

علم الأرض ١

(الجيولوجيا)

المستوى الأول

المسار العلمي

النظام الفصلي للتعليم الثانوي



Original Title:

Earth Science

By:

Dr. Francisco Borrero
Dr. Frances Scelsi Hess
Dr. Chia Hui (Juno) Hsu
Dr. Gerhard Kunze
Dr. Stephen A. Leslie
Dr. Michael Manga
Len Sharp
Dr. Theodore Snow
Dinah Zike

علم الأرض ١

أعدت النسخة العربية
شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة
د. محمود عبد اللطيف حبوش
محمد إبراهيم الأمير
د. محمد عبد الكريم قعدان

التعريب والتحرير اللغوي
نخبة من المتخصصين
الإشراف
د. أحمد محمد رفيع

المشرف على لجان المراجعة
د. محمد بن عبد الله الزغبيني

المراجعة والاعتماد النهائي
خالد بن عبد الله باكرمان
عبيد الله بن عبد الله العصيمي
ولييد بن عبد الملك آل الشيخ

www.macmillanmh.com

www.obeikaneducation.com



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.



حقوق الطبع الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل © ٢٠٠٩ م.

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

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.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها في إطار خطتها العامة، وسعيها إلى مواكبة التطورات العالمية على مختلف الصُّعد.

ويأتي كتاب علم الأرض ١ المستوى الأول في إطار مشروع تطوير تدريس الرياضيات والعلوم الطبيعية في المملكة، الذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تدريس هاتين المادتين، بحيث يكون الطالب فيهما هو محور العملية التعليمية التعلمية. وقد جاء هذا الكتاب في أربعة فصول، هي: المعادن، والصخور النارية، والصخور الرسوبية والمتحولة، والمياه الجوفية.

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطلاب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة: المبني والموجه والمفتوح. من خلال تنفيذ التجربة الاستهلاكية، وتجربة، ومختبر حل المشكلات، ومختبر الجيولوجيا.

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطاً بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة. وكذلك تضمّن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى.

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

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

قائمة المحتويات

دليل الطالب

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

الفصل 1

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



الفصل 2

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



الفصل 3

- 62 الصخور الرسوبية والمتحولة
- 64 3-1: تشكل الصخور الرسوبية
- 71 3-2: أنواع الصخور الرسوبية
- 76 3-3: الصخور المتحولة
- 83 السياحة الجيولوجية
- 84 مختبر الجيولوجيا
- 85 دليل مراجعة الفصل
- 86 مراجعة الفصل
- 88 اختبار مقنن



الفصل 4

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



مرجعيات الطالب

- 113 صفات المعادن ذات البريق الفلزي
- 114 صفات المعادن ذات البريق اللافلزي
- 115 الصخور
- 116 الجدول الدوري للعناصر
- 118 المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية
- 120 المصطلحات



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

قبل أن تقرأ

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

الفصل 1 المعادن Minerals

المكون العام المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

1-1 ما المعدن؟ المعدن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركب غير عضوي أو عنصر، ولها شكل بلوري ثابت.

1-2 أنواع المعادن تصنف المعادن اعتماداً على خواصها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية.

حقائق جيولوجية

- المعدن الزمعي لتكوّن الهوابط في الكهوف يساوي آلاف السنين. وتفيد بعض التقديرات أن الهوابط تنمو بمعدل 10 cm كل 1000 عام؛ أي ما يعادل 0.1 mm كل عام.
- قد يعادل قطر أحد أنواع الهوابط الذي يسمى Soda Straw قطرة الماء التي تسقط منه بينما قد يتجاوز طوله تسعة أمتار.

14

- الفكرة العامة تقدم صورة شاملة لكل فصل، ولكل موضوع من موضوعات الفصل.
- الفكرة الرئيسية تصف الموضوع، وتدعم فكرته العامة.

طرائق أخرى للتصفح

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

عندما تقرأ

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

➤ **الربط مع الحياة:** يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.

1-1

ما المعدن؟ What is a mineral?

التعريف (المصطلح): المعدن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركب غير عضوي أو عنصر، ولها شكل بلوري ثابت.
الربط مع الحياة: النظر حولك 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 تقريباً، والمعدن Mineral مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبنية بلورية محددة، انظر الشكل 1-1. وهذه المعادن كونت الصخور وشكلت 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. وقد قال تعالى في عكم آياته: ﴿سَخَّرْنَا مَا فِي الْأَرْضِ لِحَيَاتِهِمْ وَلِئِنَّ كَثِيرًا لَفِي ضَلَالٍ مُّبِينٍ﴾ سورة الجاثية.

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

الأهداف

- تعرّف المعدن.
- تصف كيف تتكون المعادن.
- تصنف المعادن حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

- المعدن
- البلورة
- البريق
- الفسادة
- الانقسام
- المكسر
- المخلدش
- الوزن النوعي



الكالسيت

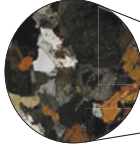


البيريت

الشكل 1-1: يعكس أشكال بلورات المعادن هذه الترتيب الداخلي للذرات.

16

جرانيت تحت المجهر



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

صخر الجرانيت



الشرائح الرقيقة Thin Sections

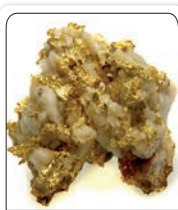
لتعرّف الصخر يجتبر الجيولوجيون بلورات المعادن في العيّات الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهر. والشرائح الرقيقة قطعة من الصخر سمكها 0.03 mm تقريباً، ممتدة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بنفاذ الضوء خلالها. ويوضح الشكل 12-2 مقطع من الجرانيت تحت المجهر.

الصخور النارية موارد طبيعية

Igneous rocks as Resources

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

العروق Veins: تحتوي المواقع المتبقية من تبلور الصهارة على تراكيز عالية من السيليكا والماء، كما تحتوي على شوائب أو بقايا من عناصر لم تصنف ضمن الصخور النارية؛ فالذهب والفضة والرصاص والنحاس من الفلزات التي لم تتضمنها المعادن الشائعة. وتنتشر هذه العناصر من السيليكا المنذبة في نهاية عملية تبلور الصهارة، على هيئة مواقع ساخنة غنية بالعناصر، مملاً الشقوق والفراغات في الصخور المجاورة. وتتصلب هذه المواقع مكونة عروقاً غنية بمعادن أو فلزات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الحاملة للذهب في مهد الذهب في المملكة العربية السعودية. ويبين الشكل 13-2 ذهباً متكوّناً في عروق الكوارتز.



الشكل 13-2 يستخرج الذهب والكوارتز معاً من المناجم، ثم يفصلان لاحقاً. استغل ما الذي يمكنك تحديده من هذه الصورة عن درجة الصهار الذهب؟

51

➤ **الروابط البيئية** يتضمن محتوى علم الأرض 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 علم الأرض؟

مهارات قرائية

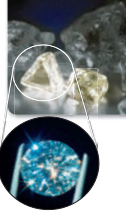
- اسأل نفسك: ما **الفكرة العامة**؟ وما **الفكرة الرئيسية**؟
- فكر في المخلوقات الحية والمواقع والمواقف التي مررت بها، هل بينها وبين دراستك لمادة علم الأرض علاقة؟
- اربط معلومات هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائج باستخدام المعلومات التي لديك.
- غير توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

بعد ما قرأت

اقرأ الخلاصة وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درست.

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

الشكل 21-1 يظهر حال الأحجار الكريمة المحفورة بحفرة طبخها وتلميعها.



الاصطناعية أو طائرات تحمل معدات خاصة، تجمع بيانات ومعلومات عن الخامات المعدنية، أو التركيب الجيولوجية المساحية للتجمعات المعدنية على سطح الأرض. وتحت هذه الطريقة على قياس مقدار الطاقة الكهرومغناطيسية المنبعثة أو المنعكسة من الأحكام والمواد الصلبة ثم معالجتها باستخدام برمجيات خاصة، ورسم صور ورخط للأجسام المدروسة. ومن الخامات المعدنية التي يتم استكشافها هذه الطريقة: النحاس، والذهب، وخامات الحديد.

ويوجد في المملكة العربية السعودية الكثير من الخامات الاقتصادية، من أهمها الذهب الذي يستخرج من مناجم الذهب والصخوريات والحجاز. ومن الخامات الأخرى: النفتة والنحاس والشكل والكروم والزنك.

الأحجار الكريمة Gems ما الذي يجعل الياقوت أكثر قيمة من المائكا؟ لغز، ولكنه أكثر جسا لا من المائكا، السأ يعتبر الياقوت من الأحجار الكريمة. **الأحجار الكريمة Gems** معادن صلبة زاهية وجميلة، فضلاً عن قساوتها وقاومتها للحدش. الأحجار الكريمة تصقل، وتشتعل في صناعة المجوهرات، ويوجد الشكل 21-1 الماشا مصقولاً وآخر غير مصقول.

يؤدي وجود بعض الشوائب أحياناً في أحد المعادن إلى جعله ذا لون مختلف، وأقل شتاً من المعدن النقي نفسه. فالجيشيت حجر كريم من الكوارتز حيث يجري على كمية من الحديد الذي يجعل لونه بنفسجياً، ومعدن الكورونيم الذي يستعمل في جعل أدوات القطع أكثر صلابة وديمومة أكثر من الأحجار الكريمة لها.

الياقوت ruby والزمرد Sapphir، حيث يجسوي الياقوت على كميات نادرة من عنصر الكروم، بينما يجسوي الزفير على مقدار ضئيل من الكوبالت والنيوبيوم.

التقويم 2-1

- الخلاصة**
- ترتبط ذرة من السيليكون مع أربع ذرات من الأوكسجين لتكوين هرم رباعي الأوجه.
 - مجموعات المعادن الرئيسة تتضمن السيليكات والكربونات والأكاسيد والكبريتات والفلوسفات والكبريتات والهلالات والعناصر الحرة.
 - يجسوي الخام على مادة قيمة، تعديتها غير اقتصادية.
 - الأحجار الكريمة معادن قيمة لتزديداً وجمالاً.
- فهم الأفكار الرئيسة**
1. صمم جولة توضح العلاقة بين العناصر الكيميائية وخصائص المعادن.
 2. اعمل قائمة توضح المعصرين الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية، واذكر اسم المجموعة المعدنية التي يشكلها.
 3. كوّن فرقة تفسر لماذا لا يعد الأربال معدن.
 4. عوّم أي التغيرات الأتية بفصل استخدامه في الأدوات الرياضية وفي التطبيقات الطبية: التيتانيوم الذي وزنه النسبي 4.5 ويجسوي على Ti فقط، أم النيوال الذي وزنه النسبي 7.7 ويجسوي على Cr و Fe و O؟
 5. كوّن إعلاناً لبيع معدن من اختيارك. يمكنك اختيار أحجار كريمة أو معدن مهم صناعياً، وضمن الإعلان أي معلومات تظن أنها تساعدك على بيع المعدن.

اختبار مقتن

1 تقويم الضلع

15. أيُّ المعادن الأتية لا يمكن تعديدها بنسبة استعمال سليكا البورسلا؟
 - أ. الفيلسار
 - ب. الذهب
 - ج. الماغنيت
 - د. الكالسييت
 16. أيُّ من العناصر الأتية أكثر شيوعاً في القشرة الأرضية؟
 - أ. الحديد
 - ب. الصوديوم
 - ج. الكالسيوم
 - د. السيليكون
- استعمل الجدول الآتي لإجابة عن السؤال (17):
- | الصيغة الكيميائية | الاسم | الصيغة الكيميائية |
|--|----------|------------------------------------|
| SiO ₂ | الكوارتز | CaMgSi ₂ O ₆ |
| NaAlSi ₃ O ₈ | الفيلسار | KAlSi ₃ O ₈ |
| Ca(Mg,Fe) ₂ (OH) ₂ | الأشرون | Fe ₂ (OH) ₂ |
| (Mg,Fe)SiO ₃ | الارتغيت | |
17. ما على الرئيس الذي يحدد الاختلاف في الكورنات الكيميائية في المعادن في الجدول أعلاه؟
 - أ. معدل تبريد الصهارة.
 - ب. درجة حرارة الصهارة.
 - ج. وجود الماء أو غيره.
 - د. تغيرات في الضغط.
 18. المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسييت. فإن أي مجموعة معدنية يتصق؟
 - أ. الأكاسيد
 - ب. السيليكات
 - ج. الكربونات
 - د. الكبريتات

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

طرائق أخرى للمراجعة

- حدّد **الفكرة العامة**.
- اربط **الفكرة الرئيسية** مع **الفكرة العامة**.
- استخدم 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.

علم الأرض Earth Science

مجال علم الأرض The Scope of Earth Science

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

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

علم الأرصاد الجوية Meteorology يسمّى العلم الذي يدرس القوى والعمليات التي تسبب تغييراً في الغلاف الجوي وتكوّن الطقس علم الأرصاد الجوية. ويحاول علماء الأرصاد الجوية توقع حالة الطقس، وتعرّف كيف يمكن أن تؤثر تغيرات الطقس في مناخ الأرض مع مرور الزمن.



الشكل I أحد التلسكوبات الحديثة الموجود في جزيرة موناكيا في هاواي.

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

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

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



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

مقدمة إلى علم الأرض

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

أمثلة على التخصصات الفرعية لعلم الأرض		الجدول 1
المواضيع التي تدرسها	التخصص الفرعي	التخصص الرئيس
فيزيائية الكون، وتشمل الخصائص الفيزيائية للأجرام السماوية الموجودة في الفضاء.	الفيزياء الفلكية Astrophysics	علم الفلك Astronomy
الكواكب والعمليات التي تكونها.	علم الكواكب Planetary science	
نمط الطقس خلال فترة زمنية طويلة.	علم المناخ Climatology	علم الأرصاد Meteorology
كيمياء الغلاف الجوي للأرض وللکواكب الأخرى.	كيمياء الغلاف الجوي Atmospheric chemistry	
بقايا المخلوقات الحية التي عاشت على الأرض، والبيئات القديمة.	علم الأحافير Paleontology	علم طبقات الأرض Geology
تركيب الأرض والعمليات التي تغيرها.	الجيوكيمياء geochemistry	
الخصائص الفيزيائية للمحيطات ومنها: الملوحة، والموجات، والتيارات البحرية.	علم المحيطات الفيزيائي Physical oceanography	علم المحيطات Oceanography
المميزات الرئيسة لقاع المحيط، وتشمل الصفائح التكتونية للمحيط.	جيولوجية البحار Marine geology	
التفاعلات بين الإنسان والتربة، ومنها: تأثير الأساليب الزراعية، آثار الملوثات على التربة والنباتات والمياه الجوفية.	علم بيئة التربة Environmental soil science	علم البيئة Environmental science
التغيرات الكيميائية المؤثرة في البيئة بسبب التلوث والطرق والعمليات الطبيعية.	كيمياء البيئة Environmental chemistry	

أغلفة الأرض Earth's Spheres

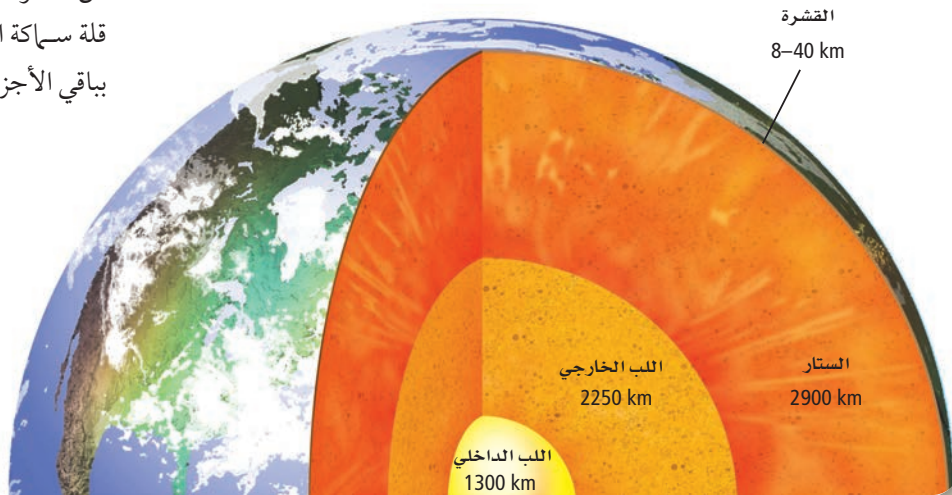
حدّد العلماء الذين يدرسون الأرض أربعة أغلفة رئيسة هي: الغلاف الصخري، والغلاف الجوي، والغلاف المائي، والغلاف الحيوي. وكل غلاف من هذه الأغلفة له خصائص تميّزه ومع ذلك يتفاعل مع باقي الأغلفة.

الغلاف الصخري Geosphere تسمى المنطقة التي تمتدّ من سطح الأرض حتى مركزها الغلاف الصخريّ. ويقسم هذا الغلاف إلى ثلاثة أجزاء رئيسة هي: القشرة، والستار، واللب. ويبين الشكل 3 تلك الأجزاء. أما القشرة فهي الغلاف الخارجي للأرض، وتكون في الحالة الصلبة، وهي نوعان: قشرة قارية، وقشرة محيطية. ويقع الستار أسفل منها، ويختلف عنها من حيث التركيب والخصائص الفيزيائية. وتتراوح درجة حرارة الستار بين 100°C و 4000°C ، وهو أعلى حرارة من القشرة الأرضية. ويقع أسفل الستار لبّ الأرض ويقسم إلى قسمين: لبّ خارجي سائل، ولبّ داخلي صلب.

الغلاف الجوي Atmosphere تسمى طبقة الغازات التي تحيط بكوننا الغلاف الجويّ. ويتكون الغلاف الجوي من: 78% نيتروجين، و21% أكسجين، ونسبة 1% الباقية تشمل بخار الماء والأرجون وثنائي أكسيد الكربون وغيرها من الغازات. وللغلاف الجوي العديد من الفوائد، منها: تزويد المخلوقات الحية بالأكسجين، وحماية سكان الأرض من الأشعة الضارة الآتية من الشمس، والمساعدة على الحفاظ على كوكب الأرض عند درجة حرارة مناسبة لحياة المخلوقات الحية فيه.

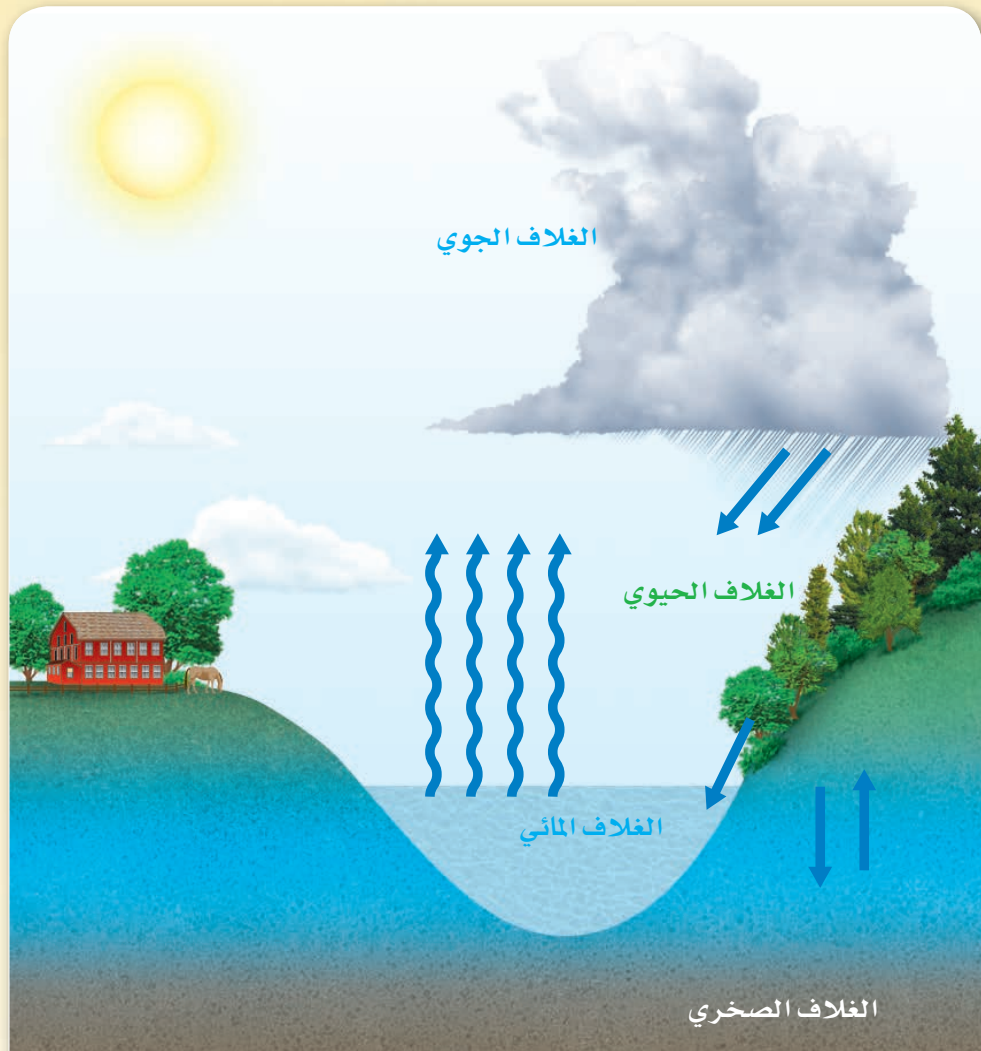
الغلاف المائي Hydrosphere هو جميع المياه الموجودة على الأرض، ومن ضمنها المياه الموجودة في الغلاف الجوي. وتشكّل المياه المالحة حوالي 97% من مياه الأرض، بينما تشكّل المياه العذبة النسبة الباقية وتساهم 3%. وتتواجد المياه العذبة في كل من: الجليديات، والبحيرات، والأنهار، والمياه الجوفية الموجودة في باطن الأرض.

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



الغلاف الحيوي Biosphere يشمل الغلاف الحيوي المخلوقات الحية جميعها على كوكب الأرض، بالإضافة إلى البيئات التي تعيش فيها. وتعيش معظم المخلوقات الحية ضمن أعماق لا تتعدى عدة أمتار من سطح الأرض. ولكن بعضها تعيش على أعماق كبيرة تحت سطح المحيطات. وبعضها يعيش على قمم الجبال العالية. وتتطلب جميع أشكال الحياة تفاعلاً على الأقل مع واحد من الأغلفة الأخرى؛ لبقائها على قيد الحياة.

ويبين الشكل 4 الترابط بين الأغلفة الأربعة، فمثلاً الغلاف الجوي الأرضي الحالي تَشَكَّل قبل ملايين السنين خلال تفاعله مع كل من الغلاف الصخري والغلاف المائي والغلاف الحيوي. وتُغيَّر المخلوقات الحية - ومنها الإنسان - بشكل مستمر في الغلاف الجوي من خلال أنشطتها وعملياتها الطبيعية.



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



الهوابط

ترسيب كربونات الكالسيوم

بلورات أراجونيت

الفكرة العامة المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

1-1 ما المعدن؟

الفكرة الرئيسية المعدن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركب غير عضوي أو عنصر، ولها شكل بلوري ثابت.

1-2 أنواع المعادن

الفكرة الرئيسية تصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية.

حقائق جيولوجية

- المعدل الزمني لتكوّن الهوابط في الكهوف يساوي آلاف السنين. وتفيد بعض التقديرات أن الهوابط تنمو بمعدل 10 cm كل 1000 عام؛ أي ما يعادل 0.1 mm كل عام.
- قد يعادل قطر أحد أنواع الهوابط الذي يسمى Soda Straw قطرة الماء التي تسقط منه بينما قد يتجاوز طوله تسعة أمتار.

نشاطات تمهيدية

تعرف المعادن

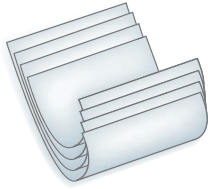
اعمل المطوية الآتية، وسجل فيها الخواص الفيزيائية التي تستخدم في تعرف المعادن.

المطويات

منظمات الأفكار



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



الخطوة 2: اثن الطرف السفلي للأوراق لتكوين سبعة ألسنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوي لتثبت الألسنة في أماكنها.



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

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

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

الجيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع

www.obeikaneducation.com

تجربة استهلاكية

ما الأشكال التي تتخذها المعادن؟

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



الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ضع قليلاً 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. عدّ أوجه كل حبيبة، ثم ارسمها.
4. اختبر بلورة كوارتز بعد ذلك باستخدام المجهر أو العدسة المكبرة. عدّ جوانب البلورة، 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 شاهدها.

ما المعدن؟ What is a mineral?

الأهداف

الفكرة الرئيسية المعدن مادة صلبة توجد في الطبيعة، في صورة مركب غير عضوي أو عنصر، ولها شكل بلوري ثابت.

الربط مع الحياة. انظر حولك 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 تقريباً، والمعدن **Mineral** مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد، انظر الشكل 1-1. وهذه المعادن كونت الصخور وشكلت سطح الأرض. وقد ساعدت بعض المعادن في تشكيل الحضارة الإنسانية؛ فقد حدث تقدم في مرحلة ما قبل التاريخ عندما تمكن الإنسان وقتئذٍ من استخراج فلز الحديد، واستعماله في صنع أدواته. وقد قال تعالى في محكم آياته ﴿ وَسَخَّرْنَا لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴾ سورة الجاثية.

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.

تعرف المعدن.

تصف كيف تتكون المعادن.

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

الانقسام

المكسر

المخدش

الوزن النوعي



الكالسيت



البيريت

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



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

المفردات مفردات أكاديمية

محصور
حيز صغير محدد

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

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

وعندما يتوافر للمعدن حيز فإنه ينمو فيه أحياناً مكوناً بلورة كبيرة مكتملة الأوجه كالتالي في الشكل 1-1. إلا أن البلورات المكتملة الأوجه نادرة الوجود. أما الأكثر شيوعاً فهي بلورات غير مكتملة الأوجه، ومنها المبينة في الشكل 1-2؛ 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 لهم ذلك، لذا لا يعدّان من المعادن.

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



الكبريت



النحاس



الفضة

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



الفلوريت



الكوارتز



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

التغيرات في المكونات الكيميائية Variation in composition قد تختلف المكونات الكيميائية لبعض المعادن قليلاً تبعاً للظروف التي تتكوّن عندها بلوراتها. فمعادن الفلسبار البلاجيوكليزي مثلاً في الشكل 1-4 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 مُتتَجِّين طبقات متبادلة تسمح للضوء بالانكسار والتشتت، مسبباً ظهور المعدن بألوان متدرجة، كما في معدن اللابرادوريت، انظر الشكل 1-4. ويتبع عن هذا التغير الطفيف في مكونات المعدن الكيميائية تغيرٌ في مظهره الخارجي.

المعادن تكوّن الصخور Rock-Forming minerals

رغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريباً في القشرة الأرضية، إلا أن ثلاثين معدناً فقط هي الأكثر شيوعاً. وتشكّل ثمانية إلى عشرة من هذه المعادن معظم صخور القشرة الأرضية. لذا يشار

المعادن الأكثر شيوعاً في صخور القشرة الأرضية			الجدول 1-1
البيروكسين	المايكا	الفلسبار	الكوارتز
MgSiO ₃ CaMgSi ₂ O ₆ NaAlSi ₂ O ₆	K(Mg,Fe) ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂ KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	NaAlSi ₃ O ₈ – CaAl ₂ Si ₂ O ₈ و KAlSi ₃ O ₈	SiO ₂
الكالسيت	الجارنت	الأوليفين	الأمفيبول
CaCO ₃	Mg ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ Fe ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ Ca ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂	(Mg,Fe) ₂ SiO ₄	Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂ Fe ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂



العناصر الأكثر شيوعاً في صخور القشرة الأرضية



الجرانيت



الملح الصخري

الشكل 1-5 تكونت البلورات في هاتين العينتين بطرائق مختلفة. صف الفرق بين هاتين العينتين.

إليها أنها المعادن المكونة للصخور، وهي مكونة من ثمانية عناصر هي الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية وهي الأكسجين والسيلكون والألومنيوم والحديد والكالسيوم والصدوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم انظر الجدول 1-1.

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

إذا بردت الصهارة ببطء في الأعماق فسوف يكون لدى الذرات وقت كاف لترتب نفسها في بلورات كبيرة الحجم، كما في صخر الجرانيت المبين في الشكل 1-5. أما إذا وصلت إلى سطح الأرض ولاامت الماء أو الهواء فإنها تبرد بسرعة، وتتكون بلورات صغيرة. ويسهم عدد العناصر الموجودة في الصهارة ونوع هذه العناصر في تحديد نوع المعدن المتكون.

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

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

وقد تتبلور المعادن من المحاليل أيضاً عند تبخر الماء؛ حيث ترسب المعادن المذابة في المحلول. وتسمى المعادن المتكونة من تبخر السوائل المتبخرات. ومن ذلك تكوّن الملح الصخري كما في الشكل 1-5 بفعل عملية التبخر. ويوضح الشكل 1-6 تكوّن المتبخرات الملحية في سبخة القصب في المملكة العربية السعودية.

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



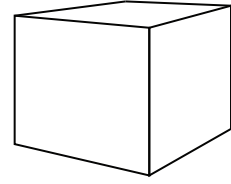
تعرف المعادن Identifying Minerals

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

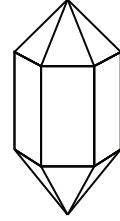
الشكل البلوري Crystal Form بعض المعادن تمتاز بأشكال بلورية مميزة يمكن تعرّفها بسهولة. فالحاليت (ملح الطعام) غالبًا ما تكون بلوراتها المكعبة كاملة الأوجه، وبلورات الكوارتز ذات النهايتين المدببتين والمحاطة بستة أوجه جانبية تمثل ميزة لها تسهّل تعرّفها، انظر الشكل 7-1. ولأن البلورات المكمّلة النمو نادرة التشكل، لذا يندر تعرّف المعدن اعتمادًا على شكل بلوراته.

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

✓ **ماذا قرأت؟** عرّف مصطلح البريق.



بلورة مكعبة الشكل



بلورة سداسية الأوجه

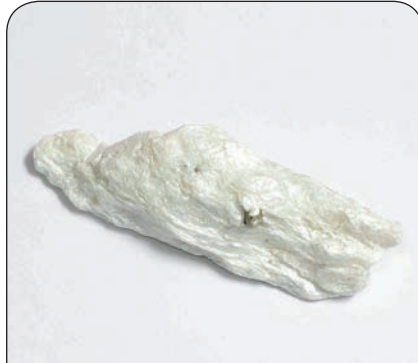
الشكل 7-1 توجد المعادن المكمّلة بأشكال بلورية مميزة لها يمكن من خلالها تعرّفها.

مهنة مرتبطة بالمعادن

الجوهري: الجوهري شخص يقطع الأحجار الكريمة ويلمّعها وينقشها. وهو الذي يدرس المعادن وصفاتها من أجل معرفة أنسبها لاستخدامها في عمله. أبحث عبر الإنترنت لتعرف المزيد من المهنة المرتبطة بالمعادن.



الكاولينيت



التلك

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

الشكل 9-1 أكثر المعادن قساوة هما معدني الألماس والكورندوم ودرجتا قساوتهما 10 و 9 بالترتيب.



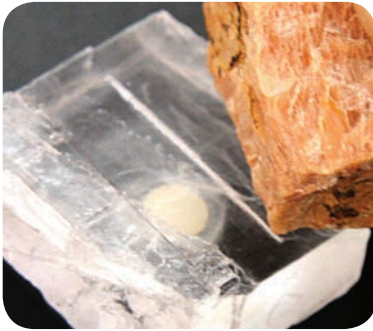
الألماس



الكورندوم

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

حدد أي المعدنين أكثر قساوة؟



المعدن	القساوة	قساوة بعض المواد الشائعة
الألماس	10	
الكورندوم	9	
التوباز	8	
الكوارتز	7	قطعة بورسلان = 7
الفلسبار	6	نصل السكين = 6.5
الآباتيت	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 تعريف المعادن هو **القساوة Hardness** وهو مقياس لقابلية 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 تعريفها بسهولة، ويكثر وجودها في الطبيعة إلا الألماس.

✓ **ماذا قرأت؟** وضح ماذا تقيس القساوة؟

يمثل معدن التلك الدرجة رقم 1 في مقياس موهس للقساوة؛ لأنه من أطرى المعادن، ويمكن خدشه بظفر الأصبع. وفي المقابل فإن الألماس يمثل الرقم 10 في المقياس نفسه. لذا يستخدم لجعل أدوات القطع ومنها مثقاب الحفر ومعدات الصقل أكثر حدة. ويوضح الشكل 9-1 معدني الماس والكورندوم.

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

الانقسام والمكسر Cleavage and Fracture يُحدّد البناء البلوري كيف تنكسر المعادن، فهي تنكسر بسهولة عند المستويات التي تكون الروابط الذرية على طولها ضعيفة. ويقال عن المعدن الذي ينقسم بسهولة وبشكل مستوٍ في اتجاه واحد أو أكثر أن له **انقسامًا Cleavage**. ولتعرف المعدن حسب انقسامه يقوم الجيولوجيون بعدد مستويات الانقسام، ودراسة الزوايا بينها. فعلى سبيل المثال، لمعدن المايكا انقسام بمستوى واحد انظر الشكل 16-1 صفحة 26؛ إذ ينقسم إلى رقائق بسبب ضعف الروابط الذرية له.



الصوان



الكوارتز



الهاليت

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

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

تجربة

تعرف الانفصام والمكسر

كيف يستخدم الانفصام في تعرف المعادن؟ يتكون الانفصام عندما ينكسر المعدن في مستويات الروابط الضعيفة، وإن لم يكن للمعدن انفصام يظهر مكسراً. 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 خمس 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؟ عرف هذه المعادن إن استطعت.

التحليل

1. سجّل عدد مستويات الانفصام، أو وجود مكسر في العينات السبع.
2. قارن بين زوايا الانفصام للعينتين 6، 7. وهل تمثل العينتان نفس المعدن أم لا؟
3. توقع نتيجة ما يحصل لكل معدن منها لو ضرب بمطرقة.

4. اختبر المعادن التي لا انفصام لها، وصِف سطوحها، وتعرّفها إن استطعت.

الجزء الثاني

5. احصل على عيتين إضافيتين من معلمك. هل للمعادن الجديدة انفصام أم مكسر؟ صنّفها.
6. استعمل المنقلة لقياس الزوايا بين مستويات الانفصام للمعادن الإضافية، وسجّل قياساتك.



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

المطويات

ضمّن مطوبتك معلومات من هذا القسم.

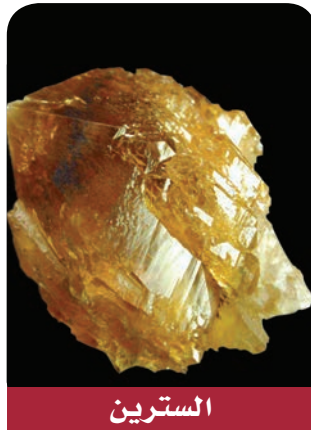
المخدش Streak يترك المعدن الذي يُخدش بقطعة البورسلان مسحوقاً ملوناً على سطحها. و**المخدش Streak** هو لون مسحوق المعدن، ويكون مחדش المعادن اللافلزية في العادة أبيض اللون، لذا يكون المخدش مفيداً جداً في تعرّف المعادن الفلزية أكثر من المعادن اللافلزية، وقد لا يشبه مחדش المعدن الفلزي لونه الخارجي، كما في الشكل 1-12. فعلى سبيل المثال يوجد معدن الهيماتيت بهيئتين ينجم عنهما مظهران مختلفان. فالهيماتيت الذي يتكون بفعل التجوية والتعرض للهواء والماء يكون مظهره صدئاً، وبريقه أرضياً، بينما الهيماتيت الذي تكوّن من الصهارة لونه فضي، ومظهره فلزي، أما مחדشها فأحمر إلى بني. ولا يمكن أن نستخدم المخدش إلا مع المعادن الأظرى من قطعة الخزف، وهذا سبب آخر يجعل استعمال المخدش في تعرّف المعادن محدوداً.

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

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



الكوارتز الوردية



السترين



الجمشت



الجاسبر الأحمر (اليشب)

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

الكثافة والوزن النوعي Density and specific gravity قد يكون لمعدنين أحياناً الحجم نفسه، إلا أن كليهما مختلفان بسبب اختلاف كثافتهما. فإذا 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، و V الحجم. ولأن الكثافة لا تعتمد على شكل أو حجم المعدن فإنها وسيلة ناجحة لتعرّف المعادن. ويسمى مقياس الكثافة الأكثر استخداماً من قبل الجيولوجيين **الوزن النوعي Specific gravity**، وهو النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة 4°C . فمثلاً، الوزن النوعي للبيريت 5.2، والوزن النوعي للذهب النقي 19.3.



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

النسيج Texture يصف النسيج ملمس المعدن، وتعدّ هذه الخاصية غير مميزة للمعادن، مثلها في ذلك مثل خاصية البريق، ويمكن وصف النسيج بأنه ناعم أو خشن أو متعرج أو شحمي أو صابوني. فمثلاً، نسيج الفلوريت في الشكل 1-14 ناعم، بينما نسيج التلك في الشكل 1-7 شحمي.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر العلاقة بين الوزن النوعي والكثافة.

مختبر تحليل البيانات

ما البيانات التي تتضمنها بطاقة تعريف المعدن؟

التحليل

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

التفكير الناقد

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

بطاقة تعريف المعدن

لون المعدن	المخدش	القساوة	الانقسام 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 للانقسام

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 1-3.

الجدول 1-3 صفات خاصة ببعض المعادن				
الانكسار المزدوج يحدث عندما يمر شعاع ضوئي عبر معدن وينقسم إلى شعاعين.	الفسوران يحدث عندما يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الكالسييت فتتصاعد الفقاعات محدثة صوتاً للفسوران.	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.
سبار أيسلند (كالسييت شفاف).	الكالسييت	الماجنيثيت البيروثيت	لابرادورايت	الفلوريت الكالسييت
				
مثال				

التقويم 1-1

الخلاصة

- المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، ولها مكونات كيميائية محددة، وترتيب ذريّ داخلي منتظم.
- البلورة مادة صلبة، تترتب الذرات فيها وفق ترتيب معين بصورة متكررة.
- تتكون المعادن من الصهارة أو من محاليل فوق مشبعة.
- يتم تعرف المعادن اعتماداً على خواصها الفيزيائية والكيميائية.
- لتعرف نوع المعدن بشكل دقيق نحتاج إلى إجراء اختبارات متعددة له منها: تحديد القساوة، وتحديد الوزن النوعي.

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** اذكر سببين لعدم اعتبار النفط معدناً.
2. عرف المقصود بأن المعادن تتشكل في الطبيعة.
3. قارن بين تكون المعادن من الصهارة، ومن المحاليل.
4. ميز بين الخواص الأكثر مصداقية والأقل مصداقية للمعادن.

التفكير الناقد

5. وضح كيف يمكنك فحص قساوة معدن الفلسبار باستخدام كل مما يلي: قطعة زجاج، عملة نحاسية، قطعة بورسلان.
6. توقع مدى نجاح الفحص المخبري الذي يقوم به الطلاب لمقارنة المخدش 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 .

أنواع المعادن Types of Minerals

الأهداف

- تتعرف مجموعات المعادن المختلفة.
- توضح مجسم السيليكا الرباعي الأوجه.
- تناقش كيف تستعمل المعادن؟

مراجعة المفردات

رابطة كيميائية: القوة التي تربط ذرتين إحداهما بالأخرى.

المفردات الجديدة

السيليكات

المهرم الرباعي الأوجه

الخام

الأحجار الكريمة

الفكرة الرئيسية تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

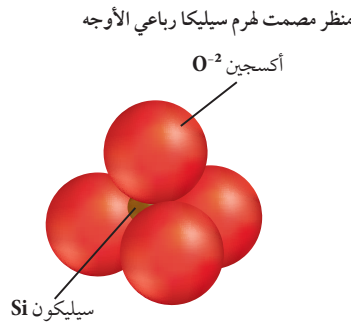
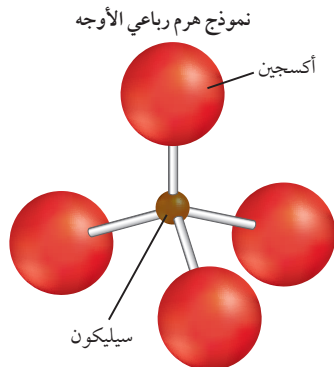
الربط مع الحياة. يُصنف كل شيء في العالم إلى مجموعات مختلفة، فالطعام والحيوانات والنباتات وغيرها تُصنف في مجموعات اعتمادًا على بعض صفاتها أو خصائصها. ولا تختلف المعادن في ذلك؛ حيث تُصنف هي أيضًا في مجموعات.

مجموعات المعادن Minerals Groups

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

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

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



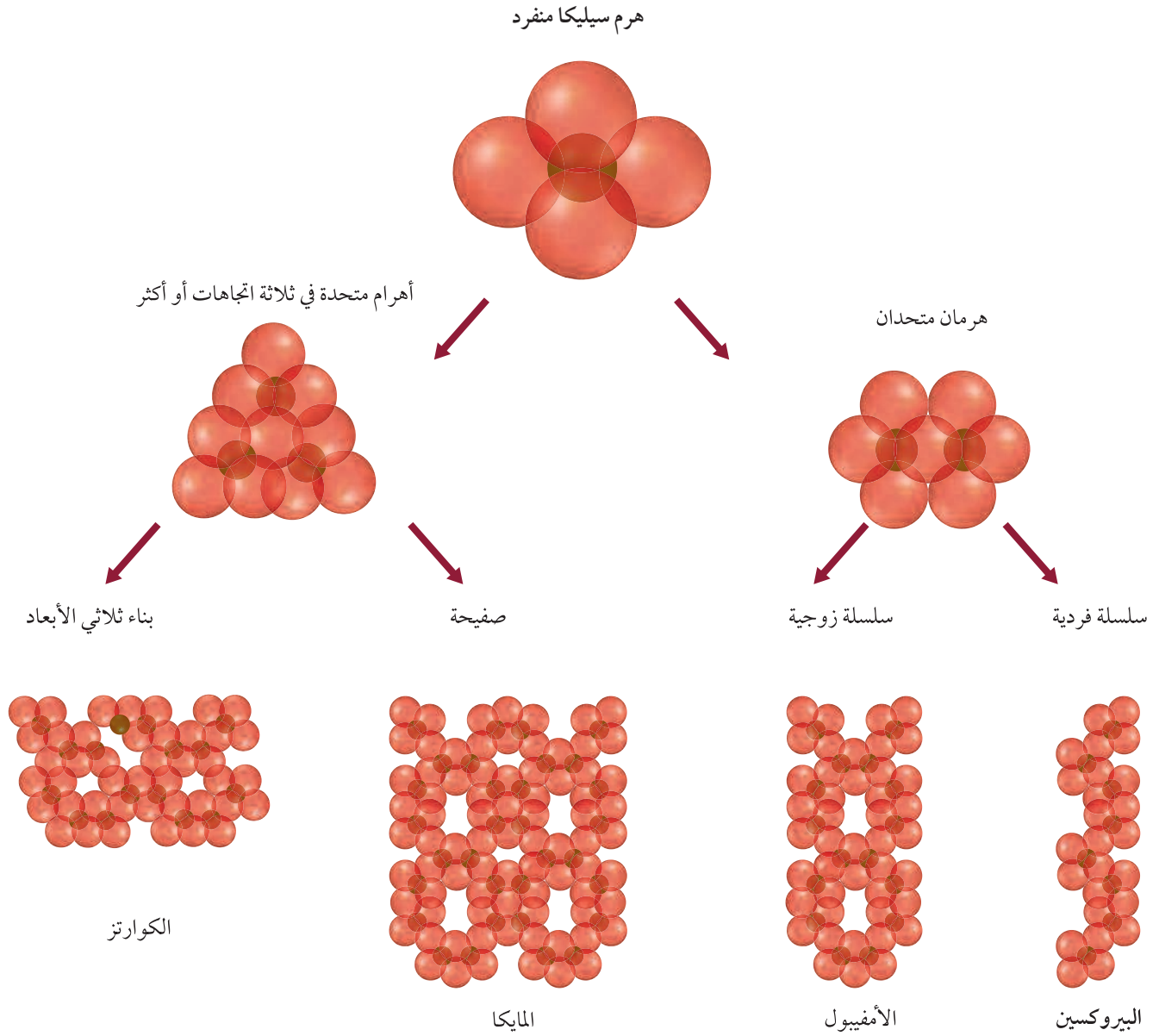
الشكل 1-15 يشكل أيون السيليكات

SiO_4^{4-} ما يسمى سيليكات رباعي الأوجه (هرم السيليكات)؛ حيث توجد ذرة السيليكون في مركزه الذي يرتبط برابطة تساهمية مع أيونات الأكسجين.

حدد عدد الذرات في الهرم الواحد.

أهرامات السيليكا Silica Tetrahedron

الشكل 1-16 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.





الإسبتوس



المايكا

الشكل 1-17 تختلف المعادن السيليكاتية اعتماداً على ترتيب أهرامات السيليكات فيها. فمثلاً ترتبط أهرامات السيليكات على شكل سلاسل زوجية في الإسبتوس بينما ترتبط على شكل صفائح في المايكا. وفي كلا النوعين تكون الروابط ضعيفة بين السلسلتين وبين كل صفيحتين.

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 والانقسام.

يظهر الشكل 1-17 الصفائح السيليكاتية (Phyllosilicate)، حيث ترتبط كل من أيونات البوتاسيوم الموجبة أو الألومنيوم مع صفائح الأهرامات السالبة الشحنة، وتنضم المايكا إلى صفائح بسهولة؛ لأن قوى التجاذب بين صفائح أهرامات السيليكات وأيونات الألومنيوم والبوتاسيوم ضعيفة. ويتكون الإسبتوس أيضاً من سلاسل مزدوجة من أهرامات السيليكات، وتنتج عن ضعف الروابط بين هذه السلاسل المزدوجة الطبيعة اللينة.

الكربونات Carbonates يتحد الأكسجين بسهولة مع معظم العناصر تقريباً مكوناً مجموعات معدنية منها الكربونات. والكربونات معادن مكونة من أيونات فلز أو أكثر موجبة الشحنة متحدة مع أيون الكربونات CO_3^{2-} سالب الشحنة. ومن أمثلة الكربونات: الكالسيت والدولوميت والروودوكروزييت. وتوجد معادن الكربونات في الصخور الجيرية والرخام، وتمتاز بعض معادن الكربونات ومنها

المفردات

صفائحي

الاستعمال العلمي

صفائح سيليكات رباعي الأوجه

الاستعمال الشائع

صفائح المعجنات والحلويات

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

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



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

500 قبل الميلاد

3000 قبل الميلاد

10000 قبل الميلاد

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



1000-1200 ق.م أصبح البرونز في الشرق الأدنى نادراً، واستعمل الحديد بدلاً منه في صناعة الأدوات والأسلحة.



9000-12000 ق.م أدى الطلب على الأوبسديان وهو زجاج بركاني يستخدم في صنع الأدوات إلى تشكل أول طريق تجاري طويل.



الروثوكروزيت



الكالسيت

الشكل 1-18 من الأمثلة عن الكربونات الروثوكروزيت والكالسيت.

الكالسيت بتعدد ألوانها بسبب وجود شوائب فيها، كذلك يتميز معدن الروثوكروزيت بلونه الوردى المين في الشكل 18-1.

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

الفوسفات Phosphate معادن تحتوي على أيون الفوسفات $(Ph_4)^{3-}$ ضمن تركيبها الكيميائي. ومن أشهر معادن هذه المجموعة الأباتيت (F, Cl, OH) $Ca_5(PO_4)$ ، وتستخدم الفوسفات في صناعة الأسمدة وإنتاج حامض الفوسفوريك.

المجموعات الأخرى Other groups هناك مجموعات معدنية رئيسية أخرى، ومنها الكبريتات والكبريتيدات والهاليدات والفوسفات والعناصر الحرة (الأصلية). فالكبريتيدات - ومنها البيريت FeS_2 - مركبات تتألف من الكبريت وعنصر واحد أو أكثر. أما الكبريتات - ومنها الأنهدريت $CaSO_4$ - 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 كما في الشكل 3-1 السابق.

المعادن الاقتصادية Economic Minerals

تستعمل المعادن في صناعة الحواسيب والسيارات والتلفزيونات والمكاتب والطرق والبنيات والمجوهرات والدهانات وأدوات الرياضة والأدوية، وفي صناعات أخرى كثيرة. وتتضح الاستعمالات المختلفة للمعادن عبر التاريخ بدراستك المخطط الزمني في الشكل 19-1.

2006 م هنالك 242 محطة طاقة نووية وقودها اليورانيوم تعمل عبر العالم بقدره كلية مقدارها 369.566 جيغا وات.

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

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

2000 ميلادية

1500 ميلادية

500 ميلادية

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




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



يلخص الجدول 1-4 مجموعات المعادن واستعمالاتها الرئيسية.

مجموعات المعادن الرئيسية		الجدول 1-4
الاستعمالات الاقتصادية	الأمثلة	المجموعة
نوافذ الأفران الأحجار الكريمة (بيرودوت) صناعة الزجاج يضاف لتربة الأخص	المايكا (بيوتيت) أوليفين Mg_2SiO_4 الكوارتز SiO_2 الفيبرميكوليت	السيليكات
صناعة حمض الكبريتيك مجوهرات خام الرصاص خام الزنك	البيريت FeS_2 المركزيت FeS_2 الجالينا PbS السفاليريت ZnS	الكبريتيدات
خام حديد، صبغة حمراء حجر جليخ، مجوهرات (الياقوت، زفير) مصدر لليورانيوم مصدر للتيتانيوم، صبغة، يستعاض به عن الرصاص في الدهانات مصدر للكروم، وصلات سباكة، إضافات للسيارات.	الهيماتيت Fe_2O_3 الكوروندم Al_2O_3 اليورانييت UO_2 الإلميت $FeTiO_3$ الكروميت $FeCr_2O_4$	الأكاسيد
أعمال المسح، مثبت لتصلب الأسمنت أعمال المسح الجيولوجية.	الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ الأنهيدريت $CaSO_4$	الكبريتات
ملح الطعام، علف للمواشي، قاتل للأعشاب، إعداد الأطعمة وحفظها صناعة الفولاذ، صناعة أدوات الطهي صناعة الأسمدة	الهاليت $NaCl$ الفلوريت CaF_2 السلفيت KCl	الهاليدات
صناعة الأسمدة	الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)_2$	الفوسفات
صناعة الأسمنت والجير والطباشير صناعة الأسمنت والجير، مصدر للكالسيوم والمغنسيوم في الفيتامينات	الكالسيت $CaCO_3$ الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$	الكربونات
العملات المعدنية والمجوهرات العملات المعدنية والأسلاك الكهربائية والمجوهرات العملة والمجوهرات والتصوير الأدوية والصناعات الكيميائية (أعواد الثقاب والألعاب النارية) أقلام الرصاص والتشحيم	الذهب Au النحاس Cu الفضة Ag الكبريت S الجرافيت C	العناصر الحرة الطبيعية (الأصلية)

الخامات Ores  كثير من المواد التي سبق ذكرها مصنوع من الخامات. ويسمى المعدن **خامًا Ore** إذا احتوى على مواد قيمة يمكن تعدينها، بحيث تكون مجدية اقتصادياً. فالهيماتيت على سبيل المثال خام يحتوي على عنصر الحديد، فالمواد المصنوعة من الحديد في غرفة صفك مصدرها على الأغلب خام الهيماتيت، والمواد المصنوعة من الألومنيوم مصدرها خام البوكسيت، والدراجة النارية في الشكل 1-20 مصنوعة من فلز التيتانيوم الذي يستخرج من معدن الإلميت.

ويتم استكشاف المعادن الاقتصادية بطرق مختلفة منها الاستشعار عن بُعد Remote Sensing؛ وتستخدم هذه الطريقة من خلال الأقمار



الشكل 1-20 أجزاء من هذه الدراجة مصنوعة من التيتانيوم؛ لخفة وزنه ومتانته الجيدة، مما يجعله فلزًا مثاليًا للاستخدام.

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



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

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

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

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

التقويم 1-2

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسية** صغ جملة توضح العلاقة بين العناصر الكيميائية وخواص المعادن.
2. اعمل قائمة توضح العنصرين الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية، واذكر اسم المجموعة المعدنية التي يشكلاها.

التفكير الناقد

3. كوّن فرضية تفسر لماذا لا يعد الأوبال معدناً.
4. قوّم أي الفلزات الآتية يفضل استخدامه في الأدوات الرياضية وفي التطبيقات الطبية: التيتانيوم الذي وزنه النوعي 4.5 ويحتوي على Ti فقط، أم الفولاذ الذي وزنه النوعي 7.7 ويحتوي على Cr و O و Fe؟

الكتابة 2 الجيولوجيا

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

السياحة الجيولوجية

في الميدان

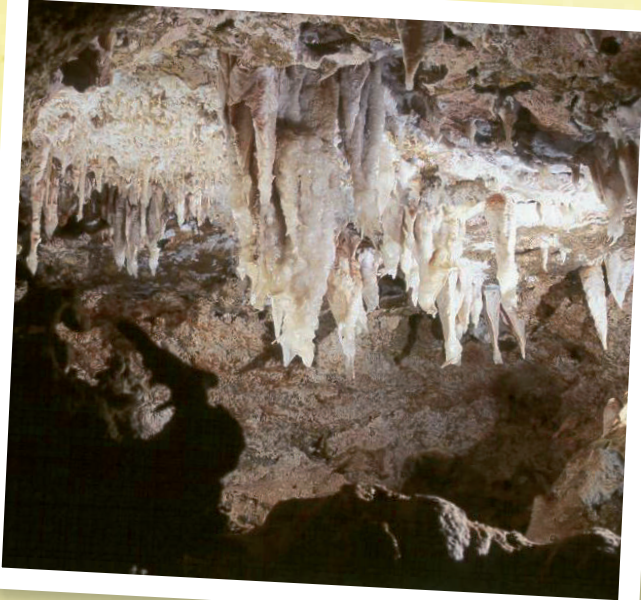
الدحول في المملكة العربية السعودية

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

والدحول - مفردها دحل - فتحات في الأرض، أشبه بالأنفاق، يصل قُطر فوهة بعضها إلى حوالي ٢٠ مترًا. وتتكون الدحول نتيجة تسرب المياه عبر الشقوق في الصخور، ومع مرور الزمن يذوب الصخر وتتكون الدحول. وتنمو في الدحول بلورات من معدني الكالسيت والجبس بأشكال وألوان مميزة، وتختلف البلورات في أطوالها حيث يتجاوز بعضها المتر أحيانًا.

كيف تكونت هذه البلورات؟ تحتاج البلورات إلى أشياء عدة لكي تتكون، أولها الفراغ وهو الدحل، وتحتاج البلورات في تكوينها أيضًا إلى مصدر من الماء غني بالمعادن الذائبة. وهناك عوامل أخرى أيضًا، منها: الضغط، درجة الحرارة، مستوى الماء في الكهف، كيميائية المياه الغنية بالمعادن.

ومن الدحول المشهورة في المملكة: دحل سلطان الذي يقع بالقرب من قرية المعاقلة في منطقة الصمان الذي يتميز بمدخل ضيق، يقود إلى بهور رائع، تتدلى من سقفه الهوابط الجميلة. وفيه ممرات عديدة، ممتدة، ويمتلئ في الشتاء بالمياه.



ومن الدحول أيضًا دحل درب نجم، في صحراء المجمع الشرقية وهو أقدم الدحول المكتشفة، ودحل هيت في جبال الجبيل بالقرب من الخرج وهو من أعجب وأغرب الدحول في المملكة؛ حيث اكتشف في باطنه بحيرة تقع على عمق مئة متر تقريبًا تحت سطح الأرض. كذلك دحل المربع ودحل المفاجأة في منطقة الصمان الذي يوصف بأنه أجمل الدحول على الإطلاق؛ لما فيه من مناظر خلابة ناتجة عن تبلور معدن الكالسيت على شكل هوابط وصواعد وأعمدة في غرفتي الثريا والأنياب.

الجيولوجيا

الكتابة في

بحث: ابحث في الإنترنت والموسوعات العلمية حول أحد الدحول أو الكهوف الشهيرة، أو زر - مصطحبًا معلمك - أحد الدحول القريبة من منطقتك، ووثق زيارتك بصور أو عينات صخرية تجمعها ثم اكتب تقريرًا يتضمن المعلومات التي حصلت عليها

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك

دليل المعادن الميداني

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

التحليل والاستنتاج

1. حلل أيّ الاختبارات أكثر تمييزًا للمعادن؟ وأيها أقل تمييزًا؟ ناقش الأسباب التي تجعل خاصية ما أكثر فائدة من غيرها في تعرف المعدن.
2. لاحظ وفسّر أيّ المعادن يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك؟ ولماذا تظهر الفقاعات على سطح العينة؟
3. الربط مع الكيمياء اكتب معادلة كيميائية موزونة تصف فيها التفاعل الكيميائي بين المعدن والحمض.
4. لخص ما المعلومات التي تتضمنها الدليل؟ وما المصادر التي استخدمت لجمع المعلومات؟ صف تصميم صفحة الدليل.
5. قوّم ما إيجابيات وسلبيات الدليل؟
6. استخلص النتائج اعتمادًا على نتائجك، هل هناك أي فحص حاسم يمكن استعماله بشكل دائم لتمييز المعادن؟ وضح إجابتك.

خلفية علمية: هل استخدمت دليلًا ميدانيًا 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 تعرّفه، بل أكثر من ذلك؛ إذ يحتوي الدليل الميداني للمعادن على خلفية علمية عن المعادن عمومًا، ومعلومات محددة عن كل معدن، تتضمن خصائصه، وتكوينه، واستعمالاته.

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

الأدوات

عينات معادن	قطعة نحاس
عدسة مكبرة	مشبك أوراق
لوح زجاج	مغناطيس
لوح المخدش (قطعة خزف)	حمض هيدروكلوريك مخفف
مقياس موهس للصلابة	قطارة
مسهار أو دبوس فولاذي	مرجع علمي للمعادن

إجراءات السلامة

خطوات العمل

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

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

مراجعة المفردات

لتحديد المصطلح الذي يصف كلاً 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 والمرتبطة بنمط متكرر في المعادن.

3. مجموعة المعادن المحتوية على السيليكون والأكسجين.

وضّح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يأتي:

4. خام، حجر كريم.

5. سيليكات، هرم رباعي الأوجه.

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:

6. تُظهر المعادن التي تنكسر عشوائياً

7. فحص الـ يحدد المواد التي يחדشها المعدن.

تثبيت المفاهيم الرئيسية

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن سؤال 8.



8. ما الخاصية المعدنية التي يتم فحصها؟

a. النسيج

b. المكسر

c. الانفصام

d. القساوة

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

a. الكثافة

b. البناء البلوري

c. القساوة

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

b. 2 g/cm^3

c. 5 g/cm^3

d. 150 g/cm^3

12. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لهرم السيليكا؟

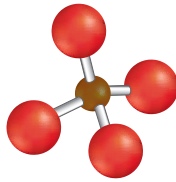
a. SiO_2

b. $\text{Si}_2\text{O}_2^{+4}$

c. SiO_4^{-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 أيّ ذرة أكسجين.

c. عند ذرة الأكسجين العلوية فقط.

d. عند ذرات الأكسجين السفلية فقط.

14. أيّ مجموعات المعادن الآتية تتكون بشكل رئيس من

شكل رباعي الأوجه؟

a. السيليكات

b. الأكاسيد

c. الكربونات

d. الكبريتات

19. أيُّ معدن تتصاعد منه فقاعات غازية (فوران) عند ملامسته حمض الهيدروكلوريك؟
 a. الكوارتز
 b. الكالسيت
 c. الجبس
 d. الفلوريت
20. ما الخاصية التي تصف المصطلحات الآتية: باهت، حريري، شمعي، لؤلؤي، أرضي؟
 a. البريق
 b. المخدش
 c. اللون
 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 اقتصاديًا.

أسئلة بنائية

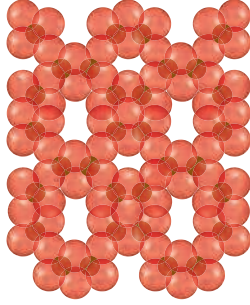
22. فسّر لماذا يختلف لون حجر الياقوت عن لون الزفير رغم أنها شكلان لمعدن الكورندوم؟
23. صف الأثر الضوئي الناجم عن وضع قطعة شفافة من معدن سبار أيسلندا (نوع من معدن الكالسيت) فوق كلمة جيولوجيا في كتاب ما.
24. لخص عملية تكون بلورات سكر في كأس من الشاي الساخن محلي بالسكر.
25. كوّن فرضية أي الخواص المعدنية 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 يعد الألماس حجرًا كريمًا بخلاف الجرافيت؟

15. أيُّ المعادن الآتية لا يمكن تحديد مخدشه باستعمال صفيحة البورسلان؟
 a. الهيماتيت
 b. الذهب
 c. الفلسبار
 d. الماجنيتيت
16. أيُّ من العناصر الآتية أكثر شيوعًا في القشرة الأرضية؟
 a. الصوديوم
 b. السيليكون
 c. الحديد
 d. الكربون
- استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال (17):

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

17. ما العامل الرئيس الذي يحدد الاختلاف في المكونات الكيميائية في المعادن في الجدول أعلاه؟
 a. معدل تبريد الصهارة.
 b. درجة حرارة الصهارة.
 c. وجود الماء أو غيابه.
 d. تغيرات في الضغط.
18. المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسيت. فإلى أي مجموعة معدنية ينتمي؟
 a. السيليكات
 b. الكربونات
 c. الأكاسيد
 d. الكبريتات

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 الانقسام في المعادن التي لها التركيب الذري الموضح في الشكل.

خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحفيز

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

التفكير الناقد

27. صف الاختلافات التي تظهرها معادن الجارنت المدونة في الجدول 1-1.
- استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال 28.



28. ارسم كيف يكون التركيب الذري لبلورة هذا المعدن إذا كان شكل البلورة انعكاساً خارجياً له؟
29. اقترح أفضل المعادن - ما عدا الألماس - التي يمكن أن تُستخدم في صنع ورق الصنفرة؟ وضح إجابتك مستخدماً الجدول 1-2.
30. قرّر أيّ المواد الآتية ليست معادن؟ النفط، الخشب، الفحم، الفولاذ، الأسمت، الزجاج. ولماذا؟
31. استدل كيف استعمل المنقبون الأوائل في المناجم الكثافة في تحديد إذا كان المعدن الذي وجدوه بيريتاً أم ذهباً؟
32. قوّم تخيل أنه تم اكتشاف حجر كريم أكثر إبهاراً من الألماس والياقوت. قوّم العوامل التي ستؤخذ بعين الاعتبار لتقدير قيمة الحجر الكريم الجديد مقارنةً بالأحجار الكريمة المعروفة.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. أي العناصر الآتية ترتيبه الثاني من حيث وفرة في القشرة الأرضية؟
 a. النيتروجين
 b. الأكسجين
 c. السيليكون
 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. الفلوسبار
 b. الفلوريت
 c. الجالينا
 d. الكوارتز
3. أي المعادن الآتية ذات لمعان فلزي؟
 a. الفلوسبار
 b. الفلوريت
 c. الجالينا
 d. الكوارتز
4. أي الخصائص الآتية أكثر مصداقية لتعرف المعادن؟
 a. اللون
 b. المخدش
 c. القساوة
 d. البريق

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و 6:

المعدن	القساوة	المعدن	القساوة
التلك	1	الفلوسبار	6
الجبس	2	الكوارتز	7
الكالسيت	3	التوباز	8
الفلوريت	4	كورندوم	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. أي معدن يخدش الفلوسبار ولا يخدش التوباز؟
 a. الكوارتز
 b. الكالسيت
 c. الأباتيت
 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 8-10:

$$1.0 \text{ قيراط} = 0.2 \text{ g}$$

ألماس	قيراط	جرام
ماسة سام : أكبر ماسة في العالم وجدت في الولايات المتحدة	40.4	؟
ماسة بنش جون: ثاني أكبر ماسة في العالم	؟	6.89
ماسة تريزا : اكتشفت عام 1888م	21.5	4.3
مجمّل إنتاج غرب أستراليا من الألماس في العام 2001 م	21,679,930	؟

8. رتّب الماسات الثلاث من الأصغر إلى الأكبر حسب

أوزانها بالقيراط وسجّل وزن كل منها.

9. كم كيلو جراماً من الألماس أنتجت غرب أستراليا في

العام 2001 م ؟

10. لماذا يحول منقبو الألماس قياساتهم من القيراط إلى

الجرام ؟

11. لماذا يعاد تصنيف بعض المعادن من خام اقتصادي إلى

معدن غير اقتصادي ؟

12. عرّف البريق، وبيّن 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 انتشاراً في القشرة الأرضية.

إلا أن الاهتمام به زاد بشكل واسع بعد استعماله في صناعة

الأجهزة الإلكترونية، ويوجد السيليكون في الطبيعة بأشكال متعددة؛ فهو موجود في الكثير من الصخور، وأحياناً في المياه، وفي الهواء على شكل دقائق غبار، وفي هياكل بعض المخلوقات الحية، ويوجد أيضاً في الكواكب والنجوم.

لا يوجد السيليكون منفرداً في الطبيعة، بخلاف الذهب أو الفضة، بل يوجد دائماً متحدّاً مع عناصر؛ منها الأكسجين O والألومنيوم Al والمغنسيوم Mg والكالسيوم Ca والصوديوم Na والبوتاسيوم K والحديد Fe، وغيرها من العناصر، ويكوّن مجموعة السيليكات، وهي أكبر المجموعات الكيميائية، وأكثرها تعقيداً.

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. والسيليكون من العناصر شبه الموصلية، لذا يستعمل في الخلايا الشمسية لتوليد التيار الكهربائي من الضوء، ويستعمل في صنع الرقائق الإلكترونية والترانزستورات.

14. اعتماداً على النص السابق؛ أيّ خصائص السيليكون

الآتية تشكل تحدياً لاستخدامه؟

a. يحيط به هالة من الإلكترونات.

b. لونه رمادي باهت.

c. لا يوجد منفرداً في الطبيعة.

d. واسع الانتشار في أماكن عديدة.

15. أيّ 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 معروفاً بشكل واسع قبل

انتشار الأجهزة الإلكترونية؟

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

1-2 ما الصخور النارية؟

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

2-2 تصنيف الصخور النارية

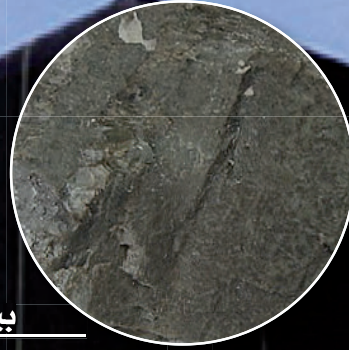
الفكرة الرئيسية يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها.

حقائق جيولوجية

- بنيت الكعبة المشرفة في عهد نبي الله إبراهيم عليه السلام.
- تم بناؤها باستخدام الحجارة البازلتية المتوافرة في مكة المكرمة.
- تبلغ مساحة الكعبة المشرفة تقريباً 145 m²، وارتفاعها 14 m.



اوليذين



بيروكسين



بلاجيوكليز

نشاطات تمهيدية

أنواع الصخور النارية

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

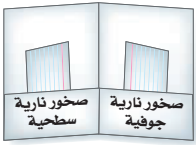
المطويات منظمات الأفكار



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



الخطوة 2: اثن الورقة من المنتصف.



الخطوة 3: افتحها وأصقها بصمغ أو دبابيس لعمل جيبن، وعنونها كما في الشكل.

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

الجيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع

www.obeikaneducation.com

تجربة استهلاكية

كيف نتعرف المعادن؟

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

الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. افحص عينة من الجرانيت بالعين المجردة، وسجّل ملاحظاتك.
3. استعمل عدسة مكبرة أو مجهرًا لمشاهدة عينة الجرانيت، وسجّل ملاحظاتك.



التحليل

1. وضح ما شاهدته من خلال العدسة المكبرة أو المجهر. ضمّن رسمك مقياسًا للرسم توضح من خلاله النسبة بين حجم البلورات في العينة وحجمها على الرسم.
2. عدّد أنواع المعادن التي شاهدتها في عيّنتك.
3. صف أشكال بلورات المعادن وحجومها.
4. اكتب أي دليل يفيد أن هذه البلورات تكوّن من صخر مصهور.

الأهداف

- تُلخص تكون الصخور النارية.
- تصف مكونات الصهارة.
- تتعرف 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

سلاسل تفاعلات باون

التبلور الجزئي

ما الصخور النارية؟

What are Igneous Rocks?

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

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

تكوّن الصخور النارية Igneous Rocks Formation

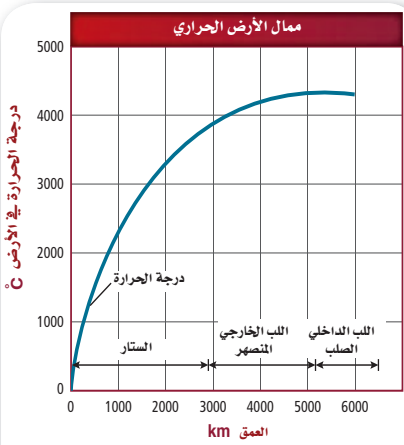
لو أنك تابعت فيلمًا عن بركان نشط لشاهدت كيف تتكون الصخور النارية. وكما درست سابقًا، فإن الصهارة صخور مصهورة توجد تحت سطح الأرض. أما اللابة Lava فهي صهارة تتدفق على سطح الأرض. تتكون **الصخور النارية Igneous Rock** عندما تبرد الصهارة أو اللابة وتبلور المعادن. تمكّن العلماء من صهر معظم أنواع الصخور في المختبر 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 الصهارة Composition of magma يعتمد نوع الصخر الناري المتكوّن على مكونات الصهارة، والصهارة خليط من صخر مصهور وغازات مذابة وبلورات معدنية، والعناصر الشائعة في الصهارة هي نفسها العناصر الرئيسية في القشرة الأرضية: الأكسجين O، والسيليكون Si، والألومنيوم Al، والحديد Fe، والكالسيوم Ca، والصوديوم Na، والبوتاسيوم K، والمغنيسيوم Mg. ومن بين جميع المركبات الموجودة في الصهارة، تعد السيليكا من أكثرها شيوعًا وتأثيرًا في

أنواع الصهارة

الجدول 1 - 2

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



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

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

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

تكوّن الصهارة Magma formation تتكون الصهارة بانصهار قشرة الأرض، أو مادة الستار. وهناك أربعة عوامل رئيسة تؤثر في تكوّن الصهارة، هي: درجة الحرارة، الضغط، المحتوى المائي، المحتوى المعدني لمادة القشرة أو الستار. وتزداد درجة الحرارة عادة كلما تعمّقنا في القشرة الأرضية، وتسمى هذه الزيادة في درجة الحرارة الممال الحراري، وهي ممثلة في الشكل 1-2. ولدى حفّاري آبار النفط خبرة مباشرة في الممال الحراري الأرضي؛ فالآلات الحفر -كتلك المبنية في الشكل 2-2- يمكن أن تصادف درجات حرارة تزيد على 200°C في أثناء حفر آبار النفط العميقة.

يزداد الضغط أيضاً مع زيادة العمق، وهذا ناجم عن وزن الصخور العلوية. وتفيد التجارب المخبرية أنه مع ازدياد الضغط الواقع على الصخور تزداد درجة الانصهار. 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 الصهارة فهو المحتوى المائي الذي يغير من درجة انصهار الصخور التي تقل بازدياد المحتوى المائي.

✓ **ماذا قرأت؟** عدد العوامل الرئيسة المؤثرة في تكون الصهارة.

المحتوى المعدني Mineral content لكي نفهم كيف تعتمد الصهارة على عناصرها ومركباتها؛ من المفيد إلقاء الضوء على المحتوى المعدني للصهارة. 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.

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

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



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

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

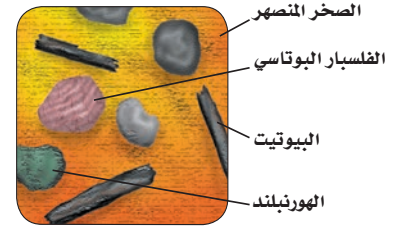
✓ **ماذا قرأت؟** لخص لماذا تختلف مكونات الصهارة الكيميائية عن المكونات الكيميائية للصخر الأصلي؟

سلاسل تفاعلات باون Bowen's Reaction Series

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



صخر صلب

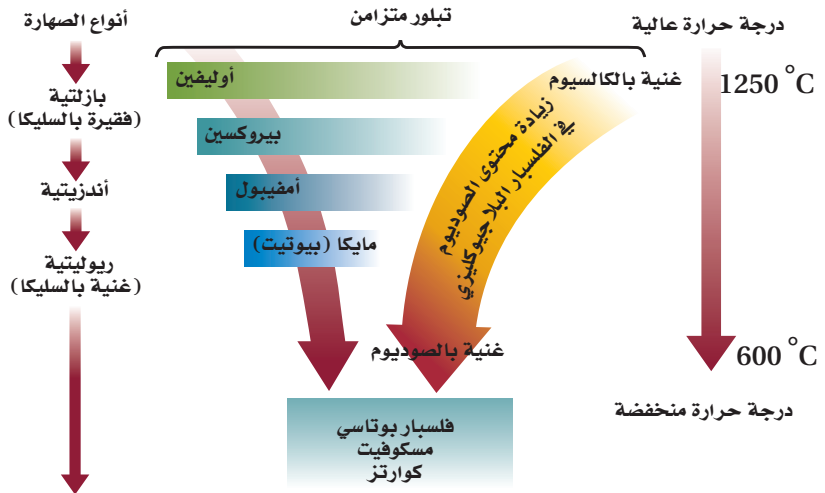


صخر منصهر جزئياً

الشكل 3-2 تبدأ المعادن في الانصهار في منطقة ما عندما تبدأ درجة الحرارة بالإرتفاع.

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

الشكل 4-2 في الطرف الأيسر من سلاسل تفاعلات باون، تتغير المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم بشكل مفاجئ مع انخفاض درجة حرارة الصهارة. **قارن** كيف يمكن مقارنة ذلك مع الفلسبار في الطرف الأيمن من الشكل؟





الشكل 5-2 عندما تبرد الصهارة بسرعة قد لا تجدد بلورة الفلسبار الوقت الكافي للتفاعل تمامًا مع الصهارة فتبقى على أنوية غنية بالكالسيوم. والنتيجة تكون بلورات بنطاقات تتميز بغناها بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم.

المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم Iron –magnesium rich mineral

يمثل الطرف الأيسر من سلسلة تفاعلات باون المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم، والتي تخضع لتغيرات مفاجئة مع تبريد الصهارة وتبلورها؛ ففي البداية يتبلور معدن الأوليفين من الصهارة، وعندما تبرد الصهارة بما يكفي لبدء تبلور معدن جديد يتشكل البيروكسين من تفاعل الأوليفين مع الصهارة، ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة تحدث تفاعلات مشابهة منتجة الأمفيبول والبيوتيت وهي أقل المعادن احتواءً على الحديد والماغنسيوم.

الفلسبار Feidspar يمثل الطرف الأيمن من سلسلة تفاعلات باون معادن فلسبار البلاجيوكليز التي تخضع لتغير مستمر في مكوناتها، فمع تبريد الصهارة يتكون أكثر معادن البلاجيوكليز غنى بالكالسيوم. ويتفاعل هذا المعدن مع الصهارة، وتغير مكوناته ليصبح غنيًا بالصوديوم، وفي بعض الحالات عندما يتم التبريد سريعًا تصبح أنوية الفلسبار الغنية بالكالسيوم غير قادرة على التفاعل تمامًا مع الصهارة، فتكون النتيجة هي تكون بلورة ذات نطاقات غنية بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم كما في الشكل 5-2.

التبلور الجزئي Fractional Crystallization

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

وتسمى عملية تصلب بلورات المعادن وانفصالها **التبلور الجزئي Fractional crystallization**. وتشبه هذه العملية عملية الانصهار الجزئي في أن تركيب الصهارة يتغير في كل منهما. وفي هذه الحالة تنفصل البلورات التي تتكون في البداية عن الصهارة، ولا تستطيع التفاعل معها، فتصبح الصهارة المتبقية غنية بالسليكا.

تجربة

مقارنة الصخور النارية

حجم البلورات، والمكونات المعدنية (إن أمكن).

4. صمّم جدول بيانات لتدوين ملاحظتك.

التحليل

1. صنّف عيناتك إما بازلتية وإما أنديزيتية وإما

ريوليتية. [تلميح: كلما زاد محتوى الصخر من السيليكا يصبح لونه فاتحًا].

2. قارن بين عيناتك باستخدام جدول البيانات. كيف

تختلف؟ ما الخصائص التي تشترك فيها المجموعات؟

3. حنّن الترتيب الذي تبلورت به العينات. [تلميح:

استخدم سلاسل تفاعلات باون دليلًا].

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

خطوات العمل

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

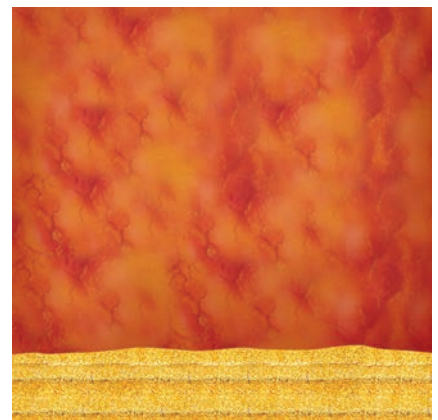
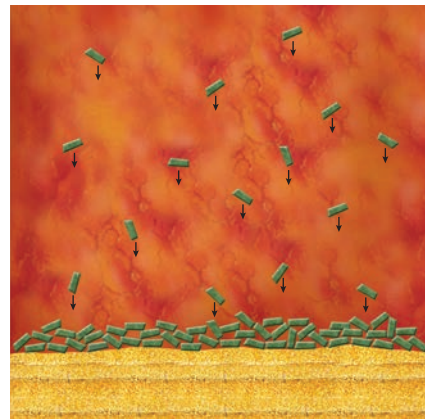
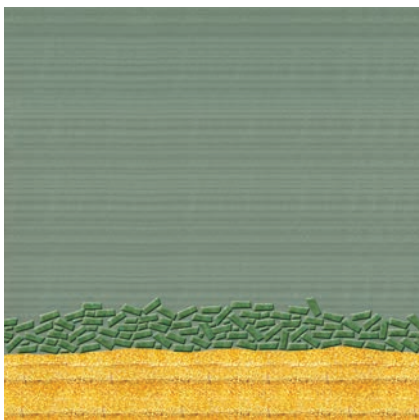
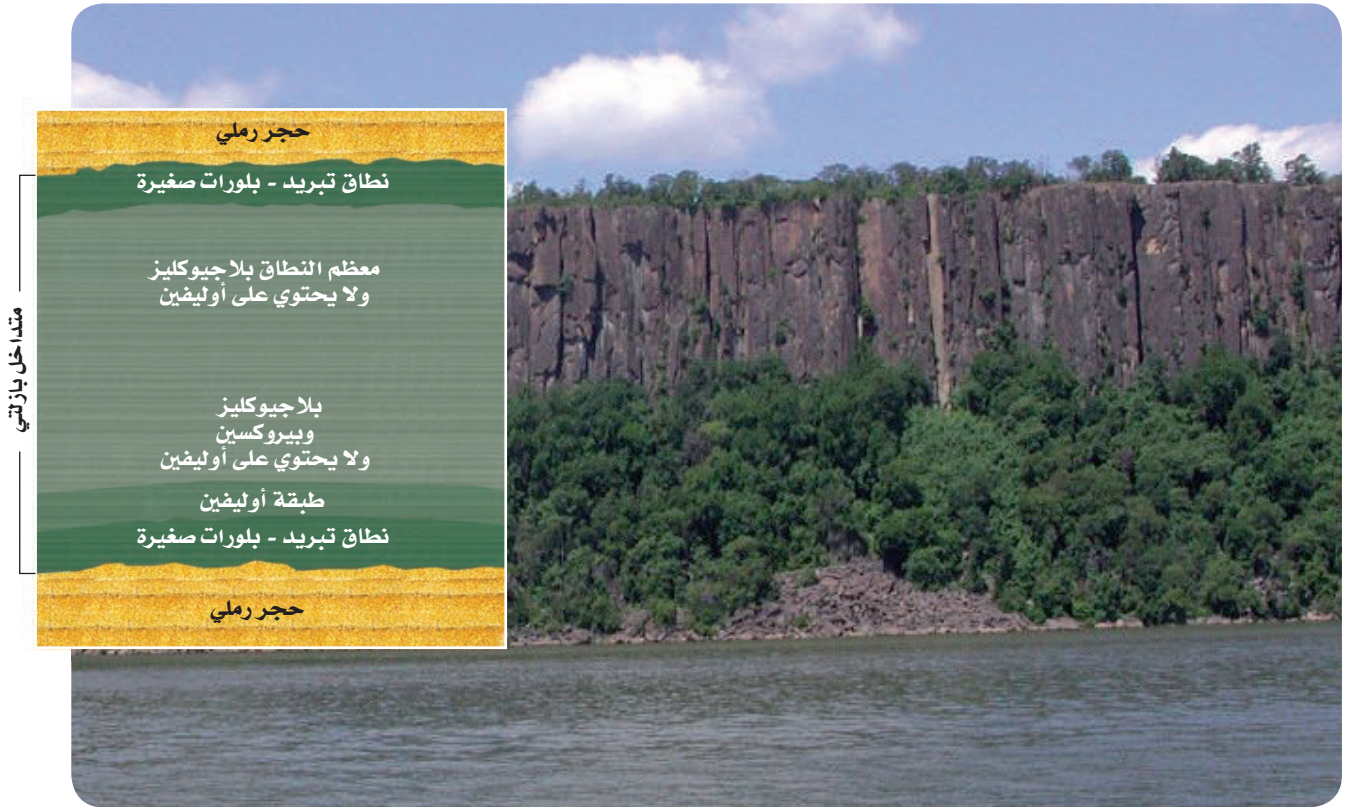
2. احصل على مجموعة من عينات صخرية نارية من معلمك.

3. لاحظ الخصائص التالية لكل صخر: مجمل اللون،

التبلور الجزئي وترسب البلورات

Fractional Crystallization and Crystal Settling

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



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



الشكل 7-2 تمثل عروق الكوارتز هذه آخر ما برد وتبلور من الجسم الصهاري المتبقي.

آلية التبلور الجزئي Mechanism of partial crystallization

كما هي الحال عادة في الاستقصاء العلمي قاد اكتشاف باون لمزيد من التساؤلات. فعلى سبيل المثال، إذا تحول الأوليفين إلى بيروكسين فلماذا نجد الأوليفين في الصخر؟ يفترض الجيولوجيون أنه في ظروف خاصة تنفصل البلورات المتكونة من الصهارة فيتوقف التفاعل بين الصهارة والمعدن، ويمكن أن يحدث هذا عندما تستقر البلورات في قاع الجسم الصهاري، وعندما يفصل سائل الصهارة عن البلورات يتكون جسمان نارياً مختلفان في مكوناتهما. ويوضح الشكل 6-2 هذه العملية، كما يوضح مفهوم التبلور الجزئي من خلال عرض مثال عتبة باليسيد، وهذه إحدى الطرق التي تتكون بها الصهارة المشار إليها في الجدول 1-2. وباستمرار التبلور الجزئي وانفصال بلورات أخرى من المعادن تصبح الصهارة أغنى بعناصر السيليكا والألومنيوم والبتاسيوم. لذا، فإن آخر معدنين يتبلوران هما: الفلسبار البوتاسي والكوارتز. والفلسبار البوتاسي أكثر أنواع الفلسبار شيوعاً في القشرة الأرضية، بينما تحتوي العروق على الكوارتز غالباً كما في الشكل 7-2؛ لأنه يتبلور في أثناء اندفاع الجزء السائل المتبقي من الصهارة في الشقوق الصخرية.

التقويم 1-2

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** توقع المظهر الذي سيبدو عليه صخر ناري تكون من صهارة خرجت إلى السطح فبدأت تبرد بسرعة، ثم قلت سرعة تبريدها مع الوقت.
2. **اعمل قائمة** بالعناصر الثانوية الرئيسية الموجودة في معظم أنواع الصهارة. أضف الرمز الكيميائي لكل عنصر.
3. **لخص** العوامل التي تؤثر في تكوين الصهارة.
4. **قارن** بين الصهارة واللاية.

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

الخلاصة

- تتكون الصهارة من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معدنية.
- تُصنّف الصهارة إلى بازلتية أو أنديزيتية أو ريوليتية اعتماداً على كمية السيلكا التي تحتويها.
- تنصهر المعادن المختلفة وتبلور عند درجات حرارة مختلفة.
- توضح سلاسل تفاعلات باون الترتيب الذي تتبلور حسب المعادن من الصهارة.

الأهداف

- تصنف الصخور النارية وفق مكوناتها المعدنية وأنسجتها.
- تتعرف أثر معدلات التبريد في حجوم البلورات في الصخور النارية.
- تصف بعض استخدامات الصخور النارية.

مراجعة المفردات

التبلور الجزئي

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

المفردات الجديدة

- الصخور الجوفية
- الصخور السطحية
- الصخور المتوسطة
- الصخر البازلتية
- الصخر الجرانيتي
- الصخور فوق القاعدية
- النسيج
- النسيج البورفيرى
- النسيج الفقاعي
- البيجماتيت
- الكمبرليت

الشكل 8-2 يمكن ملاحظة الفروق في مكونات الصهارة في الصخور التي تتكون عندما تبرد الصهارة وتبلور.
لاحظ صف الفروق التي تشاهدها في هذه الصخور.

تصنيف الصخور النارية

Classification of Igneous Rocks

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

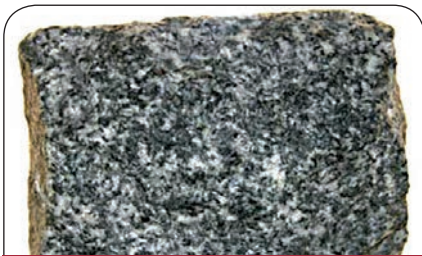
الربط مع الحياة. هناك شيء مشترك بين أرضيات المباني وجدرانها؛ فالعديد منها من النوع الصخري المعروف بالجرانيت، وهو صخر شائع في القشرة الأرضية.

المكونات المعدنية للصخور النارية

Mineral Composition of Igneous Rocks

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

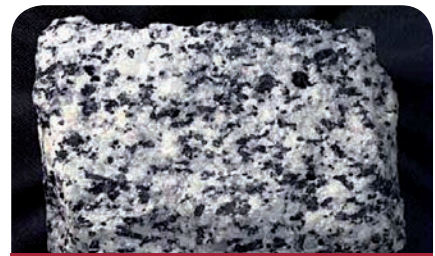
تُصنّف الصخور النارية حسب مكوناتها المعدنية؛ **فالصخور البازلتية Basaltic Rocks** ومنها الجابرو- لونها غامق، ومحتواها من السيليكا قليل، وتتكون في غالبيتها من البلاجيوكليز والبيروكسين. أما **الصخور الجرانيتية Granitic Rock** - ومنها الجرانيت - فهي فاتحة اللون ومحتواها من السيليكا كثير، ويتكون معظمها من الكوارتز والفلسبار البوتاسي والبلاجيوكليز. وتسمى الصخور ذات المكونات المتوسطة بين البازلت والجرانيت **الصخور المتوسطة Intermediate Rocks**، ويتكون معظمها من البلاجيوكليز والهورنبلند، ويعد الديوريت مثلاً جيداً على هذا النوع. ويوضح الشكل 8-2 أمثلة على الأنواع الثلاثة من الصخور النارية.



الجابرو



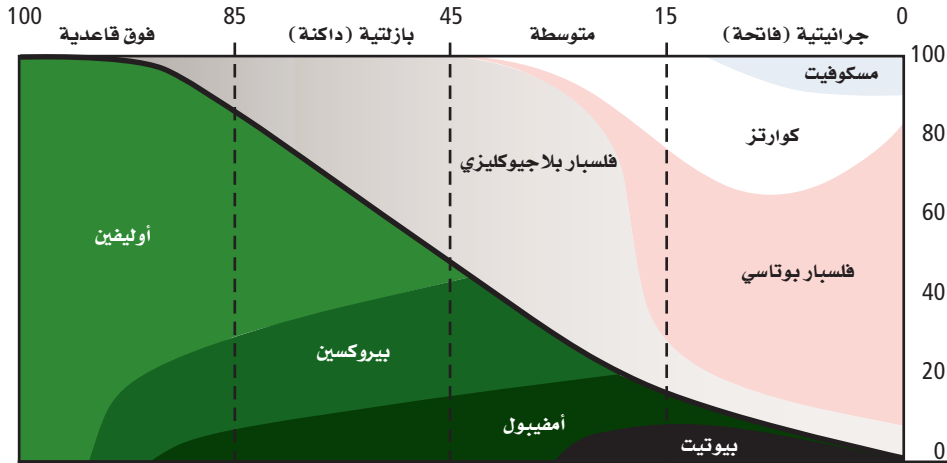
الجرانيت



الديوريت

تعرف الصخور النارية

نسبة المعادن الرئيسية



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

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

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

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

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

النسيج Texture

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



الريولايت



الجرانيت



الأوبسيديان

حجم البلورة ومعدلات التبريد Crystal size and cooling rates

عندما تتدفق اللابة على سطح الأرض تبرد بسرعة، ولا تتهيأ الفرصة لتشكيل بلورات كبيرة، فتنتج صخوراً نارية سطحية كالريولايت المبين في الشكل 10-2. بلوراتها صغيرة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وأحياناً يحدث التبريد بسرعة كبيرة جداً، بحيث لا تتهيأ الفرصة لتكوّن البلورات، وينتج زجاج بركاني يسمى أوبسيديان كما في الشكل 10-2. وفي مقابل ذلك يمكن للصخور الجوفية - ومنها الجرانيت والديوريت والجابرو- التي تبرد ببطء أن تكون بلوراتها بحجم أكبر من 1 cm.

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

النسيج الفقاعي Vesicular texture تحتوي الصهارة على غازات ذائبة، تأخذ في التصاعد عندما ينحسر الضغط عنها، فتصبح عندئذ لابة؛ فإذا كانت اللابة شديدة القوام، فإنها تمنع تصاعد الفقاعات الغازية بسهولة، فتترك الغازات ثقوباً في الصخر تسمى فقاعات، ويبدو الصخر إسفنجياً، ويسمى هذا المظهر الإسفنجي نسيجاً فقاعياً **Vesicular Texture**. ويُعدّ كل من البيومس والبازلت الفقاعي أمثلة على ذلك. انظر الشكل 11-2

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر سبب تكون الثقوب في الصخور النارية.



أنديزيت (النسيج البورفيرى)



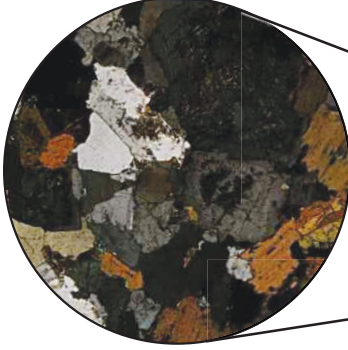
بازلت فقاعي



بيومس

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

جرانيت تحت المجهر



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

صخر الجرانيت



الشرائح الرقيقة Thin Sections

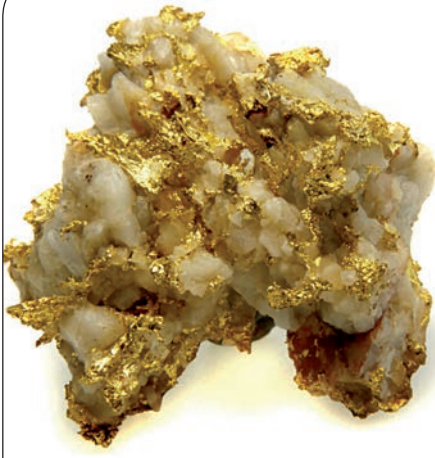
لتعرّف الصخر يختبر الجيولوجيون بلورات المعادن في العينات الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهر. والشريحة الرقيقة قطعة من الصخر سمكها 0.03 mm تقريباً، مثبتة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بنفاذ الضوء خلالها. ويوضح الشكل 12-2 مقطع من الجرانيت تحت المجهر.

الصخور النارية موارد طبيعية

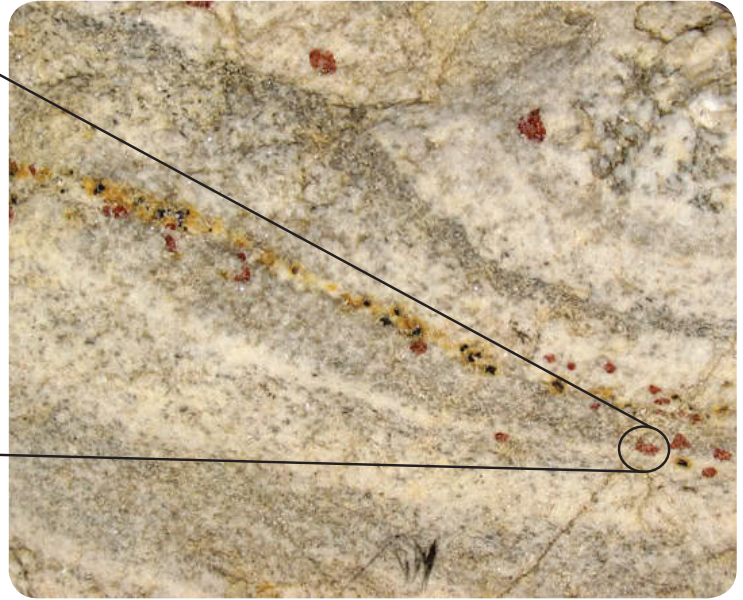
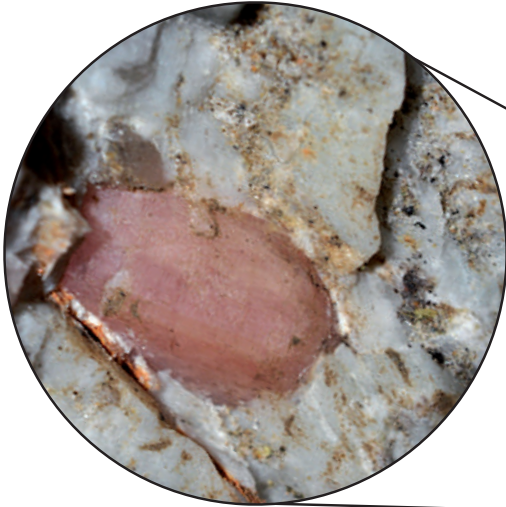
Igneous rocks as Resources

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

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



الشكل 13-2 يستخرج الذهب والكوارتز معاً من المناجم، ثم يفصلان لاحقاً. استدل ما الذي يمكنك تحديده من هذه الصورة عن درجة انصهار الذهب؟



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

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

الشكل 14-2 عروق بيجماتيت يخرق صخور الجرانيت، وفيه بلورات جميلة.

مختبر حل المشكلات

تفسير الأشكال العلمية

كيف يمكنك تقدير المحتوى المعدني؟

تصنف الصخور النارية اعتماداً على محتواها المعدني. ستستخدم في هذا النشاط الشريحة الرقيقة الموضحة في الشكل 12-2؛ لتقدير نسب المعادن المختلفة في العينة.

التحليل

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

2. اعمل جدول بيانات يضم المعادن ونسبها المقدرة.

التفكير الناقد

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

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

5. اقترح طريقة لتطوير دقة تقديرك.

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



الكمبرليت Kimberlites الألماس معدن قيّم، نادر الوجود، يوجد في الصخور فوق القاعدية المسماة **كمبرليت Kimberlite**، نسبة إلى مدينة كيمبرلي في جنوب إفريقيا، وتُعد هذه الصخور غير العادية أحد أنواع البيروكسيت. وتتكون هذه الصخور على الأرجح في أعماق القشرة الأرضية، أو في الستار على أعماق تتراوح بين 150 km و 300 km؛ لأن الألماس الذي تحويه هذه الصخور مع معادن أخرى لا يمكن أن يتكون إلاّ تحت ضغط عال جدًا. وقد وضع الجيولوجيون فرضية مفادها أن صهارة الكمبرليت قد حُقنت بسرعة إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض، مشكّلةً تراكيب طويلة ضيقة في صورة أنابيب، تمتد عدة كيلومترات في القشرة الأرضية، وتتراوح أقطارها بين 100 m و 300 m ومعظم ألماس العالم يأتي من مناجم جنوب إفريقيا. انظر الشكل 15-2.

الصخور النارية في البناء Igneous rocks in construction

للصخور النارية عدة خصائص تجعلها مناسبة للبناء؛ فنسيج بلوراتها المتداخل يجعلها قوية، بالإضافة إلى احتوائها على العديد من المعادن المقاومة للتجوية. والجرانيت من أكثر الصخور النارية ثباتًا ومقاومة للتجوية، ولعلك شاهدت الكثير منه يستخدم بلاطًا للأرضيات، وفي المطابخ والرفوف، وأسطح المكاتب، وفي تزيين أوجه البنايات. وتستخدم الصخور النارية- ومنها الجرانيت والجابرو- في المملكة العربية السعودية بوصفها أحجار زينة، وتستخرج من مناطق الدرع العربي غربي المملكة.

التقويم 2-2

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

- الفترة الرئيسية** استنتج لماذا التركيب الكيميائي للأوبسديان الأسود أو الأحمر تراكيبًا جرانيتيًا؟
- صف مجموعات الصخور النارية الثلاث الرئيسية.
- طبّق ما تعرفه عن معدلات التبريد في توضيح الاختلاف في حجوم البلورات.
- ميّز بين الأنديزيت والديوريت من خلال خاصيتين فيزيائيتين من خصائص الصخور النارية.

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

- قطعة جرانيت كثافتها 2.7 g/cm^3 ، صنع منها طاولة مطبخ مستطيلة، سمكها 2 cm، وبُعدها $0.6 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ ؟ ما كتلتها بالجرام؟

الجيولوجيا والبيئة

Geology and the Environment



صخور القمر Moon Rocks

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

أنواع صخور القمر بدراسة العينات وتحليلها تبين أن صخور القمر تتنوع في ألوانها بين الرمادي والأسود والأبيض والأخضر، كما تختلف في نسيجها بين الزجاجي والقاسي والهش. وتبين أن هناك.

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 نتجت عن الرماد البركاني واللابة التي وصلت إلى سطح القمر من خلال الشقوق التي تكونت بسبب ارتطام النيازك بسطح القمر. وصخور البريشيا التي تكونت عندما حطمت النيازك الصخور، وصهرت القطع معاً بفعل الحرارة الناجمة عن الارتطام. أما النوع الثالث هو 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) تنتج 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 سمى العلماء فئة جديدة من صخور القمر "كريب" (KREEP)، اعتماداً على المكونات المعدنية؛ لكونها تحتوي على كميات كبيرة من

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

البوتاسيوم (K) والعناصر الأرضية النادرة (REE) والفوسفور (P)، وهي أكثر إشعاعاً 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 أقيية من الفولاذ المضاد للصدأ في جو جاف من النيتروجين؛ لإبقائها بعيدة عن الرطوبة والصدأ. وما زال العلماء يواصلون بحوثهم حول هذه الصخور وهم يدرسون نشأة القمر وتاريخه.

الكتابة في الجيولوجيا

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

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك

نموذج تكون البلورات



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

سؤال: كيف تتبلور المعادن من الصهارة؟

الأدوات

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

5. املاً 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، وسجّل ملاحظتك، 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 حجوماً متساوية؟ وهل هي متشابهة في الشكل؟
3. ارسم شكل البلورات الأكثر شيوعاً، وقارن بين رسمك ورسم المجموعات الأخرى. صف أي نمط لاحظته في رسوم المجموعات الأخرى.
4. استنتج العوامل المؤثرة في حجم البلورات (الأطباق المختلفة). كيف عرفت ذلك؟
5. فسّر لماذا يختلف شكل البلورات عند نموها؟
6. قارن بين هذه التجربة وتبلور الصهارة في الطبيعة.
7. قوّم العلاقة بين معدل التبريد وتكون البلورات.

شارك بياناتك

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

إجراءات السلامة

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

خطوات العمل

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

دليل مراجعة الفصل

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

المفردات

1-2 ما الصخور النارية؟

اللابة

الصخور النارية

الانصهار الجزئي

سلاسل تفاعلات باون

التبلور الجزئي

المفاهيم الرئيسية

- الفكرة الرئيسية** الصخور النارية هي الصخور التي تتكون عندما تبرد المواد المنصهرة الموجودة في باطن الأرض، وتبلور.
- تتكون الصهارة من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معادن.
 - تصنف الصهارة إلى بازلتية وأندزيتية وريولايتية؛ اعتمادًا على نسبة السيليكا في كل نوع.
 - المعادن المختلفة تنصهر وتبلور عند درجات حرارة مختلفة.
 - تبين سلسلة تفاعلات باون تسلسل تبلور المعادن من الصهارة.



2-2 تصنيف الصخور النارية

الصخور الجوفية (المتداخلة)

الصخور السطحية

الصخر البازلتي

الصخر الجرانيتي

الصخور المتوسطة

الصخور فوق القاعدية

النسيج

النسيج البورفيرى

النسيج الفقاعي

البيجماتيت

الكمبرليت

- الفكرة الرئيسية** 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 الكمبرليت.
 - تستخدم بعض أنواع الصخور النارية في البناء؛ لصلابتها، وتحملها للضغط، ولجمالها.



مراجعة المفردات

ضع المصطلح الصحيح مكان الكلمات التي تحتها خط فيما يأتي:

1. تتصاعد الغازات من الصحارة مع تدفقها على سطح الأرض.
2. يصف مقياس موهس للقساوة الترتيب الذي تتبلور على أساسه المعادن.
3. تتميز الصخور الجرانيتية بلونها الغامق ومحتواها القليل من السيليكا.
4. تتكون اللابة في الأعماق تحت القشرة الأرضية.

املاً الفراغ في الجمل الآتية بالمفردات الصحيحة:

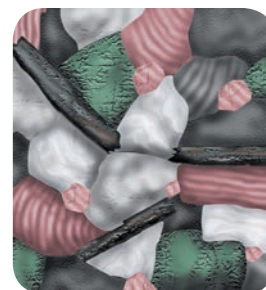
5. يسمى النسيج الناري الذي يمتاز باحتوائه على بلورات كبيرة في أرضية من البلورات الصغيرة
6. يقال عن الصخور النارية التي تتكون في ظروف تبريد سريعة إنها
7. يقال عن الصخور الفاتحة اللون ذات البلورات كبيرة الحجم إنها

تثبيت المفاهيم الرئيسية

8. ما أول المعادن التي تتكون عندما تبرد الصحارة؟

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

استعمل الصورتين أدناه في الإجابة عن السؤال 9.



14. أيُّ العمليات كوّنت هذا الصخر؟

- a. تبريد بطيء
- b. تبريد سريع
- c. تبريد سريع جداً
- d. تبريد بطيء ثم سريع

9. ما العملية التي حدثت؟

- a. الانفصال الجزئي
 - b. الفصل البلوري
 - c. التبلور الجزئي
 - d. الانصهار الجزئي
10. أيُّ المعادن مرتبط بالفرع الأيمن من سلاسل تفاعلات باون؟

- a. أوليفين وبيروكسين
- b. مايكا وفلسبار
- c. فلسبار
- d. كوارتز وبيوتيت

11. أيُّ أنواع الصحارة تحتوي كمية أكبر من السيليكا؟

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

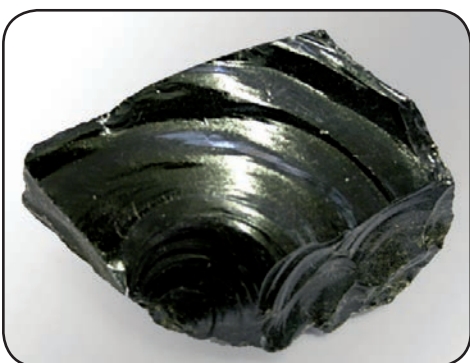
12. أيُّ العوامل الآتية لا يؤثر في تكون الصحارة؟

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

13. أيُّ الصخور السطحية الآتية لها مكونات الديوريت نفسها؟

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

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 14.



21. ارسم مخططاً انسيابياً لتوثيق عملية تكون الثقوب في عينة البازلت الفقاعي.
22. فكر في الأسباب التي تجعل عينة البيومس (حجر الخفاف) تطفو فوق سطح الماء.
23. وضح بالرسم كيف يغير التبلور الجزئي مكونات الصهارة من خلال تكون الأوليفين الغني بالحديد.
24. طبق مفاهيم درجة الحرارة والتبلور لتفسير لماذا -في الغالب- توصف الصهارة بأنها مزيج من بلورات وصهير صخري.
- استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 25 و 26.

مكونات الصخر				
النسبة المئوية للمعدن في الصخر				المعدن
الصخر 4	الصخر 3	الصخر 2	الصخر 1	
0	0	35	5	كوارتز
0	0	15	0	فلسبار بوتاسي
55	0	25	55	فلسبار بلاجيوكليزي
10	0	15	15	بيوتيت
30	0	10	25	أمفيبول
5	40	0	0	بيروكسين
0	60	0	0	أوليفين

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

15. أيّ أنواع الصخور فوق القاعدية تحتوي أحياناً على الألماس؟
- a. البيجماتيت
b. الكمبرليت
c. الجرانيت
d. الريولايت
16. لمعدلات التبريد السريعة أثر في حجم البلورات في الصخور النارية، حيث تكون:
- a. بلورات صغيرة
b. بلورات كبيرة
c. بلورات فاتحة
d. بلورات داكنة
17. ما المصطلح الذي يصف الصخور النارية التي تتبلور داخل الأرض؟
- a. الصهارة
b. الجوفية
c. اللابة
d. السطحية
18. أيّ المعدنين أكثر شيوعاً في الجرانيت؟
- a. الكوارتز والفلسبار
b. الأوليفين والبيروكسين
c. الفلسبار البلاجيوكليزي وأمفيبول
d. الكوارتز والأوليفين

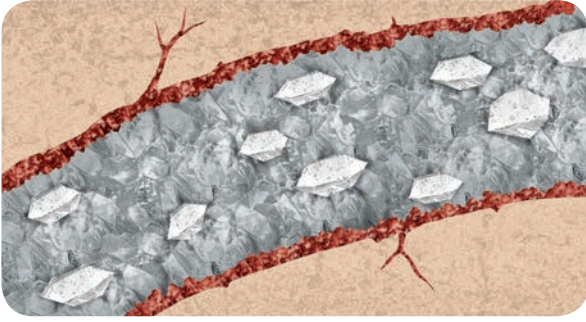
أسئلة بنائية

19. اعمل قائمة ببعض استخدامات الصخور النارية في صناعة البناء.
20. فسّر كيف، ولماذا يختلف الفلسبار البلاجيوكليزي في الصخور البازلتية عنه في الصخور الجرانيتية؟
- استعمل الصورتين الآتيتين للإجابة عن السؤالين 21 و 22.



سؤال تحفيز

استعمل الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال 35.



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

التفكير الناقد

27. قارن بين الأوبسيديان والجرانيت لتوضيح سهولة نحت الجرانيت لعمل لوحات فنيّة.
28. قوّم هذه العبارة: من الممكن أن يكون محتوى الصهارة من السيليكا كبيراً، مقارنة بالصخر الذي تكون منها.
29. طبق ما تعرفه عن قساوة المعادن لتفسير عدم خدش سكاكين الفولاذ غير القابل للصدأ ألواح قطع الجرانيت.
30. استدل تُعد صخور الكيمبرليت مصدر معظم الألماس. لماذا يدرس العلماء صخور الكيمبرليت ليتعرفوا المزيد عن ستار الأرض؟
31. قوّم تتكون الصخور عموماً من المعادن، وعندما يبرد الصخر المنصهر بسرعة كبيرة يتحول إلى زجاج، والزجاج البركاني عبارة عن صخر ناري سطحي. قوّم إذا كان هذا الصخر يحتوي على المعادن أم لا. فسّر إجابتك (ملاحظة: تذكر تعريف المعدن في الفصل الأول).
32. استدل. لماذا تكون الصخور المكونة من المعادن التي تتبلور أولاً حسب سلاسل تفاعلات باون غير مستقرة وتحلل بسرعة على سطح الأرض؟
33. كوّن فرضية كيف تبدو عتبة باليسيد إذا كان تركيب الصهارة جرانيتياً؟

خريطة مفاهيمية

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

اختبار مقنن

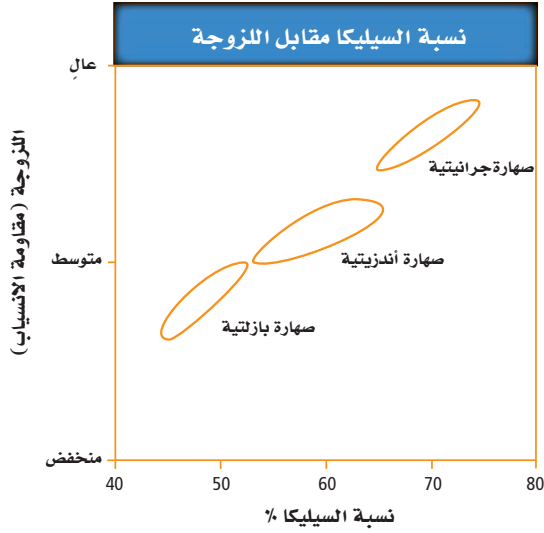
اختيار من متعدد

استعمل الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2

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

- ما نوع الصخر الأكثر شبيهاً بالصخر A؟
 - الجرانيت
 - البازلت
 - الجابرو
 - الديوريت
- ما نوع الصخر B؟
 - الجرانيت
 - الديوريت
 - أي المواد الآتية أكثر وفرة في الصهارة، ولها تأثير كبير في خصائصها؟
 - O
 - Ca
 - Al
 - SiO₂
- ما العملية التي تصف انتقال بلورات المعادن وانفصالها عن الصهارة؟
 - الانصهار الجزئي
 - التبلور الجزئي
 - الممال الحراري
 - الانفصال الجزئي
- أي الخصائص الآتية لا تُستعمل في تعرّف المعادن؟
 - القساوة
 - اللون
 - الكثافة
 - الحجم

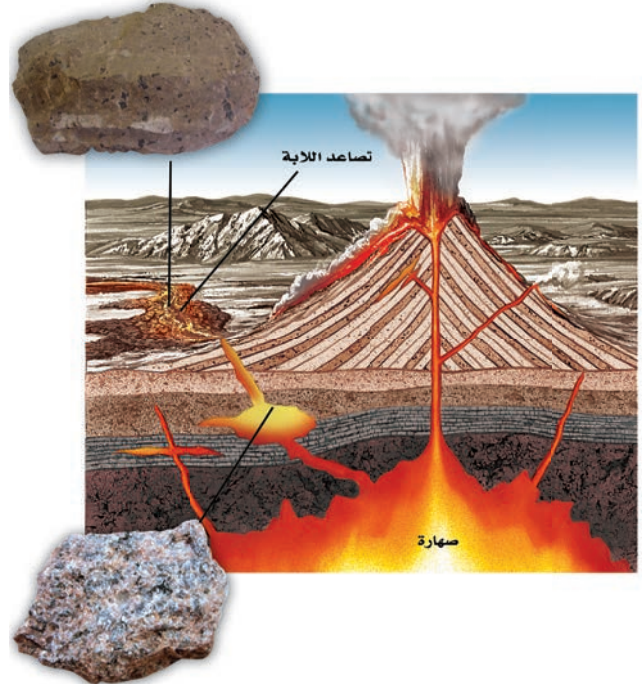
استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 6 و 7.



- ما العلاقة التي يمكن استخلاصها من الرسم البياني؟
 - الصهارة التي تحتوي على سيليكا أكثر تكون أعلى لزوجة.
 - الصهارة التي تحتوي على سيليكا أقل تكون أعلى لزوجة.
 - لزوجة الصهارة منخفضة دائماً.
 - لا توجد علاقة بين محتوى السيليكا واللزوجة.
- ما العبارة الصحيحة حول الصهارة الجرانيتية؟
 - أثقل من النوعين الآخرين من الصهارة.
 - أخف من النوعين الآخرين من الصهارة.
 - تنساب بسرعة أكبر من النوعين الآخرين من الصهارة.
 - تنساب أبطأ من النوعين الآخرين من الصهارة.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 8-10



8. ما نوع الصخر المبيّن أسفل الصورة؟ أعط مثلاً على صخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع.
9. ما نوع الصخر المبيّن أعلى الصورة؟ أعط مثلاً لصخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع.
10. ما الفرق بين طريقة تكون نوعي الصخور النارية؟
11. ما المقصود بأن المعدن يتكون طبيعياً، ومن أصل غير عضوي؟
12. لماذا تصنف بعض المعادن على أنها معادن نفيسة؟

القراءة والاستيعاب

براكين قاع المحيط

تتصاعد أعمدة الرماد البركاني وقطرات الكبريت المنصهر، ويتجمع الروبيان على وليمه من الأسماك التي قتلتها اللابة المتدفقة من فوهة البركان. هذا وصف لمشهد من فيلم تمّ

تصويره مؤخراً 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 تدريجياً حتى تصل فوق سطح الماء، وتشكل الجزر البركانية. لقد مكّنت التقنيات الحديثة العلماء من دراسة النشاط البركاني عند أقواس الجزر البركانية عن قرب، مما مكّنه من الحصول على معلومات واقعية عن عمليات تكوّن بعض هذه الجزر، ومنها جزيرة ماريانا. حيث 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 نشطاً خلال العصور الماضية. وهذا يساعد العلماء على تصور الآلية التي تتكون بها هذه الجزيرة.

بعد قراءة النص أجب عن الأسئلة الآتية:

13. ما أهمية الدراسات الحديثة لجزيرة ماريانا؟

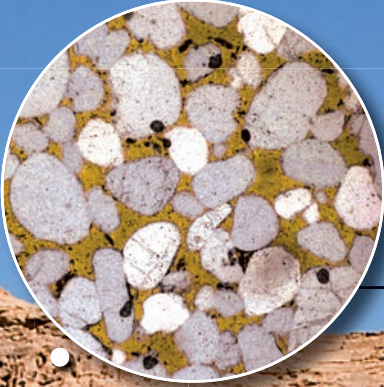
- a. تعطي العلماء فرصة لإلقاء نظرة واقعية على العمليات التي تشكل الجزر البركانية.
- b. تكشف أن البراكين يمكن أن تستمر في الثوران عقوداً طويلة.
- c. تكشف عن أسرار الحياة قرب فوهات البراكين.
- d. تمثل أول ملاحظة مباشرة على البراكين النشطة عند أقواس الجزر البركانية.

14. ماذا تستنتج من النص؟

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

الصخور الرسوبية والمتحولة

Sedimentary and Metamorphic Rocks



الحجر الرملي



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

1-3 تشكل الصخور الرسوبية

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

2-3 أنواع الصخور الرسوبية

الفكرة الرئيسية تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.

3-3 الصخور المتحولة

الفكرة الرئيسية تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.

حقائق جيولوجية

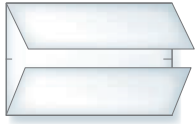
مدائن صالح

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

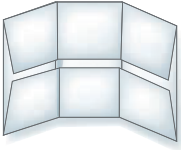
نشاطات تمهيدية

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

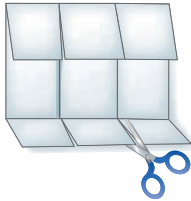
المطويات منظمات الأفكار



الخطوة 1: علم رأسياً وسط ورقة مستطيلة، واطو أعلاها وأسفلها نحو الوسط لتشكيل جناحين.



الخطوة 2: اطوها إلى ثلاثة أقسام.



الخطوة 3: افتح الورقة، وقص الجناحين على طول خطوط الشبي، كما هو موضح.



الخطوة 4: عنون أقسام المطوية كما هو موضح.

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

جيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع www.obeikaneducation.com ومن المواقع الإلكترونية الإثرائية الأخرى عبر شبكة الإنترنت: <http://www.sgs.org.sa/facweb.bhc.edu/academics/science/harwoodr/geol101/labs/sediment/index.htm>

تجربة استهلاكية

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.



الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ادرس صورة لمجموعة آثار أقدام حُفظت في صخور رسوبية.
3. اكتب وصفاً تبين فيه احتمال كيفية تكوّن هذه الآثار.
4. ارسّم مخططاً لمجموعة آثار أقدام أحفورية سجلت تأثير المخلوقات الحية في البيئة.
5. أعط مخططك إلى طالب آخر، واطلب إليه تفسير ما حدث.

التحليل

1. حدد عدد الحيوانات التي خلّفت هذه الآثار.
2. استدل على المعلومات التي يمكن الحصول عليها من دراسة آثار الأقدام الأحفورية.
3. فسّر هل تتفق إجابتك مع إجابات زملائك بالصف؟ ما الذي أدّى إلى وجود اختلافات في التفسير؟

تشكل الصخور الرسوبية

Formation of Sedimentary Rocks

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

الربط مع الحياة. قد ترى كمية من الرمل والترربة أو قطعاً مكسرة من الصخر على الأرض. ما الذي حدث لهذه المواد؟ وماذا سيحدث لها مستقبلاً؟

التجوية والتعرية Weathering and Erosion

تؤدي عمليات التجوية والتعرية إلى تكوّن رسوبيات تتراكم فتشكل الصخور الرسوبية. **والرسوبيات Sediment** قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسبت بفعل المياه والرياح والجليديات والجازبية. وتتسبب مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية، إضافة إلى التجوية والتعرية، في تفتيت الصخور المتكشّفة فوق سطح الأرض إلى قطع أصغر فأصغر، تتحرك مع التيارات المائية، ومع مرور الوقت تتراكم وترسب وتلتحم معاً وتتصلّب فتكوّن صخوراً رسوبية.

التجوية Weathering تُنتج التجوية فتاتاً من الصخور والمعادن يعرف بالرسوبيات. ويتراوح حجم هذه الرسوبيات بين كتل ضخمة وحبيبات مجهرية. وتقسم التجوية إلى قسمين: تجوية كيميائية تحدث عندما تذوب أو تتغير معادن الصخر الأقل استقراراً كيميائياً. وتجووية فيزيائية تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجماً، دون أن تتغير كيميائياً. ويوضح الشكل 3-1 صخوراً تجوى كيميائياً وفيزيائياً. ترى، ما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوية؟

الأهداف

- تتبع تشكّل الصخور الرسوبية.
- توضح عملية التصخر.
- تصف مظاهر الصخور الرسوبية.

مراجعة المفردات

النسيج: المظهر الفيزيائي للصخر أو ملمسه.

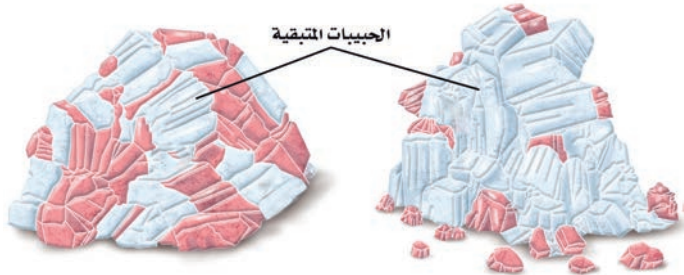
المفردات الجديدة

- الرسوبيات
- التصخر
- السمتة
- التطبّق
- التطبّق المتدرّج
- التطبّق المتقاطع
- مادة لاحمة
- التراص



الشكل 3-1 عندما يتعرض الجرانيت لنوعي التجوية الكيميائية والفيزيائية تفتت في النهاية، ويمكن أن يتحلل، كما تشاهده في الشكل المجاور.

فسّر أي المعادن أكثر مقاومة للتجوية: الكوارتز، أو الفلسبار، أو المايكا؟



التعرية Erosion تسمى عملية إزالة الرسوبيات ونقلها التعرية. ويوضح الشكل 2-3 عوامل التعرية الأربعة: الرياح والمياه الجارية والجليديات. وتعد الرياح أكثر عوامل التعرية تأثيرًا في المملكة العربية السعودية؛ وذلك بسبب انتشار المناطق الصحراوية وقلة الغطاء النباتي فيها. وعندما تعصف الرياح على تلك المناطق تزيل الرمال والفتات الصخري وتحملها معها إلى أماكن أخرى ثم ترسبها على شكل كثبان رملية. وتؤثر المياه الجارية أيضًا على المملكة، وعلى الرغم من قلة كميات الأمطار الساقطة عليها إلا أن مياه الأمطار تتجمع على شكل سيول وجداول بعد العواصف المطرية. ومن العلامات التي تدل بوضوح على حدوث التعرية تعكر مياه السيول بسبب اختلاط حبيبات الطين الناتجة عن التعرية مع المياه الجارية. وبعد تجوية الصخور تنتقل غالبًا إلى أماكن جديدة من خلال عملية التعرية، حيث تُحمل المواد وتنتقل دائمًا نحو المناطق المنخفضة أسفل المنحدر بتأثير الجاذبية الأرضية. وتعمل الجليديات أيضًا وهي كتل ضخمة من الجليد تتحرك عبر اليابسة على تعرية سطح الأرض. ولعلك لاحظت صورة مدائن صالح في بداية الفصل كيف أثرت التعرية على ارتفاع مستوى الأبواب عن سطح الأرض.

ماذا قرأت؟ لخص ما يجري في أثناء عملية التعرية.

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



تجربة

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 cm³ من الرسوبيات من مكان يحدده معلمك.
3. ضع الرسوبيات في قنينة لها غطاء سعتها 200 mL.
4. ضع ماءً في القنينة إلى ثلاثة أرباعها.
5. أحكم إغلاق القنينة بالغطاء.
6. اعمل القنينة بكلتا يديك واقبلها عدة مرات لخلط الماء والرسوبيات معاً، ودع القنينة مقلوبة قبل أن تضعها معتدلة على سطح مستو، ثم اتركها مدة 5 دقائق تقريباً.
7. لاحظ عملية الترسيب.

التحليل

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

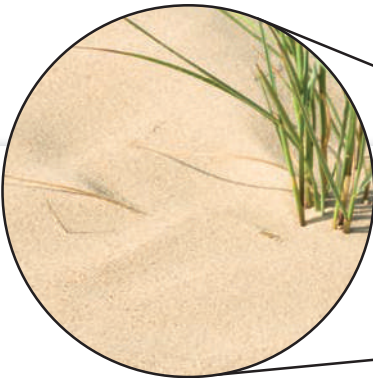
الترسيب Deposition يحدث الترسيب عندما تستقر الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي. ما الذي حدث في التجربة عندما توقفت عن قلب القنينة المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحبيبات الصغرى فوقها. وبالمثل، ترسب الرسوبيات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

طاقة عوامل النقل Energy of transporting agents

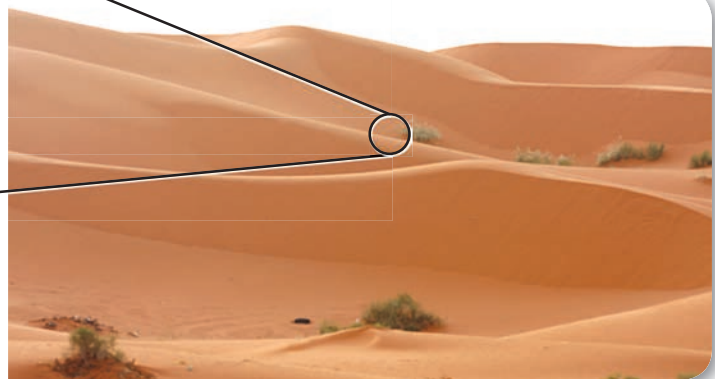
تستطيع المياه السريعة أن تنقل حبيبات كبيرة الحجم أفضل من المياه البطيئة الحركة؛ فعندما تقل سرعة المياه ترسب أولاً الحبيبات الكبرى، ثم الصغرى وهكذا، بحيث تُفرز الحبيبات المتساوية الحجم في طبقات. أما الرياح فلا تحرك إلا الحبيبات الصغيرة. ولهذا تتكون الكثبان الرملية في العادة من رمل ناعم جيد الفرز، كما في الشكل 3-3. ولكن ليست جميع الرسوبيات مفروزة؛ فالجليديات مثلاً تحمل جميع المواد على اختلاف حجومها بالقدر نفسه؛ فتحمل الصخور الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصهر الجليديات فإنها تلقيها دفعة واحدة على هيئة كومة غير مفروزة.

التصخر Lithification

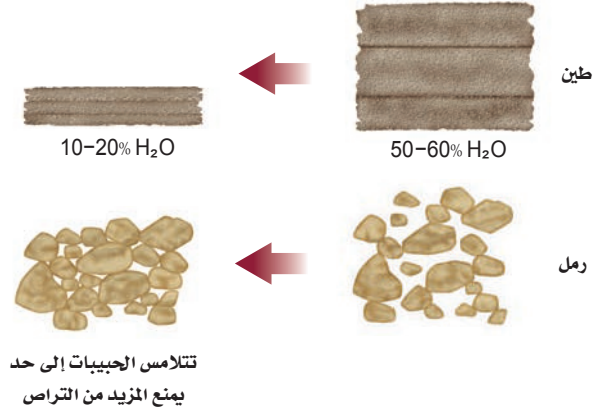
تستقر معظم الرسوبيات في النهاية في المناطق المنخفضة على سطح الأرض، ومنها الأودية والأحواض. ومع استقرار المزيد من الرسوبيات بعضها فوق بعض في المنطقة نفسها



الشكل 3-3 تشكّلت هذه الكثبان من الرمل الذي عصفت به الرياح، فنقلته وأعدت ترسيبه. لاحظ أن حبيبات الرمل متساوية في الحجم تقريباً.

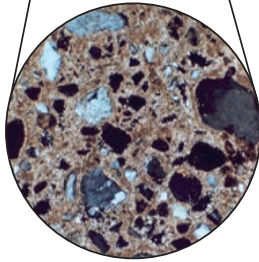
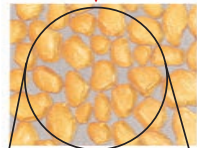


الشكل 3-4 يؤدي محتوى رسوبيات الطين المرتفع من الماء وشكل حبيباتها الأفقي إلى تراص كبير عندما تخضع لثقل الرسوبيات التي فوقها.



المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



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

يزداد الضغط على الطبقات السفلى، فتزداد درجة حرارتها، مما يؤدي إلى تصخر الرسوبيات. و **التصخر Lithification** عمليات فيزيائية وكيميائية تؤدي إلى تماسك الرسوبيات وتكوّن صخر رسوبي. والمقطع الأول من كلمة التصخر بالإنجليزية lithification وهو lithify مأخوذ من الكلمة اليونانية lithos، وتعني الحجر.

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

يشكل تلامس حبيبات الرمل بعضها بعضاً هيكلاً داعماً يعمل على بقاء الفراغات بين الحبيبات، حيث توجد المياه الجوفية والنفط والغاز الطبيعي في هذه الفراغات في الصخور الرسوبية.

السمتة Cementation لا يشكل الضغط القوة الوحيدة التي تربط الحبيبات معاً. حيث تحدث **السمتة Cementation** وهي عملية يتم فيها ترسب معادن جديدة كانت مذابة ضمن المياه الجوفية بين الحبيبات الرسوبية مما يؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات معاً مشكلةً صخوراً صلباً. ويحدث هذا عندما تترسب مواد لاصقة ومنها: معدن الكالسيت $CaCO_3$ أو أكسيد الحديد Fe_2O_3 بين الحبيبات الرسوبية بالكيفية نفسها التي تترسب بها المعادن المذابة من المياه الجوفية. ويوضح الشكل 3-5 كيف تحدث هذه العملية.

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.



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

التطبّق Bedding يسمى ترثب الصخور على هيئة طبقات أفقية **التطبّق Bedding**. ويعدّ التطبق الأفقي هو الغالب والشائع في الصخور الرسوبية، ويحدث نتيجة للطريقة التي ترسب بها الرسوبيات بتأثير المياه أو الرياح. ويتراوح سمك الطبقة الواحدة بين ملمترات وعدة أمتار. وهناك نوعان مختلفان من التطبق، يعتمد كل منهما على طريقة النقل. أما حجم الحبيبات ونوع المادة المكوّنة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

التطبّق المتدرّج Graded bedding يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبات أثقل وأكبر حجمًا كلما اتجهنا إلى أسفل **التطبّق المتدرج Graded bedding**. وغالبًا ما يلاحظ التطبق المتدرج في الصخور الرسوبية البحرية فعندما تقل سرعة التيارات البحرية تفقد طاقتها على حمل الفتات الصخري، فتترسب المواد الأثقل والأكبر حجمًا أولاً، ثم ترسب بعدها بالتدرج المواد الأصغر. ويوضح الشكل 6-3 مثالاً على التطبق المتدرج.

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

علامات النيم Ripple marks تتشكل علامات النيم - كما هو موضح في الشكل 8-3 - عندما ترسب الرسوبيات في 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 7-3 تطبق متقاطع كبير الحجم في كثبان قديمة شكّلت بالرياح.

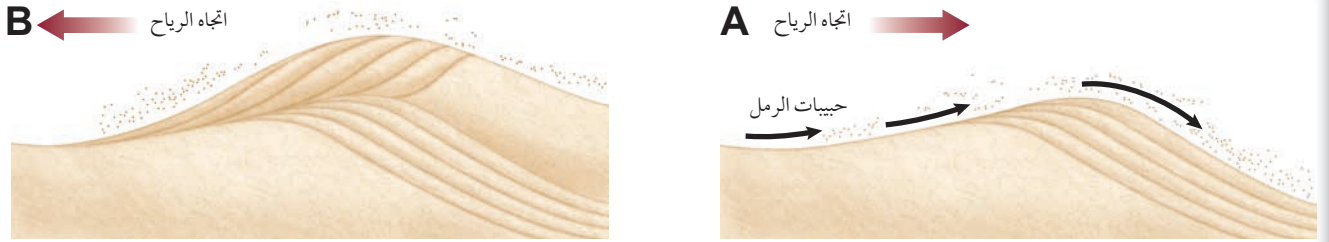
المهّن في علم الأرض

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

التطبيق المتقاطع وعلامات النيم Cross-Bedding and Ripple Marks

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

التطبيق المتقاطع

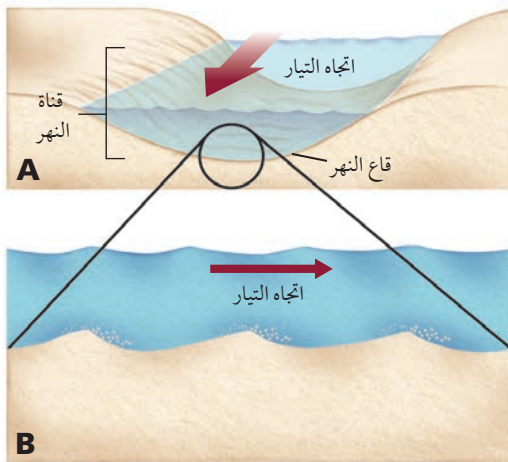


يستقر الرمل الذي تحمله الرياح على جانب الكثيب البعيد عن اتجاه الرياح، وعندما تغير الرياح اتجاهها يتكون التطبيق المتقاطع الذي يُظهر حادثة تغيير الاتجاه.



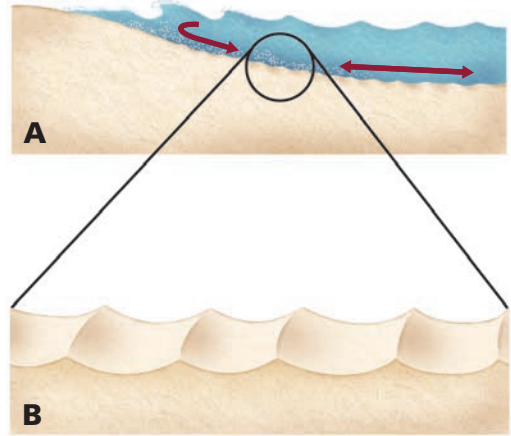
تُدفع رسوبيات قاع النهر بفعل حركة التيارات مشكّلةً تلالاً صغيرة وتموجات، فإذا تلاها استقرار رسوبيات أخرى بزاوية معينة فوق الجانب المائل لهذه التلال في اتجاه التيار فعندئذ يتشكل التطبيق المتقاطع. وفي النهاية تستوي المنطقة أو تتشكّل تلال جديدة، وتبدأ العملية من جديد.

علامات نيم غير متناظرة



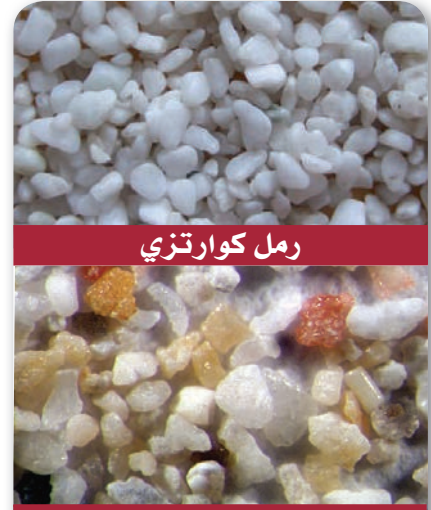
تقوم التيارات التي تجري في اتجاه واحد - كتلك التي في الأنهار - بدفع رسوبيات القاع لتشكيل علامات نيم غير متناظرة؛ حيث يكون الجانب المعاكس لاتجاه التيار أكثر انحداراً، ويجوي الرسوبيات الأخشن. لاحظ أن التيار المائي يسير من المنبع إلى المصب.

علامات نيم متناظرة



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

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



رمل 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.

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

التقويم 1-3

الخلاصة

- تشكّل الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخر.
- تصبح الرسوبيات - بعملية التراصّ والسمتة - صخوراً.
- الأحافير بقايا أو آثار لمخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي، وتكون محفوظة - في الغالب - في الصخور الرسوبية.
- قد تحوي الصخور الرسوبية معالم مميزة، ومنها التطبق المتدرج، والتطبق المتقاطع، وعلامات النيم، واستدارة الحبيبات، واحتواؤها على الأحافير.

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** صف كيف تنتج الرسوبيات عن التجوية والتعرية؟
2. ارسم مخططاً. لتوضيح لماذا تستقر الرسوبيات في طبقات؟
3. وضح كيف يتشكّل التطبق المتدرج باستخدام الرسم؟
4. قارن علاقة درجة الحرارة والضغط على سطح الأرض وتحت عملية التصخر.

التفكير الناقد

5. قوّم هذه العبارة: قد يكون هناك تطبق متقاطع وتطبق متدرج في طبقة واحدة.
6. حدد في أي اتجاه تسير: نحو أعلى جدول جبلي جاف، أم نحو أسفله، بحيث تلاحظ أن شكل حبيبات الرسوبيات يصبح مدبباً أكثر باستمرار السير؟ فسر ذلك.

الكتابة في الجيولوجيا

7. تخيل أنك تصمم عرضاً لمتحف يتضمن صخوراً رسوبية تحوي أحافير المرجان وحيوانات بحرية أخرى. ارسم صورة البيئة التي تتوقع أنها كانت تعيش فيها. ثم اكتب وصفاً مرافقاً للصورة.

الأهداف

- تصف أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية.
- توضح كيفية تشكّل الصخور الرسوبية الكيميائية.
- تصف الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الصخور الرسوبية الفتاتية

الفتاتي

المسامية

المتبخرات

الصخور الرسوبية الكيميائية

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية

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

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

أنواع الصخور الرسوبية

Types of Sedimentary Rocks

الفكرة الرئيسية تُصنّف الصخور الرسوبية بناءً على طرائق تشكّلها.

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

الصخور الرسوبية الفتاتية

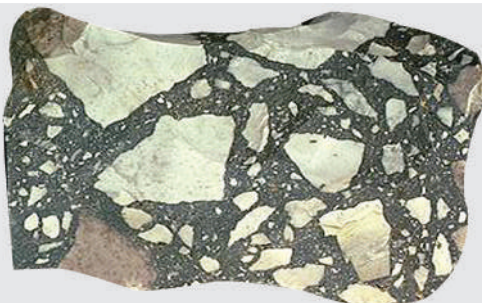
Clastic Sedimentary Rocks

أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعاً **الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Sedimentary Rocks** التي تتشكّل من تراكم الرسوبيات المفككة على سطح الأرض. وكلمة **فتاتي Clastic** مأخوذة من كلمة klastos اليونانية بمعنى مكسّرة. وتُصنّف هذه الصخور بناءً على حجم حبيباتها. انظر إلى الجدول 1-3 على الصفحة التالية، الذي يلخص تصنيف الصخور الرسوبية بناءً على حجم حبيباتها وطريقة تشكّلها ومكوناتها المعدنية.

الصخور الرسوبية الخشنة الحبيبات Coarse – grained rocks

تصنّف الصخور الرسوبية المكونة من فتات الصخر والمعادن التي بحجم الحصباء على أنها صخور خشنة الحبيبات، كما في الشكل 10-3. وبسبب كتلتها الكبيرة نسبياً تُنقل الحصباء بالتيارات المائية العالية الطاقة، كتلك التي تتولد في الجداول الجبلية، والأنهار الفائضة، ومياه الانصهار الجليدي. وفي أثناء عملية النقل تحتك الحبيبات بعضها ببعض، فتصبح مستديرة. وهذا هو سبب الاستدارة الجيدة لحصباء الشواطئ والأنهار وهذا يدل - كما ذكر سابقاً - على زيادة مسافة النقل. وتحوّل عملية التصخر هذه الرسوبيات 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 قريباً من مصدرها. انظر الجدول 1-3.



البريشيا



الكونجلوميرات

التصنيف	النسيج / حجم الحبيبات	المكونات	اسم الصخر
الفتاتية	خشن ($> 2 \text{ mm}$)	قطع من أي صخر - كوارتز و صوّان وكوارتزيت هي الشائعة.	كونجلوميرات (مستديرة) بريشيا (مدببة الحواف)
	متوسطة ($\frac{1}{16} \text{ mm} - 2\text{mm}$)	كوارتز و قطع صخرية كوارتز وفلسبار بوتاسي و قطع صخر	حجر رملي حجر رملي أركوزي
	ناعمة ($\frac{1}{256} \text{ mm} - \frac{1}{16} \text{ mm}$)	كوارتز و طين	حجر الطمي
	ناعمة جداً ($> \frac{1}{256} \text{ mm}$)	كوارتز و طين	الطفّل
الكيميائية	ناعمة إلى خشنة التبلور	كالسيت CaCO_3	حجر جيرى متبلور
	ناعمة إلى خشنة التبلور	دولوميت $(\text{Ca}, \text{Mg}) \text{CO}_3$ (يتفاعل مع الحمض إذا كان مسحوقاً)	دولوميت
	ناعمة التبلور جداً	كوارتز SiO_2 بلونيه الفاتح والغامق	صوّان
	ناعمة إلى خشنة التبلور	جبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	الجبس الصخري
الكيميائية الحيوية	ناعمة إلى خشنة التبلور	هاليت NaCl	الملح الصخري
	بلورات دقيقة مع تشققات محارية	كالسيت CaCO_3	مكرايت
	أحافير كثيرة في أرضية من المكرايت	كالسيت CaCO_3	حجر جيرى أحفوري
	أوليت (كرات صغيرة من كربونات الكالسيوم)	كالسيت CaCO_3	حجر جيرى أوليتي
	أصداف وأصداف مكسرة مفككة	كالسيت CaCO_3	كوكينا
	أصداف مجهرية وصلصال	كالسيت CaCO_3	طباشير
	قطع مختلفة الحجم	بقايا نبات متفحمة مع بعض الأحافير النباتية	فحم

الصخور الرسوبية المتوسطة الحبيبات Medium-grained rocks

غالبًا 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. وتحوي الصخور الرملية في الغالب مجموعة من المعالم التي تهم العلماء. فمثلاً تشير علامات النيم والتطابق المتقاطع إلى اتجاه تدفق التيار. لذا يستعمل الجيولوجيون طبقات الصخور الرملية لعمل خرائط للجدول المائية القديمة وقنوات الأنهار.

المفردات مفردات أكاديمية

خزان جوفي

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



الشكل 11-3 ترسبت الرسوبيات الناعمة جداً في مياه هادئة وشكلت طبقات رقيقة من الطين.

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

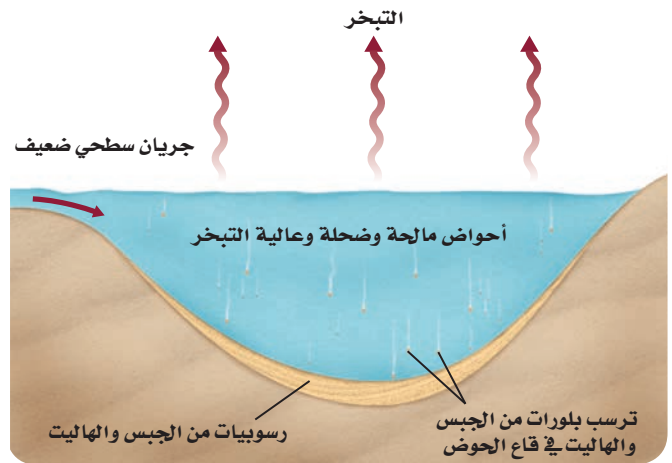
الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات Fine-grained rocks تتكون هذه الصخور من حبيبات صغيرة بحجم حبيبات الطمي والطين. ومنها حجر الطمي والطفل. وتمثل هذه الصخور بيئات مياه ساكنة أو بطيئة الحركة كالمستنقعات والبرك. وفي غياب التيارات القوية وتأثير الأمواج تهبط هذه الرسوبيات إلى القاع، وترسب في طبقات أفقية رقيقة.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

📌 **ماذا قرأت؟** وضح أنواع البيئات التي تتشكل فيها الصخور الناعمة الحبيبات.

الصخور الرسوبية الكيميائية والحيوية Chemical and Biochemical Sedimentary Rocks

يتطلب تشكّل الصخور الكيميائية والحيوية الحيوية اشتراك عمليتي التبخر وترسيب المعادن. ففي أثناء عملية التجوية تذوب المعادن وتُحمل إلى البحيرات والمحيطات. وعندما تتبخر 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. ويمثل الشكل 12-3 سبخة القصب غرب الرياض.

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



الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks

عندما يزيد تركيز المعادن الذائبة في مسطح مائي عن حد الإشباع تترسب بلورات المعادن من المحلول، وتهبط إلى القاع. ونتيجة لذلك تتشكل طبقات من

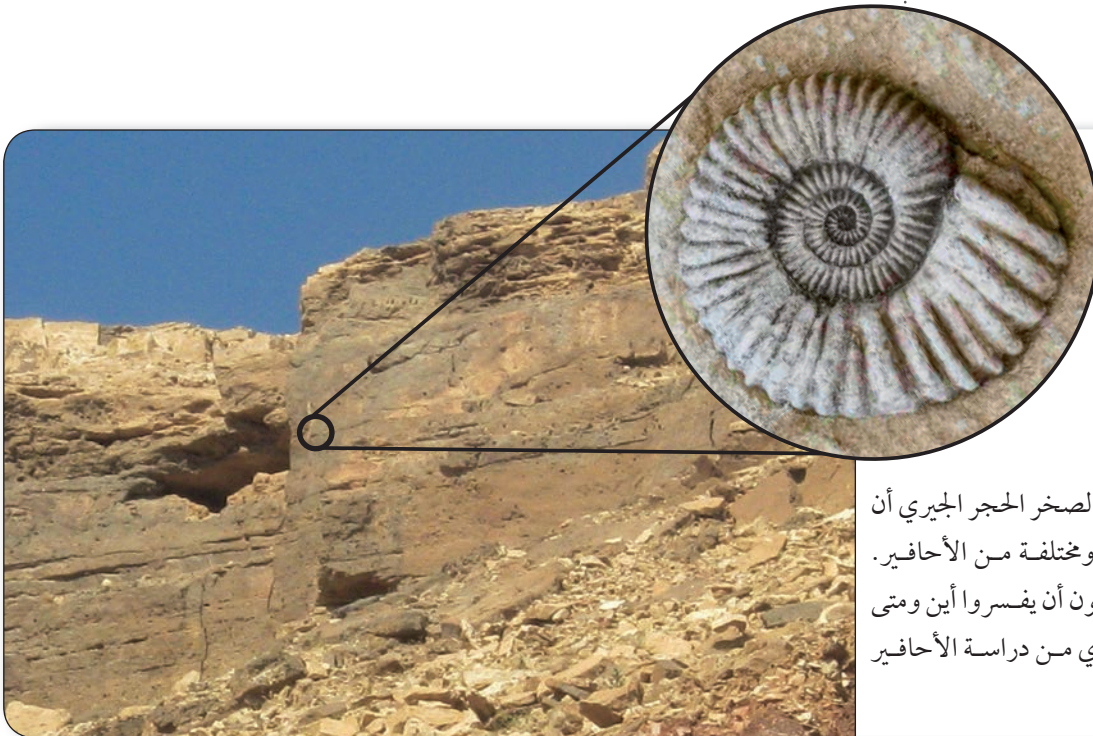
الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks تسمى **المتبخرات**

Evaporites. تتشكل 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 مرتفعاً. وعلى الرغم من دخول المزيد من المعادن المذابة إلى هذه الأحواض يستمر تبخر المياه العذبة، مما يحافظ على تراكيز مرتفعة للمعادن. ومع مرور الزمن يمكن أن تتراكم طبقات سميكة من معادن المتبخرات على أرضية الحوض كما في الشكل 12-3. ومن الأمثلة على هذه المعادن الجبس، الذي يتوافر في مناطق متعددة من المملكة العربية السعودية، ومنها منطقة مقنا شمال غرب المملكة، ومنطقة الخرج، وبالقرب من مدينة بريدة.

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks

تتكون **الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks**

من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الماضي. وأكثر هذه الصخور شيوعاً هو الحجر الجيري المكون أساساً من معدن الكالسيوم. وتُستعمل بعض المخلوقات الحية التي تعيش في المحيط ككربونات الكالسيوم الذائبة في المياه لبناء أصدافها. وعندما تموت هذه المخلوقات الحية تهبط أصدافها إلى قاع المحيط فتشكل طبقات سميكة من رواسب الكربونات. وفي أثناء عملية الدفن والتحصن تترسب كربونات الكالسيوم من المياه وتتبلور بين الأصداف وتشكل الحجر الجيري. ويستخرج الحجر الجيري من مناطق متعددة في المملكة، ومنها منطقة أم الغربان شرق مدينة



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



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

الخرج، ومنطقة سدوس، وشمال الدرعية بالقرب من الرياض. ومن الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية الأخرى في المملكة الفوسفات الذي يوجد في حزم الجلاميد بالقرب من مدينة عرعر. انظر الشكل الشكل 13-3

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

التقويم 2-3

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** اذكر نوع الصخر الرسوبي الذي يتشكّل من تعرية ونقل الحبيبات والقطع الصخرية وترسيبها.
2. وضح لماذا يعد الحجر الجيري صخوراً رسوبياً كيميائياً حيوياً؟
3. حلل الظروف البيئية التي تفسّر تشكّل معظم الصخور الرسوبية الكيميائية في مناطق ذات معدلات تبخر مرتفعة.

التفكير الناقد

4. اقترح سيناريو يفسر إمكانية تشكّل طبقات متعددة من المتبخرات من مسطح مائي بحري، علماً بأن الكمية الأصلية من المعادن المذابة فيه تكفي فقط لتكوين طبقة رقيقة من المتبخرات.
5. تفحص طبقات الطين في الشكل 11-3، وفسر عدم احتوائها على التطبق المتقاطع أو علامات النيم.

الرياضيات في الجيولوجيا

6. 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؟

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

الأهداف

- تقارن بين أنواع الصخور المتحولة وأسباب تشكلها.
- تميز بين أنسجة التحول.
- تفسر كيفية حدوث التغيرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحول.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

متورقة (صفائحية)

غير متورقة (غير صفائحية)

التحول الإقليمي

التحول بالتماس

التحول الحراري المائي

دورة الصخر

الفكرة الرئيسية تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.

الربط مع الحياة. عند صناعة وطبخ المخبوزات تتحول جميع مكوناتها الأولية إلى شيء جديد. وكذلك تتغير خصائص الصخور إلى شيء جديد عندما تتعرض لدرجات الحرارة المرتفعة، وينتج عن ذلك صخور مختلفة كلياً.

تعرف الصخور المتحولة

Recognizing Metamorphic Rocks

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

وتتطلب عملية التحول درجات حرارة عالية، مصدرها حرارة باطن الأرض؛ ويتم ذلك بالدفن العميق، أو من الأجسام النارية الجوفية القريبة. أما الضغط العالي الذي تتطلبه عملية التحول فيتوافر بالدفن العميق أيضاً، أو من التضغوط الناتج في أثناء عملية تكوّن الجبال.



الشكل 3-15 يتطلب طي طبقات هذه الصخور أو ثنيها إلى الشكل الذي هي عليه اليوم وجود قوى كبيرة. كَوْنُ فرضية للتغيرات التي حدثت للرسوبيات بعد استقرارها.



الستوروليت



المايكا



الجارنت



التلك

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

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

✓ **ماذا قرأت؟** وضح ما المعادن المتحولة؟

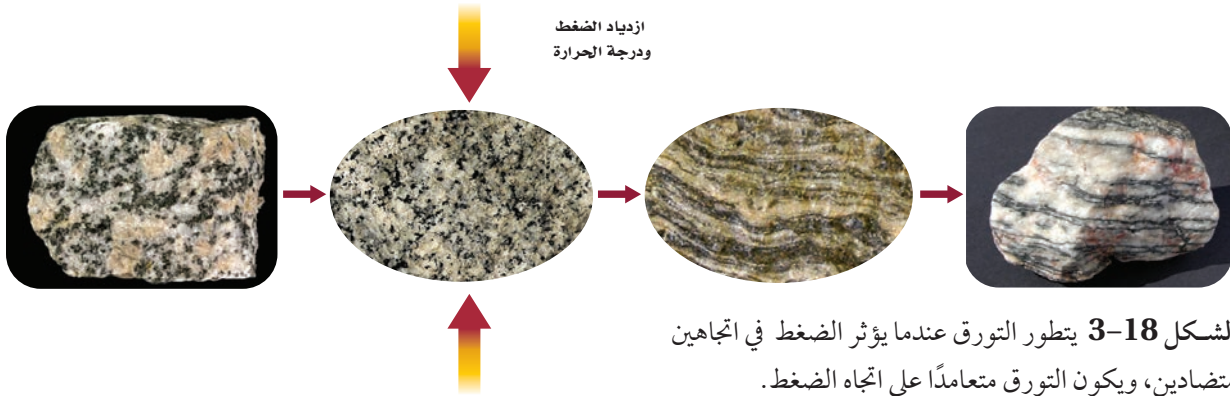
أنسجة الصخور المتحولة Metamorphic textures تصنف الصخور المتحولة إلى مجموعتين على أساس النسيج: صفائحية (متورقة)، وغير صفائحية (غير متورقة). ويستعمل الجيولوجيون الأنسجة والمكونات المعدنية لتعرف الصخور المتحولة. ويوضح الشكل 3-17 كيفية استعمال هاتين الخاصيتين في تصنيف الصخور المتحولة.

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

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

مخطط الصخور المتحولة

اسم الصخر	المكونات المعدنية				النسيج			
	البيروكسين	الأمفيبول	الفسيار	الكوارتز	المايكا	الكوريت		
الأردواز							ناعمة الحبيبات	متورقة (صفائحية)
الفضيبت							ناعمة الحبيبات	
الشيست							خشنة الحبيبات	
النائيس							خشنة الحبيبات	
الكوارتزيت							ناعمة إلى خشنة الحبيبات	غير متورقة (غير صفائحية)
الرخام							الكالكسيت أو الدولوميت	



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

الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated rocks

تختلف الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated عن الصخور المتورقة في أنها مكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل. ويوضح الشكل 3-19 مثالين شائعين على الصخور غير المتورقة، هما الرخام والكوارتزيت. والكوارتزيت صخر قاس، وغالباً ما يكون فاتح اللون، وينشأ عن تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز، بينما ينشأ الرخام عن تحول الحجر الجيري. ونادراً ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستهمل أنواع الرخام هذه غالباً في أرضيات المنازل. ويتم استخراج الرخام في المملكة العربية السعودية من عدة أماكن منها جبل خنوقة شمال شرقي عفيف، بينما يستخرج الرخام الأسود من جبل غرور ودمخ.

ويمكن في ظروف معينة أن يكبر حجم المعادن المتحولة الجديدة، بينما تبقى المعادن المحيطة بها صغيرة الحجم. وعلى الرغم من أن هذه البلورات الكبيرة تشبه البلورات الكبيرة جداً في البيجماتيت الجرانيتي، إلا أنها تختلف عنها؛ فبدلاً من أن تتشكّل من الصهارة فإنها تتشكّل في الصخر الصلب من خلال إعادة ترتيب الذرات في أثناء التحول. ويوضح الشكل 3-19 معدن الجارنت الذي تشكل بهذه الطريقة.

الشكل 3-19 الصخور المتحولة عن صخور رسوبية الظاهرة في الشكل لا تُظهر وجود أحافير فيها؛ لأن الحرارة الشديدة التي تعرضت لها أزلت تلك الأحافير. ومع ذلك، لا تؤدي عملية التحول دائماً إلى تدمير التطبق المتقاطع وعلامات النيم التي يمكن مشاهدتها في بعض أنواع الكوارتزيت.



بلورات كبيرة من الجارنت



الكوارتزيت



الرخام

درجات التحول Grades of Metamorphism

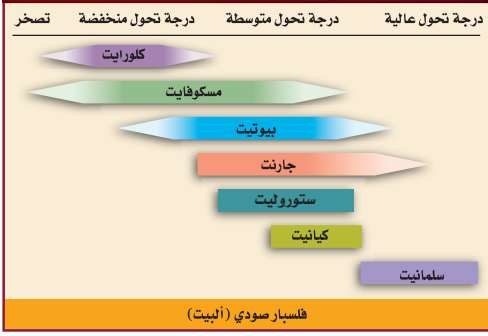
تؤدي توافقات مختلفة من درجات الحرارة والضغط إلى حدوث درجات تحول مختلفة. يقترن التحول المنخفض الدرجة بدرجات الحرارة والضغط المنخفضين وبمجموعة محددة من المعادن والأنسجة، بينما يقترن التحول العالي الدرجة بدرجات حرارة وضغط مرتفعين وبمجموعة مختلفة من المعادن والأنسجة. أما التحول المتوسط الدرجة فيقع بين التحولين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

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

أنواع التحول Types of Metamorphism

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

المعادن المتكونة في صخر طفّل متحول



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

مختبر حل المشكلات

تفسير الرسوم العلمية التوضيحية

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

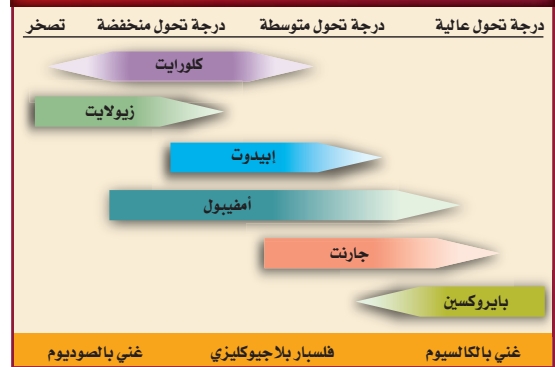
التحليل

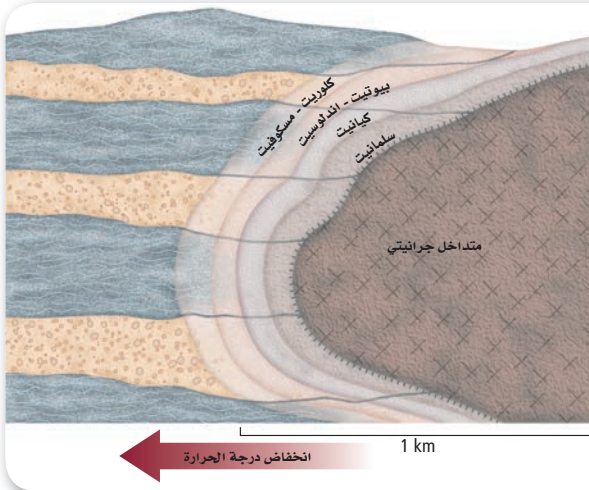
1. ما المعدن الذي يتشكل إذا تعرض الطفّل والبازلت لتحول منخفض الدرجة؟
2. ما المعدن الذي يتشكل في الطفّل تحت ظروف التحول عالي الدرجة، ولا يتشكل في البازلت؟

التفكير الناقد

3. قارن مجموعات المعادن التي تتوقع تشكّلها في تحول متوسط الدرجة في كل من البازلت والطفّل.
4. صف الاختلاف في المكونات الرئيسة بين الطفّل والبازلت. كيف تعكس هذه الاختلافات المعادن التي تنشأ في أثناء التحول؟
5. فسر هناك تغير طفيف في المكونات المعدنية عندما يتحول الحجر الجيري إلى رخام؛ إلا أن معدن الكالسيت يبقى هو المعدن السائد. فسر سبب حدوث ذلك.

المعادن المتكونة في صخر بازلت متحول





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

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

التحول الإقليمي Regional metamorphism ينشأ التحول الإقليمي regional

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

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

التحول الحراري المائي hydrothermal metamorphism يحدث

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

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال

الشائع

متداخل (متطفل)

الاستعمال العلمي: صهارة متوضعة في صخر سابق.

الاستعمال الشائع: شخص تداخل في شؤون الآخرين؛ أي اقحم نفسه.

الشكل 22-3 تتكون عروق الذهب في الكوارتز عندما يبرد المحلول الحراري المائي.



الأهمية الاقتصادية للصخور والمعادن المتحولة

Economic Importance of Metamorphic Rocks and Minerals

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

موارد المعادن الفلزية Metallic mineral resources توجد الموارد الفلزية غالباً على شكل خامات معدنية فلزية، وعلى الرغم من اكتشاف توضعات فلزية نقية أحياناً، فإن الكثير من التوضعات غير النقية تترسب من المحاليل الحرارية المائية، متركزة على هيئة عروق، أو منتشرة في كتلة الصخر. ويكثر وجود توضعات الذهب والفضة والنحاس في العروق الحرارية المائية للكوارتز بالقرب من الأجسام النارية الجوفية. وتوجد معظم التوضعات الفلزية الحرارية المائية على شكل كبريتيدات، ومنها: الجالينا (PbS)، والبيريت (FeS₂)، أو على شكل أكاسيد ومنها خاما الحديد (الماجنتيت والهيماتيت)؛ وهما معدنان تشكلا بالتوضع من محاليل حرارية مائية حاملة للحديد. وفي المملكة العربية السعودية الكثير من المعادن التي توضع من المحاليل الحرارية المائية، ومنها: الذهب، والفضة، والنحاس.

✓ **ماذا قرأت؟** اذكر الموارد الاقتصادية التي تنتجها المحاليل الحرارية المائية.

موارد المعادن غير الفلزية Nonmetallic mineral resources يؤدي تحول الصخور النارية فوق القاعدية إلى إنتاج معدني التلك والإسبستوس، ولما كانت قساوة التلك تساوي 1 على مقياس موهس، فإنه يستعمل بوصفه مسحوق بودرة، ومُشحماً، كما يدخل في صناعة الدهانات. أما الإسبستوس فلأنه غير قابل للانفجار، وموصلية الحرارة والكهربائية منخفضة، لذا فإنه يستعمل مضاداً للحريق وفي مواد العزل. وقبل أن تُعرف خصائصه المسببة للسرطان، استعمل بشكل واسع في صناعة البناء، ولا تزال كثير من البنايات القديمة تحتوي على الإسبستوس. ومن المعادن الأخرى غير الفلزية التي تنتج عن التحول معدن الجرافيت، وهو المكوّن الرئيس في صناعة أقلام الرصاص.

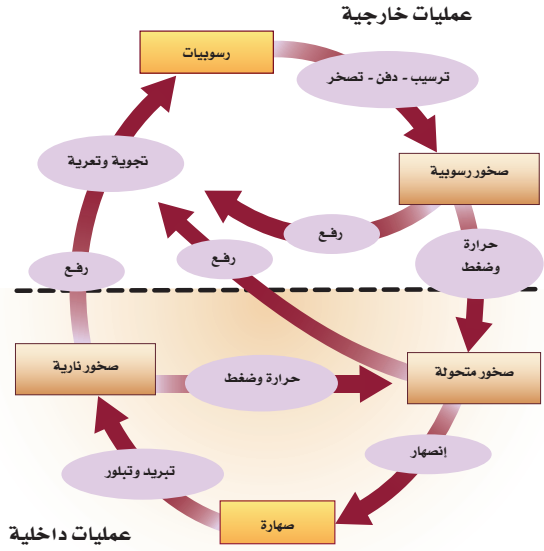
الشكل 23-3 الرخام والأردواز
صخران متحولان استعمالاً في
البناء منذ قرون.



دورة الصخر Rock Cycle

قد يتغير أي صخر إلى صخر آخر، وتسمى عملية التغير وإعادة التشكل المستمرتان **دورة الصخر rock cycle**. ويلخص الشكل 24-3 دورة الصخر، حيث تمثل الأسهم العمليات المختلفة التي تغير صخرًا إلى نوع آخر. وتصنف أنواع الصخور الثلاثة-النارية والرسوبية والمتحولة- في مجموعات حسب طريقة تشكيلها. فالصخور النارية تتبلور من الصهارة، والصخور الرسوبية تتشكل من رسوبيات ملتحمة أو مفككة، والصخور المتحولة تتكون عندما تتعرض الصخور إلى حرارة وضغط.

وبعد أن يتشكل الصخر، هل يحافظ على خصائصه ونوعه؟ قد يحدث ذلك، غير أن الاحتمال الأكبر هو ألا يظل كذلك؛ فقد يتغير الحرارة والضغط الصخور النارية إلى صخور متحولة، وقد يتغير صخر متحول إلى صخر متحول آخر أو ينصهر، ومن ثم يكون صخرًا ناريًا. وبدلاً من ذلك قد يتجوى الصخر المتحول وتصيبه التعرية، ويصبح رسوبيات، وتلتحم هذه الرسوبيات وتكون صخرًا رسوبيًا.



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

التقويم 3-3

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

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

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

- تشكل 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 4.4 kg وقطرها 15 cm. ما كتلة هذه الجوهرة بوحدة القيراط؟

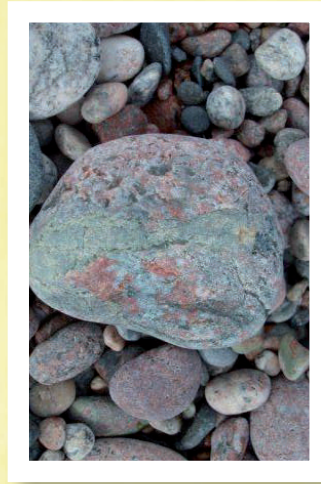
السياحة الجيولوجية

في الميدان

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؛ وتكشف فيها سجلات صخرية لمعظم العصور الجيولوجية.

الرواسب الجليدية



هل تصدق أن جزيرة العرب مرت عليها عصور جليدية تركت وراءها رواسب جليدية موجودة في وديان جليدية قديمة تشبه تلك الموجودة حاليًا في شمال كندا وشمال أوروبا. 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 450 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 البيرمي، منذ 250 مليون سنة، وأخرى يعود عمرها إلى العصر الطباشيري منذ أكثر من 70 مليون سنة.

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

وقد أشار رسول الله صلى الله عليه وسلم في حديثه الشريف عن أبي هريرة رضي الله عنه إلى أن أرض الجزيرة العربية كانت في السابق مليئة بالأشجار والمياه، فقال: لن تقوم الساعة حتى تعود أرض العرب مروجًا وأنهارًا.

الجيولوجيا

الكتابة في

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

مختبر الجيولوجيا

تفسير التغيرات في الصخور



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

خلفية علمية: مع استمرار دورة الصخور يتغير الصخر من نوع لآخر. بعض التغيرات يمكن ملاحظتها بالعين المجردة إلا أن بعضها الآخر لا يمكن ملاحظته. 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، الطُّفل، حجر جيرى، جرانيت، كوارتزيت، أردواز، رخام، نايس.

عدسة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم 100 mL أو كأس يتسع للعينه والماء.

إجراءات السلامة

خطوات العمل

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

التحليل والاستنتاج

1. قارن بين الحجر الرملي وبين الكوارتزيت.

2. صف كيف تتغير حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي في أثناء التحول.
3. صف اختلاف النسيج الذي تراه بين الطُّفل 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 الطُّفل والأردواز، الحجر الرملي والكوارتزيت، الحجر الجيري والرغام. 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.

دليل مراجعة الفصل

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

المفردات	المفاهيم الرئيسية
3-1 تشكل الصخور الرسوبية	<p>الفكرة الرئيسية تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.</p> <ul style="list-style-type: none"> تتضافر عمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخر لتكوين الصخور الرسوبية. تتصخر الرسوبيات بعملية التراص والسمتة. الأحافير هي كل ما يحفظ من بقايا أو طبقات أو أي آثار لمخلوقات عاشت في الماضي. تحتوي الصخور الرسوبية على معالم مميزة كالتطبق المتدرج والتطبق المتقاطع وعلامات النيم.
3-2 أنواع الصخور الرسوبية	<p>الفكرة الرئيسية تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.</p> <ul style="list-style-type: none"> الصخور الرسوبية تكون فتاتية أو كيميائية أو حيوية. الصخور الرسوبية الفتاتية تتكون من فتات صخري، وتصنف حسب حجوم حبيباتها وأشكالها. تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية من ترسب معادن مذابة في الماء. تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية من بقايا مخلوقات كانت تعيش في الزمن الماضي. تفيد الصخور الرسوبية الجيولوجيين في معرفة الظروف التي سادت سطح الأرض في الزمن الماضي.
3-3 الصخور المتحولة	<p>الفكرة الرئيسية تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.</p> <ul style="list-style-type: none"> الأنواع الرئيسية للتحويل هي التحويل الإقليمي والتحول التماسي والتحول الحراري المائي. نسيج الصخور المتحولة هما المتورقة وغير المتورقة. في أثناء عملية التحويل تتغير المعادن في صخر ما إلى معادن جديدة مستقرة تحت الظروف الجديدة من الحرارة والضغط. دورة الصخر هي مجموعة العمليات المستمرة التي تؤثر في الصخور وتغيرها من نوع لآخر.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين؛ 12 و 13 .



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

أسئلة بنائية

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. صف كيف تلتصق الحبيبات معاً في الشكل.
 18. لخص الفرق الرئيس بين صخر الكوكينا والحجر الجيري الأحفوري.

مراجعة المفردات

أكمل الجملتين الآتيتين مستعملاً المفردات المناسبة:

1. ينتج عن تراص الرسوبيات الفتاتية والتحامها
2. تدعى طبقات الصخور الرسوبية التي ترسب مائلة على السطح الأفقي
3. ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمة التي تحتها خط:
تحدث السمّنة في أثناء استقرار الرسوبيات بتناقص طاقة المياه.
4. تتكوّن الصخور المتحولة الصفائحية من بلورات كتلية الشكل.

اكتب جملة تستعمل فيها زوج الكلمات في كل مما يأتي:

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

تثبيت المفاهيم الرئيسة

8. ما الراسب الفتاتي الذي حجم حبيباته أصغر فيما يلي؟
 a. الرمل
 b. الطين
 c. الحصى
 d. حجم الطمي
9. ما الصخر الفتاتي الحشن الحبيبات الذي يجوي قطعاً مدببة؟
 a. الحجر الجيري
 b. الكونجلوميرات
 c. الحجر الرملي
 d. البريشيا
10. ما الصخر الحيوي الكيميائي الذي يجوي أحافير؟
 a. الصوان
 b. الحجر الجيري
 c. الحجر الرملي
 d. البريشيا
11. أيّ مما يأتي ليس من عوامل التحول؟
 a. التصخر
 b. المحاليل الحرارية المائية
 c. الحرارة
 d. الضغط.

29. قوّم ما إذا كانت علامات النيم وآثار أقدام حيوان تعد من الأحافير. فسر إجابتك.
- استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 30 و 31.



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

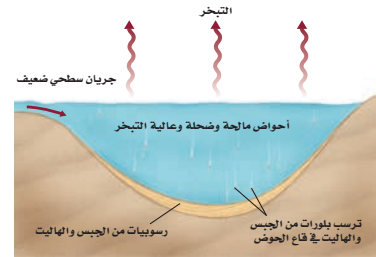
خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحفيز

34. كوّن فرضية. تُستفد الكربونات على عمق 4000 m تقريباً في مياه المحيط. وتحت هذا العمق لا تترسب الكربونات، ولا تتراكم الأصداف على قاع المحيط. كوّن فرضية تفسّر فيها سبب وجود هذا الشرط في المحيط.

19. احسب كتلة من الحجر الرملي حجمها $1m^3$ ، ومساميتها 30%. كم لترًا من الماء يمكن أن تستوعب هذه الكتلة؟
20. 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 خصائصها وطرائق تشكّلها.
- استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 25.



25. قوّم تأثير انفتاح هذه البيئة على المحيط.

التفكير الناقد

26. اربط ما تعلمته عن أشكال البلورات لتفسير عدم تكون الثورق في الرخام، رغم أنه تشكّل تحت ضغط عالٍ.
27. مهنة الجيولوجي يعمل بعض علماء الرسوبيات في أماكن استخراج الرمل والحصباء، حيث يخللون هذه المواد لتقرير أفضل الأمكنة، وكيف يستعملونها. استدل على أهمية فهم علماء الرسوبيات لما يحدث لمسامية الرمل إذا اختلطت به رسوبيات ناعمة الحبيبات.
28. وضح بالرسم خزناً بترولياً مكوناً من طبقات من الرمل والطفل. حدد مكان البترول في الصخور.

استعن بالشكل والجدول التالي للإجابة عن السؤالين 11 و 12

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

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 نوعاً من الأحافير في الطبقتين P و O ولم تجده في الطبقتين M و N فماذا تستنتج؟

a. لا يعيش النوع في أي مكان من الأرض في الوقت الحاضر.

b. اختفى وصاد نوع آخر بدلاً عنه

c. لقد انقرض النوع قبل أقل من 100,000 سنة مضت.

d. لقد اختفى النوع من المنطقة قبل 6 ملايين سنة تقريباً.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 8 و 9.



8. ما الذي تلاحظه في تشكّل الصخر الرسوبي أعلاه؟

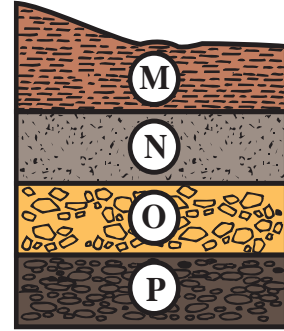
9. هل تمثل هذه العملية التراص أم السمّنتة؟ صف الفرق بين العمليتين.

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

القراءة والاستيعاب

طبقات الصخور الرسوبية

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



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

4-1 حركة المياه الجوفية وتخزينها

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

4-2 موارد المياه الجوفية

الفكرة الرئيسية لا تتوافر المياه الجوفية دائماً بالكميات والمواقع المطلوبة حيثما نحتاجها، وإن وجدت فأحياناً ما تكون ملوثة.

حقائق جيولوجية

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

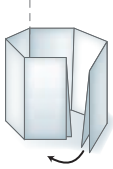
نشاطات تمهيدية

المخاطر التي تواجه المياه الجوفية
اعمل هذه المطوية لتلخيص المشكلات
الرئيسية التي تهدد المياه الجوفية.

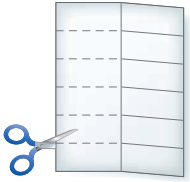
المطويات منظمات الأفكار



الخطوة 1: اثن الورقة من منتصفها
طوليًا.



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



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



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

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

الجيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى
الموقع

www.obeikaneducation.com

تجربة استهلاكية

كيف تُخزّن المياه في جوف الأرض؟

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



الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. املاً مخبرًا مدرجًا سعته 250 mL رملاً ناعماً جافاً.
3. املاً مخبرًا مدرجًا آخر سعته 250 mL ماءً.
4. اسكب الماء من المخبر الثاني في المخبر المدرج
الأول الذي يحتوي على الرمل، حتى يصل إلى
مستوى سطح الرمل. سجل قراءة حجم الرمل
المشبع بالماء.
5. قس كمية المياه المتبقية في المخبر المدرج الثاني وسجلها.
6. كرر خطوات التجربة مرتين: مستخدمًا الرمل
الخشن والطين.

التحليل

1. حدد 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 وعبر عن
هذه القيم في صورة نسبة مئوية.
3. استدل على حجم المياه بالتر، التي يمكن تخزينها في
 1m^3 لكل نوع من الرسوبيات (الرمل الناعم،
والرمل الخشن، والطين).

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

- رشح
- نطاق الإشباع
- منسوب الماء
- نطاق التهوية
- النفاذية
- الخزان المائي الجوفي
- الطبقة العازلة (الصماء)
- ينبوع
- ينبوع ساخن
- الينابيع الفوارة

حركة المياه الجوفية وتخزينها

Movement and Storage of Groundwater

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

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

The Hydrosphere الغلاف المائي

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

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

مصادر المياه على الأرض			الجدول 4-1
تقديرات متوسط زمن وجود المياه	حجم المياه (km ³)	النسبة المئوية للمياه الكلية	الموقع
3200 سنة	1230000000	97.2	المحيطات
20000 سنة	28600000	2.15	الغطاء الجليدي والجليديات
100 - 10000 سنة	4000000	0.31	المياه الجوفية
عشرات السنوات	123000	0.009	البحيرات
9 أيام	12700	0.001	الغلاف الجوي
أسبوعان	1200	0.0001	الأنهار والجداول المائية

المياه الجوفية والهطول

Groundwater and Precipitation

تعد المحيطات المصدر الرئيس لجميع المياه على سطح الأرض. تتبخر المياه خلال دورة الماء في الطبيعة إلى الغلاف الجوي على شكل بخار ماء وغيوم، ثم تقوم الرياح وأنظمة الطقس بنقل رطوبة الجو إلى جميع أنحاء الأرض، حيث يتركز معظمها فوق اليابسة (القارات)، ويحصل الهطول الذي يمثل عودة الماء إلى سطح الأرض. لاحظ أن بعض الهطول يحدث فوق المحيط مباشرة والبعض الآخر يحدث فوق اليابسة. وقد قال الله تعالى في كتابه العزيز يصف أهمية الماء: ﴿وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْ تَرَى الْأَرْضَ خَاشِعَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَّتْ إِنَّ الَّذِي أَحْيَاهَا لَمُحْيٍ الْمَوْتَى إِنَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ﴾ (٣٩) فصلت.

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 الينابيع (العيون)، وتنساب على شكل جداول مائية في المناطق الرطبة، ثم تندفق عائدة إلى المحيطات.

✓ **ماذا قرأت؟** تعرّف ما المصدر الرئيس لجميع المياه على اليابسة؟

تخزين المياه الجوفية Groundwater Storage

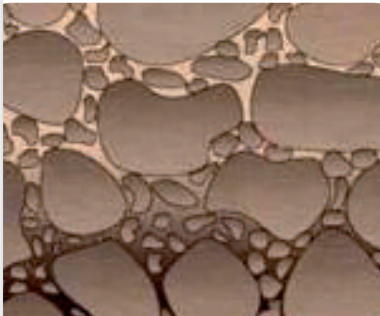
لوحظ أن البرك الصغيرة جدًا التي تنشأ عن تجمع مياه الأمطار تختفي بسرعة؛ إذ ترشح جزئيًا إلى باطن الأرض. ففي التربة الرملية غالبًا ما تتسرب المياه نحو الأسفل بسرعة. فأين تذهب هذه المياه؟ إنها تتجمع في الفراغات الصغيرة في باطن الأرض. وعلى الرغم من أن قشرة الأرض تبدو صلبة مصمتة إلا أن التربة والرسوبيات والصخور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

تشكل المسامات نسبة كبيرة من بعض الصخور. ويسمى الحجم الكلي للمسامات في الصخر المسامية. وكلما زادت مسامية الصخر سهّل تدفق الماء من خلاله إذا كانت مساماته متصلة. وتتراوح مسامية الصخور تحت السطحية بين 2% إلى أكثر من 50%. فعلى سبيل المثال، مسامية الرمل جيد الفرز 30%، ولكن في الرسوبيات رديئة الفرز تحتل المكونات صغيرة الحجم 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 معًا تقلل من مسامية الصخر. وتكون كميات المياه المختزنة في المسامات كبيرة جدًا؛ لأن حجم الرسوبيات والصخور تحت سطح الأرض ضخم جدًا.

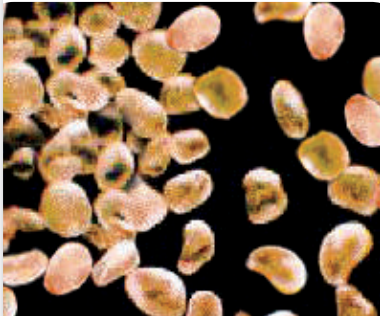
الشكل 1-4 تعتمد المسامية على حجم حبيبات المادة وتنوعها. قارن بين المسامات المبينة في كل عينة.



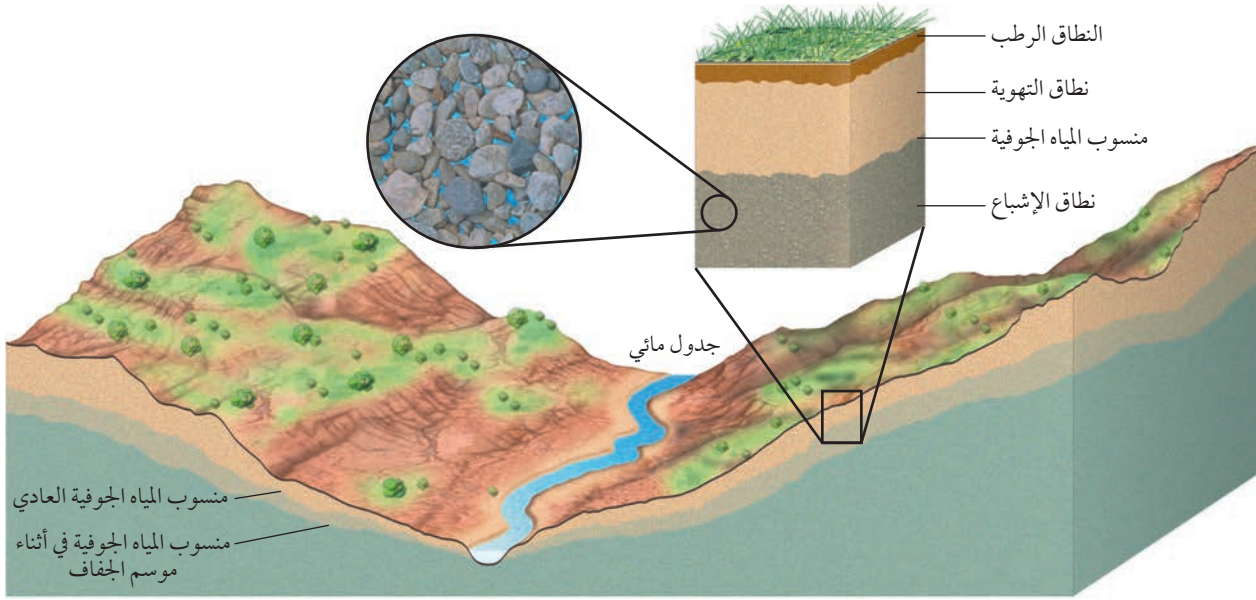
حبيبات رمل كبيرة جيدة الفرز



حبيبات رمل رديئة الفرز



حبيبات رمل صغيرة جيدة الفرز



نطاق الإشباع The Zone of Saturation

الشكل 2-4 يبين نطاق الإشباع في منطقة تحت سطح الأرض. صف النطاق الذي يعلو نطاق الإشباع.

تسمى المنطقة تحت سطح الأرض المملوءة مساماتها تمامًا بالمياه الجوفية **نطاق الإشباع Zone of saturation**، ويسمى الحد العلوي لهذا النطاق **منسوب الماء Water table**. انظر الشكل 2-4. 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 نطاق 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 الماء إلى عدة أمتار فقط. أما في مناطق البرك فيصل منسوب الماء إلى مستوى سطح الأرض، بينما في مناطق أعلى التلال أو في المناطق الجافة يتراوح عمق منسوب الماء بين عشرات الأمتار ومئات الأمتار أو يزيد. ويوضح الشكل 2-4 كيف يأخذ شكل منسوب المياه الجوفية شكل تضاريس السطح فوقه. فعلى سبيل المثال، ينطبق شكل انحدار منسوب المياه الجوفية مع شكل الوديان والتلال التي تعلوه على سطح الأرض. ولما كان منسوب الماء يعتمد على المطول، لذا فهو يتذبذب فصلياً وتبعاً لظروف الطقس الأخرى؛ إذ يرتفع في الفصول الرطبة وخصوصًا في فصل الشتاء، وينخفض في فصل الصيف الجاف.

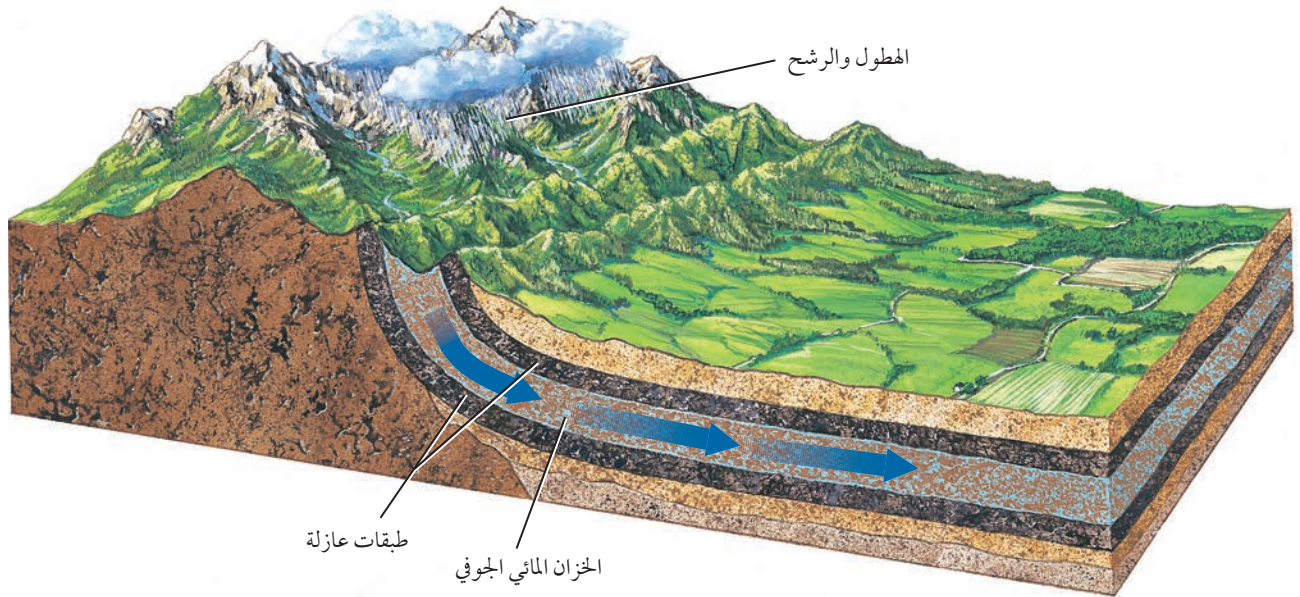
حركة المياه الجوفية Groundwater Movement

تنساب المياه الجوفية من أعلى إلى أسفل في اتجاه ميل منسوب الماء ، وعادة ما تكون هذه الحركة بطيئة؛ لأن المياه الجوفية تنساب في خلال عدد كبير من المسامات الدقيقة في المواد تحت السطح. وتسمى قابلية المادة لإنفاذ الماء من خلالها **النفاذية Permeability**. بينما المواد التي حبيباتها كبيرة 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. حيث تكون مسامات صخور الخزان المائي الجوفي كبيرة ومتصلة، ومن أمثلتها الرمل. أما الصخور والرسوبيات التي تتكون من حبيبات صغيرة فإن مساماتها صغيرة ونفاذيتها قليلة وتسمى صخوراً غير منفذة، وتسمى الطبقات غير المنفذة التي تحجز الماء وتمنعه من التدفق **الطبقة العازلة (الصماء) Aquicludes**. ويكون انسياب المياه الجوفية فيها بطيئاً، ويقاس غالباً بالملمترات في اليوم. ويعد حجر الطمي والطفل والطين أمثلة على الصخور غير المنفذة؛ فالطين غير منفذ؛ لأن حبيباته دقيقة ومتراصة، وتعمل على الاحتفاظ بالماء، ولهذا السبب يُستخدم الطين طبقةً مبطنة في البرك الاصطناعية، وفي مكاب النفايات.

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

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





الشكل 4-4 توجد الينابيع عند نقاط تقاطع منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض.

الينابيع (العيون) Springs

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

✓ **ماذا قرأت؟** وضح كيف يؤثر انحدار اليابسة في أماكن الينابيع.

يعدّ الخزان المائي الجوفي طبقات منفذة تحت الأرض يتدفق الماء خلالها بسهولة. أما الطبقة العازلة فهي عبارة عن طبقات غير منفذة. يتألف الخزان الجوفي المائي عادةً من طبقات الرمل والحصى والحجر الرملي والحجر الجيري. أما الطبقة العازلة فتتألف من طبقات الطين أو الطفل، وتمنع حركة المياه الجوفية خلالها. ويؤدي اتصال الخزان المائي الجوفي مع الطبقة العازلة إلى تصريف المياه الجوفية عند سطح الأرض في منطقة التماس بينهما. انظر الشكل 4-4. يسمى هذا التصريف الطبيعي للمياه الجوفية **بالينابيع Springs**.

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

انبثاق الينابيع Emergence of springs قد يكون الماء المتدفق من الينابيع في صورة نر أو تسرب، وقد يشكّل جدولاً. هناك مثلاً ينابيع كبيرة تسمى ينابيع الكارست ينبثق منها نهر كامل. وتوجد ينابيع الكارست في المناطق التي تتكون من الحجر الجيري؛ حيث تتغذى مياه الينابيع من ممرات تحت الأرض. أما في المناطق التي تتكون من صخور رسوبية أفقية فيتدفق الينابيع على جوانب الوديان من قاعدة الخزان المائي الجوفي، وعلى ارتفاع واحد. كما يظهر في الشكل 4-5. وقد قال الله

تعالى: ﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ﴾ الزمر (٢١).

إرشادات الدراسة

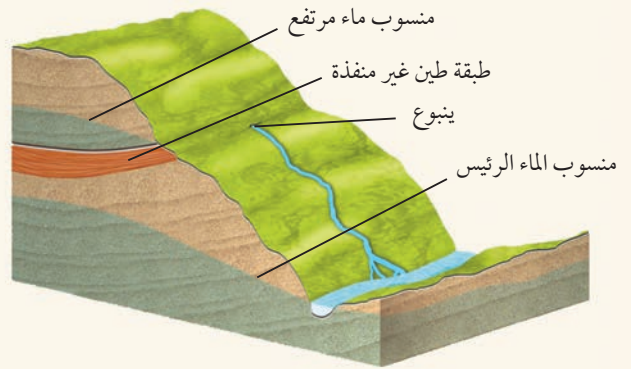
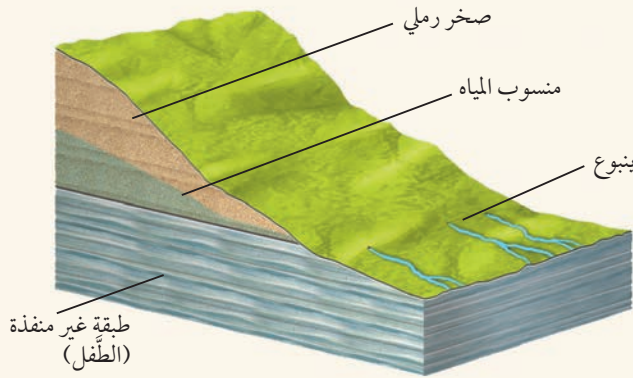
الكتابة بالمشاركة

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

الينابيع Springs

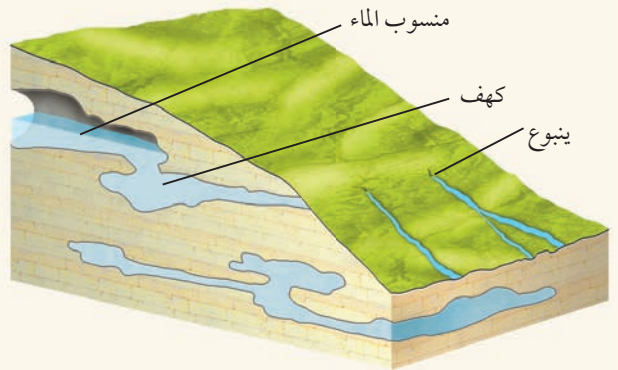
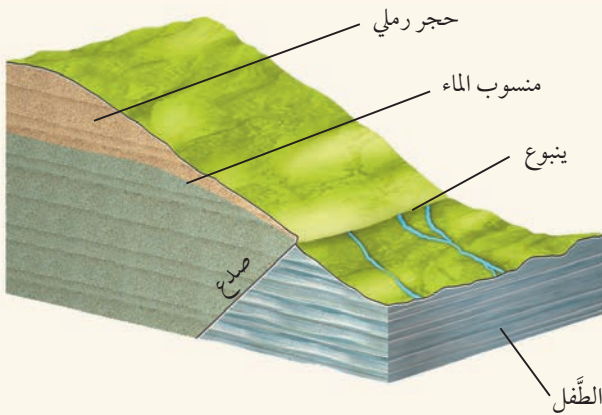
الشكل 5-4 تتكون الينابيع نتيجة خروج المياه الجوفية إلى سطح الأرض، وتشكل نتيجة تقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض، ويمكن للينابيع أن يتشكل بطرائق مختلفة.

قارن بين نشأة أنواع الينابيع الأربعة.



تتكون الينابيع نتيجة التقاء طبقة منفذة مع طبقة غير منفذة.

يؤدي وجود طبقات غير منفذة - ومنها الطفلة - فوق الخزان المائي الجوفي إلى تكوين منسوب الماء المرتفع.



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

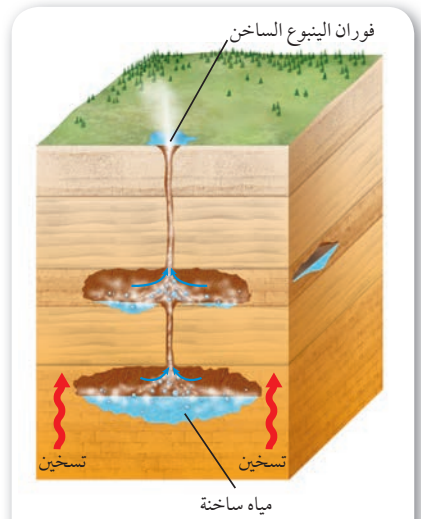
تتكون الينابيع الجيرية (Karst) في المناطق التي تعمل فيها المياه الجوفية على تجوية طبقة الحجر الجيري؛ حيث تنبع المياه من الكهوف المتصلة في جوف الأرض، فتصل إلى سطح الأرض.

درجة حرارة الينابيع Temperature of springs ينظر الناس إلى مياه الينابيع على أنها باردة ومنعشة، إلا أن درجة حرارة المياه الجوفية التي تنصرف من خلال الينابيع 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. وهناك بعض الينابيع التي تكون مياهها أدفأ من متوسط درجة الحرارة السنوية، وتسمى **الينابيع الساخنة Hot springs**؛ اعتمادًا على درجة حرارتها. الينابيع الساخنة هي ينابيع مياه تزيد درجة حرارتها على درجة حرارة جسم الإنسان (37°C).

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

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



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

التقويم 1-4

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** وضح كيف ترتبط حركة المياه الجوفية مع دورة الماء في الطبيعة؟
2. وضح بالرسم كيف تؤدي المواقع النسبية لكل من الخزان المائي الجوفي والطبقة العازلة إلى وجود الينابيع؟
3. صف كيف تصبح مياه الينابيع ساخنة؟
4. حلل العوامل التي تحدد سرعة التدفق.

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

الأهداف

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

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

البئر الارتوازية

موارد المياه الجوفية

Groundwater Supply

الفكرة الرئيسية لا تتوافر المياه الجوفية دئيًا بالكميات والمواقع المطلوبة حيثما نحتاجها، وإن وجدت فأحيانًا ما تكون ملوثة.

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

الآبار Wells

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

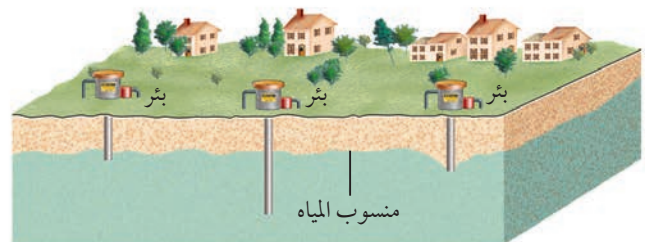
الآبار العادية Ordinary wells أبسط الآبار هي تلك المحفورة أسفل منسوب الماء داخل ما يسمى الخزان المائي الجوفي غير المحصور، كما في الشكل 4-7. في هذا النوع من الخزانات المائية الجوفية يكون منسوب المياه داخل البئر هو نفسه منسوب الماء المحيط به، فعندما يتم سحب المياه من البئر يتم تعويضها من المياه المحيطة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

يحدث **الضخ الجائر Overpumping** 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 4-7. ويسمى الفرق بين منسوب المياه الجوفية الأصلي ومنسوب المياه في أثناء عملية الضخ **الهبوط في منسوب المياه الجوفية Drawdown**. وإذا حدث هبوط في منسوب المياه في مجموعة آبار متجاورة في الخزان غير المحصور فإن مجموعة مخاريط الانخفاض المتجاورة يتحد بعضها مع بعض، مسببة بذلك هبوطًا عامًا في منسوب المياه، مما يؤدي إلى جفاف الآبار الضحلة.

وتزود مياه الأمطار الخزان المائي الجوفي بمحتواه المائي في عملية تسمى **تغذية 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.

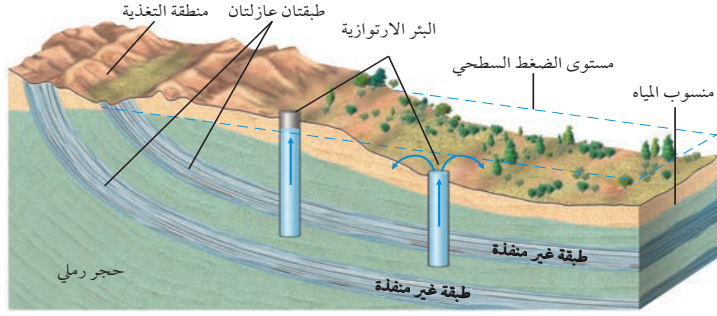


بعد الضخ الجائر



قبل الضخ الجائر

الشكل 4-8 يحتوي الخزان المائي الارتوازي على ماء مضغوط .
تعرف السبب الرئيس الذي جعل البئر الارتوازية تختلف عن البئر العادية.



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

مختبر حل المشكلات

اعمل مقطعاً تضاريسياً

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 يتعد بعضها عن بعض مسافة 100 m على امتداد خط المسح. وهذه البيانات لارتفاعات سطح الأرض، وارتفاعات منسوب المياه، وارتفاعات السطح العلوي للطبقة العازلة للخزان المائي الارتوازي، ومستوى الضغط السطحي.

التحليل

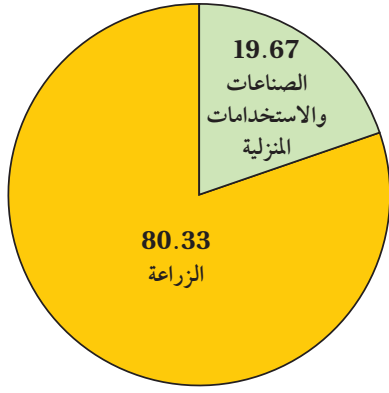
1. أسقط بيانات الارتفاع على رسم بياني، بحيث تكون المواقع على محور السينات، والارتفاعات على محور الصادات.
2. اعمل مقطعاً تضاريسياً لخط المسح من الموقع الأول حتى الموقع الثالث مستعملاً خطاً عريضاً لتمثيل سطح الأرض.

بيانات الخزان الجوفي المائي

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

التفكير الناقد

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



الشكل 9-4 استخدامات المياه العذبة في المملكة العربية السعودية عام 2010م.

ما يهدد موارد مياهنا Threats to our Water Supply

تعد المياه العذبة موارد طبيعية نفيسة؛ إذ يعتمد الإنسان عليها بصورة كبيرة، لأنها عنصر أساسي في الحياة. كما أنها تستعمل بصورة مكثفة في الزراعة والصناعة. ويوضح الشكل 9-4 استخدامات المياه العذبة في المملكة العربية السعودية لعام 2010م.

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

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

تجربة

نموذج البئر الارتوازية

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

خطوات العمل

طبقة الرمل السفلية، وسدّ الثقوب بإحكام حول الأنابيب البلاستيكية.

التحليل

1. لاحظ منسوب المياه في الأنابيب. أي الأنابيب يكون ارتفاع الماء فيها أعلى ما يمكن، وأيها يكون فيها أخفض 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 وللضغط السطحي إذا تدفقت المياه من إحدى الأنابيب.

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.

2. املاً صندوقاً بلاستيكياً أو أي وعاء آخر إلى منتصفه بالرمل، وأضف كميات كافية من الماء لإشباع الرمل به، ثم غطّ الرمل تماماً بطبقة من الطين أو أي طبقة غير منفذة بسماك 1-2 cm.
3. ضع الصندوق مائلاً بزاوية 10°، مستعملاً كتاباً لإسناده.

4. اعمل ثلاثة ثقوب في الطبقة الطينية، بحيث يكون الثقب الأول في النهاية السفلية، والثاني في الوسط، والثالث في النهاية العلوية للصندوق، ثم أدخل أنبوباً بلاستيكياً شفافاً لكل ثقب، بحيث يتخلل

المهنة في علم الأرض

الهيدروولوجي جيولوجي مختص في

مجال تمثيل المياه في خرائط التضاريس

الهيدروولوجية؛ 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. ويحدث الضخ الجائر بسبب زيادة الطلب على المياه العذبة للاستعمالات الزراعية والمنزلية والصناعية حيث يؤدي إلى هبوط مستوى المياه العذبة في خزانات المياه الجوفية، كما في خزان الساق، وخصوصاً في منطقة القصيم. كما يؤدي الضخ الجائر مع الزمن إلى ارتفاع ملوحة المياه الجوفية؛ فتصبح غير قابلة للاستعمال.

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

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

ماذا قرأت؟ تعرّف أي الخزنين أكثر عرضة للتلوث؟

تتضمن مصادر تلوث المياه الجوفية مياه الصرف الصحي والحفر الامتصاصية (غير المبطنة) والمزارع ومكبات النفايات الأخرى؛ إذ تدخل الملوثات جوف الأرض وتكون في البداية فوق منسوب المياه، ولكنها، في النهاية، ترشح حتى تصل إلى

الشكل 10-4 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

منسوب المياه. وتنتشر الملوثات بسرعة في الطبقات المنفذة للخزانات الجوفية وفي اتجاهات محددة، كأن تتجه نحو الآبار، كما في الشكل 10-4.

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

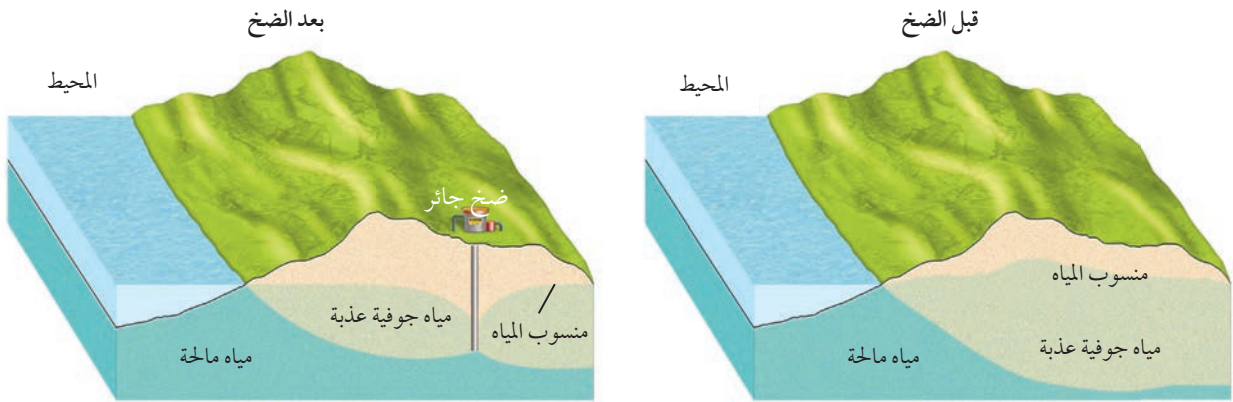
ماذا قرأت؟ وضع لماذا قد تلوث المواد الكيميائية - ومنها عنصر الزرنيخ - أي نوع من الخزانات الجوفية المائية؟

تضم مياه الصرف الصحي ومكبات 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 وسامًا.

الأملاح Salt ليست جميع الملوثات مواد سامة أو ضارة بالصحة؛ فعلى سبيل المثال يُستخدم ملح الطعام في المائدة، إلا أن وجوده في الماء بتركيز عالية يجعل الماء غير صالح للشرب. وبالطريقة نفسها تصبح المياه الجوفية غير صالحة للاستعمال بعد اختلاطها مع مياه مالحة. لذا يعد التلوث بالأملاح أحد المخاطر الرئيسية التي تواجه موارد المياه الجوفية، 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 11-4، وفي حالة حدوث ضخ جائر من الآبار تصعد مياه البحر المالحة من خلال الآبار، وتلوث المياه الجوفية.

الشكل 11-4 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 الرئيسية، والواردة في الجدول 2-4، أما علامات التلوث فيمكن مراقبتها من خلال آبار المراقبة، وباستخدام تقنيات أخرى. وتنتشر معظم مصادر التلوث ببطء شديد، مما يتيح وقتاً كافياً للبحث عن مصادر مياه بديلة، وفي بعض الحالات يمكن إيقاف حركة الملوثات من خلال بناء طبقات عازلة تحت الأرض تحيط بالمنطقة الملوثة. وأحياناً يتم ضخ المياه الجوفية الملوثة إلى السطح لمعالجتها كيميائياً. ومما يجدر ذكره أن العمل بهذه الإجراءات يسهم في تحقيق نجاح محدود. لذا لا يمكن حماية موارد المياه بالاعتماد على هذه الإجراءات فقط؛ إذ لا بد أن يعي الإنسان أن النشاطات التي يمارسها تؤثر سلباً في نظام المياه الجوفية؛ حتى يتمكن من حمايتها.

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

الجدول 2-4 مصادر تلوث المياه الجوفية

الرشح من الأسمدة
التسرب من أماكن التخزين في محطات الوقود
رشح مياه حمضية من المناجم
التسرب من بياض الصرف الصحي غير المبطنة
تداخل المياه المالحة بالمياه العذبة في الخزانات المائية القريبة من الشواطئ
التسرب من مكاب النفايات
الإشعاعات ومنها تسرب عنصر الرادون

التقويم 2-4

الخلاصة

- تحفز الآبار وصولاً إلى نطاق الإشباع للحصول على المياه.
- يؤدي الضخ الجائر من الآبار إلى تكوين مخروط الانخفاض.
- الآبار الارتوازية مخرج مياه الخزان المائي الجوفي المحصور الذي تقع مياهه تحت الضغط.
- يؤدي سحب المياه بكميات تفوق كميات تغذية الخزان إلى هبوط منسوب الماء فيه.
- أكثر مصادر تلوث المياه الجوفية شيوعاً هي: مياه الصرف الصحي، ومكاب النفايات الصلبة وغيرها من مواقع التخلص من النفايات.

فهم الأفكار الرئيسية

1. الفكرة الرئيسية 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.
4. وضح كيف تعمل المملكة العربية السعودية على حماية مواردنا المائية؟

التفكير الناقد

5. صمم تجربة تختبر فيها وجود حواجز غير منفذة (عازلة) تحيط بالمنطقة الملوثة.
6. حلل أفضل طريقة لمنع تلوث المياه الجوفية في المناطق السكنية.
7. توقع كيف تؤثر نفاذية الخزان المائي الجوفي في انتشار الملوثات.

الكتابة في الجيولوجيا

الجيولوجيا والبيئة

Geology and the Environment



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

ضمان الجودة الهيدروجيولوجي مسؤول أيضاً 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 الهيدروجيولوجي بجمع عينات، 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 والإنترنت. ثم تخيل أنك ترافق أحدهم في يوم عمل أو قم بزيارة أو مرافقة الهيدروجيولوجي في يوم عمل. صف ما شاهدت وما فعلت وما تعلمت حول خزانات المياه الجوفية.

Watcher of the water

مراقبو المياه

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

الهيدروجيولوجيون (اختصاصيو المياه) يسمى عالم المياه الجوفية هيدروجيولوجيا، 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 اختبارات على مناسيب المياه، واليوم التالي في تقويم البيانات في المكتب، ثم الذي يليه في البحث في مشكلة تزويد أحد المواقع أو المدن بالمياه.

دراسة حالة للخزان المائي افترض أن أحد المزارعين يرغب في إقامة نظام ري يتطلب حفر بئر، فكيف تتم دراسة ذلك؟ لا بد أولاً من اختبار منسوب الماء لضمان أن البئر الجديدة لن تسبب نقصاً 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 التغيرات التي تطرأ على منسوب الماء وعلى نوعيته. ومن البيانات التي يتم جمعها يقوم الهيدروجيولوجي بحساب كمية المياه الموجودة في الخزان المائي الجوفي وحساب ما هو متوافر منها للبئر الجديدة.

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

مختبر الجيولوجيا

نموذج محاكاة تلوث المياه الجوفية



خلفية علمية: تتميز المياه بخصائص فيزيائية وكيميائية وحيوية محددة لاستعمالها في أغراض 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 تقريبا 20 cm، صبغتا طعام بلونين مختلفين (أخضر وبنفسجي)، ماء، تربة طينية، رمل خشن، محقنان طيبان، 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، مشكلاً الفوهة A، وقم بتشيتها بوضع طبقة ثانية من التربة الطينية سمكها 3 cm فوق طبقة الرمل السابقة، ثم رشها بالماء.

5. ضع طبقة ثانية من الرمل فوق الطبقة الطينية، ثم اغرس قطعة الخرطوم 3 cm، وفرغها من الرمل الذي علق بها في أثناء الغرس، مشكلاً الفوهة B.

6. تأكد أن سطح الفوهتين العلويتين على مستوى سطح طبقة الرمل العلوية نفسها، ثم رش طبقة الرمل بالماء.

7. ارفع طرف الحوض بمقدار 10 cm من ناحية الفوهتين كما في الشكل.

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

التحليل والاستنتاج

1. استنتج إلام ترمز الصبغات؟
2. لاحظ أي الطبقات وصل إليها ماء ملون، وأيها لم يصل إليه؟ 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. قوِّم كيف نحمي مصادر المياه من التلوث؟

الكتابة في الجيولوجيا

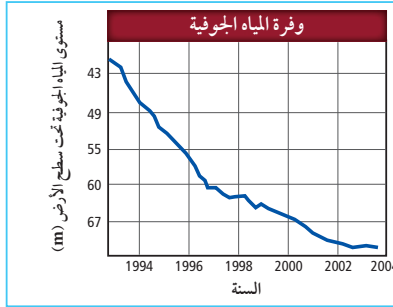
ابحث مستعيناً بمصادر المعلومات المختلفة، اكتب تقريراً عن مصادر تلوث المياه الجوفية وكيفية حمايتها. شارك أقرانك في الصف بما توصلت إليه من المعلومات حول الموضوع.

دليل مراجعة الفصل

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

المفردات	المفاهيم الرئيسية
<p>4-1 حركة المياه الجوفية وتخزينها</p> <p>رشح نطاق الإشباع منسوب الماء نطاق التهوية النفاذية الخزان المائي الجوفي الطبقة العازلة الينبوع (العين) ينبوع ساخن ينبوع فوار</p>	<p>الفكرة الرئيسية تزود خزانات المياه الجوفية الجداول والينابيع الطبيعية والمناطق بالمياه حيثما يتقاطع منسوبها مع سطح الأرض.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ترشح مياه الأمطار بعد سقوطها على اليابسة إلى جوف الأرض، وتصبح مياهًا جوفية. • تخزن المياه الجوفية تحت منسوب المياه في مسامات الصخور والرسوبيات. • تتحرك المياه الجوفية خلال طبقة منفذة تسمى الخزان المائي الجوفي، وتحتصر طبقة غير منفذة تسمى الطبقة العازلة. • تندفق المياه الجوفية إلى السطح، عندما يتقاطع منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض.
<p>4-2 موارد المياه الجوفية</p> <p>الآبار الضخ الجائر الهبوط في منسوب المياه الجوفية تغذية المياه الجوفية البئر الارتوازية</p>	<p>الفكرة الرئيسية لا تتوافر المياه الجوفية دئمًا بالكميات والمواقع المطلوبة حيثما نحتاجها، وإن وجدت فأحيانًا ما تكون ملوثة.</p> <ul style="list-style-type: none"> • تحفر الآبار في نطاق الإشباع للحصول على الماء. • الضخ الجائر من الآبار يسبب مخاريط الانخفاض. • تقتصر الاستفادة من الآبار الارتوازية على المياه الجوفية المحصورة. • ينخفض منسوب الماء في الخزان المائي الجوفي إذا كانت كمية الضخ أكبر من التغذية. • المصادر الأكثر شيوعًا لتلوث المياه الجوفية هي مياه الصرف الصحي، ومكبات النفايات.

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



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

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

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

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

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

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

a- 2004 م

c- 1996 م

b- 2003 م

d- 1993 م

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

a- يجب أن تكون فوق منسوب الماء.

b- يجب أن تكون المسامات كبيرة.

c- يجب أن تكون المسامات متصلة.

d- يجب أن تكون أسفل منسوب الماء.

مراجعة المفردات

ما المصطلحات التي تصف العبارات الآتية:

1. منطقة تحت سطح الأرض تحوي مياه جوفية.
 2. قابلية الصخور المكونة لطبقات الأرض لإمرار الماء من خلالها.
 3. جميع الطبقات المنفذة للماء الراشح في موقع ما.
 4. طبقات غير منفذة تحجز الماء وتمنعه من التدفق.
- استعمل المفردات التي تعلمتها في هذا الفصل للإجابة عن الأسئلة الآتية:
5. ما الفرق بين الينابيع العادية والينابيع الارتوازية؟
 6. ماذا تسمى الينابيع 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.
 - b- الطبقة العازلة.
 - c- الخزان المائي.
 - d- الطبقة غير المائية.

التفكير الناقد

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



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

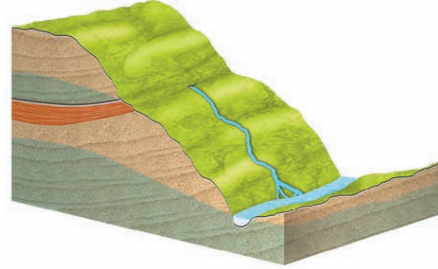
خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحفيز

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

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤال 12 .



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

أسئلة بنائية

13. صنف أين يوجد منسوب الماء في بحيرة أو في منطقة رطبة مقارنة بمنطقة لا يوجد على سطحها ماء؟
14. تعرّف المَعلمين اللذين يجب توافرهما في الخزان الجوفي المائي لكي يصبح مصدرًا ارتوازيًا.
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 قد يشكل مخاطر حقيقية على مياه الشرب؟

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. أي المواد الآتية أنسب لتبطين بركة ماء؟
a- الحصى
b- الحجر الجيري
c- الطين
d- الرمل
2. أي المصادر المائية الآتية أسهل تلوئاً؟
a- خزان المياه الجوفية غير المحصورة.
b- خزان المياه الجوفية المحصورة.
c- الآبار الارتوازية.
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 الموجودة في الصفحة التالية للإجابة عن الأسئلة 4 - 6.
4. وضح كيف تحدث العملية التي يشير إليها الحرف B؟
 5. لماذا يوجد سهان 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 10 و 11.

خزان الساق الجوفي

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

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

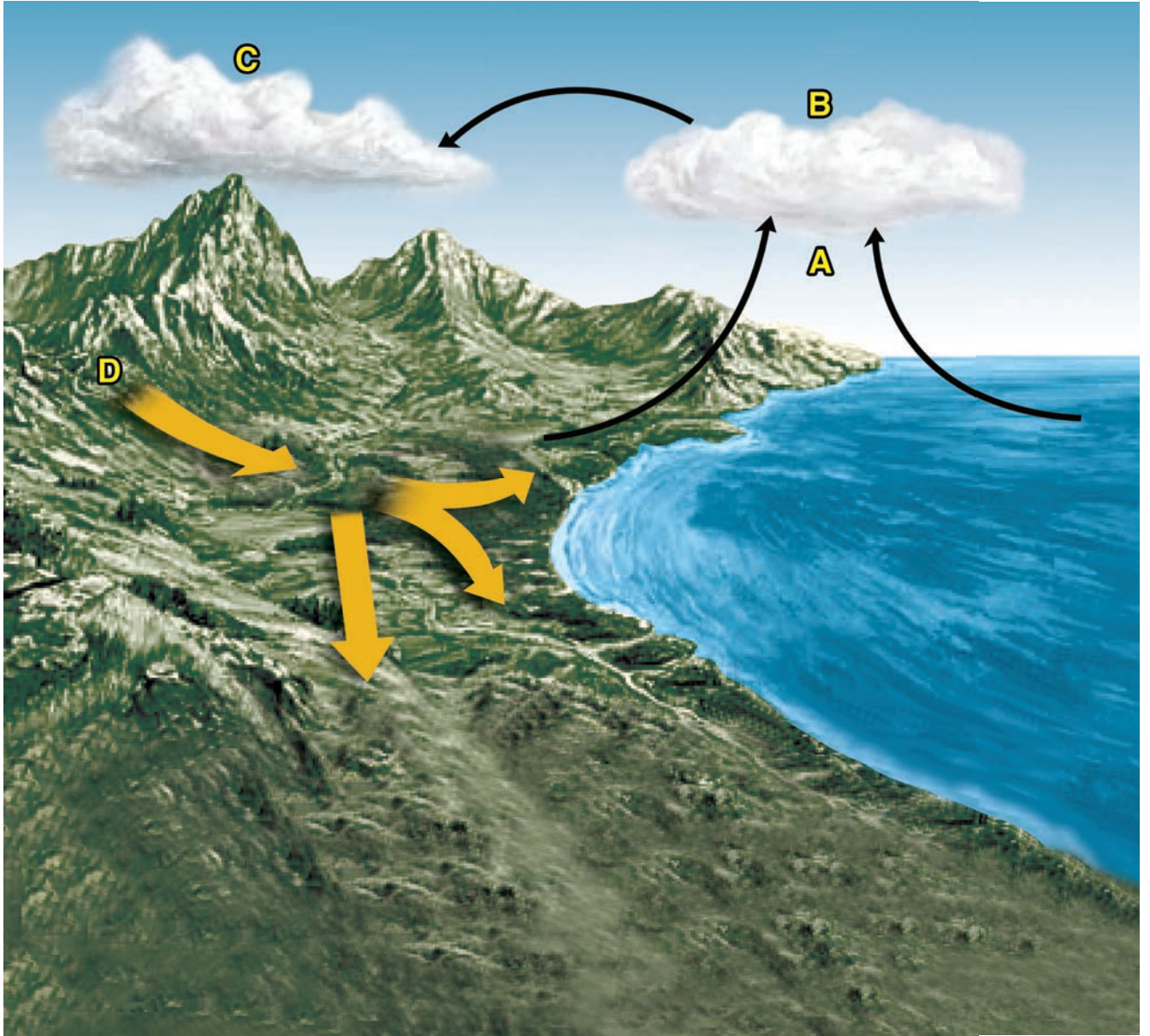
10. من خصائص حوض الساق المائي:

- a- مياهه ذات جودة منخفضة.
- b- يعدّ حوضاً محصوراً.
- c- ملوحة مياهه عالية.
- d- مياهه غير متجددة.

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

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

دورة الماء في الطبيعة



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

قائمة المحتويات

Reference Tables

الجداول المرجعية :

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

Reference Maps

الخرائط المرجعية :

- Metallic Minerals in the Kingdom of Saudi Arabia - المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية

Glossary

المصطلحات



صفات المعادن ذات البريق الفلزي

الجدول 1-

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانقسام والمسكر	الاستعمالات وخصائص أخرى
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 الأرجواني 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.
الكرومايت 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	الانقسام مكعبات واضحة	مصدر الرصاص الذي يستعمل في صناعة الأنابيب، الدروع لأشعة إكس، وصيد الأسماك ومعدات الغطاسين.
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 انقسام 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 في الأفران 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 المجائين لأن مظهره يشبه الذهب، ويتأكسد إلى معدن الليمونيت.
البيروتيت Pyrrhotite $Fe_{1-x}S$	برونزي	رمادي-أسود	4	4.6	سداسي	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	خام للحديد والكبريت، وقد يكون ممغنطاً.
الفضة Silver Ag	أبيض فضي بدون بريق إلى أسود	رمادي فاتح إلى فضي	2.5	10-12	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في سك النقود، حشوات الأسنان، ورقائق الفضة، الأسلاك، الموصلات.

صفات المعادن ذات البريق الألفزي

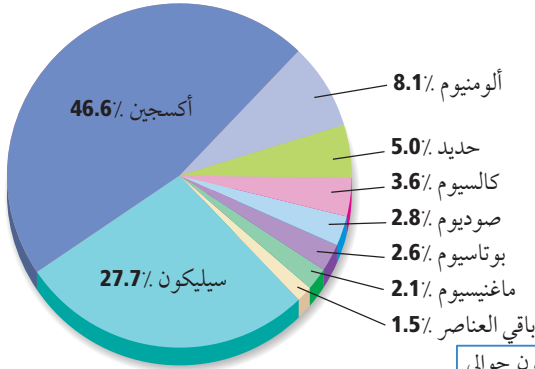
الجدول 2-

الاسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانقسام والمسكروالانقسام	الاستعمالات وخصائص أخرى
الأوجيت Augite (Ca, Na) (Mg, Fe, Al) (Al, Si) ₂ O ₆	أسود	شفاف	6	3.3	أحادي الميل	الانقسام في اتجاهين	المقطع العرضي للبلورة على شكل مربع أو مضلع ثماني.
الكوروندم Corundum Al ₂ O ₃	شفاف، أزرق، بني، أخضر، أبيض، وردي، أحمر	شفاف	9	4.0	سداسي	مكسر غير مستوي	يستعمل لشحن القطع أكثر حدة؛ والملون منه الكوروندم الأحمر حجر كريم (الباقوت) والأزرق الحجر الكريم الزفير.
الفلسبار البوتاسي Feldspar (orthoclase) KAISi ₃ O ₈	شفاف، أبيض إلى رمادي، أخضر، أصفر	شفاف	6	2.5	أحادي الميل	مستويان من الانقسام متعامدين	لا يذوب في الأحماض ويستعمل في صناعة البورسلان.
الفلسبار البلاجيوكليزي Feldspar (plagioclase) NaAlSi ₃ O ₈ CaAl ₂ Si ₃ O ₈	رمادي، أخضر، أبيض	شفاف	6	2.5	ثلاثي الميل	مستويان من الانقسام يميلان ويتقابلان بزاوية 86°	يستعمل في صناعة الخزف.
الفلورايت Fluorite CaF ₂	شفاف، أبيض، أزرق، أخضر، أحمر، أصفر، أرجواني	شفاف	4	3-3.2	مكعب	تظهر مستويات انقسام	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 ₂ Na (Mg, Fe ²⁺) ₄ (Al, Fe ₃ , Ti) ₃ Si ₈ O ₂₂ (O, OH) ₂	أخضر إلى أسود	رمادي إلى أبيض	5-6	3.4	أحادي الميل	انقسام في اتجاهين	ينكسر الضوء عن حوافه الرقيقة، مقطع بلوراته من 6 أضلاع.
الليمونايت Limonite (أكسيد الحديد المائي)	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، بعض أنواعه معادن نفيسة.
التوباز Topaz Al ₂ SiO ₄ (F, OH) ₂	شفاف، أبيض، أصفر، وردي، أزرق باهت	شفاف	8	3.5	معيني	مستوى انقسام أساسي	حجر ثمين.

نوع الصخر	اسم الصخر	صفات الصخر
نارية جوفية Igneous (intrusive)	الجرانيت granite	بلورات معدنية كبيرة من الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والمايكا. لون الصخر فاتح عادة.
	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.
	الأنديزيت andesite	بلورات صغيرة من معادن الفلسبار والهورنبلند والمايكا وكميات قليلة من الكوارتز أقل من الريوليت، 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.
	الكوتجلوميرات conglomerate	حبيبات كبيرة مستديرة، الحبيبات بحجم الحصى أو الجلاميد.
	رسوبية فتاتية Sedimentary (clastic)	الحجر الرملي sandstone
حجر الطمي siltstone		حجم حبيباته أقل من الرمل لكن أكبر من الطين.
الطفل shale		أصغر الحبيبات ولونه غامق عادة.
رسوبية كيميائية وبيوكيميائية Sedimentary chemical (or biochemical)	الحجر الجيري limestone	المعدن الرئيس هو الكالسيت، وعادة يتكون في البحار والبحيرات والأنهار والكهوف، وغالباً يحتوي على أحافير. ويتفاعل بسهولة مع حامض HCl المخفف.
	الفحم coal	يتكون في المستنقعات والبيئات المائية الضحلة، طبقات متماسكة من المواد العضوية، ويشكل رئيس من بقايا النباتات.
رسوبية كيميائية Sedimentary (chemical)	الملح الصخري rock salt	يتكون عادة من تبخر مياه البحر.
متحولة متورقة (صفائحية) Metamorphic	التايس gneiss	تظهر فيه طبقات واضحة بسبب وجود أشرطة متبادلة من معادن مختلفة الألوان، عادة ينتج عن تحول الجرانيت.
	الشيبست schist	ترتيب واضح للمعادن الصفائحية (رفائق) مثل المايكا. وينتج بشكل رئيس عن تحول الطفل والفيليت.
	الفيليت phyllite	مظهر لامع أو حريري، يبدو سطح الصخر معمداً. وينتج عن تحول الطفل والإردواز.
	الإردواز slate	ينتج عن تحول الطفل وهو صلب وأثقل وأكثر لمعاً من الصخر الأصلي.
متحولة غير متورقة (غير صفائحية) Metamorphic (nonfoliated)	الرخام marble	تظهر فيه بلورات الكالسيت أو الدولومايت، وينتج عن تحول الصخور الجيرية.
	الحجر الصابوني soapstone	يتكون بشكل رئيس من معدن التلك، طري، وملسمه دهني أو صابوني.
	الكوارتزيت quartzite	صلب جداً، حبيباته متماسكة ومتلاحمة ببلورات كوارتز، يتحول عن الحجر الرملي.

الجدول الدوري للعناصر

العناصر في القشرة الأرضية



تفاعل الكربون يجعل منه عنصرًا طبيعيًا يتوافر في عدة أشكال وعدة مواد. ويكون عنصر الكربون كلاً من معدن الجرافيت والفحم والماس. بينما يكون مركبه الحجر الجيري.

يكون عنصر السليكون حوالي 28% من القشرة الأرضية. ويرتبط السليكون مع عدة عناصر أخرى ليكون الصخور السليكاية.

يشكل الأكسجين حوالي 21% من الغلاف الجوي الأرضي، وثالث الماء، كذلك يعدّ مكوناً رئيساً في معظم المعادن والصخور.

يعدّ الهيليوم من العناصر الأكثر شيوعاً في الكون. وينتج الهيليوم بشكل رئيس عن 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 حيث يؤثر في جودة الهواء.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	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
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	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
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	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
Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	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
Darmstadtium 110 Ds (281)	Roentgenium 111 Rg (272)	Ununbium * 112 Uub (285)	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)
Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Ununtrium * 113 Uut (284)	Ununquadium * 114 Uuq (289)	Ununpentium * 115 Uup (288)	Ununhexium * 116 Uuh (291)	Ununoctium * 118 Uuo (294)	

* أسماء رموز العناصر 112، 113، 114، 115، 116، 118 مؤقتة، سيتم اختيار أسماء نهائية لها عند التأكد من اكتشافها.

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 THE ELEMENTS

العنصر — Hydrogen
 العدد الذري — 1
 الرمز — H
 الكتلة الذرية المتوسطة — 1.008

حالة المادة — غاز



1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Hydrogen 1 H 1.008	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012	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	
Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305	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
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		
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)		

عنصر الصوديوم والبوتاسيوم أكثر العناصر شيوعاً في أملاح المحيط.

عنصر الماغنسيوم المكون الرئيس لمعدن الألوفين. ويوجد أيضاً في الرخام، وبعض الصخور النارية، وكذلك في الزبرجد الأخضر.

يستعمل عنصر التيتانيوم بعدة أشكال، وهو عنصر شائع في السبائك، ويستعمل في الألعاب النارية. والشكل غير النقي منه يكون الزفير الأزرق.

يتوافر عنصر الحديد في الكون، فله نواة مستقرة جداً. وفي العادة يخلط مع فلزات أخرى أو مع الكربون، وذلك لحمايته من الصدأ.

يتكون معدن الكالسيت من عنصري الكالسيوم والأكسجين، يتكون من الكالسيت وأكثر الصخور شيوعاً على الأرض، وهو الحجر الجيري.

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلّي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

اليورانيوم من أكثر العناصر الطبيعية كثافةً. يوجد في معظم الصخور، ويستخدم المشع منه في إنتاج الطاقة النووية. أما في شكله الشائع فيستخدم في حمايتنا من الإشعاع.

عناصر اللانثانيدات

عناصر الأكتينيدات

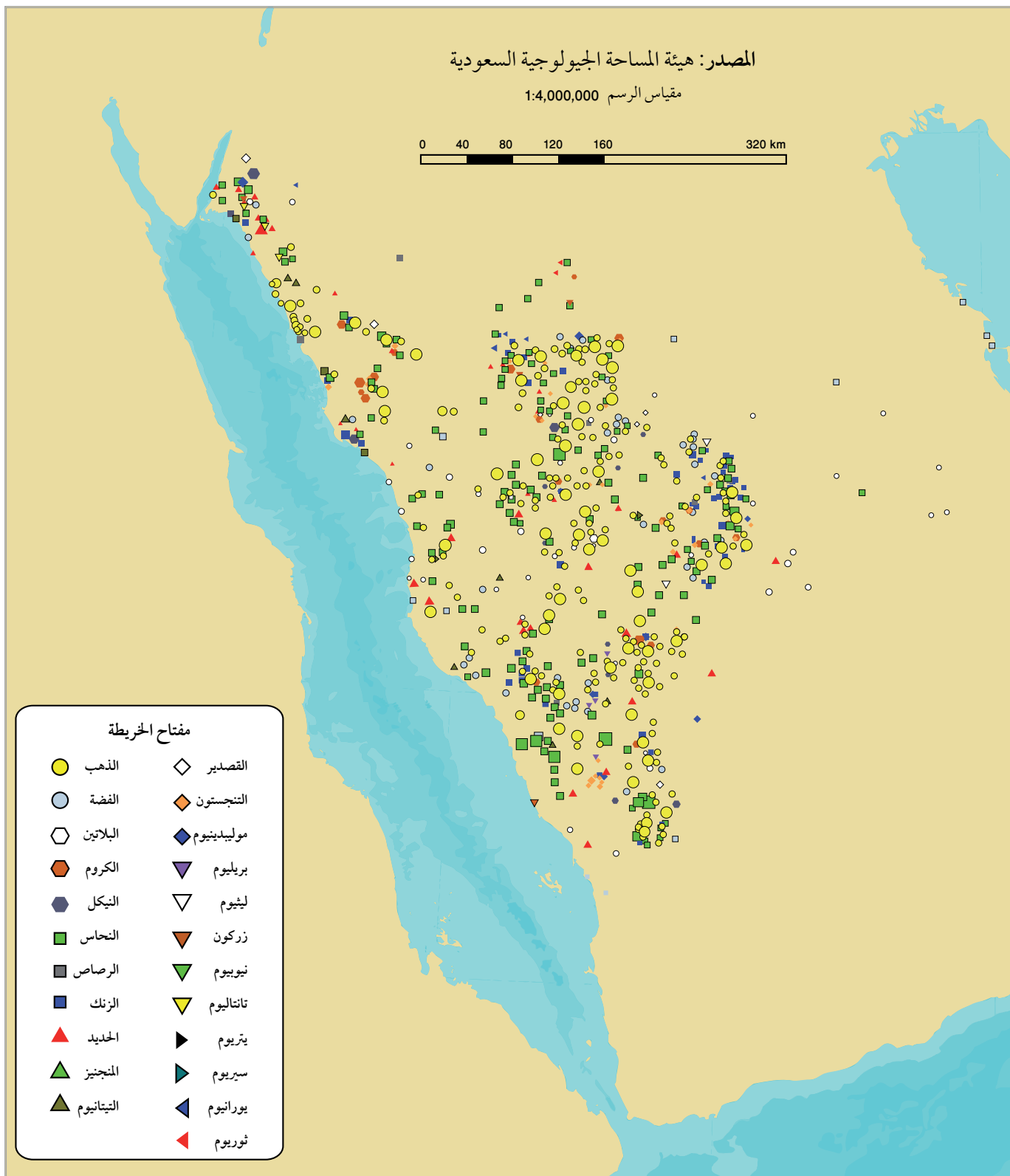
Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36	Europium 63 Eu 151.964
Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)	Americium 95 Am (243)

المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية

تصاحب العديد من المعادن الفلزية والخامات الاقتصادية أنواعاً محددة من الصخور. فالذهب مثلاً يتواجد عادةً في عروق الكوارتز المصاحبة لصخور الجرانيت أو لصخور الديورايت والجرانوديورايت، ويوجد كذلك في الصخور البركانية الغنية بالسيليكا. بينما تصاحب خامات الكوبالت والنيكل والتيتانيوم الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية، ومنها البيردوتيت والسربنتينيت.

وتنتشر المعادن الفلزية في مواقع عديدة من المملكة العربية السعودية، ولكنها تتركز في صخور منطقة الدرع العربي، التي تقع في المنطقة الغربية من المملكة على امتداد ساحل البحر الأحمر، ومن أهم المعادن الفلزية التي تتواجد فيها: الذهب، والفضة، والنحاس. ومن المناجم التي يُستخلص منها الذهب: مهد الذهب، والأمار، والصخيرات، ومن المناجم التي تُظهر الدراسات الجدوى الاقتصادية من استغلال الذهب منها: حجر حمضة، وظلم، والدويحي.

وكانت بداية التنقيب عن المعادن الاقتصادية في المملكة عام 1930م، عندما طلب المغفور له الملك عبد العزيز آل سعود من الجيولوجي الأمريكي توثيشل التنقيب عن النفط والمعادن الاقتصادية في أراضي المملكة، وقد أكد هذا الجيولوجي تواجد الذهب في منطقة الحجاز. ومن ثم بدأ التنقيب عن الذهب واستغلاله من منجم مهد الذهب منذ عام 1939م بإشراف نقابة التعدين العربية السعودية. وفي عام 1960م تم إنشاء المديرية العامة للثروة المعدنية، ثم تغير اسمها في عام 1993م إلى وكالة الوزارة للثروة المعدنية؛ وكانت الجهة المنوط بها البحث والتنقيب واستغلال الثروات المعدنية الاقتصادية في المملكة. وفي عام 1999م تم تأسيس هيئة المساحة الجيولوجية السعودية التي أصبحت مسؤولة عن عمليات البحث والتنقيب عن المعادن في المملكة. وتبني الهيئة سياسات تعتمد على إجراء العديد من الدراسات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، آخذين في الاعتبار النظريات الحديثة حول نشأة المعادن الاقتصادية وتكوّنها؛ من أجل تحديد أماكن المعادن الفلزية وكمياتها، ودراسة الجدوى الاقتصادية من استغلالها.



(أ)

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

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 للصهارة.

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

(ب)

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

البنئر الارتوازية Artesian well: بئر محفورة في خزان ارتوازي يتدفق منها الماء فوق الأرض على شكل نافورة بسبب ضغط الماء الكبير فيه.

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 خشنة الحبيبات بصورة غير عادية وتحتوي على خامات نادرة مثل الليثيوم.

(ت)

التبلور الجزئي fractional crystallization: عملية تبلور بعض المعادن من الصهير في درجات حرارة مختلفة تؤدي إلى إزالة بعض العناصر منه فتتغير مكوناته 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 كيميائياً مع الأحماض والماء والأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون.

التجوية الميكانيكية mechanical weathering: نوع من التجوية وتسمى أيضاً التجوية الفيزيائية حيث تفتت الصخور والمعادن إلى قطع أصغر، ولا يحدث فيها أي تغير في مكونات الصخر، بل يتغير حجم الصخر وشكله فقط.

التحول الإقليمي Regional Metamorphism: أحد أنواع التحول، يحدث لمناطق واسعة من القشرة الأرضية عندما تتعرض لدرجة حرارة وضغط مرتفعين، مما يؤدي إلى تغير في التركيب المعدني للصخور وحدوث طي في الطبقات.

التحول بالتماس Contact Metamorphism: أحد أنواع التحول، يحدث عندما تلامس مواد مصهورة صخوراً صلبة، ويكون تأثيرها محدوداً ومحلياً.

التحول الحراري المائي Hydrothermal

Metamorphism: أحد أنواع التحول يحدث عندما تتفاعل مياه ساخنة جداً مع الصخر فتغير مكوناته الكيميائية والمعدنية.

(د)

دورة الصخر Rock cycle : مجموعة عمليات تتغير خلالها الصخور بشكل مستمر من نوع إلى آخر.

(ر)

الرسوبيات sediment : قطع صغيرة من الصخور تحركت وترسبت بفعل المياه أو الرياح أو الجليديات أو الجاذبية.

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

(س)

سلاسل تفاعلات باون Bowen's Reaction Series :

نمط ثنائي التفرع يمثل كيفية تبلور المعادن من الصهارة بترتيب متسلسل يمكن توقعه.

السيليكات silicate : المعادن التي تحتوي الأكسجين والسيلكون مع وجود -على الأغلب- عنصر آخر أو أكثر.

السمنتة cementation : عملية ترسب معادن ذائبة في المياه الجوفية، بين حبيبات الصخور الرسوبية، مما يسبب تلاحم الحبيبات معًا مشكلةً صخرًا صلبًا.

(ص)

الصخر البازلتية basaltic rock : صخر ناري غامق اللون يحوي قليلاً من السيليكا ويتكون في غالبته من البلاجيوكليز والبيروكسين، مثل الجابرو ولونه غامق.

التراص Compaction : تقارب حبيبات الرسوبيات بسبب الضغط الناتج عن وزن الرسوبيات التي تعلوها، مما يؤدي إلى تغيرات فيزيائية في الصخر.

التركيب البلوري crystalline structure : بناء داخلي منتظم لدقائق البلورة في معظم المواد الصلبة مما يعطيها شكلاً وحجماً محددين.

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

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

التطبّق المتدرج graded bedding : نوع من التطبق تترتب فيه الحبيبات الأثقل والأكبر حجماً نحو أسفل.

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

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

(خ)

الرخام ore : صخور تحتوي على معادن يمكن استخلاص فلز أو أكثر منها بصورة اقتصادية بالتعدين.

الخزان الارتوازي artesian aquifer : الخزان المائي الجوفي الذي تقع مياهه تحت الضغط.

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

الصواعد Stalagmite : حجارة مترسبة على أرضية الكهف على شكل هرم صغير مكون من كربونات الكالسيوم.

(ض)

الضخ الجائر Overpumping : زيادة معدل سحب المياه من البئر على معدل تعويض المياه فيه بواسطة الأمطار.

(ط)

الطبقة العازلة aquiclude : طبقة غير منفذة تحجز الماء وتمنعه من التدفق كالطين وحجر الطمي والطفل.

(غ)

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

(ف)

الفتات clasts : قطع الصخر أو المعدن المتكسرة والمتحللة بفعل التجوية والتعرية، وتصنف تبعاً لأحجامها وأشكالها.

(ق)

القساوة hardness : مقياس لقابلية المعدن للخدش.

(ك)

الكمبرليت kimberlite : صخور نادرة فوق قاعدية تحتوي الألماس ومعادن أخرى، تكوّنت تحت ضغط هائل جداً.

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

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 تتشكل من استقرار الرسوبيات الفتاتية المفككة وتتراكم على سطح الأرض وتصنف وفقاً لأحجام حبيباتها.

الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks : صخور رسوبية تتكون بفعل ترسب المواد الذائبة في المسطحات المائية عندما يزيد تركيزها على حد الإشباع، ومن أمثلتها الجبس.

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks : صخور رسوبية تتكون من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الماضي، ومن أمثلتها صخور الفوسفات والحجر الجيري.

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

الصخور المتوسطة Intermediate rocks : صخور محتواها من السيلليكا متوسط بين الصخور البازلتية والجرانيتية، ويتكون معظمها من معدني البلاجيوكليز والهورنبلند، ومن أمثلتها صخر الديوريت.

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

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

(و)

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

(هـ)

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

الهرم الرباعي الأوجه (هرم التسيديكا) tetrahedron: جسم هندسي صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم.

(ي)

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

الينبوع الساخن hot spring: ينبوع تزيد درجة حرارته على درجة حرارة جسم الإنسان البالغة 37°C.

الينبوع الفوار geyser: ينابيع ساخنة فوارة بصورة منتظمة.

(ل)

اللابة lava: الصهارة التي تتدفق على سطح الأرض.

(م)

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

المخدش streak: لون مسحوق المعدن.

متورقة foliated: صخور متحولة تمتاز بترتيب المعادن المكونة لها في صفائح أو أحزمة.

المسامية porosity: الحجم الكلي للمسامات في الصخر. وتزداد بزيادة درجة فرز حبيبات الصخر.

المعدن mineral: مادة طبيعية صلبة غير عضوية، لها مكونات كيميائية معيّنة، وبناء بلوري محدد.

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

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

(ن)

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

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