KINGDOM OF BAHRAIN

Ministry of Education

مَمْلَكَةُ البَحْرَيْن

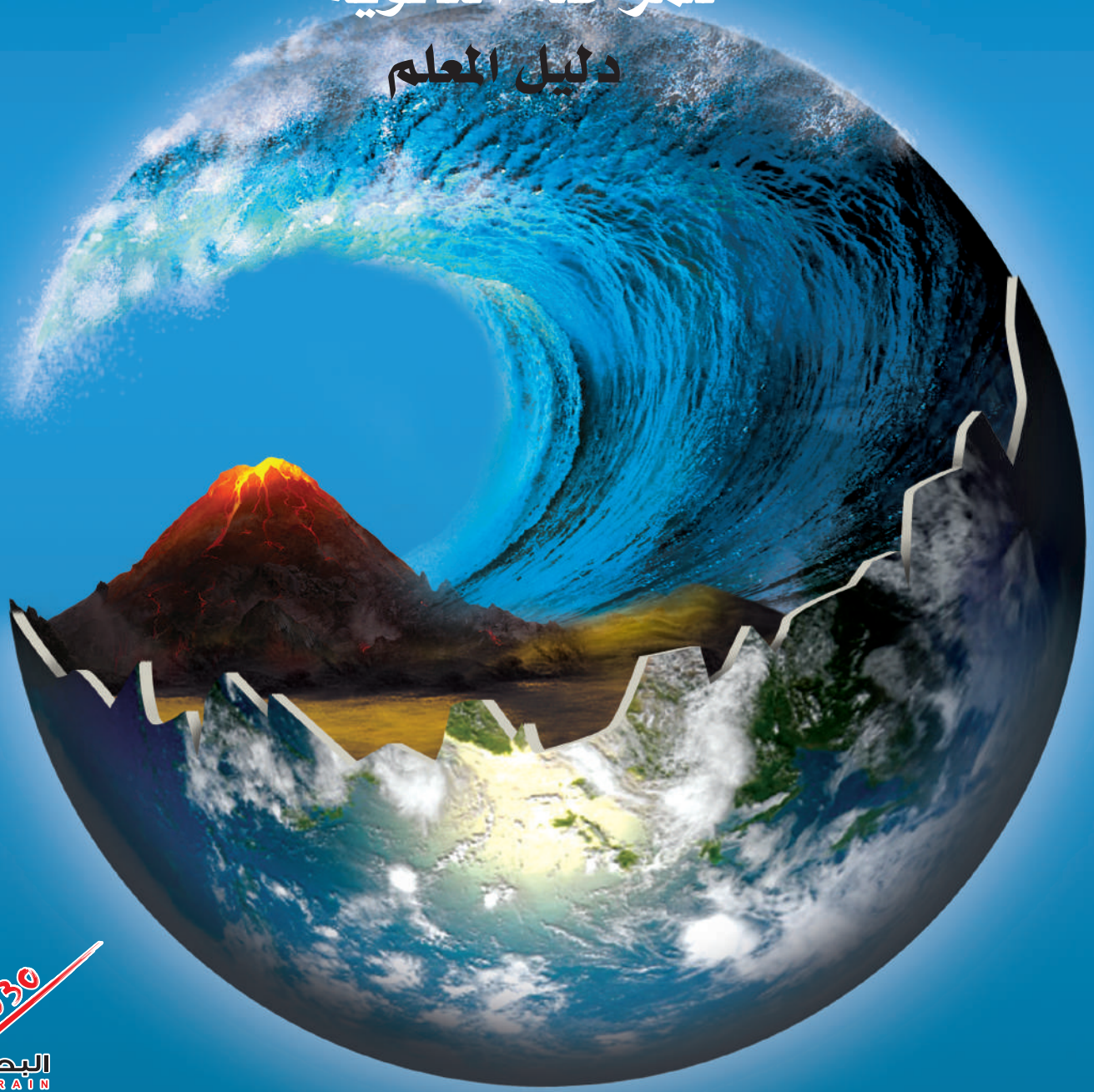
وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيم

جيو ٢١١

الجيولوجيا ١

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم



البحرين ٢٠٣٠ BAHRAIN

جيو ٢١١

قررت وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين اعتماد هذا الدليل لتدريس الجيولوجيا ١ بمدارسها الثانوية

إدارة سياسات وتطوير المناهج

الجيولوجيا ١

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم

الطبعة الأولى

١٤٣٥هـ - ٢٠١٤م

العبيكان Obeikan

Mc Graw Hill Education

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

الجيولوجيا ١

أعدّ النسخة العربية

شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة

د.محمود عبداللطيف حبوش

د. محمد عبدالكريم قعدان

محمد أبراهيم الأمير

التعريب

أ.د غازي عبدالفتاح السفاريني

المواءمة المحلية لنسخة مملكة البحرين

خلود يوسف عبدالله بوجيري

عوني أحمد خضر مصاروة

مراجعة نسخة مملكة البحرين

كلثوم محمد شريف

سعيد عباس أحمد

التحرير اللغوي

عمر الصاوي

حسن فرغلي

أحمد عليان

إعداد الصور

د. سعود بن عبد العزيز الفراج

الإشراف

د. أحمد محمد رفيع

المراجعة والتطوير

فريق متخصّص من وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين.

www.obeikaneducation.com

www.macmillanmh.com

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٩ م.

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

English Edition Copyright © 2008 the McGraw-Hill Companies. Inc.
All rights reserved.

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

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 و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

حضرة صاحب الجلالة الملك حمد بن عيسى آل خليفة

ملك مملكة البحرين المعظم

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

أخي المعلم / أختي المعلمة

يأتي دليل المعلم لكتاب الجيولوجيا 1 للمرحلة الثانوية في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم وتحديثها بمملكة البحرين، والذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم وتعلم الرياضيات والعلوم.

لقد وضع هذا الدليل بحيث يرتبط مباشرة مع كتاب الطالب، وهو يتضمن كمًّا مناسبًا من المعلومات والإرشادات المتعلقة باستراتيجيات التدريس والتقويم والمعلومات الإضافية، والعروض العملية بأشكالها المختلفة، فضلاً عن المصادر التقنية واستعمال الإنترنت، مما يوفر لك خيارات عديدة لإنجاح عملية التعليم والتعلم، وتنفيذها وفق أحدث الأساليب التربوية. وإنا لنرجو ـ من خلال تنفيذك الدروس ـ التركيزَ على مشاركة الطلبة الفاعلة، من خلال التعلم الذاتي، والعمل في مجموعات، والمشاركة في المناقشات، والنشاطات العملية، والعروض الصفية، والمشاريع البحثية، وغيرها.

ونحن إذ نضع بين يديك هذا الدليل فإنا نأمل أن يكون مرشدًا لك، ومصدرًا تستعين به في تخطيط الدروس، وتنفيذها بما يتلاءم مع مستويات الطلبة والبيئة الصفية وأهداف المنهاج. وفي الوقت نفسه نرجو ألا يقيدك، بل يكون مساعدًا لك على تنمية مهاراتك التعليمية، وإبراز قدراتك الإبداعية في وضع البدائل حيثما رأيت ذلك مناسبًا.

والله نسأل أن يحقق هذا الدليل الأهداف المتوخاة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

قائمة المحتويات

نظرة عامة إلى دليل المعلم 7a

السلامة في المختبر 8a

رموز السلامة في المختبر 8d

المواد المخبرية 9a

الفصل 1

مخطط الفصل 1 ..... 10b

المعادن 10

دليل مراجعة الفصل 30

الفصل 2

مخطط الفصل 2 ..... 36b

الصخور النارية 36

دليل مراجعة الفصل 51

الفصل 3

مخطط الفصل 3 ..... 56b

الصخور الرسوبية والمتحولة 56

دليل مراجعة الفصل 77

الفصل 4

مخطط الفصل 4 ..... 82b

المياه الجوفية 82

دليل مراجعة الفصل 99

مرجعيات الطالب

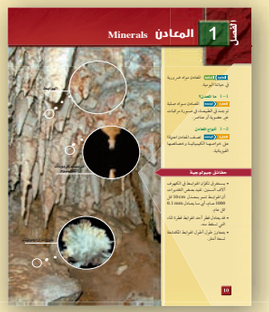
صفات المعادن ذات البريق الفلزي 105

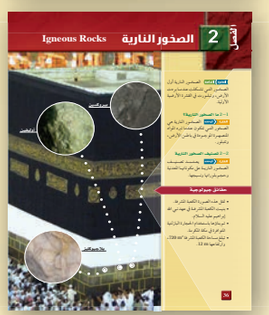
صفات المعادن ذات البريق اللافلزي 106

الصخور 107

الجدول الدوري للعناصر 108

المصطلحات 110





إطار عمل البرنامج

أهلاً بك عزيزي المعلم في دليل معلم الجيولوجيا 1، الذي أعد اعتمادًا على سلسلة جلنكو في الجيولوجيا، وعلى مدخلات مستمدة من معلمي الجيولوجيا ذوي الخبرة، ومن مستشارين تربويين. يهدف الدليل إلى تزويدك بأنشطة واستراتيجيات تدريس تعتمد على البحث، وهي معنونة تحت زاوية مواقع للاستعمال.

تعليمات مبنية على المعايير

مواقع للاستعمال

- تطبق الاستراتيجيات والأنشطة مباشرة على المحتوى.
- تشير أحرف الأيقونات المختصرة أين يدرس كل مفهوم ومتى؟

المراجعة والتعزيز

- القوالب- دعم مقدم متدرج لتعزيز المهارات والمحتوى- وهو متداخل ضمن الدروس.
- يختبر التقويم البنائي فهم الطلبة للمفاهيم المفتاحية، ويقدم فرصًا لإعادة التدريس في نهاية كل قسم.

طرائق تدريس متنوعة

- تساعد أنشطة المستويات المختلفة وخيارات طرائق التدريس المتنوعة على تلبية حاجات جميع الطلبة.

بناء هرمي

- **مستوى ١:** تم تنظيم موضوعات الجيولوجيا في السلسلة حول خمسة موضوعات رئيسة: التغيير، والتراكيب، والزمن الجيولوجي، والأنظمة، والاستقصاء العلمي.
- **مستوى ٢:** الفكرة العامة لكل فصل فكرة عامة، تلخص محتوى الفصل في جملة رئيسة موجزة جدًّا.
- **مستوى ٣:** الفكرة الرئيسة لكل قسم في الفصل فكرة رئيسة تصف موضوعه. وتدعم الأفكارُ الرئيسةُ الأفكارَ العامة في الفصل.

التقويم

- تُزوَّد أقسام الفصول بتمارين معيارية.
- لكل فصل أنواع مختلفة من التقويم.
- يقيس التقويم مدى إتقان الطلبة للأهداف.

نظرة عامة إلى دليل المعلم

طرائق تدريس متنوعة

تحديد مستويات النشاط

لقد حددت استراتيجيات التدريس والأنشطة بما يتلاءم ومستوى الطلبة، وقد تم ترميزها على النحو الآتي:

ف م أنشطة للطلبة الذين فـــوق مستوى المتوسط.

ض م أنشطة للطلبة الذين ضمن مستوى المتوسط.

د م أنشطة للطلبة الـذين دون مستوى المتوسط.

الإجابات والدعم الإضافي

يتضمن دليل المعلم ما يلي :

- إجابات الأسئلة الواردة في كتاب الطالب.
- عروضًا عملية وأنشطة تساعدك على طرح المفاهيم الرئيسة بسهولة ويسر.
- خلفية نظرية للمحتوى تزودك بمعلومات إضافية.
- استراتيجيات وطرائق تدريس متنوعة تساعدك على تلبية حاجات جميع الطلبة.

تخطيط الفصل

تظهر صفحات تخطيط الفصل في بداية كل فصل، وتشتمل على:

مخطط الفصل يحدد جميع أهداف الفصل، والمواد التي تحتاج إليها بالتفصيل لتدريس موضوعات الفصل.

قائمة المصادر تعرض المواد والأدوات التي يتطلبها تدريس كل فصل.

الفصل 3

الصخور الرسوبية والمتحولة

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

3–1 نشأة الصخور الرسوبية

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

3–2 أنواع الصخور الرسوبية

الفكرة: تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.

3–3 الصخور المتحولة

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

56a

مخطط الفصل 3

الصخور الرسوبية والمتحولة

الأهداف	المواد والأدوات المستعملة	الزمن المقترح
3–1 تشكل الصخور الرسوبية 1. يتتبع تشكّل الصخور الرسوبية. 2. يوضح عملية التصخّر. 3. يصف مظاهر الصخور الرسوبية.	تجربة استهلالية صفحة 57: صورة لطبعات أقدام محفوظة في صخور رسوبية. عرض عملي صفحة 58: الجرانيت، مبرد، مطرقة، حمض الهيدروكلوريك المخفف. تجربة صفحة 60: رسوبيات، قنينة سعة 200 mL مع غطاء، ماء.	10 دقائق 10 دقائق 15 دقيقة
3–2 أنواع الصخور الرسوبية 1. يصف أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية. 2. يوضح كيفية تشكّل الصخور الرسوبية الكيميائية. 3. يصف الصخور الرسوبية الحيوية.		
3–3 الصخور المتحوّلة 1. يقارن بين أنواع الصخور المتحوّلة وأسباب تشكّلها. 2. يميز بين أنسجة التحوّل. 3. يفسر كيفية حدوث التغيّرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحوّل.	مختبر الجيولوجيا صفحة 76: عينات صخرية (صخر رملي، الحجر الطيني، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، أردواز، رخام، نايس)، عدسة مكبّرة يدوية، ورقة، ميزان، مخبار مدرّج سعة 100 mL ، ماء.	120-60 دقيقة

ترميز مستويات الأنشطة والتجارب لمراعاة الفروق الفردية

ق م	ع م	د م	تعلم تعاوني
أنشطة للطلبة الذين هم فوق المستوى (المميزين).	أنشطة للطلبة الذين هم ضمن المستوى.	أنشطة للطلبة الذين هم دون المستوى.	أنشطة صُممت لمجموعات عمل صغيرة متعاونة.

56b

مفتاح المستويات يصف طرائق التدريس المتنوعة المستعملة في دليل المعلم.

تدريس الفصل

الفكرة العامة هي أنشطة تساعد الطلبة على فهم التركيب المفاهيمي للفصل، ابتداءً بالفكرة العامة التي تشمل الفصل، وانتهاءً بالأفكار الرئيسة التي هي محور موضوعات كل قسم فيه.

دعم المحتوى

يقدم نظرة عميقة حول أهم مفاهيم الفصل.

تزودك دورة التدريس الثلاثية الخطوات بإرشادات ضرورية في كل درس؛ لإثراء الدرس، وتلبية حاجات الطلبة المختلفة، وتتضمن ما يلي:

١. التركيز. يؤدي تدريس مجموعة من المفاهيم أو المهارات إلى تركيز انتباه الطلبة.

٢. التدريس. يقدم أنواعًا مختلفة من استراتيجيات التدريس الفعالة.

٣. التقويم. تزودك استراتيجيات تقويم المهارة، والمعرفة، والأداء بطرائق مختلفة لتقويم الطلبة.

التقويم: أقسامه

توفر نشاطات الطلبة والأسئلة المتضمنة في الكتاب فرصًا للتقويم البنائي (التكويني) والتقويم عامة.

3. التقويم

التحقق من الفهم

فسر اطلب إلى الطلبة أن يفسروا لماذا تعدّ الآبار الارتوازية أقل عرضة للتلوث من الآبار العادية. لأن الآبار الارتوازية محمية من التلوث الناتج عن سطح الأرض لوجود الطبقات الكتيمة حول مياه تلك الآبار.

إعادة التدريس

استعمال النماذج اطلب إلى الطلبة التخطيط لنموذج بئر ارتوازية في خزان مائي جوفي محصور يعلوه خزان مائي جوفي غير محصور، على أن يكون حجم النموذج مناسبًا لاستعماله في المختبر. واطلب إلى الطلبة إعداد خطة إعداد النموذج على السبورة مع تضمينها المواد الجيولوجية المنفذة وغير المنفذة التي يستعملونها في تصميمه، واطلب إليهم مناقشة كل من هندسة النموذج، والطبقة الضرورية، ومكان منطقة التزويد بالمياه، ومواقع الآبار في النموذج التي ستمثل آبارًا عادية وآبارًا ارتوازية متدفقة وغير متدفقة، ومنسوب الماء في البئر. عمل تعاوني

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة أن يقارنوا باستعمال الرسم بين الآبار الارتوازية المحفورة في الخزانات المائية الجوفية المحصورة والآبار العادية المحفورة في الخزان المائي الجوفي غير المحصور، على أن يضمنوا رسومهم منطقة التغذية، وسطح الضغط، وسطح الأرض، وخزانًا مائيًّا جوفيًّا محصورًا، وبئرًا ارتوازية متدفقة، ومنسوب الماء في البئر العادية، ومخروط الانخفاض.

التقويم 2-4

1. لو ضُخت مياه الآبار ضخًّا جائرًا لكان مورد المياه الجوفية يقل وينخفض منسوب الماء. ولو ضُخت مياه الآبار ضخًّا جائرًا بالقرب من البحار والمحيطات فإن الماء المالح يرشح ويلوث المياه الجوفية.
2. البئر الارتوازية واقعة تحت الضغط؛ لأنها محفورة في خزان محصور واقع تحت الضغط بسبب أن قمة منحدر منسوب الماء يقع تحت تأثير الجاذبية الأرضية.
3. تتنوع الرسوم. يجب أن تبين الرسوم أن الآبار الارتوازية تسحب المياه من الخزان المائي الجوفي المحصور، في حين تسحب الآبار العادية المياه من الخزان المائي الجوفي غير المحصور.
4. تتنوع التجارب، غير أنها يجب أن تتضمن أن الطبقة الكتيمة حاجز غير مُنفذ.
5. يمكن التقليل من تلوث المياه الجوفية في منطقة سكنية بتقليل استعمال المبيدات والمواد الكيميائية في مجالات الزراعة والتنظيف في المنازل.

الكتابة في الجيولوجيا

6. كلما زادت نفاذية الخزان المائي الجوفي سهل انتقال الملوثات منه وإليه.

96

الجدول 2-4 مصادر تلوث المياه الجوفية

الرشح من الأسمدة
التسرب من أماكن التخزين في عطات الوقود
تسرب مياه حفية من الناجم
التسرب من الحفر الامتصاصية غير المبطنة
تداخل المياه المالحة بالمياه العذبة في الخزانات المائية القريبة من الشواطئ
التسرب من مكبات النفايات
الاشعاعات

حماية مواردنا المائية
Protecting our Water Supply

هناك عدة طرائق لحماية موارد المياه، وتجنبها من الملوثات؛ لذا عليكَ أن تتعرف مصادر تلوث المياه الجوفية الرئيسة، والموادّ في الجدول 2-4، أما علامات التلوث فيمكن مراقبتها من خلال آبار المراقبة، وباستخدام تقنيات أخرى. وتنتشر معظم مصادر التلوث بطء شديد، مما يتيح وقتًا كافيًا للبحث عن مصادر مياه بديلة، وفي بعض الحالات يمكن إيقاف حركة الملوثات من خلال بناء طبقات كتيمة تحت الأرض تحيط بالمنطقة الملوثة. وأحيانًا يتم ضخ المياه الجوفية الملوثة إلى السطح لمعالجتها كيميائيًا. ومما يجدر ذكره أن العمل بهذه الإجراءات يُسهم في تحقيق نجاح محدود. لذا لا يمكن حماية موارد المياه بالاعتماد على هذه الإجراءات فقط؛ إذ لا بد أن يعي الإنسان أن النشاطات التي يمارسها تؤثر سلبًا في نظام المياه الجوفية؛ حتى يتمكن من حمايتها.

التقويم 2-4

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

96

التقويم يوفر تقويمًا في منتصف الفصل للمفاهيم الأساسية. يقتضي من الطلبة أن يُظهروا مستويات تفكير عُليا ويستعملوا المهارات الكتابية.

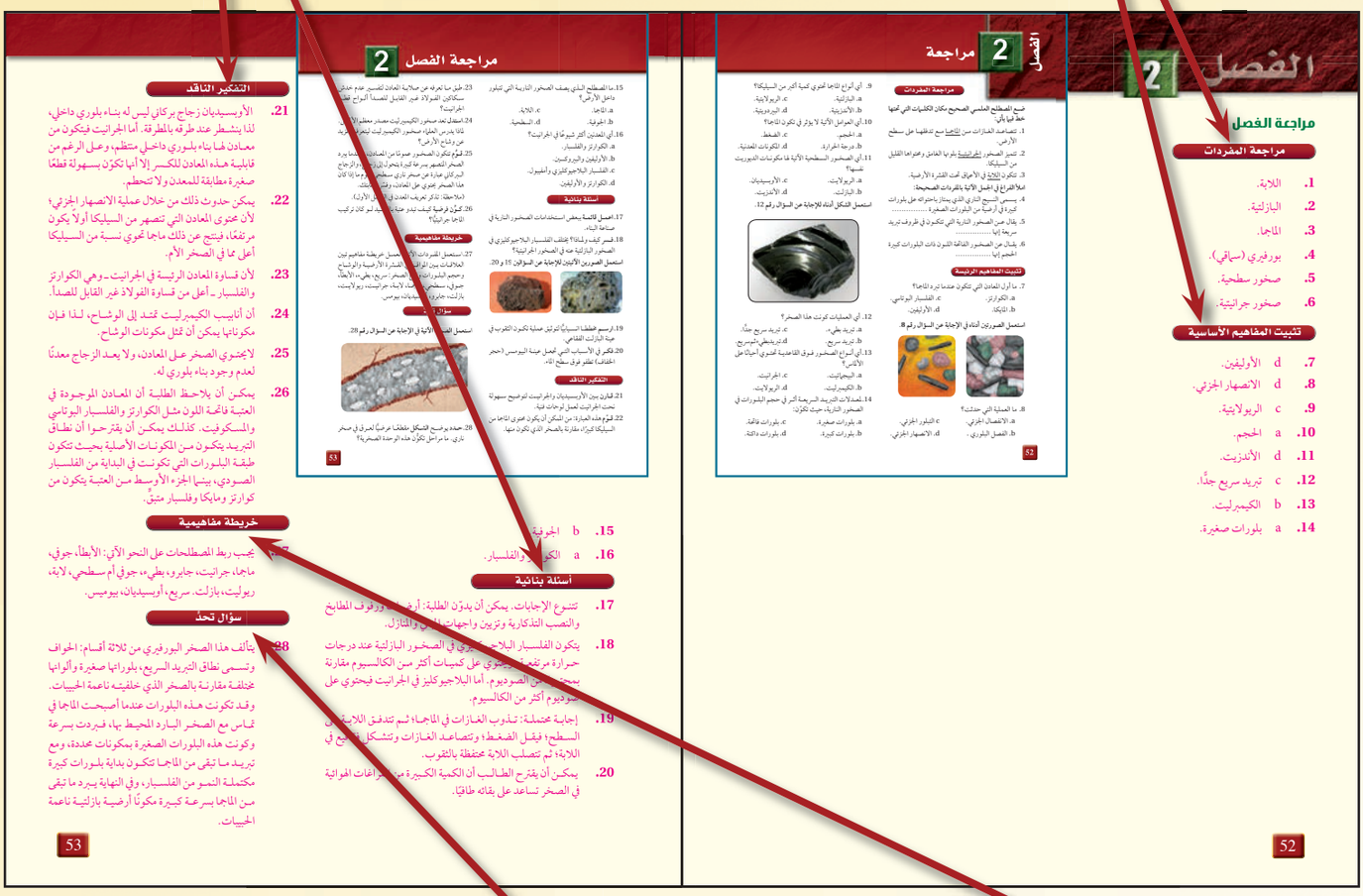
تقويم أقسام الفصل يزود الطلبة بملخص للمفاهيم والأسئلة التي ترتبط مع الأهداف التعليمية في كل قسم.

الإجابات يشتمل دليل المعلم على إجابات عن أسئلة التقويم جميعها .

تقويم الفصل

مراجعة المفردات وتثبيت المفاهيم الرئيسة يقوّمان استيعاب المفردات الرئيسة والمفاهيم لجميع أقسام الفصل بصورة شاملة.

الأسئلة البنائية والتفكير الناقد يتطلب من الطلبة أن يُظهروا مستويات تفكير عُليا، ويستعملوا المهارات الكتابية.



الفصل 2

مراجعة الفصل

مراجعة المفردات

1. اللابة.
2. البازلتية.
3. الماجما.
4. بوروفيري (سماقي).
5. صخور سطحية.
6. صخور جرانيتية.

تثبيت المفاهيم الأساسية

7. d الأوليفين.
8. d الانصهار الجزئي.
9. c الريولايتية.
10. a الحجم.
11. d الأنديزيت.
12. c تبريد سريع جدًّا.
13. b الكيمبرليت.
14. a بلورات صغيرة.

خريطة مفاهيمية تربط مفاهيم الدرس بعضها مع بعض.

سؤال تحدٍّ سؤال يثير تفكير الطالب، وهو موجه إلى الطلبة ذوي المستوى المتقدم.

دليل الطالب:

يحتوي دليل الطالب على معلومات توجه الطالب للاستفادة بشكل فاعل من كتاب الجيولوجيا 1.

- ناقش الطلبة في محتويات دليل الطالب في بداية تدريس الكتاب الدراسي، مع التركيز على الأفكار والمفاهيم الرئيسة في الدليل، ومنها الفكرة العامة، والفكرة الرئيسة، والتقويم.
- خصص جزءًا من الحصة الأولى في كل فصل لتطبيق الأفكار الواردة في الدليل.

السلامة في المختبر

صُمّمت كراسة التجارب العملية لمادة الجيولوجيا 1، للتقليل من مخاطر المختبر؛ إذ يقلل التخطيط الجيد والتحضير السليم من أخطار وقوع الحوادث.

ولكي تتمكن من التخزين الجيد والإدارة الصحيحة لمواد المختبر لابد لك من الاطلاع على الإرشادات الآتية:

الحماية الشخصية

لابد من استعمال وسائل الحماية الشخصية عند التعامل مع المواد الخطرة. ومن هذه الوسائل: النظارات الواقية، ومعطف المختبر، والحذاء المناسب، والقفازات.

نظارات العين

يجب أن تكون النظارات الواقية للعين ذات مواصفات خاصة، سواء استعملت في المختبر أو في الرحلات الميدانية؛ وذلك لحماية العين. ومن هذه المواصفات أن تكون كبيرة الحجم؛ حتى تحمي العين تمامًا من الغبار والمواد المتطايرة والأبخرة والرذاذ، وقد يتطلب هذا أن تُحاط بإطار مطاطي يمنع دخول أي مادة كيمائية خطرة إلى العين.

القفازات الواقية

تحمي القفازات الواقية الأيدي من الحرارة المرتفعة، والمواد الكيميائية الخطرة، ونقل الملوثات (الجراثيم) من شخص إلى آخر، فضلاً عن امتصاصها للعرق. وينبغي التأكد من سلامتها قبل استعمالها، وأن تكون بحالة جيدة، وخالية من الشقوق والثقوب. وبعد الانتهاء من استعمالها تخلع من اليدين، بدءًا بالرسغ في اتجاه الأصابع، مع مراعاة عدم ملامسة سطحها الخارجي للجلد. وإذا كان هناك بعض الطلبة أو المعلمين يعانون من حساسية الجلد فلا بد من توافر قفازات خاصة بهم.

القفازات ووظيفتها	
نوع القفازات	وظيفتها
البلاستيكية	تقي من المواد الحارقة والمهيجة.
اللاتكس (المطاط الصناعي)	تقي من المواد البيولوجية. ويجب التخلص منها بعد استعمالها. (يمكن أن يُعاني بعض الناس من حساسية لهذه المادة قد تؤدي إلى مشكلات طبية خطيرة).
المطاط الطبيعي	يقي من الصدمات الكهربائية والمواد الحارقة الخفيفة.
القطن	يمتص العرق، ويلبس تحت قفازات المطاط الطبيعي.
النيوبرين	يُستعمل عند التعامل مع المذيبات والزيوت والمواد الحارقة الخفيفة.
الأسبستوس	عازل للحرارة (لاحظ أن الأسبستوس مادة مسرطنة، لذا تحمل قفازات الأسبستوس علامة تحذير من خطر السرطان).

معطف المختبر

صُمّم معطف المختبر لحماية الجلد والملابس العادية من آثار المواد الكيميائية والعضوية والمعدات الحادة. لذا لا بد أن يكون مناسبًا للشخص، وأن يرتديه طوال بقائه في المختبر.

ويكون معطف المختبر عادة واقيًا من الحريق، ويصنع من القطن بسماكة كافية لامتصاص السوائل والأبخرة، وحماية الجسم من خطر الحواف الحادة، والأجسام المتناثرة وغيرها.

الوقاية من الحرائق

الحرائق أكثر الحوادث تكرارًا في المختبرات العلمية، وتعد الوقاية من حدوث الحريق أمرًا مهمًّا جدًّا، وهو يتوقف على مدى فهمنا للاحتراق، وأسباب حدوثه. فوجود الهواء يوفر الأكسجين الذي يحتاج إليه نشوب الحريق. أما أكثر الأماكن عرضة للحريق فتلك التي تحتوي على مصادر الوقود.

وتُصنّف الحرائق تبعًا للخصائص الكيميائية للوقود في مجموعات أساسية على النحو الآتي:

- **المجموعة أ**: المواد المشتعلة العادية ومنها الورق والخشب وغيرهما.
- **المجموعة ب**: المذيبات العضوية ومنها الأسيتون والكحول والإيثير.
- **المجموعة جـ**: التمديدات الكهربائية، والشحنات الكهربائية الساكنة.
- **المجموعة د**: الفلزات النشطة، ومنها الصوديوم والبوتاسيوم والماغنيسيوم.

لقد اعتُمدت هذه المجموعات في العديد من التصنيفات المختلفة للمواد المشتعلة، لتحديد أنواع الطفايات الملائمة لإطفاء الحرائق على اختلاف أنواعها، وتحديد أماكن حدوثها. وخصوصًا في قاعات تدريس العلوم، ومختبراتها، وأماكن تخزين المواد الكيميائية وتحضيرها. لذا لا بد من اتخاذ الاحتياطات الآتية:

- تَعرُّف مصادر الاشتعال الموجودة في المختبر، ومنها اللهب المشتعل والمعدات الحرارية والكهربائية.
- شراء الحد الأدنى الضروري فقط من المواد القابلة للاشتعال وتخزينها.
- تجنب تخزين السوائل القابلة للاشتعال في الثلاجات العادية؛ فهناك ثلاجات مقاومة للانفجار وجدت لهذه الغاية.
- تخزين المواد القابلة للاشتعال في علب خاصة، وداخل خزائن مخصصة لذلك.
- التأكد من سلامة التمديدات الكهربائية، وتأريض المقابس الكهربائية.

وبالإضافة إلى ذلك لا بد من احتواء المختبرات وقاعات تدريس العلوم وأماكن التخزين والتحضير على بطانيات الحريق والطفايات المناسبة.

طفايات الحرائق

لا بد من توافر الطفايات اليدوية في كل مدرسة للوقاية ضد الحريق، ولا بد من تخصيص طفاية متعددة الأغراض لكل قاعة أو مختبر أو لغرف التخزين والتحضير. ويشترط في ذلك ما يأتي:

- وضع الطفاية في مكان نظيف وواضح، بحيث يسهل رؤيتها والوصول إليها.
- صيانة الطفايات بصورة دورية.
- استعمال الطفايات عن طريق أشخاص مدربين جيدًا، سواء أكانوا معلمين أو طلبة.

بطانيات الحرائق

تتم السيطرة على الحريق عن طريق اختيار أفضل أدوات المكافحة، ومنها البطانيات التي تصنع من ألياف خاصة. ويجب وضع البطانية في مكان مناسب في جميع مختبرات العلوم؛ حيث تستعمل وتُخزّن المواد الكيميائية الخطرة. كما يجب أن تستعمل على نحوٍ سريع إذا لم يكن الوصول إلى خراطيم الإطفاء أو الطفايات متاحًا.

السلامة في المختبر

الوقاية من الكهرباء

يجب مراعاة سبل السلامة الكهربائية في جميع غرف العلوم وفي المختبرات والمستودعات وغرف التحضير. وفيما يأتي بعض الإرشادات التي ينبغي مراعاتها لتفادي أخطار الكهرباء:

- تركيب قواطع أرضية لتجنب حدوث الصعقات الكهربائية والحرائق الناجمة عن الكهرباء.
- يجب تأريض جميع مخارج الكهرباء لتجنب الحوادث، كما ينبغي تأمين عدة مخارج كهربائية لتجنب استعمال تمديدات إضافية. وإذا تطلب إضافة صناديق أرضية فإنه يجب إبعادها عن مصادر الماء.
- ينبغي استعمال المنصهر الكهربائي للوقاية من الزيادة المفاجئة في قوة التيار؛ وذلك لحماية الحواسيب والأجهزة الكهربائية الأخرى.
- ينبغي وضع أنظمة إغلاق الطوارئ في أماكن يسهل على العاملين في المختبرات الوصول إليها بسرعة.
- عدم تحميل الدوائر الكهربائية جهدًا كهربائيًّا أكثر مما تتحمل.
- استعمال أنظمة تبريد لا تسبِّب شرارة كهربائية في المختبرات والمستودعات وغرف التحضير؛ لتخزين المواد الكيميائية السريعة الاشتعال.
- يجب أن تكون الأسلاك الكهربائية المستعملة خالية من العيوب، ولا تحتوي على أجزاء مكشوفة.
- ينبغي وضع برامج للسلامة العامة في المدارس للتعامل مع حالات الطوارئ الكهربائية، وتعريف جميع المعلمين بمكان القاطع الرئيس للتيار الكهربائي وصندوق التحكم، وكيفية التعامل معهما، كما ينبغي على الطلبة والمعلم أن يكونوا على معرفة بإرشادات السلامة، وكيفية تشغيل الأجهزة الكهربائية الواردة في التجربة قبل تنفيذها.

رموز السلامة في المختبر

تستعمل هذه الرموز في المختبر، وفي الاستقصاءات الميدانية التي تشير إلى إمكانية حدوث ضرر ما لا قدر الله. عرِّف الطلاب كل رمز وأعدهم إلى هذه الصفحة باستمرار، وذكرهم أن يغسلوا أيديهم جيدًا بعد الانتهاء من التجارب.

الرمز	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، وبقايا المخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبّب ضررًا للإنسان.	البكتيريا، الفطريات ، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، وارتد كمامة وقفازين.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيدًا.
درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجيات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدبّبة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحكمة مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات العث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فوراً.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، تماس كهربائي، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فوراً.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقيًا للغبار وارتد قفازين وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات مثل فوق اكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استُنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات التي يسهل اشتعالها بواسطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم ، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحاً يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (للطالبات)، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

سلامة العين
يجب دائماً ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.

وقاية الملابس
يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعًا أو حريقًا للملابس.

سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة المخلوقات الحية.

نشاط اشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

غسل اليدين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

المواد المخبرية

قائمة الأدوات والمواد

يتضمن هذا الجدول الأدوات والمواد ذات التكلفة القليلة، والتي يسهل الحصول عليها؛ لكي تساعدك على تحضير الدروس طوال العام. ارجع إلى مخطط الفصل في بداية كل فصل للحصول على قائمة بالأدوات والمواد المستعملة في كل تجربة.

المواد المستهلكة وغير المستهلكة			
المادة	تجربة استهلالية	التجربة	مختبر الجيولوجيا
مقياس درجة الحرارة (ثرموميتر)			√
كأس (100 mL)			√
كأس (200 mL)			√
مخبار (250 mL)	√		
ميزان ثلاثي الأذرع			√
قطارة			√
مصدر حراري			√
قنينة بغطاء (200 mL)		√	
قنينة بلاستيكية بغطاء			√
مغناطيس			√
عدسة مكبرة	√		√
شريحة مجهر	√		
طبق بتري			√
صندوق أحذية بلاستيكي		√	
منقلة		√	
بلورة كوارتز	√		
قضيب تحريك	√		
لوح المخدش			√
ساعة توقيت			√
طبق (صينية)	√		
لوح زجاجي			√

المواد المستهلكة وغير المستهلكة			
المادة	تجربة استهلالية	التجربة	مختبر الجيولوجيا
طين - صلصال	√	√	
ورق كرتون			√
قطعة نحاس			√
قطعة هاليت			√
حمض الهيدروكلوريك المخفف			√
صخور نارية		√	
رخام			√
عينات معادن		√	√
ورق			√
مشابك ورقية			√
ورق ترشيح			√
مصاصة بلاستيكية		√	
صخر كوارتزيت			√
ملح	√		
رمل	√	√	
حجر رملي			√
محلول الشب المشبع			√
غضار (الطين)			√
أردواز			√
حجر جيري			√
سكر حبيبي	√		
سكر مكعبات	√		
أعواد أسنان		√	
ورق شفاف			√
ماء	√	√	√

الفصل 1

المعادن

الفكرة العامة المعادن مواد ضرورية في حياتنا اليومية.

1–1 ما المعدن؟

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

1–2 أنواع المعادن

الفكرة الرئيسة تصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

مخطط الفصل 1

المعادن

الأهداف	المواد والأدوات المستعملة	الزمن المقترح
1–1 ما المعدِن؟ **1. يعرّف** المعدِن. **2. يصف** كيف تتكون المعادن؟ **3. يصنّف** المعادن حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية.	**تجربة استهلالية**. صفحة 11: حبيبات ملح الطعام (بلورات هاليت)، شرائح مجهر، مجهر، عدسة مكبرة، بلورات كوارتز. **عرض عملي**. صفحة 12: عينات معادن مكعبة الشكل مثل الجالينا، والبيريت، والهاليت وصورًا لبنيتها الذرية. **عرض عملي**. صفحة 16: عرض مواد مختلفة مصنوعة من الفلزات واللافلزات. **تجربة**. صفحة 18 عينات معدنية (عدد 5)، منقلة. **مختبر الجيولوجيا**. صفحة 29 : عينات معادن، عدسة مكبرة، لوح زجاجي، لوح المخدش أو قطعة خزف، مقياس موهس للقساوة، مسمار أو دبوس فولاذي، قطعة نحاس، مشبك أوراق، مغناطيس، حمض الهيدركلوريك المخفف، قطارة، مرجع علمي للمعادن.	15 دقيقة 10 دقيقة 5 دقيقة 20 دقيقة 60 دقيقة
2–1 أنواع المعادن **1. يتعرّف** مجموعات المعادن المختلفة. **2. يوضح** مجسّم السيليكا الرباعي الأوجه. **3. يناقش** كيف تستعمل المعادن؟		

ترميز مستويات الأنشطة والتجارب لمراعاة الفروق الفردية

ف م أنشطة للطلبة الذين هم فوق المستوى (المتميزين).	**ض م** أنشطة للطلبة الذين هم ضمن المستوى.	**د م** أنشطة للطلبة الذين هم دون المستوى.	**تعلم تعاوني** أنشطة صُممت لمجموعات عمل صغيرة متعاونة.

الفصل 1

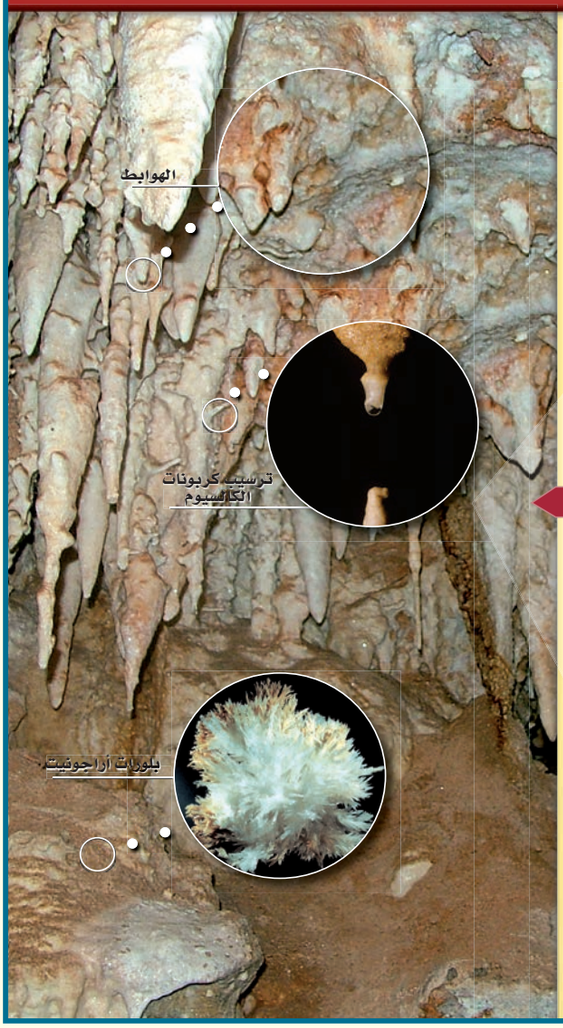
المعادن

الفكرة العامة

استعمال المعادن. أخبر الطلبة أن عددًا قليلاً من المعادن ـ التي يصل عددها إلى 3000 معدن تقريبًا في القشرة الأرضية ـ لها قيمة اقتصادية. وتستعمل هذه المعادن على الرغم من قلتها على نطاق واسع في أغراض عدة. اطلب إلى الطلبة أن يصفوا سبعة أشياء في المدرسة تحتوي على معادن، أو على مواد تم الحصول عليها من المعادن، وأخبرهم بضرورة الاستعانة بالكتب والمراجع.

دعم المحتوى

الكهوف والسياحة يوجد هذا الكهف في سلطنة عُمان، ويسمى كهف الهوتة. ومكوناته دقيقة وحساسة. اسأل الطلبة: هل من الضروري فتح هذا الكهف أمام عامة الناس؟ وما مزايا مثل هذا الإجراء؟ وما عيوبه؟ من مزايا هذا الإجراء مثلاً تشجيع السياحة وزيادة العائدات وإتاحة الفرصة للناس للاطلاع على معالم جميلة. أما عيوبه فتتمثل في الأضرار التي ستلحق بالكهف والنظام البيئي المتعلق به.



الفكرة العامة المعادن مواد ضرورية في حياتنا اليومية.

1–1 ما المعدن؟

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

1–2 أنواع المعادن

الفكرة الرئيسة تصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية.

حقائق جيولوجية

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

10

السبورة التفاعلية

استعمل عروضًا تقديمية (بالبوربوينت) تشتمل على:

- ملخص لمحتوى الفصل.
- صور لمعادن مختلفة.
- عروض متحركة.
- روابط بالموقع التعليمي: www.obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

ما الأشكال التي تتخذها المعادن؟

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

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

الخطوات

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

التحليل

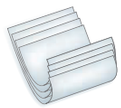
1. **قارن** بين شكل بلورة الكوارتز وبلورة الهاليت.
2. **صف** خواص أخرى لعيناتك المعدنية.
3. **استنتج** سبب الفروق التي شاهدتها.

المطويات منظمات الأفكار

تعرُّف المعادن

اعمل المطوية الآتية لتتعرف الاختبارات (الفحوصات) المستعملة في التعرّف على المعادن.

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



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

الخطوة 3: ثبت الأوراق المطوية معًا بالدبابيس، واكتب أسماء الفحوص المستعملة في تعرُّف المعادن.

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

جيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع
www.obeikaneducation.com

11

تجربة استهلالية

المهارات العلمية الملاحظة والاستنتاج، والتواصل، والمقارنة.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لنموذج السلامة في المختبر قبل بدء التجربة.

استراتيجيات التدريس

- لا تستعمل السكر بوصفه مادة بديلة؛ فالسكر مادة عضوية، وليس معدنًا.
- قس كمية الملح قبل بدء العمل، وضع وعاءً على الطاولة ليستعمله الطلبة في التخلص من الملح . يمكنك تخزين الملح وإعادة استعماله في نشاطات أخرى.

التقويم

المعرفة وزع الطلبة في مجموعات لإيجاد أوجه التشابه والاختلاف بين الخصائص الفيزيائية للعينات في القوائم التي أعدوها. اكتب قائمة بخصائص المعادن على السبورة، واطلب إليهم أن يتناقشوا في الخصائص التي يسهل تعرفها.

التحليل

1. لكل من الهاليت (ملح الطعام) والكوارتز أشكال بلورية مميزة. بلورات الهاليت مكعبة ذات أربعة أوجه. أما بلورات الكوارتز فسداسية ذات ستة أوجه ويمكن أن يكون لها نهايتان مدببتان.
2. كلاهما مادة شفافة لا لون لها، وعلى الرغم من أن الهاليت يمكن أن يكون قليل الشفافية إلا أن الطلبة قد يميزون خصائصه الأخرى ومنها البريق والنسيج.
3. ستتنوع الإجابات. فمن المحتمل أن يدرك الطلبة أن بيئات تكوّن المعادن يمكن أن تختلف؛ فالهاليت يتكوّن بالتبخر، أما الكوارتز فقد يتكوّن بالتبلور من مادة منصهرة.

1-1

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

استيعاب تعريف المعدن اكتب تعريف المعدن على السبورة، واطلب إلى بعض الطلبة توضيح أحد عناصر تعريف المعدن وإعطاء مثال عليه. فعلى سبيل المثال، يعني البناء البلوري أن الذرات أو الجزيئات أو الأيونات مرتبة بصورة منتظمة ومتكررة، وليس للزجاج بناء بلوري حقيقي، لذا لا يُعد معدنًا.

2. التدريس

إثراء

بناء ذري داخلي شجع الطلبة على البحث في البناء الذري والأشكال البلورية للمعادن، غير ما ورد في العرض العملي أسفل هذه الصفحة، واطلب إليهم أن يعرضوا على زملائهم ما توصلوا إليه. ف م

تطوير المفاهيم

معدن أم لا؟ اعرض على الطلبة عينات من الكوارتز والمايكا والملح، واللؤلؤ، والفحم، والسكر، والحديد، والألومنيوم، واطلب إليهم تصنيفها إلى معادن وغير معادن، ودوّن إجاباتهم على السبورة. ثم وضح لهم تعريف المعدن على أنه جسم صلب، غير عضوي يوجد في الطبيعة، وله مكونات كيميائية محددة وبناء بلوري منتظم. استشهد مجددًا بالعينات، واطلب إلى الطلبة أن يتناقشوا فيما إذا كانت العينات متفقة مع التعريف أم لا. ثم أعد تصنيف ما أخطأ فيه الطلبة، وأخبرهم أن كثيرًا من المواد ومنها اللؤلؤ، والفحم الحجري، والعاج، والمرجان والأحجار الكريمة المصنّعة تُصنّف غالبًا على أنها معادن، وهذا غير صحيح.

1-1

الأهداف

- **تعرّف** المعدِن.
- **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
الانفصام
المكسر
الحكاكة
الوزن النوعي

ما المعدن؟ What is a mineral?

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

الربط مع الحياة

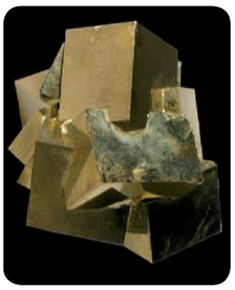
انظر في غرفة صفك، لتجد الفلز في مقعدك والجرافيت في قلمك الرصاص، وزجاج النوافذ.. هذه الأشياء أمثلة على استعمال الإنسان المعاصر لمواد مصنوعة من المعادن.

الخصائص العامة للمعادن
Mineral Characteristics

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

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

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



البيريت

الكالسيت

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

عرض عملي

الترتيب الذري والشكل البلوري اعرض على الطلبة عينات من معادن مكعبة الشكل، ومنها الجالينا، والبيريت، والهاليت، وصورًا لبنيتها الذرية، ثم استعمل هذه الصور لتبين لهم كيف أن البناء الذري الداخلي ينعكس على الشكل البلوري الخارجي.

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

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

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

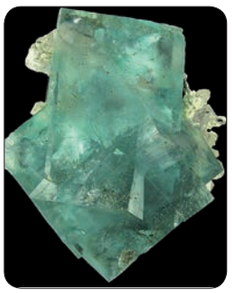
ماذا قرأت؟ صف الترتيب الذري لبلورة ما.

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

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

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

الكوارتز



الفلوريت

13

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة ذوو المستوى المتقدم اعرض على الطلبة قطعًا من الزجاج البلوري (Lead crystal glass)، وأخبرهم أن هذا الزجاج يسمى بلورًا، واطلب إليهم البحث في طبيعة البلورة الرصاصية وكيفية تصنيعها، وهل هي فعلاً بلورة؟ ولماذا سُميت بهذا الاسم؟

الربط مع المعرفة السابقة

حيز للنمو البلوري اطرح على الطلبة السؤال الآتي: هل سبق أن عملتم فقاقيع هوائية باستعمال الصابون السائل؟ دعهم يتخيلوا أنهم يحاولون تكوين هذه الفقاقيع وأيديهم على أفواههم. واربط ذلك مع تكوّن المعادن في أماكن محصورة وغير محصورة. وأخبرهم أن المعادن عامة تتكون إما من الماجما أو من المحاليل، إلا أن الظروف البيئية التي يتكون فيها المعدن تحدد حجمه وشكله. وتأكد من أن الطلبة يعرفون أن أغلب المعادن لا يظهر شكلها الهندسي (الشكل البلوري)، على الرغم من أن ذراتها تظهر مرتبة بطريقة منتظمة وفق نمط معين. فأشكال المعادن وحجومها تتنوع بسبب تكوّنها في أماكن محصورة.

تعلم تعاوني

نمو البلورات. وزع الطلبة إلى مجموعات ثلاثية لتحضير محاليل ملحية مشبعة، وتبخيرها، ثم اطلب إليهم أن يتفحصوا ما تبقى منها تحت المجهر أو بعدسة مكبرة، وأن يجيبوا من خلال تدوين مشاهداتهم في دفتر الجيولوجيا عن الأسئلة الآتية: ما أشكال بلورات الملح؟ هل البلورات صغيرة الحجم أم كبيرة؟ هل نمَتْ بلورات الملح في مكان محصور أم غير محصور؟ وكيف يمكن استنتاج ذلك؟ تكون بلورات ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) عادة مكعبة الشكل؛ فإذا تبخر المحلول بسرعة تتشكل بلورات صغيرة. أمّا إذا تبخر المحلول ببطء فتتشكل بلورات كبيرة. ويمكننا من خلال شكل البلورات أن نحدد البيئة التي تشكلت فيها؛ هل هي محصورة أم غير محصورة؟ فإذا تشكلت البلورات في بيئة محصورة (مغلقة ضيقة) تكون غير مكتملة الأوجه، في حين أن البلورات التي تنمو في بيئة غير محصورة (مفتوحة أو واسعة) تكوّن بلورات مكتملة الأوجه تشبه المكعبات التي تكونت في هذا النشاط. **تعلم تعاوني**

ماذا قرأت؟ يتم ترتيب الذرات بانتظام وبنمطية متكررة داخل البلورات.

نشاط

عناصر الأرض اطلب إلى الطلبة استعمال برنامج حاسوب لعمل رسم بياني يبين نسب العناصر الثمانية الأكثر شيوعًا في القشرة الأرضية. ض م ف م

تفسير الجدول

تغيرات في المكوّنات اطلب إلى الطلبة مراجعة **الجدول 1–1**، ثم اسألهم: ما النتائج المحتمل حدوثها للمعدن بسبب اختلاف مكوناته؟ أكثر التغيرات وضوحًا نلاحظها في اللون، ويمكن أن يقترح الطلاب القساوة والبريق والاستقرار ض م.

مشروع

الينابيع الساخنة والمعادن اطلب إلى الطلبة البحث في تاريخ أحد الينابيع الحارة في الجزيرة العربية أو في أحدى الدول العربية، ومنها ينبوع عين الحارة وينبوع عين الخوبة في جيزان، على أن تتضمن بحوثهم حجوم الينابيع وأعمارها وسرعات تكوّناتها، وأي تغييرات أخرى، كما يجب إرفاقها بالصور، إن أمكن ذلك، ثم يعرضون نتائج هذه البحوث على زملائهم ض م ف م.

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

التغيرات في المكونات الكيميائية Variation in composition قد تختلف المكونات الكيميائية لبعض المعادن قليلًا تبعًا للظروف التي تتكوَّن عندها بلوراتها. فمعادن الفلسبار مثلًا في **الشكل 3–1** تتفاوت مكوناتها من معدن الألبيت الغني بالصوديوم الذي يتكون في درجات حرارة منخفضة، إلى معدن الأنورثيت الغني بالكالسيوم الذي يتكون في درجات حرارة مرتفعة. وعندما يتبلور المعدن عند درجات حرارة متوسطة يدخل كل من الصوديوم والكالسيوم في البناء البلوري مُنتِجَيْن طبقات متبادلة تسمح للضوء بالانكسار والتشتت، مسبِّبَين ظهور المعدن بألوان متدرجة، كما في معدن اللابرادوريت، انظر **الشكل 3–1**. وينتج عن هذا التغير الطفيف في مكونات المعدن الكيميائية تغيّرٌ في مظهره الخارجي.

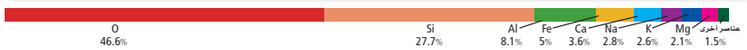
المعادن تكون الصخور
Rock-Forming minerals

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

الجدول 1–1

المعادن الأكثر شيوعًا في صخور القشرة الأرضية *

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



* الصيغ الكيميائية للمعادن للإطلاع فقط.

في الميدان

لاريمار Larimar في عام 1974م في جمهورية الدومينكان وهي جزيرة تقع في المحيط الأطلسي شرق أمريكا الوسطى اكتشف معدن جديد سُمي لاريمار. وهو يعدّ من ركائز اقتصاد هذا البلد، لونه تركوازي، ويوجد في منطقة واحدة يصعب الوصول إليها، وهو بركاني المنشأ، مما يعني أنه تكوَّن من مادة منصهرة بردت وتبلورت. وبينت التحاليل الكيميائية أنه شبيه بمعدن البيكتوليت، على الرغم من أن هناك اختلافًا واضحًا بينهما يوحي بأنه شيء آخر، يستعمل معدن لاريمار في صناعة جميع أنواع المجوهرات.

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

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

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

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

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

الجرانيت

الملح الصخري

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

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

نموذج

الترسيب والتبخير وزع الطلبة في مجموعات، وزودهم بالمواد الآتية: كأسين زجاجيتين شفافتين سعة 100 mL، سكر، 50 mL ماء دافئ، ملاعق، قضبان تحريك، واطلب إليهم أن يفكروا في الطرائق التي تتكون بها المعادن من المحاليل، وأن يعملوا نموذجًا يمثل عمليتي: الترسيب من المحاليل، والترسيب بالتبخير، ثم يدوّنوا خطوات العمل والنتائج التي توصلوا إليها في دفتر الجيولوجيا. يمكن أن يعمل الطلاب نموذج الترسيب من المحاليل عن طريق إذابة أكبر كمية من السكر في الماء، مكونين بذلك محلولاً فوق الإشباع. كذلك يمكن عمل نموذج للترسيب بالتبخير بتذويب كمية أقل من السكر في الماء، ثم ترك المحلول يتبخر. ض م ف م.

ماذا قرأت؟ ينتج عنه بلورات صغيرة الحجم.

■ **إجابة أسئلة الأشكال الشكل 4–1** قد يقترح الطلبة اختلافهما في المكونات، وطريقة تكوّنهما [تبريد الماجما (ناري) مقابل التبخر]، وسرعة نمو بلوراتهما.

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة ذوو المستوى المتقدم اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا تقارير عن أحد الموضوعين الآتيين: الظروف البيئية التي تؤدي إلى تكوّن الطبقات الملحية الكبيرة، أو الظروف البيئية التي يتكون عندها الذهب.

نشاط

تعرّف المعادن اطلب إلى الطلبة العمل مع أقرانهم على شكل مجموعات لفحص كومة من الجرانيت المفتت، مستعملين ملاقط ومجهرًا أو عدسة مكبرة؛ لفرزها إلى مجموعات مختلفة من المعادن. على أن يميزوا ثلاث أو أربع مجموعات مختلفة من المعادن على الأقل، وذكر المعايير التي استعملوها في التصنيف وكتابتها في دفاترهم. تتنوع الإجابات؛ سيقول الطلبة على الأغلب: اللون، والبريق، أو النسيج أو بعض هذه الخصائص الثلاث. تَقبَّل جميع الإجابات المنطقية

ض م | تعلم تعاوني

دعم المحتوى

الجرافيت المفيد بعض زيوت المحركات لونها رمادي قاتم لاحتوائها على معدن الجرافيت. ويضاف الجرافيت عادة إلى زيت المحركات؛ لأنه طري، مما يجعله يُتخذ مادة لتشحيم الأجزاء المتحركة فيه، كذلك يستعمل كمادة لتشحيم الأجزاء المتحركة في أقفال الأبواب.

ماذا قرأت؟ يصف البريقُ كيف يعكس المعدنُ الضوءَ الساقط على سطحه.

تعرُّف المعادن Identifying Minerals

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

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

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

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

ماذا قرأت؟ عرِّف مصطلح البريق.

المهن في علوم الأرض

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

لتتعلم المزيد عن المهن الجيولوجية قم بزيارة الموقع:
www.obeikaneducation.com

التلك

الكاؤولينيت

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

عرض عملي

تعرّف البريق الفلزي اعرض على الطلبة أشياء مختلفة مصنوعة من الفلزات ولاحظ لونها ولمعانها.... إلخ، ثم اعرض عليهم مجموعة من المعادن الفلزية والمعادن اللافلزية التي غالبًا ما توصف على أنها معادن فلزية ومنها السفاليريت، والبيوتيت، والمسكوفيت...إلخ. ثم ساعد الطلبة على ملاحظة وإدراك الاختلاف في بريقها

د م | ض م

الجدول 2–1 مقياس موهس للقساوة

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

القساوة Hardness أكثر الاختبارات مصداقية واستخدامًا في تعرُّف المعادن. **القساوة Hardness** مقياس 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 تعرُّفها بسهولة، ويكثر وجودها في الطبيعة إلا الألماس.

ماذا قرأت؟ وضح ماذا تقيس القساوة؟

يمثل معدن التلك الدرجة رقم 1 على مقياس موهس للقساوة؛ لأنه من أطرى المعادن، ويمكن خدشه بظفر الأصبع، وفي المقابل فإن الألماس يمثل الرقم 10 على المقياس نفسه؛ لذا يستخدم لجعل أدوات القطع أكثر حدة.

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

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

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

حدد أي المعدنين أكثر قساوة؟

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يعتقد بعض الناس أن الألماس هو المعدن القاسي الوحيد الذي يستطيع خدش الزجاج، وتعدّ هذه طريقة إثبات غير صحيحة لتعرّف الألماس.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اسأل الطلبة عما إذا كانوا يعتقدون أن الألماس وحده قادر على خدش الزجاج. ستكون إجابة مجموعة من الطلبة على الأرجح: نعم. ثم أخبرهم أن قساوة الزجاج 5.5 على مقياس موهس، لذا فإن أي معدن قساوته أكبر من 5.5 سيخدش الزجاج.

عرض المفهوم

حك قطعة من الزجاج ببلورة كوارتز، ثم دع الطلبة يشاهدوا آثار الخدش الذي تركه الكوارتز في الزجاج.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة أن يستعملوا أي مرجع علمي، لعمل قائمة بالمعادن التي ستخدش الزجاج. المعادن المحتملة هي الألماس، والفلسبار، والتوباز، والكوارتز، والجمشت.

تعزيز

استعمال القساوة لتعرّف المعادن كلّف بعض الطلبة توضيح كيفية استعمال مقياس موهس للقساوة في تعرّف معدن مجهول. ثم أعط الطلبة شريحة زجاجية، وعملة نحاسية وعينات لكل من معادن الفلوريت والأوليفين والجبس، دون ذكر أسمائها. وأخبرهم أنه يمكنهم استعمال أظفارهم لاختبار القساوة. قساوة الأوليفين 8 لذا سيخدش الزجاج. أما الفلوريت فيخدش قطعة النقود النحاسية ولكنه لا يخدش الزجاج. في حين أن الجبس لن يخدش القطعة النقدية ويمكن خدشه بالظفر. ثم ذكّر الطلبة أننا قد نحتاج إلى إجراء فحص آخر لتعرّف المعدن بدقة.

ماذا قرأت؟ تقيس القساوة مقاومة المعدن للخدش.

إجابة أسئلة الأشكال 7–1 حسب مقياس موهس للقساوة: الزجاج أقسى من الظفر، لذا فإن المعدن الذي يخدش الزجاج أقسى من المعدن الذي انخدش بالظفر.

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة دون المستوى زوّد الطلبة ببطاقات مرجعية كُتب عليها بعض المصطلحات الشائعة لوصف البريق، ومنها: أرضي، لامع، شحمي، لؤلؤي، زجاجي، شمعي، حريري. وعينات لمعادن تظهر هذه الأنواع من البريق، واطلب إليهم عمل لوحة عرض تظهر نوع البريق الصحيح لكل عينة. د م

تجربة 1–1

الهدف: يتعرف الطلبة خاصية الانفصام في المعادن.

المهارات العلمية الملاحظة، القياس، التفسير، التوقع.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء التجربة.

استراتيجيات التدريس

- استعمل فكرة مستويات متوازية من الذرات لمساعدة الطلبة على فهم أن مستويات الانفصام المتوازية تُعامل على أنها مستوى انفصام واحد.
- استعمل في الخطوة 2 العينات الآتية: الأولى البيوتيت (ذات مستوى انفصام واحد)، والثانية الفلسبار (ذات مستويَي انفصام)، والثالثة الجالينا (ذات ثلاثة مستويات انفصام)، والرابعة الكوارتز (لا يحتوي مستويات انفصام)، والخامسة الكالسيدوني أو الماجنيتيت أو الكالكوبيريت أو الهيماتيت (أحمر أو بني محمر).
- استعمل في الخطوة 5 العينة السادسة الكالسيت (مستويات الانفصام متقاطعة عند 120 و60)، والسابعة الهاليت (انفصام مكعبي تام).
- **النتائج المتوقعة** يجب أن يكون الطلبة قادرين على تمييز مجموعات المعادن إلى مجموعات ذات انفصام وأخرى بلا انفصام، وعليهم أيضًا أن يدركوا أن المعادن الشفافة شبه المربعة لا تكون دائمًا من النوع نفسه.

التحليل

1. خصائص العينات السبع: هناك مستوى ومستويان وثلاثة مستويات انفصام، ومكسر ومكسر محاري.

2. لأن الزوايا ليست متساوية لذا تختلف المعادن في خاصية الانفصام.

3. استثني المايكا على الأرجح، ويمكن ألا تكوّن الجالينا مكعبات. أما المعادن الأخرى ذات أسطح الانفصام فستنكسر على امتداد الروابط الأضعف مكوّنة مستويات انفصام جديدة في القطع الأصغر (تأخذ شكل القطع الكبيرة). أما المعادن التي ليس لها أسطح انفصام فتنكسر بصورة عشوائية (غير منتظمة) إلى قطع أصغر بأشكال مختلفة.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا لماذا تُحسب مستويات الانفصام المتوازية مرة واحدة فقط؟ لكل مستوى انفصام تمثيل خارجي للبناء الذري، فمستويات الذرات المتوازية تُنتج مستويات انفصام متوازية، لذا فإنه يوجد مستوى واحد ينكسر عليه المعدن.

الهاليت

الكوارتز

الصوان

الشكل 8–1 للهاليت انفصام تام بثلاثة مستويات؛ 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 مجهرية مثل الصوان.

الشكل 8–1 يوضح انفصام مكعب لمعدن الهاليت؛ بمعنى أنه ينفصل بمستويات ثلاثة؛ بسبب ضعف التجاذب الذري على طول هذه المستويات.

أما معدن الكوارتز فينكسر بدون انتظام بحواف متعرجة بسبب الترابط الذري المحكم. ويقال للمعادن التي تنكسر بحواف خشنة متعرجة إن لها **مكسرًا Fracture**. فالصوان والجاسبر والكالسيدوني (أنواع مختلفة من الكوارتز المجهري البلورات) تظهر مكسرًا فريدًا بأشكال قوسية تشبه زخارف أصداف المحار، ويسمى هذا المكسر مكسرًا محاريًّا.

تجربة 1–1

تعرُّف الانفصام والمكسر

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

خطوات العمل

الجزء الأول

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

الجزء الثاني

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

التحليل

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

دفتر الجيولوجيا

كتب المايكا اعرض على الطلبة عينة مايكا كبيرة نوعًا ما، وبين كيف تنفصم المايكا إلى شرائح، وأخبرهم أن مثل هذه العينات تسمى كتبًا. واطلب إليهم كتابة تفسير لمصطلح "كتب المايكا" في دفتر الجيولوجيا مضمنين ذلك رسومًا لمستويات الانفصام. يشير المصطلح إلى أن شرائح المايكا الموجودة بصورة منفردة يمكن فصل بعضها عن بعض كما في صفحات الكتاب.

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

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

اللون Color اللون من أهم الخصائص الملاحظة في المعدن، ولكنه أقل الخصائص في تعرُّف المعادن، وينتج اللون أحيانًا من وجود بعض العناصر النادرة أو المركبات داخل المعدن. فعلى سبيل المثال، يوجد الكوارتز بألوان مختلفة، كما في **الشكل 10–1**؛ بسبب وجود عناصر نادرة فيه. فالجاسبر الأحمر والجمشت الأرجواني والسترين البرتقالي تحتوي على كميات وأشكال مختلفة من الحديد. أما الكوارتز الوردي فيحتوي على المنجنيز أو التيتانيوم. وسبب ظهور الكوارتز بلون حليبي أنه يحتوي على فقاعات من الغازات والسوائل المحصورة في البلورة.

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

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

الربط مع العلوم الأخرى

علم الأحياء تظهر عيون البشر بألوان مختلفة لوجود مستقبلات خاصة في الشبكية تتعرّف الضوء واللون؛ فالعصي تتعرّف الضوء، أما المخاريط فتتعرّف الألوان. ولأن العصي والمخاريط مختلفة الأشكال في عيون الأفراد، لذا يرى كل فرد الضوء والألوان بطريقة مختلفة.

فبعض الناس يجدون صعوبة في التمييز بين أزواج من الألوان منها الأحمر والأخضر.

تعلم تعاوني

التنوع في الكوارتز اطلب إلى الطلبة أن يتفحصوا عينات الكوارتز الآتية: الجمشت، المرو الأصفر (السترين)، الأوجيت (العقيق)، الكوارتز البلوري، الكوارتز الدخاني، ثم تدوين الخصائص الفيزيائية لكل عينة في جدول، على أن تحتوي هذه الجداول على الأقل الخصائص الآتية: الشكل البلوري، واللون، والنسيج، والبريق. ثم اطلب إليهم تبادل النتائج مع باقي زملاء الصف ض م .

تطبيقات الجيولوجيا

المعادن والاقتصاد. اطلب إلى الطلبة البحث في الإنترنت والمراجع العلمية الجيولوجية عن استعمالات المعادن وتحديد أهميتها على اقتصاد الدول التي يتم استخراج المعادن منها.

نشاط

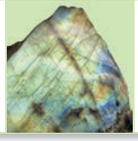
الألوان المحيرة لكي توضح أن اللون ليس هو الطريقة الأكثر مصداقية في تعرّف المعدن، احصل على عينات تمثل معدن الكالسيت، بعضها بلا لون، والبعض الآخر له ألوان عدة منها البرتقالي والأزرق والأخضر والبني المحمر. ولا تحدد للطلبة نوع المعدن الذي يمثل هذه العينات، بل اطلب إليهم كتابة أوجه التشابه والاختلاف بينها، ثم أخبرهم أن جميع هذه العينات لمعدن واحد هو الكالسيت (يختلف لون كل عينة بسبب وجود شوائب في المعدن). ض م

ماذا قرأت؟ يمكن عمومًا تعرّف المعادن الفلزية باستعمال الحكاكة، كما يمكن تعرّف بعض المعادن اللافلزية أيضًا بهذه الطريقة.

نشاط

صفات خاصة أعط مجموعات الطلبة عينات من معدن الكالسيت ومعدن سبار – آيسلندا (كالسيت شفاف) ومعدن الأولكسيت (aulexite) وحمض HCl المخفف، واطلب إليهم أولاً أن يكتبوا على ورقة "صفات خاصة"، ثم يضعوا عينات المعادن فوق ما كتبوه. سيتمكن الطلاب من مشاهدة خاصية الانكسار المزدوج بمنتهى الوضوح باستعمال سبار–أيسلندا من خلال رؤيتهم صورة مزدوجة للكلمتين: "صفات خاصة". ثم اطلب إليهم أن يضعوا عينة الأولكسيت فوق إحدى صفحات كتبهم، ووصف ما يشاهدونه. تنتج هذه الخاصية البصرية غير العادية بسبب الطبيعة الليفية للمعدن؛ إذ يعمل باعتباره ليفًا بصريًّا. وأخيرًا، اطلب إلى أحد الطلاب من كل مجموعة أن يرتدي قفازات ومعطفًا ونظارات واقية، ويضع نقطة من حمض الهيدروكلوريك المخفف على عينة الكالسيت ويصف التفاعل الكيميائي الذي يحدث. ثم أخبرهم أن الكالسيت عبارة عن كربونات الكالسيوم $CaCO_3$، ويتفاعل مع الحمض منتجًا غاز ثاني أكسيد الكربون، ويخرج في صورة فقاعات غازية. ف م

الجدول 3–1 صفات خاصة بالمعادن

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

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

مختبر تحليل البيانات 1–1*

ما البيانات التي تتضمنها بطاقة تعريف المعدن؟

بطاقة تعريف المعدن

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

* مختبر تحليل البيانات للاطلاع فقط.

التحليل

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

التفكير الناقد

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

مختبر تحليل البيانات 1–1

حول المختبر

ناقش الطلبة في الخصائص الفيزيائية المختلفة التي تستعمل في تعرف المعادن، وراجعهم في الخصائص الأكثر فائدة من غيرها. وسوف يساعدهم على اتخاذ قرار بأسماء عناوين الأعمدة التي سيتم تضمينها في بيانات الجدول.

راجع أحد المراجع المتعلقة بتصنيف المعادن.

التحليل

1. تصف المعادن بالترتيب: النحاس (الحكاكة أحمر نحاسي)، الهيماتيت، الذهب (القساوة 2.5–3، مكسر مسنن)، الجارنت، فلسبار البلاجيوكليز (حكاكة عديمة اللون، القساوة 6).
2. تم سرد أسماء المعادن المعطاة في السؤال الأول في مرجعيات الطالب.

التفكير الناقد

3. كلٌّ من: الهيماتيت والجارنت وفلسبار البلاجيوكليز سوف يخدش الزجاج؛ وذلك لأن قساوتها جميعًا أكبر من قساوة الزجاج، والتي تساوي 5.5.
4. يمكن استعمال معدني الهيماتيت والنحاس مادةً صابغة في الدهانات الملونة، كذلك يصنع كل من الحديد والفولاذ المستعمل في الأدراج من معدن الهيماتيت، وهو الخام الرئيس للحديد.
5. يمكن أن يضمن الطلبة الخصائص الآتية: استعمال المعدن والشكل البلوري والبريق وصفات خاصة واسم المعدن. كذلك يمكن تضمين الجدول بالصيغ الكيميائية للمعادن. ارجع إلى مرجعيات الطالب للإجابات وإكمال الجدول.

طرائق تدريس متنوعة

ضعاف البصر أخبر الطلبة ضعاف البصر أن النسيج يمكن أن يوصف بعدة مصطلحات، منها: صابوني، أو زجاجي، أو شحمي، أو ناعم، أو غير منتظم. وفر للطلبة عينات ذات أنسجة مميزة ليتم فحصها، واطلب إليهم وضع مصطلحاتهم الخاصة بهم لوصف المعادن اعتمادًا على لمسهم للعينات. ض م

الكثافة والوزن النوعي Density and specific gravity قد يكون لمعدنين أحيانا الحجم نفسه، إلا أن كليهما مختلفتان بسبب اختلاف كثافتيهما. فلو كان لديك عينتان من الذهب والبيريت لهما الحجم نفسه فسوف تكون كتلة الذهب أكبر؛ لأن كثافته أكبر. والكثافة انعكاس للكتلة الذرية وبنائية المعدن؛ فكثافة البيريت $5.2\ g/cm^3$، وكثافة الذهب $19.3\ g/cm^3$. ويمكن حساب الكثافة من خلال العلاقة: $D = \frac{M}{V}$ حيث D الكثافة، M الكتلة، وV الحجم. ولأن الكثافة لا تعتمد على شكل أو حجم المعدن فإنها وسيلة ناجحة لتعرُّف المعادن. ويسمى مقياس الكثافة الأكثر استخدامًا من قِبَل الجيولوجيين **الوزن النوعي** Specific gravity، وهو النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة $4°C$. فمثلًا، الوزن النوعي للبيريت 5.2، والوزن النوعي للذهب النقي 19.3.

النسيج Texture يصف النسيج ملمس المعدن. وتعد هذه الخاصية غير مميزة للمعادن، مثلها في ذلك مثل خاصية البريق، ويمكن وصف النسيج بأنه ناعم أو خشن أو متعرج أو شحمي أو صابوني. فمثلًا، نسيج الفلوريت في **الشكل 11–1** ناعم، بينما نسيج التلك في **الشكل 6–1** شحمي.

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

التقويم 1–1

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

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

دعم المحتوى

يظهر معدن لابرادورايت **جدول 3–1** في -كتاب الطالب - خاصية تعدد الألوان، وهي خاصية تحدث فقط في هذا المعدن.

إثراء

الرياضيات اطلب إلى الطلبة العمل مع زملائهم لإيجاد كثافة مجموعة مختلفة من المعادن، وعليهم أن يعرضوا نتائج عملهم، ويدونوا البيانات في جدول، ثم أعطهم قيم كثافة المعادن لحساب كتلة العينة ومعرفة حجمها.

3. التقويم

التحقق من الفهم

المناقشة اطلب إلى الطلبة توضيح لماذا لا يُعد الألماس الاصطناعي معدنًا؟ لأنه لم يتكون في الطبيعة.

إعادة التدريس

مراجعة اكتب تعريف المعدن على السبورة، وقدم مشاهدات بصرية لكل خاصية، واستعمل في الوقت نفسه بلورات معدن معين وله حجوم مختلفة لكي تبرهن على أن البناء البلوري محدد ومتناسق، أيْ أنه يعكس هوية المعدن.

التقويم

المعرفة اسأل: أي الخصائص الفيزيائية أكثر مصداقية في تعرّف المعادن؟ وأيّها أقلّ؟

التقويم 1-1

1. النفط سائل ويحتوي على الكربون، أما المعدن فصلب، كما أن النفط تكوّن من تحلل مخلوقات حية عاشت في الزمن الماضي، لذا فهو مادة عضوية. في حين أن المعدن مادة غير عضوية.

2. المعادن مواد تكونت بصوره طبيعية، وليست مواد يحضّرها الإنسان في المختبر أو مصنعة.

3. تتكون المعادن عندما تبرد الماجما في الأعماق أو على سطح الأرض أو بالقرب منه. كما تتكوّن أيضًا في صورة أملاح بفعل تبخر المحاليل فوق المشبعة، وكلتا الطريقتين تشكل البلورات.

4. الخصائص الموضوعية فهي حقائق لا خلاف فيها بين الناس، ومنها القساوة والانفصام. أما الخصائص غير الموضوعية (الجدلية) خاضعة للنقاش لاختلاف الفهم بين الناس ومنها النسيج واللون والبريق.

5. ابدأ بالمواد اللينة، وستعطينا أول مادة تخدش المعدن فكرة عن قساوته. وسيكون الترتيب على النحو الآتي: عملة نحاسية، لوح زجاج، قطعة بورسلان.

6. سيكون هذا الفحص غير فاعل؛ إذ لا يوجد معدن فلزي من هذه المعادن، لذا ستكون ألوان حكاكتها بيضاء.

7. الإجابة $V = \frac{M}{D} = \frac{5g}{19.3\ g/cm^3} = 0.26cm^3$

1-2

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

التصنيفات اطلب إلى الطلبة تسمية أنواع من المجموعات، وكتابة كيف يمكن تعرّف هذه المجموعات. قد يذكر الطلبة سلالات الخيول العربية، وأسماء الفرق الرياضية والمدن والطلبة ... إلخ. ووضح لهم أن المعادن أيضًا يمكن تصنيفها إلى مجموعات اعتمادًا على صفات محددة وخصائص كيميائية.

2. التدريس

دعم المحتوى

المعادن السيليكاتيه أكبر مجموعة معدنية هي مجموعة السيليكات، وهي تعادل 96% تقريبًا من المعادن المعروفة. ويعد معدنا الفلسبار والكوارتز من المعادن السيليكاتية، ويمثلان أول وثاني المعادن شيوعًا في القشرة الأرضية على التوالي. ومن المعادن السيليكاتية الأخرى الشائعة المسكوفيت والبيوتيت والتلك والسربنتين والزيركون والتوباز.

إجابة أسئلة الأشكال الشكل **12–1** يوجد خمس ذرات في هرم رباعي الأوجه، منها 4 ذرات أكسجين وذرة سيليكون.

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة دون المستوى زوّد الطلبة بصندوق من الماصات البلاستيكية وكرات من البولسترين، واطلب إليهم أن يبنوا مع زملائهم نماذج لسيليكا هرم رباعي الأوجه معتمدين في ذلك على **الشكل 12–1**. ويمكن أن يستعملوا أيضًا أسلاك تنظيف أنابيب الاختبار وكرات من الفلين متفاوتة الحجوم لبناء نموذج سيليكا هرم رباعي الأوجه. ولمزيد من التحدي يمكن للطلبة الاعتماد على **الشكل 13–1** لبناء نماذج أكثر تعقيدًا لسيليكا هرم رباعي الأوجه، ومنها الترتيب الصفائحي والترتيب الشبكي. **د م**

1-2

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
الهرم الرباعي الأوجه
الخام
الأحجار الكريمة

أنواع المعادن Types of Minerals

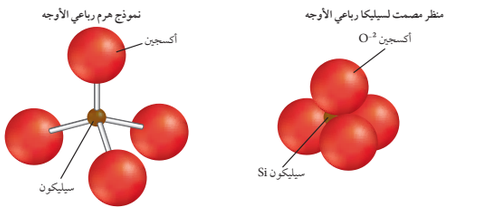
الفكرة الرئيسة تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

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

مجموعات المعادن Minerals Groups

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

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



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

الهدف

يقارن الطلبة بين الطرائق المختلفة لارتباط سيليكا هرم رباعي الأوجه بعضها مع بعض، والمجموعات المعدنية التي تنتج عن ذلك.

تطوير المفاهيم

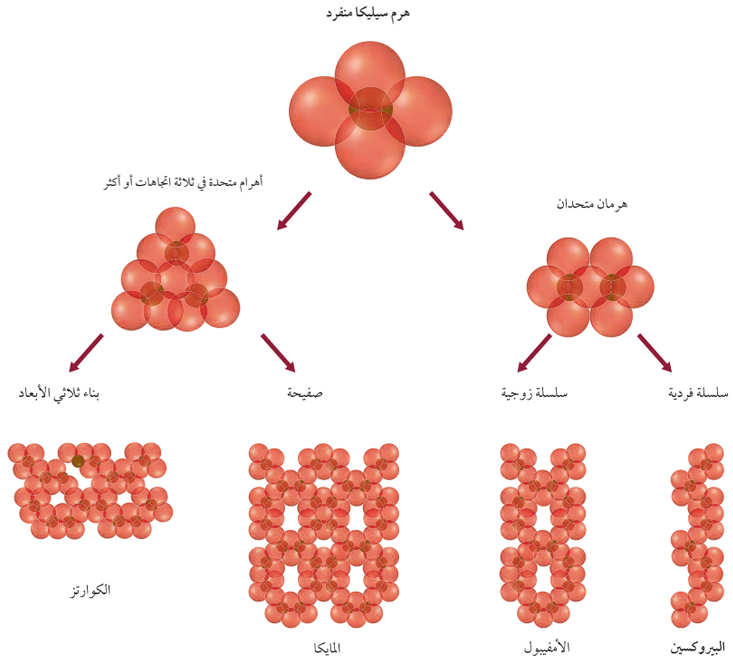
رباعيات الأوجه الأخرى ذكّر الطلبة أن مجموعة السيليكا مكوّنة من ذرات من السيليكون والأكسجين مرتبطة بعضها مع بعض، ثم اسأل: هل السيليكون هو العنصر الوحيد الذي يرتبط مع الأكسجين؟ لا. وأخبرهم أيضًا أن الفوسفور P والكبريت S يرتبطان مع الأكسجين. واطلب إليهم أن يرسموا نماذج تتألف من ذرات الفوسفور والكبريت، ويحددوا شكل التراكيب التي ستتشكل. سيكتشف الطلبة أن هذين العنصرين يكوّنان أيضًا هرم رباعي الأوجه باتحادهما مع الأكسجين. واطلب إليهم أيضًا أن يحددوا اسم المجموعة المعدنية لكل منهما. مجموعة المعادن الفوسفاتية ومجموعة المعادن الكبريتاتية.

إثراء

الترتيبات المعقدة لسيليكات هرم رباعي الأوجه اطلب إلى الطلبة أن يدرسوا **الشكل 13–1** لملاحظة الطرائق المختلفة لترتيب سيليكات هرم رباعي الأوجه، ثم اطلب إليهم البحث، وتجميع عينات أو صور لمعادن تنتمي إلى كل نوع من هذه الطرائق. فعلى سبيل المثال، تتضمن السيليكات الصفائحية معدن المايكا. ض م

تصور أهرامات السيليكا
Visualizing the Silica Tetrahedron

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



23

مشروع

خطر الإسبستوس اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في العلاقة بين الإسبستوس والتلك، وأثر استخدام التلك في الصناعة، ومنها: صناعة الأقلام الشمعية الملونة ومساحيق الأطفال، ويمكنهم أن يعرضوا نتائجهم على طلبة الصف. ض م

تفسير الصور

روابط هرم رباعي الأوجه وخصائصه. اطلب إلى الطلبة أن يدرسوا **الشكل 14–1**، ويصفوا بكلماتهم الخاصة كيف تؤثر الروابط التي بين هرم سيليكات رباعي الأوجه في خصائص المعادن، ومن ذلك الطريقة التي ينفصم بها المعدن.

المايكا

الإسبستوس

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

المفردات

صفائحي
الاستعمال العلمي
صفائح السيليكا رباعي الأوجه
الاستعمال الشائع
صفائح المعجنات والحلويات

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

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

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

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

24

التنوع الثقافي

حضارة دلمون سادت حضارة دلمون قبل عام 2500 قبل الميلاد إلى 300 قبل الميلاد. ودلت الاكتشافات الأثرية القديمة على أن مملكة البحرين كانت موطن تلك الحضارة. وقد عثر على الكثير من المقتنيات الأثرية التي تعود إلى هذه الحضارة والموجود قسم كبير منها في متحف البحرين الوطني، ومنها الأواني الفخارية المصنوعة من المعادن الطينية، والتي لم تزل من الصناعات التقليدية المحلية في منطقة عالي. كذلك الأختام الدلمونية التي كانت تستعمل في ختم البضائع لمنع التلاعب، وكانت هذه الأختام تصنع من الحجارة الصابونية (صخر الشيست أحد أنواع الصخور المتحولة وهو غني بمعدن التلك)، أو من الطين.

وقد عثر على مقتنيات عدة تعود إلى هذه الحضارة منها الأدوات الصناعية وعقود وحلي مصنوعة من الذهب والعقيق والأحجار الكريمة الأخرى.

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

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

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

المعادن الاقتصادية Economic Minerals

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

الرودوكروزيت

الكالسيت

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

25

استعمال المصطلحات العلمية

مجموعات المعادن اطلب إلى الطلبة أن يستعملوا التراكيب الكيميائية في تمييز مجموعات المعادن الآتية: السيليكات، الكربونات، الكبريتات، العناصر الحرة (الأصيلة) والأكاسيد، وأن يعدوا قائمة بأمثلة معدنية على كل مجموعة، ثم اطلب إليهم تدوين إجاباتهم في دفاتر الجيولوجيا الخاصة بهم.

تطوير المفهوم

ألعاب نارية ملونة اطلب إلى الطلبة عمل قائمة بألوان الألعاب النارية التي قد شاهدوها، ثم دوّن على السبورة بعض المواد الكيميائية المستعملة في إنتاج هذه الألوان.

كربونات الاسترانشيوم $SrCO_3$ ، وكربونات الليثيوم $LiCO_3$، وكلوريد الكالسيوم $CaCl_2$، وكبريتات الكالسيوم $CaSO_4 \times H_2O$، وكلوريد النحاس CuCl، ونترات الصوديوم $NaNO_3$، وأكسيد الباريوم BaO، وكلوريد الباريوم $BaCl_2$، واطلب إلى الطلبة الربط بين المواد الكيميائية مع اللون الذي تنتجه. كربونات الاسترانشيوم أحمر. كربونات الليثيوم أحمر. كلوريد الكالسيوم برتقالي. كلوريد النحاس أزرق. نترات الصوديوم أصفر. أكسيد الباريوم أبيض. كلوريد الباريوم أخضر.

دفتر الجيولوجيا

المنتجات المعدنية كلف الطلبة العمل في مجموعات لجمع قوائم من المواد والأشياء التي حصلوا عليها من مجموعات المعادن الآتية: العناصر الحرة (الأصيلة)، السيليكات، الكربونات، الأكاسيد. واطلب إليهم أن يدونوا ما وجدوه في دفاتر الجيولوجيا الخاصة بهم ض م تعلم تعاوني .

تطوير المفهوم

احتياطات الدول العربية من المعادن كلف كل طالب أن يبحث في الاحتياطات المعدنية لدولة عربية محددة، وأخبرهم أنه من الأفضل إيجاد عناوين هيئات المساحة الجيولوجية لهذه الدول. ثم اطلب إلى الطلبة تدوين المعادن الرئيسة الموجودة في كل دولة وأهم استخداماتها، وأن يحاولوا الحصول على عينات معدنية إن أمكن. ثم اطلب إليهم إعداد تقرير حول ذلك، ودعهم يعرضوا نتائجهم أمام زملائهم. وبعد الانتهاء من إعداد تقاريرهم اطلب إليهم عمل خريطة للوطن العربي تبين فيها أماكن توزيع المعادن في كل دولة عربية، وبعد الانتهاء من الخريطة اطلب إليهم مراجعتها بحثًا عن أنماط توزيع أخرى. فعلى سبيل المثال: هل يوجد معدن معين دون غيره في دولة أو منطقة ما؟ وهل هناك معادن شائعة الانتشار في كل الدول العربية؟ ض م

الربط البيئي

وجود الخامات واستعمالاتها وزع الصف إلى مجموعات من أربعة طلبة، وخصص لكل مجموعة أحد الخامات للبحث عنه، ومنها: الذهب، والخارصين، والحديد، والفضة، والألومنيوم، والكبريت، والقصدير، واليورانيوم. واطلب من كل مجموعة إعداد تقرير بحيث تتضمن تقارير الطلبة استعمالات الخامات وأماكن وجودها وطرائق استخلاصها. ودعهم يعرضوا نتائجهم أمام زملائهم في الصف. تعلم تعاوني

يلخص الجدول 4–1 مجموعات المعادن واستعمالاتها الرئيسة.

الجدول 4–1 مجموعات المعادن الرئيسة

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

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

الخامات Ores كثير من المواد التي سبق ذكرها مصنوعة من الخامات. ويسمى المعدن **خامًا Ore** إذا احتوى على مواد قيمة يمكن تعدينها بحيث تكون مجدية اقتصاديًّا. الهيماتيت على سبيل المثال خام يحتوي على عنصر الحديد، فالمواد المصنوعة من الحديد في غرفة صفك مصدرها على الأغلب خام الهيماتيت، والمواد المصنوعة من الألومنيوم مصدرها خام البوكسيت، والدراجة النارية في **الشكل 17–1** مصنوعة من فلز التيتانيوم الذي يستخرج من معدن الإلمنيت.

الربط مع العلوم الأخرى

الهندسة تبلغ قساوة الألماس 10 على مقياس موهس للقساوة. ولأنه قاس جدًّا فإنه يستعمل غالبًا في صناعة حواف ريش الحفْر وآلات القَطع. فالآلات ذات الحواف المصنوعة من الألماس يمكنها قطع الفولاذ والصخور. ويستعمل المهندسون غاز الميثان وأمواج الميكروويف لتركيب الماس الصناعي المستعمل على أدوات القطع. حيث يحتوي كل جزيء من الميثان على ذرة كربون وأربع ذرات هيدروجين، وتستعمل أمواج الميكروويف في نزع ذرات الهيدروجين من الجزيئات، فترتبط بعد ذلك ذرات الكربون على سطوح أجهزة القَطع؛ لتشكيل صفوف صغيرة من الألماس. وتستعمل هذه العملية في تثبيت الألماس على أدوات قطع الزجاج وأدوات حفر الأسنان وأجزاء الحاسوب.

3. التقويم

التحقق من الفهم

عرض عملي ضع عينات معدنية على طاولة، واطلب إلى الطلبة وصف ما يعرفونه عنها، على أن يوضحوا الخاصية التي اعتمدوا عليها في تعرّف عينات المعادن.

إعادة التدريس

لخص اطلب إلى الطلبة تلخيص الأفكار الرئيسة لهذا الفصل. وأن يقدموا أمثلة محددة تدعم كل فكرة رئيسة.

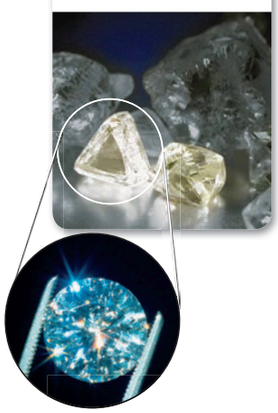
التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة إجراء بحث وكتابة تقرير عن التعدين وعملياته. ويمكنهم أن يستعينوا بالمؤسسات ذات العلاقة في المملكة، على أن تتضمن تقاريرهم مراجع وصورًا ورسومًا وعينات لخامات معدنية.

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

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

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



التقويم 2–1

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

التقويم 2-1

1. ترتبط العناصر بعضها مع بعض بطرائق عدة، وتعتمد الخصائص المعدنية ـ ومنها القساوة واللون ـ على العناصر المكونة للمعادن وكيفية ارتباط بعضها مع بعض، لذا تختلف المعادن باختلاف العناصر المكونة لها.

2. السيليكون والأكسجين، المجموعة هي مجموعة السيليكات.

3. إجابة محتملة: يتضمن مصطلح شبه المعدن على مواد غير معدنية. فللأوبال مثلاً بعض خصائص المعادن (طبيعي وصلب وله مكونات كيميائية محددة) ولكن لا تتوافر فيه صفات أخرى (ليس له بناء داخلي منتظم، أي أن ذراته غير مرتبة بصورة هندسية منتظمة).

4. تشير قيمة الوزن النوعي إلى أن التيتانيوم أخف وزنًا. وتشير المكونات الكيميائية إلى أن الفولاذ بسبب وجود الحديد والأكسجين في مكوناته سوف يصدأ مع الزمن. والفلز الأفضل للاستعمال هو التيتانيوم.

5. تتنوع إجابات الطلبة.

البعثات التقنية

الهدف

يتعرّف بيئاتٍ مثالية لكهف تنمو فيه بلورات كبيرة بصورة غير طبيعية.

دعم المحتوى

الكهوف الرطبة يمكن أن تنمو تكوينات الكهوف من هوابط وصواعد داخل الكهف لتوافر الظروف الرطبة. وعلى الرغم من أن منسوب الماء قد يكون أسفل مستوى الكهوف إلا أن هناك كمية من الماء ما زالت تتسرب من المياه الجوفية إلى الكهف مما يُبقيه رطبًا. وتستمر عملية ترسيب كربونات الكالسيوم لتكوين الصواعد والهوابط؛ بسبب استمرار نزول قطرات الماء المشبعة بالمعادن إلى الكهف. ويوفر الكهف للبلورات ظروفًا بيئية ملائمة لاستمرار النمو دون عوائق؛ إذ يكون الكهف مغمورًا كليًّا بالمياه الغنية بالمعادن عند درجة حرارة مستقرة. ويستطيع الإنسان دخول الكهف عندما تنفّذ شركات التعدين عمليات الضخ في المنطقة؛ لأنها تحفظ الماء خارج الكهف، وبعد توقف عملية التعدين يمتلئ الكهف بالماء، وتعود عندئذ البلورات إلى التشكل من جديد داخل الكهف. أما الكهوف الجافة الموجودة في صحارى الجزيرة العربية فهي غير ملائمة لنمو البلورات كالتي توجد في كهف جعيتا الشهير في لبنان.

استراتيجيات التدريس

ساعد الطلبة على استيعاب الفكرة الآتية: لا تحتوي جميع الكهوف على تكوينات مثيرة للاهتمام؛ فقد يجدون كهوفًا جافة أو كهوفًا أصبحت جافة بعد أن تشكلت تكويناتها. اطلب إلى الطلبة المقارنة بين نتائج أبحاثهم لتوضيح هذه الفكرة.

في الموقع

كهف الهوتة في سلطنة عُمان.

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

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

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

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

كيف تكونت هذه البلورات؟ تحتاج البلورات إلى أشياء عدة لكي تتكون، أولها الفراغ، وهو الكهف في حالتنا هذه. تتكون الكهوف نتيجة تسرب المياه عبر مستويات الضعف في الصخور، ومع مرور الزمن يذوب الصخر وتتكون الكهوف. وتحتاج البلورات في تكونها أيضًا إلى مصدر من الماء غني بالمعادن الذائبة. ويعتمد تكون البلورات كذلك على عوامل منها الضغط، ودرجة الحرارة، ومستوى الماء في الكهف، وكيميائية المياه الغنية بالمعادن.

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

* البعثات التقنية للاطلاع فقط.

الكتابة في الجيولوجيا

البحث. يجب أن يتضمن البحث مواقع الكهوف وحجومها وأنواع تكويناتها والمعادن التي تكوّنت منها.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك

دليل المعادن الميداني

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

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

الأدوات

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

احتياطات السلامة

خطوات العمل

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

التحليل والاستنتاج

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

الكتابة في الجيولوجيا

شارك نتائجك

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

مختبر الجيولوجيا

الإعداد للمختبر

الزمن المقترح 60 دقيقة

المهارات العلمية الملاحظة، والاستنتاج، والتصنيف، وتحليل البيانات، والمقارنة، والتواصل، وتفسير البيانات وتفسير الأشكال العلمية.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل البدء بالتجربة.

ينبغي استعمال قطعة زجاجية مسطحة توضع على طاولة المختبر لقياس القساوة. وأخبر الطلبة أن عليهم التعامل بحذر مع المسمار أو الدبوس الفولاذي لأنه يمكن أن يكون حادًّا.

إعداد الأدوات يمكن إيجاد بعض البيانات المتعلقة بهذا المختبر في مرجعيات الطالب.

خطوات العمل

- يمكن أن يفترض الطلبة مجموعة الخصائص التي يمكن استعمالها في تعرف المعادن.
- يمكن أن يلاحظ الطلبة الخصائص مع الصفات الخاصة لكل معدن.
- الترتيب المحتمل لخطوات العمل: تحديد البريق الفلزي واللافلزي، والقساوة، والحكاكة، وأسطح الانفصام، والمكسر، وصفات خاصة (التفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المخفف، والمغناطيسية...إلخ).
- بالإضافة إلى فحص العينات شجع الطلبة للحصول على بيانات إضافية من المكتبة والمتاحف ومن جامعي المعادن أو أي مصادر أخرى.

التحليل والاستنتاج

1. ستتنوع الإجابات. الصفات الخاصة أكثر الاختبارات مصداقية؛ لأن هناك معدنًا واحدًا أو معدنين قد يشتركان في الصفات الخاصة، بينما اللون والبريق و النسيج أقل مصداقية؛ لأن العديد من المعادن تشترك في نفس هذه الصفات.

2. يتفاعل معدن الكالسيت مع حمض الهيدروكلوريك، ونتيجة لتفاعل كربونات الكالسيوم الموجودة في الكالسيت مع حمض الهيدروكلوريك ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون على شكل فقاعات. ومعادلة التفاعل هي: $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

3. ينبغي على الطلبة عمل قائمة لكل معدن، تتضمن اسم المعدن وخصائصه واستعمالاته وصيغته الكيميائية، وصورة أو رسمًا يمثله. ويمكن أن تتضمن المصادر البيانات التي تم الحصول عليها من الاختبارات والمكتبة والإنترنت والمجلات والأدلة الميدانية وجامعي المعادن. ويجب أن تكون المخططات واضحة، ومن السهل تتبعها.

4. الإيجابيات: يمكن استعماله لتعرُّف وتصنيف الأشياء باستعمال الخصائص الفيزيائية والكيميائية. السلبيات: العينات التي نحصل عليها في الميدان لا تشابه صور العينات المثالية.

5. لا. من المحتمل أن يجد الطلبة أن مجموع الفحوصات يعطي نتائج أفضل من إجراء فحص لخاصية واحدة.

الكتابة في الجيولوجيا

مشاركة الزملاء يجب ان يتمكن الطلبة من تعرف المعادن باستعمال دليل المعادن الميداني لمجموعات أخرى.

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

الفكرة الرئيسة

يمكن للطلبة استعمال تعبيرات موجزة لمراجعة المفاهيم الرئيسة للفصل.

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني
www.obeikaneducation.com
بهدف:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع.
- الحصول على المزيد من المعلومات والمشاريع والأنشطة.
- تقديم اختبارات الفصل والاختبار المقنن.

الفكرة العامة المعادن مواد ضرورية في حياتنا اليومية.

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

مراجعة المفردات

لتحديد المصطلح الذي يصف كلًّا من العبارات الآتية استعن بما ورد في دليل مراجعة الفصل:

1. العنصر أو المركب غير العضوي الصلب الذي يوجد في الطبيعة.
2. الأشكال الهندسية المنتظمة والمرتبة بنمط متكرر في المعادن.
3. مجموعة المعادن المحتوية على السيليكون والأكسجين.

وضح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يأتي:

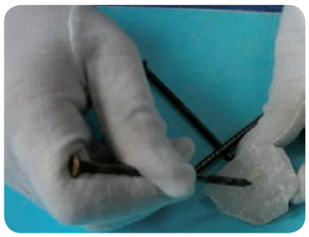
4. خام، حجر كريم.
5. سيليكات، هرم رباعي الأوجه.

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة

6. تُظهر المعادن التي تنكسر عشوائيًّا .....
7. فحص الـ ..... يحدد المواد التي يخدشها المعدن.

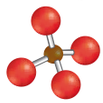
تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال رقم 8.



8. ما الخاصية المعدنية التي يتم فحصها؟
   a. النسيج. c. الانفصام.
   b. المكسر. d. القساوة.
9. ما الخاصية التي تؤدي إلى تكسر معدن الجالينا إلى مكعبات صغيرة؟
   a. الكثافة. c. القساوة.
   b. البناء البلوري. d. البريق.
10. ما الخاصية المستعملة في تصنيف المعادن إلى مجموعات منفردة؟
   a. البناء الذري الداخلي.
   b. وجود أهرامات السيليكا أو عدم وجودها.
   c. المكونات الكيميائية.
   d. الكثافة والقساوة.
11. معدن كتلته 100 g وحجمه $50\ cm^3$. ما كثافته؟
   a. $5000\ g/cm^3$ c. $5\ g/cm^3$
   b. $2\ g/cm^3$ d. $150\ g/cm^3$
12. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لهرم السيليكا؟
   a. SiO_2 c. SiO_4^{-4}
   b. $Si_2O_2^{+4}$ d. Si_2O_2

استعمل الشكل أدناه في الإجابة عن السؤالين 13 و 14



13. أين يرتبط رباعي الأوجه بعضه مع بعض؟
   a. في مركز ذرة السيليكون.
   b. عند أي ذرة أكسجين.
   c. عند ذرة الأكسجين العلوية فقط.
   d. عند ذرات الأكسجين السفلية فقط.
14. أي مجموعات المعادن الآتية تتكون بشكل رئيس من شكل رباعي الأوجه؟
   a. السيليكات. c. الكربونات.
   b. الأكاسيد. d. الكبريتات.

مراجعة الفصل

مراجعه المفردات

1. المعدن.

2. البلورة.

3. السيليكات.

4. كل من الخامات والأحجار الكريمة معادن اقتصادية، وتعتمد قيمتها على تكلفة إنتاجها وعلى العرض والطلب.

5. تتكون المعادن السيليكاتية من ترابط هرم رباعي الأوجه السيليكاتية.

6. المكسر.

7. القساوة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

8. d القساوة.

9. b البناء البلوري.

10. c المكونات الكيميائية.

11. b $2\ g/cm^3$.

12. c sio_4^{-4}.

13. b عند أي ذرة أكسجين.

14. a السيليكات.

مراجعة الفصل 1

15. أي المعادن الآتية لا يمكن تحديد حكاكته باستعمال صفيحة البورسلان؟
a. الهياتيت. c. الفلسبار.
b. الذهب. d. الماجنيتيت.

16. أي عنصر من العناصر الآتية أكثر شيوعًا في القشرة الأرضية؟
a. الصوديوم. c. الحديد.
b. السيليكون. d. الكربون.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال رقم 17:

الصيغ الكيميائية للمعادن

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

17. ما العامل الرئيس الذي يحدد الاختلاف في المكونات الكيميائية في المعادن في الجدول أعلاه؟
a. معدل تبريد الماجما.
b. درجة حرارة الماجما.
c. وجود الماء أو غيابه.
d. تغيرات في الضغط.

18. المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسيت. فإلى أي مجموعة معدنية ينتمي؟
a. سيليكات. c. أكاسيد.
b. كربونات. d. كبريتات.

19. أي معدن يتصاعد منه فقاعات غازية (فوران) عند ملامسته حمض الهيدروكلوريك؟
a. الكوارتز. c. الجبس.
b. الكالسيت. d. الفلوريت.

20. ما الخاصية التي تصف المصطلحات الآتية: قاتم، حريري، شمعي، لؤلئي، أرضي؟
a. البريق. c. اللون.
b. الحكاكة. d. الانفصام.

21. ماذا يتطلب المعدن لكي يعتبر خامًا؟
a. أن يكون شائعًا.
b. ألا يسبب إنتاجه تلوثًا.
c. أن يوجد بصورة تلقائية في الطبيعة.
d. أن يحقق إنتاجه ربحًا اقتصاديًا.

أسئلة بنائية

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

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

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

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

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

15. c الفلسبار.

16. b السيليكون.

17. b درجة حرارة الماجما.

18. b كربونات.

19. b الكالسيت.

20. a البريق.

21. d أن يحقق إنتاجه ربحًا اقتصاديًا.

أسئلة بنائية

22. لأنهما يحتويان كميات قليلة من العناصر (الشوائب) التي تسبب اختلاف لونهما.

23. ستظهر كلمة جيولوجيا مرتين؛ لأن الأشعة الضوئية تنكسر في اتجاهين مختلفين عندما تمرّ بمعدن سبار –أيسلندا. هذا الانكسار المزدوج للضوء يرجع إلى البناء الذري الداخلي المنتظم لمعدن سبار– أيسلندا.

24. يزداد تركيز السكر مع تبخر الماء من الشاي، وفي النهاية يصبح الشاي مشبعًا بالسكر ثم يصبح فوق المشبع، وعندئذٍ تترسب بلورات السكر وتنفصل عن الشاي.

25. الشكل البلوري: يعكس النموذج الداخلي، القساوة: تعتمد على قوة الروابط بين الذرات، الانفصام: يفصم البلورة على طول أماكن ضعف الروابط. أما الكثافة فتعتمد على مقدار تراص الذرات.

26. لهما خصائص مختلفة، مما يجعلهما معدنين مختلفين؛ فالجرافيت طري وغير جذاب. أما الألماس فهو قاس وجذاب، ويمكن تشكيله حسب الطلب، كما أنه نادر الوجود.

مراجعة الفصل 1

التفكير الناقد

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

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال رقم 28.

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

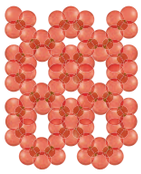
29. **اقترح** أفضل المعادن –ما عدا الألماس – التي يمكن أن تُستخدم في صنع ورق الصنفرة؟ وضح إجابتك مستخدمًا **الجدول 2–1**.

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

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

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

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 33 و 34.



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

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

خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحدٍّ

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

التفكير الناقد

27. تختلف في اللون.

28. يجب أن يُظهر الرسم أن الذرات مصطفّة بطريقة هندسية متكررة على هيئة مكعب.

29. للكورنديوم قساوة 9 وفق مقياس موهس للقساوة، لذا يمكن استعماله في صناعة ورق الصنفرة. أما التوباز والكوارتز فقساوتها 7 و8 على التوالي، ويستعملا أيضًا في صنع ورق الصنفرة.

30. النفط عضوي وليس صلبًا. الخشب والفحم مادتان عضويتان، الفولاذ والخرسانة ليسا مادة طبيعية، الزجاج (سواء كان طبيعيًّا أم اصطناعيًّا) ليس له بناء بلوري.

31. الذهب عالي الكثافة، لذا يمكن للمنقبين أن يميزوا بين الذهب والبيريت من خلال الوزن النوعي.

32. سيؤخذ في الاعتبار لتقييم قيمة الحجر الكريم الجديد العوامل الآتية: وفرة وندرة المعدن وتكلفة الإنتاج والعرض والطلب.

33. تربط الأيونات الفلزية الموجبة مثل الصوديوم، والبوتاسيوم، والماغنيسيوم، والحديد الصفائح بعضها مع بعض.

34. لها سطوح انفصام صفائحية في اتجاه واحد.

خريطة مفاهيمة

35. يجب أن تتضمن الخريطة المفاهيمية المصطلحات الواردة في السؤال وإدراجها أسفل مصطلح "مجموعات المعادن"، بحيث يتفرع من كل مجموعة المعادن التابعة لها، ومن ذلك إدراج معدني الهيماتيت والمجنيتيت أسفل مجموعة الأكاسيد. ويمكن للطلبة إضافة أي خصائص أخرى تتعلق بكل مجموعة إلى الخريطة المفاهيمية.

سؤال تحدٍّ

36. يجب أن ترتبط ذرات الأكسجين في أحد الجوانب مع ذرات أكسجين أخرى على شكل بناء حلقي.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. c السيليكون.
2. d الكوارتز.
3. c الجالينا.
4. c القساوة.
5. d لا يمكن خدشة بأي معدن آخر.
6. a الكوارتز.
7. a التكنولوجيا.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

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

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و 3

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

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

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و 6.

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

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

34

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل معامل التحويل والجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 8–10

1.0 قيراط = 0.2g

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

8. رتب الماسات الثلاث من الأصغر إلى الأكبر حسب أوزانها بالقيراط وسجل وزن كل منها.
9. كم كيلو جرامًا من الألماس أنتجت غرب أستراليا في العام 2001 م ؟
10. لماذا يحول منقبو الألماس قياساتهم من القيراط إلى الجرام؟
11. لماذا يعاد تصنيف بعض المعادن من خام اقتصادي إلى معدن غير اقتصادي؟
12. **عرّف البريق** لماذا يصعب استعمال البريق في تعرف المعادن؟
13. لماذا تصنف بعض المعادن خامات، ولا تصنف معادن أخرى كذلك؟

القراءة والاستيعاب

السيليكون

السيليكون Si ثاني أكثر المعادن انتشارًا في القشرة الأرضية. إلا أن الاهتمام به زاد بشكل واسع بعد استعماله في صناعة الأجهزة الإلكترونية. يوجد السيليكون في الطبيعة بأشكال متعددة؛ فهو موجود في الكثير من الصخور، وأحيانًا في المياه، وفي الهواء على شكل دقائق غبار، وفي هياكل بعض المخلوقات الحية، حتى إنه موجود في الكواكب والنجوم.

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

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

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

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

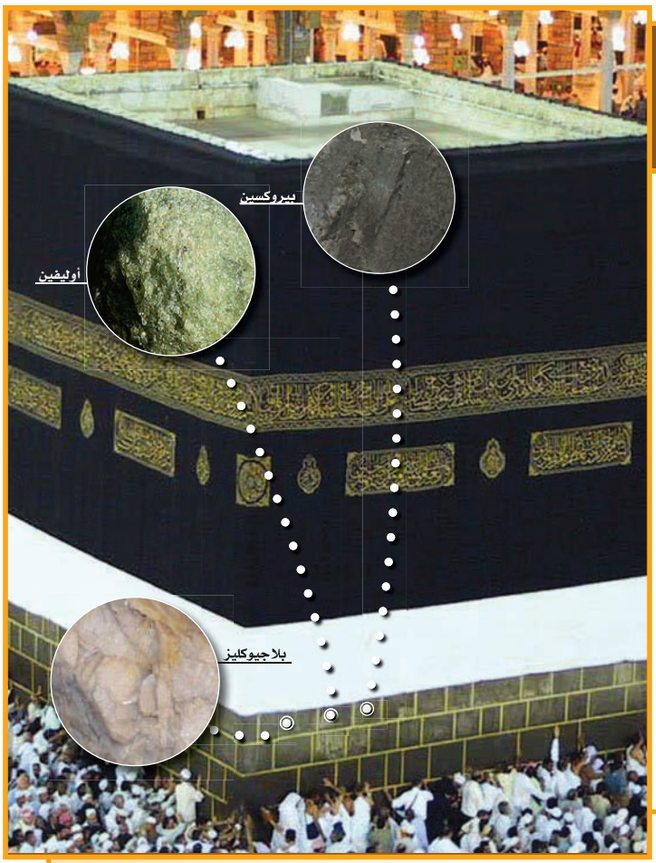
أسئلة الإجابات القصيرة

8. تيريزا (21.5)، جون (34.45=0.2÷6.89)، سام (40.4)
9. $21,679,930 \times 0.2 = 4.336\ kg$.
10. لأن وحدة الجرام أكثر شيوعًا وهي وحدة قياس دولية وذلك للمساعدة على تسهيل فهم الناس لكتلة الألماس.
11. يصبح الخام غير اقتصادي إذا أصبحت تكلفة استخراجه عالية جدًّا وأعلى من سعر الخام نفسه، أو تغير العرض والطلب بالنسبة له.
12. يعرف البريق بأنه الكيفية التي يعكس بها المعدن الضوء الساقط على سطحه. ويصعب استعمال البريق وحده في تعرف المعادن؛ لأنه غير موضوعي، ويعتمد على نظرة الشخص.
13. تصنف بعض المواد خامات لأنها تحتوي على مواد قيمة يمكن تعدينها بحيث تصبح مجدية اقتصاديًّا.

القراءة والاستيعاب

14. c لا يوجد منفردًا في الطبيعة.
15. c الرقائق الإلكترونية.
16. نموذج إجابة: عنصر السيليكون متوافر بكثرة، واستعمل منذ القدم في صناعة الزجاج وازداد استعماله حديثًا في صناعة الحواسيب وفي جميع مناحي حياة الإنسان اليومية.

الفصل 2



الصخور النارية

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

2–1 ما الصخور النارية؟

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

2–2 تصنيف الصخور النارية

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

مخطط الفصل 2
الصخور النارية

الأهداف	المواد والأدوات المستعملة	الزمن المقترح
2–1 ما الصخور النارية؟ **1. يلخص** تكوّن الصخور النارية. **2. يصف** مكوّنات الماجما. **3. يتعرف** العوامل التي تؤثر في كيفية انصهار الصخور وتبلورها.	**تجربة استهلالية** صفحة 37: عينات جرانيت، ومجهر أو عدسة مكبرة.	10 دقائق
2–2 تصنيف الصخور النارية **1. يصنّف** الصخور النارية وفق مكوّناتها المعدنية وأنسجتها. **2. يتعرّف** أثر معدلات التبريد في حجوم البلورات في الصخور النارية. **3. يصف** بعض استعمالات الصخور النارية.	**عرض عملي**. صفحة 46: مجهر، شرائح لمعادن الكوارتز، والفلسبار، والكالسيت. **مختبر الجيولوجيا** صفحة 50: أطباق بتري نظيفة، محلول الشّب المشبع، دورق زجاجي سعة 200 mL، عدسة مكبّرة، ورق أسود مقوى، مقياس درجة الحرارة، ورق ترشيح، ماء، مصدر حراري.	15 دقيقة 90 دقيقة

ترميز مستويات الأنشطة والتجارب لمراعاة الفروق الفردية

ف م أنشطة للطلبة الذين هم فوق المستوى (المتميزين).	**ض م** أنشطة للطلبة الذين هم ضمن المستوى.	**د م** أنشطة للطلبة الذين هم دون المستوى.	**تعلم تعاوني** أنشطة صُممت لمجموعات عمل صغيرة متعاونة.

الفصل 2

الصخور النارية

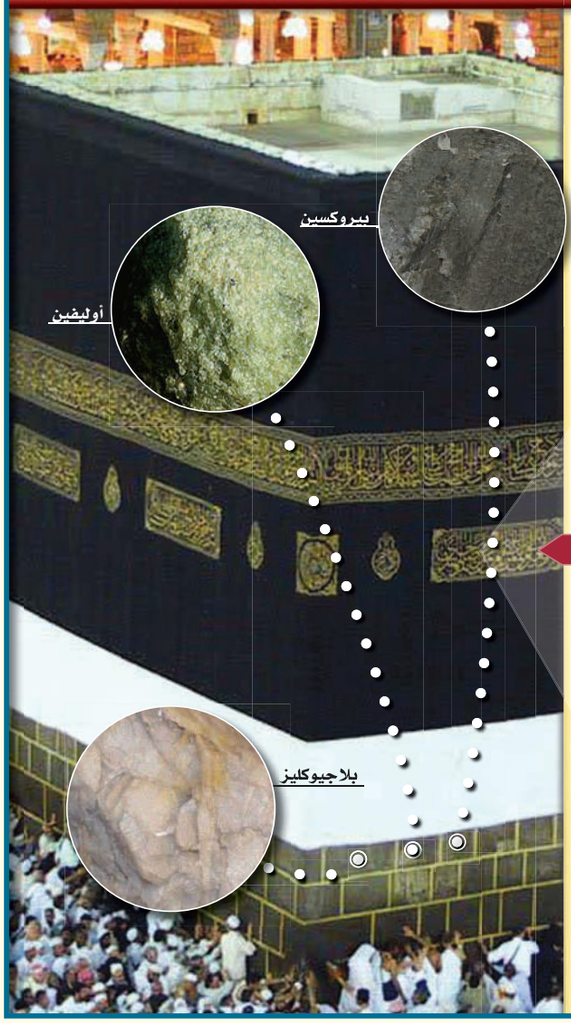
الفكرة العامة

تكوين الصخر اعرض على الطلبة وعاءً يحتوي على الحصى أو الرمل، واطلب إليهم أن يكتبوا توقعاتهم في المسألة الآتية: ماذا يحدث للمادة لو سُخنت إلى درجة الانصهار، ثم ترك ليبرد ببطء؟ وبعد أن يكمل الطلبة هذا الفصل اطلب إليهم أن يراجعوا توقعاتهم.

دعم المحتوى

تمثل هذه الصورة الكعبة المشرفة، وقد بُنيت في عهد نبي الله سيدنا إبراهيم عليه السلام، واستعمل في بنائها الحجارة البازلتية، وهي صخور نارية بركانية (سطحية). ونسيج صخور البازلت ناعم الحبيبات؛ إذ لا تُرى مكوناتها المعدنية بالعين المجردة. اسأل الطلبة هل يمكنهم تعرّف المكونات المعدنية للبازلت؟ وما أهم ما يميزه؟

لا يمكن تعرّف المكونات المعدنية للبازلت إلا باستعمال المجهر، وهذه المكونات هي: الأوليفين، البيروكسين، البلاجيوكليز، كما أن البلورات المعدنية في البازلت متفاوتة في الحجم، إلا أنه يمكن تمييزها باستعمال المجهر.



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

2-1 ما الصخور النارية؟

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

2-2 تصنيف الصخور النارية

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

حقائق جيولوجية

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

السبورة التفاعلية

استعمل عروضًا تقديمية (بالبوربوينت) تشتمل على:

- ملخص لمحتوى الفصل.
- صور لعينات صخرية مختلفة.
- عروض متحركة.
- روابط بالموقع التعليمي: www.obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

كيف نتعرف المعادن؟

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

الخطوات

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

التحليل

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

المطويات منظمات الأفكار

أنواع الصخور النارية

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

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

الخطوة 2: اثنها من المنتصف.

الخطوة 3: افتحها وألصقها بصمغ أو دبابيس لعمل جيبين، وعنونها كما في الشكل.

استخدم هذه المطوية استعمل هذه المطوية في الجزء الأول من الفصل الثاني مستعملًا ربع ورقة تكتب فيها ملخصًا عن كيفية تكون كل نوع من الصخور مع إعطاء أمثلة.

جيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع
www.obeikaneducation.com

37

تجربة استهلالية

المهارات العلمية الملاحظة والاستدلال ، المقارنة، التواصل.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء التجربة.

استراتيجيات التدريس

- احصل على عينات كافية من الجرانيت خشن الحبيبات، عينة لكل طالبين، وعدسات مكبرة.
- وفّر المجاهر في غرفة الصف إذا أمكن ذلك.
- استعن ببعض شركات تقطيع الجرانيت في الحصول على عينات كافية من القطع المكسرة والمصقولة منه.
- ستتنوع رسوم الطلبة. إذ يحتوي الجرانيت عادة على أربعة أنواع من المعادن أو خمسة، وهي: الكوارتز شفاف يميل إلى الرمادي، والفلسبار البوتاسي الوردي، والبيوتيت قاتم اللون، والبلاجيوكليز الصودي أبيض. وهناك معدن غامق آخر يمكن وجوده هو الهورنبلند وهو شبيه بالبيوتيت، ولكن البيوتيت يمكن خدشه، أما الهورنبلند فلا يمكن خدشه. ومعظم بلورات معادن الجرانيت ذات كتل متساوية الحجم تقريبًا وكتلية الشكل.

التقويم

المعرفة اطرح على الطلبة السؤال الآتي: أي معادن الجرانيت أكثر قساوة؟ الكوارتز. اعتمادًا على معرفتك بالمعادن المكونة للجرانيت، أي العناصر أكثر شيوعًا فيه؟ الأكسجين، والسيليكون، والألومنيوم.

التحليل

1. تتنوع إجابات الطلبة. يمكن أن تتضمن رسومًا من 3 إلى 5 معادن مختلفة وبلورات متشابكة بعضها مع بعض.

2. المعادن التي يمكن وجودها في العينة تشمل الكوارتز الفلسبار البوتاسي، (الأورثوكليز)، والبلاجيوكليز، والبيوتيت، والهورنبلند.

3. تختلف حجوم البلورات اعتمادًا على العينات التي دُرست. يجب أن يلاحظ الطلبة تطابق حواف البلورات بعضها مع بعض كقطع الأحجية، ويمكن أن تكون غير منتظمة الحواف، كما يمكن أن نشاهد أوجهًا بلورية منبسطة.

4. تختلف إجابات الطلبة، يمكن أن يتخذ الطلبة ملاحظاتهم حول تشابك البلورات دليلاً على أنها تكونت من تبريد الماجما.

2-1

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

الأرض المصهورة اعرض على الطلبة لوحة فنية تبين ما كانت عليه الأرض في بدايتها. وناقشهم في أن الأرض كانت في البداية كتلة من مادة مصهورة، واسألهم: ماذا حدث لهذه المادة عندما بردت الأرض؟ بردت المادة وتبلورت وكونت أول الصخور وهي الصخور النارية. ض م

2. التدريس

إثراء

إنتاج الزجاج اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في كيفية صنع الزجاج ويجيبوا عن الأسئلة الآتية: ما المعادن أو المواد المستعملة في صناعة الزجاج؟ يصنع الزجاج غالبًا من الرمل الكوارتزي ومركبات الصوديوم، ومنها معدن الفلسبار الصودي لأنه يُخفّض درجة انصهار الزجاج. ما أوجه التشابه بين عملية تكوّن الزجاج وعملية تكوّن الصخور النارية؟ ينصهر الكوارتز في أثناء إنتاج الزجاج، ويُسكَبُ في قوالب ويبرد بسرعة، أيْ أن الزجاج والصخور النارية يتشابهان في أنهما يتكونان من تصلب مادة مصهورة. ض م

2-1

الأهداف

- **تلخص** تكون الصخور النارية.
- **تصف** مكونات الماجما.
- **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
التبلور الجزئي

ما الصخور النارية؟
What are Igneous Rocks?

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

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

تكوُّن الصخور النارية Igneous Rocks Formation

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

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

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

الجدول 1 – 2*

أنواع الماجما

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

* الجدول 1-2 للاطلاع فقط

طرائق تدريس متنوعة

ذوو الاحتياجات الخاصة البصرية ساعد الطلبة على فهم الطبيعة المتداخلة للبلورات في الصخور المتبلورة بتزويدهم بلعبة تركيب القطع المتداخلة المتفاوتة الحجوم، واطلب إلى طالب آخر مطابقة القطع المتداخلة؛ لكي يتصور كيف تترابط البلورات الكبيرة والبلورات الصغيرة بعضها مع بعض.

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

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

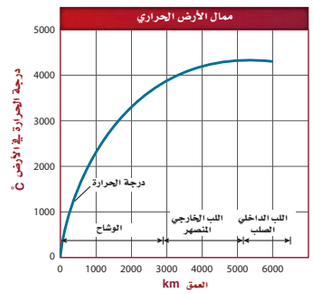
تكون الماجما Magma formation تتكون الماجما بانصهار قشرة الأرض، أو مادة الوشاح. وهناك أربعة عوامل رئيسة تؤثر في تكوُّن الماجما، هي درجة الحرارة، والضغط، والمحتوى المائي، والمحتوى المعدني لمادة القشرة أو الوشاح. وعادة ما تزداد درجة الحرارة كلما تعمَّقنا في القشرة الأرضية. وتسمى هذه الزيادة في درجة الحرارة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

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

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

ماذا قرأت؟ عدِّد العوامل الرئيسة المؤثرة في تكون الماجما.

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



الشكل 1 – 2 متوسط المال الحراري في القشرة الأرضية 25°c/km تقريبًا، ويعتقد العلماء أنها تهبط بشدة إلى 1°c/km في الوشاح.

استعمال التشابه

الضغط والمياه العميقة اربط بين زيادة الضغط في أعماق الأرض وزيادته في أعماق المحيط. ثم أخبر الطلبة بأثر الضغط في شخص يغطس في مياه المحيط؛ إذ يؤدي وزن الماء فوقه إلى إحداث ضغط على طبلة الأذن والأغشية الداخلية. إن وزن الصخور العلوية يؤثر بضغط كبير في الصخور السفلية بالطريقة نفسها. **د م**

المناقشة

الصخور الرطبة ناقش العوامل التي تؤثر في درجة انصهار الصخور وخصوصا المحتوى المائي، واطلب إليهم أن يستنتجوا درجة الحرارة العالية اللازمة لانصهار الصخور من خلال معرفة أشكال الماء الموجود فيها. فقد يكون الماء محتبسًا ضمن البناء البلوري للمعادن، أو يكون في الحالة الغازية على شكل بخار ماء بدلاً من الحالة السائلة. **ض م ف م**

ماذا قرأت؟ العوامل الأربعة هي درجة الحرارة، والضغط، والمحتوى المائي، والمحتوى المعدني.

الربط مع العلوم الأخرى

الكيمياء راجع ما يحدث للذرات والجزيئات عندما تتغير حالة المادة من الصلبة إلى السائلة، واسأل الطلبة: لماذا يؤدي ارتفاع الضغط الواقع على الصخور إلى رفع درجة انصهارها؟ عندما تتغير حالة المادة من الصلبة إلى السائلة تضعف الروابط بين الذرات والجزيئات فتتحرك مبتعدة بعضها عن بعض، لكن الضغط العالي يجعل حدوث ذلك صعبًا، لذا نحتاج إلى المزيد من الطاقة الحرارية أو إلى درجة انصهار أعلى لتغيير حالة المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. **ض م ف م**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قـد يعتقد الطلبة أن الصخر ينصهـر كانصهار مكعب الثلج عند درجة انصهار واحدة.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلب إلى الطلبة أن يصفوا ما يمكن أن يحدث لعينة الجرانيت في التجربة الاستهلالية لو سُخنت ببطء حتى 1200°C.

عرض المفهوم

وضـح أن للمعـادن درجـات انصهـار متفاوتـة؛ فالمعـادن التي درجـات انصهارها منخفضة تنصهـر قبل المعادن التي درجات انصهارها مرتفعـة. ولذلك ينصهر الصخر جزئيًّا؛ لأنـه مخلوط يتكون مـن معادن مختلفة تنصهـر عند درجات حرارة مختلفة، كما في **الشكل 3–2** .

تقويم المعرفة الجديدة

اطلـب إلى الطلبـة بعـد الانتهاء مـن هذا الجزء إعـداد قائمة بالمعـادن المكونـة للجرانيـت مرتبـة تنازليًّـا وفـق درجـات انصهارها.

التعليم التعاوني

درجات انصهـار مختلفة اطلب إلى مجموعـات الطلبة إجراء عصف ذهني حول مخاليط أخرى غير مخلوط الشمع والثلج يمثل نموذجًا لعملية الانصهار الجزئي للصخور. أحد هذه الأمثلة الآيس كريم مع رقائق الشيوكولاتة. د م

نموذج

الانصهار الجزئي اطلـب إلى الطلبة أن يقوموا بتنفيذ نموذج الانصهـار الجزئي الـذي ورد في كتاب الطالب عن الشـمع والجليـد. وعليهـم أن يجمّدوا قطعًا من الشـمع الملون والماء في قوالب مكعبات الثلج، ثم تُصهر هذه المكعبات في دورق على النار. سينصهر الشمع والجليد بسرعات مختلفة، وبذلك نكون قد عملنا نموذجًا للانصهار الجزئي. ض م

■ **إجابـة أسـئلة الأشـكال** **الشـكل 3–2** ينصهـر الكوارتز عند درجة حرارة أقل من سائر المعادن الموجودة.

مـاذا قـرأت؟ تتكـون هـذه الماجمـا إذا كانـت درجات الحـرارة غير كافية لصهـر الصخر كله، وفي هـذه الحالة فإن الماجما لـن تحتوي على العناصر نفسـها التـي يحتويها الصخر الذي نشـأت منه، لذا لن نحصل على المعادن نفسها ولا على الصخر نفسه عند تبلورها.

المحتـوى المعـدني Mineral content لكـي نفـهـم كيـف تعتمد خصائص الماجمـا على عناصرها ومركباتها، من المفيد إلقاء الضوء على المحتوى المعدني للماجما. المعـادن المختلفـة لهـا درجات انصهـار مختلفـة. فعلى سـبيل المثال تنصهـر صخور البازلـت التي تتكون مـن معادن الأوليفين والفلسـبار الكلسي والبيروكسـين عند درجـات حـرارة أعـلى، مقارنة بصخـور الجرانيـت أو الريولايت التـي تتكون من الكوارتز والفلسبار البوتاسي.

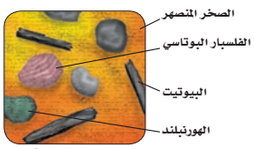
إن درجـة انصهـار صخـر الجرانيت أقل مـن درجة انصهـار صخـر البازلت؛ لأنه يحتوي على ماء أكثر، ولمعادنه درجات انصهار أقل.

وعمومًا تنصهر الصخور المحتوية على الحديد والماغنيسـيوم –ومنها البازلت– عند درجـات حرارة أعلى، مقارنة بالصخور المحتوية على نسب أعلى من السـيليكون، ومنها الجرانيت.

الانصهار الجزئي Partial melting افترض أنك جـمدت شمعًـا منصـهرًا ومـاء في طبق مكعبات جليد، وأخذت هذا الطبـق خارج الثلاجة وتركته في درجة حرارة الغرفة، سوف ينصهر الجليد، ولكن الشمع لن ينصهر؛ والسبب في ذلك هو اختلاف درجتي انصهارهما، وتنصهر الصخور بالطريقة نفسها لاختلاف درجات انصهار المعادن التي تحتويها. لذلك لا تنصهر جميع أجزاء الصخر عند درجة الحرارة نفسـها. وهـذا يفسر لماذا تُكوّن الماجمـا غالبًا مزيجًا من بلـورات ومصهور صخري. وتسـمى عملية انصهار بعض المعادن عند درجات حرارة منخفضة مع بقاء معادن أخـرى صلبة **الانصهار الجزئي Partial Melting**. انظر **الشـكل 3– 2**. ويضاف مع صهـر كل مجموعـة معدنيـة عناصر جديـدة إلى خليـط الماجما، مما يـؤدي إلى تغير في مكوناتهـا. وإذا لم تكن درجات الحـرارة كافية لصهر الصخـر بأكمله فإن مكونات الماجمـا الناتجة سـتختلف عـن مكونـات الصخر الـذي تكونت منه. وهـذه إحدى الطرائق التي تتكون بها الأنواع المختلفة من الصخور النارية.

مـاذا قـرأت؟ لخص لمـاذا تختلف مكونـات الماجمـا الكيميائية عـن المكونات الكيميائية للصخر الأصلي؟

صخر صلب



صخر منصهر جزئيًا

الشـكل 3– 2 تبـدأ المعـادن في الانصهـار في منطقـة مـا بارتفاع درجة الحرارة.

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

دفتر الجيولوجيا

الانصهار والتبلور كلف الطلبة أن يكتبوا تفسيرًا يوضح: لماذا تكون المعادن التي تبلورت أولاً هي آخر المعادن التي تنصهر عند تسخين الصخر؟ المعادن التـي تبلـورت أولاً درجـات انصهارها مرتفعـة، وهذا يتطلـب كمية كبيرة مـن الطاقـة الحرارية لصهرها. لذا عندما تنخفـض درجات الحرارة فإن هذه المعادن تكون أول ما يتبلور. وعلى العكس من ذلك، يجب أن تكون درجات الحرارة عالية للمعادن حتى تنصهر. ض م

الهدف

يكتشف مثالاً من واقع الحياة على عملية التبلور الجزئي وترسب البلورات.

إثراء

عرض للانصهار الجزئي اطلب إلى الطلبة أن يطوروا طرائق لتوضيح مفهوم الانصهار الجزئي، لاستعماله في فصل مكونات المخلوط. ستتنوع التصاميم. يمكن أن يقترح الطلبة تسخين المخلوط بعناية فائقة إلى أن ينصهر أحد مكوناته ثم ترشيح الجزء الصلب المتبقي. ض م

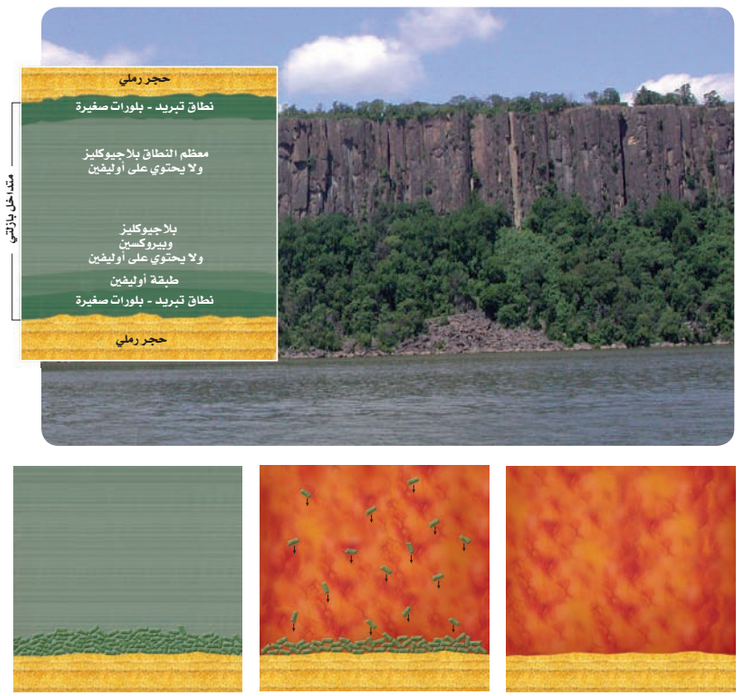
مشروع

مكونات الماجما اطلب إلى كل مجموعة تنفيذ ملصق يمثل المكونات المعدنية والكيميائية لأحد أنواع الماجما الثلاثة. ف م

نشاط

تغيرات في المكوّنات اكتب الصيغة الكيميائية للمعدنين: الأوليفين والأوجيت (معدن يتبع مجموعة البيروكسين ويلي الأوليفين في التبلور) على السبورة، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد التغيرات التي تحدث في المكونات الكيميائية لمعدن الأوليفين عندما يتحول إلى معدن الأوجيت. الصيغة الكيميائية لمعدن الأوليفين $(Mg.Fe)_2SiO_4$، والصيغة الكيميائية للأوجيت $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si,Al)_2O_6$، ولكي يتحول معدن الأوليفين إلى الأوجيت يجب إضافة العناصر: Al, Na, Ca. ف م

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



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

دفتر الجيولوجيا

المكونات الأصلية اطلب إلى الطلبة من خلال العمل في مجموعات ثنائية دراسة **الشكل 4–2**، وملاحظة مكونات الطبقات المختلفة؛ لكي يتخيلوا ماهية المكونات الأصلية للماجما ويدوّنوا أفكارهم في دفتر الجيولوجيا. تمثل مكونات نطاق التبريد السريع المكونات الأصلية للماجما. قد يقترح الطلبة معادن غنية بالحديد Fe، والماغنيسيوم Mg، مثل الأوليفين، والبيروكسين.

تعزيز

ترتيب التبلور اطرح على الطلبة السؤال الآتي: أي العناصر تنفصل أولاً عن الماجما وتبدأ في التصلب؟ العناصر الموجودة في المعادن الغنية بالحديد والماغنيسيوم والبلاجيوكليز الغني بالكالسيوم. أيهما يمثل الجزء الغني بالكوارتز في تجربة الانصهار الجزئي: الشمع أم الثلج؟ ولماذا؟ الثلج؛ لأنه آخر ما يتبلور. د م

3. التقويم

التحقق من الفهم

تعزيز اطلب إلى الطلبة أن يصفوا كيف تتغير كل من درجة الحرارة والضغط مع تحرك كتلة من الماجما إلى أعلى خلال القشرة الأرضية. تنخفض درجة الحرارة والضغط. ما أثر ذلك في عملية التبلور؟ يؤدي انخفاض الضغط إلى انخفاض درجة انصهار المادة المنصهرة، وانخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى تبلور الماجما.

إعادة التدريس

لخص اطلب إلى الطلبة استعمال العناوين الرئيسة في كتاب الطالب لتلخيص الأفكار الرئيسة لهذا القسم من الفصل.

التقويم

مهارة قوّم مهارات التفكير الناقد لدى الطلبة من خلال إجاباتهم عن السؤال الآتي: تتميز الماجما الريوليتية بمستويات منخفضة من الحديد والماغنيسيوم، فأي المعادن لا تتوقع تكونها في هذه الماجما؟ الأوليفين، البيروكسين، الأمفيبول.

التقويم 2-1

1. يكون للصخور بلورات صغيرة متساوية الحجم؛ لأن الماجما بردت بسرعة فلم يتح لها وقت كافٍ لتكوّن بلورات كبيرة الحجم. ومع مرور الوقت بدأت تبرد ببطء ولكن لم يكن هناك حيز كافٍ لتكوين بلورات كبيرة.
2. الأكسجين O السيليكون Si الألومنيوم Al الحديد Fe الماغنيسيوم Mg الكالسيوم Ca البوتاسيوم K الصوديوم Na.
3. درجة الحرارة والضغط والمحتوى المائي والمعدني؛ مجموعة مختلفة من العوامل تنتج أنواعًا مختلفة من الماجما.
4. الماجما صهير يتكوّن تحت سطح الأرض وتحت الضغط، أما اللابة فهي صهير يتراكم فوق سطح الأرض وغير واقع تحت الضغط، وتختلف في مكوناتها الكيميائية عن الماجما التي تكونت منها، فالغازات التي كانت ذائبة تحت الضغط قد تطايرت.
5. الضغط عالٍ جدًّا، ودرجة الحرارة ليست عالية بما يكفي لصهر اللب أو إبقائه منصهرًا.
6. يكون محتوى الماجما من السيليكا أعلى من الصخر نفسه لأن الكوارتز ينصهر أولاً، لذا فإن نسبة السيليكا في الماجما ستكون أكثر عند بداية تكونها.
7. تتنوع الكتابة ولكن من الآثار الإيجابية أن بعض المواد البركانية مفيدة للزراعة. ومن الآثار السلبية تدمير المباني، وقتل الناس، وحرق الغابات.

التبلور الجزئي Fractional Crystallization

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

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

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

المطويات

ضَمِّن معلومات من هذا الدرس في مطويتك

التقويم 1–2

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

2-2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

التبلور الجزئي

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

المفردات الجديدة

الصخور الجوفية
الصخور السطحية
الصخر البازلتي
الصخر الجرانيتي
النسيج
النسيج البورفيري
النسيج الفقاعي
البيجماتيت
الكيمبرليت

تصنيف الصخور النارية
Classification of Igneous Rocks

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

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

المكونات المعدنية للصخور النارية
Mineral Composition of Igneous Rocks

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

تُصنَّفُ الصخور النارية حسب مكوناتها المعدنية؛ **فالصخور البازلتية Basultic Rocks** ومنها الجابرو- 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 الوسيطة، ويتكون معظمها من البلاجيوكليز والهورنبلند، ويعد الديوريت مثالًا جيدًا على هذا النوع. ويوضح **الشكل 6- 2** أمثلة على الأنواع الثلاثة من الصخور النارية

الديوريت

الجرانيت

الجابرو

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

2-2

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

كيف تصنّف؟ اعرض على الطلبة مجموعة عينات مختلفة لبذور نباتات مختلفة باللون والحجم، ثم اسألهم: كيف يمكن تصنيف هذه العينات إلى فئات؟ باللون، وبحجم الحبيبات. واشرح لهم أن الصخور النارية تُصنف بالطريقة نفسها.

2. التدريس

الربط مع المعرفة السابقة

المكونات المعدنية اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى مفهومي الانصهار الجزئي والتبلور الجزئي في القسم السابق من هذا الفصل، ثم اطلب إليهم أن يوضحوا أي أنواع الصخور النارية الآتية ـ اعتمادًا على الانصهار الجزئي ـ يكون له درجات انصهار أعلى: الجرانيتية، المتوسطة، البازلتية، أو فوق القاعدية؟ فوق القاعدية؛ لأنها تحوي معادن درجات انصهارها أعلى. ض م

■ **إجابة أسئلة الأشكال** الشكل **6-2** تحتوي الصخور على معادن مختلفة الألوان.

طرائق تدريس متنوعة

معاني الكلمات اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في أصل الكلمة غرابيب وذكر اسم السورة الكريمة ورقم الآية التي ذكرت فيها الكلمة، وتوضيح معنى الكلمة. وكيف تصف هذه الكلمة أحد أنواع الصخور النارية؟ ذكرت كلمة غرابيب في سورة فاطر الآية 27 . وغرابيب: جمع غربيب وهو الشديد السواد. وقد تدل الكلمة على الصخور البازلتية السوداء.

تفسير الأشكال

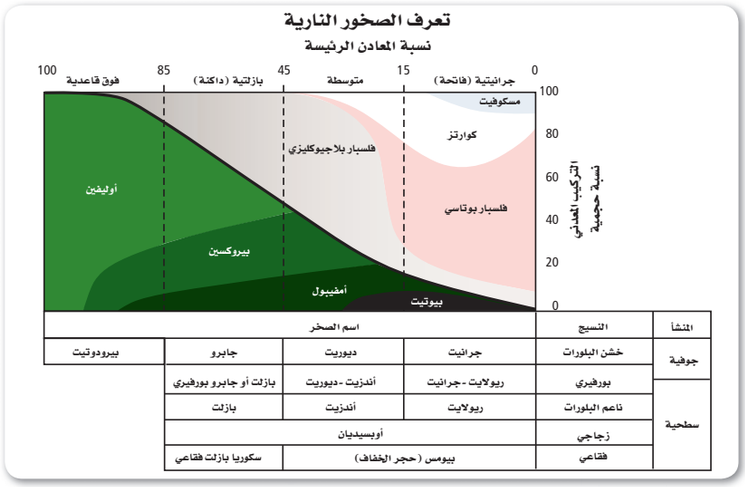
المكونات المعدنية اطلب إلى الطلبة أن يدرسوا الشكل 7–2 ويصفوا المكونات المعدنية لأنواع مختلفة من الصخور النارية. فعلى سبيل المثال، الجرانيت صخر جوفي يحتوي على فلسبار البوتاسي ، والكوارتز، والبيوتيت، والأمفيبول. ض م

المناقشة

الاختلاف في المكونات اسأل الطلبة: هل تعتقد أن جميع العينات المأخوذة من صخر الديوريت لها المكوّنات المعدنية نفسها؟ لا. ثم اطلب إليهم استعمال الشكل 7–2 لتدوين المكونات المعدنية لصخرين يمثلان طرفي المكونات المعدنية لمجموعة الديوريت. الصخر 1 (عند خط 15% على طول المحور الأفقي العلوي): 25% كوارتز، 58% مجموع الفلسبار، 10% بيوتيت، 7% أمفيبول، 0% بيروكسين. الصخر 2 (عند خط 45% على طول المحور الأفقي العلوي): 0% كوارتز، 50% مجموع الفلسبار، 0% بيوتيت، 15% أمفيبول، 30% بيروكسين، 5% أوليفين. ض م

استعمال المصطلحات العلمية

مصطلحات بديلة يستعمل المصطلحان فلسي ومافي لوصف مكونات الصخور الجرانيتية والبازلتية على التوالي. اطلب إلى الطلبة البحث في هذين المصطلحين وفي كيفية استعمالهما. الفلسي مصطلح أُخذ من الإنجليزية felsic وقد سمي بالعربية من الكلمتين: فلسبار(فل) وسيليكون (سي). ويستعمل في وصف الصخور التي تتكون من المعادن الفاتحة اللون. أما مصطلح مافي فأخذ من الإنجليزية (mafic) ويستعمل في وصف الصخور التي تحتوي على معادن فرومغنسية شائعة. وتحتوي هذه المعادن على الماغنيسيوم Mg، والحديد Fe، وهي قاتمة اللون. ف م



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

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

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

النسيج Texture

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

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

الأوبسيديان

الجرانيت

الريولايت

44

في الميدان

أدوات بدائية تعلَّم علماء الآثار الشيء الكثير عن الحضارات القديمة من خلال دراسة أدواتهم المصنوعة من الأوبسيديان. فعلى سبيل المثال، استعمل بعض القدماء الزجاج البركاني في تقطيع الصيد. وتشير السجلات الأثرية إلى أن أدوات الأوبسيديان استُعملت قبل 10,000عام. كذلك استعمل المصريون صخر الجرانيت في تشييد معابدهم وأهراماتهم، وفي بناء المسلات. وقد وجد الكثير من الأعمدة المصنوعة من الجرانيت في معابد الرومان، كذلك تم رصف وسقف بعض أبنيتهم بصخر البازلت.

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

الصخور البورفيرية (السماقية) Porphyritic rocks

انظر إلى أنسجة الصخور في **الشكل 9– 2**. توضح الصورة العلوية صخرًا يحتوي على بلورات بحجمين مختلفين. يظهر هذا الصخر **نسيجًا بورفيريًّا** Porphyritic Texture يتميز بوجود بلورات كبيرة واضحة المعالم، محاطة ببلورات صغيرة من المعدن نفسه أو من معادن مختلفة. والذي جعلها تتكون في صورة بلورات صغيرة وأخرى كبيرة كلتاهما في صخر واحد.

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

الصخور الفقاعية Vesicular rocks تحتوي الماجما 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 ثقوبًا في الصخر تسمى فقاعات، ويبدو الصخر إسفنجيًّا. ويسمى هذا المظهر الإسفنجي **نسيجًا فقاعيًّا** Vesicular Texture. ويعد كل من البيومس والبازلت الفقاعي أمثلة على ذلك. انظر **الشكل 9– 2**

ماذا قرأت؟ فسر سبب تكون الثقوب في الصخور النارية.

النسيج البورفيري

بازلت فقاعي

بيومس

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

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة ذوو المستوى المتقدم اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا حول المجهر المستقطب وفلاتره المستقطبة المتقاطعة، ويوضحوا استعماله في تعرُّف المعادن الموجودة في الشرائح المجهرية. يسير الضوء بسرعات مختلفة داخل البلورات اعتمادًا على الاتجاه الذي يسير فيه الضوء داخل البلورة. وبسبب اختلاف الخصائص البصرية لأبعاد البلورة تتداخل الأطوال الموجية ويلغي بعضها بعضًا، فتظهر الأمواج المتبقية في الشريحة بألوان مختلفة.

الربط مع العلوم الأخرى

التاريخ تتميز مدينة الدوادمي التي تقع في منطقة الرياض بتراث جيولوجي، يتمثل في صخور جرانيتية صلبة تكثر بها المعادن الفلزية، ومنها الفضة، والنحاس، والذهب، والبارايت، والرصاص، والزنك، وتوجد فيها عروق الكوارتز الأبيض المائل إلى الرمادي، ويكثر في هذه العروق الذهب والرصاص والزنك.. اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا عن هذه المعالم الجيولوجية في هذه المدينة وتاريخ المدينة المرتبط مع استخراج المعادن، وخصوصًا الذهب. د م ض م

دعم المحتوى

أنواع الزجاج البركاني لا يحتوي الزجاج البركاني على أي حبيبات معدنية، لذا لا يمكن الاعتماد على النسب المعدنية في تصنيفه، لذا يستعمل التحليل الكيميائي لتصنيفه. وفيما يلي بعض المكونات الكيميائية الشائعة: يحتوي الزجاج الريوليتي على 76% من SiO_2، 12% من Al_2O_3، 1% من FeO، 0.1% من MgO. ويتكون الزجاج الأنديزيتي من: 58% من SiO_2، 17% من Al_2O_3، 4% من FeO، 3% من MgO. أما الزجاج البازلتي فيتكون من: 46% من SiO_2، 9% من Al_2O_3، 10% من FeO، 15% من MgO.

إثراء

المكونات البورفيرية (السماقية) اعرض على الطلبة صخر بازلت بورفيري ذا بلورات فلسبار البلاجيوكليز كبيرة محاطة ببلورات فلسبار صغيرة، ثم اطلب إليهم استنتاج كيف يمكن أن تختلف مكونات الحجمين المختلفين من الفلسبار؟ يمكن للبلورات الكبيرة أن تكون غنية أكثر بالكالسيوم إذا لم يتوافر لها الوقت الكافي للتفاعل مع الماجما في أثناء تكوّن البلورات الصغيرة. ف م

المناقشة

تكوُّن النسيج البورفيري اسأل الطلبة: أي المعدنين يمكن غالبًا أن يكوّن أنسجة بورفيرية (سماقية): فلسبار البلاجيوكليز أم الفلسبار البوتاسي (الأورثوكليز)؟ ولماذا؟ يمكن أن يشكل فلسبار البلاجيوكليز غالبًا نسيجًا بورفيريًّا لأنه يتبلور أولاً؛ فالبلورات الكبيرة في النسيج البورفيري تتكون أولاً. ف م

ماذا قرأت؟ تتكون الثقوب عند اندفاع فقاقيع الغاز من اللابة أو عندما تنحصر داخلها.

تطبيقات الجيولوجيا

استعمل الصخور النارية اطلب إلى الطلبة أن يتفحصوا منازلهم لمعرفة هل استعملت الصخور النارية في بنائها أو في أعمال الزينة، ويصفوا الصخور وكيفية استعمالها. ويدونوا ذلك في دفتر الجيولوجيا. د م

الربط مع البيئة

أفران الخزف (السيراميك) يمكن التخلص من المواد الكيميائية السامة بحرقها عند درجات حرارة مرتفعة. ويوجد غالبًا في الأفران خزف مقاوم للحرارة مصنوع من معادن طينية. لذا اطلب إلى الطلبة المهتمين البحث في أنواع المعادن المستعملة في صناعة أفران الخزف.

دعم المحتوى

المعادن في الشرائح المجهرية الرقيقة

يُظْهِرُ فلسبار البلاجيوكليز مَعْلَمًا يسمى التوأمة. فقد تبدو البلورات كأنها مرآة تعكس صورتها؛ فمع تدوير منضدة المجهر يصبح نصفها معتمًا، ومع الاستمرار في تدوير منضدة المجهر يصبح النصف الثاني معتمًا، والنصف الأول مضيئًا. كما تبدو التوأمة في صورة خطوط متوازية تظهر أنظمة انطفاء أو تعتيم متبادلة.

ماذا قرأت؟ تحتوي العروق على كميات كبيرة من الكوارتز لأن عنصري السيليكون والأكسجين يتبقيان عندما تتبلور الماجما بالكامل. ثم يُحشر هذا السائل المتبقي في شقوق الصخور.

إجابة أسئلة الأشكال الشكل 11–2 تعادل درجة انصهار الكوارتز تقريبًا.

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

الشرائح الرقيقة Thin Sections

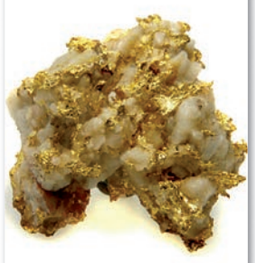
لتعرُّف الصخر يختبر الجيولوجيون بلورات المعادن في العينات الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهر. والشريحة الرقيقة قطعة من الصخر سمكها 0.03 mm تقريبا، مثبتة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بنفاذ الضوء عبرها. ويوضح الشكل 10–2 مقطع من الجرانيت تحت المجهر.

الصخور النارية موارد طبيعية
Igneous rocks as Resources

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

العروق Viens تحتوي الموائع المتبقية من تبلور الماجما على تراكيز عالية من السيليكا والماء، كما تحتوي على شوائب أو بقايا من عناصر لم تصنف ضمن الصخور النارية؛ فالذهب والفضة والرصاص والنحاس من الفلزات التي لم تتضمنها المعادن الشائعة. تتحرر هذه العناصر من السيليكا المذابة في نهاية عملية تبلور الماجما، على هيئة موائع ساخنة غنية بالعناصر، تملأ الشقوق والفراغات في الصخور المجاورة. تتصلب هذه الموائع وتكوِّن عروقًا غنية بمعادن أو فلزات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الحاملة للذهب في مهد الذهب في المملكة العربية السعودية. ويبين **الشكل 11–2** ذهبًا متكونًا في عروق الكوارتز.

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



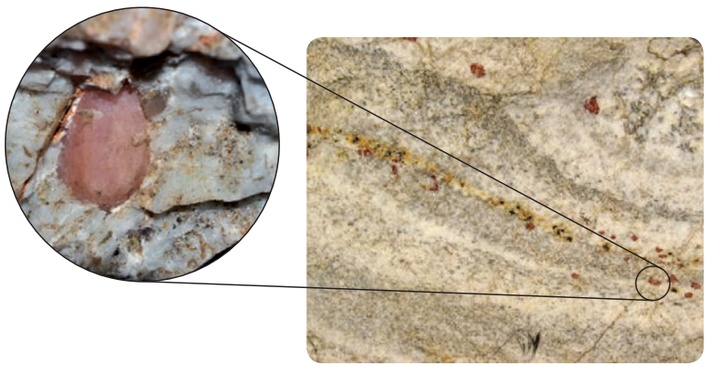
الشكل 11–2 يستخرج الذهب والكوارتز معا من المناجم، ثم يفصلان لاحقا.
استدل ما الذي يمكنك تحديده من هذه الصورة عن درجة انصهار الذهب؟

عرض عملي

شرائح مجهرية رقيقة وضح استعمال الشرائح المجهرية في تعرّف المعادن، من خلال عرض سلسلة من الصور للطلبة، تُظهر دوران شريحة المعدن على منضدة المجهر الضوئي. ثم الفت انتباه الطلبة إلى أن التغيرات في بلورات المعادن المعروضة هي نتيجة دوران الشريحة، ثم اطلب إلى الطلبة وصف الخصائص والتغيرات التي تحدث لمظهر كل من الكوارتز، والفلسبار، والكالسيت في الشريحة.

دفتر الجيولوجيا

عروق أم شرايين اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في تعريف الكلمتين عرق وشريان. ثم اطلب إليهم أن يكتبوا توضيحًا يدعم استعمال كلمة عرق في الجيولوجيا.



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

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

مختبر حل المشكلات 1–2 *

تفسير الأشكال العلمية

كيف يمكنك تقدير المحتوى المعدني؟

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

التحليل

1. صمم طريقة لتقدير نسب المعادن في العينة الصخرية في **الشكل** 10– 2.

2. اعمل جدول بيانات يضم المعادن، ونسبها المقدرة.

التفكير الناقد

3. حدد باستخدام **الشكل** 7– 2، موقع العينة التي تمثلها الشريحة الرقيقة على المخطط المبين في الشكل.

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

5. اقترح طريقة لتطوير دقة تقديرك.

* مختبر حل المشكلات للاطلاع فقط.

مختبر حل المشكلات 1–2

الهدف يحدد المكونات المعدنية للصخر باستعمال صورة لشريحة مجهرية رقيقة منه.

المهارات العلمية بناء الجداول واستخدامها، تطبيق المفاهيم، التفكير الناقد، تفسير الصور العلمية.

استراتيجيات التدريس

- ذكّر الطلبة بضرورة أن يكون مجموع النسب المقدرة 100%.
- ركز على أن الذي يتم تقديره هو المكونات المعدنية لا عدد الحبيبات. لذا يجب أن تؤخذ مساحة الحبيبات بعين الاعتبار عندما نقوم بتقدير المكونات المعدنية.

التحليل

1. اعمل نسخة من **الشكل 10–2** وحدد مقطعًا من الصخر قُرابة ربع حجمه، وقدّر كمية المعادن الآتية في هذا المقطع: الكوارتز والمسكوفيت لونهما رمادي، والفلسبار لونه وردي، والأمفيبول والبيوتيت لونهما أسود.

2. سيتضمن جدول البيانات المعادن الآتية: الكوارتز، والمسكوفيت، والفلسبار، والأمفيبول، والبيوتيت. وستختلف النسب باختلاف مقطع الصخر المستخدم في التقدير، على أن تتراوح نسب الكوارتز والمسكوفيت بين (18–35%)، والفلسبار (80–85%)، والأمفيبول والبيوتيت (2–17%). ويجب أن يظهر الكوارتز والمسكوفيت معًا في الجدول لأن لونهما رمادي ولا يمكن التمييز بينهما في الصورة، وينطبق ذلك أيضًا على الأمفيبول والبيوتيت فلا يمكن التمييز بينهما من خلال الصورة.

التفكير الناقد

3. تشير وفرة الكوارتز والفلسبار البوتاسي إلى أن الصخر جرانيتي.

4. تتنوع الإجابات اعتمادًا على تقديرات الطلبة. تتضمن مصادر الخطأ المحتملة نقطتين مهمتين هما: الصعوبة في تقدير المساحات وأخطاء في الحسابات.

5. غالبًا، كلما زاد عدد نقاط البيانات المأخوذة زادت دقة التقدير.

3. التقويم

التحقق من الفهم

المناقشة اطرح على الطلبة السؤال الآتي: هل يمكن أن يُظْهِرَ صخر ناري نسيجًا يجمع بين صخرين سطحيٍّ وجوفيٍّ معًا؟ **فسر إجابتك.** نعم، فالصخر البورفيري النسيج له بلورات كبيرة مثل الصخر الجوفي، وبلورات ناعمة الحبيبات مثل الصخر السطحي.

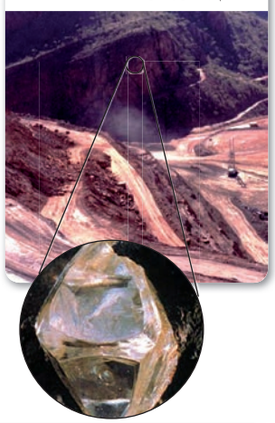
إعادة التدريس

لخص كلف كل طالب عمل جدول يلخص فيه نظام تصنيف الصخور النارية.

التقويم

الأداء كلف مجموعات الطلبة إعداد مجموعة من الصخور النارية مستعينين **بالشكل 7–2**. ويمكن للطلبة جمع عينات صخرية أو استعمال صور أو رسوم عوضًا عنها. كما يجب عنونة كل صخر في المجموعة، وكتابة تقرير مختصر عن مكوناته المعدنية.

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



الكيمبرليت Kimberlites الألماس معدن قيِّم، نادر الوجود، يوجد في الصخور فوق القاعدية المسماة **كيمبرليت Kimbarlite**، نسبة إلى مدينة كيمبرلي في جنوب إفريقيا. وتعد هذه الصخور غير العادية أحد أنواع البيرودوتيت. وتتكون هذه الصخور على الأرجح في أعماق القشرة الأرضية، أو في الوشاح على أعماق تتراوح بين 150 km و300 km؛ لأن الألماس الذي تحويه هذه الصخور مع معادن أخرى لا يمكن أن يتكون إلا تحت ضغط عال جدًا.

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

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

التقويم 2–2

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

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

التقويم 2-2

1. تشير التحاليل الكيميائية إلى أن الأوبسيديان يتكون بشكل رئيس من عناصر شائعة من المعادن الفاتحة والمتوسطة اللون، وتوجد هذه المعادن في الجرانيت. أما الأوبسيديان الأسود فينتج عن وجود كميات قليلة من الحديد منتشرة في الزجاج لقلة نمو معادن فيه أو انعدامها.
2. المجموعة الجرانيتية غنية بالكوارتز والمعادن الأخرى الفاتحة اللون. والمجموعة البازلتية غنية بالحديد والماغنيسيوم الموجودين في المعادن القاتمة اللون. أما المجموعة المتوسطة فهي خليط من معادن غامقة وفاتحة اللون.
3. ينتج عن التبريد البطيء بلورات كبيرة مكتملة النمو، وينتج عن معدلات التبريد السريعة بلورات صغيرة قد تكون مكتملة النمو أو لا تكون.
4. المكونات المعدنية: الأنديزيت والديوريت لهما المكونات المعدنية نفسها. الحجم البلوري: الأنديزيت بلوراته صغيرة أما الديوريت فبلوراته كبيرة.
5. تتكون الصخور فوق القاعدية من معادن ذات درجات انصهار مرتفعة. كما أن الصخور فوق القاعدية تبرد وتتبلور قبل وصولها إلى السطح بوقت طويل.
6. البلاجيوكليز يتكون في بداية عملية التبلور وهناك متسع في الماجما لنمو بلوراته. أما الكوارتز فيتبلور لاحقًا ويملأ الفراغات الموجودة بين المعادن التي سبق تبلورها.
7. $0.6\ m = 60\ cm;\ 2.5\ m = 2500\ cm;\ 2\ cm \times 60\ cm \times 2500\ cm =$
$300{,}000\ cm^3 \times 2.7\ g/cm^3 = 810{,}000\ g$ أو 810 kg

الهدف

يتعرف الطلبة أنواع الصخور المختلفة الموجودة على سطح القمر. كما يتعلمون الظروف المثالية والأماكن المناسبة لتخزين عينات من هذه الصخور في المختبرات.

دعم المحتوى

صخور القمر تحتوي العينات التي جُمعت في أثناء رحلات أبولّو صخورًا لها مكونات كيميائية مختلفة.

هبطت سفينة الفضاء أبولّو Apolo 11 على بحر تراكويليتاتوس Traquillitatus، وتعدّ هذه المنطقة من المناطق المستوية تمامًا على سطح القمر. وعند دراسة العينات وجد أنها تحتوي على بازلت غني بالتيتانيوم TiO_2، تتراوح نسبته بين 12% -9%، وليس له شبيه على سطح الأرض. أما موقع هبوط أبولّو 12 فكان على محيط بروكيلاروم Procellarum جنوب محيط كوبرنيكوس Copernicus، وهو أيضًا سطح مستو. ويشير البازلت الغني بالحديد في المنطقة إلى أن هذه المنطقة قد شهدت ارتطامًا لنيزك حديدي.

أما مكان هبوط أبولّو 15 فكان على التلال الشرقية لبحيرة أمبريوم Imbrium المكونة من اللابة. وقد اختير الموقع لأنه عبارة عن أنبوب منهار من اللابة، كما يوجد فيه أقدم صخور القمر، وعمرها 4.6 مليار سنة تقريبًا، وهي صخور نارية جوفية تسمى أنورثوسيت تتكون من فلسبار الكالسيوم.

أما موقع هبوط أبولّو 17 فكان بالقرب من فوهة شورتي Shorty Crater. وقد عثر على كرات من الزجاج البركاني برتقالية اللون بسمك 71 cm على حواف فوهات البراكين. ويعود اللون البرتقالي إلى وجود أكسيد التيتانيوم TiO_2. وقد دُفن الزجاج البركاني بسبب انسيابات اللابة، وظهر على السطح بعد تشكّل فوهة الارتطام، ولم ينزل أي من رواد الفضاء داخل فوهة الارتطام خلال البعثة.

صخور القمر Moon Rocks

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

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

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

مكونات صخور القمر تتميز صخور القمر عن غيرها بأمرين؛ أولهما: أنها غير مؤكسدة، ولا تحتوي على الماء، مع الأخذ في الاعتبار كمية الحديد التي يحتويها الصخر، حيث تختلف صخور الأرض عن صخور القمر في كون الأولى صدئة ومجواة، وثانيهما أن بعض سطوح صخور القمر مغطى ببثور (كبثور الجدري) تسمى حفر زاب (Zappits)، وتنتج هذه البثور عن ارتطام قطع نيزكية مجهرية بصخور سطح القمر، وهذه غير موجودة على سطوح صخور الأرض؛ إذ تحترق في الغلاف الجوي قبل وصولها إلى سطح الأرض.

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

* الجيولوجيا والبيئة للاطلاع فقط.

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

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

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

الكتابة في الجيولوجيا لعبة صخر قمري يجب أن يكتسب الطلبة معرفة علمية جديدة عن القمر وتركيبه من خلال ممارسة الألعاب.

استراتيجية التدريس

اطلب إلى الطلبة أن يلعبوا معًا إحدى الألعاب التي صمموها. وتأكد كيف قوموا الألعاب التي صممت، وتأكد كذلك من خلفياتهم العلمية حول الموضوع. وبعد الإنتهاء من ممارسة الطلبة لألعابهم تعرف ما قد تعلموه من ممارستهم هذه الألعاب.

مختبر الجيولوجيا

الإعداد للمختبر

الزمن المقترح 90 دقيقة

المهارات العلمية تحليل البيانات، وتصميم تجربة، والملاحظة والاستنتاج، والمقارنة.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل البدء بالتجربة. سوف يكون محلول الشب ساخنًا. ويجب ألا يحرك الطلبة أطباق بتري بعد صب المحلول فيها. وينبغي عليهم ارتداء النظارات الواقية ومعاطف المختبر.

إعداد الأدوات يتم إعداد محلول مشبع بإذابة أكبر قدر ممكن من الشب في دورق كبير به ماء مغلي. استخدم حوالي 400–500 mL من الشب لكل 1000 mL من الماء. يمكن أن يصبح المحلول ضبابيًّا (غير شفاف) عندما يغلي، ولكن هذا لن يؤثر في عملية التبلور في المحلول.

خطوات العمل

- ناقش الطلبة في مفهوم المحلول المشبع، ووضح لهم أن المياه الساخنة تستطيع إذابة مواد أكثر من إذابة المياه الباردة لها. وحينما يبرد المحلول المشبع الساخن تفقد جزيئات الماء طاقتها، ولهذا لا تستطيع الاحتفاظ بذرات الشب في المحلول. لذلك ترتبط الذرات بعضها مع بعض بنمطٍ ما مشكّلة بلورات صلبة ذات خصائص مميزة.
- **اكتشاف المشاكل وإصلاحها** أسقط حبيبات قليلة من الشب في الطبق لإحداث تبلور.

شارك بياناتك

راجع مع أقرانك على الطلبة اكتشاف أن بلورات محلول الشب تنمو بأشكال يمكن التنبؤ بها مهما كانت طريقة التبريد المستعملة.

التحليل والاستنتاج

1. تتنوع الإجابات اعتمادًا على طريقة التبريد المستعملة. وتتضمن الطرائق المحتملة الغمر في الماء المثلج، والتبريد في الثلاجة، و النفخ على الطبق.

2. بلورات الشب صفائحية سداسية الأوجه. وهي تشبه المثلثات مع قطع للزوايا، ويمكن أن تكون بلوراتها بحجوم مختلفة.

3. سوف يكون لغالبية البلورات الشكل نفسه إلى أن تبدأ في النمو بعضها مع بعض.

4. يؤثر معدل التبريد في حجم البلورة. لأنه المتغير الوحيد الذي تم اختياره.

5. تنمو البلورات أكثر ولكنها تحافظ على الشكل نفسه حتى تبدأ في التداخل بعضها مع بعض. وعند نمو بعضها مع بعض يصبح شكلها مشوهًا.

6. تختلف التجربة عن تبلور الماجما في الطبيعة حيث إنَّ تبلور الماجما يشمل تبريد عناصر المعادن، بينما التجربة تشمل تبريد محلول ساخن يحتوي على معادن ذائبة. وتتشابه التجربة مع تبلور الماجما في أن معدل التبريد فيهما هو المؤثر في حجم البلورة، وكذلك تنمو البلورات بإضافة ذرات إلى سطحها.

7. يؤدي معدل التبريد السريع إلى نمو بلورات صغيرة، بينما ينتج معدل التبريد البطيء بلورات كبيرة الحجم.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك
نموذج تكون البلورات

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

سؤال: كيف تتبلور المعادن من الماجما؟

الأدوات

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

احتياطات السلامة

احذر: محلول الشب قد يسبب تهيج الجلد ويصب ساخنًا في أطباق بتري. إذا لامس المحلول الجلد فاغسله بماء بارد.

خطوات العمل

1. اقرأ احتياطات السلامة الخاصة بهذا النشاط.
2. خطط مع زملائك في المجموعة كيف تغيرون معدل تبريد محلول الشب الحار في أطباق بتري، كل عضو في المجموعة سيختار طبق بتري في مكان محدد مسبقًا لمراقبته في أثناء الاستقصاء. تأكد من موافقة معلمك على الخطة المقترحة للعمل.
3. ضع طبق ورق مقوى أسود على سطح مستوٍ، وتأكد أنك وضعته في المكان المحدد مسبقًا، وضع أطباق بتري فوق الورق المقوى.
4. استعمل كأسًا زجاجية للحصول على حوالي 150 mL من محلول الشب فوق المشبع من معلمك. درجة حرارة المحلول دون درجة الغليان، أي حوالي 95°C– 98°C.

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

التحليل والاستنتاج

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

شارك بياناتك

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

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

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

دليل مراجعة الفصل

الفكرة الرئيسة

يمكن للطلبة استعمال تعبيرات موجزة لمراجعة المفاهيم الرئيسة للفصل.

الجيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com بهدف:

- دراسة الفصل كاملًا على الموقع.
- الحصول على مزيد من المعلومات والمشاريع والأنشطة.
- التقدم لاختبار الفصل والاختبار المقنن.

مراجعة المفردات

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

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

املأ الفراغ في الجمل الآتية بالمفردات الصحيحة:

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

تثبيت المفاهيم الرئيسة

7. ما أول المعادن التي تتكون عندما تبرد الماجما؟
   a. الكوارتز. c. الفلسبار البوتاسي.
   b. المايكا. d. الأوليفين.

استعمل الصورتين أدناه في الإجابة عن السؤال رقم 8.

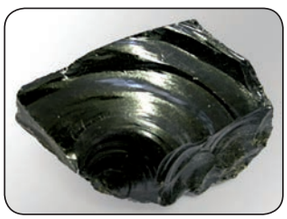
8. ما العملية التي حدثت؟
   a. الانفصال الجزئي. c التبلور الجزئي.
   b. الفصل البلوري . d. الانصهار الجزئي.

9. أي أنواع الماجما تحتوي كمية أكبر من السيليكا؟
   a. البازلتية. c. الريولايتية.
   b. الأندزيتية. d. البيردويتية.

10. أي العوامل الآتية لا يؤثر في تكون الماجما؟
   a. الحجم. c. الضغط.
   b. درجة الحرارة. d. المكونات المعدنية.

11. أي الصخور السطحية الآتية لها مكونات الديوريت نفسها؟
   a. الريولايت. c. الأوبسيديان.
   b. البازلت. d. الأندزيت.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال رقم 12.



12. أي العمليات كونت هذا الصخر؟
   a. تبريد بطيء. c. تبريد سريع جدًّا.
   b. تبريد سريع. d. تبريد بطيء ثم سريع.

13. أي أنواع الصخور فوق القاعدية تحتوي أحيانًا على الألماس؟
   a. البيجماتيت. c. الجرانيت.
   b. الكيمبرليت. d. الريولايت.

14. لمعدلات التبريد السريعة أثر في حجم البلورات في الصخور النارية، حيث تكوّن:
   a. بلورات صغيرة. c. بلورات فاتحة.
   b. بلورات كبيرة. d. بلورات داكنة.

الفصل 2

مراجعة الفصل

مراجعة المفردات

1. اللابة.
2. البازلتية.
3. الماجما.
4. بورفيري (سماقي).
5. صخور سطحية.
6. صخور جرانيتية.

تثبيت المفاهيم الأساسية

7. d الأوليفين.
8. d الانصهار الجزئي.
9. c الريولايتية.
10. a الحجم.
11. d الأندزيت.
12. c تبريد سريع جدًّا.
13. b الكيمبرليت.
14. a بلورات صغيرة.

مراجعة الفصل 2

15. ما المصطلح الذي يصف الصخور النارية التي تتبلور داخل الأرض؟
a. الماجما. c. اللابة.
b. الجوفية. d. السطحية.

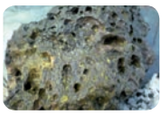
16. أي المعدنين أكثر شيوعًا في الجرانيت؟
a. الكوارتز والفلسبار.
b. الأوليفين والبيروكسين.
c. الفلسبار البلاجيوكليزي وأمفيبول.
d. الكوارتز والأوليفين.

أسئلة بنائية

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

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

استعمل الصورين الآتيتين للإجابة عن السؤالين 19 و 20.



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

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

التفكير الناقد

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

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

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

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

25. **قوّم** تتكون الصخور عمومًا من المعادن، وعندما يرد الصخر المنصهر بسرعة كبيرة يتحول إلى زجاج، والزجاج البركاني عبارة عن صخر ناري سطحي. قوّم ما إذا كان هذا الصخر يحتوي على المعادن، وفسّر إجابتك.
(ملاحظة: تذكر تعريف المعدن في الفصل الأول).

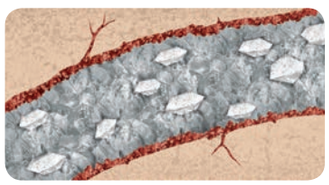
26. **كوّن فرضية** كيف تبدو عتبة باليسيد لو كان تركيب الماجما جرانيتيًّا؟

خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحدٍّ

استعمل الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال رقم 28.



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

التفكير الناقد

21. الأوبسيديان زجاج بركاني ليس له بناء بلوري داخلي، لذا ينشطر عند طرقه بالمطرقة. أما الجرانيت فيتكون من معادن لها بناء بلوري داخلي منتظم، وعلى الرغم من قابلية هذه المعادن للكسر إلا أنها تكوّن بسهولة قطعًا صغيرة مطابقة للمعدن ولا تتحطم.

22. يمكن حدوث ذلك من خلال عملية الانصهار الجزئي؛ لأن محتوى المعادن التي تنصهر من السيليكا أولاً يكون مرتفعًا، فينتج عن ذلك ماجما تحوي نسبة من السيليكا أعلى مما في الصخر الأم.

23. لأن قساوة المعادن الرئيسة في الجرانيت ـ وهي الكوارتز والفلسبار ـ أعلى من قساوة الفولاذ غير القابل للصدأ.

24. أن أنابيب الكيمبرليت تمتد إلى الوشاح، لذا فإن مكوناتها يمكن أن تمثل مكونات الوشاح.

25. لايحتوي الصخر على المعادن، ولا يعد الزجاج معدنًا لعدم وجود بناء بلوري له.

26. يمكن أن يلاحظ الطلبة أن المعادن الموجودة في العتبة فاتحة اللون مثل الكوارتز والفلسبار البوتاسي والمسكوفيت. كذلك يمكن أن يقترحوا أن نطاق التبريد يتكون من المكونات الأصلية بحيث تتكون طبقة البلورات التي تكونت في البداية من الفلسبار الصودي، بينما الجزء الأوسط من العتبة يتكون من كوارتز ومايكا وفلسبار متبقٍّ.

خريطة مفاهيمية

27. يجب ربط المصطلحات على النحو الآتي: الأبطأ، جوفي، ماجما، جرانيت، جابرو، بطيء، جوفي أم سطحي، لابة، ريوليت، بازلت. سريع، أوبسيديان، بيوميس.

سؤال تحدٍّ

28. يتألف هذا الصخر البورفيري من ثلاثة أقسام: الحواف وتسمى نطاق التبريد السريع، بلوراتها صغيرة وألوانها مختلفة مقارنة بالصخر الذي خلفيته ناعمة الحبيبات. وقد تكونت هذه البلورات عندما أصبحت الماجما في تماس مع الصخر البارد المحيط بها، فبردت بسرعة وكونت هذه البلورات الصغيرة بمكونات محددة، ومع تبريد ما تبقى من الماجما تتكون بداية بلورات كبيرة مكتملة النمو من الفلسبار، وفي النهاية يبرد ما تبقى من الماجما بسرعة كبيرة مكونًا أرضية بازلتية ناعمة الحبيبات.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. a الجرانيت.
2. c الجابرو.
3. d SiO_2.
4. b التبلور الجزئي.
5. d الحجم.
6. a الماجما التي تحتوي على سيليكا أكثر تكون أعلى لزوجة.
7. d تتناسب أبطأ من النوعين الآخرين من الماجما.

اختبار مقنن

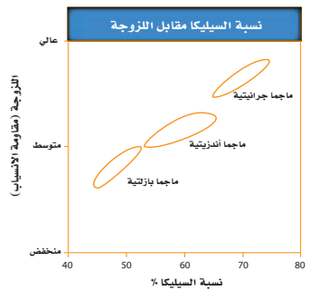
اختيار من متعدد

استعمل الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2

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

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

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 6و7.

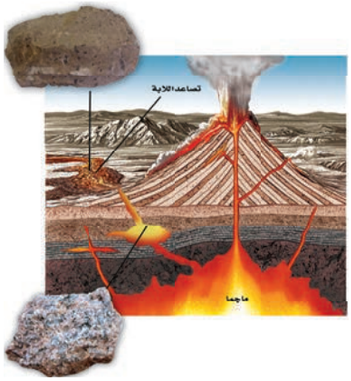


6. ما العلاقة التي يمكن استخلاصها من الرسم البياني؟
   a. الماجما التي تحتوي على سيليكا أكثر تكون أعلى لزوجة.
   b. الماجما التي تحتوي على سيليكا أقل تكون أعلى لزوجة.
   c. لزوجة الماجما منخفضة دائمًا.
   d. لا توجد علاقة بين محتوى السيليكا واللزوجة.
7. ما العبارة الصحيحة حول الماجما الريولايتية؟
  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

54

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 10 – 8



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

القراءة والاستيعاب

براكين قاع المحيط

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

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

تحدث هذه البراكين بمحاذاة الأخاديد البحرية؛ حيث تنزلق صفيحة أرضية تحت صفيحة أخرى. وفي مقابل البراكين التي تحدث عند ظهر المحيط حيث تتباعد الصفائح عن بعضها، فإن المقذوفات البركانية عند الأخاديد تتراكم بعضها فوق بعض حيث ترتفع الجبال البركانية تدريجيًّا حتى تصل فوق سطح الماء، وتشكل الجزر البركانية. لقد مكنت التقنيات الحديثة العلماءَ من دراسة النشاط البركاني عند أقواس الجزر البركانية عن قرب، مما مكَّنهم من الحصول على معلومات واقعية عن عمليات تكون بعض هذه الجزر، ومنها جزيرة ماريانا . تم رصد النشاط البركاني لجزيرة ماريانا للمرة الأولى عام 2004، ورغم أن النشاط البركاني في الجزيرة يحدث بمعدل ثابت وضعيف إلا أن ذلك لا يعني أنه كان نشطًا خلال العصور الماضية. وهذا يساعد العلماء على تصور الآلية التي تتكون بها هذه الجزيرة.

بعد قراءتك للنص أجب عن الأسئلة الآتية:

13. ما أهمية الدراسات الحديثة لجزيرة ماريانا؟
a. تعطي العلماء فرصة لإلقاء نظرة واقعية على العمليات التي تشكل الجزر البركانية.
b. تكشف أن البراكين يمكن أن تستمر في الثوران عقودًا طويلة.
c. تكشف عن أسرار الحياة قرب فوهات البراكين.
d. تمثل أول ملاحظة مباشرة على البراكين النشطة عند أقواس الجزر البركانية.

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

أسئلة الإجابات القصيرة

8. صخر ناري جوفي، ومن الأمثلة عليه الجرانيت، يتكون من خلال تدفق الماجما في الشقوق والفراغات الموجودة في القشرة الأرضية، ثم تبرد ببطء وتتحول إلى صخر.
9. صخر ناري سطحي، ومن الأمثلة عليه الريوليت، تتدفق اللابة عبر القشرة الأرضية وتبرد بسرعة.
10. تتكون الصخور النارية الجوفية عندما تبرد الماجما وتتبلور ببطء أسفل سطح الأرض. بينما تتكون الصخور النارية السطحية عندما تبرد اللابة وتتبلور بسرعة على سطح الأرض.
11. يعني ذلك أن المعادن تتكون من خلال عمليات طبيعية، وأن المعدن لم يكن في أي مرحلة من مراحل تكونه مكونًا من مادة حية.
12. تصنف المعادن على أنها أحجار كريمة عندما تكون أكثر ندرة، وأكثر جمالاً من باقي المعادن.

القراءة والاستيعاب

13. a تعطي العلماء فرصة لإلقاء نظرة واقعية على العمليات التي تشكل الجزر البركانية.
14. d هناك نشاط بركاني في مواقع مختلفة تحت سطح الماء.

الفصل 3

الصخور الرسوبية والمتحولة

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

3–1 نشأة الصخور الرسوبية

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

3–2 أنواع الصخور الرسوبية

الفكرة الرئيسة تصنف الصخور الرسوبية بناءً على طرائق تشكلها.

3–3 الصخور المتحولة

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

مخطط الفصل 3
الصخور الرسوبية والمتحولة

الأهداف	المواد والأدوات المستعملة	الزمن المقترح
3–1 تشكل الصخور الرسوبية **1. يتتبع** تشكّل الصخور الرسوبية. **2. يوضح** عملية التصخّر. **3. يصف** مظاهر الصخور الرسوبية.	**تجربة استهلالية** صفحة 57: صورة لطبعات أقدام محفوظة في صخور رسوبية. **عرض عملي** صفحة 58: الجرانيت، مبرد، مطرقة، حمض الهيدروكلوريك المخفف. **تجربة** صفحة 60: رسوبيات، قنينة سعة 200 mL مع غطاء، ماء.	10 دقائق 10 دقائق 15 دقيقة
3–2 أنواع الصخور الرسوبية **1. يصف** أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية. **2. يوضح** كيفية تشكّل الصخور الرسوبية الكيميائية. **3. يصف** الصخور الرسوبية الحيوية.		
3–3 الصخور المتحوّلة **1. يقارن** بين أنواع الصخور المتحوّلة وأسباب تشكّلها. **2. يميز** بين أنسجة التحوّل. **3. يفسر** كيفية حدوث التغيّرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحوّل.	**مختبر الجيولوجيا** صفحة 76: عينات صخرية (صخر رملي، الحجر الطيني، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، أردواز، رخام، نايس)، عدسة مكبِّرة يدوية، ورقة، ميزان، مخبار مدرّج سعة 100 mL ، ماء.	120-60 دقيقة

ترميز مستويات الأنشطة والتجارب لمراعاة الفروق الفردية

ف م أنشطة للطلبة الذين هم فوق المستوى (المتميزين).	**ض م** أنشطة للطلبة الذين هم ضمن المستوى.	**د م** أنشطة للطلبة الذين هم دون المستوى.	**تعلم تعاوني** أنشطة صُممت لمجموعات عمل صغيرة متعاونة.

الفصل 3

الصخور الرسوبية والمتحولة

الفكرة العامة

تعرّف الخصائص ضع أرزًا مطبوخًا في صحن ورصّه قليلاً، ثم اقلبه، تحصل على نموذج من الأرز على هيئة الصحن. ضع بجانب نموذج الأرز عينة حجر رملي خشن، واطلب إلى الطلبة أن يقارنوا بينهما. يظهر أن كليهما مكونان من حبيبات مفردة، ولكن حبات الأرز جميعها متساوية الحجم تقريبًا، أما حبيبات الحجر الرملي فقد تحتوي على حبيبات مختلفة الحجم، ولكن لا تُرى فيهما مادة لاحمة تربط بين الحبيبات المكونة لهما. الفت نظرهم إلى أن الصخور الرسوبية الفُتاتية هي الأكثر شيوعًا بين الصخور الرسوبية، وهي مكوّنة من حبيبات منفردة ملتحمة بعضها مع بعض بمادة لاحمة.

دعم المحتوى

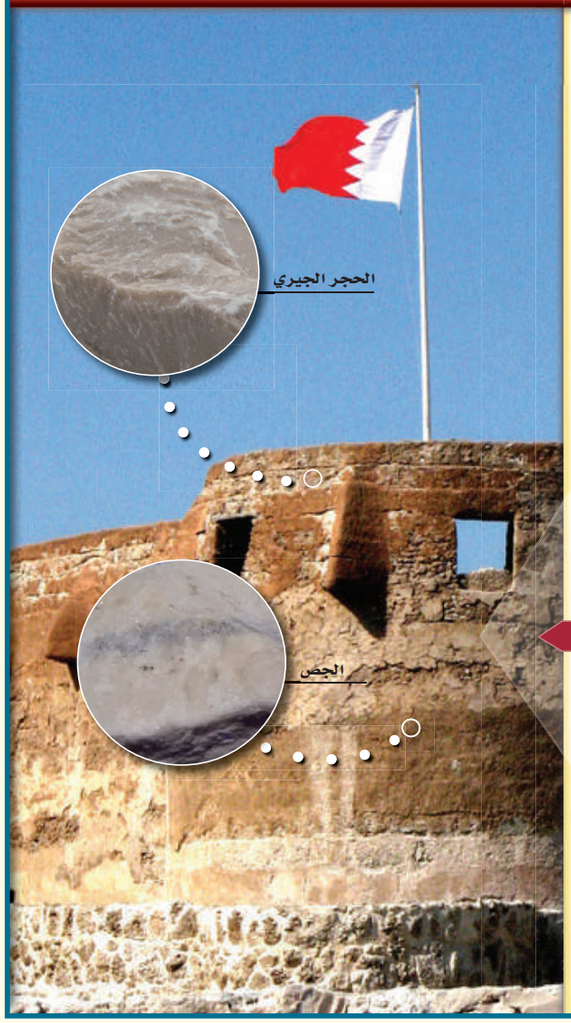
حجارة البناء الحجارة الطبيعية التي استُعملت في قلعة البحرين هي الحجر الجيري والجص . اسأل الطلبة: لماذا تُستعمل أنواع معينة من الصخور في البناء ولا تُستعمل أنواع أخرى؟ المتانة، والتكاليف، وقدرة تحمل كبيرة، والمظهر، ووفرتها في الطبيعة. يتكون الحجر الجيري من معدن الكالسيت. اسأل الطلبة: لماذا تعد السيطرة على تأثير المطر الحمضي في المدينة أمرًا مهمًّا؟ لقد درس الطلبة من قبل أن الكالسيت يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف، لذا عليهم أن يربطوا ذلك بقدرة المطر الحمضي على إذابة حجر البناء.

السبورة التفاعلية

استعمل عروضًا تقديمية (بالبوربوينت) تشتمل على:

- ملخص لمحتوى الفصل.
- صور لصخور رسوبية ومتحولة مختلفة.
- عروض متحركة.
- روابط بالموقع التعليمي:

www.obeikaneducation.com



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

3–1 تشكل الصخور الرسوبية
الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور الرسوبية من تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.

3–2 أنواع الصخور الرسوبية
الفكرة الرئيسة تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.

3–3 الصخور المتحولة
الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لارتفاع في درجة الحرارة والضغط والمحاليل الحرمائية.

حقائق جيولوجية

قلعة البحرين

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

تجربة استهلالية

ما الذي حدث هنا؟

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

خطوات العمل

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

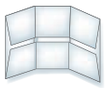
التحليل

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

المطويات منظمات الأفكار

اعمل المطوية الآتية لتوضح مسارات محتملة في تكون الصخور.

الخطوة 1: علّم رأسيًّا 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 الثني، كما هو موضح.

الخطوة 4: عنون الأقسام كما هو موضح عن اليسار.

استخدم هذه المطوية استعمل 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

تجربة استهلالية

المهارات العلمية تفسير الصور العلمية، التسلسل، استخلاص النتائج.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل البدء في التجربة.

استراتيجيات التدريس

اطلب إلى الطلبة التركيز على الأشياء الواضحة أولاً، فعلى الطلبة مثلاً أن يحددوا عدد المسارات واتجاهها (اتجاه حركة الحيوان) قبل محاولة تفسير التفاعلات بين الحيوانات الأكثر تعقيدًا.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة أن يعدّوا قائمة بالمعلومات التي لا يمكن تحديدها من آثار الأقدام الأحفورية. لا تحوي آثار الأقدام الأحفورية أي معلومات عن مظهر الحيوان؛ فهي لا تحوي العظام، ولا أي بنية لهيكله، ولا أي دليل على أي جزء من ذلك الحيوان لم يلمس سطح الأرض.

التحليل

1. على الأقل 2.

2. أنواع الحيوانات، طول خطوات الحيوانات، وأوزانها، وعدد أصابع القدم، واتجاه الحركة، وأي أثر لأقدام الحيوانات، إلخ...

3. يتنوع تفسير المخططات، ومن الأسباب المحتملة لتنوع تفسيرات الطلبة أن حيوانات مختلفة قد تترك آثارًا متشابهة، أو قد يفسر الطلبة المظهر بطريقة مختلفة.

3-1

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

ما الذي يكوّن الصخر؟ رصّ كمية من الرمل الرطب في كأس ورقية صغيرة، ثم أخرجها برفق من الكأس. أعد هذه العملية مستعملاً الكمية نفسها من الرمل الممزوج بغراء أبيض مخفّف، ثم اتركه حتى يجف. واطلب إلى الطلبة أن يتأملوا العينتين، ثم اسألهم عن مصدر هذا الرمل. قد يقترح الطلبة أنها جاءت من جبال أو من صخور تعرضت للتعرية.. إلخ. واسألهم: هل تُعد هاتان العينتان من الصخور؟ وما الذي جعلهما صخرًا؟ اطرق كلًّا منهما برفق، ليشاهد الطلبة أن إحداهما قد تفتتت بسهولة، وأن الأخرى تبقى متماسكة كالصخر. ووضح لهم أنه على الرغم من رصّ العينتين وتصلبهما، إلا أنه لا بد من وجود مادة لاحمة لتحويل الراسب إلى صخر.

2. التدريس

الربط مع المعرفة السابقة

استقرار المعادن ذكّر الطلبة بأنواع الصخور النارية وبمكوناتها المعدنية، وأخبرهم أن المعادن التي تتبلور عند درجات عالية (تنصهر عند درجات حرارة عالية) تكون أكثر تأثرًا بالتجوية الكيميائية من المعادن التي تتبلور عند درجات حرارة منخفضة (تنصهر عند درجات حرارة منخفضة). وبناءً على ذلك، اطلب إليهم أن يتوقعوا أي المعادن أكثر شيوعًا في الصخور الرسوبية الفتاتية. المعادن الأكثر مقاومة للتجوية هي المعادن التي تتبلور عند درجات حرارة منخفضة (تنصهر عند درجات حرارة منخفضة)، ومنها الكوارتز والفلسبار البوتاسي.

■ **إجابة أسئلة الأشكال** الشكل 1–3 سيكون الكوارتز هو المعدن الأكثر مقاومة؛ لأنه ينصهر عند درجة حرارة منخفضة ، ويتشكل تحت ظروف أقرب ما تكون إلى ظروف سطح الأرض.

الأهداف

- تتبّع تشكُّل الصخور الرسوبية.
- توضح عملية التصخّر.
- تصف مظاهر الصخور الرسوبية.

مراجعة المفردات

النسيج: المظهر الفيزيائي للصخر أو ملمسه.

المفردات الجديدة

الرسوبيات
التصخّر
السمنتة
التطبّق
التطبّق المتدرّج
التطبّق المتقاطع

تشكّل الصخور الرسوبية

Formation of Sedimentary Rocks

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

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

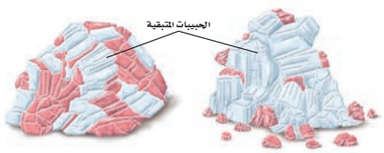
التجوية والتعرية Weathering and Erosion

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

التجوية Weathering تُنتج التجوية فتاتًا من الصخور والمعادن يعرف بالرسوبيات. يتراوح حجم هذه الرسوبيات بين كتل ضخمة وحبيبات مجهرية. وتحدث التجوية الكيميائية عندما تذوب أو تتغير معادن الصخر الأقل استقرارًا كيميائيًا. ما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوية؟ أما التجوية الفيزيائية فتنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجمًا، دون أن تتغير كيميائيًا. ويوضح **الشكل 1–3** صخرًا تجوّى كيميائيًا وفيزيائيًا.

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

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



عرض عملي

التجوية الفيزيائية مقابل التجوية الكيميائية ضع على سطح الطاولة قطعة من الجرانيت وبجانبها مبردًا ومطرقة ووعاءً به ماء وحمض هيدروكلوريك مخفف وموادّ أخرى قد تختارها. استعمل هذه المواد بوصفها عوامل تجوية للجرانيت، ثم اسأل الطلبة: ما نوع التجوية التي تم محاكاتها في كل حالة؟ الفيزيائية: المطرقة والمبرد والماء، الكيميائية: الماء وحمض الهيدروكلوريك المخفف. **د م**

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

ماذا قرأت؟ لخص ما يجري في أثناء عملية التعرية.

المياه الجارية

الرياح

الجليديات

الجاذبية

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

59

الربط مع المعرفة السابقة

ارجع إلى الفصل الأول القسم 1–1، تعرف المعدن – القساوة والانفصام وراجع مع الطلبة الخصائص المعدنية، ثم اسألهم: ما الخصائص المعدنية التي تؤثر كثيرًا في شكل الحبيبات بعد عمليتي التعرية والنقل؟ القساوة والانفصام، تحتاج حبيبات المعادن القاسية إلى وقت طويل لتصبح ملساء ومستديرة مقارنة بحبيبات المعادن الطرية. أما الانفصام فإن وجود سطوح انفصام كثيرة في المعادن يجعلها مدببة الحواف بعد عمليتي التعرية والنقل.

المناقشة

التجوية مقابل التعرية اسأل الطلبة: ما أوجه الاختلاف بين عمليتي التجوية والتعرية؟ التجوية تفكك الحبيبات، أما التعرية فتنقلها.

فسّر الصورة

عوامل التعرية وجّه الطلبة إلى دراسة **الشكل 2–3**، واسألهم: أي عوامل التعرية الأربعة يمكنها تحريك الحبيبات الكبيرة؟ وأي البيئات الموضحة يتوقعون أن يجدوا فيها رسوبيات جيدة الفرز؟ الانزلاقات الأرضية والجليديات هما العاملان اللذان لديهما القدرة على تحريك الحبيبات الكبيرة. أما رسوبيات الرياح (الكثبان الرملية) فتحتوي على حبيبات رمل جيدة الفرز.

استعمل المصطلحات العلمية

الراسب اطلب إلى الطلبة أن يفكروا في كلمات تشبه كلمة الراسب، وبيان علاقتها بهذه الكلمة. ترسيب وترسيم وسراب. الترسيب هو العملية التي يتشكل بها الراسب، أما الترسيم والسراب فلا علاقة لهما بالراسب.

ماذا قرأت؟ تتفتت الصخور إلى قطع، ثم تنقل هذه القطع من مكان إلى آخر.

الربط مع العلوم الأخرى

الجغرافيا – الفيضانات النافعة

ليست كل آثار الفيضانات سلبية؛ عندما تفيض مياه الأنهار تنتشر أفقيًّا بعيدًا عن ضفاف النهر، فترسّب مياه الفيضانات هذه طبقة من الغرين والصلصال ومواد عضوية تؤدي إلى تحسين خصوبة التربة. ولكن السدود المقامة على نهر النيل في مصر مثلاً أدّت إلى قطع هذه الدورة، مما أدى إلى انخفاض خصوبة التربة على طول النهر ما بعد السد.

دفتر الجيولوجيا

زحف الكثبان الرملية يُعدّ زحف الكثبان الرملية إلى المزارع والمناطق السكنية مشكلة كبيرة في بعض مناطق العالم. لذا وجّه الطلبة إلى كتابة ما يقترحونه من أفكار حول كيفية الحدّ من زحف الكثبان الرملية، وشجعهم على تذكّر الطرائق التي تنتقل بها حبيبات الرمل وتترسب.

تجربة 3–1

الهدف يلاحظ الطلبة كيف تتكون الرسوبيات في طبقات.

المهارات العلمية الملاحظة، والاستنتاج، واستخلاص النتائج.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل البدء بالتجربة.

استراتيجيات التدريس

- تحصل على أفضل النتائج إذا استعملت مخلوطًا من الحصى والرمل والغرين أو الصلصال. أما إذا استعملت التربة فسيصبح المخلوط وحلًا، وستقل سرعة الترسيب.
- يحدث تكوّن الطبقات (التطبق) بصورة أفضل عندما تترسب الرسوبيات في أكبر كمية ممكنة من الماء. لذا اطلب إلى الطلبة تحريك القنينة وهي مقلوبة فترة قليلة قبل إعادتها إلى وضعها الصحيح.
- وضح للطلبة أن الحبيبات الصغيرة الخفيفة تهبط ببطء بسبب لزوجة الماء واحتكاكها به.
- حضر عمودًا للترسيب لعرضه أمام الطلبة في حال فشل الطلبة في التوصل إلى النتائج المتوقعة.

النتائج المتوقعة تترسب المواد الخشنة أولاً، ثم تليها الموادّ الناعمة وهكذا، إلى أن تتشكّل الطبقة العليا من الغرين والصلصال. وكذلك تفرز حبيبات الصخور الرسوبية في البيئة المائية بالطريقة نفسها في صورة طبقات وفقًا لحجومها.

التحليل

1. يجب أن تُظهر الرسوم المواد الخشنة في القاع تعلوها طبقات متتابعة متدرجة في الحجم، أي أن الطبقات العلوية تتكون من المواد الناعمة.
2. رواسب خشنة.
3. الصلصال والغرين. ينبغي أن توضح إجابات الطلاب أن الحبيبات الصغيرة الخفيفة تهبط ببطء بسبب لزوجة الماء واحتكاكها به.

التقويم

الأداء معظم طبقات الصخور الرسوبية لا تحتوي على جميع الحجوم المختلفة من الحبيبات. لذا اطلب إلى الطلبة أن ينشئوا مخطّطًا يصفون فيه كيف تتشكّل طبقات من الرمل الخشن والحصى فقط. قد تكون المياه حاملة للرمل والحصى فقط، أو أن الرسوبيات قد ترسبت من مياه جارية ذات طاقة كافية تمنع تسرب الحبيبات الناعمة.

تجربة 3–1

نموذج لتطبّق الرسوبيات

كيف تتشكّل الطبقات في الصخور الرسوبية؟

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

خطوات العمل

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

التحليل

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

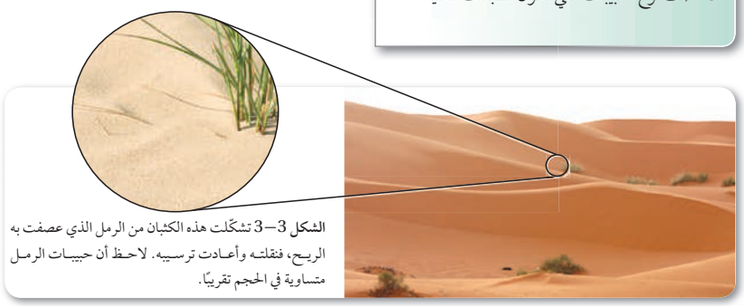
الترسيب Deposition يحدث الترسيب عندما تستقر الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي. ما الذي حدث في التجربة عندما توقفت عن قلب القنينة المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحبيبات الصغرى في الأعلى. وبالمثل، تترسب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

طاقة عوامل النقل Energy of transporting agents

تستطيع المياه السريعة أن تنقل حبيبات كبيرة الحجم أفضل من المياه البطيئة الحركة؛ فعندما تقل سرعة المياه تترسب أولًا الحبيبات الأكبر، ثم الأصغر وهكذا، بحيث تُفرز الحبيبات المتساوية الحجوم في طبقات. أما الرياح فلا تحرك إلا على الحبيبات الصغيرة. ولهذا، تتكون الكثبان الرملية في العادة من الرمل الناعم الجيد الفرز، كما في **الشكل 3–3**. ولكن ليست جميع الرسوبيات مفروزة؛ فالجليديات مثلًا تحمل جميع المواد على اختلاف حجومها بالقدر نفسه؛ إذ تحمل الصخور الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصهر فإنها تلقيها دفعة واحدة على هيئة كومة غير مفروزة.

التصخّر Lithification

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



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

طرائق تدريس متنوعة

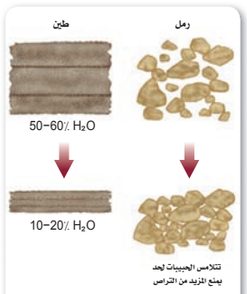
الطلبة ذوو المستوى المتقدم راجع الطلبة في مفهوم الانصهار الجزئي ومكونات المعادن، ثم اسألهم لماذا يعد الكوارتز من المواد الشائعة في تكوين المادة اللاحمة في الصخور الرسوبية، في حين لا تكوّن مادة لاحمة في بعض المعادن الأخرى ومنها البيروكسين؟ تذوب حبيبات الكوارتز المجواة عند ارتفاع الضغط الناتج عن تراكم الرسوبيات، وعندما تصل المحاليل إلى مناطق ذات الضغط المنخفض يترسب الكوارتز الذائب بين حبيبات الرسوبيات مكونًا مادة لاحمة للحبيبات.

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

التراص Compaction تشمل عملية التصخر مجموعة من العمليات تبدأ بعملية الضغط؛ إذ يؤدي وزن الرسوبيات العلوية إلى تقريب حبيبات الرسوبيات التي تحتها بعضها إلى بعض، مما يترتب عليه تغيرات فيزيائية، كما في **الشكل 4–3**. فطبقات الطين تحوي ٪60 من حجمها تقريبًا من الماء. لذا ينقص حجمها عندما يخرج الماء منها بتأثير الضغط. أما الرمل فلا ينضغط بقدر انضغاط الطين في أثناء عملية الدفن. ومن أسباب ذلك أن حبيبات الرمل تتكون في العادة من الكوارتز، وهي غير قابلة للتشوُّه تحت ظروف الدفن العادية.

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

السمنتة Cementation لا يشكل الضغط القوة الوحيدة التي تربط الحبيبات بعضها مع بعض. تحدث **السمنتة** Cementation عندما تترسب معادن جديدة تكون مذابة في المياه الجوفية، وتؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات بعضها ببعض مشكلةً صخرًا صلبًا، ويحدث هذا عندما يترسب معدن جديد مثل الكالسيت $CaCO_3$ أو أكسيد الحديد Fe_2O_3 بين الحبيبات الرسوبية بالكيفية نفسها التي تترسب بها المعادن المذابة من المياه الجوفية. ويوضح **الشكل 5–3** كيف تحدث هذه العملية.

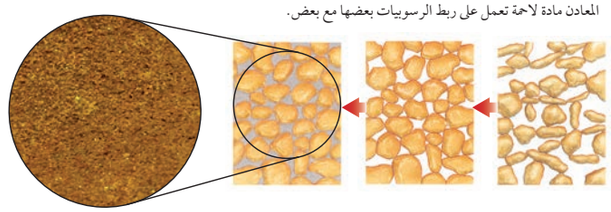


الشكل 4–3 يؤدي محتوى رسوبيات الطين المرتفع من الماء وشكل حبيباتها الأفقي إلى تراص كبير عندما تخضع لثقل الرسوبيات التي فوقها.

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



61

عرض عملي

المسامية والنفاذية ضع بعض الحصى الكبيرة في وعاء شفاف ليشاهد الطلبة تماس كل حبة مع الأخرى والفراغات التي بينها. ثم وجّه الطلبة إلى استعمال العدسة اليدوية المكبرة لتفحص الرسوبيات بتفصيل أكثر، وأخبرهم أن حبيبات الرمل المكبَّرة ستبدو مشابهة للحصى. **د م**

إثراء

الترسيب الفصلي إن مستوى طاقة أمواج عواصف الشتاء أعلى من مستوى طاقة أمواج العواصف الصيفية. لذا اطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا الاختلاف بين رسوبيات الشواطئ في فصلي الشتاء والصيف. ترسب أمواج الشتاء العالية الطاقة حبيبات أخشن ولمسافات أبعد على الشواطئ بمقارنتها بالأمواج الصيفية.

استعمل المصطلحات العلمية

اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في كلمات إغريقية بادئة بكلمة lithos:

دراسة الصخور (دون استعمال المجهر)	lithology
الكتابة أو الطباعة باستعمال الحجر	lithograph
الغلاف الصخري	lithosphere
نبات ينمو في الصخر	lithophyte

استعمال التشابه

الحبيبات والمادة اللاحمة اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا أوجه التشابه بين بذور نبات السمسم مع مصهور السكر وعملية السمنتة. عندما يتجمد مصهور السكر يعمل عمل مادة لاحمة بين بذور نبات السمسم في صنع أنواعٍ من الحلوى، كالتي تترسب بين الحبيبات الموجودة أصلاً في الصخور الرسوبية.

مشروع

قياس المسامية وجّه مجموعة من الطلبة إلى تصميم تجربة لقياس كمية المسامات الهوائية في عينة من الرمل الخشن. قد يختار الطلبة استعمال الماء والمخبار المدرج لقياس حجم العينات. **ض م** **تعلم تعاوني**

الربط مع المعرفة السابقة

مِمّ تتكوّن المادة اللاحمة؟ راجع الطلبة في الخصائص المعدنية في الفصل الأول، واسألهم كيف يمكنهم أن يميزوا بين حجر رملي حبيباته ملتحمة بمادة لاحمة من الكالسيت وآخر من الكوارتز؟ إذا كانت المادة اللاحمة بين حبيبات الحجر الرملي من الكالسيت فإنها تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المخفف.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قـد يظـن الطلبـة أن تكويـن الرسـوبيات يبدأ فقـط عندما تتوقف عملية النقل.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلـب إلى الطلبـة أن يعـدوا قـائمـة ببيئـات مختلفـة، يتوقعون أن يحدث الترسـيب فيها، مبينين أسـباب تشـكّل الرسوبيات في كل منها.

عرض المفهوم

وضح للطلبة أن عملية الترسـيب تبدأ عادة عندما تنخفض سرعـة النقل، وليـس عندما تتوقـف؛ فعندما تنقص سرعة جريان المياه تترسـب أولاً الحبيبات الكبيرة، في حين يستمر حمل الحبيبات الصغيرة لمسافة أبعد.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة أن يفسروا كيف يتشكل شريط من الحصى الجيدة الفرز في وسط مجرى نهر ينقل الحصى والرمل. ينبغي أن يكون لدى الطلبة القدرة على تفسـير ترسُّـب شريط من الحـصى الجيدة الفرز عندما تنخفض سرعة جريان المياه، في حـين يُحمل الرمـل بعيدًا نحـو مصب النهـر؛ لذلك عندما تقل سرعة جريان المياه يقل حجم وكمية الرسـوبيات التي يمكن نقلها.

الشـكل 6–3 توضح الصورة كيف تم تسجيل التطبـق المتدرج في أثنـاء انخفاض سرعـة المياه وفقدان طاقتها الترسيبية .

التطبَـق Bedding وضـع الصخـور عـلى هيئـة طبقـات أفقيـة. يحدث **التطبـق Bedding** نتيجة للطريقة التي تترسـب بها الرسـوبيات بتأثـير المياه أو الريـاح. ويتراوح سـمك الطبقة الواحدة بين المليمترات وعـدة أمتار. وهناك نوعـان مختلفـان مـن التطبـق، يعتمـد كل منهما على طريقـة النقـل. أما حجم الحبيبات ونوع المادة المكوِّنة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

التطبَق المتدرّج Graded bedding يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبـات أثقل وأكبر حجمًا نحو الأسـفل **التطبـق المتـدرج Graded bedding**. وغالبا ما يلاحظ وجود التطبق المتدرج في الصخور الرسـوبية البحرية عندما يصـل الفتات الصخـري إلى مسـطحات مائية هادئة، فتترسـب المواد الأثقل والأكـبر حجـمًا أولًا، ثم تترسـب بعدها بالتدريـج المواد الأصغـر. ويوضح **الشكل 6–3** مثالًا على التطبق المتدرج.

التطبـق المتقاطع Cross- bedding مظهر آخر مميز للصخور الرسـوبية. ينشـأ **التطبـق المتقاطـع Cross bedding**، كالـذي يظهـر في **الشـكل 7–3**، عندمـا تترسـب طبقات مائلة نسـبة إلى بعضها البعـض، وبعد تصخُّر هذه الرسـوبيات، يحتفظ الصخر بالتطبق المتقاطع. ويوضح **الشكل 8–3** هذه العملية.

علامات النيم Ripple marks تتشكل علامات النيم – كما هو موضح في **الشكل 8–3** –عندمـا تترسـب الرسـوبيات في تموجات صغـيرة تكونت بفعل الرياح أو الأمواج أو التيارات النهرية. وتحفظ هذه العلامات في الصخر الصلب إذا طُمرت بهدوء ودون اضطراب أو اختلاط برسوبيات أخرى.

المهن في علوم الأرض

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

www.obeikaneducation.com

الشـكل 7–3 تطبق متقاطع كبـير الحجم في كثبان قديمة تشكّلت بالرياح.

تصور التطبق المتقاطع وعلامات النيم

الهدف

يتعلم كيف يتشكل التطبق المتقاطع وعلامات النيم بالرياح وبالمياه على التوالي.

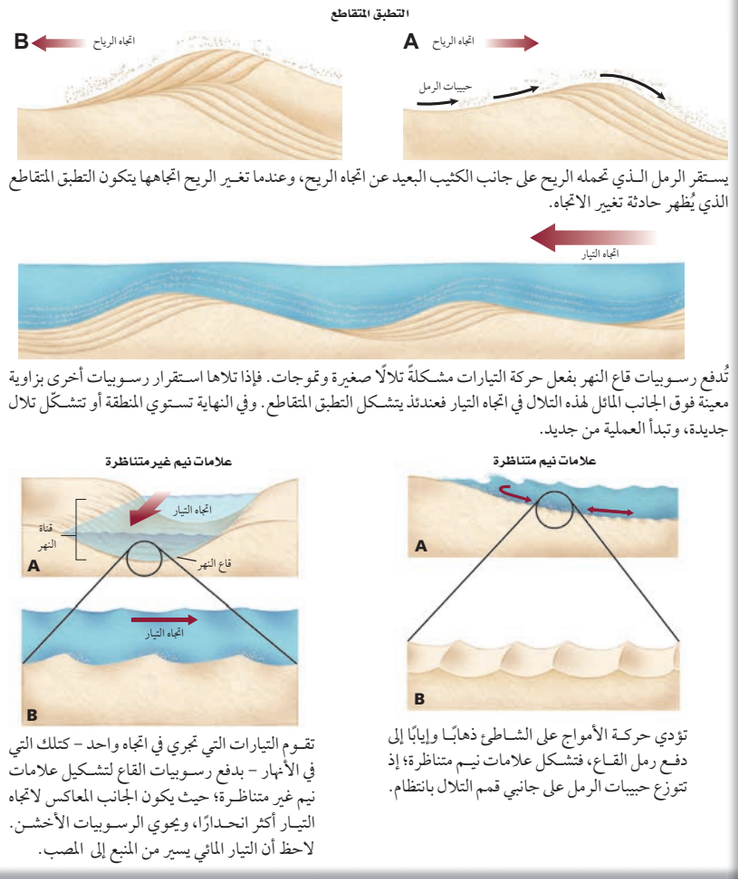
نشاط

عمل علامات النيم قسِّم طلبة الصف إلى أربع مجموعات، ودعهم يختاروا علامات النيم المشكلة بسبب الرياح أو المياه. وأعط كل مجموعة من مجموعتَيْ علامات النيم التي تولدها المياهُ صندوقًا بلاستيكيًّا طويلاً شفافًا مملوءًا برمل خشن متوسط الحبيبات إلى ربعه، وبماء إلى منتصفه. ضع الصندوق فوق قطعة بلاستيكية كبيرة على أرض الغرفة، واطلب إلى الطلبة أن يسووا سطح الرمل، ثم يولِّدوا تيارات موجية في الماء مستعملين غطاء الصندوق. وشجِّعهم أن يحاولوا عمل علامات نيم متناظرة وغير متناظرة.

أما مجموعتا علامات النيم التي تولدها الرياح فأعط كل مجموعة صندوقًا بلاستيكيًّا مثقوبًا في منتصف أحد جوانبه بقطر 4–6 cm، في منتصف المسافة بعيدًا عن القاع، على أن يُملأ الصندوق برمل ناعم وجاف إلى ربعه، وأن يكون محكم الإغلاق. اطلب إلى الطلبة توليد علامات نيم داخل الصندوق باستعمال مجفف الشعر، وشجعهم على استعمال سرعات مختلفة لمجفف الشعر في اتجاهات مختلفة، ثم اطلب إليهم عرض نتائجهم على زملائهم.

تصور التطبق المتقاطع وعلامات النيم

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



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

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

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

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

دفتر الجيولوجيا

علامات النيم على اليابسة والبحر بعد دراسة المفاهيم المتعلقة بعلامات النيم والتطبق المتقاطع اطلب إلى الطلبة أن يتخيلوا أنفسهم واقفين على شاطئ بحيرة أو محيط، ويصفوا بالكلمات والرسوم علامات النيم التي يرونها في الماء أمامهم، وعلامات النيم التي يمكن أن يشاهدوها في الرمل خلفهم.

3. التقويم

التحقق من الفهم

المناقشة اسأل الطلبة: كيف يؤثر عامل النقل والترسيب في فرز الرسوبيات؟ الرسوبيات التي تترسب بالمياه أو بالرياح تكون عادة جيدة الفرز، أما رسوبيات الجليديات أو الانزلاقات الأرضية فتكون سيئة الفرز.

إعادة التدريس

لخّص اطلب إلى الطلبة أن يستعملوا العناوين والمفردات لتلخيص الأفكار الرئيسة لهذا القسم من الفصل.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة مراجعة عمليات التعرية والترسيب، واطلب إليهم أن يفسروا عدم شيوع بعض أنواع الأحافير. يمكن أن تؤدي عمليات التعرية والنقل إلى تدمير الهيكل الصلب للمخلوق الحي، كما ينبغي أن يكون معدل ترسيب الهيكل الصلب ودفنه سريعًا لحمايته من التحلل.

حجر رملي كوارتزي

رمل كربوناتي

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

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

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

التقويم 1–3

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

64

التقويم 1-3

1. تؤدي التجوية الفيزيائية والكيميائية إلى تفتيت الصخر، فتتحول هذه القطع إلى رسوبيات، تُنقل وتترسب بعيدًا بفعل عوامل التعرية والنقل.
2. يجب أن يُظهر المخطط كلًّا من: عملية نقل الرسوبيات وأن الترسيب تحت تأثير الجاذبية ينتج طبقات أفقية وكذلك استمرارية الترسيب.
3. يجب أن يحتوي المخطط على المعلومات الآتية: تناقص حجم الحبيبات نحو الأعلى وأن طاقة المياه تتناقص أيضا نحو الأعلى.
4. تزداد درجة الحرارة والضغط نحو الأسفل في باطن الأرض. وتسبب هذه الزيادة تراص الحبيبات وبدء التصخر.
5. هذه العبارة صحيحة. تمثل كل طبقة في التطبق المتقاطع حدثًا ترسيبيًّا؛ إذ يمكن أن تحتوي كل طبقة على تعاقب تتدرج فيه حجم الحبيبات من الأخشن إلى الأنعم نحو الأعلى، كما أنه إذا تكوّن التطبق المتقاطع في أثناء تناقص سرعة الماء فإن حجم الحبيبات يتناقص من تطبق متقاطع إلى آخر.
6. يمكنك أن تحدد اتجاه السير وهو في اتجاه أعلى المجرى، أيْ نحو مصدر الرسوبيات لأن الرسوبيات تصبح أكثر استدارة كلما نُقلت مسافة أطول.
7. يجب أن تحوي الصورة على الشعاب المرجانية وحيوانات بحرية أخرى وأي وصف آخر.

3-2

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

أصول مختلفة اطلب إلى الطلبة أن يعيدوا التساؤل من أين تأتي الرسوبيات؟ وإلى أين تنتهي؟ واسألهم: هل جميع الصخور الرسوبية تتشكل من الرسوبيات؟ ثم اعرض عليهم عينة من الملح الصخري وأخبرهم أنها مكونة من معدن الهاليت، واطلب إلى الطلبة الذين قالوا إن جميع الصخور الرسوبية تتكون من الرسوبيات أن يدافعوا عن فكرتهم أو يعدلوها.

2. التدريس

إثراء

صينيّة فصل الذهب اطلب إلى الطلبة البحث في مراسب الذهب (المتابر: جمع متبرة)، ثم اسألهم عن علاقة هذه الرواسب بعملية نقل الرسوبيات. تتشكل المتابر بفعل فرز الرسوبيات في أثناء النقل. واطلب إليهم مناقشة خصائص الذهب التي تؤدي إلى تراكمه في المتابر. مقاومة الذهب للتجوية عالية كما أن كثافته العالية تجعله يترسب في أماكن محددة فيتركز فيها في أثناء النقل والترسيب.

تطوير المفهوم

المتابر Placers اطلب إلى الطلبة المهتمين البحث في أصل كلمة متبرة.

■ **إجابة أسئلة الأشكال** الشكل **10–3** مياه عالية الطاقة، ومياه فيضانات سريعة، وقوية ... إلخ.

3-2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الصخور الرسوبية الفتاتية

الفتاتي

المسامية

المتبخرات (الرواسب الملحية)

أنواع الصخور الرسوبية

Types of Sedimentary Rocks

الفكرة الرئيسة **تُصنّف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكّلها.**

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

الصخور الرسوبية الفتاتية

Clastic Sedimentary Rocks

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

الصخور الرسوبية خشنة الحبيبات Coarse - grained rocks

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

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

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

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

البريشيا

الكونجلوميرات

التنوع الحضاري

البتراء ومدائن صالح تقع مدينة البتراء الأثرية على بُعد 250 km تقريبًا جنوب العاصمة الأردنية عمان. وتقع على بعد بضع مئات من الكيلومترات جنوبيها "مدائن صالح" قرب بلدة العُلا شمال غرب المملكة العربية السعودية، وكلتاهما قد نُحتت في صخور العصر الكامبري الرملية المحمرّة ذات اللون الوردي إلى البني الذي يكثر فيه التطبق المتقاطع. وقد نَحت هذه الآثارَ العربُ الأنباط قبل أكثر من 2000 سنة.

نشاط

حبيبات تذروها الرياح اطلب إلى الطلبة أن يستعملوا العدسات اليدوية المكبرة أو المجهر لتفحص عينات غبار من عتبات النوافذ أو من أي مكان آخر، وإعداد قائمة بأنواع الحبيبات التي يستطيعون تعرّفها، وتوقّع النسبة المئوية لحبيبات الغرين والصلصال. (يمكن الاستعانة بالجدول 1–3).

دعم المحتوى

النفاذية واستكشاف النفط يهتم جيولوجيو المياه الجوفية وجيولوجيو النفط بنفاذية الحجر الرملي أكثر من اهتمامهم بمساميته؛ لأن النفاذية تُعنى بقياس كمية تدفق الموائع من خلال الصخر، وتُحدد بمقدار اتصال مسامات الصخر بعضها ببعض. فالنفط لا يتدفق من خلال الحجر الرملي العالي المسامية إذا كانت نفاذيته منخفضة. وفي بعض الحالات يلجأ الجيولوجيون إلى إحداث تفجيرات في صخور البئر لتحسين النفاذية وزيادة معدلات الإنتاج.

الجدول 1–3 تصنيف الصخور الرسوبية *

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

* الصيغ الجزيئية في هذا الجدول للاطلاع فقط

المفردات

مفردات أكاديمية

خزّان جوفي

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

الصخور الرسوبية المتوسطة الحبيبات Medium- grained rocks

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

الربط مع العلوم الأخرى

علم الأحياء اسأل الطلبة: كيف تعمل أجهزتهم التنفسية عندما يكون الجو مغبرًّا؟ تصفّي شعيرات الأنف الغبار كما أن المخاط الموجود على بطانة الرئتين يمسك بذرات الغبار.

طرائق تدريس متنوعة

ذوو الاحتياجات الخاصة البصرية

اطلب إلى الطلبة ضعاف البصر لمس رسوبيات مختلفة الحجم، ومنها الحصى والرمل والغرين والصلصال؛ ليميزوا بينها اعتمادًا على حجم الحبيبات.

د م | ض م

من خصائص الصخور الرسوبية الهامة أن مساميتها عالية نسبيًّا. 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 غالبًا إلى وجود مسامية قد تصل نسبتها إلى ٪30. عندما تكون المسام متصلًا بعضها ببعض تستطيع الموائع أن تتحرك خلال الحجر الرملي. وهذه الخاصية تجعل طبقات الصخور الرملية مهمة بوصفها خزانات تحت سطحية للبترول والغاز الطبيعي والمياه الجوفية.

الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات Fine- grained rocks تتكون هذه الصخور من حبيبات بحجم الغرين (الطفل) والصلصال. ومنها حجر الغرين والغَضار. و تمثل هذه الصخور بيئات مياه ساكنة أو بطيئة الحركة كالمستنقعات والبرك. وفي غياب التيارات القوية وتأثير الأمواج تهبط هذه الرسوبيات إلى القاع، وترسب في طبقات أفقية رقيقة. وعادة ما ينكسر الغَضار على طول الطبقات الرقيقة، كما في **الشكل 11–3**. وعلى النقيض من الحجر الرملي، تعمل الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات ذات النفاذية المنخفضة بوصفها حواجز تعيق حركة المياه الجوفية والبترول.

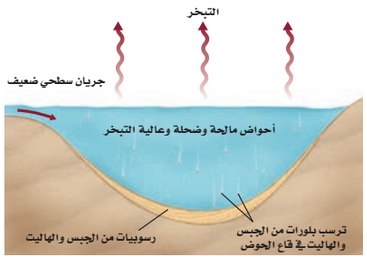
ويوضح **الجدول 1–3** كيف سُمّيت هذه الصخور.

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

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

الصخور الرسوبية الكيميائية والحيوية الكيميائية
Chemical and Biochemical Sedimentary Rocks

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



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

الربط مع العلوم الأخرى

التاريخ في الجزيرة العربية، تكثر الكهوف المكونة من طبقات الحجر الجيري أو الحجر الرملي أو الصخور البركانية، ومنها كهف أم جرسان وكهف المفاجأة. وقد استعمل الإنسان منذ القدم هذه الكهوف لغايات مختلفة. وقد وجد الكثير من النقوش والرسومات في بعض الكهوف الموجودة في الجزيرة العربية. اطلب إلى الطلبة البحث عن تاريخ هذه الكهوف أو أية كهوف أخرى موجودة بالوطن العربي وفوائد استعمالها.

طرائق تدريس متنوعة

الطلابُ ذوو المستوى المتقدم

اطلب إلى الطلبة تصميم تجارب للمقارنة بين مسامية الحصباء ومسامية رمل متوسط الحبيبات. قد يرغب الطلبة أيضًا في إيجاد تأثير الفرز في المسامية.

المناقشة

خزانات النفط اسأل الطلبة عن أهمية وجود طبقات ناعمة الحبيبات وحجر رملي في حقل النفط. لطبقات الرمل نفاذية عالية تسمح بحرية حركة الموائع من خلالها. أما الطبقات الناعمة الحبيبات فنفاذيتها منخفضة، لذا تحبس النفط والغاز وتمنعهما من التسرب، فيتراكمان في خزان عالي النفاذية، ولولا هذه الطبقات الناعمة الحبيبات لهاجرت هذه الموارد بعيدًا.

المناقشة

الذوبانية اسأل الطلبة: ما الصفة المشتركة بين جميع معادن المتبخرات؟ جميعها تذوب في الماء.

نموذج

تشكُّل المتبخرات اطلب إلى مجموعات الطلبة أن يصمموا تجربة لعمل نموذج حوض المتبخرات، ووجههم إلى كيفية تشكيل طبقات سميكة من هذه المتبخرات. **ف م**

تعلم تعاوني

نشاط

ترسب الملح اطلب إلى الطلبة أن يذيبوا كتلة محددة من الملح في الماء، ثم اسألهم: هل يمكن استرجاع كتلة الملح الأصلية إذا تم تبخير جميع الماء؟ وكيف يمكنك التحقق من ذلك؟ إذا حدّد الطلاب كتلة الوعاء من قبل أمكنهم استرجاع الملح وتحديد كتلته التي بقيت في الوعاء بعد التبخر. **ض م**

تطوير المفهوم

أنواع الصخور الرسوبية اعرض أوعية شفافة بها مواد تمثل المجموعات الثلاث الرئيسة للصخور الرسوبية: مخلوط من الرمل والحصى (فتاتي)، ومخلوط من الأصداف والنباتات (عضوي)، وملح صخري (تبخريات).

ماذا قرأت؟ تتشكل الصخور الناعمة الحبيبات في بيئات مياه هادئة أو بطيئة الحركة ومنها البرك والمستنقعات ومياه المحيط العميقة.

فسّر الصورة

الأحافير وجّه الطلبة إلى دراسة **الشكل 13–3**، واسألهم: كيف يمكن أن توجد أحافير مختلفة الحجم في الصخر نفسه؟ تعد الأحافير من الرسوبيات، وتخضع لعمليات النقل والترسيب مثلها مثل الحبيبات المعدنية. لذا فإن الرسوبيات الناعمة التي تترسب فوق الأحافير الكبيرة تحوي بينها أحافير صغيرة.

3. التقويم

التحقق من الفهم

استعمال التشابه اطرح على الطلبة السؤال الآتي: افرض أن الصخور الرسوبية تزودك بلقطة فوتوجرافية توضح ظروف السطح القديمة، فكيف يمكن لأحد العلماء أن يحولها إلى فيديو يصف فيه تلك الظروف القديمة؟ يمثل تعاقب صخري سميك للصخور الرسوبية تغير ظروف الترسيب عبر الزمن.

إعادة التدريس

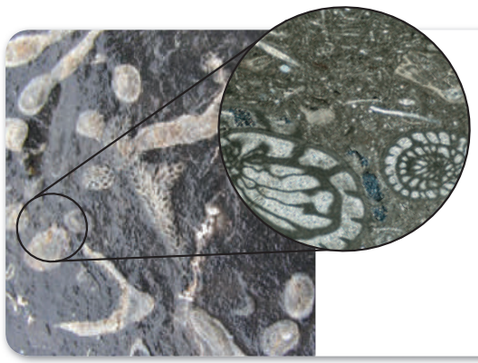
فهم المفردات اطلب إلى الطلبة أن يستعملوا العناوين والمفردات لتلخيص الأفكار الرئيسة لهذا القسم من الفصل.

الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks

عندما يصل تركيز المعادن الذائبة في مسطح مائي حد الإشباع تترسب بلورات المعادن من المحلول، وتهبط إلى القاع. ونتيجة لذلك تتشكّل طبقات من الصخور الرسوبية الكيميائية تدعى **المتبخرات Evaporites**. تتشكّل المتبخرات في معظم الأحيان في الأقاليم الجافة، وفي أحواض التصريف المائي ذات التدفق المنخفض في القارات. وبسبب قلة المياه العذبة التي تتدفق إلى هذه المناطق يبقى تركيز المعادن المذابة مرتفعًا. وعلى الرغم من دخول المزيد من المعادن المذابة إلى هذه الأحواض يستمر تبخر المياه العذبة، مما يحافظ على تراكيز مرتفعة للمعادن. ومع مرور الزمن يمكن أن تتراكم طبقات سميكة من معادن التبخريات على أرضية الحوض كما في **الشكل 12–3**.

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks

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



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

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

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

التقويم 2–3

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

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

69

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة عمل جدول بيانات يدونون فيه قائمة بأنواع الصخور الرسوبية الثلاثة، وطرائق تشكلها ومكوّناتها.

التقويم 3-2

1. صخور رسوبية فتاتية.

2. يتشكّل الفحم من أجزاء لنباتات كانت تعيش في الزمن الماضي.

3. يمكن إيجاد أي حد من حدود الفئات المختلفة للحجوم باستعمال القانون العام $a_n = 4 \times \frac{1}{2}^{n-1}$ حيث إن $n = 1, 2, 3, \ldots$ علماً بأن الفئات المستعملة هي جزء من مقياس ونت وورث لتصنيف الصخور الرسوبية الفتاتية (Went worth grain size scale) .

4. يعمل التبخر باستمرار على تقليل المياه العذبة في الأجسام المائية، فيزداد تركيز المعادن في المياه المتبقية، ثم تترسب هذه المعادن لتشكل الصخور الرسوبية الكيميائية.

5. تحّل مياه بحر إضافية محلّ المياه المتبخرة في الحوض مع استمرار عملية التبخر، وتحوي هذه المياه معادن مذابة يؤدي تبخرها إلى ترسيب معادن إضافية. وتتكرر هذه العملية باستمرار.

6. يتكوّن الغَضار (الطين) من حبيبات صفائحية من الطين والصلصال، حيث تتجمع هذه الحبيبات على هيئة طبقة مسطحة. ولا يمكنها أن تتراكم بصورة مائلة بعضها على بعض (لا توجد زاوية بينها) لتشكيل التطبق المتقاطع أو علامات النيم.

7. يكون السمك النهائي 65% من السمك الأصلي.

$30\text{cm} \times 0.65 = 19.5\ \text{cm}$

3-3

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

التحوّل اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا عن معنى كلمة تحوّل، أيْ تغيّر. وأن يعدوا قائمة بالأشياء التي تتغير، على السبورة، ومنها النمو وتغير اللون والطقس والصبغة وتغيّر الشكل... إلخ، على أن تضم القائمة تغيرات في الضغط ودرجة الحرارة. وأخبرهم أن الصخور قد تتحول إلى صخور متحولة تحت ظروف معينة، منها ارتفاع درجة الحرارة والضغط.

2. التدريس

الربط مع المعرفة السابقة

الانصهار الجزئي وجّه الطلبة إلى مراجعة كيفية انصهار الصخور واسألهم عن معنى الانصهار الجزئي الانصهار الجزئي هو عملية انصهار معادن مختلفة من الصخر عند درجات حرارة معينة مع بقاء معادن أخرى صلبة، مما يؤدي إلى تغير في المكونات الكيميائية للماجما.

■ **إجابة أسئلة الأشكال** الشكل 14-3 ترسبت الرسوبيات ثم تصخّرت، وفي أثناء عملية التحول تعرضت لضغط وحرارة، ثم رُفعت الطبقات إلى أعلى وانطوت.

3-3

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

متورقة (صفائحية)

غير متورقة (غير صفائحية)

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

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

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

تعرُّف الصخور المتحوّلة

Recognizing Metamorphic Rocks

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

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

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

كوِّن فرضية للتغيرات التي حدثت للرسوبيات بعد استقرارها.

عرض عملي

التحول والخَبْز ذكّر الطلبة أن عملية الخبز شبيهة بعملية التحوّل. وضع مكونات كعكة البندق (أو غيرها) على الطاولة، واطلب إلى بعض الطلبة أن يمزجوا هذه المكونات، وفي أثناء ذلك الفت انتباه الطلبة إلى أن تعرُّف هذه المكونات في المخلوط لم يعد ممكنًا، ويفضَّل خبز الكعكة في المدرسة، وعرض نتائج رفع درجة الحرارة على المخلوط مباشرة على الطلبة.

أما إذا كنت تدرّس أكثر من فصل دراسي فيمكنك استعمال الكعكة المخبوزة على أنها نتيجة نهائية.

ركز مرة أخرى على العلاقة بين ارتفاع درجة الحرارة وتغيّر خصائص المخلوط، ثم أشر إلى أن الصخور في الطبيعة أيضًا تخضع لتغيرات مماثلة إذا تعرضت لارتفاع في درجات الحرارة. د م

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

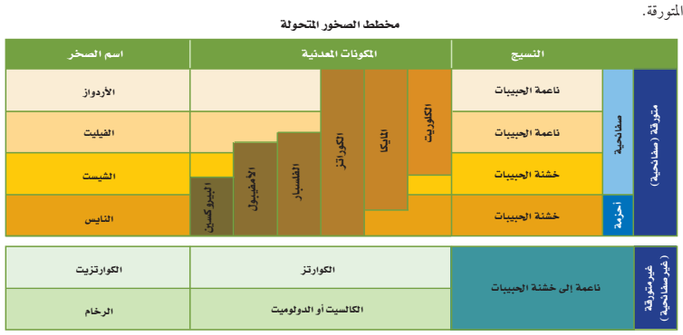
ماذا قرأت؟ وضح ما المعادن المتحولة؟

أنسجة الصخور المتحولة Metamorphic textures تصنف الصخور المتحولة إلى مجموعتين على أساس النسيج: صفائحية (متورقة)، وغير صفائحية (غير متورقة). ويستعمل الجيولوجيون الأنسجة والمكونات المعدنية لتعرف الصخور المتحولة. ويوضح **الشكل 16–3** كيفية استعمال هاتين الخاصيتين في تصنيف الصخور المتحولة.

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

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

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



نموذج

توجيه الحبات اطلب إلى الطلبة عمل نموذج يمثل تأثير الضغط في توجيه الحبات. أولاً، امزج مقدارًا من عجينة الملح مستعملًا كميات متساوية من الطحين والملح والماء لعمل عجينة مالحة، مبتدئًا بمزج الملح والطحين جيدًا، ثم أضف الماء تدريجيًّا حتى تحصل على مخلوط متجانس. يمكن إضافة صبغة طعام لتمييز لون العجينة من حبات الأرز. ثم اطلب إلى الطلبة أن يمزجوا حبات أرز غير مطبوخة بكرة العجينة، وأن يقصوا الكرة بسكين بلاستيكي ويرسموا اتجاه حبات الأرز. ثم اطلب إليهم أن يعيدوا تشكيل الكرة بالضغط عليها وهي على سطح الطاولة لتصبح منبسطة، ثم يقصوا الكرة المنبسطة. سوف يلاحظ الطلبة أن معظم حبات الأرز قد اصطفت، بحيث تعامد محور حبة الأرز الطويل مع اتجاه الضغط. ض م

ماذا قرأت؟ المعادن المتحولة هي المعادن التي تتشكل في أثناء عملية التحول، وتكون مستقرة تحت ظروف مختلفة عن ظروف معادن أخرى.

الربط مع العلوم الأخرى

التاريخ والخرافة الكثير من الحضارات والأمم السابقة استعملوا الأحجار الكريمة بوصفها تمائم يعلقونها؛ لاعتقادهم أن لها قوى وآثارًا سحرية، فضلاً عن استعمالها في الزينة. فقد استعملها الإنسان البدائي مثلاً لوقاية نفسه من القوى الخفية التي كان يعتقد أنها ترسل البراكين والزلازل والأعاصير. ويعد معدن الجارنت (الياقوت الأحمر) مقدسًا عند الهندوس؛ لاعتقادهم أنه يمنح الإنسان الهدوء والثقة بالنفس. أما أكثر الحضارات استعمالًا للأحجار الكريمة بوصفها تمائم فهم الفراعنة؛ حيث ارتبطت عندهم مع طقوسهم الدينية؛ فقد كانوا يعلقون الفيروز؛ بسبب لونه الأزرق الذي يرمز إلى زرقة السماء التي تسبح بها الشمس (رمز الإله رع عندهم). كذلك استعملت التمائم في الجاهلية لوقاية الأبناء من الحسد. وعندما جاء الاسلام حرم التمائم والتعويذات بجميع أنواعها؛ لأنها لا تضر ولا تنفع، وفيها شرك بالله.

تطوير المفهوم

موادّ تعبيد الطرق كانت الطرق قديمًا تُعبّد بالحجارة أحيانًا. اسأل الطلبة: أي أنواع الصخور المتحولة الآتية أفضل لتعبيد الطرق الكوارتزيت أو النايس أو الشست أو الرخام؟ الكوارتزيت هو الأفضل؛ لأنه يتكون من الكوارتز، وهو معدن قاس ومستقر في ظروف درجات حرارة سطح الأرض. أما الرخام فهو طري لأنه يتكون من الكالسيت (قساوته منخفضة). كما أن ظاهرة التورق في النايس والشست تجعل سطوحهما مناطق ضعف على طول التورق.

استعمال التشابه

تصور التورق أخبر الطلبة أن حبيبات المعادن في الصخور غير المتورقة يتداخل بعضها مع بعض بشكل مشابه للعبة تركيب الصور. أما حبيبات المعادن في الصخور المتورقة فأشبه بكومة من ورق اللعب. د م

دعم المحتوى

الطرقات القديمة عُبّدت شوارع المنتدى الروماني وبعض المدن القديمة مثل بومباي وهيركيولانيوم بقطع من البازلت. وعلى الرغم من قساوة البازلت ومتانته إلا أن العربات تركت آثارًا فيه، وما زالت هذه الآثار موجودة على بعض الطرق منذ 2000 سنة.

فسّر الصورة

نمو نمو البلورات الكبيرة في الصخور المتحولة (البورفيروبلاست) اطلب إلى الطلبة أن يلاحظوا بدقة البلورات حول بلورة الجارنت الكبيرة في **الشكل 18–3**. واسألهم: ما الأدلة التي تشير إلى نمو البلورة الكبيرة في الصخر؟ تدل البلورات البيضاء المتداخلة على أن بلورات الجارنت النامية قد تشكلت بين بلورات أرضية الصخر ودفعتها جانبًا بدلاً من أن تحل محلها. وهذا دليل على هجرة الذرات والموائع في أثناء التحوّل.

دعم المحتوى

الجارنت يعتقد كثير من الناس أن الجارنت من الأحجار الكريمة، ومع ذلك فإن القليل من معادن الجارنت تعتبر أحجارًا كريمة. والجارنت معدن قاس ذو مكسر غير منظم، لذا تُستعمل معظم معادن الجارنت المتحولة لاتخاذها مواد حاكّة، مما يجعلها مهمة في صنع ورق الصنفرة. فأوراق الصنفرة ذات اللون البرتقالي الفاتح تُسمى أوراق الجارنت؛ لأنها مصنوعة من مسحوق الجارنت.

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

الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated rocks تختلف الصخور المتحولة **غير المتورقة Nunfoliated** عن الصخور المتورقة في أنها مكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل. ويوضح **الشكل 18–3** مثالين شائعين على الصخور غير المتورقة هما الرخام والكوارتزيت. والكوارتزيت صخر قاس، وغالبًا ما يكون فاتح اللون، وينشأ من تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز، بينما ينشأ الرخام من تحول الحجر الجيري. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستعمل أنواع الرخام هذه غالبًا في أرضيات المنازل. ونادرا ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. ويمكن في ظروف معينة أن يكبر حجم المعادن المتحولة الجديدة، بينما تبقى المعادن المحيطة بها صغيرة الحجم. وعلى الرغم من أن هذه البلورات الكبيرة تشبه البلورات الكبيرة جدًا في البيجماتيت الجرانيتي، أنها غير متماثلة؛ فبدلا من أن تتشكّل من الماجما فإنها تتشكّل في الصخر الصلب من خلال إعادة ترتيب الذرات في أثناء عملية التحول. ويوضح **الشكل 18–3** معدن الجارنت الذي تشكل بهذه الطريقة.

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

الربط مع العلوم الأخرى

الطلبة ذوو المستوى المتقدم التورق ليس تطبقًا، ولا تطبقًا متقاطعًا. اطلب إلى الطلبة إثبات أن التورق يمكن أن يكون متعامدًا على التطبق. قد يستعمل الطلبة طبقات من الطين لنمذجة عملية تشكل التورق، وذلك بالضغط على طبقات الطين من جوانب مختلفة لمحاكاة تشكل التورق. وسيلاحظ الطلبة أن اتجاه الضغط المتعامد على التطبق ينتج عنه تورق متعامد أيضًا على التطبق.

72

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

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

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

ماذا قرأت؟ اذكر الموارد الاقتصادية التي تنتجها المحاليل الحرمائية.

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

دفتر الجيولوجيا

إعادة تدوير الصخور وجّه كل طالب إلى كتابة مثال يقارن فيه بين آلية تكون أنواع الصخور المختلفة وآلية إعادة تدوير مواد مستعملة في حياتهم اليومية. فمثلاً، إعادة تدوير الزجاج من خلال صهره يشبه تكوّن الصخور النارية؛ واستعمال الضغط لصهر وتشكيل حبات الخرز البلاستيكي المعاد تدويره إلى مادة جديدة هي أشبه ما تكون بعملية التحول. وتمزيق الجريدة إلى قطع صغيرة واتخاذها مادة لعمل لوحة حائط يشبه عملية تشكّل الصخور الرسوبية.

المناقشة

الصخر المتحول أجر نقاشًا في الصف لتوضيح المفاهيم الآتية: قد يظن بعض الطلبة أن الصخور يجب أن تنصهر حتى تصبح صخورًا متحولة، ويظن بعضهم الآخر أن الصخور الرسوبية هي الصخور التي تنتج عن صخور متحولة فقط، فإذا تبلور صخر من مادة مصهورة نتج عن ذلك صخر ناري. يمكن لأي نوع من الصخور سواء أكان ناريًّا أم متحولاً أم رسوبيًّا أن يُعاد تبلوره وهو في الحالة الصلبة تحت ظروف درجات حرارة وضغط عاليين ليصبح صخرًا متحولاً.

المناقشة

الحجر الجيري والرخام يتكون الرخام نتيجة تحول الحجر الجيري، ويستعمل كلاهما في البناء. اسأل الطلبة: أي الصخرين أكثر صلابة؟ وهل هناك علاقة بين الصلابة وعملية التحول. الرخام أكثر صلابة من الحجر الجيري حيث تعمل عملية التحول إلى إعادة تبلور معدن الكالسيت وزيادة تداخل وتلاحم بلوراته بعضها مع بعض.

إثراء

التلك والإسبستوس اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا عن أماكن وجود الإسبستوس واستعمالاته ومخاطره، وأن يضمنوا البحث معلومات عن الجهود التي تبذلها الدول لمنع استعمال الإسبستوس في المباني وغيرها. ض م

دعم المحتوى

سقوف الأردواز يغطي الأردواز بعض سقوف المباني القديمة. حيث تؤخذ كتل من الأردواز من المحاجر، ثم تفصل البلاطات على طول سطوح الانفصام. وعلى الرغم من ثقل وزن هذا البلاط وهشاشته، إلا أنه لا يتأثر بالتجوية وهو مقاوم للحرارة.

ماذا قرأت؟ ينشأ من التحول الحرمائي تشكل الخامات الفلزية ومنها الذهب والفضة والنحاس بالإضافة إلى الكبريتيدات الفلزية كالجالينا والبيريت.

2. التقويم

التحقق من الفهم

ارسم. اطلب إلى كلّ طالب أن يرسم صخرًا متورقًا وآخر غير متورق، وأن يكتب ثلاث خصائص لكل منهما. المتورق: بلوراته طويلة مسطحة، وتكون على هيئة صفائح أو أحزمة، وتحتوي على أكثر من معدن. أما غير المتورق فكتلي، وبلوراته مربعة، وتتكون عادة من معدن واحد، ولا يوجد فيه تطبق.

إعادة التدريس

لخّص وجّه كل طالب إلى عمل مقارنة بين أنواع الصخور المتحولة المتورقة، من حيث حجم الحبيبات والمكونات المعدنية.

التقويم

المهارة وجّه كل طالب إلى عمل قائمة يقارن فيها بين العمليات التي تؤثر في الصخور، ثم اطلب إليهم أن يقسّموا العمليات إلى فئتين: العمليات التي تحدث على سطح الأرض، والعمليات التي تحدث في باطن الأرض، وتحديد العمليات التي تحدث في المكانين. تتضمن بعض الأمثلة الآتي: تحدث التجوية الكيميائية على سطح الأرض، وتحدث أيضًا في أعماقها ضمن التغيرات الحرمائية؛ وتتشكل الصخور النارية على سطح الأرض وفي الأعماق؛ والرسوبيات يمكن أن يحدث لها سمنتة على سطح الأرض ولا تدفن بالضرورة.

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

موارد المعادن غير الفلزية Nonmetallic mineral resources

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

التقويم 3–3

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

5. تتشكّل غالبًا الأحجار الكريمة في صورة بلورات معدنية كبيرة في الصخور المتحولة. وتوصف الأحجار الكريمة بوحدة القيراط. يساوي القيراط 0,2 g أو 200 mg. اكتشفت بلورة جارنت كبيرة في نيويورك عام 1885 كتلتها 4,4kg وقطرها 15. cm. ما كتلة هذه الجوهرة بوحدة القيراط؟

التقويم 3-3

1. يؤدي ارتفاع درجة حرارة الصخور إلى إعادة ترتيب ذرات العناصر التي تكوّن المعادن، مما يؤدي إلى تشكل معادن جديدة أو يؤدي إلى نمو بلورات المعادن أكثر.
2. يؤدي الضغط إلى نمو بلورات المعادن المسطحة أو الطولية في اتجاه واحد.
3. حجم حبيبات صخر النايس أخشن من حبيبات صخر الفيليت كذلك يتكون الفيليت من معادن الكلوريت والمايكا والكوارتز وكميات قليلة من الفلسبار والأمفيبول. بينما يتكون النايس بشكل رئيس من الفلسبار والكوارتز وبكميات أقل من البيروكسين والأمفيبول والمايكا.
4. يتعرض الحجر الجيري للحرارة أو الحرارة والضغط نتيجة ملامسته جسمًا ناريًّا أو نتيجة الدفن في باطن الأرض حيث تبدأ بلورات الكالسيت في إعادة التبلور فتتداخل البلورات الجديدة ويزداد حجمها ويتغير نسيج الصخر ويتكون الرخام.
5. كتلة الجارنت تساوي

$$\frac{4.400\ g}{0.2\ g} = 22,000 \text{ قيراط}$$

الهدف

يتعرف الاستعمالات المختلفة للصخور النارية والرسوبية والمتحولة عبر الحضارات.

دعم المحتوى

معالم مشهورة جبل المليساء أو (الملسا) في حرة رهط 19 km جنوب شرقي المدينة المنورة) الوارد في الروايات التاريخية والذي يبلغ ارتفاعه 916 m عن سطح البحر، يعتبر آخر موقع بركاني خامد في الجزيرة العربية. ويتميز هذا البركان بفوهة كبيرة على قمته، تعد من أجمل مناظر الفوهات البركانية. وقد كونت الحمم التي تدفقت من هذا البركان منذ آخر نشاط له في عام 1265م العديد من الأنفاق والدعامات ومناظر طبيعية خلابة. وقد صنفت حرة رهط من قبل الهيئة العليا للسياحة على أنها أول متنزه جيولوجي في السعودية يمثل «متحفًا بركانيًّا مفتوحًا» ضمن مشروع «حماية المعالم الجيولوجية» في السعودية.

استراتيجية التدريس

- وجّه الطلبة إلى مراجعة أنواع الصخور المختلفة – النارية والرسوبية، والمتحولة – وكتابة أمثلة عليها.
- **ناقش** الطلبة : لماذا تصمد بعض الصخور ـ ومنها الجرانيت ـ أمام التجوية أكثر من أنواع أخرى، منها الحجر الجيري؟

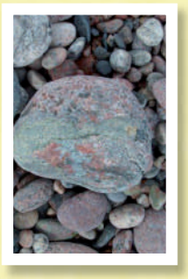
الكتابة في الجيولوجيا

مطوية تعزيزية يجب أن تصف المطوية رحلة جيولوجية تركز على أمثلة لأنواع مختلفة من الصخور توجد في الطبيعة أو تستعمل للبناء في منطقتك.

الجزيرة العربية عبر العصور

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

الرواسب الجليدية



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

الأشجار المتحجرة

تزخر الجزيرة العربية بعدد من مناطق الأشجار المتحجرة، التي تدل على أنها كانت خضراء في العصور التي نمت فيها تلك الأشجار. ومن ذلك الأشجار المتحجرة المكتشفة في المملكة العربية السعودية، والتي تعود إلى العصر البرمي، منذ أكثر من 240 مليون سنة، وأخرى يعود عمرها إلى العصر الطباشيري منذ أكثر من 70 مليون سنة.

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

* في الموقع للاطلاع فقط.

مختبر الجيولوجيا

الإعداد للمختبر

الزمن المقترح 120–60 دقيقة اعتمادًا على العينات الصخرية.

المهارات العلمية المقارنة، والقياس، واستعمال الأعداد، والملاحظة، والاستنتاج.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء التجربة.

خطوات العمل

- إذا كانت العينات غير كافية فنظمها في مجموعات، بحيث يكون في كل مجموعة عينات من الصخور النارية، والصخور الرسوبية والمتحولة مثل: الحجر الرملي، والحجر الطيني، والحجر الجيري، والجرانيت، والكوارتزيت، والأردواز، الرخام والنايس. ثم اطلب إلى الطلبة من خلال العمل في مجموعات دراسة مجموعة واحدة من العينات في كل مرة بدلًا من دراسة كل المعادن مرة واحدة.
- بعد أن ينتهي الطلبة من وضع مخططاتهم لتحديد الحجم ذكرهم بالأسلوب الملائم لحساب إزاحة الماء، وتجنب فقدان الماء.
- اطلب إلى الطلبة التفكير في كيفية تأثير غمر عينات الحجر الرملي في الماء، على كثافته.

التحليل والاستنتاج

1. الحجر الرملي أفتح لونًا، وحجم حبيباته متوسط، وطبقاته سميكة أو كتلي. أما الكوارتزيت فمن المحتمل أن يشبه لونه لون الحجر الرملي، وحبيباته صلبة جدًّا وملتحمة بعضها مع بعض، وطبقاته سميكة أو كتلية.

2. تنمو الحبيبات بعضها مع بعض فتصبح أكبر حجمًا، ويختفي وجود حبيبات الرمل المفردة.

3. طبقات الأردواز المتورقة أرق وأنعم وبريقها أكثر لمعانًا لأنها تحتوي على معادن المايكا الناتجة عن التحول.

4. تتنوع حسابات الكثافة. يمكن أن تكون أسباب الخطأ المحتملة: أخطاء حسابية، أو اختلاف كتل العينات الجافة والرطبة، أو عدم الدقة في قياسات الحجم، أو اختلافات محدودة بين العينات.

5. تكوُّن معادن متحولة جديدة قد يؤدي إلى تغيُّر اللون.

6. كل زوج من الصخور ازداد في كثافته، وتتغير الكثافة بالطريقة نفسها إذا تكونت المعادن نفسها في كل مرة. وإذا كانت كثافة المعادن المتحولة الجديدة أكبر من كثافة المعادن الاصلية المكونة للصخر فإن كثافة الصخر المتحول تكون أكبر أيضًا.

شارك بياناتك

راجع مع أقرانك ينبغي أن تكون البيانات من كل مختبر متشابهة. ويمكن إرجاع السبب للاختلافات في تركيب المعدن والمسامية والنفاذية والأخطاء البشرية.

مختبر الجيولوجيا

تفسير التغيرات في الصخور

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

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

الأدوات

عينات من: صخر رملي، الحجر الطيني، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، اردواز، رخام، ،نايس.

عدسة مكبرة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم 100 mL أو كأس يتسع للعينة والماء.

احتياطات السلامة

خطوات العمل

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

التحليل والاستنتاج

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

جدول معلومات العينات

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

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

شارك بياناتك

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

76

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

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

دليل مراجعة الفصل

الفكرة الرئيسة

يمكن للطلبة استعمال تعبيرات موجزة لمراجعة المفاهيم الرئيسة للفصل.

الجيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com بهدف:

- دراسة الفصل كاملًا على الموقع.
- الحصول على مزيد من المعلومات والمشاريع والأنشطة.
- التقدم لاختبار الفصل والاختبار المقنن.

الفصل 3

مراجعة الفصل

مراجعة المفردات

1. التصخّر.
2. التطبّق المتقاطع.
3. التطبّق المتدرج.
4. غير المتورقة.
5. لبعض الصخور الرسوبية الفتاتية مسامية عالية.
6. عندما يترسب الراسب في طبقات أفقية يتشكل التطبق.
7. المتبخرات ليست من الصخور الفتاتية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

8. b الصلصال.
9. d البريشيا.
10. b الحجر الجيري.
11. a التصخر.
12. c متورق.
13. c الجرانيت.
14. a الحجر الرملي.
15. d الرياح.
16. b التعرية.

أسئلة بنائية

17. في أثناء حركة المياه الجوفية خلال الرسوبيات تترسب المعادن الذائبة في المياه على الحبيبات فتربط الحبيبات بعضها مع بعض.
18. تتكون الكوكينا من أصداف حديثة ملتحمة بعضها ببعض، في حين يتكون الحجر الجيري الأحفوري من أصداف الأحافير الملتحمة بالطين الكربوناتي.
19. $1\ \text{Liter} = 1000\ \text{cm}^3$

$$m = dv$$

$$m = 1000\ \text{cm}^3 \times \frac{30}{100} = 300\ \text{liter}$$

مراجعة المفردات

أكمل الجملتين الآتيتين مستعملًا المفردات المناسبة:

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

ضع المصطلح الصحيح بدلًا من الكلمة التي تحتها خط:

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

اكتب جملة تستعمل فيها زوج الكلمات في كل من الآتي:

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

تثبيت المفاهيم الرئيسة

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

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين؛ 12 و 13 .

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

أسئلة بنائية

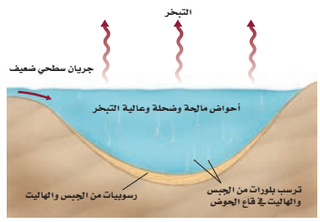
استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال رقم 17

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

مراجعة الفصل 3

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 رقم 25.



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

التفكير الناقد

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

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 31 و 32.

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

خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحدٍّ

35. **كوّن فرضية.** تُستنفد الكربونات على عمق 4000 m تقريبًا 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.

79

20. يجب أن يظهر الرسم صخرًا به معادن طولية أو مسطحة، وضغطًا يؤثر في اتجاهين متضادين عموديين في اتجاه المعادن الطولية في الصخر.

21. يتصخر الرمل غالبًا بعملية السمنتة، في حين يتصخر الطين بالتراص.

22. السيئة الفرز: الرسوبيات الجليدية، مواد الانزلاقات الأرضية؛ أما الجيدة الفرز: فهي الكثبان الرملية، ورمال الشواطئ.

23. يؤدي ترسب هذه المعادن إلى سمنتة الرسوبيات الفتاتية ثم تصخرها.

24. الكونجلوميرات: قطع صخرية مستديرة، نُقلت من مسافات كبيرة؛ البريشيا: قطع صخرية ذات حواف مدببة تتشكل قريبًا من مصدر الرسوبيات، ويتبعان الفئة الحجمية نفسها، وغالبًا ما يحتويان على الكثير من الكوارتز والكوارتزيت.

25. لا تحوي المياه هذا التركيز العالي من الملح، بسبب إضافة المياه إليه باستمرار مما يحول دون تشكل المتبخرات بسمك كبير.

التفكير الناقد

26. يتكون الرخام من بلورات كالسيت كتلية متساوية الأبعاد، فهي ليست طولية أو مسطحة، كما أنها لا تشكل تورقًا.

27. يتكوّن الفحم من مواد عضوية نباتية، أما المعادن فتتكوّن من عناصر أو مركبات غير عضوية.

28. يوصي علماء الرسوبيات بالرمل والحصى حسب الاستعمال المطلوب. فإذا برزت الحاجة إلى رمل عالي المسامية فإنهم لا يوصون بمخلوط الرمل والرسوبيات الناعمة الحبيبات.

29. يجب أن يوضح الرسم وجود طبقات من الرمل تحت طبقات الغضار (الطين). يوجد البترول في طبقات الحجر الرملي ولكن ليس على شكل حجرات أو برك في داخلها.

30. تعد الأحافير دليلاً على أشكال الحياة القديمة. آثار أقدام الحيوانات دليل على ذلك، أما علامات النيم فلا تعدّ دليلاً على ذلك.

31. هذا التطبق من نوع التطبق المتدرج وهو جيد الفرز لأن حجم حبيباته يزداد كلما اتجهنا إلى أسفل.

32. يمكن لجميع عوامل الطقس أن تحمل حبات مختلفة الحجم غير أن الرياح والمياه هما فقط القادران على فرز الرسوبيات في أثناء النقل. فعندما تنخفض سرعة المياه والرياح تفقد جزءًا من طاقتها، فتترسب الحبيبات الكبيرة وتشكل التطبق المتدرج.

33. قساوة الزجاج تساوي 5.5، وقساوة الرمل الكوارتزي تساوي 7 لذا من السهل إعادة تشكيل الزجاج وصقله. أما الرمل الكربوناتي فمكون من معدن الكالسيت الذي تبلغ قساوته 2 لذا لا يمكن صقل الزجاج. ويبقى الزجاج حادًّا على الشاطئ المكون منه.

خريطة مفاهيمية

34. يمكن ربط المصطلحات على النحو الآتي:
- تطبّق أفقي، ترسيب مائي، ترسيب رياحي.
- تطبّق متدرج، ترسيب المياه، علامات النيم، ترسيب المياه أو ترسيب الرياح، تيار نهري، غير متماثل، فعل الموجة، متماثل.

سؤال تحدٍّ

35. تنخفض درجة حرارة المياه بزيادة العمق. ثم تذوب كربونات الكالسيوم في المياه الباردة، لذا لا تترسب على هذا العمق وعند درجة الحرارة تلك.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. b الصخور التي في الفوهة والصخور الواقعة على طول الجزء العلوي من الجبل.
2. c الناري السطحي.
3. a ملح الطعام.
4. b الدفن.
5. b غير المتورقة.
6. d الحجر الجيري.

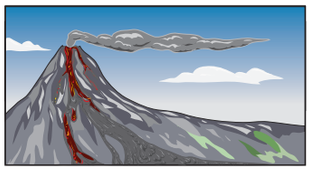
أسئلة الإجابات القصيرة

7. تصبح الرسوبيات أكثر تراصًّا عندما تقلّ الفراغات بينها.
8. هذه هي عملية التراص. ففي التراص يصغر الفراغ بين الرسوبيات، في حين تتماسك الرسوبيات في السمنتة عندما تتبلور المعادن بين حبيباتها.
9. الماجما صخور مصهورة في جوف الأرض. فعندما تتحرك الماجما في اتجاه سطح الأرض وتستقر في الجوف تبرد وتتصلب مكونة صخرًا ناريًّا جوفيًّا. أما إذا انسابت على سطح الأرض من خلال اندفاع بركاني فتُسمى اللابة. وعندما تبرد اللابة وتتصلب تتبلور المعادن وتكوِّن صخرًا ناريًّا سطحيًّا.
10. إجابة مقترحة. تتشكّل الصخور الرسوبية عندما تتراص الرسوبيات بعضها مع بعض، وتترسب الرسوبيات بعضها فوق بعض، فتكون الرسوبيات الأقدم في الأسفل، والأحدث في الأعلى. ويدرس العلماء الأحافير الموجودة في طبقات الصخر ليتعرفوا من خلالها الأحداث والبيئات القديمة التي ترسبت فيها الطبقات الرسوبية، كما حدد علماء الأحافير أعمار الطبقات الرسوبية من خلال مقارنة عمر الأحافير بعمر الطبقات التي تحويها. لذا استطاع العلماء من خلال ذلك أن يعرفوا التاريخ الجيولوجي في أي وقت كان.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و2.



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

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 7 و8.

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

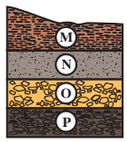
80

القراءة و الاستيعاب

طبقات الصخور الرسوبية

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

استعن بالشكل والجدول للإجابة عن السؤالين 11و 12



عمر طبقات الصخور الرسوبية

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

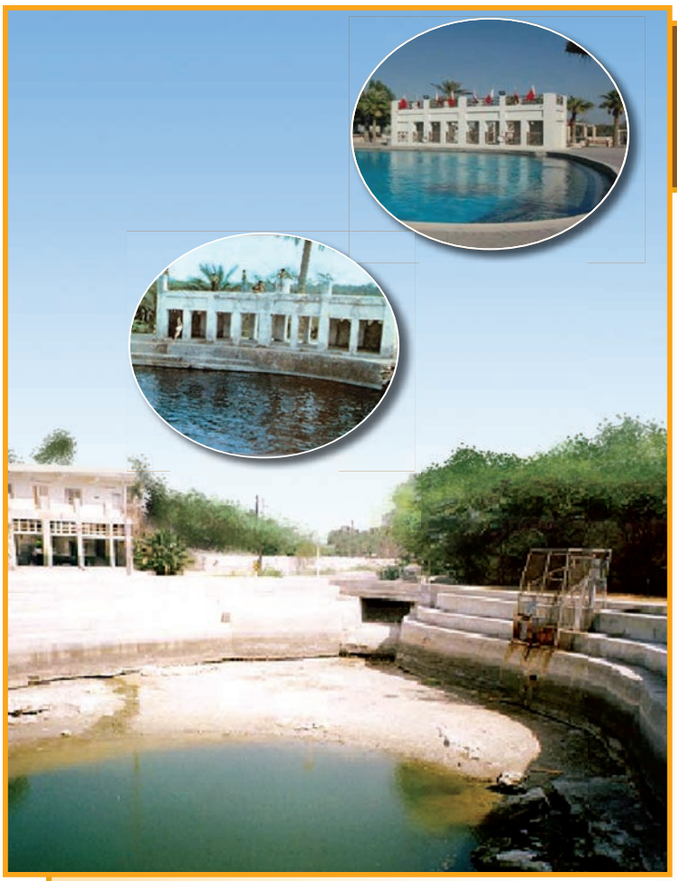
11. ما الذي كان ينبغي على علماء الأحافير تسجيله لتحسين نوعية المعلومات؟
   a. الوقت من السنة.
   b. عمر الطبقة N.
   c. تحديد موقع العمل.
   d. كتلة الصخور الرسوبية.
12. إذا وجدت نوعًا من الأحافير في الطبقتين P و O ولم تجده في الطبقتين M و N فماذا تستنتج؟
   a. لا يعيش النوع في أي مكان من الأرض في الوقت الحاضر.
   b. لقد تطور النوع إلى نوع جديد مختلف كليًا.
   c. لقد انقرض النوع قبل أقل من 100,000 سنة مضت.
   d. لقد اختفى النوع من المنطقة قبل 6 ملايين سنة تقريبًا.

القراءة والاستيعاب

11. b عمر الطبقة N.

12. d لقد اختفى النوع من المنطقة قبل 6 ملايين سنة تقريبًا.

الفصل 4



المياه الجوفية

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

4–1 حركة المياه الجوفية وتخزينها

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

4–2 موارد المياه الجوفية

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

مخطط الفصل 4

المياه الجوفية

الأهداف	المواد والأدوات المستعملة	الزمن المقترح
4–1 حركة المياه الجوفية وتخزينها		
1. يصف كيف يرتبط كل من تخزين المياه الجوفية وحركتها مع دورة الماء في الطبيعة ؟	**تجربة استهلالية** صفحة 83: مخبار مدرج سعته 250 mL (عدد 2)، رمل ناعم، ماء، رمل خشن، طين.	20 دقيقة
2. يوضح المقصود بالخزان المائي الجوفي والطبقة الكتيمة.	**عرض عملي** صفحة 84: لترًا من الماء، وعاء شفاف، تربة، طين.	5 دقيقة
3. يربط بين مكونات الخزان المائي الجوفي ووجود الينابيع.	**عرض عملي** صفحة 87: أنبوب مطاطي على شكل حرف U، ماء.	5 دقيقة
4–2 موارد المياه الجوفية		
1. يوضح كيف يتم سحب المياه الجوفية من خزاناتها عن طريق الآبار ؟	**عرض عملي** صفحة 91: صندوق زجاجي، رمل، ماء، صبغة الطعام، أنبوب.	10 دقائق
2. يصف المشكلات الرئيسة التي تهدد موارد المياه الجوفية.	**تجربة** صفحة 93: صندوق بلاستيكي، رمل، ماء، طين، كتاب، ماصة، ماصة شفافة.	20 دقيقة
	مختبر الجيولوجيا صفحة 98: حوض زجاجي عمقه 20 cm تقريبًا، صبغتا طعام بلونين مختلفين (أخضر، بنفسجي)، ماء، تربة طينية، رمل خشن، محقنان طبيّان، رشاش ماء، قطعتان من خرطوم ماء طول كل منهما 3 cm و 6 cm على الترتيب.	45 دقيقة

ترميز مستويات الأنشطة والتجارب لمراعاة الفروق الفردية

ف م أنشطة للطلبة الذين هم فوق المستوى (المتميزين).	**ض م** أنشطة للطلبة الذين هم ضمن المستوى.	**د م** أنشطة للطلبة الذين هم دون المستوى.	**تعلم تعاوني** أنشطة صُممت لمجموعات عمل صغيرة متعاونة.

الفصل 4

المياه الجوفية

الفكرة العامة

المياه الجوفية اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات ثنائية لوصف الأحداث بدءًا من سقوط المطر إلى تخزين المياه الجوفية في الرسوبيات، ثم اطلب إليهم أن ينظموا هذه الأحداث على السبورة. قد لا يعرف الطلبة جميع المصطلحات، ورغم ذلك قد تتضمن إجاباتهم: مطر/ تساقط ثلج (هطول) ← ترطيب الأرض ← تسرُّب الماء في الأرض ← الرشح ← رشح الماء إلى الأسفل عبر طبقات التربة النافذة ← يتوقف الماء الراشح إلى أسفل عندما يصل الماء إلى طبقة غير منفذة (لا يستمر في النزول) ← إشباع الطبقات العليا بالماء.

دعم المحتوى

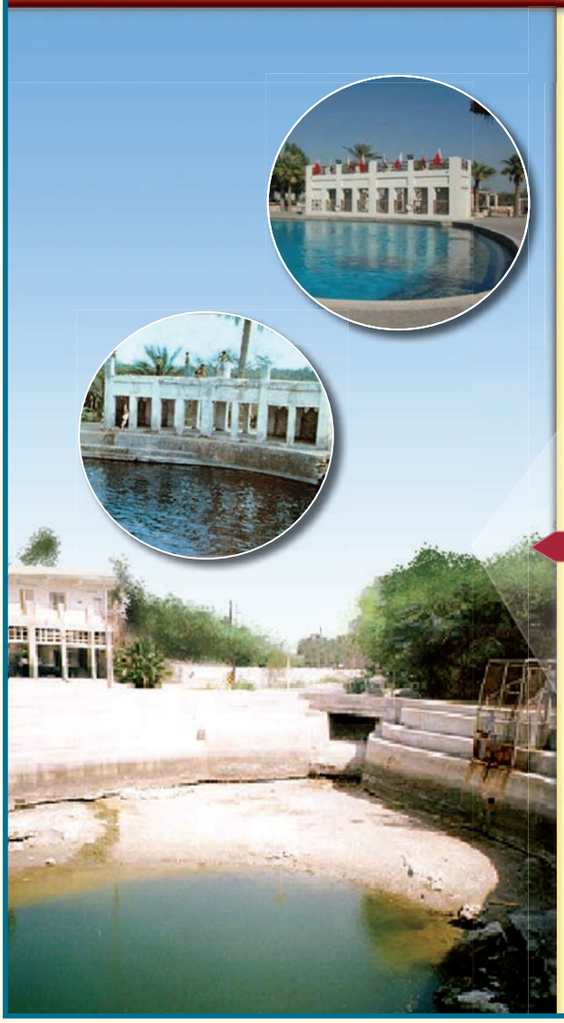
العيون هذه الصورة لعين عذارى في مملكة البحرين. وتعد عين عذارى سابقًا من أشهر العيون في المملكة، من حيث قوة اندفاع الماء في ينبوعها. وتصنف العيون إلى أنواع مختلفة اعتمادًا على آلية تكونها، منها عيون الشقوق أو الصدوع وعيون التماس وعيون الانخفاض والعيون الارتوازية. كذلك يمكن تصنيف العيون من حيث درجة الحرارة إلى ينابيع حارة، وينابيع باردة.

السبورة التفاعلية

استعمل عروضًا تقديمية (بالبوربوينت) تشتمل على:

- ملخص لمحتوى الفصل.
- صور لأحواض مائية وعيون مختلفة الأنواع
- عروض متحركة.
- روابط بالموقع التعليمي:

www.obeikaneducation.com



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

4-1 **حركة المياه الجوفية وتخزينها**

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

4-2 **موارد المياه الجوفية**

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

حقائق جيولوجية

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

82

تجربة استهلالية

كيف تُخزّن المياه في جوف الأرض؟

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

خطوات العمل

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

التحليل

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

المطويات منظمات الأفكار

المخاطر التي تواجه المياه الجوفية

اعمل هذه المطوية لتلخيص المشكلات الرئيسة التي تهدد المياه الجوفية.

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 الثني حتى الخط الذي يقسم الورقة إلى نصفين، ستحصل على ست ألسنة.

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

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

جيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع
www.obeikaneducation.com

83

تجربة استهلالية

المهارات العلمية جمع المعلومات وتحليلها، والمقارنة، والقياس، واستخدام الأرقام، والملاحظة والاستدلال، والتوقع، والتواصل.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء التجربة. وتأكد من ارتداء الطلبة للنظارات الواقية.

استراتيجيات التدريس

- يعادل حجم الماء في مخبار الرمل الحجم الأصلي في المخبار الثاني مطروحًا منه الحجم المتبقي في المخبار الثاني. يفضل أن يستعمل الطلبة لتحديد حجم الماء في $1m^3$ من الرمل، النسب الرياضية معتمدين على حقيقة أن $1cm^3 = 1mL$.
- إذا وجد الطلبة صعوبة في رؤية مستوى الماء في عمود الرمل فدعهم يسكبوا الماء في المخبار الأول، والمتبقي منه في المخبار الثاني. وإذا انسكب الماء فعليهم أن يقدّروا كمية الماء المتبقية في المخبار الثاني. ثم اطلب إلى الطلبة التخلص من الماء الزائد في المغسلة وإعادة جميع الأدوات المدرجة إلى أماكنها.

التقويم

الأداء. اطلب إلى الطلبة معرفة أي مما يأتي يحتوي ماء أكثر: بركة سباحة كبيرة حجمها مليون لتر، أم مكعب من الرمل مشبع بالماء طوله 10 m؟ تحتوي بركة السباحة على ماء أكثر؛ لأن مكعب الرمل لا يحتوي على 100% من الماء.

التحليل

1. تتنوع الإجابات، سيحتفظ الطين بمعظم الماء، ويليه الرمل الخشن ثم الرمل الناعم. إجابة محتملة: الطين 133 mL، الرمل الخشن 96 mL، الرمل الناعم 86 mL.

2. تكون النسب المحتملة للعينات الثلاث على النحو الآتي: رمل ناعم 35%، رمل خشن: 38%، طين: 53%.

3. حجم الماء في الرمل الناعم 350 L، وفي الرمل الخشن 380 L، وفي الطين 530 L. (المتر المكعب = 1000 L)

4-1

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

حركة المياه الجوفية اسأل الطلبة كيف تحدث دورة الماء في الطبيعة؟ تصف دورة الماء في الطبيعة كيف يهطل الماء ويترشح في باطن الأرض ويجرى على سطح الأرض، ثم يتبخر ويصعد إلى الغلاف الجوي ثم يتكاثف ويهطل من جديد.

2. التدريس

دعم المحتوى

موقع المياه الجوفية توجد المياه الجوفية في الجزء العلوي فقط من القشرة الأرضية؛ لأن ضغط الصخور العلوية يضغط بالتدريج على الفراغات البينية، فتغلق جميع الفراغات البينية بصورة كبيرة تحت عمق 10 km. وتحتوي هذه الصخور على كميات قليلة من الماء. والمياه الجوفية العميقة (تحت السطح من 1–2 km) مالحة دائمًا؛ لأن معظمها مياه بحار قديمة حُجزت داخل الرسوبيات البحرية التي أصبحت فيما بعد صخورًا رسوبية قارية خلال العمليات التكتونية.

4-1

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

رشح
نطاق الإشباع
منسوب الماء
نطاق التهوية
النفاذية
الخزان المائي الجوفي
الطبقة الكتيمة
العين (الينبوع)
العين الساخنة
الحمَّة الفوارة

حركة المياه الجوفية وتخزينها

Movement and Storage of Groundwater

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

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

الغلاف المائي The Hydrosphere

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

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

الجدول 1–4* مصادر المياه على الأرض

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

* الجدول 1–4 للاطلاع فقط.

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة دون المستوى اطلب إلى الطلبة تمثيل المعلومات الواردة في الجدول 1–4 برسم بياني، على أن تتضمن هذه الرسوم المحيطات والأنهار والجداول المائية والمياه الجوفية والبحيرات والجليديات، معنونة كل واحدة منها بالكمية المناسبة. والفت انتباه الطلبة إلى حجم الماء في كل نوع على أن تكون نسبها دقيقة إلى حد ما.

عرض عملي

جريان الماء أضف لترًا من الماء إلى وعاء شفاف يحتوي على تربة أسفلها طبقة من الطين تغطي قاع الوعاء بالكامل. وتأكد أن الطلبة قد لاحظوا أن الماء يتدفق من خلال التربة، وليس من خلال الطين.

المياه الجوفية والهطول
Groundwater and Precipitation

تعد المحيطات المصدر الرئيس لجميع المياه على سطح الأرض؛ حيث تتبخر المياه خلال دورة الماء في الطبيعة إلى الغلاف الجوي على شكل بخار ماء وغيوم، ثم تقوم الرياح وأنظمة الطقس بنقل رطوبة الجو إلى جميع أنحاء الأرض، حيث يتركز معظمها فوق اليابسة (القارات)، ويحصل الهطول الذي يمثل عودة الماء إلى سطح الأرض. لاحظ أن بعض الهطول يحدث فوق المحيط مباشرة والبعض الآخر يحدث فوق اليابسة.

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

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

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

تخزين المياه الجوفية Groundwater Storage

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

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

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

حبيبات رمل كبيرة جيدة الفرز

حبيبات رمل رديئة الفرز

حبيبات رمل صغيرة جيدة الفرز

الربط مع العلوم الأخرى

رياضيات زمن المكوث هو متوسط طول الفترة الزمنية التي يقضيها الماء في الخزان. فعلى سبيل المثال إذا ملئ حوض استحمام سعته 600 L بالماء أو أفرغ منها بمعدل 0.5 L/S ، فإن زمن مكوث الماء يكون $\frac{600\ \text{L}}{0.5\ \text{L/S}} = 1200\ \text{S} = \frac{1200}{60} = 20\ \text{min}$ اطلب إلى الطلبة حساب زمن مكوث الماء بالسنين مع افتراض أن كمية المياه الجوفية المتوافرة $4,000,000\ \text{km}^3$ ، وأن معدل الرشح $2000\ \text{km}^3/\text{y}$.

ف م $\frac{4,000,000\ \text{km}^3}{2,000\ \text{km}^3/\text{y}} = 2000\ \text{y}$

نشاط

المسامية هي نسبة حجم الفراغات في الصخر إلى حجمه الكلي، ويمكن التعبير عنها بنسبة مئوية أو بأجزاء عشرية، مثل 30% أو 0.30 . والرسوبيات السيئة الفرز مساميتها أقل من مسامية الرسوبيات الجيدة الفرز. اطلب إلى الطلبة أن يعملوا في مجموعات للمقارنة بين مسامية رسوبيات جيدة الفرز ومسامية رسوبيات سيئة الفرز، من خلال إتمام التمرين الآتي:

افرض أن مسامية الرمل الجيد الفرز ومسامية الحصى متساويتان؛ إذ يساوي كل منهما 30% أو (0.30)، وحدّد مسامية مخلوط من الرمل والحصى مفترضًا أن الرمل الناعم (التي مساميتها 30%) يملأ الفراغات البينية جميعها في الحصى (الذي مساميته 30%). وبطريقة أخرى: ما قيمة 30% من 30%؟ 9%.

يمكن تنفيذ هذا التمرين حسابيًا (0.3 × 0.3 = 0.09%)، أو بيانيًّا بالأعمدة لتمثيل نسبة 100% لطول العمود وهو الحجم الكلي للحصى، بحيث يُقسم العمود رأسيًّا إلى 70 وحدة تمثل حجم حبيبات الحصى، و 30 وحدة تمثل حجم الفراغات في الحصى. وعند امتلاء هذه الفراغات كليًّا بالرمل، فإن 70 وحدة منها (أي من الـ 30 وحدة) تمثل حجم حبيبات الرمل، أيْ ما يعادل 21%، ويتبقى 30 وحدة تمثل الفراغات بين حبيبات الرمل، أيْ ما يعادل 9%. وضح هذا المفهوم على السبورة مستعملًا 50% من 50% = 25%.

ف م **تعلم تعاوني**

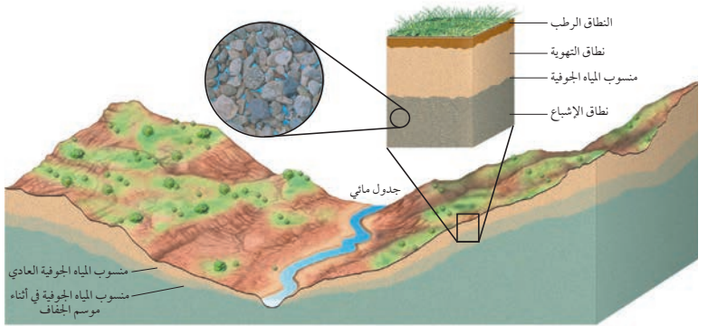
إجابة أسئلة الأشكال الشكل 1–4 مسامية العينة غير المفروزة في الوسط هي الأقل، بينما تكون مسامية الرمل الكبيرة الحبيبات أكبر قليلًا من مسامية الرمل الناعم الحبيبات.

ماذا قرأت؟ المصدر الرئيس لجميع المياه على سطح الأرض هي البحار والمحيطات.

نموذج

نطاق الإشباع اطلب إلى الطلبة رسم مقطع رأسي افتراضي يتضمن المعالم الآتية: النطاق الرطب، ونطاق التهوية، ومنسوب المياه الجوفية، ونطاق الإشباع، ثم اطلب إليهم رسم مقطع رأسي آخر في الموقع نفسه بعد الهطول بفترة قصيرة، ثم اطلب إليهم الإجابة عن الأسئلة الآتية: ماذا يحدث لسُمك نطاقي التهوية والإشباع؟ سيقل سمك نطاق التهوية ويزيد سمك نطاق الإشباع. ماذا يحدث لموقع منسوب المياه الجوفية؟ سيرتفع منسوب المياه الجوفية بعد الهطول. ماذا يحدث للمقطع الثاني لو أمطرت مرة أخرى؟ يقل نطاق التهوية إذا أمطرت مرة أخرى، ويزداد سمك نطاق الإشباع ويرتفع منسوب المياه الجوفية أكثر.

إجابة أسئلة الأشكال الشكل 2–4. يقع نطاق التهوية فوق نطاق الإشباع، ومنسوب المياه الجوفية هو الحدّ بين هذين النطاقين.



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

نطاق الإشباع The Zone of Saturation

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

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

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

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة ذوو المستوى المتقدم أخبر الطلبة أن هناك مياهًا جوفية أسفل أقدامهم كما لو كانت محيطًا. ثم اطلب إليهم أن يقدروا عمق هذا المحيط لو كان الماء الجوفي كله على سطح الأرض؛ وذلك بحساب سمك طبقة من المياه تحتوي على جميع المياه الجوفية الموجودة في الجزء العلوي من القشرة الأرضية. والتي تبلغ سماكتها 10 km ، مع افتراض أن القشرة الأرضية مشبعة بالماء، ومساميتها تعادل 5 % .

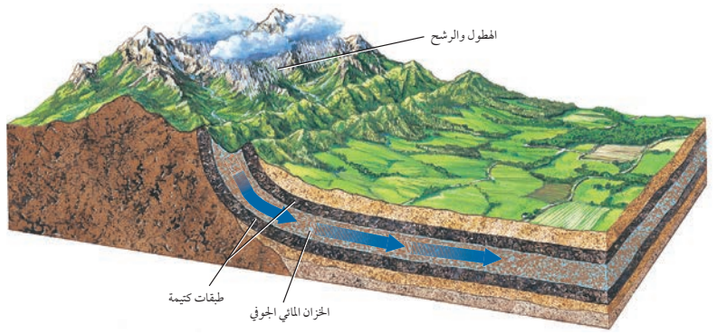
$$10\ \text{km} \times \frac{5}{100} = \frac{0.5\ \text{km} \times 1000\ \text{m}}{1\ \text{km}} = 500\ \text{m}$$

حركة المياه الجوفية
Groundwater Movement

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

النفاذية Permeability تسمى الصخور والرسوبيات المنفذة للمياه الجوفية **الخزان المائي الجوفي Aquifers**. انظر **الشكل 3–4**. وفي الخزان المائي الجوفي تكون المسامات كبيرة ومتصلة، في حين تكون المواد ناعمة الحبيبات ذات نفاذية قليلة؛ لأن مساماتها صغيرة وتسمى مواد غير منفذة؛ إذ يكون انسياب المياه الجوفية فيها بطيئًا، ويقاس غالبًا بالميمترات في اليوم. ويعد الغرين والطين والحجر الطيني أمثلة على المواد غير المنفذة؛ فالطين غير منفذ؛ فحبيباته دقيقة ومتراصة، وتعمل على الاحتفاظ بالماء، ولهذا السبب يُستخدم طبقةً مبطنة في البرك الاصطناعية، وفي مكاب النفايات، وتسمى الطبقات غير المنفذة التي تحجز الماء وتمنعه من التدفق **بالطبقة الكتيمة Aquicludes**.

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



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

دعم المحتوى

حركة المياه الجوفية المياه الجوفية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض أسفل منسوب الماء. ولا يكون منسوب الماء في وضع أفقي في أي مكان. لذا فإن الماء الجوفي يتحرك إلى أسفل بالتدريج تحت تأثير الجاذبية. كما أن مسارات حركة المياه ليست موازية لمنسوب الماء، ولكنها محدبة إلى أعلى بين نقطتي التغذية والتصريف، ويُعبر عن سرعة حركة المياه الجوفية بقانون **دارسي**:

$$V = K(h/L)$$

حيث V سرعة حركة الماء، وK الموصلية المائية، و h/L متوسط ميل منسوب الماء، حيث h الفرق في الارتفاع، وL طول المسار الذي يسلكه الماء المتحرك بين نقطتين على مسار الحركة. لذا تتناسب سرعة حركة الماء طرديًّا مع ميل منسوب الماء؛ إذ يؤدي الميل الشديد إلى حركة الماء أسرع مقارنة بالميل القليل، كما هو متوقع. وترتبط الموصلية المائية K بنفاذية الموادّ تحت السطحية، وتتفاوت قيمها تبعًا لاختلاف المواد. والقيم الممثلة لـ K هي 400 m /day للحصى، و12 m /day للرمل، و3 m /day للحجر الرملي، و0.1 m للغرين، و0.0002 m/ day للطين، وهذا يعني أن الماء يتحرك بسرعة أكبر في المواد المنفذة الخشنة الحبيبات مثل الرمل والحصى، مقارنة بحركته في الغرين والطين، بغض النظر عن الميل.

عرض عملي

الخزانات المائية الجوفية المحصورة كلف أحد الطلبة أن يمسك أنبوبًا مطاطيًّا على شكل حرف U، على أن يكون أحد طرفيه أخفض من الآخر، ثم اسكب ماءً في الطرف الأعلى حتى يتدفق إلى الطرف الآخر. واطلب إلى الطلبة أن يصفوا حركة الماء في الأنبوب. سيتحرك تحت تأثير الجاذبية.

ارسم مقطعًا على شكل حرف U لخزان مائي جوفي محصور على السبورة، لتوضيح أن عملية صرف مشابهة تحدث في الطبيعة، وهي صرف المياه الجوفية من العيون في المناطق ذات الصخور الرسوبية.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يعتقد الكثير من الناس أن المياه الجوفية مقصورة على الأنهار الجوفية أو على القنوات الطبيعية الجوفية، وأنه لا بد من حفر الآبار إلى مثل هذه القنوات، وهذا خطأ.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلب إلى الطلبة أن يُعرِّفوا عين الماء. ستكون إجابة العديد منهم أن العين تتدفق حيث يخرج النهر الجوفي إلى السطح.

عرض المفهوم

على الرغم من أن وجود أنهار جوفية في المناطق التي فيها كميات كبيرة من الحجر الجيري صحيح جزئيًّا، إلا أن عليك أن توضح للطلبة أن المياه الجوفية موجودة في كل مكان، حيث تكون المواد أسفل منسوب المياه الجوفية مشبعة بالماء، لذا يمكن أن تتدفق العيون من أنواع مختلفة من الرسوبيات الحاملة للماء، فلو حفرت بئرًا في هذه الرسوبيات تحت منسوب المياه الجوفية فستنتج هذه البئر ماء.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة رسم مقطع عرضي للأرض، على أن يتضمن مياهًا جوفية وعين ماء.

ماذا قرأت؟ يمكن أن يؤثر انحدار اليابسة (سطح الأرض) في المكان الذي يتدفق منه الماء الجوفي؛ لأن العيون تتدفق حيثما يتقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض، وتوجد هذه التقاطعات في المناطق التي تنحدر فيها اليابسة.

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

إرشادات الدراسة

القراءة بالمشاركة

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

ارجع إلى موقع وزارة شؤون البلديات والزراعة بمملكة البحرين.

http://websrv.municipality.gov.bh

العيون (الينابيع) Springs

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

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

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

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

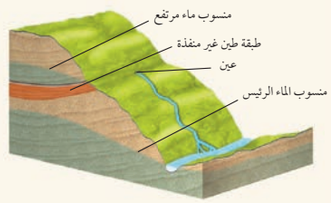
تدفق العيون Emergence of springs قد يكون حجم الماء المتدفق من العيون مجرد سيلان قليل، وقد يشكّل جدولًا؛ فهناك مثلًا عيون كبيرة تسمى عيون الكارست ينبثق منها نهر كامل، وتوجد هذه العيون في المناطق التي تتكون من الحجر الجيري؛ حيث تتدفق مياه العيون من ممرات تحت الأرض. أما في المناطق التي تتكون من صخور رسوبية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

في الميدان

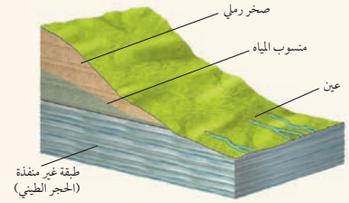
العيون (الينابيع) منذ عشرات آلاف السنين اختار الإنسان بناء مسكنه على طول موارد الماء وبالقرب منها. لذا توجد المواقع الأثرية غالبًا بالقرب من العيون. ولم توفر العيون مصادر ماء للإنسان فحسب، بل كذلك لأنعامه التي هي مصدر طعام له، وفيها الكثير من المنافع.

تصور تشكل العيون Visualization Springs

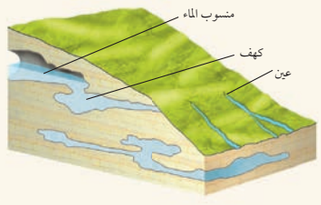
الشكل 5–4 تتكون العيون نتيجة خروج المياه الجوفية إلى سطح الأرض، عندما يتقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض. ويمكن للعيون أن تتشكل بطرائق مختلفة. قارن بين تكوّن أنواع العيون الأربعة.



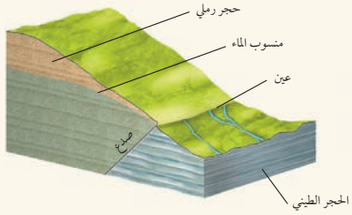
1. يؤدي وجود طبقات غير منفذة – ومنها الطين – ضمن الخزان المائي الجوفي إلى تكوين منسوب الماء المرتفع.



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



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



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

دفتر الجيولوجيا

أنواع العيون: اطلب إلى الطلبة عمل جدول في دفاترهم للمقارنة بين خصائص الأنواع المختلفة من العيون: عيون التماس، وعيون تماس منسوب الماء المرتفع، وعيون الشقوق (الصدوع)، وعيون الكارست. وقد يرغب الطلبة في تضمين رسم توضيحي يعتمد على **الشكل 5–4**.

الهدف يقارن الطلبة بين أربعة أنواع من العيون.

دعم المحتوى

العيون يمكن أن تُصرف المياه من العيون بصورة ثابتة أو متغيرة. بعض العيون دائمة التدفق، وبعضها الآخر موسمي التدفق. ويمكن لمياه العيون إذابة العديد من الغازات والمعادن. وتوجد العيون الضخمة عادة في الصخور الجيرية، وتغطي مساحات واسعة في بعض مناطق العالم. ويرتبط العديد من العيون بعضها مع بعض عن طريق التدفق تحت السطحي للماء، ومن خلال الحفر الخسفية.

إجابة أسئلة الأشكال الشكل 5–4. ينتج عين التماس وعين تماس منسوب الماء المرتفع بسبب تقاطعهما مع سطح الأرض. أما عين الصدع فتتكون عندما يجلب الصدع الخزان المائي إلى السطح. وأما عين الجير (الكارست) فتتكون في المناطق الجيرية عندما تصرف العيون الماء من ممرات جوفية لدى اتصالها بسطح الأرض.

الربط مع المعرفة السابقة

الصخور الرسوبية. اطلب إلى الطلبة أن يقرؤوا خصائص الصخور الرسوبية في الفصل الثالث، ويقارنوا بين الحجر الرملي والغضار (الطين) والحجر الجيري، من حيث أنسجة كل منها، ومساميتها، ومكوناتها المعدنية، وأن يستدلوا كيف تؤثر هذه الخصائص في تكوّن العيون.

إجابة أسئلة الأشكال الشكل 6–4 تتكون الحمة الفوارة عندما يسخن الماء ويتبخر في الخزان الجوفي محدثًا بذلك ضغطًا.

3. التقويم

التحقق من الفهم

وضح. اسأل الطلبة: ماذا يحدث لماء المطر عندما يرشح إلى باطن الأرض؟ يرشح الماء إلى باطن الأرض عبر نطاق التهوية وصولاً إلى منسوب المياه الجوفية، ثم يدخل إلى نطاق الإشباع ويتدفق ببطء نحو الأسفل عبر الخزانات المائية إلى أن يحدث له تصريف من خلال العيون إلى سطح الأرض ثم يُصرف إلى البحار والمحيطات.

إعادة التدريس

التعريف الإجرائي اطلب إلى الطلبة أن يقترحوا تعريفًا إجرائيًّا لكل من المصطلحات الآتية: الرشح، المسامية، نطاق الإشباع، منسوب المياه الجوفية، نطاق التهوية، النفاذية، الخزان المائي الجوفي، الطبقة الكتيمة، العين(الينبوع)، العين الساخنة، الحمة الفوارة.

التقويم

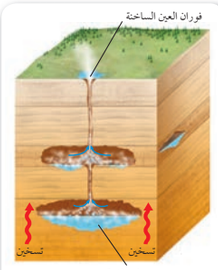
الأداء اطلب إلى الطلبة المقارنة بين المسامية والنفاذية، وكيف يؤثر كل من حجم الحبيبات وشكلها والمادة اللاحمة ودرجة الفرز في هاتين الخاصيتين. لا تعتمد المسامية على حجم الحبيبات، وتقل عندما تكون الحبيبات ذات زوايا، ومع وجود مادة لاحمة بين الحبيبات. وتزداد المسامية بزيادة درجة الفرز. أما النفاذية فتزداد بزيادة حجم الحبيبات ودرجة الفرز وتقل مع زيادة حواف الحبيبات، والمادة اللاحمة.

التقويم 4-1

1. عندما يهطل الماء ويرشح إلى باطن الأرض فإنه ينضم إلى المياه الجوفية. وعندما يتدفق الماء الجوفي من العيون والآبار ينضم إلى المياه الجارية، ويمكن أن يعود في النهاية إلى المحيط.
2. تتنوع الرسوم. يجب أن تتضمن الإجابات: عين تنبثق من خزان جوفي يعلو الطبقة الكتيمة، وكلاهما يقطع منسوب سطح الأرض.
3. يمكن أن يسخن الماء الجوفي عندما يمر في صخور تحت سطح الأرض سُخنت بفعل نشاط ناري حديث. ويميل الماء الجوفي الساخن للصعود إلى الأعلى؛ لأن كثافته أقل من كثافة الماء البارد.
4. يحدد معدل التدفق بمقدار انحدار منسوب المياه الجوفية ونفاذية التربة أو الصخور.
5. تعتمد مسامية مادة ما على كمية الفراغات البينية فيها، في حين تعتمد النفاذية على قابلية الماء للتدفق عبر الفراغات البينية للمادة. ولكي تكون الطبقة نافذة يجب أن تكون فراغاتها البينية متصلة.
6. تساعد الطبقة الكتيمة على جمع الماء الراشح ومنعه من التسرب عميقًا في باطن الأرض، مُسَهِّلةً بذلك وصوله إلى الآبار.

الكتابة في الجيولوجيا

7. تتنوع الإجابات. يجب أن تتضمن الإجابات: تتجمع المياه الجوفية على الأرجح في رسوبيات جيدة الفرز ذات حبيبات كبيرة الحجم فوق الطبقة الكتيمة.



الشكل 6–4 عين الماء الحارة نوع من العيون الساخنة، تخرج منها مياه حارة وبخار ماء إلى سطح الأرض.
عرف ما أصل الحمَّة الفوارة؟

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

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

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

التقويم 1–4

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

4-2

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

سحب المياه الجوفية اطلب إلى الطلبة وصف الطرائق المختلفة لاستعمال الناس للماء. ودوّن استعمالات الماء على السبورة في أثناء إجابات الطلبة، وصنفها إلى مجموعات، ومنها: زراعة المحاصيل، والصحة والنظافة، وإنتاج الطاقة، وتربية الحيوانات ... إلخ. وركز على حقيقة أن الأنشطة البشرية محدودة في مناطق معينة حيث يتوافر الماء.

2. التدريس

تفسير الأشكال

مخروط الانخفاض اطلب إلى الطلبة دراسة **الشكل 7–4**، ثم اسألهم: ما الفرق بين الشكلين؟ وما الذي تغير؟ يوضح الشكل عن اليسار أن مخروط الانخفاض ناجم عن الضخ الجائر.

دعم المحتوى

تداخل المياه المالحة يطفو الماء العذب فوق الماء المالح ذي الكثافة العليا ضمن نطاق الإشباع في اتزان هيدروستكوني في المناطق الشاطئية والجزر. وتبلغ كثافة ماء البحر $1.025\ g/cm^3$ تقريبًا، بينما تبلغ كثافة الماء العذب $1.000\ g/cm^3$ أو أقل. وهذا يعني أن وزن عمود من ماء البحر ارتفاعه 40 m يعادل وزن عمود من الماء العذب ارتفاعه 41 m. لذا لو كان سمك الماء العذب في خزان مائي جوفي في منطقة شاطئية مقداره 41 m لوجب أن يكون منسوب الماء 1 m فوق سطح البحر.

4-2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الآبار
الهبوط في منسوب المياه الجوفية
تغذية المياه الجوفية
البئر الارتوازية

موارد المياه الجوفية
Groundwater Supply

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

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

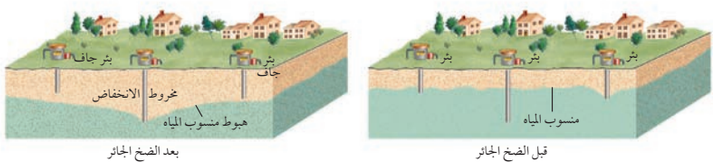
الآبار Wells

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

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

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

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

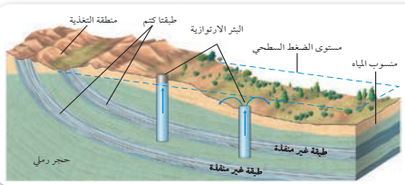


قبل الضخ الجائر — بعد الضخ الجائر

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

عرض عملي

مخروط الانخفاض لعرض مخروط الانخفاض احصل على صندوق زجاجي أو على حوض لأسماك الزينة. ثم املأ الصندوق أو الحوض برمل ناعم وماء ملون بصبغة طعام، على أن يبقى منسوب الماء بضعة سنتمترات تحت سطح الرمل. ثم اسحب الماء بسرعة –من بئر تمت محاكاتها وسط الصندوق– باستعمال أنبوب غُرس أحد طرفيه في الرمل إلى عمق أسفل منسوب الماء، والطرف الآخر أسفل الصندوق أو الحوض، ثم وجه الطلبة إلى مشاهدة نتيجة سحب المياه بسرعة، وهو انخفاض منسوب الماء على هيئة مخروط الانخفاض حول البئر. ثم أعد الماء أو أعد ملء الصندوق أو الحوض بالماء، واطلب إلى الطلبة مشاهدة عودة منسوب الماء إلى وضعه الأصلي.



الشكل 8–4 يحتوي الخزان المائي الارتوازي على ماء مضغوط .

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

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

مختبر حل المشكلات 1–4 *

اعمل مقطعًا تضاريسيًّا

كيف يختلف منسوب المياه في الآبار الارتوازية؟

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

بيانات الخزان الجوفي المائي

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

التحليل

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

التفكير الناقد

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

* مختبر حل المشكلات للاطلاع فقط.

إجابة أسئلة الأشكال الشكل **8–4** البئر الارتوازية واقعة تحت الضغط، أما البئر العادية فلا.

مختبر حل المشكلات 1–4

الهدف يعزز الطلبة فهمهم للخزانات الجوفية الارتوازية.

المهارات العلمية إعداد رسم بياني واستعماله ، قياس واستعمال الأرقام، تطبيق المفاهيم، المقارنة، التوقع، التفكير الناقد.

استراتيجيات التدريس

- راجع الطلبة في موضوعي الآبار والعيون الارتوازية.
- وضح للطلبة كيف يرسمون مقطعًا عرضيًّا مشابهًا على السبورة مستعملين أرقامًا كبيرة.

التحليل

1. يجب أن تعكس المقاطع العرضية المستويات في جدول البيانات.
2. يمكن إنشاء المقطع الطبوغرافي بإسقاط الارتفاعات مقابل أرقام الموقع. وذلك باستعمال خطوطٍ مختلفة (منقطة ومتصلة وغير متصلة) لكي تصل نقاط الارتفاعات بعضها ببعض لكل عمود.

التفكير الناقد

3. ترتفع إلى علو مستوى الضغط في البئر، الموقع 1 : 2m ؛ الموقع 2 : 1m ؛ الموقع 3 : سيتجاوز 1m
4. يمكن أن يرتفع الماء فوق السطح 2m عند الموقع 3
5. الموقع 3 هو الموقع الوحيد الذي يمكن أن توجد عنده بئر ارتوازية، لذا فإن مستوى الانخفاض للبئر الارتوازية يمكن أن يتسبب في جفاف البئرين ويعتمد ذلك على عمقيهما.

دفتر الجيولوجيا

طبق وماثل اطلب إلى الطلبة أن يصفوا في كتاباتهم ما يمكن أن يحدث لو أنهم أحدثوا ثقبًا صغيرًا في قاع قارب يطفو فوق ماء البحيرة؟ واطلب إليهم أن يستعملوا هذا التشابه مع منسوب الماء في منطقة تزويده بالماء. يتدفق الماء ويصل إلى ارتفاع منسوب الماء خارج القارب، هذا المنسوب هو سطح الضغط غير المرئي داخل القارب، ويشبه منسوب البحيرة منسوب الماء في منطقة التزويد بالمياه، ويشبه قاع القارب (الملامس للماء) الطبقة الكتيمة العلوية، ويشبه الماء أسفل القارب الخزان الارتوازي، وتشبه الفتحة أو الثقب أسفل القارب النبع الارتوازي. **ف م**

ما يهدد موارد مياهنا Threats to our Water Supply

تعد المياه العذبة موارد طبيعية نفيسة؛ إذ يعتمد الإنسان عليها بصورة كبيرة، لأنها عنصر أساسي في الحياة. كما أنها تستعمل بصورة مكثفة في الزراعة والصناعة.

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

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

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

تجربة 1–4

نموذج البئر الارتوازية

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

خطوات العمل

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

التحليل

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

ماذا قرأت؟ الماء العذب ضروري للمحافظة على حياة جميع المخلوقات الحية.

تجربة 1–4

الهدف يوضح الطلبة كيفية تكون الآبار الارتوازية.

المهارات العلمية المقارنة، الملاحظة والاستنتاج، التمييز بين السبب والنتيجة، وضع فرضية.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء التجربة.

استراتيجيات التدريس

- راجع المعلومات حول الخزانات الارتوازية وسطوح الضغط قبل البدء في التجربة.
- استعمل معاجين صمغية خالية من المواد العضوية المتطايرة.
- إذا لم يرتفع الماء في الأنابيب فأضف قليلاً من الماء تحت الطين برفع طرف طبقة الطين عند الطرف المرتفع من الصندوق.

النتائج المتوقعة منسوب الماء في الأنابيب يجب أن يكون أعلى في الطرف المنخفض من الوعاء.

التحليل

1. يكون منسوب الماء في الأنابيب الأعلى في اتجاه أسفل المنحدر، في حين يكون المنسوب المنخفض نحو أعلى المنحدر.
2. منسوب الماء هو مستوى الماء في الرمل.
3. يقع أعلى ضغط للماء عند أسفل المنحدر؛ لأن وزن الماء عند أخفض نقطة في عمود الماء يكون أكبر ما يمكن.
4. ينخفض كل من منسوب الماء في الرمل وسطح الضغط.

التقويم

المعرفة اسأل الطلبة: أي العمقين يكون ضغط الماء فيه أكبر: قاع بحيرة عمقها 10 m، أم خزان ارتوازي من الحجر الجيري عمقه 10 m أسفل منسوب الماء في منطقة التزويد بالمياه؟ يجب أن يكون الضغط متساويًا.

الربط مع العلوم الأخرى

الكيمياء تتضمن الملوثات الموجودة في المياه الجوفية المواد الكيميائية المتعددة العضوية وغير العضوية. وتشمل المواد الكيميائية غير العضوية المذابة في الماء الأحماض والأملاح والنترات والفوسفات ومركبات الفلزات السامة. أما المواد الكيميائية العضوية فتشمل الهيدروكربونات، ومنها النفط والبنزين والمواد الكيميائية المصنعة والمبيدات والمذيبات.

الربط البيئي

الزرنيخ يعد الزرنيخ من أشهر السموم في عالم الجرائم الغامضة. لذا أخبر الطلبة أنهم يتناولون الزرنيخ في مياه الشرب كل يوم؛ إذ يوجد الزرنيخ بتراكيز منخفضة في المياه الجوفية. ويأتي بعضه من المخلفات الصناعية والنشاطات الصناعية، ولكن أغلبه يأتي من الطبيعة، من خلال غسل الصخور والمعادن المحتويه عليه في باطن الأرض.

وتصل تراكيز الزرنيخ الاعتيادية في المياه الجوفية إلى بضعة أجزاء من البليون (ppb). وتفيد الدراسات الحديثة عمومًا أن تراكيز الزرنيخ في مياه الشرب مرتبطة مع سرطان الرئة والمثانة. ويصل الحدّ الأعلى المسموح به وفقًا لوكالة حماية البيئة لمياه الشرب 5 ppb. وقد تجاوزت بعض أنظمة المياه الجوفية هذه القيمة.

ماذا قرأت؟ الخزان المائي الجوفي غير المحصور أكثر عرضة للتلوث؛ إذ تصل الملوثات إلى المياه الجوفية من خلال عملية رشح مياه الأمطار إلى باطن الأرض.

المهن في علوم الأرض

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

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

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

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

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

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

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

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة دون المستوى أجر نقاشًا مع الطلبة حول كيفية المحافظة على المياه الجوفية، واطلب إليهم أن يدوّنوا على الأقل خمس طرائق يستعملونها في ترشيد استهلاك الماء في منازلهم، وأهمية ذلك.

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

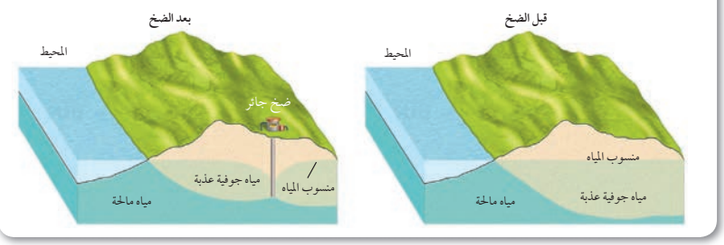
ماذا قرأت؟ وضح لماذا يمكن للمواد الكيميائية – ومنها عنصر الزرنيخ – أن يلوث أي نوع من الخزانات الجوفية المائية؟

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

الأملاح Salt ليسـت جميع الملوثات مواد سـامة أو ضارة بالصحة؛ فعلى سـبيل المثال يُستخدم ملح الطعام في المائدة، إلا أن وجوده بتراكيز عالية في الماء يجعل الماء غير صالح للشرب. وبالطريقة نفسـها تصبح المياه الجوفية غير صالحة للاسـتعمال بعد اختلاطها مع مياه مالحة. لذا يعد التلوث بالأملاح واحدًا من المخاطر الرئيسـة التـي تواجـه موارد الميـاه الجوفيـة، وخصوصًا في المناطق الشـاطئية، حيث تشـكل مسألة تداخل المياه الجوفية بمياه مالحة مشكلة رئيسة؛ فالمياه المالحة الأكثر كثافة تقع أسـفل المياه العذبة، كما في **الشـكل 10–4**، وفي حالة حدوث ضخ جائر من الآبار تصعد مياه البحر المالحة من خلال الآبار، وتلوث المياه الجوفية.

المفردات
مفردات أكاديمية
النقل
وتعني التحريـك مـن مـكان إلى آخر. فالطائرات تنقـل البضائع من مكان إلى آخر عبر البلاد

الشكل 10–4 يمكن أن تتلوث الخزانات الجوفية العذبة بالماء المالح.
تعرف كيف يمكن أن يتسبب الضخ الجائر في ارتفاع الماء المالح من الأسفل إلى الآبار؟



دعم المحتوى

رشـح الماء المالح تصبح ميـاه البئر غير صالحة للشرب بمجرد اختلاطهـا بقليل من مـاء البحر. وحسـب مواصفات منظمة الصحـة العالمية يكون أقصى تركيز مسـموح به للمواد الصلبة الذائبـة الكلية في مـاء الشرب 1500 TDS جـزء من المليون (ppm)، فـإذا تجـاوزت هذه القيمـة فإنه يعد مـاءً مالحًا. أما متوسط ملوحة مياه البحر فتصل إلى 35000 ppm تقريبًا.

لـو خلطنا تسـعة أجزاء مـن ماء مقطر مع جـزء واحد من ماء البحـر لأصبحت ملوحة المخلـوط 3500 ppm، وهي أعلى كثـيرًا من الحد الأعلى المسـموح بـه، أما إذا احتـوى المخلوط عـلى 4% من مـاء البحر، فيمكن أن تصـل ملوحته إلى 1400 ppm. تحتـوي معظم الميـاه الجوفية العذبـة عمومًا على بضع مئـات من الأجزاء في المليون مـن المواد الصلبة الذائبة الكلية، فعلى سـبيل المثال، لـو اختلطت مياه جوفيـة تحتوي على 500 ppm مـن الأيونات المذابة، مع 3% من ماء البحر فإن تركيز المخلوط الناتج يتجاوز الحد المسموح به، وهو 1500 ppm، لذا تكون مياه معظم الآبار في المناطق الساحلية مالحة.

ماذا قرأت؟ يمكن للمـواد الكيميائية أن تلوث أي نوع من الخزانات المائية الجوفية؛ لأنها ذائبة في الماء وتنتقل معه.

إجابة أسـئلة الأشكال الشـكل **10–4** الضخ الجائر يقلـل المياه الجوفية العذبة قليلـة الكثافة الموجودة أعلى الخزان فـوق المياه المالحـة الأكثـر كثافة، فترتفـع المياه المالحـة في اتجاه الآبار لتحل محلها، وعندئذ تبدأ مياه البئر ضخ مياه مالحة.

دفتر الجيولوجيا

موارد المياه الجوفية اطلب إلى كل طالب جمع مقالات من جريدة حول المشـكلات التي تؤثر في مـوارد المياه الجوفية، باستعمال الوسـائل المتاحة، ثم اطلب إليهم عرض تقاريرهم على طلبة الصف.

خلفية المحتوى

معلومة للمعلم توضيح معنى اختصار TDS، و ppm

TDS: Total Dissolved Solids

ppm: parts per million

3. التقويم

التحقق من الفهم

فسر اطلب إلى الطلبة أن يفسروا لماذا تعدّ الآبار الارتوازية أقل عرضة للتلوث من الآبار العادية. لأن الآبار الارتوازية محمية من التلوث الناتج عن سطح الأرض لوجود الطبقات الكتيمة حول مياه تلك الآبار.

إعادة التدريس

استعمال النماذج اطلب إلى الطلبة التخطيط لنموذج بئر ارتوازية في خزان مائي جوفي محصور يعلوه خزان مائي جوفي غير محصور، على أن يكون حجم النموذج مناسبًا لاستعماله في المختبر. واطلب إلى الطلبة إعداد خطة إعداد النموذج على السبورة مع تضمينها المواد الجيولوجية المنفذة وغير المنفذة التي يستعملونها في تصميمه، واطلب إليهم مناقشة كل من هندسة النموذج، والطبقية الضرورية، ومكان منطقة التزويد بالمياه، ومواقع الآبار في النموذج التي ستمثل آبارًا عادية وآبارًا ارتوازية متدفقة وغير متدفقة، ومنسوب الماء في البئر. **عمل تعاوني**

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة أن يقارنوا باستعمال الرسم بين الآبار الارتوازية المحفورة في الخزانات المائية الجوفية المحصورة والآبار العادية المحفورة في الخزان المائي الجوفي غير المحصور، على أن يضمنوا رسومهم منطقة التغذية، وسطح الضغط، وسطح الأرض، وخزانًا مائيًّا جوفيًّا محصورًا، وبئرًا ارتوازية متدفقة، ومنسوب الماء في البئر العادية، ومخروط الانخفاض.

التقويم 2-4

1. لو ضُخت مياه الآبار ضخًّا جائرًا فإن مورد المياه الجوفية يقل وينخفض منسوب الماء. ولو ضُخت مياه الآبار ضخًّا جائرًا بالقرب من البحار والمحيطات فإن الماء المالح يرشح ويلوث المياه الجوفية.
2. البئر الارتوازية واقعة تحت الضغط؛ لأنها محفورة في خزان محصور واقع تحت الضغط بسبب أن قمة منحدر منسوب الماء يقع تحت تأثير الجاذبية الأرضية.
3. تتنوع الرسوم. يجب أن تبين الرسوم أن الآبار الارتوازية تسحب المياه من الخزان المائي الجوفي المحصور، في حين تسحب الآبار العادية المياه من الخزان المائي الجوفي غير المحصور.
4. تتنوع التجارب، غير أنها يجب أن تتضمن أن الطبقة الكتيمة حاجز غير مُنفذ.
5. يمكن التقليل من تلوث المياه الجوفية في منطقة سكنية بتقليل استعمال المبيدات والمواد الكيميائية في مجالات الزراعة والتنظيف في المنازل.

الكتابة في الجيولوجيا

6. كلما زادت نفاذية الخزان المائي الجوفي سهل انتقال الملوثات منه وإليه.

الجدول 2-4 مصادر تلوث المياه الجوفية

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

حماية مواردنا المائية
Protecting our Water Supply

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

التقويم 2-4

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

الهدف

يتعرف عمل اختصاصي المياه (الهيدروجيولوجي) فيما يتعلق باستعمال الماء ونوعيته لضمان كفاية الماء النقي لدعم الحياة.

دعم المحتوى

الخزانات المائية الجوفية مصدر للمياه الجوفية، وتوجد هذه المياه في الخزانات الجوفية عندما تملأ الفراغات التي في الأرض. ويمكن تخزينها باعتبارها موردًا للماء، ويمكن سحب الماء من الخزان بوساطة الخاصية الشعرية. علم جيولوجية المياه Hydrogeology علم متعدد التخصصات يدمج كلًّا من علوم الكيمياء والفيزياء والأحياء وقوانين المياه الجوفية للتأكد من وفرة مياه آمنة لكل فرد، ويستعمل الهيدورجيولوجيون معادلات رياضية معقدة وبرامج حاسوبية لحساب كميات الماء في الخزان، كما يقومون بإجراء دراسات معقدة لضمان عدم استنزاف المياه، أيْ عدم استهلاك مياه الخزان بما يفوق معدل تزويده.

والماء الجوفي عرضة لتسرب الملوثات من مواقع معالجة المياه العادمة والملوثات الكيميائية، فضلاً عن النفايات الصلبة التي يلقيها الإنسان. والهيدروجيولوجي هو الشخص المسؤول عن بقاء الماء نقيًّا.

استراتيجيات التدريس

اطلب إلى الطلبة القراءة عن الخزانات المائية الجوفية قبل الحصة؛ إذ تفيدهم الخلفية العامة عنها في بناء التصاميم الخاصة بهم، واطلب إلى كل مجموعة أن تبني الخزانات المائية الجوفية وأنظمة الآبار الخاصة بهم، وامنحهم الوقت الكافي لمناقشة كيفية بناء الخزان المائي الجوفي، وكيف يمكنهم جعل البئر تعمل. ثم اطلب إليهم أن يبنوا نموذجًا عمليًّا، ويعرضوه على الطلبة. وقدم لهم أمثلة عن عملٍ قد أنجزه أحد الهيدروجيولوجيين إن أمكن.

الجيولوجيا والبيئة *
Geology and the Environment

مراقبو المياه Watcher of the water

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

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

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

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

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

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

* الجيولوجيا والبيئة للاطلاع فقط.

دفتر الجيولوجيا

الهيدروجيولوجيا اطلب إلى الطلبة أن يصفوا كتابةً ثلاث طرائق، يضمن بها الهيدروجيولوجي استمرار التزود بالمياه، واطلب إليهم أن يتوقعوا ما يمكن أن يحدث لو فشل نظام الري في إحدى المزارع. قد تجد أن عمل الرسوم يمكن أن يساعد الطلبة على توضيح توقعاتهم حول موارد المياه. د م

الكتابة في الجيولوجيا

المجلات العلمية تتنوع الإجابات. يجب أن يعكس عرض الطلبة شمولية البحوث التي قاموا بها، من حيث تناولها جميع مهن الهيدروجيولوجي. لذا أتح لهم الفرصة لمشاركة بعضهم البعض فيما تعلموه.

مختبر الجيولوجيا

الإعداد للمختبر

الزمن المقترح 45 دقيقة.

المهارات العلمية جمع وتفسير البيانات، القياس، استعمال الأرقام، عمل الرسوم البيانية واستعمالها، تطبيق مفاهيم، الاستنتاج، التوقع.

احتياطات السلامة تأكد من تعبئة الطلبة لبطاقة السلامة في المختبر قبل بدء التجربة.

خطوات العمل

- تأكد عند وضع الطبقات الطينية من امتداد الطبقة على مساحة الوعاء كله، وملاصقتها جوانب الوعاء.
- لاحظ الطلبة في أثناء الضغط على طبقات التربة وساعدهم إذا لزم الأمر.
- تأكد من تنظيف قطع الخرطوم بعد وضعها في الوعاء.
- اسأل الطلبة بعد الانتهاء من عمل النموذج تحديد أي الطبقات تمثل خزانًا مائيًّا جوفيًّا محصورًا وأيها خزان مائيٌّ غير محصور.

الكتابة في الجيولوجيا

ابحث تتنوع التقارير ولكن يجب أن يتضمن التقرير أنواع مصادر التلوث وكيفية حماية المياه الجوفية ويجب ربطها مع البيئة المحلية.

التحليل والاستنتاج

1. إلى الملوثات.

2. الطبقات الرملية يصلها ماء ملون بينما طبقات التربة الطينية لا يصلها، لأن الطبقة الرملية مساماتها كبيرة فتكون أكثر نفاذية للمواد من الطبقة الطينية التي تكون مساماتها صغيرة وبالتالي تقل نفاذيتها للمواد الملوثة.

3. طبقة الرمل العلوية تلوثت أسرع لأنها أقرب إلى مصادر التلوث (طول الخرطوم أقل).

4. طبقة الرمل السفلية لأنها محصورة وتقع في أعماق أكبر.

5. طبقة الرمل السفلية المحاطة من أسفل ومن أعلى بطبقات طينية تمثل خزانًا مائيًّا جوفيًّا محصورًا. بينما طبقة الرمل العلوية التي يقع أسفل منها طبقة طينية تمثل خزانًا مائيًّا جوفيًّا غير محصور.

6. أوجه الشبه: تتابع الطبقات الرملية والرسوبية مشابه للخزانات المائية الجوفية، انتشار الملوثات من أماكن التلوث وعلى امتداد الطبقة. أوجه الاختلاف: آلية ضخ الملوثات قد تختلف عما هو موجود في الطبيعة، سرعة انتقال الملوثات في الطبيعة يكون أبطأ.

7. في البداية يجب إبعاد مصادر التلوث عن مصادر المياه. أما إذا حدث تلوث فتتم معالجة التلوث بالطرائق المختلفة المشار إليها تحت عنوان حماية مواردنا المائية.

مختبر الجيولوجيا

نموذج محاكاة تلوث المياه الجوفية

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

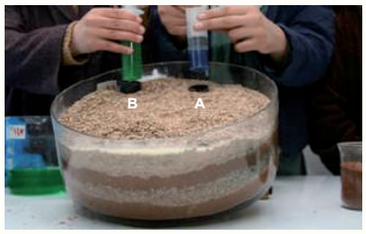
سؤال: كيف تصل الملوثات إلى المياه في باطن الأرض؟

الأدوات

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

خطوات العمل

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



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

لخص واستنتج

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

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

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

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

الفكرة الرئيسة

يمكن للطلبة استعمال تعبيرات موجزة لمراجعة المفاهيم الرئيسة للفصل.

الجيولوجيا عبر المواقع الإلكترونية

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني
www.obeikaneducation.com
بهدف:

- دراسة الفصل كاملًا على الموقع.
- الحصول على مزيد من المعلومات والمشاريع والأنشطة.
- التقدم لاختبار الفصل والاختبار المقنن.

مراجعة الفصل

مراجعة المفردات

ما المصطلح الذي يصف كلًّا من العبارات الآتية:

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

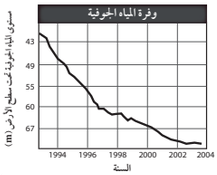
استعمل المفردات التي تعلمتها في هذا الفصل للإجابة عن الأسئلة الآتية:

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

تثبيت المفاهيم الرئيسة

7. ما المصدر الذي يمثل أكبر تجمع للمياه العذبة المتوافرة للاستعمال البشري؟
   - a- الجليديات والأغطية الثلجية.
   - b- بحيرات الماء العذب.
   - c- الأنهار والجداول المائية.
   - d- المياه الجوفية.
8. ما اسم الطبقة الرسوبية أو الصخرية التي لا تسمح بمرور الماء خلالها؟
   - a- الطبقة المنفذة.
   - c- الخزان المائي.
   - b- الطبقة الكتيمة.
   - d- الطبقة غير المائية.

الرسم البياني الآتي يمثل المياه الجوفية لبئر في منطقة ما، أجب عن السؤالين 10 و 11



9. أي من الجمل الآتية تمثل استنتاجًا منطقيًّا يمكن استخلاصه من الرسم البياني؟
   - a- زادت كمية المياه الجوفية في الفترة بين 1993 و2003 م.
   - b- انخفض منسوب الماء في الفترة بين 2002 – 2003 م بسرعة أكبر من انخفاضه في الفترة بين 1993 – 1994 م.
   - c- انخفض منسوب الماء في الفترة 1993 – 1994م. بسرعة أقل من انخفاضه في الفترة 2002 – 2003م.
   - d- قلت وفرة الماء في الفترة بين 1993 – 2003م.
10. في أي عام كان منسوب الماء أعلى ما يمكن؟
    - a- 2004م.
    - c- 1996م.
    - b- 2003م.
    - d- 1993م.
11. ما الخصائص التي يجب أن تكون للصخور المسامية لكي تصبح منفذة؟
    - a- توجد فوق منسوب الماء.
    - b- مساماتها كبيرة .
    - c- مساماتها متصلة.
    - d- توجد أسفل منسوب الماء.

الفصل 4

مراجعة الفصل

مراجعة المفردات

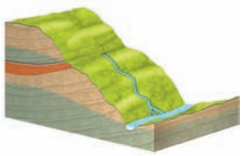
1. نطاق الإشباع.
2. النفاذية.
3. الخزان المائي الجوفي.
4. الطبقات الكتيمة.
5. يرتفع الماء في العيون الارتوازية إلى السطح بفعل الضغط، أما العيون العادية فليست واقعة تحت الضغط.
6. تسمى بالحمّة الفوارة (الجايزرات) وهي عيون ساخنة متفجرة توجد في المناطق البركانية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

7. d المياه الجوفية.
8. b الطبقة الكتيمة.
9. d قلت وفرة الماء في الفترة بين 1993 – 2003 م.
10. d 1993 م.
11. c يجب أن تكون المسامات متصلة.

مراجعة الفصل 4

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤال رقم 12.



12. مالشروط الضرورية لتكون العيون؟
a- توافر منطقة تغذية ونطاق التشبع والطبقة الكتيمة.
b- وجود طبقة كتيمة تحصر المياه فوق نطاق التهوية والإشباع.
c- وجود منسوب ماء مرتفع فوق الطبقة الكتيمة يتقاطع مع سطح الأرض.
d- وجود طبقة كتيمة أسفل منسوب المياه.

أسئلة بنائية

13. **صنف** أين يوجد منسوب الماء في بحيرة أو في منطقة رطبة مقارنة بمنطقة لا يوجد على سطحها ماء؟
14. **تعرف** على المَعْلَمين اللذين يجب توافرهما في الخزان الجوفي المائي لكي يصبح مصدرًا ارتوازيًّا.
15. **قارن** بين منسوب الماء في المناطق الرطبة وفي المناطق الجافة.
16. **توقع** كيف يمكن أن يتأثر خزان جوفي صغير بالجفاف لسنوات عديدة.
17. **فسر**. لماذا يُعتقد أن طرح المخلفات السامة في حفرة خسفية، يمكن أن يشكل مخاطر حقيقية على مياه الشرب.

التفكير الناقد

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

استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال رقم 19

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

خريطة مفاهيمية

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

سؤال تحدٍّ

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

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

أسئلة بنائية

13. يوجد منسوب الماء في مناطق البحيرات والمستنقعات على السطح، في حين يكون تحت السطح في المناطق التي لا يوجد على سطحها ماء.

14. يجب أن يكون الخزان المائي الجوفي محصورًا وتحت الضغط.

15. يكون منسوب المياه الجوفية قريبًا من السطح في المناطق الرطبة، وبعيدًا عنه في المناطق الجافة تقريبًا.

16. قد لا يزوَّد الخزان المائي الصغير بالماء في أثناء الجفاف لندرة الأمطار فيجف.

17. يشكل التخلص من العوادم السامة في الحفر الخسفية خطرًا يُهدد الموارد المائية؛ لأن طرح الملوثات في الحفرة الخسفية يُسهِّل انتقالها إلى المياه الجوفية.

التفكير الناقد

18. يمكن أن يؤدي ارتفاع منسوب ماء البحر إلى تقليل موارد المياه في المناطق الساحلية من خلال رشح ماء البحر المالح إلى المياه الجوفية وتصبح المياه الجوفية مالحة.

19. تتنوع الأشكال ولكن يجب أن تتضمن موقع العين حيث تتقاطع المياه الجوفية مع سطح الأرض.

خريطة مفاهيمية

20. تتنوع الإجابات. ولكن يجب أن تظهر خريطة المفاهيم ارتباط كلا النوعين من الخزانات المائية الجوفية المحصورة وغير المحصورة مع الخزان المائي الجوفي، وارتباط نوعي الآبار التي يجب أن تحفر في الخزانات المائية الجوفية؛ فالآبار الارتوازية تحفر في الخزانات المائية المحصورة، أما الآبار العادية فتحفر في الخزانات المائية غير المحصورة.

سؤال تحدٍّ

21. يمكن أن يؤدي ازدياد غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة حمض الكربونيك، الذي ينتج عن ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء واتحاده بجزيئات الماء. ويمكن لحمض الكربونيك إذابة الصخور الجيرية مكونًا الكهوف والتضاريس والينابيع الجيرية الكارستية.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. c الطين.
2. a خزان المياه الجوفية غير المحصورة.
3. b أبرد من متوسط درجة حرارة المنطقة.

أسئلة الإجابات القصيرة

4. يمثل الشكل دورة الماء حيث ينتقل الماء خلال المراحل الآتية: التبخر والنقل والتكاثف والهطول والجريان السطحي والرشح والنتح.
5. تمثل هذه المرحلة التبخر. حيث إن الماء لا يتبخر من المحيطات والمسطحات المائية الأخرى فقط ولكن أيضًا من سطح الأرض، ولذلك نحتاج إلى سهمين.
6. تتساقط قطرات الماء من الغيوم في الخطوة C، ثم يحدث لها امتصاص من سطح الأرض، أو تتدفق إلى المسطحات المائية في الخطوة D.
7. ينتج عن الضخ الجائر لبئرٍ ما انخفاض منسوب الماء، ويمكن أن ينتج عن ذلك خفض منسوب الماء العذب، فتجف الآبار المجاورة التي لا يصل عمقها إلى منسوب الماء الجديد بعد انخفاضه.
8. تحفر الآبار العادية في الخزان المائي الجوفي غير المحصور. بينما ترتبط الآبار الارتوازية مع الخزان الجوفي المحصور، حيث تتدفق المياه من البئر تلقائيًّا نتيجة الضغط الواقع على الخزان.
9. خسف سطح الأرض هو هبوطه بفعل الضخ الجائر للمياه الجوفية؛ إذ يساعد وجود الماء الجوفي على بقاء سطح الأرض على حاله. وإذا أُزيل الماء من الفراغات قل ضغطه إلى أعلى، فتنهار الفراغات جزئيًّا، ممّا يؤدي إلى هبوط الصخور العلوية، ونظرًا إلى صغر حجم الفراغات بعد انهيارها جزئيًّا تصبح إعادة تزويد الخزان المائي الجوفي أمرًا صعبًا.

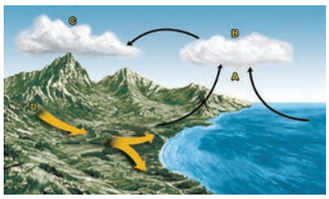
اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. أي المواد الآتية أنسب لتبطين بركة ماء؟
   a- الحصى. c- الطين.
   b- الحجر الجيري. d- الرمل.
2. أي المصادر المائية الآتية أسهل تلوثًا؟
   a- خزان المياه الجوفية غير المحصورة.
   c- الآبار الارتوازية.
   b- خزان المياه الجوفية المحصورة.
   d- الينابيع الساخنة.
3. ما الصفة التي تنطبق على درجة حرارة المياه الجوفية التي تتدفق من خلال العيون الطبيعية؟
   a- أسخن من متوسط درجة حرارة المنطقة.
   b- أبرد من متوسط درجة حرارة المنطقة.
   c- لها درجة الحرارة نفسها في أي مكان توجد فيه العين.
   d- تساوي متوسط درجة الحرارة السنوية في المنطقة.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل أدناه في الإجابة عن الأسئلة 4 – 6



4. وضح كيف تحدث العملية التي يشير إليها الحرف B؟
5. لماذا يوجد سهمان يشيران إلى العملية التي يرمز إليها الحرف A في الشكل؟
6. ما العمليات التي تحدث في الخطوتين C و D؟
7. ما خطورة الضخ الجائر من الآبار؟
8. ما الفرق بين البئر العادية والبئر الارتوازية من حيث نوع الخزان الجوفي؟
9. ناقش خسف سطح الأرض الناشئ عن الضخ الجائر وخطره على موارد المياه.

القراءة والاستيعاب

اقرأ النص الآتي ثم أجب عن السؤالين 10و11

حتى يبقى الماء

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

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

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

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

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

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

10. ما مصدر المياه الذي غذى شجرة الحياة والأشجار الكثيفة التي نمت حولها عبر الزمن الماضي؟
   a- مياه العيون الطبيعية البحرية والبرية.
   b- مياه الأمطار.
   c- محطة معالجة مياه الصرف الصحي.
   d- محطة تحلية مياه البحر.

11. ما السبب الرئيس لنضوب مصادر المياه في البحرين؟
   a- وصول الملوثات خزانات المياه الجوفية.
   b- زيادة الطلب على الماء.
   c- اختلاط مياه البحر بالمياه الجوفية.
   d- المناخ الجاف.

القراءة والاستيعاب

10. a مياه العيون الطبيعية البحرية والبرية.
11. b زيادة الطلب على الماء.

قائمة المحتويات

جداول مرجعية :

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

الجدول 1- صفات المعادن ذات البريق الفلزي

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

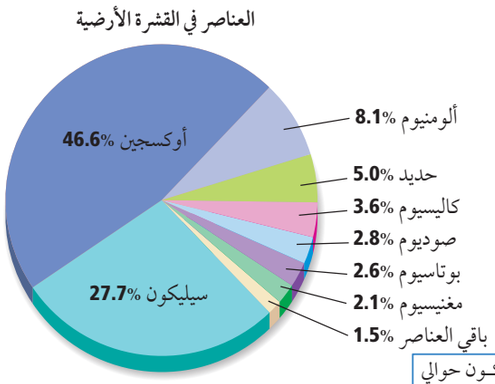
الجدول -2 صفات المعادن ذات البريق اللاّفلزي

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

الجدول 3- الصخور

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

الجدول الدوري للعناصر



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

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

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

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

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

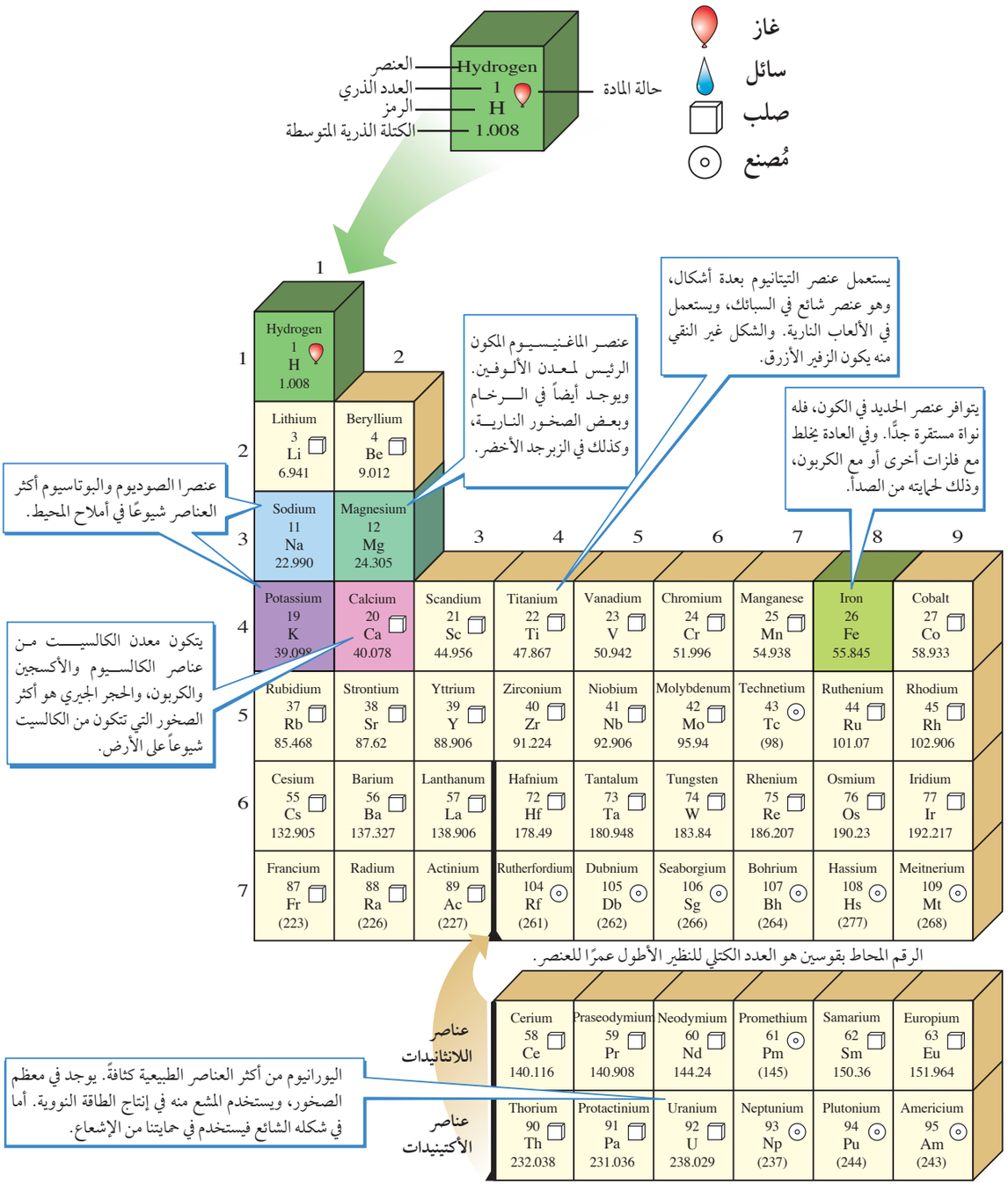
ينتج عنصر الرادون عن اضمحلال عنصر الراديوم وهو أثقل الغازات المعروفة. وللراديوم -222 مخاطر بيئية على جودة الهواء.

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

PERIOD TABLE OF ELEMENTS



(أ)

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

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

(ب)

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

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 الماجما على درجات حرارة مختلفة تؤدي إلى إزالة بعض العناصر منها فتتغير مكوناتها الكيميائية.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(ح)

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

الحكاكة streak: لون مسحوق المعدن.

الحمَّة الفوارة geyser: ينابيع ساخنة فوارة بصورة منتظمة.

(خ)

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

الخزان 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.

(ر)

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

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

(س)

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

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

سيليكا رباعي الأوجه (هرم السيليكا) tetrahedron: جسم هندسي صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم.

(ص)

الصخر البازلتي basaltic rock: صخر ناري غامق اللون يحوي قليلا من السيليكا ويتكون في غالبيته من البلاجيوكليز والبيروكسين مثل الجابر ولونه غامق.

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

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

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

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

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

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

(ط)

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

(ع)

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

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

(غ)

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

(ف)

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

(ق)

القساوة hardness : مقياس لقابلية المعدن للخدش.

(ك)

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

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

(ل)

اللابة lava: هي ماجما تتدفق على سطح الأرض.

(م)

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

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

المسامية porosity: نسبة المسافة المفتوحة بين الحبيبات في المادة.

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

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

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

(ن)

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

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

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

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

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

النفاذية permeability : قابلية المادة لتمرير الماء من خلالها بسهولة.

(هـ)

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

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

(و)

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

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

التعليم مستقبل البحرين

ارابيان امبريشنز
طباعة · نشر · تواصل
arabian impressions
PRINT · PUBLISH · COMMUNICATE