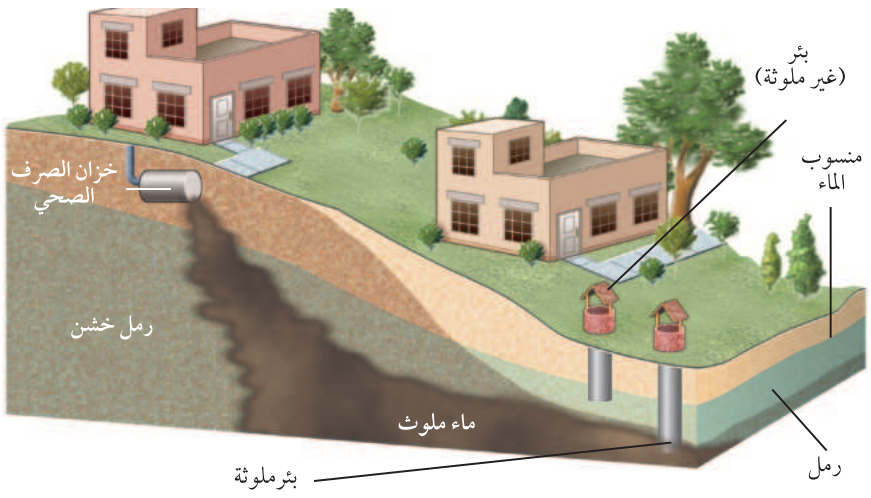
الاستعمال الجائر Overuse يستنزف الاستعمال الجائر موارد المياه. فإذا كان معدل الضخ يفوق معدل التغذية فعندئذ ينخفض مستوى التزويد بالمياه الجوفية، ويهبط منسوب المياه. وهذا ما حدث لمعظم خزانات المياه الجوفية في مملكة البحرين.

الخسف Subsidence ينتج عن الضخ المفرط (الجائر) للمياه الجوفية حدوث مشكلة أخرى هي خسف الأرض (هبوط أو انهيار اليابسة)؛ إذ يدعم حجم المياه الجوفية وزنَ التربة والرسوبيات والصخور التي تعلوها، وعندما يقل ارتفاع منسوب الماء ينتقل وزن المواد التي تعلوه بالتدريج إلى حبيبات الخزان المعدنية مما يؤدي إلى تراصها، وخسف سطح اليابسة فوق الخزان.

تلوث المياه الجوفية Poullution in groundwater إن أكثر خزانات المياه الجوفية عرضة للتلوث هي الخزانات غير المحصورة. أما الخزانات الجوفية المحصورة فلا تتأثر كثيرًا بالتلوث المحلي؛ لأنها محمية بالطبقة الكتيمة التي تحتجز الملوثات، وتحميها من التلوث. ولكن إذا تلوثت مناطق تغذية الخزانات الجوفية المحصورة فعندئذ ستصاب مياهها بالتلوث.

ماذا قرأت؟ **تعرَّف** أي الخزانين أكثر عرضة للتلوث؟

تتضمن مصادر تلوث المياه الجوفية المياهَ العادمةَ (مياه الصرف الصحي) والحفر الامتصاصية (غير المبطنة) والمزارع ومكابّ النفايات العادمة الأخرى؛ إذ تدخل الملوثات جوف الأرض وتكون في البداية فوق منسوب المياه، ولكنها، في النهاية، ترشح حتى تصل منسوب المياه. وتنتشر الملوثات بسرعة في الطبقات المنفذة للخزانات الجوفية وفي اتجاهات محددة كأن تتجه نحو الآبار، كما في **الشكل 9–4**.



الشكل 9–4 يمكن أن تنتشر الملوثات بسرعة خلال الخزان المائي لاحظ كيف سحب البئر التلوث نحوه مع سحب الماء من الخزان المائي الجوفي.

المفردات
مفردات أكاديمية

النقل

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

المواد الكيميائية Chemicals نظرًا إلى صغر حجم المواد الكيميائية الذائبة والمنقولة مع المياه إلى جوف الأرض فإنه يمكنها أن تتخلل المسامات الدقيقة الموجودة بين الحبيبات الصغيرة جدًّا، ولهذا السبب فإن المواد الكيميائية يمكنها أن تلوث أي نوع من الخزانات الجوفية، وبمجرد دخول الملوثات الكيميائية إلى المياه الجوفية يصعب إزالتها.

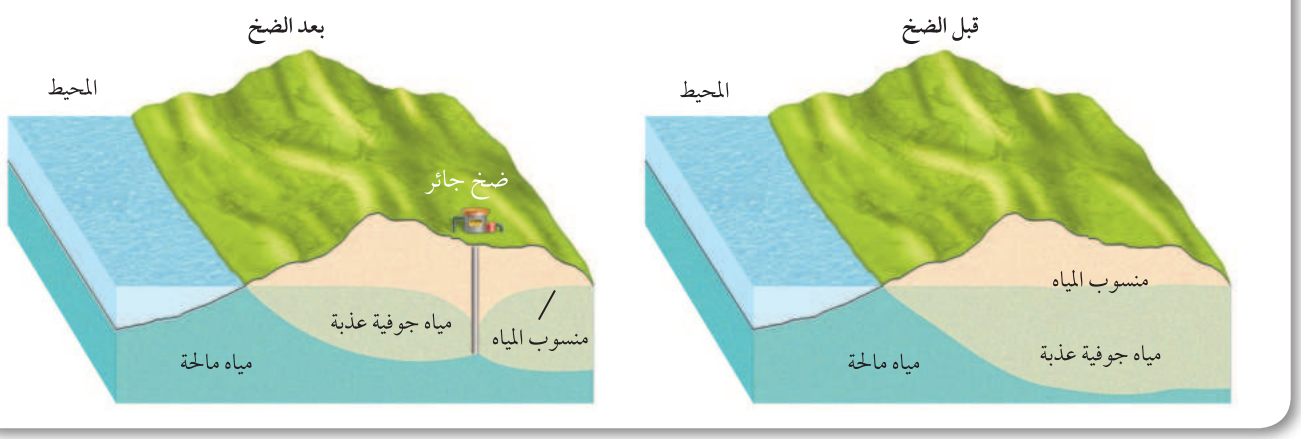
ماذا قرأت؟ **وضح** لماذا يمكن للمواد الكيميائية – ومنها عنصر الزرنيخ – أن يلوث أي نوع من الخزانات الجوفية المائية؟

تضم مياه الصرف الصحي ومكابّ النفايات وغيرها من مواقع المخلفات عددًا من الملوثات؛ وقد تذوب هذه المواد في المياه المتسربة إلى الخزان المائي الجوفي، وتنتشر في جميع أجزاء الخزان، ومع الزمن يصبح الخزان ملوثًا وسامًّا.

الأملاح Salt ليست جميع الملوثات مواد سامة أو ضارة بالصحة؛ فعلى سبيل المثال يُستخدم ملح الطعام في المائدة، إلا أن وجوده بتراكيز عالية في الماء يجعل الماء غير صالح للشرب. وبالطريقة نفسها تصبح المياه الجوفية غير صالحة للاستعمال بعد اختلاطها مع مياه مالحة. لذا يعد التلوث بالأملاح واحدًا من المخاطر الرئيسة التي تواجه موارد المياه الجوفية، وخصوصًا في المناطق الشاطئية، حيث تشكل مسألة تداخل المياه الجوفية بمياه مالحة مشكلة رئيسة؛ فالمياه المالحة الأكثر كثافة تقع أسفل المياه العذبة، كما في **الشكل 10–4**، وفي حالة حدوث ضخ جائر من الآبار تصعد مياه البحر المالحة من خلال الآبار، وتلوث المياه الجوفية.

الشكل 10–4 يمكن أن تتلوث الخزانات الجوفية العذبة بالماء المالح.

تعرف كيف يمكن أن يتسبب الضخ الجائر 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 مصادر تلوث المياه الجوفية الرئيسة، 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 وقتًا كافيًا للبحث عن مصادر مياه بديلة ، وفي بعض الحالات يمكن إيقاف حركة الملوثات من خلال بناء طبقات كتيمة تحت الأرض تحيط بالمنطقة الملوثة. وأحيانا يتم ضخ المياه الجوفية الملوثة إلى السطح لمعالجتها كيميائيًّا. ومما 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 سلبًا في نظام المياه الجوفية؛ حتى يتمكن من حمايتها.

الجدول 2-4 مصادر تلوث المياه الجوفية

الرشح من الأسمدة
التسرب من أماكن التخزين في محطات الوقود
تسرب مياه حمضية من المناجم
التسرب من الحفر الامتصاصية غير المبطنة
تداخل المياه المالحة بالمياه العذبة في الخزانات المائية القريبة من الشواطئ
التسرب من مكابّ النفايات
الإشعاعات

التقويم 2-4

الخلاصة

- تحفر الآبار وصولًا إلى نطاق الإشباع للحصول على المياه.
- يؤدي الضخ الجائر من الآبار الضحلة إلى تكوين مخروط الانخفاض.
- الآبار الارتوازية مخرج 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 شيوعًا هي: مياه الصرف الصحي، ومكابّ النفايات الصلبة وغيرها من مواقع التخلص من النفايات.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **قوّم** المشكلة المصاحبة للضخ الجائر في الآبار.
2. **فسر** لماذا تخضع المياه في الآبار الارتوازية إلى ضغط؟
3. **وضح بالرسم** الفرق بين البئر العادية والبئر الارتوازية.

التفكير الناقد

4. **صمم** تجربة تختبر فيها وجود حواجز غير منفذة (كتيمة) تحيط بالمنطقة الملوثة.
5. **حلل** أفضل طريقة لمنع تلوث المياه الجوفية في المناطق السكنية.

الكتابة في الجيولوجيا

6. **توقع** كيف تؤثر نفاذية الخزان المائي الجوفي في انتشار الملوثات.

الجيولوجيا والبيئة *
Geology and the Environment

مراقبو المياه Watcher of the water

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

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

دراسة حالة للخزان المائي افترض أن أحد المزارعين يرغب في إقامة نظام ري يتطلب حفر بئر، فكيف تتم دراسة ذلك؟ لا بد أولًا من اختبار منسوب الماء لضمان أن البئر الجديدة لن تسبب نقصًا في إمدادات المياه. لذا يقوم الهيدروجيولوجي بالبحث عن بئر عاملة (غير مقفلة أو غير جافة) في المنطقة المجاورة، ويقوم بتشغيلها باستعمال مضخة مدة 24 ساعة. ويحدد الاختبار الدوري للآبار العاملة في منطقة ما التغيراتِ التي تطرأ على منسوب الماء وعلى نوعيته. ومن البيانات التي يتم جمعها يقوم الجيولوجي 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.

ضمان الجودة الهيدروجيولوجيون مسؤولون أيضًا عن فحص نوعية المياه. فمثلاً لو أصبح لمياه أحد الخزانات المائية الجوفية طعم ورائحة مختلفان فعندئذ سيسعى سكان المنطقة للتأكد من صلاحية هذه المياه للشرب. لذا يقوم الهيدروجيولوجيون بجمع عينات،

يجمع هؤلاء الهيدروجيولوجيون عينات مائية من إحدى الآبار لتحديد ما إذا كانت المياه ملوثة أم لا.

وإرسالها إلى المختبرات لفحص مدى إصابتها بالملوثات المختلفة، ومنها مياه الصرف الصحي والمبيدات الحشرية والفطرية 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. ابحث أكثر فيما يمارسه الهيدروجيولوجيون من عمل في الكتب العلمية و الإنترنت. ثم تخيل أنك ترافق أحدهم في يوم عمل أو قم بزيارة أو مرافقة الهيدرولوجي في يوم عمل. صف ما شاهدت وما فعلت وما تعلمت حول خزانات المياه الجوفية.

* الجيولوجيا والبيئة للاطلاع فقط.

مختبر الجيولوجيا

نموذج محاكاة تلوث المياه الجوفية

الخلفية العلمية: تتميز المياه بخصائص فيزيائية وكيميائية وبيولوجية محددة لاستعمالها في الإغراض المختلفة. ونتيجة النشاط البشري تتعرض هذه الخصائص للتغير بسبب وصول الملوثات إليها.

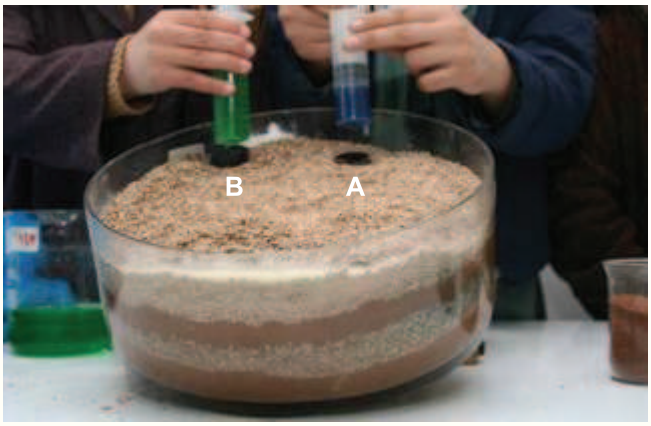
سؤال: كيف تصل الملوثات إلى المياه في باطن الأرض؟

الأدوات

حوض زجاجي عمقه 20 cm تقريبًا، صبغتا طعام بلونين مختلفين (أخضر، بنفسجي)، ماء، تربة طينية، رمل خشن، محقنان طبيان، رشاش ماء، قطعتان من خرطوم ماء طولاهما على الترتيب 3cm و 6cm.

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، مشكلًا الفوهة A، وقم بتثبيتها 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 أغرس قطعة الخرطوم 3 cm، وفرغها من الرمل الذي علق بها أثناء الغرس، مشكلًا الفوهة B.
6. تأكد من 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.



8. حضر ماء مصبوغًا بالصبغة الخضراء، وآخر بالصبغة البنفسجية، واحقن كلًّا منهما في فوهة، كما في الشكل.
9. رش السطح العلوي للطبقة الرملية الثانية بالماء، ثم راقب انتشار الألوان في الطبقات مدة (10) دقائق.

لخص واستنتج

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

الكتابة في الجيولوجيا

ابحث مستعينًا بمصادر المعلومات المختلفة، اكتب تقريرًا عن مصادر تلوث المياه الجوفية وكيفية حمايتها. شارك أقرانك في الصف بما توصلت إليه من المعلومات حول الموضوع.

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يسهم الهطول والرشح في تكوين المياه الجوفية التي تخزن في خزانات المياه الجوفية، إلى أن تعود إلى السطح على شكل ينابيع، أو من خلال سحبها من الآبار.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4–1 حركة المياه الجوفية وتخزينها	
الرشح نطاق الإشباع منسوب الماء نطاق التهوية النفاذية الخزان المائي الجوفي الطبقة الكتيمة العين العين الساخنة الحمَّة الفوارة	**الفكرة الرئيسة** تزود خزاناتُ المياه الجوفية الجداولَ والعيون الطبيعية والمناطق بالمياه حيثما يتقاطع منسوبها مع سطح الأرض. • ترشح مياه الأمطار بعد سقوطها على اليابسة إلى جوف الأرض، وتصبح مياهًا جوفية. • تخزن المياه الجوفية تحت منسوب المياه في الفراغات المسامية للصخور والرسوبيات. • تتحرك المياه الجوفية خلال طبقة منفذة تسمى الخزان المائي الجوفي، وتحصر بطبقة غير منفذة تسمى الطبقة الكتيمة. • تتدفق المياه الجوفية إلى السطح، حيث يتقاطع منسوب المياه مع سطح الأرض.
4–2 موارد المياه الجوفية	
الآبار الضخ الجائر الهبوط في منسوب المياه الجوفية تغذية المياه الجوفية الخزان الجوفي الارتوازي البئر الارتوازية	**الفكرة الرئيسة** لا تتوافر المياه الجوفية حيث تطلب، وإن وجدت فقد تكون ملوثة. • تحفر الآبار في نطاق الإشباع للحصول على الماء. • الضخ الجائر من الآبار الضحلة 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 شيوعًا لتلوث المياه الجوفية هي مياه الصرف الصحي ، ومواقع طمر النفايات، ومواقع التخلص من النفايات.

مراجعة الفصل

مراجعة المفردات

ما المصطلح الذي يصف كلًّا من العبارات الآتية:

1. منطقة تحت سطح الأرض مملوءة بالمياه الجوفية.
2. قابلية المادة المكونة لطبقات الأرض لإمرار الماء من خلالها.
3. جميع الطبقات المنفذة للماء الراشح في موقع ما.
4. طبقات غير منفذة التي تحجز الماء وتمنعه من التدفق.

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

5. ما الفرق بين العيون العادية والعيون الارتوازية؟
6. ماذا تسمى العيون الساخنة التي تتكون في المناطق البركانية؟

تثبيت المفاهيم الرئيسة

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

   a- الجليديات والأغطية الثلجية.

   b- بحيرات الماء العذب.

   c- الأنهار والجداول المائية.

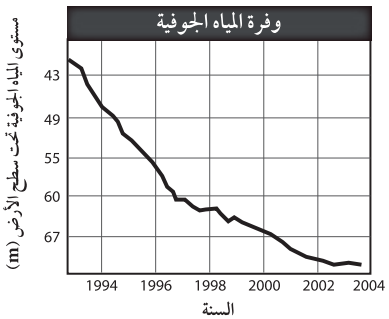
   d- المياه الجوفية.

8. ما اسم الطبقة الرسوبية أو الصخرية التي لا تسمح بمرور الماء خلالها؟

   a- الطبقة المنفذة. c- الخزان المائي.

   b- الطبقة الكتيمة. d- الطبقة غير المائية.

الرسم البياني الآتي يمثل المياه الجوفية لبئر في منطقة ما، أجب عن السؤالين 9 و 10



9. أي من الجمل الآتية تمثل استنتاجًا منطقيًّا يمكن استخلاصه من الرسم البياني؟

   a- زادت كمية المياه الجوفية في الفترة بين 1993 و2003 م.

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

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

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

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

   a- 2004م. c- 1996م.

   b- 2003م. d- 1993م.

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

   a- توجد فوق منسوب الماء.

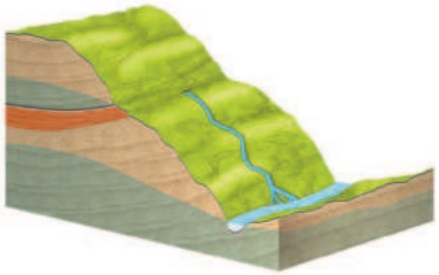
   b- مساماتها كبيرة .

   c- مساماتها متصلة.

   d- توجد أسفل منسوب الماء.

مراجعة الفصل 4

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤال رقم 12.



12. مالشروط الضرورية لتكون العيون؟

a- توافر منطقة تغذية ونطاق التشبع والطبقة الكتيمة.

b- وجود طبقة كتيمة تحصر المياه فوق نطاق التهوية والإشباع.

c- وجود منسوب ماء مرتفع فوق الطبقة الكتيمة يتقاطع مع سطح الأرض.

d- وجود طبقة كتيمة 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. **تعرف** على المَعْلَمين اللذين يجب توافرهما في الخزان الجوفي المائي لكي يصبح مصدرًا ارتوازيًّا.

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 يُعتقد أن طرح المخلفات السامة في حفرة خسفية، يمكن أن يشكل مخاطر حقيقية على مياه الشرب.

التفكير الناقد

18. **قوّم** العاقبة التي ستحل بموارد المياه الجوفية في المناطق الشاطئية بسبب ارتفاع منسوب ماء البحر.

استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال رقم 19

19. **فكر**. آخذًا بعين الاعتبار الماء المتدفق من سفح الجبل ارسم شكلًا يفسر دور المياه الجوفية في الصورة أعلاه.

خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحدٍّ

21. استدل على أثر زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي في المباني التي أنشئت من الأحجار الجيرية، وفي تكوين الينابيع الجيرية (Karst).

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. أي المواد الآتية أنسب لتبطين بركة ماء؟

a- الحصى. c- الطين.

b- الحجر الجيري. d- الرمل.

2. أي المصادر المائية الآتية أسهل تلوثًا؟

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- أسخن من متوسط درجة حرارة المنطقة.

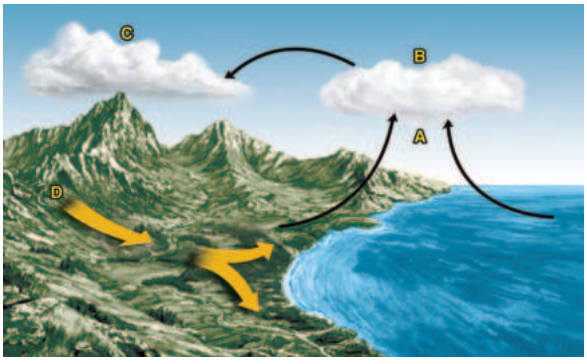
b- أبرد من متوسط درجة حرارة المنطقة.

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

d- تساوي متوسط درجة الحرارة السنوية في المنطقة.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل أدناه في الإجابة 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 العادية والبئر الارتوازية من حيث نوع الخزان الجوفي؟
9. ناقش خسف سطح الأرض الناشئ عن الضخ الجائر وخطره على موارد المياه.

القراءة والاستيعاب

اقرأ النص الآتي ثم أجب عن السؤالين 10و11

حتى يبقى الماء

فيلم وثائقي أعاد إلى الأذهان صورة البحرين القديمة إلى أيام العيون الحلوة، عندما كانت العيون تتفجر من مناطق مختلفة من البحرين، وقد تذكر الحضور أن اسم البحرين يرجع إلى البحر المالح والبحر الحلو، عندما كانت البحرين بلد المليون نخلة، عندما كانت تعتمد على اللؤلؤ وصيد السمك، قبل أن يزحف عليها العمران، ويدفن تلك الذكريات الجميلة.

يبدأ الفيلم بشجرة الحياة وهي رمز البقاء في قلب الصحراء. وقد قيل قديمًا إن هذه الشجرة كانت في منطقة عامرة بالمياه. ويأخذنا الفيلم في رحلة عبر أهم مصادر المياه في البحرين قبل ظهور النفط؛ فقد كانت تعتمد على العيون الموجودة على اليابسة، أو العيون البحرية.

تعرّض الفيلم إلى كيفية استخراج المياه، سواء عندما كانت تتفجر من تلقاء نفسها، أو عبر المضخات التي استخدمت عندما كانت المياه أعمق من أن تخرج بصورة طبيعية.

ولكن مع النمو الاقتصادي وتزايد عدد السكان بدأ الضغط يزداد على المياه الجوفية وبدأ مخزونها يقل شيئًا فشيئًا، وبدأت المملكة تفكر في إيجاد حلول بديلة من أجل توفير المياه.

ويتضمن الفيلم فقرات توعوية للناشئة والأجيال القادمة بأهمية هذه المشكلة، وكيف يستطيع المواطن أن يقلل من استهلاكه، وأن يبدأ من نفسه، وأن يؤمن بأن قضايا البيئة لا تخص جهة حكومية، بل هي مسؤولية تشمل المجتمع بأكمله.

بدأت المملكة في إنشاء محطات تحلية مياه البحر لأغراض الشرب، وإعادة معالجة مياه الصرف الصحي؛ من أجل ري المزروعات. بل إن الزراعة بدأت في استعمال تقنيات جديدة، منها الزراعة بدون تربة، أو استعمال وسائل الري الحديثة.

10. ما مصدر المياه الذي غذى شجرة الحياة والأشجار الكثيفة التي نمت حولها عبر الزمن الماضي؟

a- مياه العيون الطبيعية البحرية والبرية.

b- مياه الأمطار.

c- محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

d- محطة تحلية مياه البحر.

11. ما السبب الرئيس لنضوب مصادر المياه في البحرين؟

a- وصول الملوثات خزانات المياه الجوفية.

b- زيادة الطلب على الماء.

c- اختلاط مياه البحر بالمياه الجوفية.

d- المناخ الجاف.

قائمة المحتويات

جداول مرجعية :

- صفات المعادن ذات البريق الفلزي Minerals with Metallic Luster
- صفات المعادن ذات البريق اللاّفلزي Minerals with Nonmetallic Luster
- الصخور Rocks
- الجدول الدوري للعناصر Periodic Table of the Elements
- المصطلحات Glossary

الجدول - 1 صفات المعادن ذات البريق الفلزي

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	الحكاكة	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانفصام والمسكر	الاستعمالات وخصائص اخرى
البورنيت Bornite Cu_5FeS_4	برونزي باهت إلى أزرق غامق أرجواني	رمادي-أسود	3	4.9–5.4	هرم رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	مصدر للنحاس ويسمى خام الطاووس بسبب اللون الارجواني اللامع
الكالكوبيريت Chalcopyrite $CuFeS_2$	أصفر إلى أصفر ذهبي	أسود مخضر	3.5–4	4.2	رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	الخام الرئيس للنحاس
الكروميت Chromite $FeCr_2O_4$	أسود أو بني	بني إلى أسود	5.5	4.6	مكعب	مكسر غير منتظم	خام الكروم ، غير القابل للصدأ، صلب يستعمل لصناعة السبائك
النحاس Copper Cu	نحاسي أحمر	نحاسي أحمر	3	8.5–9	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صناعة العملات المعدنية والأنابيب والمزاريب، والأسلاك، أواني الطبخ، والمجوهرات، طباعة لوحات الديكور.
الجالينا Galena PbS	رمادي	رمادي إلى أسود	2.5	7.5	مكعب	الانفصام مكعبات واضحة	مصدر الرصاص الذي يستعمل في صناعة أنابيب، الدروع لأشعة اكس، وصيد الأسماك و معدات الغطاسون
الذهب Gold Au	أصفر ذهبي	أصفر	2.5–3	19.3	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في المجوهرات والنقود، رقائق الذهب، حشوات للأسنان، والأدوية؛ لا يصدأ
الجرافيت Graphite C	أسود إلى رمادي	أسود إلى رمادي	1–2	2.3	سداسي	سطح انفصام واحد	يستعمل في أقلام الرصاص ومواد التشحيم، قضبان للسيطرة على بعض المفاعلات النووية الصغيرة، أقطاب البطارية
الهيماتيت Hematite Fe_2O_3	أسود أو بني محمر	أحمر أو بني محمر	6	5.3	سداسي	مكسر غير منتظم	خام الحديد ، يصهر بالأفران مع الفحم لإنتاج الفولاذ الصلب
الماجنتيت Magnetite Fe_3O_4	أسود	أسود	6	5.2	مكعب	مكسر محاري	خام الحديد، مغناطيس طبيعي. ويسمى حجر المغناطيس.
البيريت Pyrite FeS_2	أصفر نحاسي فاتح	أسود مخضر	6.5	5.0	مكعب	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	غني بالحديد، يسمى ذهب المجانين لان مظهرة يشبه الذهب، ويتأكسد إلى معدن الليمونايت.
البيروتيت Pyrrhotite $Fe_{1-X}S$ * يزيد الكبريت عن الحديد بذرّة واحدة	برونزي	رمادي-أسود	4	4.6	سداسي	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	خام للحديد والكبريت، وقد يكون ممغنطا
الفضة Silver Ag	أبيض فضي بدون بريق إلى أسود	رمادي فاتح إلى فضي	2.5	10–12	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صك النقود، حشوات الأسنان، ورقائق الفضة ، الأسلاك، الموصلات.

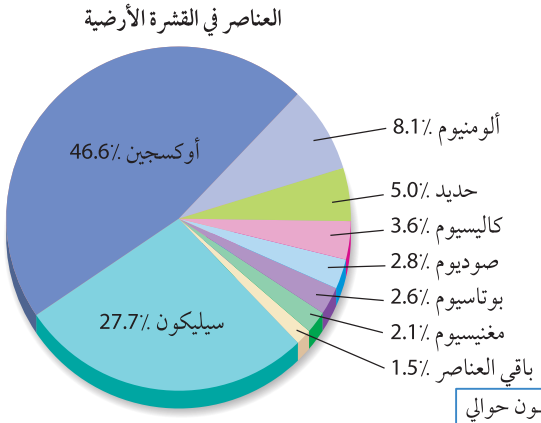
الجدول -2 صفات المعادن ذات البريق اللاّفلزي

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	الحكاكة	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانفصام والمسكر	الاستعمالات وخصائص اخرى
الأوجيت Augite $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al)(Al, Si)_2O_6$	أسود	شفاف	6	3.3	أحادي الميل	الانفصام باتجاهين	المقطع العرضي للبلورة على شكل مربع أو مضلع ثماني
الكورنديوم Corundum Al_2O_3	شفاف، أزرق، بني، أخضر، أبيض، وردي، أحمر	شفاف	9	4.0	سداسي	مكسر غير مستوٍ	يستعمل كحجر لجعل أدوات القطع أكثر حدة والملون منه الكورنديوم الأحمر حجر كريم (الياقوت) والأزرق الحجر الكريم الزفير.
الفلسبار الأورثوكليز Feldspar (orthoclase) $KAlSi_3O_8$	شفاف، أبيض إلى رمادي، أخضر، أصفر	شفاف	6	2.5	أحادي الميل	مستوين انفصام متعامدين	لا يذوب في الأحماض ويستعمل في صناعة البورسلان.
الفلسبار البلاجيوكليزي Feldspar (plagioclase) $NaAlSi_3O_8$ $CaAl_2Si_3O_8$	رمادي، أخضر، أبيض	شفاف	6	2.5	ثلاثي الميل	مستويين من الانفصام يميلان ويتقابلان بزاوية 86^o	يستعمل في صناعة الخزف،
الفلورايت Fluorite CaF_2	شفاف، أبيض، أزرق، أخضر، أحمر، أصفر، أرجواني	شفاف	4	3–3.2	مكعب	تظهر مستويات انفصام	يستعمل في صناعة الأجهزة البصرية، يتوهج تحت الأشعة فوق البنفسجية
الجارنت Garnet $(Mg, Fe, Ca, Mn)_3(Al, Fe, Cr)_2, (SiO_4)_3$	أصفر غامق، أحمر، أخضر، أسود	شفاف	7.5	3.5	مكعب	مكسر محاري	يستعمل كمادة صاقلة، ويستعمل في صناعة المجوهرات.
الهورنبلند Hornblende $Ca_2Na(Mg, Fe^2)_4(Al, Fe_3, Ti)_3, Si_8O_{22}(O, OH)_2)$	أخضر إلى أسود	رمادي إلى أبيض	5–6	3.4	أحادي الميل	انفصام باتجاهين	ينكسر الضوء عن حوافه الرقيقة، مقطع بلوراته من 6 أضلاع.
اليمونايت Limonite	أصفر، بني، أسود	أصفر، بني	5.5	2.7–4.3	غير محدد	مكسر محاري	مصدر للحديد، سهل التجوية والتفتت، مادة ملونة للتربة.
الأوليفين Olivine $(Mg, Fe)_2 SiO_4$	أخضر زيتوني	شفاف	6.5	3.5	معيني	مكسر محاري	حجر كريم ، رمل مقاوم للانصهار. يستعمل في تبطين أفران الصهر.
الكوارتز Quartz SiO_2	شفاف، ألوان مختلفة.	شفاف	7	2.6	سداسي	مكسر محاري	يستعمل في صناعة الزجاج، الأجهزة الإلكترونية، المذياع، الحواسيب، الساعات، الأحجار الكريمة.
التوباز Topaz $Al_2SiO_4(F, OH)_2$	شفاف، أبيض، أصفر، وردي، أزرق باهت	شفاف	8	3.5	معيني	مستوى انفصام أساسي	حجر ثمين.

الجدول 3- الصخور

نوع الصخر	اسم الصخر	صفات الصخر
نارية جوفية Igneous (intrusive)	الجرانيت granite	بلورات معدنية كبيرة من الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والمايكا. لون الصخر عادة فاتح.
	الديوريت diorite	بلورات كبيرة من الفلسبار والهورنبلند والمايكا وكميات من الكوارتز أقل من الجرانيت، لونها متوسط.
	الجابرو gabbro	بلورات معدنية كبيرة من الفلسبار والهورنبلند والأوجيت والأوليفين والمايكا ولا يوجد كوارتز، لونها غامق.
نارية سطحية Igneous (extrusive)	الريوليت rhyolite	بلورات معدنية صغيرة من الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والمايكا. لون الصخر عادة فاتح.
	الاندزيت andesite	بلورات صغيرة من معادن الفلسبار والهورنبلند والمايكا وكميات قليلة من الكوارتز اقل من الريولايت، لونها متوسط.
	البازلت basalt	بلورات معدنية صغيرة من الفلسبار والهورنبلند والأوجيت والأوليفين والمايكا ولا يوجد كوارتز، لونها غامق. مع احتمال وجود فقاعات.
	الأوبسيديان obsidian	نسيج زجاجي ، لا يمكن رؤية الحبيبات، زجاج بركاني، مكسر محاري، اللون عادة أسود، ويمكن رؤيته باللون الأحمر –بني محمر أو أسود مع بقع بيضاء.
	البيومس pumice	نسيج رغوي، يطفو، عادة لونه فاتح.
رسوبية فتاتية Sedimentary (clastic)	الكونجلوميرات conglomerate	حبيبات كبيرة مستديرة، الحبيبات بحجم الحصى أو الجلاميد.
	الحجر الرملي sandstone	حبيبات بحجم الرمل $\frac{1}{16}$ – 2mm ألوانه متعددة.
	طمي متحجر siltstone	حجم حبيباته أقل من الرمل لكن أكبر من الطين.
	الحجر الطيني shale	أصغر الحبيبات ولونه عادة غامق.
رسوبية كيميائية وبيوكيميائية Sedimentary chemical) (or biochemical	الحجر الجيري limestone	المعدن الرئيس هو الكالسيت، وعادة يتكون في البحار والبحيرات والأنهار والكهوف، وغالبا يحتوي على أحافير. ويتفاعل بسهولة مع حامض HCl المخفف.
	الفحم coal	يتكون في المستنقعات والبيئات المائية الضحلة، طبقات متماسكة من المواد العضوية، وبشكل رئيس بقايا النباتات.
رسوبية كيميائية Sedimentary (chemical)	الملح الصخري rock salt	يتكون عادة من تبخر مياه البحر.
متحولة متورقة (صفائحية) Metamorphic	النايس gneiss	تظهر فيه طبقات واضحة بسبب وجود اشرطة متبادلة من معادن مختلفة الألوان، عادة ينتج هذا الصخر عن تحول الجرانيت.
	الشيست schist	ترتيب واضح للمعادن الصفائحية (رقائق) مثل المايكا. وينج بشكل رئيس من تحول الغضار والفيليت.
	الفيليت phyllite	مظهر لامع أو حريري، يبدو سطح الصخر مجعدًا. وينتج عن تحول الغضار والإردواز.
	الإردواز slate	ينتج عن تحول الغضار وهو صلب وأثقل وأكثر لمعانًا من الصخر الأصلي.
متحولة غير متورقة (غير صفائحية) Metamorphic (nonfoliated)	الرخام marble	تظهر فيه بلورات الكالسيت أو الدلومايت، وينتج عن تحول الصخور الجيرية.
	الحجر الصابوني soapstone	يتكون بشكل رئيس من معدن التلك، طري، وملمسه دهني أو صابوني.
	الكوارتزيت quartzite	صلب جدًا، حبيباته متماسكة وتلاحمة ببلورات كوارتز، يتحول عن الحجر الرملي.

الجدول الدوري للعناصر



يشكل الأكسجين حوالي 21٪ من الغلاف الجوي الأرضي، وثلث الماء، كذلك يعتبر مكوناً رئيساً في معظم المعادن والصخور.

يكوّن عنصر السيليكون حوالي 28٪ من القشرة الأرضية. ويرتبط السيليكون مع عدة عناصر أخرى ليكوّن الصخور السليكاتية.

تفاعل الكربون يجعل منه عنصرًا طبيعيًّا يتوافر في عدة أشكال وعدة مواد. ويكوّن عنصر الكربون كلاً من معدن الجرافيت والفحم والماس. بينما يكوّن مركبه الحجر الجيري.

يعتبر الهيليوم من العناصر الأكثر شيوعاً في الكون. وينتج الهيليوم بشكل رئيس من الاندماج النووي لحوالي 98٪ من النجوم.

يشكل عنصر الكلور نصف مكونات أكثر الأملاح شيوعاً في كل من المحيطات وترسبات الملح على اليابسة.

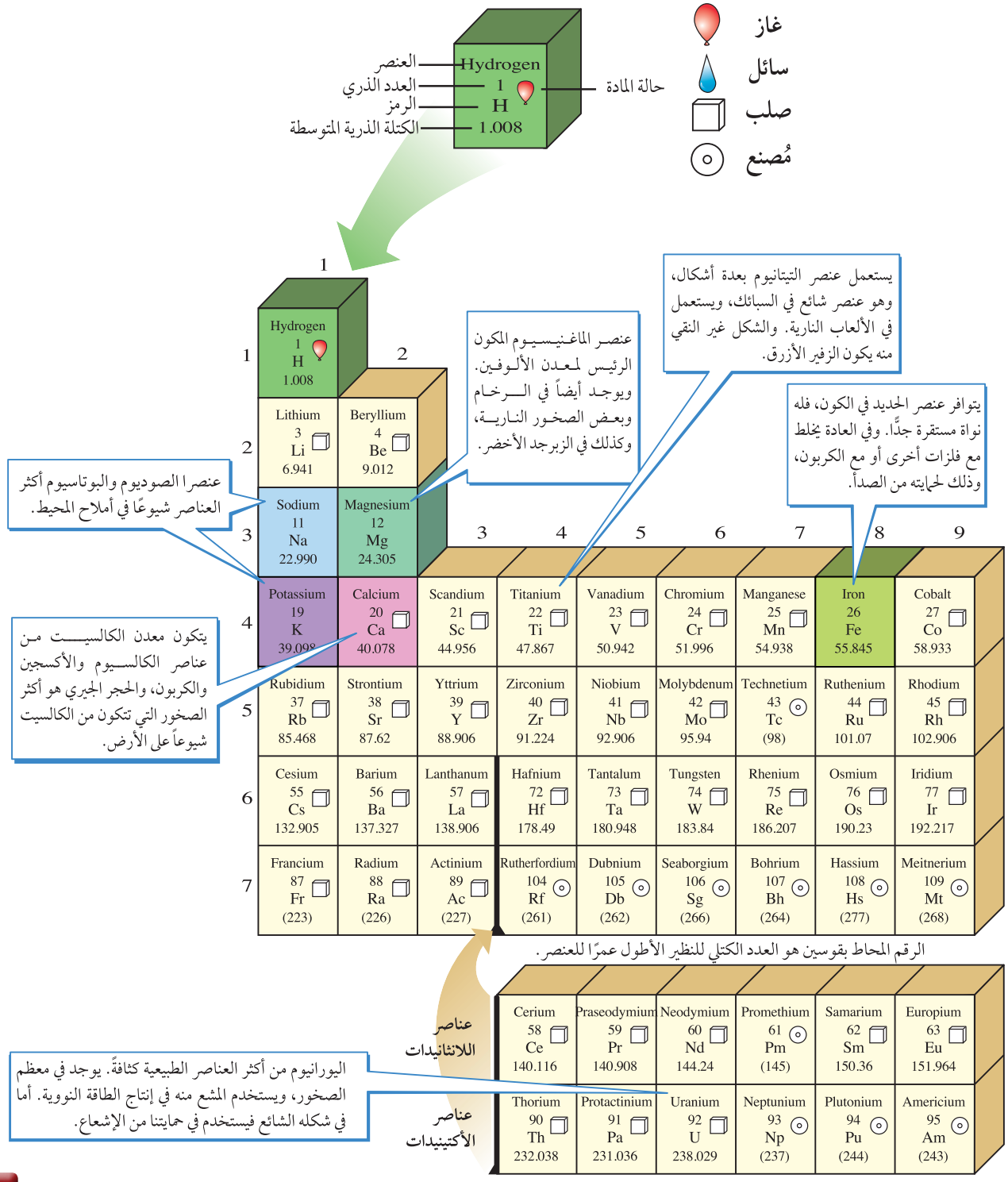
ينتج عنصر الرادون عن اضمحلال عنصر الراديوم وهو أثقل الغازات المعروفة. وللراديوم 222- مخاطر بيئية على جودة الهواء.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
								Helium 2 He 4.003
			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180
			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.798
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Xenon 54 Xe 131.293
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Radon 86 Rn (222)
Darmstadtium 110 Ds (281)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium * 112 Cn (285)	Nihonium * 113 Nh (284)	Flerovium * 114 Fl (289)	Moscovium * 115 Mc (288)	Livermorium * 116 Lv (291)	Tennessine * 117 Ts (288)	Oganesson * 118 Og (294)

* أسماء رموز العناصر 112، 113، 114، 115، 116، 118 ، تم اختيار الأسماء النهائية بعد التأكد من اكتشافها حديثًا.

Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Hydrogen 1 H 1.008								
2	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012							
3	Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305							
4	Potassium 19 K 39.098	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933
5	Rubidium 37 Rb 85.468	Strontium 38 Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906
6	Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217
7	Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)

عناصر اللانثانيدات	Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36	Europium 63 Eu 151.964
عناصر الأكتينيدات	Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)	Americium 95 Am (243)

(أ)

الانصهار الجزئي partial melting : عملية انصهار معادن مختلفة من الصخور عند درجات حرارة معينة مع بقاء معادن أخرى صلبة، مما يؤدي إلى تغير في المكونات الكيميائية للماجما.

الانفصام cleavage : قابلية المعدن لأن ينكسر بسهولة على طول مستوى واحد أو أكثر، حيث الترابط الذري ضعيف.

(ب)

البئر well : ثقب عميق يحفر في الأرض للوصول إلى الخزان الجوفي المائي من أجل ضخ المياه الجوفية منه.

البئر الارتوازية Artesian well : بئر يكون فيها معدل التغذية كبيرًا وكافيًا ليصبح ضغط الماء بها مرتفعًا فيتدفق الماء فوق سطح الأرض على شكل نافورة.

البريق luster : الكيفية التي يعكس بها المعدن الضوء الساقط على سطحه.

البلورة crystal : جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر منتظم.

البيجماتيت pegmatite : صخور ذات معادن حبيباتها خشنة جدًّا، وتحتوي على خامات نادرة مثل الليثيوم.

(ت)

التبلور الجزئي fractional crystallization : عملية تصلب بلورات بعض المعادن من الماجما على درجات حرارة مختلفة تؤدي إلى إزالة بعض العناصر منها فتتغير مكوناتها الكيميائية.

التجوية weathering : عملية تكسر "تفتت" المواد وتغيرها على سطح الأرض أو تحته بقليل.

التجوية الكيميائية chemical weathering : العملية التي تخضع فيها الصخور والمعادن لتغيرات في مكوناتها الكيميائية لتفاعلها كيميائيا مع الأحماض والماء والأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون.

التجوية الفيزيائية physical weathering عملية تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجمًا، دون أن تتغير كيميائيًا. وتسمى أيضا التجوية الميكانيكية.

التركيب البلوري crystalline structure : بناء داخلي منتظم للبلورة للدقائق في معظم المواد الصلبة يعطيها شكلا وحجما محددين.

التصخر lithification : عمليات فيزيائية وكيميائية تحول الرسوبيات إلى صخور رسوبية.

التطبّق bedding : معلم ترسيبي للصخور الرسوبية ويعد المعلم الرئيس للصخور الرسوبية وهو وجودها على هيئة طبقات أفقية يتراوح سمكها بين بضعة مليمترات إلى عدة أمتار.

التطبّق المتدرّج graded bedding : نوع من التطبق تترتب فيه الحبيبات الأثقل والأكبر حجمًا نحو الأسفل.

التطبّق المتقاطع cross bedding : نوع من التطبق تترسب فيه طبقات مائلة من الرسوبيات فوق سطح أفقي.

تغذية المياه الجوفية recharge : عملية تزويد مياه الخزان الجوفي بمياه الهطول والجريان السطحي.

(ح)

الأحجار الكريمة gem : معادن ثمينة ونادرة وجميلة، وقاسية ومقاومة للخدش ومصقولة وتستخدم في صناعة المجوهرات.

الحُكاكة streak: لون مسحوق المعدن.

الحمَّة الفوارة geyser: ينابيع ساخنة فوارة بصورة منتظمة.

(خ)

الخام ore: معدن يحتوي على مادة قيمة يمكن تعدينها بفائدة اقتصادية.

الخزان الجوفيّ الارتوازي artesian aquifer: الخزان المائي الجوفي الواقع بين طبقتين كتيمتين وتقع مياهه تحت تأثير الضغط.

الخزان المائي الجوفي aquifer: طبقات منفذة في باطن الأرض تتحرك فيها المياه الجوفية بسهولة.

(ر)

الرسوبيات sediment: قطع صغيرة من الصخور تحركت وترسبت بواسطة المياه أو الرياح أو الجليديات أو بالجاذبية.

الرشح infiltration: عملية تسرب مياه الأمطار بعد سقوطها على اليابسة إلى جوف الأرض.

(س)

السمنتة cementation: عملية تحدث في الصخور الرسوبية عندما تترسب معادن ذائبة من مياه جوفية فتتكون معادن جديدة بين حبيبات الرسوبيات تؤدي إلى التحام هذه الحبيبات مع بعضها بعضاً مشكلة صخرًا صلبًا.

السيليكات silicate: المعادن الحاوية على الأكسجين والسيلكون ومع وجود -على الأغلب- عنصر آخر أو أكثر.

(ص)

الصخر البازلتي basaltic rock: صخر ناري غامق اللون يحوي قليلا من السيليكا ويتكون في غالبيته من الأوليفين والبلاجيوكليز والبيروكسين مثل الجابرو.

الصخر الجرانيتي granitic rock: صخر فاتح اللون ومحتواه من السيليكا مرتفع ويتكون في غالبيته من الكوارتز والفلسبار البوتاسي والبلاجيوكليز.

الصخور الجوفية (المتداخلة) intrusive rocks: صخور نارية خشنة الحبيبات، تتكون عندما يبرد المصهور الصخري ويتبلور ببطء داخل القشرة الأرضية.

الصخور الرسوبية الفتاتية clastic sedimentary rocks: أكثر أنواع الصخور الرسوبية شهرة تتشكّل من استقرار الرسوبيات الفتاتية المفككة وتتراكم على سطح الأرض وتصنف وفق حجوم حبيباتها.

الصخور السطحية extrusive rocks: صخور نارية ناعمة الحبيبات، تتكون عندما يبرد المصهور الصخري ويتبلور بسرعة فوق سطح الأرض.

الصخور غير المتورقة nonfoliated: صخور متحولة مكونة أساسا من معادن ذات بلورات كتلية الشكل كالكوارتزيت والرخام.

الصخور المتورقة foliated: صخور متحولة تمتاز بترتيب المعادن المكونة لها في طبقات أو أحزمة.

الصخور النارية igneous rock: صخور جوفية أو سطحية ناجمة عن تبريد وتبلور الماجما أو اللابة.

الصواعد stalagmite: حجارة مترسبة على أرضية الكهف على شكل هضبة صغيرة مكونة من كربونات الكالسيوم.

(ض)

الضخ الجائر Over pumping: سحب المياه من البئر بمعدل يفوق تعويض المياه فيه.

(ط)

الطبقة الكتيمة aquiclude: طبقة غير منفذة تحجز الماء وتمنعه من التدفق كالطين والغرين والغضار.

(ع)

العين (الينبوع) spring: تدفق المياه الجوفية من سطح الأرض بشكل طبيعي عند تقاطع منسوبها مع سطح الأرض.

العين الساخنة hot spring: عين ماء تزيد درجة حرارتها عن درجة حرارة جسم الإنسان (37°c).

(ف)

الفتات الصخري Clasts Rock: قطع الصخر أو المعدن المتكسرة والمتحللة بفعل التجوية والتعرية، وتصنف تبعًا لحجومها وأشكالها.

(ق)

القساوة hardness: مقياس لمدى مقاومة المعدن للخدش.

(ك)

الكهف cave: الفتحة الجوفية المتصلة مع سطح الأرض، وتتكون بسبب إذابة الصخور الجيرية بفعل المياه الجوفية.

الكوارتزيت Quartzite: صخر متحول قاس، فاتح اللون غالبًا، وينشأ عن تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز.

الكيمبرليت kimberlite: صخور نادرة فوق قاعدية تحتوي تحديدا على الألماس ومعادن أخرى تكونت تحت ضغط هائل جدًّا.

(ل)

اللابة lava: هي ماجما تتدفق على سطح الأرض.

(م)

المتبخرات evaporate: طبقات صخور رسوبية تتكون عندما يصل تركيز المعادن الذائبة في مسطح مائي حد الإشباع بسبب التبخر الشديد، فترسب بلورات حبيبية من المحلول وتهبط إلى القاع.

المسامية porosity: نسبة الفراغات الموجودة بين الحبيبات في المادة.

المعدن mineral: مادة طبيعية صلبة غيرعضوية، لها مكونات كيميائيةمعينة، وبناء بلوري محدد.

المكسر Fracture: شكل سطح المعدن الناتج عند كسره، يظهر على شكل قوس (محاري) أو خشنًا، أو ذا حواف مسننة.

منسوب المياه الجوفية Water: الحد العلوي لنطاق الإشباع ويرتفع أثناء المواسم الماطرة وينخفض أثناء مواسم الجفاف.

(ن)

النسيج texture: حجم البلورات أو الحبيبات التي يتكون منها الصخر وشكلها وتوزيعها.

النسيج البورفيري Porphyritic texture: نسيج صخور يتميز بوجود بلورات كبيرة واضحة المعالم تحيط بها بلورات صغيرة من المعدن نفسه أو من معادن مختلفة.

النسيج الفقاعي vesicular texture: المظهر الاسفنجي للصخر؛ ناتج عن خروج الغازات من اللابة.

نطاق الإشباع zone of saturation: المنطقة تحت سطح الأرض المملوءة كليًّا بالمياه الجوفية.

نطاق التهوية zone of aeration: النطاق الذي يعلو منسوب الماء وتكون المادة فيه رطبة ولكن مساماتها غير مشبعة بالمياه.

النفاذية permeability: قابلية المادة لتمرير الماء من خلالها.

(هـ)

الهبوط في منسوب المياه الجوفية drawdown: الفرق بين منسوب المياه الجوفية الأصلي ومنسوب المياه أثناء عملية الضخ.

الهرم رباعي الأوجه tetrahedron: جسم صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم.

الهوابط stalactite: الحجارة المترسبة من سقف الكهف وتتدلى منه على شكل قمع أو أسطوانة (يقل حجمها تدريجيًا نحو الأسفل) وتتكون من كربونات الكالسيوم.

(و)

وتد الصقيع frost wedging: نوع من التجوية الميكانيكية ينتج عن تعاقب تجمد الماء وانصهاره في شقوق الصخور.

الوزن النوعي specific gravity: النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة 4°c.

مطبعة أوال
awalpress

التعليم
مستقبل البحرين