



وزارة التربية

11

علم الأرض (الجيولوجيا)

الصف الحادي عشر

الجزء الأول

كتاب المعلم

المرحلة الثانوية

علم الأرض (الجيولوجيا)

11

الصفّ الحادي عشر

كتاب المعلم

الجزء الأول

المرحلة الثانوية

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. براك مهدي براك (رئيساً)

أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي

أ. تهاني ذعار المطيري

أ. مصطفى محمد مصطفى

أ. سعاد عبد العزيز الرشود

الطبعة الأولى

1434 - 1435 هـ

2013 - 2014 م

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب العلوم للصف الحادي عشر علمي

أ. عايدة عبدالله شريف العوضي

أ. دلال محمد عبد العالي الرشيدى

أ. نادية حبيب رمضان

أ. هبة إسماعيل الفودري

أ. ابراهيم عبد النبي محمد علي

دار التّربويّون House of Education ش.م.م.م. وبيرسون إديوكيشن 2013

© جميع الحقوق محفوظة : لا يجوز نشر أيّ جزء من هذا الكتاب أو تصويره أو تخزينه أو تسجيله بأيّ وسيلة دون مُوافقة خطيّة من الناشر.

الطبعة الأولى 2014/2013 م



صاحب السمو الشيخ جابر الأحمد الجابر الصباح
أمير دولة الكويت



سَيِّدُ الشَّيْخِ نَوَافُ بْنُ عَبْدِ الْجَلِيلِ السَّبَّاحِ

وَلِيَّ عَهْدِ دَوْلَةِ الْكُوَيْتِ

مقدمة

في ضوء ما شهدته السنوات الأخيرة من طفرة هائلة في المستحدثات التكنولوجية المرتبطة بمجال التعليم، كان على منظومة التعليم بمستوياتها وعناصرها المختلفة بدولة الكويت أن تتأثر بهذا التطور، فحرصت وزارة التربية على تطوير مناهج العلوم والرياضيات لتصبح قادرة على استيعاب المتغيرات التربوية والعلمية الحديثة.

ولما كان من الضروري أن يعايش المتعلم المعلومات المتدفقة من مصادر تعز عن الحصر، وأن يستعد لأداء دور فاعل في أي موقع من مواقع العمل الوطني، ويصنع مع أقرانه حياة الأمن والعزة والنماء، فيتحقق للوطن المكانة التي يريها بين دول العالم.

وكان على النظم التعليمية أن تعيد النظر في المناهج لإعداد الأبناء بالكفايات اللازمة والمهارات المتنوعة المستجيبة لكل تغيير في هذه الحياة.

عندئذ كفل المنهج الجديد تغيير دور المتعلم نتيجة لهذه المستحدثات، ليخرج من حيز المتلقي إلى دائرة المتفاعل الناشط، والمشارك في المواقف التعليمية، عندما يبحث ويقارن ويستنبط ويتعامل بنفسه مع المواد التعليمية، حتى يسهم في تحقيق الاكتفاء الذاتي لوطنه اقتصادياً واجتماعياً وثقافياً، وسد حاجاته من العمالة الوطنية في مختلف المجالات.

لقد أتاح المنهج الجديد للعلوم والرياضيات للمتعلم الارتباط بالبيئة من خلال طبيعة الأنشطة التعليمية، واكتساب الطلاب مهارات التعلم الذاتي وغرس حب المعرفة وخصيلها استجابة لأهداف المنهج الرئيسية.

ولقد انتظم التغيير أهداف المنهج ومحتواه وأنشطته، وطرائق عرضها وتقديمها وأساليب تقويمها، ضمن مشروع التطوير.

وكان اختيار هذه السلسلة من المناهج بصورة تتماشى مع الاتجاهات التربوية الحديثة في التعليم والتعلم، وتراعي المعايير الدولية في تعليم العلوم والرياضيات. وإذا كانت هذه السلسلة لم تغفل دور ولي الأمر في عملية التعليم، فإنها ركزت على دور المعلم، حيث يسهّل عملية التعليم، لطلابه ويصمم بيئة التعليم، ويشخص مستويات طلابه، ويسرّ لهم صعوبات المادة العلمية، فتزداد معايير الجودة التعليمية. والآن نطرح بين أيديكم هذه المجموعة من كتب العلوم والرياضيات الجديدة التي تتضمن كتاباً للمتعلم وآخر للمعلم، وكراسة للتطبيقات، من إعداد ذوي الكفايات العالمية والخبرات المتطورة، أملاً في الوصول إلى الغايات المرجوة من أقرب طريق إن شاء الله.

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

أ. مريم محمد الوتيد

المحتويات

الجزء الأول

16	 الوحدة الأولى: مواد الأرض (I)
17	 الفصل الأول: مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)
18	 الدرس 1: علم الأرض (الجيولوجيا)
23	 مراجعة الفصل الأول
24	 الفصل الثاني: المعادن
25	 الدرس 1: تكوين المعادن
28	 الدرس 2: الخواص الفيزيائية للمعادن
34	 الدرس 3: الخواص الكيميائية للمعادن
37	 الدرس 4: الشكل البلوري للمعادن
42	 مراجعة الفصل الثاني
44	 الوحدة الثانية: مواد الأرض (II)
45	 الفصل الأول: الصخور النارية
46	 الدرس 1: تكوّن الصخور النارية
53	 الدرس 2: تركيب الصخور النارية
58	 مراجعة الفصل الأول

59	 الفصل الثاني: الصخور الرسوبية
60	 الدرس 1: منشأ الصخور الرسوبية
66	 الدرس 2: التراكيب الأولية للصخور الرسوبية
70	 الدرس 3: بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها
72	 مراجعة الفصل الثاني
73	 الفصل الثالث: الصخور المتحولة
74	 الدرس 1: التحول
78	 الدرس 2: أنسجة الصخور المتحولة
85	 مراجعة الفصل الثالث
87	 الوحدة الثالثة: العمليات الداخلية للأرض
88	 الفصل الأول: التحرك الكتلّي
89	 الدرس 1: دور التحرك الكتلّي
92	 الدرس 2: العوامل والمحفّزات المتحكّمة بالتحرك الكتلّي
95	 الدرس 3: تصنيف عمليات التحرك الكتلّي
101	 مراجعة الفصل الأول
102	 الفصل الثاني: الطيات والصدوع والفواصل
103	 الدرس 1: الطيّات
108	 الدرس 2: الفواصل والفوالق (الصدوع)
113	 مراجعة الفصل الثاني

الجزء الثاني

الوحدة الثالثة: العمليات الداخلية للأرض

الفصل الثالث: الانجراف القاري والصفائح التكتونية وبناء الجبال

مراجعة الفصل الثالث

الوحدة الرابعة: تطوّر الأرض عبر العصور

الفصل الأوّل: رحلة عبر الزمن الجيولوجي

مراجعة الفصل الأوّل

الفصل الثاني: قراءة تاريخ الأرض في الصخور

مراجعة الفصل الثاني

الوحدة الخامسة: الخرائط الجيولوجية

الفصل الأوّل: الخرائط الجيولوجية

مراجعة الفصل الأوّل

الفصل الثاني: الثقافة النفطية

مراجعة الفصل الثاني

الهدف الشامل للتربية في دولة الكويت

تهيئة الفرص المناسبة لمساعدة الأفراد على النمو الشامل المتكامل روحياً وخلقياً وفكرياً واجتماعياً وجسمانياً إلى أقصى ما تسمح به استعداداتهم وإمكاناتهم في ضوء طبيعة المجتمع الكويتي وفلسفته وآماله وفي ضوء المبادئ الإسلامية والتراث العربي والثقافة المعاصرة بما يكفل التوازن بين تحقيق الأفراد لذواتهم وإعدادهم للمشاركة البناءة في تقدم المجتمع الكويتي والمجتمع العربي والعالم عامه .

الأهداف العامة لتعليم العلوم

تؤكد أهداف تعليم العلوم في مراحل التعليم العام على تنمية الخبرات المختلفة: الجانب المعرفي والجانب المهاري والجانب الوجداني .

هذا وقد صيغت الأهداف التالية لكي تحقق الجوانب الثلاثة بحيث تساعد المتعلم على:

1. تعميق الإيمان بالله سبحانه وتعالى من خلال تعرفه على بديع صنع الله وتنوع خلقه في الكون والإنسان .
2. استيعاب الحقائق والمفاهيم العلمية، واستخدامها في مواجهة المواقف اليومية، وحل المشكلات، وصنع القرارات .
3. اكتساب بعض مفاهيم ومهارات التقانة بما ينمي لديه الوعي المهني، وحب وتقدير العمل اليدوي، والرغبة في التصميم والابتكار .
4. اكتساب قدر مناسب من المعرفة والوعي البيئي بما يمكنه من التكيف مع بيئته، وصيانتها، والمحافظة عليها، وعلى الثروات الطبيعية .
5. اكتساب قدر مناسب من المعرفة الصحية والوعي الوقائي بما يمكنه من ممارسة السلوك الصحي السليم والمحافظة على صحته وصحة بيئته ومجتمعه .
6. اكتساب مهارات التفكير العلمي وعمليات التعلم وتنميتها وتشجيعه على ممارسة أساليب التفكير العلمي وحل المشكلات في حياته اليومية .
7. تنمية مهارات الاتصال، والتعلم الذاتي المستمر، وتوظيف تقنيات المعلومات ومصادر المعرفة المختلفة .
8. فهم طبيعة العلم وتاريخه وتقدير العلم وجهود العلماء عامه والمسلمين والعرب خاصة والتعرف على دورهم في تقدم العلوم وخدمة البشرية .
9. اكتساب الميول والاتجاهات والعادات والقيم وتنميتها بما يحقق للمتعلم التفاعل الإيجابي مع بيئته ومجتمعه ومع قضايا العلم والتقانة والمجتمع .

الأهداف العامة لتدريس الجيولوجيا

يهدف تدريس الجيولوجيا في المرحلة الثانوية إلى تحقيق الأهداف التالية:

أولاً - الأهداف المعرفية

1. تعرف المصطلحات والمفاهيم والمبادئ والحقائق الجيولوجية الرئيسة.
2. إكساب الطالب المعرفة العلمية المناسبة لاحتياجاته لكي يستفيد من دراسته للعلوم الجيولوجية في تحسين حياته وفي التعامل مع العالم البيوتكنولوجي المتطور والمتناهي.
3. حث الطالب على المتابعة العلمية لما يدور ويستحدث في مجال العلوم الجيولوجية وتطبيقاتها الحياتية.
4. تزويد الطالب بثقافة شاملة مبنية على رؤية واضحة متماسكة ومتفتحة على الحياة بمختلف مستوياتها التنظيمية داخل الإطار البيئي الذي يعيش فيه.
5. تنمية المعارف والمهارات التي تمكن الطالب من التصرف بشكل يؤدي إلى تحسين معيشته على المستوى الشخصي والمستوى الاجتماعي في البيئة التي يعيش فيها.
6. التركيز على الأبعاد المختلفة للعلوم الجيولوجية، سواء التاريخية أو الفلسفية أو الاجتماعية في الإطار المحلي والعالمي.
7. إلمام الطالب بالمشكلات والقضايا البيئية العالمية ذات الصلة بالعلوم الجيولوجية، وتأثيرها على بلده والبيئة المحلية التي يعيش فيها.
8. وعي الطالب للمشكلات والقضايا الاجتماعية المحلية والعالمية ذات الصلة بالعلوم الجيولوجية، وإتاحة الفرص أمامه لممارسة مهام المواطنة عبر إبداء المقترحات لحل تلك القضايا.
9. توضيح دور التقدم التكنولوجي في مجال العلوم الجيولوجية في تنمية المجتمعات العالمية والمحلية سياسياً واقتصادياً وثقافياً واجتماعياً.
10. تقديم رؤية شاملة ومتكاملة للعلاقة بين العلم والتكنولوجيا والمجتمع، توضح مدى التأثير على البيئة المحلية التي يعيش فيها الطالب.
11. إمداد الطالب بالمواقف المناسبة للمقارنة بين تأثير كل من العلم والتكنولوجيا، وتقدير مساهمتهما في إنتاج المعرفة والقوة الجديدة المؤثرة في المستقبل في مجال العلوم الجيولوجية، وغيرها من العلوم العلمية.
12. تزويد الطالب بأمثلة تاريخية عن المتغيرات العميقة التي أحدثتها التكنولوجيا والعلم في المجتمع، ومدى تأثيراتها على النمو الاقتصادي واتخاذ القرارات السياسية.

ثانيا - الأهداف المهارية

1. اكتساب الطالب منهجية التفكير العلمي والمقدرة على حل المشكلات.
2. ممارسة الطالب للمواطنة أثناء حل المشكلات من خلال تدريبيه على مهارات استخدام أساليب التعلم الذاتي، والعمل التعاوني الجماعي والمناقشة والإقناع، وتقبل آراء الآخرين وعدم التعصب والتريث في إصدار الأحكام.
3. تنمية المهارات اليدوية ومهارات البحث العلمي لدى الطالب على المستوى الفردي والجماعي، وتدريبه على استخدامها في حل المشكلات الحياتية مع منح الطالب الاستقلالية في عملية التعلم.
4. تدريب الطالب على مهارات اتخاذ القرارات وإصدار الأحكام والاشتراك الإيجابي في البحث عن المعلومات، وتوظيفها في صناعة القرارات خلال حياته اليومية.
5. تصرف الطالب بشكل واع وفعال حيال استخدام المخرجات التكنولوجية، وتوظيفها التوظيف الأمثل في حياته اليومية.
6. اتباع الطالب السبل والتوجيهات الخاصة في الحفاظ على صحته وبيئته، والعمل على حماية الثروات الطبيعية الموجودة فيها.
7. العناية بالاهتمامات المهنية في مجال الجيولوجيا، وبخاصة المهن المرتبطة بالعلم والتكنولوجيا، وإكساب الطالب المقدرة على اختيار توجهه المهني المستقبلي بما يتناسب مع ميوله وطموحاته.
8. مساعدة الطالب على استخدام وتداول الأدوات الأساسية لتعلم الجيولوجيا، مع تهيئة الفرص لاكتسابه معظم المهارات المطلوبة في هذا المجال.

ثالثا - الأهداف الوجدانية

1. تنمية مواقف إيجابية تعكس ما يوضح تقدير الخالق (سبحانه وتعالى) وقدرته اللامتناهية في عظيم خلقه، وفي تسيير الحياة وتطورها.
2. خلق الفرص لإكساب الطالب اتجاهات إيجابية نحو جهود الدولة في رعاية المواطن صحياً واجتماعياً وثقافياً، وفي حماية البيئة.
3. استثارة روح حب الاستطلاع والاهتمام لدى الطالب عبر متابعة كل ما هو جديد ومستحدث في مجال العلوم الجيولوجية وتطبيقاتها الحياتية.
4. تنمية اتجاهات الطالب تجاه القضايا الجيولوجية، مع توجيهه إلى ضرورة تقبل هذه القضايا والموضوعات وتقدير إيجابياتها وإدراك سلبياتها.
5. تنمية الإحساس بالمسؤولية الاجتماعية والبيئية لدى الطالب مع تبنيه للأسلوب العلمي في حل مشكلاته الحياتية.
6. تنمية الوعي والقيم والاتجاهات الإيجابية البيئية لدى الطالب حيال حسن استخدام الموارد البيئية، وكيفية المحافظة على التوازن البيئي محلياً وعالمياً.

مخطط الوحدة الأولى: مواد الأرض (I)

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص
1 . مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)	1 . علم الأرض (الجيولوجيا)	- يعرّف علم الأرض (الجيولوجيا). - يحدّد الفرق بين الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية. - يذكر الاكتشافات الجيولوجية التاريخية الهامة. - يفسّر كلّ من نظرية الكوارث Catastrophism ومبدأ التوتيرة الواحدة (الانتظام المستديم) Uniformitarianism. - يحدّد الزمن الجيولوجي Geological Time لتقدير عمر الأرض.	1
حل أسئلة مراجعة الفصل			
2 . المعادن	1 . تكوين المعادن	- يمثّل الوحدة البنائية لصخور القشرة الأرضية بمخطط سهمي. - يعرّف كلّ من المواد المتبلّرة وأشباه المعادن. - يعدّد خواصّ المعدن. - يتميّز بين المعادن وغيرها من المواد.	1
	2 . الخواصّ الفيزيائية للمعادن	- يتميّز بين الخواصّ الفيزيائية المختلفة للمعدن. - يعدّد الخصائص الفيزيائية للمعادن.	2
	3 . الخواصّ الكيميائية للمعادن	- يصنّف المعادن على أساس التركيب الكيميائي. - يقارن بين أنواع المعادن السيليكاتية.	1
	4 . الشكل البلوري للمعادن	- يقارن بين المادّة المتبلّرة وغير المتبلّرة. - يصف أجزاء الشكل الخارجي للبلّورة. - يحدّد عناصر التماثل البلّوري.	2
حل أسئلة مراجعة الفصل			
إجمالي عدد الحصص			
			8

مكونات الوحدة

الفصل الأول: مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)

الدرس 1: علم الأرض (الجيولوجيا)

الفصل الثاني: المعادن

الدرس 1: تكوين المعادن

الدرس 2: الخواص الفيزيائية للمعادن

الدرس 3: الخواص الكيميائية للمعادن

الدرس 4: الشكل البلوري للمعادن

مقدمة

مما لا شك فيه أن الأرض بالغة الأهمية لكل من يعيش على سطحها. مع أننا لا نعرف الكثير عن تركيب وتاريخ هذا الكوكب الذي نستوطنه، غير أننا نستفيد كثيراً مما تنتجه لنا الأنواع المختلفة من التربة التي نتجت عن تجوية الصخور الموجودة على سطحه، وذلك في مجالات شتى في حياتنا اليومية.

معالم الوحدة

دع الطلاب يتخيلون أنفسهم علماء أو باحثين جيولوجيين يقومون بالتنقيب عن المعادن في أحد المواقع الجيولوجية. دعهم يكتبون موضوعاً صحفياً يصفون فيه كيف يخططون، وما الأدوات والمعدات اللازمة للقيام بهذه المهمة.

الفصل الأول: مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)
الدرس الأول: علم الأرض (الجيولوجيا)



تلالاً الآلاف من بلورات الكالسيت في معارة جعبا.

اكتشف بنفسك

Growing a Crystal Garden

تأخذ المعادن أشكالاً واللواناً متنوعة ومبهرة، من المكعبات الدقيقة للهلالت (ملح الطعام) إلى كتل من بلورات الكالسيت الموضحة في الصورة، إلى الباقوت الثمين. في هذا المشروع، سوف تقوم بتنمية مجموعة من البلورات لتكتشف كيف تتكون أشكال بلورية مختلفة من مواد كيميائية متنوعة.

الهدف:

تصميم حديقة بلورية وتنميتها:

لتنفيذ هذا المشروع بنجاح يجب أن:

تصمم موقعاً ثلاثي الأبعاد كأساس

لحديقة تنمو فيها البلورات.

تجهز اثنين على الأقل من محاليل إنماء

البلورات. (ابحث على الإنترنت وناقش المعلم).

تلاحظ أشكال البلورات المتنامية ومعدلاتها وتسجلها.

تتبع إرشادات السلامة.

الخطوات:

إبدأ بتحديد المواد التي ستستخدمها لتكون موقع الحديقة.

يحدد معلمك مواد متنوعة، ويصف أنواع محاليل النمو البلوري

التي يمكن استخدامها. (ابحث على الإنترنت وناقش المعلم).

صمم موقع حديقة البلورية وجّهه، ثم أضف المحاليل.

لاحظ نمو البلورات وسجل ملاحظتك.

أعرض حديقتك البلورية المكتملة على الفصل.

صنف خطوات العمل وملاحظاتك وما توصلت إليه من نتائج.

اكتشف بنفسك

تنمية حديقة بلورية

* الهدف من النشاط هو تصميم حديقة بلورية وتنميتها باستخدام محلولين مختلفين على الأقل من محاليل إنماء البلورات. أثناء هذا النشاط، سيلاحظون ويسجلون معدل نمو البلورات المختلفة في حداثقهم.

* لتقديم هذا النشاط، اعرض على الطلاب صوراً للبلورات معدنية

من كتب الجيولوجيا. بعد ذلك اشرح لهم أنهم سوف يقومون

بانماء بلورات مماثلة في موقع الحديقة البلورية التي سيصممونها

ويشيدونها. اسأل: ما بعض المواد التي يمكن استخدامها لبناء

مثل تلك الحداثق البلورية؟ (عملياً، أي مادة مسامية يمكن أن تستخدم

كطبقة أرضية للنمو البلوري) اشرح للطلاب أنهم سيقومون بإعداد هذه

المواقع للحداثق، وتلك ستكون الخطوة الأولى في تنمية حداثقهم

البلورية.

الفصل الأول

مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)

الفصل الأول

دروس الفصل

الدرس الأول
علم الأرض (الجيولوجيا)

يعتمد الإنسان على مواد الأرض الطبيعية ليلتي حاجاته الأساسية، ونذكر منها المعادن والصخور والوقود الأحفوري. في هذا الفصل سيتم عرض معلومات حول علم الأرض (الجيولوجيا).



مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)

دروس الفصل

الدرس 1: علم الأرض (الجيولوجيا)

مقدمة الفصل

دع الطلاب يتناقشون حول كيفية ارتباط الصورة الموجودة في افتتاحية الفصل بمحتواه ثم اسأل :

- ماذا تظهر هذه الصورة؟ (تظهر سلاسل جبال وسحب من فوقها.)
- مم تتكوّن الجبال؟ (تتكوّن من أنواع مختلفة من الصخور.)
- مم تتكوّن الصخور؟ (من المعادن)
- ما الفرق بين المعدن والصخر؟ (المعدن هو مركب كيميائي صلب متبلّر، أمّا الصخر فهو معدن ذات انتشار واسع وقد يتكوّن من أكثر من معدن.)

نشاط إثرائي

كيف يحدّد العلماء ما في داخل الأرض؟

المهارات: الملاحظة والاستنتاج

هدف النشاط: تحديد ما في داخل كل علبة بدون رؤية الموادّ

المختلفة الموجودة في داخلها. حاول تنويع هذه الأشياء (صلبة - سائلة) بحيث تختلف في الحجم، والكثافة، والوزن وأي خصائص فيزيائية أخرى.

الموادّ والأدوات المطلوبة: 3 علب بلاستيكية صغيرة ذات أغطية، 3

موادّ مختلفة، شريط ورقي لاصق، قلم تأشير

الزمن: 10 دقائق.

الخطوات

- وزّع على كل مجموعة من الطلاب 3 علب بلاستيكية مغلقة تحتوي كل منها على مادة مختلفة، والصق قطعة من الشريط اللاصق على كل علبة.
- اطلب إلى الطلاب تخمين ما في داخل كل علبة عن طريق الرجّ، الطرق، الدحرجة أو الوزن. ثم دعهم يسجّلون هذه البيانات على قطعة الشريط اللاصق الموجودة على العلبة.
- اطلب إليهم تحديد أوجه الاختلاف والتشابه التي لاحظوها بين العلب، وكيف أمكنهم تحديد ذلك.

الاستنتاج

اسأل الطلاب: بناء على ملاحظاتهم، ماذا تستنتجون عن محتويات كل علبة؟ في اعتقادهم، كيف يجمع العلماء المعلومات والأدلة عمّا في داخل الأرض؟

كتاب الطالب: من ص 14 إلى ص 18

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ◆ يعرف علم الأرض (الجيولوجيا).
- ◆ يحدّد الفرق بين الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية.
- ◆ يذكر الاكتشافات الجيولوجية التاريخية الهامة.
- ◆ يفسّر كلّ من نظرية الكوارث Catastrophism ومبدأ الوتيرة الواحدة (الانتظام المستديم) Uniformitarianism.
- ◆ يحدد الزمن الجيولوجي Geological Time لتقدير عمر الأرض.

1. قدّم وحفّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلاب يتفحصون الشكل (1) ويقرأون افتتاحية الدرس . فسّر لهم أن الأرض وما فيها من معالم دائمة التغير ، وأن هذه التغيرات تحدث ببطء شديد وعلى فترات زمنية طويلة للغاية ، وأن علم الجيولوجيا ومجالاته وفروعه هو الوسيلة الأساسية لدراسة تلك التغيرات وتفسيرها .

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

- لتقييم المعلومات السابقة للطلاب حول علم الأرض (الجيولوجيا) ، وجه إليهم الأسئلة التالية:
- ◆ عندما تفكر كيف تبدو الأرض في الحي الذي تعيش فيه ، ما الذي يتبادر إلى ذهنك؟ (تنوع الاجابات .)
- ◆ بعد ذلك دع الطلاب يصفون كيف يختلف مكاناً عاشوا فيه أو سبق لهم زيارته عن وضعه الآن؟ وكيف تغير؟ (تنوع الإجابات .)
- ◆ ما هو علم الأرض (الجيولوجيا)؟ (علم الأرض (الجيولوجيا) هو العلم الذي يسعى إلى فهم كوكب الأرض .)

نشاط توضيحي : وقت التغير

لمساعدة الطلاب على فهم تغير الأرض بمرور الزمن ، دعهم يضعون قائمة بأشياء لا تتغير من يوم إلى آخر مثل مقاعد الطلاب ، مساحة حجرة الدرس ، أسلاك الكهرباء ، النوافذ وباب حجرة الفصل .

أجر مناقشة بين الطلاب تحت عنوان:

هل يحدث تغيير ملموس لهذا الشيء؟ صنّف إجاباتهم . عند الإجابة بنعم ، يذكر إحدى طرق التغير .

(يجب أن تتضمن أوصاف الطلاب نوع التغير ، والفترة الزمنية اللازمة

لحدوث ذلك التغير .)

علم الأرض (الجيولوجيا)
Earth Science (Geology)

الدرس 1

أهداف الدرس

- ◆ يعرف علم الأرض (الجيولوجيا) .
- ◆ يحدّد الفرق بين الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية .
- ◆ يذكر الاكتشافات الجيولوجية التاريخية الهامة .
- ◆ يفسّر كلّ من نظرية الكوارث Catastrophism ومبدأ الوتيرة الواحدة (الانتظام المستديم) Uniformitarianism .
- ◆ يحدد الزمن الجيولوجي Geological Time لتقدير عمر الأرض .



شكل 1

- صورة لجبل قبل البركان (الشكل أ) وبعده (الشكل ب) .
- قال أبو هريرة رضي الله عنه، إن رسول الله صلى الله عليه وسلم قال: لا تقوم الساعة حتى تعود أرض العرب مروجاً وأنهاراً رواه مسلم .
- بحسب الحديث النبوي الشريف ، كانت المنطقة العربية مليئة بالأنهار واليساتين وستعود إلى ما كانت عليه قبل انتهاء الحياة على الأرض . تُعتبر منطقة الرقة في دولة الكويت منطقة كانت مليئة بالغابات وذلك بالاستناد إلى وجود بقايا الأشجار المتحجرة التي تم اكتشافها فيها .
- إنّ الأرض دائمة التغير . فالبراكين التي تنور في مناطق عديدة تغير شكل سطح الأرض (شكل 1) ، والزلازل التي تحدث في قاع المحيطات تسبب أمواج التسونامي وتغير الأراضي بالمياه . على سبيل المثال ، كان وادي الباطن الذي يقع على حدود الكويت الغربية نهراً ضخماً في الماضي .
- شهد كوكب الأرض عصوراً جليدية كثيرة كان آخرها منذ عشرة آلاف سنة . ماذا تتوقع أن يحدث لشكل سطح الأرض خلال السنين القادمة؟

قد يعتقد بعض الطلاب أن هناك أشياء لا يحدث لها تغيير إطلاقاً. وضح لهم أن التغيير سمة من سمات الحياة، واذكر لهم أمثلة، مثل ما يحدث للإنسان من تغييرات ملموسة أثناء حياته.

- ♦ ما المجالان الرئيسيان لعلم الجيولوجيا؟ وما الذي يهدف إليه كل مجال منهما؟ (الجيولوجيا الفيزيائية وتهدف إلى فهم العديد من العمليات التي تتم تحت سطح الأرض. أو عليه، والجيولوجيا التاريخية وتهدف إلى فهم أصل الأرض وتطورها عبر الزمن.)

تأكد من فحص الطلاب الجدول (1) واطرح عليهم الاسئلة التالية:

- ♦ اختر من الجدول بعض المجالات المرتبطة بالجيولوجيا الفيزيائية، ووضح كيف ترتبط ببعضها بعضاً. (علم المعادن وعلم الصخور وهما يقدمان معلومات مطلوبة عن مكونات الأرض. الجيولوجيا التركيبية وهو علم يشرح نظام الصخور وترتيبها داخل الأرض. علم الجيومورفولوجيا وهو العلم الذي يفسر أصل ملامح سطح الأرض. الجيولوجيا الاقتصادية وتعني دراسة المنتجات الاقتصادية للقشرة الأرضية وتطبيقاتها لأهداف تجارية وصناعية.)

- ♦ كيف يقدم ارتباط المجالين الرئيسيين لعلم الجيولوجيا (الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية) فهماً أفضل عن مكونات الأرض وتاريخها؟ (قد يُستخدم في الجيولوجيا الفيزيائية كل من علمي المعادن والصخور لتوضيح أنواع الصخور الموجودة، وكيف تكونت. كما تستخدم الصخور نفسها في الجيولوجيا التاريخية لتحديد نوعية الحيوانات والنباتات التي كانت تعيش في الزمن الذي ترسبت فيه هذه الصخور، والظروف التي عاشت فيها، ونوعية المناخ الذي كان سائداً آنذاك، وبذلك يقدم فهماً لمكونات الأرض وتاريخها).

تكمال العلوم

تكون القشرة الأرضية، مثل قشرة التفاحة التي تكون غلافاً رقيقاً خارجياً على الثمرة. ولمعرفة ما يوجد في باطن الأرض استعان العلماء بوسائل علمية، مثل دراسة سلوك موجات الزلازل أثناء مرورها عبر الأرض. وقد استطاع علماء الجيولوجيا على مدى السنين تكوين صورة للأرض المؤلفة من ثلاث الطبقات، وهي القشرة، الوشاح واللب.

كي يتابع الجيولوجيون دراسة كوكب الأرض ومعالجه الأساسية، يعتمدون كثيراً على العلوم الأساسية الأخرى، ومنها:

- ♦ علم الفلك: يخبرنا عن وضع كوكب الأرض في الكون، بالإضافة إلى أنه يمدنا بالعديد من النظريات عن أصل هذا الكوكب.

1. علم الأرض (الجيولوجيا) Earth Science (Geology)



شكل 2
تحتوي الصخور معلومات عن العمليات التي أدت إلى تكونها. يوضح الاكتشاف الكبير للصخور الركائزية أنها كانت قديماً كتلة منصهرة وجدت في أعماق الأرض.

الجيولوجيا كلمة إنكليزية أصلها لاتيني وهي مؤلفة من كلمتين "Geo" وتعني «الأرض»، و"Logos" وتعني «العلم». الجيولوجيا (علم الأرض) هو علم يبحث في كل ما يتعلق بالأرض من حيث نشأتها وعلاقتها بالأجرام السماوية وتركيبها والأحداث التي شهدتها والعوامل الداخلية والخارجية التي لا تزال تؤثر فيها.

تُقسم الجيولوجيا إلى مجالين كبيرين هما الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية.

تتناول الجيولوجيا الفيزيائية Physical Geology المواد المكونة للأرض والعمليات التي تتم تحت سطح الأرض أو على سطحها (شكل 2).

أما الجيولوجيا التاريخية Historical Geology، فتسعى إلى وضع ترتيب زمني للتغيرات الفيزيائية والبيولوجية التي حدثت في الأزمنة الجيولوجية الماضية.

منطقياً تسبق دراسة الجيولوجيا الفيزيائية دراسة تاريخ الأرض، لأنه علينا إدراك كيف تعمل الأرض أولاً قبل أن نحاول حل لغز الماضي. ينقسم كل من الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية إلى عدة مجالات من التخصصات.

يوضح الجدول (1) قائمة جزئية لمجالات مختلفة في دراسة الجيولوجيا، كما يمثل كل فصل في هذا الكتاب مجالاً أو أكثر من التخصصات في الجيولوجيا.

علم البلورات Crystallography	علم المعادن Mineralogy
علم الصخور Petrology	علم الرسوبيات Sedimentology
جيولوجيا النفط Geology Petroleum	جيولوجيا المياه Hydrogeology
علم الجيوكيمياء Geochemistry	علم الجيوفيزياء Geophysics
علم الزلازل Seismology	علم البراكين Volcanology
علم المحيطات Oceanology	الجيومورفولوجيا (علم شكل الأرض) Geomorphology
الجيولوجيا التركيبية Structural Geology	الجيولوجيا الاقتصادية Economic Geology
جيولوجيا التعدين Mining Geology	علم الأحافير Paleontology
جيولوجيا الآثار القديمة Archeological Geology	جيولوجيا الكواكب Planetary Geology
علم المناخ القديم Paleoclimatology	علم وصف الطبقات Stratigraphy

جدول 1
المجالات المختلفة لعلم الأرض

- ♦ علم الكيمياء: يستخدم لتحليل الصخور والمعادن في القشرة الأرضية ودراساتها.

- ♦ علم الفيزياء: يساعد على تفسير أنواع القوى الفيزيائية التي تؤثر في كوكب الأرض، ورد فعل المواد الأرضية كاستجابة لهذه القوى.

- ♦ علم الأحياء: يمدنا بعلم الحيوان وعلم النبات بالمعلومات الضرورية لتعرف طبيعة الحيوانات والنباتات القديمة.

نشاط توضيحي

يجري الجيولوجيون الكثير من دراساتهم وأبحاثهم في الكثير من المواقع، من الجبال أعلى الأرض إلى الكهوف تحت سطح الأرض.

حاول الحصول على مجموعات متنوعة من المجالات والدوريات المصوّرة في علم الجيولوجيا وانسخ منها مجموعة من الصور التي تصوّر علماء الجيولوجيا في مواقع العمل الميدانية المختلفة. وزّع الصور على الطلاب، واطلب إليهم تحديد ما يقوم به الجيولوجيون في كل صورة.

2.2 ملاحظات تاريخية عن الجيولوجيا

- ♦ إلى من تعود الكتابات الأولى عن الأحافير والأحجار الكريمة والزلازل منذ أكثر من 2300 عام؟ (اليونانيون)
- ♦ ما الفرق بين تفسيرات اليونانيين عن العالم الطبيعي وتفسيرات العلم الحديث؟ (كانت تفسيرات أرسطو رؤى قائمة على المعرفة المحدودة في عصره وليست نتيجة الملاحظات والتجارب الجادة كما في العلم الحديث.)

3.2 نظرية الكوارث

ما الذي تنصّ عليه نظرية الكوارث؟ (تشكّلت المعالم الطبيعية للأرض في البداية بفعل كوارث هائلة، كما كانت تجتاح الأرض نكبات وكوارث شاملة، مثل الزلازل والفيضانات التي كانت تقضي على جميع الأحياء في فترة زمنية معينة، ثم يتكاثر الأحياء من جديد في الفترة التالية.)

4.2 ولادة الجيولوجيا الحديثة

- ♦ ما الذي ينصّ عليه مبدأ التوتيرة الواحدة (الانتظام المستديم)؟ (القوانين الفيزيائية والكيميائية والجيولوجية التي تجري الآن كانت هي نفسها التي جرت في الماضي الجيولوجي، أي أن كل ما نلاحظه من قوى وعمليات تشكّل كوكبنا الآن هي نفسها التي جرت منذ زمن طويل.)

التفكير الناقد: حدد أوجه الشبه والاختلاف بين نظرية الكوارث ومبدأ الانتظام المستديم، وقرّر أيهما كان أفضل في تفسير تشكّل الأرض ومعالماها.

«الحاضر هو مفتاح الماضي». اشرح هذه الفكرة باختصار.

(لكي نفهم كيفية تشكّل الصخور القديمة علينا أن نفهم أولاً العمليات التي تحدث في الوقت الحاضر ونتائجها.)

ناقش مع الطلاب أن المعتقدات الأساسية لمبدأ الانتظام المستديم ما زالت صالحة للتطبيق في الأيام الحاضرة كما كانت صالحة تمامًا في عصر «هاتون» عن طريق طرح الأسئلة التالية:

- ♦ كيف يعطينا الحاضر رؤى عن الماضي؟
 - ♦ هل العمليات والقوانين الفيزيائية والكيميائية والجيولوجية التي تحكم العمليات الجيولوجية هي نفسها التي حدثت في الماضي أم أنها تغيرت؟ وهل تحدث هذه العمليات الآن بمعدّل حدوثها نفسه في الماضي أم لا؟
 - ♦ اذكر مثالاً يوضّح كيف نستدلّ الآن على حدوث العمليات الجيولوجية في الماضي بالرغم من عدم وجود شاهد عيان على حدوثها في الماضي؟
 - ♦ اطلب إلى الطلاب أن يعصفوا أذهانهم ليقتربوا كيف يرتقي مبدأ الانتظام المستديم للعالم جيمس هاتون إلى علم جديد.
- (الاقتراحات قد تتضمن: التحقق من إمكانية أن الأرض وما على سطحها من كائنات حية قد تتغيّر فعليًا، وأن الذي تغيّر من قبل قد يتغيّر الآن. لذا، فإن دراسة الماضي قد تعطي مفتاحًا لما قد يحدث في المستقبل.)

هل تعلم؟

إن العالم جاليليو Galileo 1564-1642م هو أول من برهن أنّ الأرض تدور حول محورها من الشرق إلى الغرب. إن العالم أبو الريحان البيروني قاس محيط الأرض ووجد الوزن النوعي لبعض الفلزات والأحجار الكريمة. إن الدكتور المصري الأمريكي فاروق الباز، وهو أحد الجيولوجيين المشاهير في القرن العشرين، عمل مع وكالة ناسا NASA وساعد في اختيار مواقع الهبوط على القمر لبعثات أبولو، وساهم في تدريب رواد الفضاء. وقد طُوّر نظام استخدام الاستشعار عن بُعد يُستخدم في اكتشاف بعض الآثار المصرية.



العالم أبو الريحان البيروني



الدكتور فاروق الباز

يمثّل فهم الأرض تحديًا كبيرًا لأن كوكبنا جسم ديناميكي ذو أجزاء متفاعلة عديدة وتاريخ معقد. والأرض منذ نشأتها في تغير دائم، فهي في الحقيقة تتغير أثناء قراءتك هذه الصفحة، وسوف تستمر في التغير في المستقبل المتوقع. وتكون التغيرات أحيانًا سريعة وعنيفة كما يحدث أثناء الانزلاقات الأرضية وثورات البراكين، وغالبًا ما تحدث التغيرات ببطء شديد، بل تكاد تكون غير ملحوظة على مدى الحياة. تتطلب الجيولوجيا فهمًا وتطبيقًا لمبادئ الفيزياء والكيمياء والأحياء. يسعى علم الجيولوجيا إلى توسيع معرفتنا بالعالم الطبيعي وموقعنا فيه. توضّح الخريطة الذهنية التالية علاقة علم الأرض ببعض العلوم الأخرى (شكل 3).



شكل 3
علاقة علم الأرض ببعض العلوم الأخرى

2. مقتطفات تاريخية عن الجيولوجيا

Historical Excerpts about Geology

كانت طبيعة الأرض -موادها وعملياتها- مركز اهتمام دراسة على مدى قرون، وترجع الكتابات عن الأحافير والأحجار الكريمة والزلازل والبراكين إلى اليونانيين منذ أكثر من 2300 عام. لم تخلُ الكتابات والتفسيرات من الخرافات. فقالوا أنّ الأرض عبارة عن قرص مسطح يحيطه الماء، وأنّ هذا الماء مصدر جميع المواد الموجودة على الأرض. ثم اعتقد الجميع أنّ الأرض أسطوانية الشكل وأنّ كلّ الكائنات تطوّرت من الأسماك. ارتكز قسم كبير من العلوم الطبيعية عند اليونانيين على الفلسفة والرؤى. ثم جاء العلماء العرب واقتبسوا العلوم منهم مضيفين معلومات كثيرة مبنية على تفسير الظواهر الطبيعية والبحث العلمي. أدّى العلماء العرب والمسلمون دورًا مهمًا في مجال علم الأرض، نذكر منهم ابراهيم الفزاري الذي صنع أول جهاز استخدمه العرب لتحديد

5.2 الجيولوجيا الآن

تنمية مهارة التواصل

دع كل طالب يكتب فقرة يعبر فيها عن رأيه في آراء هاتون، مكتشف الجيولوجيا الحديثة.

توظيف الأشكال

تأكد من تفحص الطلاب للشكل (2)، واطرح عليهم الأسئلة التالية:

♦ ما المقصود بالنظام الجبلي؟ (مجموعة من الجبال التي لها تاريخ

جيولوجي مشترك.)

♦ توقع، هل يستمر وجود هذا النظام الجبلي إلى الأبد، أم أنه

خاضع للتغير، ولو على المدى طويل؟ (يخضع هذا النظام للتغير

على مدى ملايين السنين، وقد يختفي يوماً ما.)

♦ ما الذي قد يسبب تغير هذا النظام الجبلي ويؤدي إلى اختفائه؟

(عوامل التآكل الناتجة عن عملية التجوية والتعرية تسبب تفتيته، وعوامل

نقل الفتات الصخري إلى مواقع أخرى.)

6.2 الزمن الجيولوجي

نشاط توضيحي

دع الطلاب يعملون في مجموعات صغيرة (5 - 6) لإعداد خط زمني يتناول الآراء المختلفة لتاريخ الأرض منذ عصر أرسطو (منذ أكثر من 2300 سنة) حتى ميلاد الجيولوجيا الحديثة بحيث يظهر هذا الخط الزمني الأسماء والتواريخ والآراء.

دع الطلاب يتبادلون الخطوط الزمنية التي أعدوها ويتناقشون حولها. من خلال المناقشات التي تمت بين مجموعات الطلاب، ارسم خطاً زمنياً واحداً على السبورة.

تنمية مهارة الحساب

الحساب طريق أخرى لجعل الطلاب يفكرون في طول الزمن الجيولوجي. دعهم يحسبون كيف يقارنون بين طول عمر حياة شخص ومليون عام، أسأل:

لو كان عمر شخص 100 عام؟ (المليون عام تبلغ أكثر من 10000

ضعف عمر ذلك الشخص.) ثم أسأل: ما طول 4.5 مليار سنة، أو عمر

الأرض، مقارنة بالمليون عام؟ (عمر الأرض 4500 ضعف المليون عام.)

ملف الإنجاز

اطلب إلى الطلاب أن يستعينوا بشبكة المعلومات والكتب العلمية بهدف جمع معلومات مختلفة عن الرؤية القديمة لعمر الأرض ونشأة الجبال والبحار. دعهم يجرون مناقشة حول ما سجله كل منهم، واطلب إليهم كتابة وثيقة تاريخية مختصرة عن رؤية الفلاسفة والعلماء في هذا المجال.

هل تعلم؟

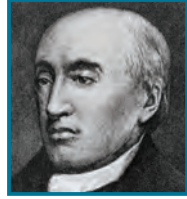
تشير التقديرات إلى أن عمليات التعرية تخفض جبال قارة أمريكا الشمالية بمعدل 3cm تقريباً كل 1000 عام. بهذا المعدل، يجب أن يمر 100 مليون عام على قمة يبلغ ارتفاعها 3000 متر (10.000 قدم) لكي تصبح بمستوى سطح مياه البحار.



تشكل هذه القمة جزءاً من سلسلة جبال أميركا الشمالية.

ارتفاع النجوم والكواكب، وابن سينا الذي كان أول من درس المعادن دراسة علمية وكانت له دراسات في علم البحار وكيفية تكون الصخور الرسوبية، وجلال الدين السيوطي الذي أعد سجلاً خاصاً بالزلازل موضحاً تاريخ حدوثها وأشكال الدمار المصاحبة لها، وغيرهم. خلال القرنين السابع عشر والثامن عشر، أثرت نظرية الكوارث Catastrophism بشكل ملحوظ في فكر الناس حول الأرض. فقد تضمنت هذه النظرية أن المواقع الطبيعية، كالجبال والوديان، قد تشكلت في البداية بعد وقوع كوارث هائلة، وأنها نتجت عن عوامل لم يعرفها العلماء حينها.

وفي عام 1795، نشر الفيزيائي الاسكتلندي والمزارع جيمس هاتون (شكل 4) كتاباً عنوانه "نظرية الأرض Theory of Earth". ووضع فيه مبدأ الوهيرة الواحدة (الانتظام المستديم) Uniformitarianism الذي يُعدّ المبدأ الأساسي وركيزة الجيولوجيا الحديثة. ينصّ هذا المبدأ على أن القوانين الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية القائمة الآن كانت هي نفسها في الماضي الجيولوجي. وبمعنى آخر، كل ما نلاحظه من قوى وعمليات لتشكّل كوكبنا الآن لم يتغير منذ زمن طويل. لذلك، ومن أجل فهم الصخور القديمة علينا أولاً أن نفهم العمليات الحالية ونتائجها، أي أن الحاضر هو مفتاح الماضي.



شكل 4 جيمس هاتون (1726 - 1797)، مكتشف الجيولوجيا الحديثة

بالرغم من أن هاتون وآخرون قد أدركوا أن الزمن الجيولوجي طويل جداً، إلا أنه لم تتوفر لديهم أي طريقة لتحديد عمر الأرض. وكانت أول محاولة لتحديد عمر الأرض عام 1905 باستخدام الطاقة الإشعاعية. فقد استطاع علماء الجيولوجيا تحديد الأزمنة الدقيقة لأحداث تاريخ الأرض بواسطة النظائر المشعة والأجهزة العلمية الحديثة. فأصبحنا نعرف الآن أن الديناصورات قد انقرضت منذ حوالي 65 مليون سنة، وأن عمر الأرض الإجمالي يُقدّر بحوالي 4.5 مليار سنة.

- ♦ استعرض مع الطلاب ما المقصود بعلم الجيولوجيا وما هما المجالان الرئيسيان فيه. إلام يهدف كل مجال منهما؟ وما المجالات الفرعية لكل مجال رئيسي منهما؟
- ♦ اطلب إلى الطلاب رسم خريطة للمفاهيم توضح هذه المجالات المختلفة (الرئيسية والفرعية) لعلم الجيولوجيا.
- ♦ اذكر للطلاب وصفاً لكل مجال من مجالات علم الجيولوجيا ودعهم يحددون اسم المجال المطلوب.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. ينقسم علم الجيولوجيا تقليدياً إلى مجالين كبيرين: الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية. تدرس الجيولوجيا الفيزيائية صخور الأرض ومعادنها، وتسعى إلى فهم العديد من العمليات التي تحدث تحت أو على سطح الأرض. من جهة أخرى، تهدف الجيولوجيا التاريخية إلى فهم منشأ الأرض وكيف تغير هذا الكوكب عبر الزمن. وتسعى الجيولوجيا التاريخية إلى تشييد الترتيب الزمني للتغيرات الفيزيائية والجيولوجية للماضي منذ 4.6 مليار سنة.
2. لم تكن تفسيرات أرسطو عن العالم الطبيعي قائمة على الملاحظات والتطبيقات العملية الجادة، كما هو الحال في العلم الحديث. كذلك كانت آرائه قائمة على المعرفة المحدودة في زمنه. ولسوء الحظ استمر الاعتقاد بصدق تفسيراته الخاطئة لقرون عديدة، لذا اعترض قبول أي أفكار أفضل قائمة على الملاحظات.
3. اعتقد علماء الكوارث أن الأرض كوكباً حديثاً، وأن المناظر الطبيعية قد تشكلت بواسطة كوارث هائلة.
4. مبدأ الانتظام المستديم، المفهوم الأساسي في الجيولوجيا الحديثة، يقرر أن القوانين الفيزيائية، والكيميائية، والجيولوجية التي تجري في الحاضر هي نفسها التي جرت في الماضي الجيولوجي. يدل هذا المبدأ على أن الأرض قديمة جداً، وتغيّرت بفعل العمليات الحادثة لفترة زمنية طويلة للغاية.
5. العمر المقبول للأرض هو بين (4.5 و 4.6) مليار سنة (الطريقة الإشعاعية).

مراجعة الدرس 1

1. تنقسم الجيولوجيا إلى مجالين كبيرين. اذكر اسمي هذين المجالين وقارن بينهما.
2. صف بإيجاز دور اثنين من علماء العرب في علم الأرض (الجيولوجيا) من خلال إجراء بحث على شبكة الإنترنت أو في مكتبة المدرسة.
3. كيف ساهمت الاقتراحات المؤيدة لنظرية الكوارث في تفسير الأحداث الجيولوجية لتحديد عمر الأرض؟
4. صف مبدأ نظرية الانتظام المستديم. وكيف قدّر مؤيدو هذه الفكرة عمر الأرض؟
5. كم يبلغ عمر الأرض تقريباً؟ حدّد الطريقة التي استخدمها العلماء لتحديد عمر الأرض؟

إجابات أسئلة مراجعة الفصل الأول

أولاً: أكمل الجمل التالية

1. الجيولوجيا الفيزيائية – الجيولوجيا التاريخية
2. الانتظام المستديم

ثانياً: اختر الإجابة المناسبة

1. الفيزيائية
2. الانتظام المستديم

ثالثاً: اكتب المصطلح العلمي المناسب لكل من التعريفات التالية

1. علم الجيولوجيا
2. نظرية الكوارث
3. مبدأ الانتظام المستديم

رابعاً: علل ما يلي

1. لأن التغيرات الحادثة في التشكيلات الأرضية مثل الجبال والمحيطات قليلة ولا يمكن قياسها مقارنة بالتغيرات التي تطرأ على العالم الإنساني .
2. لأنه يجب علينا أولاً إدراك كيف تعمل الأرض قبل أن نحاول حلّ لغز الماضي .

خامساً: أسئلة مقالية

1. لاحظ هاتون أن الصخور متكونة من فتات الصخور الأقدم، حيث ذكر أن المواد المنجرفة من الجبال نقلت بواسطة الأنهار وترسبت وشكلت صخوراً جديدة .
2. ينص مبدأ الانتظام المستديم على أن قوانين الطبيعة لا تتغير عبر الزمن، لذلك إن العمليات نفسها التي شكلت الأرض في الماضي ما زالت حتى يومنا هذا .
3. يمكن إضافة علم الأرصاد الجوية لارتباط الأرض بهذا العلم .

أسئلة مراجعة الفصل الأول

أولاً: أكمل العبارات التالية بما يناسبها علمياً .

1. المجالين الرئيسيين للجيولوجيا هما و
2. يعتبر مبدأ ركيزة علم الأرض في العصر الحاضر .

ثانياً: اختر الإجابة المناسبة للعبارة التالية:

1. تسمى الجيولوجيا إلى فهم العديد من العمليات التي تحدث تحت و/أو على سطح الأرض.
(الهندسية – الجيوية – التاريخية – الفيزيائية)
2. ينادي مبدأ بأن القوانين الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية القائمة الآن كانت هي نفسها قائمة في الماضي الجيولوجي.
(الكوارث – الانتظام المستديم – الانقراض الجماعي – الخلق الخاص)

ثالثاً: اكتب المصطلح العلمي المناسب لكل من التعريفات التالية:

1. قسم من الجيولوجيا يتناول المواد المكونة للأرض.
2. الكثير من الملامح والمظاهر للأرض تم تشكيلها بواسطة كوارث هائلة.
3. المبدأ الذي ينادي بأن «الحاضر هو مفتاح الماضي».

رابعاً: علل ما يلي:

1. يعتقد الكثيرون أن الأرض ثابتة الملامح وغير متغيرة.
2. منطقياً، يجب أن تدرس الجيولوجيا الفيزيائية قبل دراسة تاريخ الأرض.

خامساً: أسئلة مقالية

1. ما الذي جعل هاتون يعتقد أن الأرض كانت بالغة القدم؟
2. ما هو الانتظام المستديم؟
3. ارسم خريطة ذهنية توضح علاقة علم الأرض بعلوم أخرى لم تذكر في الخريطة الذهنية السابقة.

الفصل الثاني

المعادن

دروس الفصل

الدرس 1: تكوين المعادن

الدرس 2: الخواص الفيزيائية للمعادن

الدرس 3: الخواص الكيميائية للمعادن

الدرس 4: الشكل البلوري للمعادن

مقدمة الفصل

دع الطلاب يتناقشون حول كيفية ومدى ارتباط الصورة الموجودة في افتتاحية الفصل بمحتواه ثم اسأل:

- كيف ستصف الصورة في افتتاحية الفصل؟ (قد يقول الطلاب أن الصورة تحوي صخرًا ينغمس فيه عدد من البلّورات، بعضها صغير وبعضها الآخر كبير.)

- ما الخواص التي تميز تلك البلّورات حتى يسهل التعرف عليها؟ (سيذكر الطلاب بعض هذه الخواص مثل اللون والبريق والشكل والصلابة.)
- كيف ترتبط هذه الصورة بموضوع هذا الفصل؟ (قد يذكر

الطلاب أن الصخور هي المكونات الأساسية للقشرة الأرضية وهي تتكون من معادن تتكون بدورها من بلّورات.)

نشاط إثرائي

كيف تميز المعادن التي لها اللون نفسه؟

المهارات: الملاحظة والاستنتاج

هدف النشاط: يمكن استخدام أحد الاختبارات البسيطة للتمييز بين عينتين من المعادن لهما اللون نفسه. (ملحوظة: لا بد من استخدام معادن الهيماتيت الأسود وليس الأحمر.)

المواد والأدوات المطلوبة: عينتان من معادن الهيماتيت الأسود ومعادن الماجنتيت، لوح سيراميك، مناديل ورقية الزمن: 10 دقائق

المعادن

الفصل الثاني

دروس الفصل

الدرس الأول

تكوين المعادن

الدرس الثاني

الخواص الفيزيائية للمعادن

الدرس الثالث

الخواص الكيميائية للمعادن

الدرس الرابع

الشكل البلوري للمعادن

تُعدّ القشرة الأرضية والمحيطات مصدرًا لتنوع كبير من المعادن المفيدة والأساسية. يستخدم معظم الناس العديد من المعادن الأساسية مثل الكوارتز في صناعة الساعات، والنحاس في الأسلاك الكهربائية والذهب والفضة في المجوهرات. إلّا أنّ البعض لا يعلم أن قلم الرصاص يحتوي على معدن الجرافيت Graphite ذي الملمس الدهني، وأن مسحوقًا للجلد يُصنّع من معدن التالك Talc. في الحقيقة، إن كلّ منتج مُصنّع يحتوي على مواد تم استخراجها من المعادن.



التلك



الجرافيت

الخطوات

- حك معدن الهيماتيت الأسود على السطح غير المصقول للوح السيراميك. لاحظ لون مخدش المعدن.
- كرر الخطوة السابقة مع معدن الماجنتيت.

النتائج المتوقعة

- كل من الهيماتيت الأسود والماجنيتيت خامان للحديد، وكلاهما أسود اللون ومتشابهان في المظهر. ينتج الهيماتيت مخدشًا بنيًا محمّرًا، بينما ينتج الماجنتيت مخدشًا أسود.

الاستنتاج

يمكن استخدام اختبار المخدش للتمييز بين المعادن المختلفة والتعرف عليها.

كتاب الطالب: من ص 21 إلى ص 23

عدد الحصص: 1

ملاحظة: إجراء النشاط العملي (1) متزامناً مع شرح الجانب النظري.

الأهداف:

- ♦ يمثل الوحدة البنائية لصخور القشرة الأرضية بمخطط سيمي.
- ♦ يعرف كل من المواد المتبلرة وأشباه المعادن.
- ♦ يعدد خواص المعدن.
- ♦ يميز بين المعادن وغيرها من المواد.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلاب يقرأون افتتاحية الدرس ويفحصون الصورة المصاحبة لها (الشكلان 5 و 6). استرجع مع الطلاب ما المقصود بمصطلح "المعدن"، وأنه يجب أن يتعرف على خواص المعادن الفيزيائية والتركيب الكيميائي لكل منها. اطلب إليهم أن يحددوا أهم الفروق بين مظهر الكوارتز والفحم الحجري. اسأل:

- ♦ أي الخواص المميزة للمعادن موجودة في الفحم وأيهما غير موجود؟ (يتكون طبيعياً، صلب، له تركيب كيميائي محدد).
- ♦ لماذا لا يعتبر الفحم معدناً بالرغم من وجود تلك الصفات الخاصة بالمعادن فيه؟ (لأنه عضوي المنشأ).

2. 1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم معلومات الطلاب السابقة حول المعادن، وجه إليهم الأسئلة التالية:

ما المعادن؟ (بعض الطلاب قد يعرف أن المعادن عبارة عن المركبات الكيميائية التي تكون الصخور، لكن من المحتمل أن العديد منهم سيذكر المعادن الغذائية، مثل الحديد والكالسيوم). في اعتقادك، أين يمكنك أن تجد المعادن في الطبيعة؟ (ستتوقع إجابات الطلاب).

نشاط توضيحي: ملامح الصخور

لمساعدة الطلاب على أن يصبحوا أكثر إلماماً بخواص المعادن، دعهم يتفحصون بدقة بعض الصخور. أسألهم: هل تلاحظ اختلافاً في الألوان؟ في الأشكال؟ في الأنسجة في الصخر نفسه؟ فسّر.

الإجابة: ستتوقع الملاحظات. قد تنجم الاختلافات عن العمليات التي تكونت بها المعادن.

تصويب المفهوم الخاطئ

قد يعتقد الطلاب أن جميع المعادن إما فلزات أو مصدر الفلزات. ذكر الطلاب أنهم على دراية بأن العديد من المعادن ليست فلزية، فعلى سبيل المثال، الكوارتز، التلك، الكبريت والماس ليست معادن فلزية.

تكوين المعادن Formation of Minerals

الدرس 1

أهداف الدرس

- ♦ يمثل الوحدة البنائية لصخور القشرة الأرضية بمخطط سيمي.
- ♦ يعرف كل من المواد المتبلرة وأشباه المعادن.
- ♦ يعدد خواص المعدن.
- ♦ يميز بين المعادن وغيرها من المواد.



يظهر الشكلان (5) و (6) الفحم الحجري ومعدن الكوارتز على التوالي.

انظر إلى الشكلين (5 و 6). ترى إلى اليمين عينة من الفحم الحجري وإلى اليسار بلورات الكوارتز. المادتان صلبتان وتشكلتا تحت سطح الأرض، إلا أن مادة واحدة فقط تعتبر معدناً. لتحديد أي من المادتين هي معدن، يجب أن نطلع على خواص المعادن.

الوحدات البنائية للقشرة الأرضية

The Building Blocks of the Earth's Crust

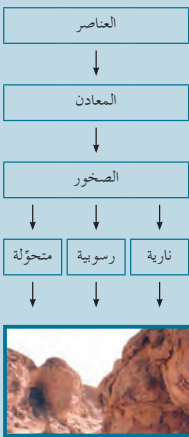
تعلمت سابقاً أن الصخور بأنواعها الثلاثة (نارية ورسوبية ومتحولة) هي الوحدة البنائية للقشرة الأرضية (شكل 7)، وهي تتكون من بلورات أو حبيبات صغيرة تُسمى معادن. تكون المعادن مركبات كيميائية كمعدن الماجنيتيت (أكسيد الحديد الأسود) Fe_2O_3 (شكل 8)، أو عناصر منفردة أحياناً كمعدن الكبريت S (شكل 9). لكل معدن تركيبه وخواصه الفيزيائية الخاصة به، وقد تكون الحبيبات أو البلورات مجهرية أو مرئية بالعين المجردة.



شكل 9
معدن الكبريت



شكل 8
معدن الماجنيتيت



شكل 7
يظهر هذا المخطط علاقة القشرة الأرضية بمكوناتها على الصورة مرئيات جمال الزور في دولة الكويت.

♦ مم تتكون الصخور؟ (تتكون من عناصر معينة شائعة في القشرة الأرضية، وهذه العناصر مرتبة في الصخور بأنماط معينة.)

♦ من خلال الفحص الدقيق للصخور، مم تتكون؟ (تتكون من بلّورات أو حبيبات مفردة صغيرة تسمى معادن.)

♦ ما هي المعادن؟ (المعادن عبارة عن مركبات كيميائية (أو عناصر كيميائية في حالات قليلة) كل منها له تركيب خاص وخواص فيزيائية مميزة خاصة به.)

♦ ما الذي يؤثر في مظهر الصخر؟ (نسيج الصخر وحجمه وترتيب المعادن فيه.)

♦ ما أهمية التركيب المعدني للصخر ونسيجه؟ (يمثلان انعكاساً للعمليات الجيولوجية التي كونت الصخر.)

توظيف الأشكال

تأكد من تفحص الطلاب لعينة بلّورة كوارتز مكتملة، واسأل: كم عدد أسطح (جوانب) بلّورة الكوارتز؟ (ستة أسطح أو أوجه.)
تأكد من فحص الطلاب الصفحتين 22 و 23، واطرح عليهم الأسئلة التالية:

♦ ما تعريف علماء الجيولوجيا للمعدن؟ (المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد بصورة طبيعية ولها تركيب بلّوري منظم وتركيب كيميائي محدد.)

♦ لماذا لا يصنّف الماس والياقوت الصناعيان من المعادن؟ (لأنهما يصنعان بواسطة الكيميائيين ولا يتكونان في الطبيعة.)

♦ ما المقصود بأن المعادن مواد بلّورية؟ (المقصود أن ذراتها مرتبة في شكل منتظم متكرر وهذه الأشكال المنتظمة المتكررة تسمى بلّورات.)

♦ فسر لم بالرغم من أن الزجاج البركاني أو الأوبسيديان مادة كيميائية صلبة غير عضوية تتكون في الطبيعة إلا أنه لا يعتبر معدناً. (لأنه يفتقد التركيب الذري المتكرر، ويعتبر بذلك غير متبلّر، ولا يعتبر معدناً.)

♦ علل لم بالرغم من أن المعدن له تركيب كيميائي ثابت مميز، إلا أن التركيب الكيميائي للمعدن قد يتنوع من عينة إلى أخرى من المعدن نفسه. (لأنه من الشائع أن تحل العناصر التي لها الحجم نفسه والشحنات الكهربائية محل بعضها الآخر بدون قيود في المعادن.)

♦ لماذا يعتبر ملح الطعام معدناً بينما لا يعتبر السكر معدناً؟ (لأن ملح الطعام مادة صلبة غير عضوية متبلّرة توجد بصورة طبيعية على الأرض، بينما السكر مادة عضوية يتم الحصول عليها من قصب السكر أو الشمندر السكري.)

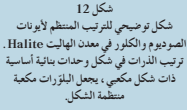
♦ لماذا تصنّف بعض المركّبات مثل كربونات الكالسيوم (الكالسيت) في الأصناف والشعاب المرجانية على أنها معادن بالرغم من أنه قد تم إفرازها بواسطة الحيوانات؟ (لأنها مركّبات غير عضوية.)



شكل 10
الثلج

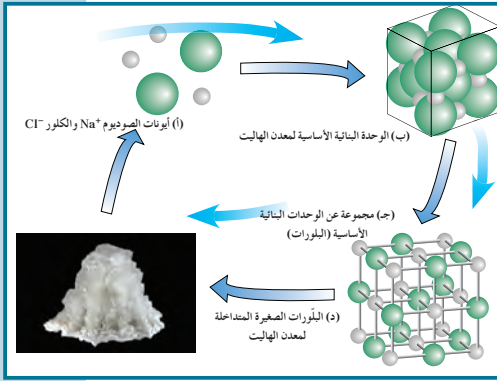


شكل 11
البرد



شكل 12

شكل توضيحي للترتيب المنتظم لأيونات الصوديوم والكلور في معدن الهاليت Halite. ترتيب الذرات في شكل وحدات بنائية أساسية ذات شكل مكعب، يجعل البلّورات مكعبة منتظمة الشكل.



العلاقة بالعلم والتكنولوجيا والمجتمع

منذ أكثر من مئة عام، يحاول العلماء تكوين بلّورات مثل تلك الموجودة في الطبيعة. واليوم، نعتبر البلّورات الصناعية في غاية الأهمية في التطبيقات التكنولوجية. في الواقع، مثل تلك البلّورات الصناعية تدخل في تركيب جميع الأجهزة البصرية أو الإلكترونية الحديثة التي تنتج حالياً.

تكامل العلوم

الجيولوجيا والكيمياء

ذكر الطلاب بالمقصود بالصيغة الكيميائية. اسأل:

♦ ما المعلومات التي يمكن معرفتها من الصيغة الكيميائية؟ (كم عدد ذرات العناصر التي تدخل في تركيب جزيء المركّب.)

♦ ما المركّب الذي صيغته الكيميائية CaCO_3 ؟ (كربونات الكالسيوم، أو الكالسيت)

دع الطلاب يفكّرون في الصيغة الكيميائية للكوارتز.

♦ اسأل: ما أوجه التشابه بين SiO_2 و CO_2 ؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟ (كلاهما يحتوي على ذرتي أكسجين، ولكن إحدى الصيغتين الكيميائيتين تحتوي على السيليكون والأخرى تحتوي على الكربون.)

تمثّل صيغة SiO_2 مركّباً صلباً أما صيغة CO_2 فتمثّل غازاً.)

♦ اطلب إلى الطلاب أن يفسروا لماذا تعتبر أيونات الكربونات CO_3^{2-} غير عضوية، بالرغم من احتوائها على عنصر الكربون. (لأنها لا تتكون بواسطة الكائنات الحية أو منها.)

مهارة التمييز

لمساعدة الطلاب على فهم الفرق بين المعادن والمواد غير المعدنية، ضع عينات من المعادن مثل الزجاج، والميكا، والذهب، والألومنيوم، والحديد، والزئبق، والجبس، وعينات أخرى لمواد ليست معادن مثل النفط، والبلاستيك، والفحم الحجري، والكهرمان على طاولة بترتيب عشوائي. بعد ذلك حث الطلاب على تصنيف كل واحد من هذه الأشياء بمعادن أو غير معدن وذلك باستخدام الخواص المميزة للمعادن. اسمح للطلاب بتناول هذه العينات بالأيدى لفحصها ثم تصنيفها في قائمتين على صحيفة ورقية.

توظيف الأشكال

دع الطلاب يدرسون صورة أو عينة لصخر الجرانيت، ثم اسأل:

- ♦ كم عدد المعادن التي يتكون منها صخر الجرانيت؟ (3).
- ♦ ما المعادن المكونة لصخر الجرانيت؟ (الفلسبار، الهورنبلند، الكواتز).

♦ لماذا يتكون الجرانيت من أكثر من معدن؟ (لأنه تكون نتيجة حدوث ظاهرة التجمع لأكثر من معدن حيث اتحدت تلك المعادن الثلاثة معاً).

- ♦ هل من السهل أم من الصعب تعرف المعادن الثلاثة المكونة للجرانيت، ولماذا؟ (يمكن التعرف بسهولة على المعادن المكونة للجرانيت، حيث إن كل معدن منها يحتفظ بخواصه المميزة).

ملف الإنجاز

دع الطلاب يبحثون على شبكة الإنترنت عن مفهوم المعدن وأمثلة عن معادن متنوعة والتركيب البلوري لكل معدن منها، ثم يقومون بإعداد لوحة تتضمن أشكالاً لتلك المعادن وتراكيبها البلورية ويعرضونها في الفصل. دعهم يحتفظون بصور للوحاتهم في ملف الإنجاز.

3. قيم وتوسع

1.3 الوحدات البنائية للقشرة الأرضية

- ♦ اطلب إلى الطلاب (بصورة عشوائية) تفسير لماذا يعتبر أو لا يعتبر كل من الذهب، البترول، الأسمت، الفحم من المعادن.
- ♦ اطلب إلى طلاب آخرين إعداد قائمة بالخواص الخمس للمعدن.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. لكي تعتبر المادة معدناً، يجب أن تظهر فيها الخواص التالية: (1) تتكون طبيعياً، (2) صلبة، (3) لها تركيب بلوري منتظم، (4) لها تركيب كيميائي محدد، (5) غير عضوية.
2. لأن الثلج مادة صلبة عند درجات حرارة سطح الأرض، وللثلج تركيب بلوري واضح لا يتوافر في البرد.
3. لأنه نتج بطريقة صناعية بمعالجة خام أرضي.

4. ذات تركيب كيميائي محدد

Well-defined Chemical Composition

غالبية المعادن هي مركبات كيميائية متكونة من عنصرين أو أكثر، وقد يتكون القليل منها، مثل الذهب والفضة، من عنصر واحد. أن معدن الكوارتز الشائع يتكون دائماً من ذرتين من الأكسجين (O) لكل ذرة سيليكون (Si) أي بتركيب كيميائي يعرف بالصيغة (SiO_2) . على أي حال، من الشائع للعناصر التي لها الحجم نفسه والشحنات الكهربائية نفسها، أن يحلّ أحدها محلّ الآخر. نتيجة لذلك، قد يختلف التركيب الكيميائي لمعدن ما بين عينة وأخرى.

Inorganic

5. غير عضوية

تعتبر المواد الصلبة المتبلورة غير العضوية، كبلع الطعام (الهاليت) (شكل 12) مثلاً، والموجودة بشكل طبيعي في الأرض، معادن. من ناحية أخرى، لا تعتبر المركبات العضوية معادن. فالسكر مادة صلبة متبلرة مثل البلع، ويُستخرج من قصب السكر أو الشمندر السكري، وهو مثال شائع للمركب العضوي.

Mineraloids

6. أشباه المعادن

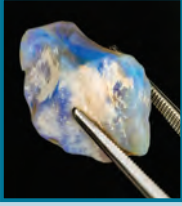
بعض المركبات موجودة في الطبيعة ولكن لا ينطبق عليها تعريف المعدن، فهي تنفرد إلى التركيب الكيميائي المحدد أو الشكل البلوري أو كليهما، كمعدن الأوبال (شكل 13) (الذي له تركيب كيميائي ثابت ولكن غير متبلور).

مراجعة الدرس 1

1. ضع قائمة بخمس خواص لمادة من مواد الأرض تعتبر معدناً.
2. لماذا يعتبر الثلج المتساقط معدناً ولا يُعتبر البرد معدناً؟
3. علل: لا يُعتبر الألومنيوم معدناً.

مهارة التمييز

بعد أن تمّوزت الخواص التي تميز المعادن، حدّد أيّاً من الموادّ التالية تُعتبر معدناً، النفط، الزجاج، الميكا، البلاستيك، الذهب، الفحم الحجري، الألومنيوم، الحديد، الكهرمان (الصمغ العربي)، الزئبق، الجبس. علّل إجاباتك.



شكل 13
معدن الأوبال

كتاب الطالب: من ص 24 إلى ص 31

عدد الحصص: 2

الأهداف:

♦ يميّز بين الخواص الفيزيائية المختلفة للمعدن.

♦ يعدّد الخواص الفيزيائية للمعادن.

1. قدّم وحفّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلاب يقرأون افتتاحية الدرس ويفحصون الصورة المصاحبة لها (شكل 14). وضح للطلاب أن كل معدن يتميز بخصائص فيزيائية متنوعة يمكن استخدامها للتعرف عليه وتمييزه. يمكن أن يخلط الطلاب بين الذهب والبيريت المعروف باسم الذهب الكاذب لتشابههما في اللون والشكل تقريباً.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة حول الخصائص الفيزيائية للمعادن وكيفية تصنيفها، وجه إلى الطلاب الأسئلة التالية:

♦ كيف يمكن أن تحدد ما إذا كان معدنان عبارة عن قطعتين من

العينة نفسها؟ (ستتوقع إجابات الطلاب.)

♦ هل يمكن أن يكون معدناً أكثر بريقاً من معدن آخر؟ أكثر صلادة أو أقل صلادة؟ أكثر احمراراً أو أقل احمراراً؟ (ستتوقع

إجابات الطلاب.)

2. علّم وطبق

إطرح الأسئلة التالية على الطلاب وتأكد من فهمهم خواص

المعادن

♦ لم العينات المختلفة من المعدن نفسه لها الخواص الفيزيائية والكيميائية نفسها؟ (لأن لكل معدن تركيب أو بناء بلّوري وتركيب كيميائي محددان لا يختلفان في العينات المختلفة للمعدن نفسه.)

♦ أيهما أسهل للتعرف على المعدن: تحديد البناء الداخلي والتركيب الكيميائي للمعدن، أم تحديد خواصه الفيزيائية؟ لماذا؟ (تحديد الخواص الفيزيائية هو الأسهل لأن تحديد البناء الداخلي والتركيب الكيميائي يتم عن طريق استخدام الاختبارات والأجهزة

المعقدة.)

♦ ما الصفات الفيزيائية الأولية التي تستخدم بصورة شائعة لتحديد

المعادن؟ (الخواص البصرية)

الخواص الفيزيائية للمعادن Physical Properties of Minerals

الدرس 2

أهداف الدرس

- ♦ يميّز بين الخواص الفيزيائية المختلفة للمعدن.
- ♦ يعدّد الخواص الفيزيائية للمعادن.

أضف إلى معلوماتك	اسم المعدن	التركيب الكيميائي
	الكالسيت	CaCO_3
	الأراجونيت	
	البيريت	FeS_2
	الماركزيت	
	الكوارتز	SiO_2
	الكريستوباليت	
	الترديميت	
	الأركونيت	
	الميكروكلين	KAlSi_3O_8
	السانيدين	

جدول 2
مجموعة من المعادن المشابهة في التركيب الكيميائي.



شكل 14
أثنى هذين المعدنين جرافيت Graphite وألماس Diamond؟

تملك بعض المعادن، كالألماس والجرافيت (شكل 14)، التركيب الكيميائي نفسه. تتكوّن هذه المعادن من عنصر الكربون C لكنها تختلف في ما بينها في كلّ الخواص الأخرى. لذلك، يجب دراسة الخواص الفيزيائية والبلورية بالإضافة إلى الخواص الكيميائية لتعريف المعدن بشكل دقيق. يوضّح الجدول (2) في الهامش بعض المعادن التي لها التركيب الكيميائي نفسه وخواص فيزيائية مختلفة.

Mineral Properties

خواص المعادن

لكل معدن نظام بلّوري محدد (شكل 15) وتركيب كيميائي يُعطيه مجموعة فريدة من الخواص الفيزيائية والكيميائية المشتركة بين كلّ عينات هذا المعدن. فعلى سبيل المثال، كلّ عينات معدن الفلوريت Fluorite (شكل 15) لها الصلادة والكثافة نفسها وتتكسر بالنمط نفسه. ولتعريف أنواع المعادن، يمكننا استخدام الخواص الفيزيائية للمعدن ما، والتي يمكن تحديدها من خلال الملاحظة أو بإجراء اختبار بسيط. ونعدّد منها، الخواص الفيزيائية، وهي الأكثر استخداماً مثل الخواص البصرية، الشكل البلّوري، الخواص التماسكية، بالإضافة إلى خواص أخرى مثل الطعم والمغناطيسية.



شكل 15
بلّورات الفلوريت Fluorite

1.2 الخواص البصرية

♦ ما الخواص البصرية للمعادن؟ (اللمعان أو البريق، الشفافية، اللون، المخدش)

♦ ما المقصود ببريق المعدن؟ (مظهر أو نوعية الضوء المنعكس من على سطح أي معدن)

♦ ما الفرق بين البريق الفلزي والبريق شبه الفلزي؟ (البريق الفلزي هو بريق المعادن التي لها مظهر الفلزات، والبريق شبه الفلزي هو بريق طبقة خارجية تكونت على سطح المعدن الفلزي بعد تعرضه للهواء.)

♦ ما المقصود بالبريق اللافلزي؟ (هو بريق المعادن غير الفلزية.

أنواعه: الزجاجي، الترابي أو الباهت، اللؤلؤي، الحريري، الدهني.)

♦ صنف المعادن بحسب قدرتها على إنفاذ الضوء. (معادن غير

شفافة أو معتمدة: لا تنفذ أي ضوء؛ معادن نصف شفافة: تنفذ الضوء

ولا ترى صورة من خلالها؛ معادن شفافة: تنفذ الضوء وترى الصور من خلالها.)

♦ لماذا لا يعتمد على خاصية اللون لتمييز المعادن؟ (لأن بعض

المعادن تحتوي على بعض الشوائب فتعطيها درجات متعددة من الألوان أو ألوان متعددة.)

أشّر إلى الطلاب أنّهم يستطيعون استخدام الصخور المتضوّعة لتزيين غرفهم وإضافة بعض الألوان فيها، ثمّ ا طرح السّؤالين التاليين:

♦ ما الذي يؤثّر في التفلّر؟ (الحرارة والماء)

♦ هل كل معدن متفلّر يتفسفر؟ (كلّ معدن متفسفر يتفلّر.)

وضّح للطلاب أن التّضوء أيضًا يفيد في التعرف على المعادن: الإضاءة الذاتية: عندما ينبعث ضوء من المعدن، ولا يكون هذا الضوء نتيجة مباشرة لأي ضوء خارجي ساقط عليه، يقال إن هذا المعدن يصدر إضاءة ذاتية.

الفلورية: تطلق هذه الظاهرة على المعدن إذا انبعث منه ضوء خلال فترة التعرض للأشعة فوق البنفسجية.

الفسفورية: تطلق هذه الخاصية على المعدن عندما يستمر في إصدار الضوء حتى بعد زوال الأشعة فوق البنفسجية التي قد تعرض لها.

♦ كيف يمكن الحصول على المخدش لمعدن معين؟ (عن طريق

حك المعدن على صفيحة مخدش، ثم ملاحظة لون العلامة التي يتركها.)

♦ ما الفرق بين مخدش المعادن ذات البريق الفلزي والمعادن ذات البريق اللافلزي؟ (المعادن الفلزية: لها مخدش كثيف داكن؛ المعادن

اللافلزية: لها مخدش فاتح اللون.)

♦ علل لم لا يمكن الحصول على مخدش لمعدن معين على

صفيحة مخدش. (لأنّ لهذا المعدن صلابة أكبر من صلابة صفيحة

مخدش.)

Optical Properties

1. الخواص البصريّة

تشمل الخواص البصرية أربع خواص، وهي الأكثر استخدامًا لتحديد أنواع المعادن.

Luster

1.1 اللمعان (البريق)

تُعرف شدة الضوء المنعكس أو نوعيته من على سطح أي معدن "باللمعان" أي البريق. فالمعادن التي لها مظهر الفلزات Metals، بغض النظر عن اللون، تُصنّف ببريق فلزي Metallic Luster مثل معدن الجالينا Galena (شكل 16). تُكوّن بعض المعادن الفلزية مثل الهيماتيت Hematite (شكل 17) طبقة خارجية باهتة أو تُفقد اللمعان عند تعرّضها للهواء الجوي، وكونها لا تملك لمعان العينات ذات الأسطح حديثة الكسر، فهي تُصنّف ببريق شبه فلزي Submetallic Luster.

لمعظم المعادن بريق لافلزي Non Metallic Luster. يوضّح الجدول (3) التالي نوع البريق اللافلزي لبعض المعادن.

نوع البريق اللافلزي	المعدن
زجاجي Vitreous	الكوارتز، الكالسيت
الأماسي Adamantine	الأماس
باهت Dull	الكاولينيت
لؤلؤي Pearly	الثلك، الميكا
حريري Silky	الجبس الليفّي
صمغي (راتنجي) Resinous	الكبريت

جدول 3
نوع البريق اللافلزي لبعض المعادن.



شكل 16
معدن الجالينا Galena



شكل 17
معدن الهيماتيت Hematite

هل تعلم؟

اسم "بلورة" مشتق من اليونانية (Krystallos) ويعني "ثلج"، وتم تطبيقه على بلورات الكوارتز. فقد اعتقد اليونانيون القدماء أن الكوارتز كان ماء وتبلور بسبب الضغط المرتفع في باطن الأرض.

نشاط توضيحي: التصنيف

أحضّر عينات من المعادن ذات البريق الفلزي مثل البيريت، النحاس، الفضة، الجالينا، وعينات من المعادن ذات البريق اللافلزي مثل الأوليفين، الهورنبلند، الكوارتز، الفلسبار. ضع العينات بترتيب عشوائي على طاولة، ثم رقمها. بعد ذلك، حث الطلاب على تصنيف كل عينة كمعدن ذو بريق فلزي أو معدن ذو بريق لافلزي، بعد انتهاء الطلاب من تصنيف العينات، اذكر أسماء العينات.

العلاقة بالعلم والتكنولوجيا والمجتمع

نحتاج أحياناً إلى أجهزة وأدوات معقدة للتعرف على عينة من معدن ما. الإسبيكتروسكوب، الذي غالباً ما يستخدم في دراسة النجوم، يستخدم للمساعدة في التمييز بين الأحجار الكريمة ذات الألوان المتشابهة. ويستخدم المجهر الإلكتروني الماسح في التعرف على المعادن أيضاً، فهو يركز حزمة من الضوء على المعادن وينتج طيف أشعة سينية يوضح الخواص المميزة للمعادن مما يسهل التعرف عليها.

2.2 الخواص التماسكية

- ♦ ما بعض المصطلحات التي يستخدمها علماء المعادن لوصف قوة المعدن؟ **(المتانة، الصلادة، الانقسام أو التشقق، المكسر، الكثافة، الوزن النوعي)**

1.2.2 المتانة

- ♦ ما المقصود بمتانة المعدن؟ أي المعدن يميل إلى أن يكون هشاً؟ وأيها الأكثر متانة؟ اذكر أمثلة. **(المعادن ذات الروابط الأيونية مثل الفلوريت وملح الطعام الصخري تميل إلى أن تكون هشة وتتكسر إلى قطع صغيرة عند الاصطدام بشيء ما، والمعادن ذات الروابط الفلزية مثل النحاس تكون أكثر متانة، حيث تكون قابلة للطرق.)**
- ♦ اذكر أمثلة عن معادن قابلة للقطع وأخرى مرنة تستعيد شكلها الأصلي بعد إزالة الإجهاد عنها. **(الجبس والتلك معدنان قابلان للقطع؛ الميكا معدن مرن يستعيد شكله الأصلي بعد إزالة الإجهاد عنه)**

2.2.2 الصلادة

- ♦ ما هو سلم موهز لصلادة المعادن؟ ومم يتكون؟ **(ترتيب نسبي للمعادن الذي يعطي قيم عددية للمعادن. يتكون من عشرة معادن مرتبة من المعدن الأكثر ليونة ويعطى الرقم (1) إلى المعدن الأكثر صلادة ويعطى الرقم (10)).**

أضيف إلى معلومات الطلاب أن هناك ثلاثة اختبارات للصلادة هي التالية: اختبار برنيل للصلادة Brinell Hardness Test، واختبار رو كويل Rockwell Hardness Test واختبار فيكرز Vickers Hardness Test. تساعد هذه الاختبارات على قياس صلادة معدن من خلال مقاومته خرق كرة أو شكل مخروطي غير قابل للتشوه. تُحدّد الصلادة من خلال العمق التي تصل إليه الكرة أو الشكل المخروطي داخل المعدن وذلك في وقت محدد وتحت تأثير معين.

في أيامنا هذه، تُستخدم تقنيتان هما اختبار نوب وشون Knoop and Shone Method والتان تقيسان الصلادة بالاعتماد على مرونة المادة ومقاومتها للتسنن، الذي يقيس الصلادة بالاعتماد على مثلث على شكل هرم يُضغط في المادة.

3.2.2 الانشقاق

- ♦ ما المقصود بالانشقاق؟ وأين يحدث في المعدن؟ **(الانقسام أو الانشقاق هو ميل المعدن للكسر أو التشقق، ويحدث خلال مستويات الروابط الذرية الضعيفة في التركيب البلوري للمعدن.)**
- ♦ متى يحدث انقسام المعادن أو انشقاقها؟ **(عندما تتعرض المعادن للضغط أو الإجهاد)**
- ♦ لماذا تشقق الميكا لتكوّن صفائح رقيقة مستوية؟ **(لأن الميكا لها رابطة ضعيفة جداً في اتجاه واحد عن الاتجاه الآخر الذي فيه رابطة قوية.)**
- ♦ لماذا تتكسر بلّورات الكوارتز الملساء الجوانب إلى أشكال لا تشبه بعضها بعضاً أو لا تشبه البلّورات الأصلية؟ **(لأن بلّورات الكوارتز ليس لها تشقق.)**

2.1 الشفافية

Transparency القدرة على إنفاذ الضوء هي خاصية بصرية أخرى تُستخدم لتعريف المعادن. فعندما لا يُنفذ أي ضوء، يوصف المعدن بأنه غير شفاف أو مُعتمٍ Opaque مثل معدن التلك Talc (شكل 18). أما عندما يُنفذ ضوء ولا تُرى صورة من خلال معدن، فيوصف بأنه نصف شفاف Translucent مثل معدني الجبس والميكا (شكل 19). وعند رؤية الضوء والصورة من خلال العينة، يوصف المعدن بأنه شفاف Transparent مثل بعض المعادن النقية كالكوارتز والكالسيت (شكل 20).



شكل 18
معدن التلك Talc



شكل 20
معدن الكالسيت Calcite



شكل 21
معدن الكبريت



شكل 22
معدن المالاكيت



شكل 19
معدن الجبس ومعدن الميكا

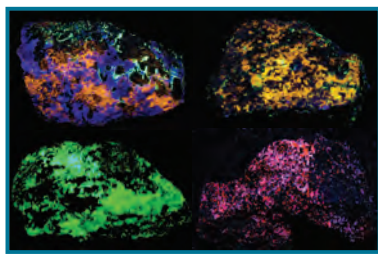


شكل 23
معدن الكوارتز البنفسجي Amethyst ومعدن الكوارتز الوردی Rose Quartz

Color بالرغم من أن اللون عامة هو أحد الخواص الأكثر وضوحاً لأي معدن، إلا أنه يُعتبر خاصية مميزة للقليل من المعادن فقط مثل الكبريت والمالاكيت (الشكلان 21 و 22). فبعض الشوائب الطيفية في معدن الكوارتز الشائع، تعطيه على سبيل المثال درجات متعددة من الألوان. يحتوي معدن الكوارتز البنفسجي Amethyst (شكل 23 إلى اليمين) مثلاً على أكاسيد المنجنيز، فيما يحتوي معدن الكوارتز الوردی Rose Quartz على أكاسيد الحديد والتيتانيوم (شكل 23 إلى اليسار). لذا استخدام اللون كوسيلة لتحديد المعادن عادة ما يكون غير دقيق.

4.1 التلّوؤ يوصف المعدن بأنه متلّوؤ (أي يصدر ضوءاً) عندما يتحوّل أشكال الطاقة المختلفة، مثل الحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية، إلى ضوء. يختلف عن لونه الأصلي. يختلف لون التلّوؤ عن لون المعدن الأصلي بحيث تكون ألوان التلّوؤ باهرة وساطعة دائماً.

يعطي معدن الكالسيت Calcite اللون الأحمر الباهر عند تعرّضه للأشعة فوق البنفسجية، فيما يعطي معدن الويليميت Willemite (شكل 24) اللون الأخضر الساطع. تُسمّى عملية إنتاج ألوان التلّوؤ أثناء التعرّض للمؤثر المتغلّر Fluorescence. وإذا استمرّ لون التلّوؤ بعد زوال المؤثر فسُمّي العملية التفسفر Phosphorescence. وقد لوحظت خاصية التفسفر عندما كانت تظهر بعض المعادن المعرّضة لأشعة الشمس بألوان جذابة بعد نقلها إلى غرفة مُعتمة. تساعد خاصية التلّوؤ على اكتشاف المعادن المتغلّرة داخل المناجم والكهوف، وذلك باستخدام مصابيح خاصة.



شكل 25
بعض المعادن المتلّوؤة

5.1 المخدش

Streak بالرغم من أن لون العينة لا ينفذ دائماً في تحديد المعادن، إلا أن المخدش (لون مسحوق المعدن) غالباً ما يُستخدم للتمييز بين المعادن. يمكن الحصول على المخدش من خلال خدّ المعدن على قطعة من خرف صيني غير مُصقول أو لوح المخدش Streak Plate، ثم ملاحظة لون مسحوق المعدن التي خلفه وراءه (شكل 26). يمكن أن يتنوّع لون المعدن الواحد من عينة إلى أخرى، بخلاف المخدش الذي لا يتنوّع. قد يُساعد المخدش أيضاً على التمييز بين المعادن ذات البريق الفلزّي التي لها مخدش كثيف وداكن والمعادن ذات البريق اللافلزّي التي لها مخدش باهت اللون.

لا يُخدش لوح المعدن. في هذه الحالة، تُكسر قطعة صغيرة من هذا المعدن الصلب وتُطحن طحناً كاملاً لمعرفة لون المسحوق الذي ينتج عنه.



شكل 26
بالرغم من أن لون المعدن لا ينفذ دائماً في تحديد نوع المعدن، إلا أن المخدش، وهو لون مسحوق المعدن، غالباً ما يكون مفيداً للغاية.

نشاط توضيحي

أحضِر للفصل عينات من معادن التلك، الكالسيت والكوارتز. اطلب إلى الطلاب خدش هذه المعادن بالظفر، ثم بعملية معدنية. أسأل: أي من هذه المعادن تم خدشه بالظفر؟ هل حصلت على نتائج مختلفة حين خدشت تلك المعادن بالعملية المعدنية؟ هل يوجد بين هذه المعادن ما لم يخدش بالظفر أو العملية المعدنية؟ هل يمكنك أن تصنف هذه المعادن بحسب صلابتها؟

تكامُل العلوم

الجيولوجيا والكيمياء: تحدد صلادة المعادن عن طريق قوة الروابط الكيميائية بين ذرات المعدن. اطلب إلى الطلاب أن يتخيلوا ما الذي يحدث، على المستوى الذري، لمعدن ما عندما يخدش بمعدن أكثر صلادة.

العلاقة بين العلم والتكنولوجيا والمجتمع

ناقش الطلاب كيف أن صلادة المعادن تحدد كيفية استخدام الناس للمعادن. دع الطلاب يفسرون كيف تستخدم المعادن المنخفضة الصلادة، مثل التلك. **(يستخدم التلك في شكل مستحضر يعرف ببودرة التلك، والجبس يستخدم كمعجون لاصق، والكالسيت يستخدم كطباشير.)** بعد ذلك ناقشهم حول كيفية استخدام المعادن العالية الصلادة، مثل الكورندوم والماس. **(يمكن أن يستخدم كلاهما كمادة حاكّة أو كاشطة، ويستخدم الماس في حفر الصخور.)**

نشاط توضيحي

لتعزيز مفهوم الانشقاق، زود كل طالب في الفصل بمنديل ورقي (متعدد الطبقات)، ثم اسأل: في أي اتجاه ينشق المنديل الورقي أو يتمزق، بالتساوي؟ يجب أن يكتشف الطلاب أن المنديل الورقي يتمزق بالتساوي من القمة إلى القاعدة وليس من اليسار إلى اليمين (أو العكس). أخبر الطلاب أن هذا مماثل للمعدن ذات الانشقاق، حيث يتكسر إلى قطع بسهولة في اتجاه واحد وليس في اتجاه آخر.

تنمية المهارات

الاستنتاج: اذكر للطلاب أن معدن الكوارتز له تشقق، أسأل: فيم استخدم الناس القدامى معدن الكوارتز؟ ولماذا؟ **(لقد استخدموا الكوارتز في صنع أدوات القطع ورؤوس الأسهم لأنه صلب، ليس له تشقق، وله مكسر محاري ينتج حواف حادة.)**

دع الطلاب يدرسون اتجاهات التشقق الشائعة في المعادن والموضحة في الجدول (4) في الصفحة 29.

◆ كيف يحدث التشقق في المسكوفيت؟ **(يتشقق المسكوفيت في اتجاه واحد فقط مكوناً صفائح رقيقة مسطحة أو مستوية.)**

◆ ما الفرق بين التشقق في الفلسبار والهورنبلند بالرغم من أن كليهما يتشقق في اتجاهين؟ **(التشقق في الفلسبار يحدث في اتجاهين متعامدين منتجاً قطع مطولة بمقطع مستطيل، والتشقق في الهورنبلند يحدث في اتجاهين غير متعامدين منتجاً قطعاً مطولة ذات مقطع بشكل متوازي أضلاع.)**

2. الخواص التماسكية Cohesive Properties

ترتبط بسهولة تكسر المعادن أو تشوُّبها تحت تأثير الإجهاد بنوع الروابط الكيميائية التي تجمع البلورات معاً. لتعرّف الخواص التماسكية، يستخدم الجيولوجيون بعضها مثل:

Tenacity

1.2 المتانة
يُصِف مصطلح متانة المعدن مقاومة للكسر أو التشوُّب. فالمعادن ذات الروابط الأيونية Ionically Bonded مثل الفلوريت Fluorite والهاليت Halite، تميل إلى أن تكون هشّة وتكسر فتحوّل إلى قطع صغيرة عند الطرق. بالمقابل، المعادن ذات الروابط الفلزية Metallic Bonds مثل النحاس الخام Native Copper تكون لينة أو تُطَرَّق بسهولة فتحوّل إلى أشكال مختلفة. ويمكن لبعض المعادن مثل الجبس Gypsum والتلك Talc أن تُطعَم إلى زقاقات دقيقة توصف بأنها قابلة للقطع. ويكون البعض الآخر مثل الميكاس Micas مرناً، فينثني ثم يعود إلى شكله الأصلي بعد إزالة الضغط (الإجهاد) عنه.

Hardness

2.2 الصلادة
إحدى الخواص الأكثر تمييزاً وإفادة هي الصلادة، وهي مقياس مقاومة المعدن للتآكل أو الخدش. تُحدّد هذه الخاصية بحكّ معدن غير معروف الصلادة بمعدن آخر معروف الصلادة أو العكس. ويمكن الحصول على رقم الصلادة باستخدام مقياس موهس للصلادة Mohs Scale، وهو عبارة عن ترتيب نسبي، أي سلّم يتكوّن من عشرة معادن مرتّبة من رقم 1 (الأقل صلادة) إلى رقم 10 (الأكثر صلادة) كما هو مبين في الشكل (27). وتعتمد صلادة المعدن على نوع الروابط الكيميائية ووجود مجموعة الهيدروكسيل (OH) في تركيب المعدن الكيميائي.

3.2 الانقسام (التشقق) Cleavage

هو قابلية المعدن للتشقق والانقسام إلى أجزاء محدّدة ومنظمة عند تعرّضه لضغط معين، بحيث تكون اتجاهات الضغط متوازية أو على امتداد أسطح مستوية تُسمّى مستويات الانقسام أو مستويات الضعف في المعدن Planes of weakness (شكل 28). تختلف أنواع الانقسام وفقاً لقوّة تماسك جزيئات المعدن، بحيث يتناسب الانقسام عكسياً مع قوّة الرابطة الكيميائية. فكلّما كانت الرابطة قوية، كان الانقسام أقلّ والعكس صحيح. انظر إلى اتجاهات التشقق في الجدول التالي. بعض المعادن، كالكوارتز، لا يحتوي على مستويات انقسام بسبب قوّة تماسك جزيئاته.

هل تعلم؟

يُعتبر الألماس أكثر المعادن صلادة، لكنّه من المعادن متوسطة المتانة وهو قابل للكسر. أمّا معدن اليشب الأخضر Jade، فهو من المعادن متوسطة الصلادة ولكنه ذو متانة عالية ولا يتكسر بسهولة.

ماس	10
كورندوم	9
توباز	8
كوارتز	7
ألوكتاز	6
زجاج زجاجي (5.5)	6.5
أباتيت	5
فلوريت	4
كالسيت	3
جبس	2
تلّك	1

أجسام شائعة
شكل 27
مقياس موهس للصلادة النسبية



شكل 28
تم إنتاج الصفائح الرفيعة المبينة أعلاه من خلال انقسام بلورة الميكاس باتجاه الازدي مع سطح انقسامه العام.

♦ ما الفرق بين التشقق في الهاليت والكالسيت بالرغم من أن كليهما يتشقق في ثلاثة اتجاهات؟ (في الهاليت يحدث التشقق في ثلاثة اتجاهات متعامدة منتجاً قطعاً معينة الشكل ، والتشقق في الكالسيت يحدث في ثلاثة اتجاهات غير متعامدة منتجاً قطعاً معينة الأوجه .)

2.2.4 المكسر

إشرح للطلاب أن الكسور تحدث نتيجة تعرّض الصخرة للضغط ، حيث تنكسر الصخرة عند أضعف رابطة لها. أثّر إلى الطلاب أن المكسر يحدث طبيعياً وفق ثلاث طرق ويكون ناتج عن عوامل فيزيائية مختلفة تعرّض لها الصخور . بفضل هذه الطرق الثلاث إلى جانب مستوى الصخرة تتخذ هذه الأخيرة شكلاً جديداً .

2.2.5 الكثافة والوزن النوعي

خلفية علمية

قد يكتشف الطلاب الذين يقومون بالمزيد من البحث عن المعادن أن كتب ومراجع الجيولوجيا تضمن الوزن النوعي بين خواصّ المعادن بدلاً من الكثافة . فالوزن النوعي للمعدن هو وزنه مقارنة بوزن حجم مساو له من الماء ، وهي عبارة عن نسبة ، لا يعبر عنها بوحدات ، لهذا يفضل علماء الجيولوجيا استخدامها . لكن لأنّ السنتيمتر المكعب الواحد من الماء له كتلة جرام واحد ، فإن مقدار أو قيمة الوزن النوعي هو مقدار أو قيمة الكثافة نفسها . على سبيل المثال ، الوزن النوعي للكوارتز يساوي (2.65) وكثافته $2.65 \text{ (g/cm}^3\text{)}$. لهذا ، لكي تحول الوزن النوعي إلى كثافة ، أضف فقط الوحدة (g/cm^3) إلى قيمتها .

2.3 خواصّ أخرى للمعادن

♦ فسر للطلاب أن انجذاب بعض المعادن للمغناطيس يرجع إلى محتواها العالي على عنصر الحديد وأن بعض المعادن مثل الماغنيتيت يمكن أن تعمل كمغناطيس .

♦ اسأل الطلاب كيف يمكنهم استخدام قطعة من معدن الماغنيتيت في صنع بوصلة بسيطة . (ستتوقع الإجابات .)

♦ وضح للطلاب أنه بالإضافة إلى تلك الصفات المذكورة ، هناك خواصّ أخرى تفيد في التعرف على المعادن ، منها:

تلاعب الألوان: تظهر بعض المعادن تغيراً في اللون عند النظر إليها من زوايا مختلفة .

النجومية: عند النظر إلى بعض المعادن فإنها تتخذ شكل النجم اللامع .

عدد اتجاهات الانقسام	رسم مبسط	اتجاهات الانقسام	العينة
اتجاه واحد			مسكوفيت (ميكا بيضاء)
اتجاهان بزاوية 90°			فلسبار
اتجاهان بزاوية لا تساوي 90°			هورنبلند
ثلاثة اتجاهات بزاوية 90°			هاليت
ثلاثة اتجاهات بزاوية لا تساوي 90°			كالسيت

جدول 4
الاتجاهات الثلاثة للانقسام لبعض المعادن

تكمّل العلوم؟

تؤثر نسبة وجود العناصر الكيميائية على قيمة الوزن النوعي للمعدن . فالوزن النوعي لمعدن الأوليفين الذي يحتوي على فلزّ الحديد أقلّ من الوزن النوعي لمعدن الماغنيتيت (خام الحديد) ، لأنّ الوزن الذري لعنصر السيليكون ، وهو أحد العناصر المكوّنة لمعدن الأوليفين ، أقلّ من الوزن الذري للحديد الموجود بنسبة كبيرة في معدن الماغنيتيت . هل الوزن النوعي للأوليفين الذي يحتوي على الحديد يساوي الوزن النوعي للأوليفين الذي يحتوي على المغنيسيوم؟

Fracture

4.2 المكسر

هو شكل السطح الذي ينتج عن كسر المعدن في اتجاه غير أسطح الانقسام . عندما تنكسر المعادن ، ينتج عنها أشكال مختلفة . محارية المكسر (شكل 29) مثل معدن الكوارتز ، وغير مستوي مثل معدن البيريت ، والمكسر اللغوي مثل معدن الأسبستوس (شكل 30) .



شكل 30
المكسر اللغوي في معدن الأسبستوس
Asbestos



شكل 29
المكسر المحاري في معدن الكوارتز

2.5 الكثافة والوزن النوعي

Density and Specific Gravity

الكثافة خاصية هامة للمادة تُعرّف بأنها كتلة وحدة الحجم ، ويتم التعبير عنها عادة بالجرامات لكل سنتيمتر مكعب . يستخدم علماء المعادن مقياساً مرتبطاً بها هو الوزن النوعي Specific Gravity لوصف كثافة المعادن . يُمثّل الوزن النوعي نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساو له من الماء عند درجة حرارة 4° ، وهو عدد بدون وحدات قياس . معظم المعادن الشائعة المكوّنة للصخور لها وزن نوعي يتراوح بين 2 و3 . فعلى سبيل المثال ، الكوارتز ذو وزن نوعي 2.65 . بالمقابل ، بعض المعادن الفلزيّة مثل البيريت ، والثّحاس ، والماغنيتيت ذو وزن نوعي يزيد عن ضعف وزن الكوارتز النوعي . يبلغ الوزن النوعي للجاليينا ، وهو أحد مصادر الرصاص ، 7.5 تقريباً .

3. خواصّ أخرى للمعادن

Other Properties of Minerals

بالإضافة إلى الخواصّ التي ذُكرت ، يمكن التعرف على بعض المعادن عن طريق خواصّ مميزة أخرى . فعلى سبيل المثال ، يمكن تمييز معدن الهاليت بسرعة عن طريق التذوّق (الطعم) ، أمّا التلك والجرافيت فهما مُلَمَّسٌ مُشَمِّرٌ ، فالتلك له مُلَمَّسٌ صابوني ، أمّا الجرافيت فله مُلَمَّسٌ دهني . وإضافة إلى ذلك ، يميّز بعض المعادن برائحة مميزة عند حكها ، كرائحة الثوم من معدن الأرسيينوبيريت ورائحة الكبريت من معدن البيريت . والقليل من المعادن مثل الماغنيتيت لها محتوى حديديّ عالٍ ، ويمكن التقاطه بالمغناطيس .

ملف الإنجاز

لتوضيح كيف أن فكرة تمييز الخواص الفيزيائية وتعرفها يمكن أن تستخدم في تعرف المعادن خاصة وأيضاً في تعرف الأشياء عامة، اطلب إلى الطلاب إعداد قائمة تحتوي على 12 مجموعة من الأشياء التي تختلف ويمكن التعرف عليها بواسطة خواصها المشتركة. ابدأ بهذه القائمة، ثم أضف المزيد: الدرجات، ألعاب الفيديو، السحب، العملات. لكل مجموعة، دع الطلاب يعدون قائمة بالخواص التي تناسب في تعرف أو تسمية أشياء معينة خلال المجموعة.

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

دع الطلاب يجمعون صوراً ومخططات ورسومات للمعادن من المجلات والكتب وشبكة الإنترنت. دعهم يصنفونها بحسب خواصها الطبيعية ويبحثون عن استخدام كل منها ويسجلونها بجانب هذه الأشكال. دعهم يحتفظون بما جمعوه وصنفوه ووصفوا استخدامه في ملفات الإنجاز.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2

1. غالباً ما تجعل الشوائب المعدن نفسه ذات ألوان عديدة. على سبيل المثال، الكوارتز قد يكون وردياً، شفافاً، بنفسجياً، مدخناً.
2. اختبار الصلادة قد يفيدك في تحديد نوع المعدن.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن بعض المعادن ذو خواص بصرية خاصة. وعلى سبيل المثال، عندما توضع قطعة شفافة من الكالسيت على مادة مطبوعة، تظهر الحروف مرتين، وتعرف هذه الخاصية البصرية بالانكسار المزدوج Double Refraction (شكل 31).

يملك بعض المعادن خواص كهربائية. فمعدن الكوارتز مثلاً، تتولد على بلوراته شحنات كهربائية عند تعرضه للضغط، لذلك يُستخدم في صناعة الساعات. أما معدن الثورمالين، فتتولد على أطراف بلوراته شحنات كهربائية عند تعرضه للحرارة، لذلك يُستخدم في قياس درجات الحرارة المرتفعة جداً.

مراجعة الدرس 2

1. لماذا يصعب تحديد معدن ما من خلال خاصية اللون؟
2. إذا وجدت معدناً زجاجي المظهر أثناء البحث عن الصخور وتأملت أن يكون ماساً، فما الاختبار البسيط الذي قد يساعدك في تحديد نوعه؟



شكل 31
مثال على الانكسار المزدوج عبر معدن الكالسيت.

التكنولوجيا والصناعة

عند تعرض بلورة الكوارتز لمجال كهربائي، تتذبذب وتهتز بتردد محدد يميز بالانتظام والدقة. تُعرف هذه الظاهرة بالبيزوكهربائية التي ساعدت الباحثين في صناعة أجهزة حساسة كثيرة، أهمها الساعات المصنّمة لقياس الوقت بدقة عالية.

كتاب الطالب: من ص 32 إلى ص 35

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ♦ يصنّف المعادن على أساس التركيب الكيميائي.
- ♦ يقارن بين أنواع المعادن السيليكاتية.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

وضح للطلاب أن جميع صخور القشرة الأرضية تتكون من المعادن التي تتوقف خواصها المختلفة على الظروف الكيميائية والفيزيائية لنشأتها، وأن كل مجموعة من تلك المعادن هي صورة عن ظروف البيئة التي تكونت فيها. من الضروري أن نتعرف العناصر الكيميائية المكونة للمعادن وكذلك التركيب الذري البنائي أو طريقة ترتيب الذرات أو الأيونات في المعادن. بالإضافة إلى ذلك، إنها تتناول الموارد المعدنية التي تعتبر المصدر الأساسي للمعادن الاقتصادية وشروط توفر العناصر الكيميائية في القشرة الأرضية حتى يكون المورد ذات قيمة اقتصادية كما هو موضح في الشكل (32).

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب حول الخواص الكيميائية للمعادن، وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ ما المكونات الأساسية للصخور بمختلف أنواعها؟ **(المعادن)**
- ♦ ما أكثر العناصر الكيميائية توفرًا في القشرة الأرضية؟ **(الأكسجين والسيليكون)**

- ♦ كيف يمكننا تفسير الاختلاف في خواص المعادن المختلفة وفهمه؟ **(عن طريق تعرف التركيب الكيميائي للمعادن المختلفة)**
- ♦ هل الموارد المعدنية متجددة أم غير متجددة؟ **(غير متجددة)**

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد بعض الطلاب أن الخواص الطبيعية للمعادن غير مرتبطة بالخواص الكيميائية لها. وضح للطلاب أن كلاً من الخواص الطبيعية والكيميائية للمعادن شديدي الارتباط ببعضهما بعضاً، وهي تفيد في التعرف عليه من دون معرفة تركيبه الكيميائي وتركيبه الذري وفهمها.

الخواص الكيميائية للمعادن Chemical Properties of Minerals

الدرس 3

أهداف الدرس

- ♦ يصنّف المعادن على أساس التركيب الكيميائي.
- ♦ يقارن بين أنواع المعادن السيليكاتية.



شكل 32

يستخدم معدن الكالسيت في تصنيع الإسمنت.

تمت تسمية 4 000 معدن تقريباً، ويتم التعرف على العديد من المعادن الجديدة كل عام. تدخل بعض المعادن في تركيب معظم الصخور المكونة للقشرة الأرضية، ويُشار إليها غالباً بالمعادن المكونة للصخور Rock Forming Minerals. يُستخدم العديد من المعادن الأخرى على نطاق كبير في تصنيع المنتجات التي يستخدمها مجتمعنا الحديث، وتُسمى "المعادن الاقتصادية" "Economic Minerals". تجدر الإشارة إلى أن المعادن المكونة للصخور والمعادن الاقتصادية ليستا مجموعتين منفصلتين. فعلى سبيل المثال، معدن الكالسيت Calcite الذي يُعتبر المكون الأساسي للحجر الجيري الرُّسوبي، له استخدامات متعددة بما فيها تصنيع الأسمنت Cement (شكل 32).

التركيب الكيميائي للمعادن

Chemical Composition of Minerals

تتكون معادن القشرة الأرضية من ثمانية عناصر بنسبة أكثر من 98% وفق الترتيب التنازلي التالي: الأكسجين O، السيليكون Si، الألمنيوم Al، الحديد Fe، الكالسيوم Ca، الصوديوم Na، البوتاسيوم K، المغنيسيوم Mg. تتكون هذه العناصر المعدنية الأكثر انتشاراً في القشرة الأرضية، والتي صُنّفت في مجموعتين كبيرتين هما المعادن اللاسيليكا Non-Silicates والمعادن السيليكا Silicates.

- وضع للطلاب أنه في المتوسط ، كل 100 ذرة في القشرة الأرضية يوجد من بينها 50 ذرة أكسجين ، 25 ذرة سيليكون ، 8 ذرات ألومنيوم ، أما الحديد والكالسيوم والماغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم فيوجد ذرتان أو أكثر من كل منها .
- ما العناصر التي يتكون منها كل معدن سيليكاتي؟ (الأكسجين والسيليكون وعنصر أو أكثر من العناصر الشائعة في القشرة الأرضية)
- ما مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها أيون السيليكات؟ (4-)

- كيف تصبح رباعيات الأوجه غير المرتبطة مركبات متعادلة؟ (عن طريق إضافة أيونات موجبة الشحنة)
- لماذا يحتوي معدن الأوليفين على أيونات الماغنيسيوم أو الحديد الموجودة بين وحدات السيليكات؟ (حتى يصبح مركباً متعادلاً.)

وضع للطلاب أن بعض التصنيفات في علم المعادن قد أفردت السيليكات بمفردها في رتبة واحدة لكونها الوحيدة التي تحتوي على السيليكون في تركيبها الكيميائي ، فقسمت المعادن إلى: معادن سيليكاتية ، ومعادن لاسيليكاتية . ومن الدوافع التي أدت إلى دراسة معادن السيليكات بتفصيل كبير انتشارها الواسع في صخور القشرة الأرضية ، حيث إنها تمثل 25% من المعادن المعروفة ، 40% من المعادن الأكثر انتشاراً ، 90% من المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية .

دع الطلاب يدرسون الجدولين (5) و (6) ، ثم أسأل:

- أي من مجموعات السيليكات أكثرها ثباتاً وأي منها أكثر قابلية للتنوع المعدني؟ (الكوارتز أكثر ثباتاً لأنه لا يحمل شحنات . أما الأوليفينات والمجموعات الأخرى فهي أقل ثباتاً نظراً لاحتوائها على شحنات سالبة تعادلها عناصر مختلفة فتتوزع المعادن .)
- ما هي مجموعات المعادن التي تنتمي إليها المعادن اللاسيليكاتية الأكثر شيوعاً؟ (الكربونات والكبريتات والهاليدات)
- ما أكثر معدنين من معادن الكربونات شيوعاً؟ ولماذا يصعب تمييزهما عن بعضهما بعضاً؟ (الكالسيوم والدولوميت ، ويصعب تمييزهما لأنهما متشابهان فيزيائياً وكيميائياً ، فكليهما له بريق زجاجي وصلادة تتراوح بين 3 و 4 وانقسام معيني كامل .)

1. المعادن اللاسيليكاتية Non-Silicates

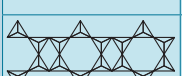
تُقسم المعادن وفق تركيبها الكيميائي إلى معادن عنصرية مثل الذهب والكبريت والجرافيت ، ومعادن مركبة مثل الكربونات والهاليدات والأكاسيد والكبريتيدات والفوسفات . أنظر إلى الجدول (5) التالي:

المجموعة المعدنية	اسم المعدن	الصيغة الكيميائية	بعض الاستخدامات الاقتصادية
المعادن العنصرية	الذهب	Au	صناعة المجوهرات والتجارة
Native Elements	الفضة	Ag	صناعة المجوهرات والعملات النقدية والتصوير
	البلاتين	Pt	مادة محفزة في الكيمياء ، طب الأسنان
المعادن العنصرية اللافلزية	الجرافيت	C	صناعة أفلام الرصاص والطلاء والأقطاب الكهربائية
	الأماس	C	حجر كريم ، مادة كاشطة (الصفرة)
	الكبريت	S	صناعة أعواد القاب ومخضبات التربة والأدوية
الكربونات (CO_3^{2-})	الكالسيت	CaCO_3	صناعة الورق والعدسات الخاصة والأصباغ
	الدولوميت	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	صناعة الإسمنت ومخضبات التربة ومنحضرات التجميل
الهاليدات (F^- , Br^- , Cl^-)	الهاليت	NaCl	حفظ الطعام وديج الجلود وصناعة الصابون
	الفلوريت	CaF_2	صناعة الصلب والزجاج والعدسات والسيراميك
	السيلفايت	KCl	صناعة مخضبات التربة والتصوير الضوئي
الأكسيدات (O_2^{2-})	الهيماتيت	Fe_2O_3	خام لعنصر الحديد ، صناعة الأصباغ
	الماجنتيت	Fe_3O_4	خام لعنصر الحديد ، صناعة المغناطيس
	الكوراندوم	Al_2O_3	حجر كريم ، مادة كاشطة (الصفرة)
	(الفلج)	H_2O	التبريد
الكبريتيدات (S^{2-})	الجالينا	PbS	خام لعنصر الرصاص ، صناعة السبائك غير الحديدية
	البيريت	FeS_2	إنتاج حمض الكبريتيك ، خام لعنصر الحديد
	الكالكوبيريت	CuFeS_2	خام لعنصر النحاس
	السينابار	HgS	خام الزئبق
الكبريتات (SO_4^{2-})	الجبس	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	حفر الآبار ، صناعة العوازل الحرارية ومعجون الأسنان
	الأنهدريت	CaSO_4	صناعة البلاط ، مصدر الكبريت ، صناعة ورق الجدران
الفوسفات (PO_4^{3-})	الأباتيت	$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$	صناعة الأسمدة الزراعية

جدول 5
تقسيم المعادن وفق تركيبها الكيميائي

2. المعادن السيليكاتية Silicates

هي من أهم المجموعات المعدنية وأكثرها انتشاراً في الطبيعة ، وهي تحتوي بشكل أساسي على عنصري الأكسجين والسيليكون بالإضافة إلى عنصر أو أكثر من العناصر الأخرى الموجودة في القشرة الأرضية . أنظر الجدول (6) التالي :

نوع المعدن السيليكاتية	اسم المعدن	شكل رباعيات الأوجه السيليكاتية	الصلادة	ترتيب رباعيات الأوجه السيليكاتية
منفردة Tetrahedra	أوليفين جارت	منفصلة وغير مرتبطة مع بعضها بعضاً	7.5-6	
مزدوجة Sorosilicates	ميللايت أيدوت	على شكل أزواج	7-5	
حلقية Ring Silicates	بيريل تورمالين	ثلاثة أو أربعة أو ستة رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل دائري	8-7	
سلسالية Single Chain Silicates (أحادية السلاسل)	مجموعة البيروكسين مثل معدن الأوجيت	مرتبة على شكل سلاسل مستقيمة	6-5	
مزدوجة السلاسل Double Chain Silicates	مجموعة الأمفيبول مثل معدن الهورنبلند	سلسلتان مرتبطتان تحتويان على الماء	6-5	
صفائحية Sheet Silicates	ميك (البيوتيت) المسكوفيت	صفائحية	3-1	
هيكلية ثلاثية الأبعاد Framework Silicates	معادن الفلسبار الكوارتز	ترتيب شبكي ثلاثي الأبعاد	7-6	

جدول 6
أنواع المعادن السيليكاتية

مراجعة الدرس 3

1. ما الفرق بين المعادن السيليكاوية والمعادن اللاسيليكاوية؟
2. لبناء مبنى ما يتم استخدام الإسمنت. إبحث على شبكة الإنترنت أو في مكتبة المدرسة عن مصدر هذه المادة.
3. إرجع إلى الجدول (5) ثم سمّ المعادن اللاسيليكاوية المستخدمة في صناعة المخصّبات الزراعية وأقلام الرصاص.
4. أذكر خمسة من العناصر المكوّنة لمعادن القشرة الأرضية.

35

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3

1. المعادن السيليكاوية تتكوّن من وحدات SiO_4 رباعية الأوجه منفردة أو على شكل سلاسل مفردة أو مزدوجة أو هيكلية ثلاثية الأبعاد. أمّا المعادن اللاسيليكاوية فتخلو من السيليكا وتتكون من مجموعات كيميائية أخرى كالهاليدات والكربونات والأكاسيد والعناصر المنفردة (الفلزية). تتمّ صناعة الإسمنت بحرق الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) في وجود القليل من الحجر الطيني (السيليكا الصناعية) وبعض الفلسبارات كمحفّز لعملية التسخين.
3. المعادن اللاسيليكاوية المُستخدمة في صناعة المخصّبات الزراعية هي الفوسفات والهاليدات وبعض المعادن العنصرية، وتلك المُستخدمة في صناعة أقلام الرصاص هي الجالينا والجرافيت.
4. الأكسجين O، السيليكون Si، الألومنيوم Al، الحديد Fe، الكالسيوم Ca

بالإضافة إلى أن البيريت يعرف بالذهب الكاذب أو الزائف فإنه يعرف أيضًا «بالذهب الغبي». هو معدن للحديد الذي يستخدم قليلاً كمصدر لفلز الحديد وتركيبه الكيميائي كبريتيد الحديد FeS_2 ، وعادة ما يكون مصاحباً لعدد من المعادن المختلفة مثل النحاس والذهب. ويعتبر البيريت ذات قيمة كبيرة للكبريت، حيث يستخدم في صناعة حمض الكبريتيك. الصفات الفيزيائية للبيريت هي: أصفر اللون، ذات بريق فلزي ومخدشه أسود أو يميل إلى اللون البني، صلابته ومكسره غير مستويين، وبلّوراته ذات أوجه مخططة 5-6-6.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد الطلاب أن المعادن تعتبر مفيدة فقط إذا كانت ثمينة أو إذا كان يمكن استخلاص الفلزات الصلدة منها. ناقش مع الطلاب بعض الخواص المفيدة التي تجعل المعادن مفيدة. مثال على ذلك، الخواص الكهربائية للمعادن في البطاريات، الأصباغ المهمة في تصنيع الدهانات والطلاءات، لون الرخام ونسيجه مهمان لنحت التماثيل والعمار.

نشاط توضيحي

دع الطلاب يفحصون خريطة دولة الكويت في إحدى الموسوعات أو الأطالس الجغرافية ليكتشفوا أي الخامات المعدنية يتم تعدينها في المناطق المختلفة من البلد. بعد ذلك، وبمشاركة جميع طلاب الفصل، سجل على السبورة قائمة بالمواقع المختلفة التي يتم فيها التعدين مع تسجيل نوع الخام إلى جانب اسم الموقع.

ملف الإنجاز

قسم الطلاب إلى مجموعات صغيرة. خصص لكل مجموعة أحد المعادن المذكورة في (الجدول 5). بعد ذلك اطلب إلى طلاب كل مجموعة كتابة تقرير من فقرتين أو ثلاث عن هذا المعدن واستخداماته وخواصه الطبيعية والكيميائية.

3. قيم وتوسع

3.1 ملف تقييم الاداء

دع الطلاب يعدّون خريطة مفاهيم بعنوان "التركيب الكيميائي للمعادن". يجب أن تتضمن الخريطة المجموعتين الأساسيتين للمعادن (المعادن السيليكاوية والمعادن اللاسيليكاوية)، ثم تتفرع إلى التفاصيل المختلفة والأمثلة مع ذكر التصنيف الكيميائي والخواص الطبيعية والكيميائية لكل مثال يتم ذكره في الخريطة.

كتاب الطالب: من ص 36 إلى ص 44

عدد الحصص: 2

ملاحظة: إجراء النشاط العملي (2) متزامناً مع شرح الجانب النظري

الأهداف:

- ♦ يقارن بين المادة المتبلرة وغير المتبلرة.
- ♦ يصف أجزاء الشكل الخارجي للبلورة.
- ♦ يحدّد عناصر التماثل البلوري.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

وضح للطلاب أن معظم المعادن متبلرة حتى ولو لم يظهر ذلك فهو يظهر تحت عدسة المجهر. ومن أبرز المعادن التي تتواجد في الطبيعة في صورة متبلرة واضحة هو معدن الكوارتز الموضّح في الشكل (33). اسأل الطلاب:

♦ هل جميع البلورات الطبيعية معادن؟ (نعم)

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة حول الشكل البلوري للمعادن، اطلب إليهم تعريف المعدن وتحديد شروط تصنيف المادة على أنها معدن (يجب أن يذكر الطلاب التركيب الكيميائي المحدّد)، ثمّ وجه إليهم الأسئلة التالية:

♦ ما معنى التركيب الكيميائي المحدّد؟ (مركبات لها ترابط كيميائي

معين بين الذرات والأيونات أو الجزيئات.)

♦ هل يكون هذا التركيب فراغي؟ (نعم)

♦ ماذا يحدث إذا توفّرت المادة الكيميائية في محلول مشبع وتُترك المحلول ليبرد أو يتبخّر؟ (تتبلور المعادن وتنمو البلورات في الأبعاد الثلاثة.)

♦ في النهاية نحصل على بلورات. لماذا سُمّيت بلورات؟ (لتمييزها بوجود أسطح مستوية في الفراغ.)

تصويب مفهوم خاطئ:

قد يعتقد بعض الطلاب أن الخواص الطبيعية للمعادن غير مرتبطة بالخواص الكيميائية لها. وضح للطلاب أن كلاً من الخواص الطبيعية والكيميائية للمعادن شديدي الترابط ببعضهما بعضاً، وهي تفيد في التعرف عليه من دون معرفة تركيبه الكيميائي وتركيبه الذري وفهمها.

الشكل البلوري للمعادن
Crystal Form of Minerals

الدرس 4

أهداف الدرس

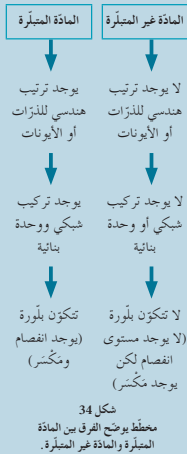
- ♦ يقارن بين المادة المتبلرة وغير المتبلرة.
- ♦ يصف أجزاء الشكل الخارجي للبلورة.
- ♦ يحدّد عناصر التماثل البلوري.



شكل 33
مادة متبلرة

عندما تتوفّر الظروف الملائمة للذرات أو أيونات مادة ما أثناء تكوّناتها، بحيث ترتّب في الأبعاد الثلاثة، ينتج عنها شكل هندسي منتظم. تُسمّى هذه الأخيرة المادة المتبلرة (شكل 33). ما الفرق بين المادة المتبلرة والمادة غير المتبلرة؟ انظر إلى (شكل 34) الموضّح في الهامش.

تتكوّن بلورات المعادن في الطبيعة نتيجة عمليات تبلور معيّنة. البلورة عبارة عن جسم صلب متجانس تحدّد من الخارج أسطح مستوية تكوّنت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة. سوف ندرس الشكل البلوري للمعادن من حيث البناء الداخلي للبلورات، والخواص الخارجية للبلورات، والتماثل أو التناسق البلوري كما هو موضّح في خريطة المفاهيم الواردة في الصفحة التالية.



اجعل الطلاب يدرسون مكعب ثم اطرح الأسئلة التالية مستعيناً بمخطط الشكل البلوري الوارد في كتابهم ص 37:

♦ مم تتكون البلورة؟ (من أوجه تقفل الفراغ) نبه الطلاب أنها تسمى الأوجه البلورية.

♦ ماذا ينتج عن تقاطع وجهين بلوريين متجاورين؟ (حرف يسمى الحرف البلوري)

♦ ماذا يقترحون لتسمية الزاوية الواقعة بين وجهين (قد تختلف الإجابات - أيد مصطلح الزاوية بين وجهية)

♦ استطرد واسألهم عن اقتراحهم للزاوية عند تقاطع 3 أوجه (قد تختلف الاقتراحات - أيد مصطلح الزاوية المجسمة)

♦ ماذا ينتج عن انتظام ترابط الذرات والأيونات أو المجموعات الأيونية؟ (نوع من الانتظام وينتج عنه النظم البلورية التي سبقت دراستها في مرحلة سابقة)

♦ متى يسمى المستوى الذي يقسم البلورة إلى جزأين متساويين مستوى تماثل؟ (عندما يكون أحد الجزأين صورة في المرآة للآخر)

1.2 البناء الداخلي للبلورات

وضّح للطلاب أنّ البناء الداخلي للبلورات يتميز بـ:

الترتيب الفراغي للذرات أو الأيونات أو المجموعات الأيونية في البلورة ضمن شكل محدود ودوري ويُرسَم من خلاله شبكة بنية ثلاثية الأبعاد. أوضح العالم برافيه أن هناك 14 نمطاً فقط لهذه الترتيبات الفراغية ممكنة هندسياً. كما وأن أبسط وحدات الترتيب الفراغي تُعرف باسم الوحدة البنائية.

طبيعة الروابط التي تضم هذه الأيونات بعضها إلى بعض ومدى قوتها، أهمها: الرابطة الفلزية، رابطة فان ديرفال، الرابطة التساهمية، الرابطة الأيونية. وتحدّد هذه الروابط خصائص المعادن الفيزيائية وصفاتها كما هو موضّح في الجدول (7) في كتاب الطالب.

تنبأ

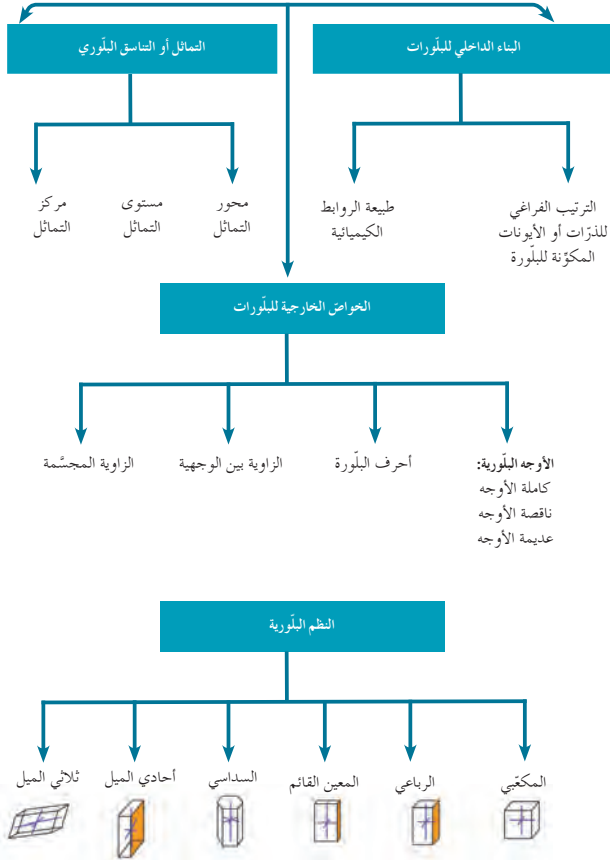
اسأل الطلاب: لو وقفت مواجهاً لبلورة المكعب والنقط لها صورة ثم قمت بلف البلورة حول المحور الرأسي 90° والنقطت صورة أخرى وكررت العملية مرتين إضافيتين ثم عرضت الصور، هل تجد بينهما فرق؟ (سنحصل على أربع صور متطابقة كما لو كانوا أربع نسخ لوضع واحد)

♦ استرسل واسأل: كم عدد مرات تكرار الوجه أو الحرف عندما

تلف البلورة 360° حول المحور الرأسي؟ (4 مرات)

♦ ما اسم الخط الذي يتكرر الوجه أربع مرات عند لف البلورة لفة كاملة في الفراغ؟ (محور تماثل رباعي)

الشكل البلوري للمعدن



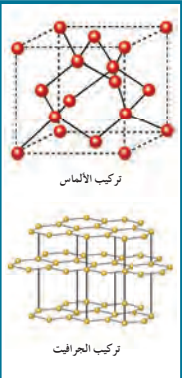
37

1. البناء الداخلي للبلورات

يعبر عنه بطريقة ترتيب الذرات أو الأيونات التي تتكوّن منها بلورات المعدن، وهي تعتمد على عوامل عديدة من أهمها:

1.1. الترتيب الفراغي

يحدث الترتيب الفراغي للذرات أو الأيونات أو المجموعات الأيونية في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجعل كل ذرة أو أيون في البلورة لها الظروف نفسها المحيطة بالذرات أو الأيونات الأخرى، ما يكوّن تركيب يُسمّى التركيب الشبكي الفراغي (شكل 35). يمثل هذا التركيب تكراراً لوحدة صغيرة جداً تُعرف كل واحدة منها باسم الوحدة البنائية (أصغر جزء من البلورة). تختلف الوحدات البنائية في بلورات المعادن المختلفة وقد صنفها العالم برافيه إلى 14 نمطاً.



شكل 35 التركيب الشبكي لمعدني الألماس والجرافيت

1.2. طبيعة الروابط الكيميائية بين الذرات أو الأيونات وقوتها

هذه الروابط تحدّد صفات المعادن الفيزيائية كما في الجدول (7) التالي،

وجه المقارنة	الأيونية	الفلزية	فان ديرفال
تعريف الرابطة الكيميائية	مساهمة زوج أو أكثر من الإلكترونات بين الذرات (لافلز + لافلز)	تشابك بين دزتين مختلفتان في المقدرة على كسب الإلكترونات أو فقدانها (فلز + لا فلز)	قوى جذب ضعيفة في فقدان الإلكترونات الموجودة في مستوياتها الخارجية (فلز + فلز)
الصلادة	عالية	متوسطة	منخفضة جداً
الوزن النوعي	متوسط	متوسط	منخفض
درجة الانصهار	عالية جداً	عالية نسبياً	منخفضة
توصيل الحرارة والكهرباء	غير موصل	رديئة ولكن محاليلها توصل التيار الكهربائي	جيدة غير موصل
المتانة	هشة	هشة	متوسطة وقابلة للطرق ولينة والسحب (لدنة)
أمثلة	الكوارتز، الألماس	الهاليت، الفلوريت	النحاس، الفضة، الذهب، الجرافيت، الميكا

جدول 7 طبيعة الروابط الكيميائية

38

ممارسة عملية

◆ شجع الطلاب أن يمسكوا البلورة من كل وجهين متقابلين ويقوموا بلفها لفة كاملة ثم يدونوا عدد مرات تكرار الوجه أو الحرف بنفس وضعه وشكله.

◆ كلف الطلاب بتكرار العملية نفسها عند مسك البلورة بين حرفين متقابلين ثم بين زاويتين مجسمتين. انصحهم بتدوين ملاحظاتهم، ثم اسألهم عن أنواع المحاور البلورية الموجودة في المكعب. (ثلاث محاور رباعية، أربع محاور ثلاثية، ست محاور ثنائية)

◆ كلف الطلاب مرة أخرى باستنتاج مستويات التماثل في بلورة المكعب (9 مستويات: 4 رأسي - 4 مائل - 1 أفقي).

◆ اجعل الطلاب يضعون البلورة على المكتب ثم اسألهم: هل الوجه الملاصق للمكتب له وجه آخر موازي له؟ (نعم) اجعلهم يكرروا التجربة عدة مرات مع تغيير وضع الوجه الذي تركز عليه البلورة واسأل السؤال نفسه (ستكون جميع الإجابات بنعم).

◆ اسأل: ماذا يعني ذلك؟ (ستختلف الإجابات ولكن الإجابة الصحيحة أن لها مركز تماثل)

◆ اسألهم عن تعريف صحيح لمركز التماثل، ثم كلفهم بمراجعته في كتاب الطالب صفحة 40.

مراجعة الروابط الأيونية

ارسم جدول 7 في كتاب الطالب مع حذف المعلومات الموجودة فيه عدا الخاصة بالعمود الأول، ناقش أنواع الروابط ثم شجع الطلاب على استكمال الجدول. بعد الانتهاء منع اجعلهم يراجعوا ما كتبوا من معلومات مع تلك الموجودة في جدول كتاب الطالب.

عمل نماذج

كلف الطلاب بوضع مخطط لعمل جهاز جونيومتر ثم اسألهم عن تعريف الزاوية البينية (البين وجهية).

استنتاج عناصر التماثل

◆ ضع مكعبين فوق بعضهما بعد لصقهما بمادة مناسبة ليكونوا منشورًا رباعيًا. اسألهم عن عناصر التماثل في هذه الحالة واجعلهم يدونوها (محور رباعي، أربع محاور ثنائية، مركز تماثل)

أسئلة إثرائية:

◆ ماذا يحدث لو ضغطنا البلورة من الأمام والخلف (ستشبه علبة الكبريت). احضر علبة ثقاب وكلفهم باستنتاج عناصر التماثل واجعلهم يدونوا عناصر التماثل. (3 محاور ثنائية + مركز تماثل)

◆ ماذا يحدث لعناصر التماثل لو جعلنا الوجه الأمامي ينزلق بالنسبة للخلفي (ستقل لتصبح محور واحد ثنائي + مركز تماثل)

◆ ماذا يحدث لو جعلنا الوجهين الجانبيين ينزلقا أيضًا بالنسبة لبعضهما (لن يتبقى من عناصر التماثل غير مركز تماثل).

◆ ناقش معهم الحالات السابقة واسألهم أن يقترحوا أسماء مناسبة لتنظم البلورية التي تمثلها.

◆ ناقش اقتراحاتهم ثم كلفهم بمراجعة ذلك في كتاب الطالب ذلك في كتاب الطالب.

◆ كلفهم بعمل مخطط لعناصر التماثل في البلورات.

2. الخواص الخارجية للبلورات

1.2 الأوجه البلورية

هي الأسطح أو المستويات التي تحد البلورة من الخارج والتي تعين شكلها الهندسي المنتظم وتعتبر عن التركيب الذري الداخلي للبلورة. وبما أن الترتيب الذري الداخلي في بلورات المعدن الواحد ثابت، فلا بد أن تكون الأوجه البلورية ثابتة ومميزة لبلورات هذا المعدن. وتوقف طبيعة الأوجه البلورية على الظروف الطبيعية والكيميائية السائدة أثناء نمو البلورة.

Edges

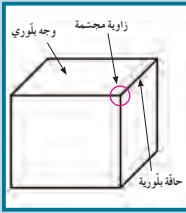
2.2 حواف البلورة

تنتج عن تلاقي وجهين بلوريين متجاورين (شكل 36).

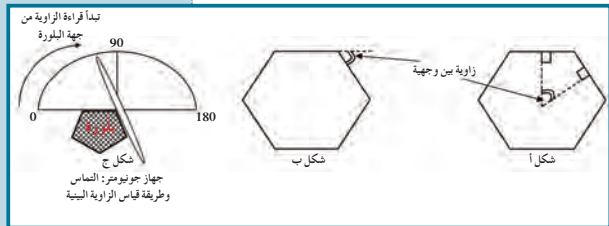
Interfacial angle

3.2 الزاوية بين الوجهية

هي الزاوية المحصورة بين العمودين المقامين على وجهين بلوريين متجاورين (شكل 37-أ) والتي تقدر بقيمة الزاوية المكمل للزاوية المحصورة بين الوجهين المتجاورين (شكل 37-ب). ويمكن قياس قيمتها عن طريق جهاز جونيومتر التماس (شكل 37-ج)، وتكون قيمة الزاوية بين الوجهية ثابتة في بلورات المعدن الواحد مهما اختلفت أحجامها.



شكل 36 حافة البلورة ووجهها



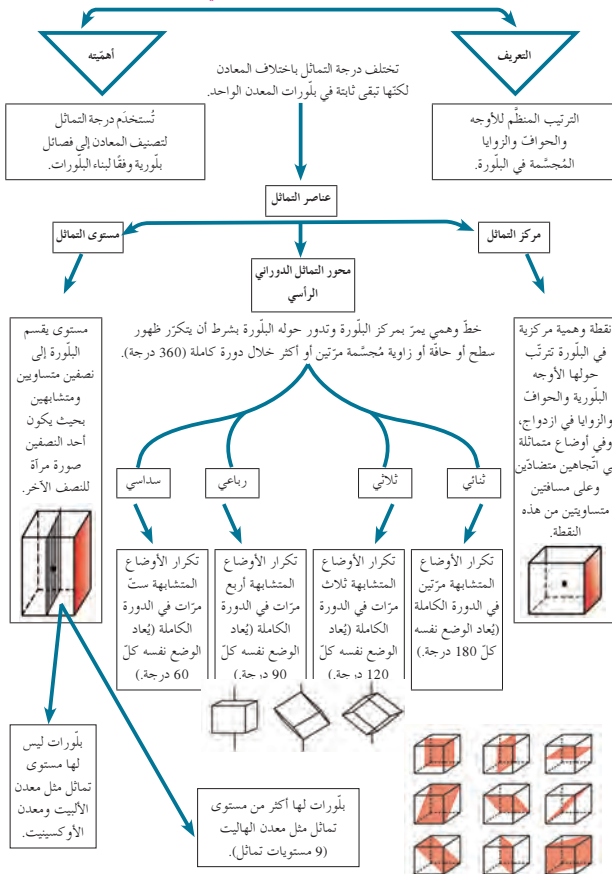
شكل 37 زاوية بين وجهية

Solid angle

4.2 الزاوية المُجسَّمة

هي الزاوية الناتجة عن تلاقي أكثر من وجهين في البلورة (شكل 36).

التماثل أو الخناسق البلوري



♦ هل جميع أوجه بلورة المكعب متشابهة؟ (نعم)

♦ هل جميع أوجه بلورة المنشور الرباعي متشابهة؟ (لا: مكونة من

مجموعتين، أربع مستطيلات + مربعين)

♦ هل جميع أوجه البلورة الممثلة بعلة الكبريت متشابهة؟ (لا:

مكونة من 3 مجموعات من أوجه مستطيلة مختلفة في المساحة)

♦ عَرَف الطلاب أن البلورة التي تقفل الفراغ بمجموعة واحدة من الأوجه

تسمى بلورة بسيطة وتلك التي تقفل الفراغ بأكثر من مجموعة من الأوجه

تسمى مركبة.

• اعرض على الطلاب صور لبلورة كوارتز وأخرى لبلورة هاليت، ثم اعرض صور مختلفة لبلورات متراخمة، ثم اسأل:

♦ كيف تتواجد البلورات في الطبيعة؟ (إما منفردة أو متجمعة) ثم

اسأل عن الأشكال (مكعبية – منشورية – منشورية رفيعة تسمى ابرية

– مسطحة)

♦ أضف لمعلومات الطالب أن التجمعات قد تكون من نوع واحد أو من

أكثر من نوع من البلورات والمعادن.

1.4 المعادن النفيسة والأحجار الكريمة

يَبِّن للطلاب الفرق بين الأحجار الكريمة والأحجار الصناعية المقلدة.

الأحجار الكريمة أو ما يقابلها في لغات أخرى:

الأحجار الطبيعية هي أنواع مختلفة من المعادن المتبلرة المركبة من عنصرين أو أكثر وغالبًا ما تتواجد في المناطق البركانية. بعضها يتكون في باطن الأرض على أعماق مختلفة وبعضها الآخر في المملكة الحيوانية وتستخرج من قاع البحار مثل اللؤلؤ.

شدّد على فكرة أن هذه الأحجار يتم تقييمها وتصنيفها بناء على أربعة مقاييس ألا وهي: الصفاء، اللون، القطع، القيراط.

ثم تأكد من إدراك الطلاب لأنواع الأحجار الكريمة الثلاثة: أحجار ثمينة، أحجار شبه كريمة، أحجار كريمة عضوية وما يميّز كل نوع عن الآخر.

الأحجار الكريمة الصناعية المقلدة:

وضّح للطلاب الفرق بين هذه الأحجار والأحجار الكريمة وشرح لهم أنها مصنعة وناتجة عن سلسلة عمليات كيميائية مخبرية صناعية لذا تُسمّى الأحجار الكريمة الصناعية المقلدة. وتتغير هذه الأحجار في التركيب من عناصر نقية، وأملاح بسيطة إلى سيليكات.

أضف إلى معلومات الطالب

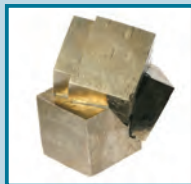
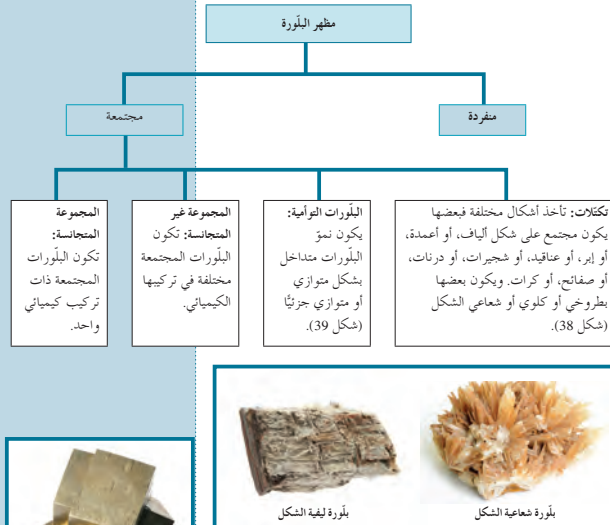
كلما كان المعدن متبلرًا وأكثر صلادة زادت قيمته وبخاصة من الناحية الجمالية لذا تتميز المعادن الثمينة والكريمة بمظهر بلوري متكامل وصلادة مرتفعة.

3. مظهر البلورة Crystal Habit

تختلف أحجام البلورات وأشكالها بناءً على عدّة عوامل، منها:

- ♦ نوع المحلول
- ♦ معدل التبريد
- ♦ مكان حدوث التبلر
- ♦ درجة نقاوة المحلول

إثراء علمي



شكل 39
بلورات توأمية



بلورة لينة الشكل

بلورة شعاعية الشكل

شكل 38
أنواع التكتلات

4. المعادن النفيسة والأحجار الكريمة

Precious Minerals and Gemstones

اهتمّت الحضارات القديمة ببريق المعادن والأحجار الكريمة. وقد ازداد اهتمام الإنسان بالأحجار الكريمة منذ العصر الحجري حتى أيامنا هذه. على سبيل المثال، تُظهر الرسومات الباقية في معابد الفرعون منذ 5000 سنة التقدير في علم المعادن، فقد استخدموا الذهب والفيروز والأزورد (الابيس لازولي) والمالاكيت في صناعة الحلي.

وقد تمّ ذكر الأحجار الكريمة في القرآن الكريم بحيث شَبّهت الحور العين بالياقوت والمرجان "كانّهنّ الياقوت والمرجان - سورة الرحمن". وقد ميّز العرب، ومن بينهم يعقوب الكندي الذي يُعتبر من أقدم خبراء العرب في هذا المجال، بين الأنواع الخالصة والمقلدة. وقد ألف العرب ما يزيد عن خمسين كتابًا حول المجوهرات ومنافع الأحجار.

توجد حوالي 3000 معدن في الطبيعة معترف بها علميًا، منها 100 مُصنّفة كأحجار كريمة، و13 مُصنّفة كأحجار ثمينة تؤثر بشكل كبير في اقتصاد بعض الدول. تُقيم الأحجار الكريمة تجاريًا على أساس أربعة مقاييس: الصفاء، اللون، القطع، القيراط. تكون صلادة هذه الأحجار عالية ومثينة بما يكفي لصقلها وقطعها إلى مجوهرات، لذلك لا بد من تعرّف خواصّ الحجر الكريم مثل مستويات التشقّق ونوع المَكْسَر حتى يتمّ قطعها بشكل مناسب. وعلى الرغم من أنّ الذهب والفضة والبلاتين هي أيضًا معادن عالية القيمة مثل الأحجار الكريمة، إلا أنّها لا تُعتبر أحجار كريمة بل تُصنّف كمعادن نفيسة بسبب سهولة تشكيلها وصياغتها.

1.4 أنواع الأحجار الكريمة

1. أحجار ثمينة: وهي أعلى الأنواع تميّزًا بصلادة عالية، شديدة التحمّل، لها ألوان معيّنة جذابة، ولها بريق متألقّ جذاب مثل الألماس Diamond والياقوت الأحمر Ruby والياقوت الأزرق Sapphire (شكل 40).
2. أحجار شبه كريمة: هذه المعادن ليست بالقيمة التجارية لقلّة صلابتها أو لشفافيتها أو لوفرّتها. تُستخدم هذه الأحجار للزينة والنحت والتصنيع ومنها المالاكيت Malachite والجيد Jade (شكل 41) والأزوريت Azurite والفلسبار والأباتيت.



شكل 40
شكل من أشكال بلورة الياقوت الأزرق
Sapphire بعد تقطيعها



شكل 41
الجيد Jade حجر شبه كريم.

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الاداء

قسم الطلاب إلى مجموعات وكلف كل مجموعة بجمع معلومات وصور عن الأحجار النفيسة والكريمة ونظمها البلورية وأماكن تواجدها في مناطق العالم وطرق تقليدها.

إجابات أسئلة الدرس 4

1. الزاوية بين الوجهية هي الزاوية المحصورة بين وجهين بلوريين متجاورين أما المجسمة فهي الناتجة من تلاقي أكثر من وجهين.
2. البلورة جسم صلب غير عضوي تكون طبيعياً ويتميز بترتيب فراغي منظم لذراته وأيوناته ينعكس خارجياً على هيئة أسطح مستوية تسمى الأوجه البلورية.
3. المكعب - الرباعي - السداسي - المعيني القائم - أحادي الميل - ثلاثي

3. أحجار كريمة عضوية: هي نواتج عمليات عضوية مثل النباتات والحيوانات مثل الكهرمان Amber (مادة صمغية من إفرازات الأشجار الصنوبرية)، المرجان Coral (الهيكسل الحجري للكائنات البحرية)، العاج Ivory (أسنان وأنياب بعض الحيوانات)، اللؤلؤ Pearls (شكل 42) (حيات من كربونات الكالسيوم تنتج من المحار)، الكهرمان الأسود Jet (أحد أنواع الفحم الحجري يولد شحنتات كهربائية عند حكّه). وعلى الرغم من أن تعريف المعدن لا ينطبق على هذه المجموعة من الأحجار بسبب أصلها العضوي، إلا أنها تُعتبر من المجوهرات وذات قيمة اقتصادية.

2.4 الأحجار الكريمة الصناعية المقلدة

تمّ تصنيع بعض الأحجار الكريمة في المصانع لها التركيب الكيميائي والتركيب البلوري والخواص الفيزيائية للحجر الكريم نفسها بحيث لا يمكن التمييز بينها إلا بقياس شكلها ونوع الشوائب فيها واستخدام العدسات المكبرة أو المجاهر لمشاهدة بعض الصفات الداخلية لها (معدن الكوراندوم الطبيعي يحتوي على خطوط نموّ داخلية منحنية، لكن الكوراندوم المصنّع فالخطوط فيه مستقيمة).

إثراء علمي

طرق صناعة الأحجار الكريمة المقلدة

1. الانحلال بالذهب: يُصنّع الباقوت الصناعي بوضع البودرة الخام في الفرن. فتتصهر وهي تسقط من خلال لهب تبلغ حرارته أكثر من 2000 درجة مئوية. تلتحم هذه النقاط السائلة مع بعضها على قاعدة وتبلور. وعند سحب القاعدة، تتكوّن بلورة مستطيلة طويلة تُسمّى كرة، ثم يتمّ تقطيعها لأشكال متعدّدة.
2. الإذابة والتدفق: استُخدمت لصناعة حجر الزمرد، بحيث يتمّ إذابة مسحوق الزمرد وخلطه مع مادة مذيبة عند درجة حرارة عالية جداً ولمدّة طويلة، ثم تُترك لتبرد ببطء شديد جداً (شكل 45).
3. المجوهرات المقلدة (المزيفة): هي أحجار لها شكل الأحجار الكريمة الطبيعية ولكن تختلف في خواصها الكيميائية والفيزيائية، ومن طرق صنعائها نذكر ما يلي:



شكل 45
شكل من أشكال بلورة الزمرد بعد تصحيحه.



شكل 42
اللؤلؤ Pearl شكل من أشكال الأحجار الكريمة العضوية.



شكل 43
الباقوت الصناعي



شكل 44
أحجار كريمة Gemstones

43



شكل 46
أوبال مقلد

نشاط

نمو شجرة بلّورية

المواد والأدوات المطلوبة

ورق مقوّى، مادة مميّضة، محلول الأمونيا، ماء، ملح الطعام، ملوّّات غذائية، ملعقة، وعاء زجاجي، مقصّ، نظارات واقية

خطوات العمل

1. أرسم شجرة على الورق المقوّى وقصّها.

3. زَيّن الشجرة بالملوّّات الغذائية.

3. ضَع ملعقة من الماء في الوعاء، ثمّ أضف ملعقة من ملح الطعام وملعقة من المادّة المميّضة. ضَع نصف ملعقة من محلول الأمونيا.

4. أمزج الخليط جيّداً، ثمّ ضَع شجرتك في الوعاء.

5. ماذا تتوقّع أن يحدث بعد فترة من إضافة متغير (الماء)؟

6. إبحث عن متغيرين آخرين غير الماء، ماذا تتوقّع أن يحدث عند التغيّر فيهما؟

◆ التقليد: تُستخدم مادة الزجاج بدلاً من الأحجار الكريمة الطبيعية لتقليد المجوهرات، بحيث يقطع الزجاج ويُشكّل كالحجر الأصلي. ويتمّ تقليد الأوبال باستخدام مادة البوليسترين التي لها خاصية تغيّر الألوان مثل الأوبال (شكل 46). أمّا لتقليد الألماس، فيتمّ استخدام المعادن مثل الزركون والفيروز (الباقوت الأزرق) والكوارتز حيث يُقطع بطريقة قطع الألماس نفسها ولكنه يختلف في الصلادة والللمعان.

◆ ازدواج الحجر الكريم: تتم هذه العملية بعدّة طرق لجعل الحجر الكريم أكبر حجماً وبالتالي أثنى. توضع طبقة رقيقة من الحجر الكريم على قطعة من الزجاج الشفاف عديمة اللون (شكل 47) فيكسب الزجاج لون الحجر نفسه، أو تُلصق قطعتين صغيرتين من الحجر الكريم الأصلي على مادة ملوّنة، وتُلصق قطعتين إحداهما علوية أصيلة والأخرى سفلية مصنّعة، ثم تُقطع وتُصقل.



شكل 47
لصق طبقة من الحجر الكريم على طبقة من الزجاج.

◆ الطوين: تتلوّن بعض المعادن باستخدام أشعة دقيقة معيّنة أو عندما تتعرض لحرارة شديدة. على سبيل المثال، عندما يتعرّض معدن الأوبال الشفاف إلى إشعة ما أو حرارة يتحوّل لونه إلى الأزرق مثل حجر الزبرجد الأزرق المخضر. ويُضاف إلى العقيق الذي يمتّيز بمسامية عالية أصباغ معيّنة تزيد من قيمتها الاقتصادية.

تنظيف الأحجار الكريمة والمعادن النفيسة

يتأثر بريق الحجر الكريم ولعانه سلباً بالأحماض والعوامل الخارجية مثل الغبار والرطوبة. لذلك، يجب تنظيفها باستمرار بالماء المقطّر ومسحها بقماش جافّ ناعم (يفضل عدم استخدام الماء العادي لأنّه يحتوي على نسبة من المعادن المذابة التي تسبّب ضرراً بالحجر الكريم).

مراجعة الدرس 4

1. ما الفرق بين الزاوية بين الوجهية والزاوية المجسمة في البلّورة.
2. ما المقصود ببلورة المعدن؟
3. عدّد النظم البلّورية.

44

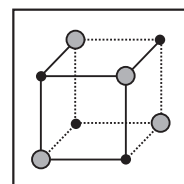
1. د
2. ب
3. ج

ثانياً: تحقق من فهمك

1. إذا لم يحتو المعدن على كمية كبيرة من الألمنيوم، فإنه لا يعتبر خاملاً.
2. لأن الجرافيت (قلم الرصاص) والماس لهما بناء بلوري مختلف، وذرات الكربون مرتبة بطريقة مختلفة في كل من المعدنين. فالجرافيت يحتوي على ذرات كربون منتظمة في طبقات صفيحية مسطحة، لذلك فهي تنزلق بسهولة فوق بعضها بعضاً. ولذلك فإن الجرافيت لين وزلق، أما الماس فذراته منتظمة في نمط ثلاثي الأبعاد، مما يمنع الذرات من الانزلاق بعضها فوق بعض، لذا فالماس شديد الصلادة.
3. كلا، الكهرمان ليس معدناً حقيقياً، لأنه عضوي وليس له تركيب بلوري.

ثالثاً: تطبيق المهارات

1. اللون: برتقالي مصفرّ. البريق: صمغي، راتنجي الشكل البلوري: النظام الرباعي
2. تدل البلورات الكبيرة الحجم لمعدن الولفينيت Wulfenite على أنه قد تكون ببطء.
3. صلادة الولفينيت مقدارها 3 على حيز موهز للصلادة. ولأن معظم الأحجار الكريمة صلبة نسبياً، فإن هذا المعدن ليس صلب بدرجة كافية لاستعماله كحجر كريم. هذه البلورات قد تستخدم كخام للفلزات التي تحتويها، وهي الرصاص والمولبيدات.



4. الوحدة البنائية لمعدن الهاليت هي نظام بلوري مكعب مؤلف من أيونات الصوديوم والكلور ويرسم بالشكل التالي:
5. الهاليت: لديه روابط أيونية تجعله هشاً وقابلاً للتكسر إلى قطع صغيرة عند الطرق. الكوارتز: معدن شفاف الكالسيت: معدن شفاف ذات بريق لا فلزي زجاجي، متضوء يعطي ضوء أحمر عند تعرضه للشمس.

رابعاً: الربط بين الرياضيات والجيولوجيا

1. المطرقة الجيولوجية: لتعرف مدى قابلية المعدن للطرق. المطواة والعملة النحاسية: لتعرف الصلادة. العدسة: لتعرف على النسيج البلوري. قطعة القرميد: لتعرف على المخدش.

خامساً: قارن

1. راجع الجدول (7) الوارد في كتاب الطالب ص (38).

أسئلة الفصل الثاني

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارات التالية:

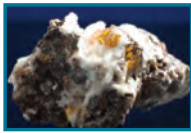
1. إلى أي من المجموعات التالية تنتمي معظم المعادن في القشرة الأرضية؟
(أ) الأوكسيدات (ب) الكربونات (ج) الكبريتات (د) السيليكات
2. عندما تتكسر معادن عديدة على طول مسطحات محاذية، يُقال إنها ذات:
(أ) كثافة نوعية (ب) انشقاق (ج) روابط تساهمية (د) مكسر
3. الوحدة البنائية الأساسية لجميع المعادن السيليكاتية هي:
(أ) صفيحة سيليكونية (ب) جزيء ثاني أكسيد السيليكون (ج) رباعي الأوجه السيليكوني (د) سلسلة مزدوجة سيليكاتية

ثانياً: تحقق من فهمك

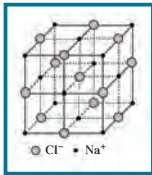
1. لماذا لا يعتبر المعدن المحتوي على عنصر الألمنيوم بالضرورة خاملاً للألمنيوم؟
2. ربما قد تتفاجئ عندما تعرف أن الماس وقلم الرصاص يتكونان من مادة الكربون نفسها. كلاهما معدن ولكن أحدهما يعتبر المعدن الأكثر صلادة فيما يعتبر الآخر ليناً جداً لدرجة أنه يُخدش بظفر الإصبع. ما الذي يتحكم بهذه الفروقات؟
3. الكهرمان "حجر" كريم يستخدم في صناعة المجوهرات. يتكون عندما تتصلب المادة الصمغية السائلة لأشجار الصنوبر مثلاً وتحول إلى "حجر". هل يعتبر الكهرمان معدناً؟ اشرح إجابتك.

ثالثاً: تطبيق المهارات

استخدم الصور الفوتوغرافية للإجابة عن الأسئلة التالية:



لقد وجدت عينة لمعدن ولفينيت (مولبيدات الرصاص) ذي درجة صلادة 3 تقريباً وفق مقياس موهز للصلادة وكثافة 6.8g/cm³. يحتوي المعدن على الأكسجين وفلزي الرصاص والمولبدنيوم المعدنين.



1. الملاحظة: صف لون معدن الولفينيت ولمعانه وشكل بلوراته.
2. الاستدلال: هل تكون معدن الولفينيت ببطء أم بسرعة؟ اشرح إجابتك.
3. الاستنتاج: هل معدن الولفينيت صلب بدرجة تكفي لاستخدامه كحجر كريم؟ لأي غرض قد تستخدم هذه البلورات؟ وضح إجابتك.
4. بالعودة إلى التركيب الشبكي لمعدن الهاليت الوارد في الشكل المرفق، حدّد الوحدة البنائية له برسم حدودها في الأبعاد الثلاثة.
5. حدّد صفة فيزيائية واحدة لكل من المعادن الثلاثة التالية: الهاليت، الكوارتز، الكالسيت.

رابعاً: الربط بين الرياضيات والجيولوجيا

1. وجد عالم جيولوجيا معدناً غير معروف أثناء العمل في متزه وطني. يحمل عالم الجيولوجيا صندوقاً يحتوي على مطرقة جيولوجية، ومذبة جيب، وعدسة يدوية، وقطعة من الخزف، وقطعة نفوذ معدنية. صف في فقرة كيف يمكن لعالم الجيولوجيا استخدام هذه الأشياء لتحديد بعض خواص المعدن.

خامساً: قارن

1. املأ الجدول التالي بحسب المطلوب:

وجه المقارنة	الرابطة الأيونية	الرابطة التساهمية	الرابطة الفلزية	رابطة فان دير فال
صفات المعدن التي ترتبط بذاته بهذه الرابطة				

مخطط الوحدة الثانية: مواد الأرض (II)

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص
1 . الصخور النارية	1 . تكوّن الصخور النارية	• يعرّف الصهارة كمصدر للصخور النارية . • يصف أنواع مختلفة من الأنسجة الصخرية النارية .	1
	2 . تركيب الصخور النارية	• يتعرف التركيبات المختلفة للصخور النارية . • يحدد محتوى السيليكا كمؤشر للتركيب . • يفسر كيف تتكون الصهارة خلال سلسلة تفاعل بوين . • يصف دور الصخور النارية كأسمدة .	2
	حل أسئلة مراجعة الفصل		
2 . الصخور الرسوبية	1 . منشأ الصخور الرسوبية	• يصف كيف تتكون الصخور الرسوبية . • يحدد الأنواع الثلاثة من الصخور الرسوبية . • يميز بين الصخور الرسوبية الفتاتية ، والكيميائية ، والعضوية .	2
	2 . التراكيب الأولى للصخور الرسوبية	• يحدد التراكيب الرسوبية المختلفة: الطبقات – علامات النيم – التشققات الطينية . • يصف كيف تتكون الطبقات الرسوبية . • يفرق بين التطبق المتقاطع والتطبق المتدرج . • يفرق بين علامات النيم التيارية وعلامات النيم التذبذبية . • يفسر كيف تتكون التشققات الطينية .	1
	3 . بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها	• يصف مدى أهمية الصخور الرسوبية لتفسير تاريخ الأرض .	1
حل أسئلة مراجعة الفصل			
3 . الصخور المتحولة	1 . التحول	• يعرّف التحول . • يفسّر كيفية حدوث التحول . • يذكر عوامل التحول ومصادرها .	1
	2 . أنسجة الصخور المتحوّلة	• يحدد نوعي نسيج الصخور المتحولة: المتورق وغير المتورق . • يفرق بين أنواع النسيج المتورق الثلاثة . • يعرّف أنواع مختلفة من بيئات التحول .	2
	حل أسئلة مراجعة الفصل		
إجمالي عدد الحصص			13

مواد الأرض (II)

مكونات الوحدة

الفصل الأول: الصخور النارية

الدرس 1: تكون الصخور النارية

الدرس 2: تركيب الصخور النارية

الفصل الثاني: الصخور الرسوبية

الدرس 1: منشأ الصخور الرسوبية

الدرس 2: التراكيب الأولية للصخور الرسوبية

الدرس 3: بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها

الفصل الثالث: الصخور المتحولة

الدرس 1: التحول

الدرس 2: أنسجة الصخور المتحولة

مقدمة

الصخور ناحية مهمة للغاية من العالم العربي الطبيعي، ولا يزال الكثير من الطلاب غير مدركين لمعظمها. معرفة الصخور واستكشافها سوف يغني فهمهم للأرض .

معالم الوحدة

دع الطلاب يعصفون ذهنهم بحثًا عن أماكن لجمع الصخور بأمان. دعهم يخططون لعمليات تنقيب في أماكن قد يجدون فيها أنواع كثيرة مختلفة من الصخور.

اكتشف بنفسك

جمع الصخور

الهدف من النشاط هو ملاحظة خصائص الصخور والتعرف عليها، بالإضافة إلى استنتاج كيفية تكوينها . خلال مرحلة الجمع، سوف يحتاج الطلاب إلى كيس متين يضعون فيه نماذج الصخور .

الفصل الأول: الصخور النارية
الدرس الأول: تكون الصخور النارية
الدرس الثاني: تركيب الصخور النارية

الفصل الثاني: الصخور الرسوبية
الدرس الأول: منشأ الصخور الرسوبية
الدرس الثاني: التراكيب الأولية للصخور الرسوبية
الدرس الثالث: بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها

الفصل الثالث: الصخور المتحولة
الدرس الأول: التحول
الدرس الثاني: أنسجة الصخور المتحولة



اكتشف بنفسك

التمييز بين أنواع الصخور

Distinguish Between the Types of Rocks

أي صخرة، سواء أكانت حصاة أم قمة جبل، تروي قصة معينة . فالصخور في مجتمعك مثلاً، تروي جزءاً من قصة القشرة الأرضية . سوف تتعلم في هذا الفصل كيفية تشكيل ثلاثة أنواع من الصخور .

الهدف

- تعرّف أسماء الصخور .
- وصف العينات وصفاً صحيحاً .
- تصنيف الصخور إلى أنواع وأقسام .

حل واستنتاج

إفحص عينات الصخور الموجودة في المختبر وتعرّف أسماءها، ثم أجب عن الأسئلة التالية:

- هل تتكون عينات الصخور من بلورات معدنية أو من حبيبات متماسكة؟
- هل تتكون الصخور من معدن واحد أم من أكثر من معدن؟
- هل المعادن موزعة عشوائياً داخل الصخر أم هي منتظمة في صفوف؟
- تذكر أنّ هذه المعلومات ستفيدك في التمييز بين الأقسام الرئيسة للصخور وتقسيم كل قسم إلى أنواع .

* قبل بدأ المشروع، أر الطلاب مجموعة من الصخور معروضة بشكل منظّم، وعلى كلّ منها اسمها. ثمّ أسأل: برأيك، في أيّ مكان من مجتمعك قد تجد أنواعاً مختلفة من الصخور؟ (المنتزهات،

الطرق الفرعية وغيرها)

إشرح للطلاب أنّهم خلال هذا المشروع، سوف يجمعون نماذج صخور ويصنّفونها ويتعرّفون عليها، ثمّ يعرضونها. سوف يتمّ تقييم الطلاب بناء على ما يلي:

- * عدد نماذج الصخور التي يجمعها ويصنّفونها.
- * حسن تصنيف نماذجهم والتعرّف عليها، بالإضافة إلى تصميم معرض ملفت للنظر .

الفصل الأول

الصخور النارية

دروس الفصل

الدرس 1: تكوّن الصخور النارية

الدرس 2: تركيب الصخور النارية

مقدمة الفصل

دع الطلاب يتناقشون حول كيفية ومدى ارتباط الصورة الموجودة في افتتاحية الفصل بمحتواه . اسأل:

• ماذا ترى في هذه الصورة؟ (سطح الأرض وفيه بعض الأجزاء

المنخفضة، وأجزاء مستوية عليها أشخاص.)

• ما الاسم الذي يطلق على سطح الأرض؟ (القشرة الأرضية.)

• هل القشرة الأرضية رقيقة؟ (تمتد القشرة الأرضية إلى عمق عدة

كيلومترات من سطحها.)

• مم تتكون القشرة الأرضية؟ (من الصخور)

• ماذا تعرف عن الصخور؟ (الصخور هي كل مادة صلبة تكون جزءاً

من القشرة الأرضية.)

• هل الصخور نوع واحد أم أنواع متعددة مختلفة؟ (أنواع متعددة

مختلفة ومنها: الصخور النارية، الصخور المتحولة والصخور الرسوبية.)

دع الطلاب يجرون النشاط (3) ص 17 من كتاب الطالب تزامناً مع شرح الدروس.

نشاط إثرائي

تكوّن الصخور النارية.

المهارات: الملاحظة، الاستنتاج، المقارنة

هدف النشاط: معرفة كيفية تكوّن الصخور النارية والمقارنة بينها.

المواد والأدوات المطلوبة: عينات من الجرانيت والأوبسيديان وعدسة يدوية

الزمن: 10 دقائق

الخطوات

• استخدم العدسة اليدوية لفحص عيني الجرانيت والأوبسيديان.

• صف نسيج كل صخر منهما باستخدام المصطلحات:

دقيق التبلور، خشن التبلور أو زجاجي.

• أي صخر منهما يتكون من حبيبات خشنة التبلور، وأيها ليس

فيه حبيبات أو بلورات؟

الصخور النارية Igneous Rocks

الفصل الأول

دروس الفصل

الدرس الأول
• تكوّن الصخور النارية

الدرس الثاني
• تركيب الصخور النارية

تشكل الصخور النارية والصخور المتحولة المشتقة من أصل ناري حوالي 95% من القشرة الأرضية. كما يتكون الوشاح الذي يكون أكثر من 82% من حجم الأرض، من مادة صخرية نارية. لذا، يمكن وصف الأرض على أنها كتلة ضخمة من الصخور النارية تغطيها طبقة خارجية رقيقة من الصخور الرسوبية.

بالتالي، علينا أن نتعرف على الصخور النارية لكي نفهم تكوين كوكب الأرض وتركيبه.



48

النتائج المتوقعة

الجرانيت والأوبسيديان متماثلان تمامًا في التركيب ولكن لهما نسيجان مختلفان لأن الجرانيت يتكوّن من الصهارة والأوبسيديان يتكوّن من اللافا. يجب أن يلاحظ الطلاب أن الجرانيت له نسيج خشن الحبيبات، بينما الأوبسيديان له نسيج زجاجي خالي من الحبيبات أو البلورات.

يجب أن يستنتج الطلاب أن الجرانيت تكون نتيجة تبريد الصهارة ببطء عميقًا أسفل سطح الأرض، بينما الأوبسيديان تكون نتيجة تبريد اللافا بسرعة على سطح الأرض.

كتاب الطالب: من ص 49 إلى ص 55

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ♦ يعرف الصهارة كمصدر للصخور النارية.
- ♦ يصف أنواع مختلفة من الأنسجة الصخرية النارية.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

استخدم شكل (48) واستعن بعينات من صخور الجرانيت والبازلت، ثم اسأل الطلاب:

- ♦ ما هذه الأشياء؟ (قد يقول الطلاب إنها حجارة أو صخور.)
- ♦ أين توجد هذه الصخور في الطبيعة؟ (قد يذكر الطلاب أنها ضمن مكونات القشرة الأرضية.)
- ♦ هل هذه الصخور متشابهة أم مختلفة؟ وما أوجه الشبه أو الاختلاف بينها؟ (مختلفة في اللون والملمس، وحجم وشكل الحبيبات وشكلها.)
- ♦ أين يكون كل من هذه الصخور؟ (الصهارة هي المادة الأصلية للصخور النارية التي تُصنّف، بحسب موضع تصلّب الصهارة، إلى صخور بركانية وصخور جوفية.)

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم معلومات الطلاب السابقة حول تكوّن الصخور النارية، وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ في أي مواضع تصعد المواد المنصهرة في باطن الأرض إلى القشرة الأرضية؟ (البراكين)
- ♦ ما الذي يحدث للمواد المنصهرة عندما تصعد قريباً من سطح الأرض؟ (تتصلّب أو تتبلور.)
- ساعد الطلاب على فهم كيف أن معدلات التبريد تؤثر في حجم البلّورات المتكوّنة في الصخور النارية الناتجة عن تبريد الصهارة. نشاط توضيحي: هل تطفو الصخور؟

اطلب إلى الطلاب تجميع عينات من صخور البيومس والسكوريا والجرانيت، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

1. استخدم عدسة يدوية لتقارن بين البلّورات في كل صخر.
2. حاول أن تجعل كل صخر يطفو على الماء. أي صخر هو الأقل كثافة؟ وأي صخر هو الأكثر كثافة؟

(سلاحظ الطلاب أن الجرانيت هو الأكثر كثافة وأن البيومس هو الأقل كثافة. ستختلف الاستنتاجات. كل من السكوريا والبيومس يحتويان على

فجوات نتيجة تصلّب الفقاعات في المواد المنصهرة.)

تكوّن الصخور النارية

Formation of Igneous Rock

الدرس 1

أهداف الدرس

- ♦ يعرف الصهارة كمصدر للصخور النارية.
- ♦ يصف أنواع مختلفة من الأنسجة الصخرية النارية.

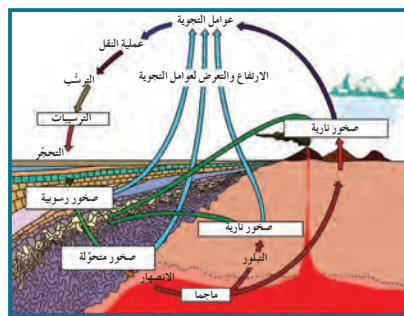
هل تعلم؟

أثناء الثوران المدمر لبركان فيزوفيز vesuvius في عام 79 بعد الميلاد، دُفنت مدينة بومبي (قرب نابولي، إيطاليا) بالكامل تحت أمتار عديدة من صخر البيومس (الحجر الخفاف) والرماد البركاني. مرت قرون، وظهرت مدن جديدة حول بركان فيزوفيز. بعد العام 1595، وأثناء تنفيذ أحد المشاريع الإنشائية، ظهرت بقايا مدينة بومبي. اليوم، يجوب آلاف السائحين بين بقايا محال، حانات، وقبلات مدينة بومبي الأثرية المكتشفة بالحفر.



شكل 49

الحجم البركانية (البراكين) الساكنة المتدفقة على منحدرات بركان كيلوا "Kilauea" في جزر هاواي.



شكل 48
دورة الصخر في الطبيعة

1. الصهارة: المادة "الأم" للصخور النارية

Magma: The Parent Material of Igneous Rocks

تتكوّن الصخور النارية Igneous Rocks عندما تبرد المادة المنصهرة وتتصلّب. ونسعى المادة الأم للصخور النارية الصهارة Magma، وتتكوّن عبر الانصهار الجزئي للصخور Rocks Partial Melting. يحدث الانصهار الجزئي عند مستويات مختلفة داخل القشرة الأرضية، والوشاح العلوي عند أعماق قد تصل إلى 250 كيلومتراً (حوالي 150 ميلاً). بمجرد تكوينها، تساعد كتلة الصهارة نحو السطح كونها أقل كثافة من الصخور المحيطة بها. تدفع المواد المنصهرة من حين إلى آخر مسببة ثوراتاً بركانياً مذهلاً. الصهارة التي تصل إلى سطح الأرض تسمى "اللافا" Lava أو الحمم البركانية.

قد يعتقد الطلاب أن جميع الصخور تغوص في الماء. عندما يشاهدون بياناً عملياً يوضح أن البيومس يطفو، قد يعتقدون أن البيومس عبارة عن مادة صناعية. إذا كان ممكناً، اعرض شريط فيديو يتناول تحرك الصهارة والانفجار البركاني. ثم أوقف الشريط عند نقاط معينة، حيث يتضح أن التبريد السريع للصهارة سيحتوي على فقاعات.

2. علم وطّق

1.2 الصهارة: المادة "الأم" للصخور النارية

- ما المادة الأصلية للصخور النارية؟ وكيف تتكون هذه المادة؟ (الصهارة، وتتكون بواسطة عملية الانصهار الجزئي الذي يحدث عند مستويات مختلفة داخل القشرة الأرضية والوشاح العلوي، عند أعماق تصل إلى 250 كيلومتراً).
- ماذا يحدث لكتلة الصهارة بمجرد تكونها؟ (ترتفع طافية نحو السطح لأنها أقل كثافة من الصخور المحيطة بها).
- ماذا تسمى الصهارة التي تصل إلى سطح الأرض؟ (اللافا أو الطفوح البركانية)
- على أي أساس تصنف الصخور النارية؟ ماذا يحدث للصهارة إذا فقدت القدرة على الحركة قبل الوصول إلى سطح الأرض؟ (تتبلور في الأعماق منتجة الصخور المتداخلة أو الجوفية).
- هل نشاهد الصخور المتداخلة على سطح الأرض؟ (كلا، إلا إذا قامت عوامل التعرية بإزالة أجزاء القشرة الأرضية والصخور التي تقع أعلاها).
- ما الفرق بين الصهارة واللافا؟ (توجد الصهارة تحت سطح الأرض، واللافا هي عبارة عن الصهارة التي تصل إلى سطح الأرض).
- مم تتكون البراكين؟ (من صخور طفحية أو بركانية)
- ماذا يحدث للصهارة عندما تكون عند أعلى درجات حرارتها؟ (ترتبط الأيونات والمجموعات الأيونية مع بعضها ثم تنفصل بشكل متواصل).
- ماذا يحدث للصهارة كلما بردت؟ (تبدأ الأيونات بالتحرك ببطء لتكوين تراكيب بلورية منتظمة).
- كيف تتكون معادن السيليكات داخل الصهير؟ (عن طريق عملية التبلور).

1.2.2 العوامل المؤثرة في حجم البلورات

نسيج الصخر هو حجم بلورات المعادن المكونة له. ومن أهم العوامل المؤثرة في تكوين نسيج الصخور النارية هي: معدل تبريد الصهارة: يتحكم المعدل الزمني لبرودة الصهارة في عملية التبلور وحجم البلورات الناتجة. إذا كان معدل البرودة بطيئاً جداً فإن المراكز البلورية فيه تكون قليلة ما يعطي البلورة وقتاً ومكاناً كافيين لنموها لذا يكون حجمها كبيراً، بينما إذا كان معدل البرودة سريعاً فيتكوّن العديد من مراكز التبلور ما يوقف بسرعة

الجيولوجيا والصناعة

لا يزال الناس يصنعون الزجاج بالطريقة نفسها تقريباً منذ 2000 عام. تتضمن العملية انصهار مواد أرضية معينة وتبريد الصهير السائل بسرعة قبل أن يتاح الوقت للذرات لتكوين تركيب بلوري منتظم. هذه هي الطريقة نفسها التي ينتج من خلالها الزجاج الطبيعي الذي يسمى الأوبسديان، والمكون من اللافا (الحجم البركانية). ومن الممكن إنتاجه من مواد متنوعة، لكن معظم الزجاج التجاري ينتج عن رمل الكوارتز وكميات قليلة من معادن الكرونيات.

يحدث قذف متفجر للصهارة من فوهة البركان أحياناً، مسبباً ثوراناً بركانياً مدمراً. ومع ذلك، ليس كل ثوران بركاني عنيفاً؛ فبراكين عديدة تُطلق سيلاناً من اللافا أو الحمم البركانية المائعة والهادئة (شكل 49). تُصنف الصخور النارية التي تتكون عندما تنصلب المادة المنصهرة عند السطح كصخور بركانية أو طفحية Extrusive or Volcanic Rocks. كما أن الصهارة التي تقذف القدرة على الحركة قبل بلوغها إلى السطح، تتبلور في الأعماق، وتسمى صخوراً متداخلة أو جوفية Intrusive or Plutonic Rocks (نسبة إلى بلوتو، إله العالم السفلي في الأساطير الكلاسيكية). لا يمكن رؤية الصخور النارية المتداخلة عند السطح إلا عبر عوامل التعرية.

2. نسيج الصخور النارية Igneous Rocks Texture

يستخدم مصطلح النسيج Texture للصخر الناري في وصف المظهر العام للصخر بالاستناد إلى الحجم والشكل وترتيب بلوراته المتشابهة. والنسيج خاصية مميزة مهمة لأنه يكشف تفاصيل كثيرة عن البيئة التي تكوّن فيها الصخر وعن مصدره.

1.2 العوامل المؤثرة في حجم البلورات

Factors Affecting Crystal Size

تساهم ثلاثة عوامل في تكوين أنسجة الصخور النارية:

1. معدل تبريد الصهارة
 2. كمية السيليكا الموجودة
 3. كمية الغازات الذائبة في الصهارة
- إن معدل التبريد هو العامل السائد. فكلما فقدت كتلة الصهارة الحرارة إلى ما يحيط بها، فإن قدرة أيوناتها على الحركة تنخفض. إن كتلة الصهارة الضخمة المتواجدة عند عمق كبير سوف تبرد خلال فترة زمنية قد تصل إلى عشرات أو مئات الآلاف من السنين. في البداية، يتكون عدد صغير نسبياً من الأيونات البلورية. يسمح التبريد البطيء للأيونات بأن تنتقل دون قيود حتى ترتبط في النهاية بأحد التراكيب البلورية المتواجدة، وبالتالي، يعزز التبريد البطيء نمو بلورات أقل وبحجم أكبر.

نمو البلورات فيكون حجمها صغيراً. أما إذا تعرضت الصهارة لبرودة مفاجئة، تتجمّد قبل أن تنتظم أيوناتها على شكل بلوري فيكون توزيعها عشوائياً وينتج عنها ما يعرف بصخور الزجاج. كمية السيليكا الموجودة: الصهارة بشكل عام هي عبارة عن سيليكات منصهرة ولكن تختلف نسبة السيليكا فيها وهذا ما قد يؤثر على لزوجتها، وبالتالي على تكون البلورات، لأنّ اللزوجات العالية في الصهارة الغنية بالسيليكا تعيق تحرك الأيونات إلى مواقع التبلور وبذلك تمنع من تكون البلورات. كمية الغازات الذائبة في الصهارة: تحوي الصهارة كمية من الغاز تتراوح بين 1% إلى 5% من وزنها. تزداد سرعة انسيابها وتحركها مع ازدياد نسبة الغاز فيها. عندما تصعد الصهارة إلى الأعلى يقل تأثير الضغوط عليها فتخرج منها الغازات إما بهدوء أو على شكل انفجارات. يوجد أحياناً في الصخور النارية فراغات على شكل فتحات كروية أو مستطيلة فإن ذلك ناتج من عملية خروج الغازات من الصهارة عند التبلور.

دع الطلاب يستخدمون خريطة لدولة الكويت محدداً عليها أسماء المدن والمناطق التي تحتوى على الصخور ومناطق الجبال والمناطق الرملية.

الجيولوجيا وعلم الكيمياء

قد يخلط بعض الطلاب بين التركيب الكيميائي للمعادن الذي يعتبر ثابتاً ولا يتغير أبداً، وبين التركيب الكيميائي للصخور الذي قد يتنوع إلى حد ما. لمعالجة هذا الاختلاف، أحضر إلى الفصل مجموعة من الصور المتنوعة عن البجماتيت والبيوتيت والجرانيت من كتب الجيولوجيا أو الأدلة الحقلية. فسر للطلاب أن كلاً من الصخور النارية الرئيسية تشمل الجرانيت والبازلت، وتتضمن فعلياً الكثير من الصخور المتشابهة ولكن ليس لها تركيب كيميائي متماثل. فعلماء الجيولوجيا غالباً ما يذكرون مصطلح «الصخور الجرانيتية» أو «عائلة الجرانيت».

خلفية علمية

اذكر للطلاب أن حوالي 95% من القشرة الأرضية يتكون من صخور نارية أو من صخور متحولة تكونت من صخور نارية. يوجد 6 أنواع رئيسية من الصخور النارية وهي: الصخور الجرانيتية الجوفية، الديوريت، الجابرو، صخور الريولايت الطفحية، الأنديزيت، البازلت.

توظيف الأشكال

بعد أن يفحص الطلاب الشكل (49)، اسأل:

ماذا ترى في هذه الصورة؟ (دقائق من اللافا أو الطفوح البركانية (البازلتية) تندفق من بركان.)

من خلال مشاهدتك لدقائق اللافا من البركان في الشكل، ماذا تستنتج حول ما يحدث في باطن الأرض؟ (المواد الصخرية الموجودة في باطن الأرض معرضة لدرجات حرارة وضغط مرتفعة تسبب انصهار تلك المواد.)

هل فوهات البراكين هي السبيل الوحيد لوصول اللافا إلى سطح الأرض؟ (قد تصل اللافا السائلة إلى سطح الأرض عن طريق شقوق أو كسور كبيرة في القشرة الأرضية.)

هل تعلم؟

الأوبسيديان صخر طفحي بركاني تجمد بسرعة كبيرة جداً لدرجة لم تسمح بتكوين بلّورات معدنية مستقلة، وأصبح براقاً له مظهر الزجاج، لذلك أطلق عليه إسم الزجاج الطبيعي أو الزجاج البركاني الأسود. يتكوّن الأوبسيديان نتيجة التبريد السريع للغاية للسطح الخارجي للافا. اخبر الطلاب أن الطريقة نفسها تستخدم في صناعة الزجاج، حيث يتم تبريد صهير الرمل (أكسيد السيليكون) بسرعة كبيرة للغاية لا تسمح بنمو البلّورات وتكوّنها، ويصبح له نسيج يشبه تماماً النسيج الذي يتكوّن منه الزجاج الطبيعي أو البركاني للأوبسيديان.

من ناحية أخرى، يحدث التبريد السريع عند تدفق الحمم البركانية (اللافا) الرقيقة فيعرّز نموّ بلّورات أكثر وبحجم أصغر. عندما تتجمّد المواد المنصهرة بسرعة كبيرة جداً، قد لا يكون هناك وقت كافٍ للأيونات كي تنتظم في شبكة بلورية. عندئذ، يشار إليها بصخور الزجاج Glassy Rocks مثل الأوبسيديان (شكل 50).



شكل 50
الأوبسيديان أحد أنواع صخور الزجاج.

2.2 نسيج الصخور النارية

- ♦ ما المقصود بنسيج الصخر الناري؟ (حجم الصخر الناري وشكله وترتيب بلّوراته المتشابكة)
- ♦ ما أهمية تعرف نسيج الصخر الناري؟ (تعرف الكثير من التفاصيل عن البيئة التي تكوّن فيها الصخر للتوصل إلى استنتاج منشأ الصخر.)
- ♦ ما العوامل المؤثرة في حجم بلّورات الصخور النارية؟ (معدل تبريد الصهارة، كمية السيليكا، كمية الفلزات في الصهارة)
- ♦ ما الفترة الزمنية اللازمة لتحول كتلة الصهارة الموجودة على عمق كبير إلى صخور جوفية؟ (عشرات أو مئات الآلاف من الأعوام)
- ♦ لماذا تنتج صخور طفحية زجاجية المظهر؟ (لأنه عندما تبرد المواد المنصهرة بسرعة كبيرة، لا يكون الوقت كافٍ للأيونات لكي تترتب على شكل شبكة بلّورية.)

2.2.2 أنواع أنسجة الصخور النارية

- لماذا يوجد لبعض الصخور النارية دقيقة التبلور نسيجاً فجوياً أو فقاعياً؟ (لوجود فجوات أو فقاعات في هذه الصخور تركت بواسطة الفقاعات الغازية التي تسربت كلما تصلدت الطفوح البركانية.)
 - متى تتكون الصخور النارية ذات النسيج خشن التبلور؟ (عندما تتصلب الصهارة ببطء بعيداً أسفل سطح الأرض).
 - لماذا يسهل تعرف الصخور النارية ذات النسيج خشن التبلور من تلك ذات النسيج دقيق التبلور؟ (لأن بلوراتها كبيرة الحجم.)
 - متى يقال عن نسيج الصخر الناري أنه بورفيرى؟ (إذا كان الصخر يحتوي على بلورات كبيرة الحجم مطمورة في وسط من البلورات صغيرة الحجم.)
 - لماذا صنع الأمير كيون الأصلون (الهنود الحمر) رؤوس الأسهم والأدوات القاطعة من الزجاج البركاني الأسود؟ (لمكسره المحاري الممتاز وقابليته للحفاظ على حواف حادة صلبة)
 - ما نوع الصهارة التي يتكون منها الزجاج البركاني الأسود؟ (الصهارة الجرانيتية الغنية بالسيليكا)
 - كيف تتكون الصخور الفتاتية؟ (نتيجة اندماج الفتات الصخرية التي يتم قذفها أثناء الثوران البركاني العنيف)
 - لماذا تظهر أنسجة الصخور الفتاتية أكثر شبهاً بالصخور الرسوبية عن الصخور النارية؟ (لأن الصخور الفتاتية تتكون من جسيمات أو فتات مفردة تجمعت وتلاصقت ببعضها بعضاً بدلاً من كونها تتكون من بلورات متشابهة)
 - متى يقال إن للصخر الناري نسيج بجماتي؟ (عندما يتكوّن من بلورات متشابهة جميعها لها قطر أكبر من السنتيمتر الواحد.)
 - هل البلورات المكوّنة للصخور البجماتيتية تعتبر نتيجة للتبريد البطيء؟ (كلا، نتيجة للبيئة السائلة التي تعزز التبلور.)
- توظيف الأشكال
- اطلب إلى الطلاب دراسة (الشكل 51)، ثم اسأل:
- أي الصخور الموضحة في الشكل طفحي (بركاني)؟ وأيها جوفي (متداخل)؟ (الصخر دقيق التبلور: طفحي؛ الصخر خشن التبلور: جوفي؛ الصخر الزجاجي (البيومس): طفحي؛ الصخر البورفيرى: جوفي)
 - أي من تلك الصخور أكثرها ضعفاً؟ ولماذا؟ (الصخر الزجاجي - البيومس، ذلك لأنه صخر غير متبلور هش بسبب تكونه بفعل التبريد السريع.)
 - أي من هذه الصخور قد يتداخل مع الصخور المجاورة له أثناء تكونه؟ (الصخر خشن التبلور والصخر البورفيرى)
 - أي من هذه الصخور يحتوي على بلورات بارزة وأخرى بين الحبيبات؟ (الصخر البورفيرى.)

2.2 أنواع أنسجة الصخور النارية

Types of Igneous Textures

(أ) النسيج دقيق التبلور (دقيق الحبيبات)

Aphanitic (Fine - Grained) Texture

للصخور النارية التي تتكون على السطح أو ككتل صغيرة داخل القشرة السطحية حيث يكون التبريد سريعاً نسبياً، نسيج دقيق جداً من الحبيبات يسمى النسيج دقيق التبلور Aphanitic texture. بالتحديد، فالبلورات التي تكوّن الصخور دقيقة التبلور صغيرة جداً بحيث يمكن تمييز المعادن الموجودة في الصخر بواسطة المجهر فحسب (شكل 51 - (3)).



شكل 51

أنواع أنسجة صخور نارية

52

- أي هذه الصخور تكون نتيجة قذف الطفوح التي كونته إلى الغلاف الجوي أثناء الثوران البركاني؟ (الصخر الزجاجي - البيومس)
- اطلب إلى الطلاب دراسة (الشكل 51-3)، ثم اسأل:
- لماذا يحتوي صخر السكوريا على فجوات؟ (نتيجة تسرب الفقاعات الغازية)
- هل هذا الصخر تكوّن من الصهارة بسرعة أم ببطء؟ (تكوّن بسرعة كافية لتجمد اللافا، حيث تم الاحتفاظ بها في الفتحات الناتجة عن طريق تمدد الفقاعات الغازية.)

نشاط توضيحي

اطلب إلى الطلاب إحضار صور أو عينات من صخري البيومس والجرانيت إلى الفصل. إذا أحضروا عينات من هذين الصخرين، دعهم يستخدمون عدسة يدوية لفحص نسيج كل صخر منهما.

المواد والأدوات: عدسة يدوية ، عينات من الجرانيت والبازلت

الزمن: 10 دقائق

فسر للطلاب أن الجرانيت والبازلت هما أكثر الصخور النارية شيوعاً. اسأل: أي أجزاء القشرة الأرضية غالباً ما يتكوّن من كل من هذين الصخرين الناريين؟ (القشرة المحيطية غالباً ما تتكون من الصخر

الناري البازلت ، بينما القشرة القارية غالباً ما تتكون من الصخر الناري

الجرانيت .)

بعد ذلك ادع الطلاب لفحص عينات من كل من هذين الصخرين . دعهم يقومون بإعداد رسم تخطيطي للحيبيات التي يتكوّن منها كل منهما ويكتبون وصفاً لها . يجب أن يذكر الطلاب في وصفهم أصل ونسيج ولون وكثافة (تثقل باليد) كل صخر منهما ، وكذلك أي معادن يستطيعون التعرفها في كل صخر منهما . وجه الطلاب إلى الاحتفاظ برسوماتهم ووصفهم في ملفات الإنجاز الخاصة بهم .

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد العديد من الطلاب أن تبلور المعدن تنتج عنه دائماً بلّورات تامة التكوين . لكن في الحقيقة ، البلّورات تامة التكوين نادرة الوجود نسبياً . فمعظم البلّورات تتكوّن جزئياً فقط ، لأنها تتكوّن في الوقت نفسه الذي تتكوّن خلاله بلّورات المعادن نفسها والمعادن الأخرى .

تنمية مهارة التعبير الكتابي

اطلب إلى الطلاب أن يعملوا ضمن مجموعات صغيرة لكتابة مقال أو تقرير لا يزيد عن صفحة واحدة عن علاقة التبريد بحركة الأيونات في الصهير ودور هذه الحركة في عملية تبلور الصخور النارية . دعهم يضمّنون المقال أو التقرير صوراً أو أشكالاً تخطيطية توضح هذه العمليات مجتمعة . ناقش تقارير الطلاب مع الفصل .

ملف الإنجاز

كلف الطلاب البحث في مصادر التعلم المختلفة عن أهم استخدامات الصخور النارية . دعهم كتبون مقالاً من صفحة واحدة لربط استخدام كل صخر ناري يتناولونه في مقالهم بتركيبه النسيجي وظروف تكوينه والنوع الذي ينتمي إليه إذا ما كان طفحياً أو جوفياً .

3. قيم وتوسّع

1.3 ملف تقييم الأداء

ارسم خريطة المفاهيم أدناه على السبورة . قسّم عشر عينات من الصخور النارية إلى ثلاث مجموعات على أساس نوع النسيج الناري الذي يتكوّن منه كل منها . رقم العينات بأرقام من 1 إلى 10 . اطلب إلى الطلاب تسجيل رقم العينة في الدائرة المناسبة في خريطة المفاهيم بعد فحصها بعدسة يدوية .

الجيولوجيا والطب

اليوم ، تستخدم المشارط المصنوعة من الأوبسديان في إجراء العمليات الجراحية الدقيقة لأنها تُخلّف ندوباً أقل بكثير من المشارط المصنوعة من الصلب .



شكل 52
الجابر Gabbro نوعان من الصخور خشنة البلور



شكل 53
الأوبسديان Obsidian زجاج طبيعي استخدمه الأمريكيون الأصليون (الهنود الحمر) لصنع رؤوس الأسهم والأدوات القاطعة

(ب) النسيج خشن البلّور (خشن الحبيبات)

Phaneritic (Coarse – Grained) Texture

تتكون الصخور النارية ذات نسيج خشن الحبيبات ، أي النسيج خشن البلّور Phaneritic texture ، عندما تصلب كتل كبيرة من الصهارة ببطء بعيداً عن السطح . تتكون هذه الصخور خشنة الحبيبات من بلّورات كبيرة ومتساوية في الحجم تقريباً ، تسمح بالتعرف على المعادن بدون استخدام المجهر (شكل 51 – 1) . تنشأ الصخور خشنة البلّور ، كالجرانيت والجابرو (شكل 52) ، عميقاً داخل القشرة الأرضية ، ولا تظهر عند سطح الأرض إلا عندما تزيل عوامل التعرية الصخور التي تعلوها .

Porphyritic Texture

قد تتطلب كتلة الصهارة الكبيرة العميقة جداً عشرات إلى مئات الألوف من الأعوام لكي تصلب . إذا قامت الصهارة المحتوية على بعض البلّورات الكبيرة بالثوران عند السطح ، فإن جزء اللافا السائل المتبقي سيبرد بسرعة نسبياً . لذا يتكون صخر يحتوي على بلّورات كبيرة تحيط بها بلّورات صغيرة ، وهذا هو النسيج البورفيري Porphyritic texture (شكل 51 – 4) . يشار إلى البلّورات الكبيرة في هذا الصخر على أنها بلّورات بارزة Phenocrysts ، في حين تسمى البلّورات الأصغر حجماً الكتلة السفلية Groundmass . ويُسمّى الصخر ذو النسيج المثل صخر بورفيري Porphyry .

Glassy Texture

خلال بعض الثورات البركانية ، تُقذف الحمم إلى الغلاف الجوي حيث تبرد بسرعة ، فيكون صخوراً ذات نسيج زجاجي Glassy Texture . الأوبسديان ، نوع شائع من الزجاج الطبيعي ، مشابه في المظهر لقطعة من الزجاج الداكن المصنّع . وقد اعتبر الأوبسديان مادة مهمة بفضل مكسره المحاري الممتاز ذي الحافة الحادة القاطعة الصلبة (شكل 53) .

(د) النسيج الزجاجي

المواد والأدوات: عدسة يدوية، عينات من الجرانيت والبازلت

الزمن: 10 دقائق

فسر للطلاب أن الجرانيت والبازلت هما أكثر الصخور النارية شيوعاً. اسأل: أي أجزاء القشرة الأرضية غالباً ما يتكوّن من كل من

هذين الصخرين الناريين؟ (القشرة المحيطية غالباً ما تتكون من الصخر

الناري البازلت، بينما القشرة القارية غالباً ما تتكون من الصخر الناري

الجرانيت.)

بعد ذلك ادع الطلاب لفحص عينات من كل من هذين الصخرين.

دعهم يقومون بإعداد رسم تخطيطي للحبيبات التي يتكوّن منها

كل منهما ويكتبون وصفاً لها. يجب أن يذكر الطلاب في وصفهم

أصل ونسيج ولون وكثافة (ثقل باليد) كل صخر منهما، وكذلك

أي معادن يستطيعون التعرفها في كل صخر منهما.

وجه الطلاب إلى الاحتفاظ برسوماتهم ووصفهم في ملفات

الإنجاز الخاصة بهم.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد العديد من الطلاب أن تبلور المعدن تنتج عنه دائماً

بلّورات تامة التكوين. لكن في الحقيقة، البلّورات تامة التكوين

نادرة الوجود نسبياً. فمعظم البلّورات تتكوّن جزئياً فقط، لأنها

تتكوّن في الوقت نفسه الذي تتكوّن خلاله بلّورات المعادن نفسها

والمعادن الأخرى.

تنمية مهارة التعبير الكتابي

اطلب إلى الطلاب أن يعملوا ضمن مجموعات صغيرة لكتابة

مقال أو تقرير لا يزيد عن صفحة واحدة عن علاقة التبريد بحركة

الأيونات في الصهير ودور هذه الحركة في عملية تبلور الصخور

النارية. دعهم يضمّنون المقال أو التقرير صوراً أو أشكالاً تخطيطية

توضح هذه العمليات مجتمعة. ناقش تقارير الطلاب مع الفصل.

ملف الإنجاز

كلف الطلاب البحث في مصادر التعلم المختلفة عن أهم

استخدامات الصخور النارية. دعهم كتبون مقالاً من صفحة

واحدة لربط استخدام كل صخر ناري يتناولونه في مقالهم بتركيبه

النسيجي وظروف تكوينه والنوع الذي ينتمي إليه إذا ما كان

طفحياً أو جوفياً.

3. قيم وتوسّع

1.3 ملف تقييم الأداء

ارسم خريطة المفاهيم أدناه على السبورة. قسّم عشر عينات من

الصخور النارية إلى ثلاث مجموعات على أساس نوع النسيج

الناري الذي يتكوّن منه كل منها. رقم العينات بأرقام من 1 إلى 10.

اطلب إلى الطلاب تسجيل رقم العينة في الدائرة المناسبة في خريطة

المفاهيم بعد فحصها بعدسة يدوية.



شكل 54
ولّد بركان كوكو Koko في هاواي شعر بيلي
Pele's Hair.

تتواجد في بعض الأماكن حمم بركانية (اللافا) مكونة من الأوبسيديان يبلغ شُمكها بضع مئات من الأقدام. بالتالي، فإن التبريد السريع ليس الآلية الوحيدة لتكون النسيج الزجاجي (إيخث).

بشكل عام الصهارة ذات المحتوى العالي من السيليكا تميل إلى تكوين سلسلة تراكيب طويلة قبل أن يكتمل التبلور.

بالتالي، تعيق هذه التراكيب النقل الأيوني وتزيد من لزوجة الصهارة.

قد تطفح الصهارة الجرانيتية الغنية بالسيليكا كتكتلة لزجة جداً وتتصلب في النهاية لتكون الأوبسيديان. بالمقابل، فإن الصهارة البازلتية ذات المحتوى المنخفض من السيليكا تكون صهارة سائلة للغاية، وهي عادة ما تولد بالتبريد صخوراً دقيقة الحبيبات. مع ذلك، قد يبرد سطح الحمم البركانية بسرعة تكفي لتكوين قشرة زجاجية رقيقة. علاوة على ذلك، تولّد براكين هاواي Hawaiian أحياناً بنايغ تقذف الحمم البركانية البازلتية لعشرات الأمتار في الهواء. وقد يولد مثل هذا النشاط جدائل من الزجاج البركاني تسمى شعر بيلي Pele's Hair (شكل 54) نسبةً إلى إلهة براكين هاواي.

(هـ) النسيج الإسفنجي والفقاعي Vesicular Texture

يتضح في العديد من الصخور دقيقة التبلور وجود فجوات خلفتها الفقاعات الغازية التي تسربت مع تصلب اللافا. تصف هذه الصخور بنسيج إسفنجي أو فقاعي Vesicular Texture وتتكون هذه الصخور في المنطقة العلوية للحمم البركانية المتدفقة اللافا (شكل 55).



شكل 55
السكوريا Scoria والبومس Pumice عبارة عن صخرتين بركانيتين يظهر فيهما النسيج الإسفنجي. الفجوات عبارة عن فراغات صغيرة حدثت عن طريق هروب الفقاعات الغازية.



شكل 56
تتكون الصخور ذات النسيج الفتاتي مثل صخر
الطفة نتيجة دمج الفتات الصخري الذي قذف
أثناء الثوران البركاني الضيف.

(و) النسيج الفتاتي الناري Pyroclastic (fragmental) texture
تتكون بعض الصخور البركانية من دمج وتصلب الفتات الصخري الذي
يقذفه الثوران البركاني الشديد. قد تكون الجسيمات المقذوفة عبارة
عن رماد دقيق، نطاف منصهرة أو كتل حجرية كبيرة ذات زوايا منتزعة
من جدران فوهة البركان أثناء الثوران. الصخور النارية المتكونة من هذا
الفتات الصخري ذات نسيج فتاتي Pyroclastic or Fragmental Texture
(شكل 56).

تُسمى أحد الأنواع الشائعة للصخور النارية الفتاتية "الطفة الملتهمة
Welded Tuff وغالبًا يبدو نسيجها شبيهاً بالصخور الرسوبية أكثر من
الصخور النارية.

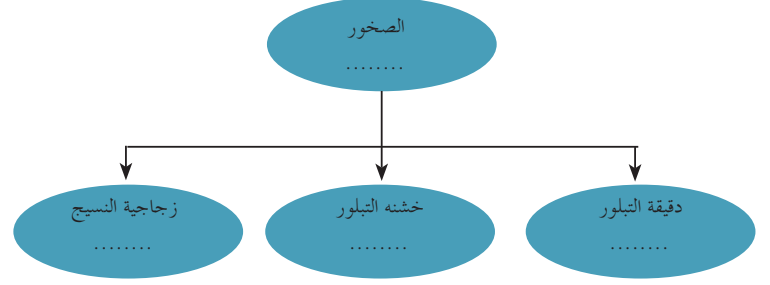


شكل 57
صخرة البجماتيت Pegmatite

(ز) النسيج البجماتيتي Pegmatitic Texture
قد تكون استثنائيًا صخورٌ خشنة الحبيبات تسمى البجماتيتات
Pegmatites، من بلورات متشابكة ذات قطر يزيد عن سنتيمتر
واحد، وتتميز بنسيج بجماتيتي Pegmatitic Texture. تتواجد معظم
البجماتيتات عند حواف كتل الصخور الجوفية الكبيرة على صورة كتل
صغيرة، أو عروق رقيقة تمتد إلى الصخر المجاور.
تتكون الصخور البجماتيتية في المراحل المتأخرة من التبلور عندما يكون
الماء والمواد المتطايرة الأخرى، مثل الكلور والفلور والكبريت، نسبةً
مئوية عالية غير عادية من الصهير. لذا، فالبلورات الكبيرة غير الاعتيادية
المتكونة في البجماتيتات هي نتيجة البيئة السائلة التي تعزز التبلور.
تركيب معظم الصخور البجماتيتية مشابه لتركيب الجرانيت. لذا، تحتوي
هذه الصخور على بلورات كبيرة من الكوارتز والفلسبار والمسكوفيت.
كما قد يحتوي بعضها على كميات كبيرة من المعادن القيمة والنادرة نسيبًا.

مراجعة الدرس 1

1. ما هي الصهارة؟
2. كيف تختلف اللافا (الحمم البركانية) عن الصهارة؟
3. كيف يؤثر معدل التبريد في عملية التبلور؟
4. ما العاملان الآخران المؤثران في عملية التبلور إضافة إلى معدل التبريد؟
5. عدّد الفوارق بين النسيج دقيق التبلور والنسيج خشن التبلور؟
6. ما الذي يجعل للصخور النارية نسيجًا زجاجيًا؟
7. لماذا تكون البلورات في البجماتيتات كبيرة جدًا؟



اطلب إلى الطلاب كتابة فقرة توضح كيف تساعد الخصائص
الفيزيائية للصخر في التعرف عليه.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. الصهارة عبارة عن مادة صخرية منصهرة موجودة داخل
الأرض. تشمل عمومًا بعض الحبيبات المعدنية الصلبة و / أو
الغازات الذائبة، بالإضافة إلى الصخور المنصهرة.
2. الصهارة عبارة عن مصطلح عام لأي صخر منصهر تحت سطح
الأرض. عادة ما تتضمن الصهارة بعض الحبيبات المعدنية
الصلبة و / أو الغازات الذائبة، بالإضافة إلى السائل المنصهر.
الحمم أو الطفوح البركانية (اللافا) عبارة عن مصطلح مقصور
على وصف الصهارة التي تطفح على سطح الأرض.
3. التبريد البطيء يسمح للأيونات بالهجرة إلى مسافات بعيدة
نسبيًا، وهذا يسبب تكوين بلورات كبيرة نوعًا ما. من ناحية
ثانية، عندما يحدث التبريد بشكل سريع، تفقد الأيونات
حركتها بسرعة وترتبط مع بعضها بعضًا بسرعة لتكوّن أعدادًا
كبيرة من الأنوية، وبالتالي تكوّن كتلة من البلورات الصغيرة
النامية بين البلورات الكبيرة.
4. بالإضافة إلى معدل التبريد، يؤثر التركيب المعدني للصهارة
وكمية المواد المتطايرة في عملية التبلور.
5. تعود الاختلافات إلى حجم البلورات وموقع تكوّن النسيج.
6. التبريد المفاجيء للصهارة المنندفة عاليًا في الهواء الجوي يمنع
تكوّن البلورات في النسيج الزجاجي.
7. الحبيبات الكبيرة جدًا (البلورات) لمعدن السيليكا تدل على
النقل السريع للغاية للمكونات المعدنية (الذرات والجزيئات)
داخل الصهير. نحن نعرف أن الصهارات البجماتيتية صغيرة
الحجم وتنصهر على درجة حرارة منخفضة نسبيًا وغنية جدًا
بالماء والمواد المتطايرة الأخرى (الغازات). تعزز المتطايرات
المعدلات السريعة للغاية للنقل الجزيئي، هذا هو سبب النمو
السريع للبلورات الكبيرة جدًا.

كتاب الطالب: من ص 56 إلى ص 61

عدد الحصص: 2

الأهداف:

- ♦ يتعرف التراكيب المختلفة للصخور النارية.
- ♦ يحدد محتوى السيليكا كمؤشر للتركيب.
- ♦ يفسر كيف تتكون الصهارة خلال سلسلة تفاعل بوين.
- ♦ يصف دور الصخور النارية كأسمدة.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام عينات لصخور نارية مختلفة

وضح للطلاب أنه من خلال تعرف التركيب المعدني للصخور النارية يمكننا معرفة مواقع وظروف تكونها، وتحديد ما إذا كانت طفحية أم جوفية.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم معلومات الطلاب السابقة حول الصخور النارية وربطها بما سيتعلمونه عن تركيب الصخور النارية. وجه إليهم الأسئلة التالية:

♦ إذا كانت الصخور المكون الأساسي للقشرة الأرضية، فما

العناصر التي تدخل في تركيبها؟ (السيليكون، الأكسجين،

البوتاسيوم، الحديد، الألمنيوم، الكالسيوم، الصوديوم)

♦ ما أكثر هذه العناصر وفرة في الصخور؟ (السيليكون والأكسجين)

♦ كيف تكوّنت الصخور من الصهارة؟ (عن طريق تبلور المعادن التي

تكوّن نتيجة تبريد الصهارة)

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد بعض الطلاب أن التنوع في الصخور النارية نتيجة التنوع في تركيبها المعدني يعود إلى وجود أنواع مختلفة من الصهارة في تركيبها الكيميائي وكل منها تنتج عنه أنواع معينة من الصخور.

وضح لهم أنه عندما يبرد الصهير، تتبلور معادن محددة أولاً،

ومع تتابع انخفاض درجة الحرارة، تبدأ معادن أخرى بالتبلور من الصهير المتبقي. وتتتابع عمليات التبلور، تتكون معادن مختلفة

عن المعادن التي سبقتها في التكوّن، وهذا هو السبب الحقيقي في تنوع التركيب الكيميائي المعدني للصخور.

تركيب الصخور النارية Igneous Compositions

الدرس 2

أهداف الدرس

- ♦ يتعرف التراكيب المختلفة للصخور النارية.
- ♦ يحدد محتوى السيليكا كمؤشر للتركيب.
- ♦ يفسر كيف تتكون الصهارة خلال سلسلة تفاعل بوين.
- ♦ يصف دور الصخور النارية كأسمدة.

1. التركيب المعدني للصخور النارية

Mineral Composition of Igneous Rocks

تتكون الصخور النارية بصورة رئيسية من المعادن السيليكاتية. إضافة إلى ذلك، يتحدد التركيب المعدني النهائي لصخر ناري معين عبر التركيب الكيميائي للصهارة التي تبلور منها. يبيّن التحليل الكيميائي أن السيليكون والأكسجين [على صورة محتوى الصهارة من السيليكا (SiO_2)]، هما أكثر المكونات وفرة في الصخور النارية.

يكون هذان العنصران، بالإضافة إلى أيونات الألومنيوم (Al)، الكالسيوم (Ca)، الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، الماغنسيوم (Mg)، والحديد (Fe) حوالي 98% من وزن الصهارة الإجمالي في معظم أنواع الصهارة. كما تحتوي الصهارة على كميات صغيرة من عناصر عديدة أخرى مثل التيتانيوم والمنجنيز، وأثار من العناصر الأكثر ندرة مثل الذهب والفضة واليورانيوم.

السيليكات الداكنة والسيليكات الفاتحة

Dark Silicates and Light Silicates

عندما تبرد الصهارة وتتصلب، تتحد هذه العناصر ببعضها البعض لتكوين مجموعتين رئيسيتين من المعادن السيليكاتية. السيليكات الداكنة Dark Silicates وهي السيليكات الغنية بالحديد و/أو الماغنسيوم ذات المحتوى الضئيل نسبياً من السيليكا. ومن المعادن السيليكاتية الداكنة الشائعة في القشرة الأرضية: الأوليفين، البيروكسين، الأمفيبول والميكا السوداء (البوتيت). السيليكات الفاتحة Light Silicates وهي السيليكات الخالية من الحديد والمغنسيوم وتحتوي على كميات كبيرة من البوتاسيوم، الصوديوم والكالسيوم عوضاً عن الحديد والماغنسيوم. وهي مجموعة أغنى بالسيليكا من السيليكات الداكنة. تشمل السيليكات الفاتحة على الكوارتز، الميكا البيضاء (المسكوفيت)، والمجموعة المعدنية الأكثر وفرة، وهي الفلسبارات التي تكون أكثر من 40% من معظم الصخور النارية.

1. عِلْمٌ وَطَبَقٌ

1.2 التركيب المعدني للصخور النارية

♦ ما المعادن الأساسية التي تتكون منها الصخور النارية؟

(السليكون والأكسجين)

♦ ما المجموعات الرئيسية لمعادن السيليكات؟ وما المعادن التي

تتكون منها كل مجموعة؟ (السيليكات الداكنة وهي غنية بالحديد

و/ أو الماغنسيوم ذات المحتوى القليل نسبياً من السيليكات؛ السيليكات

الفاتحة وهي غنية بالبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم أكثر من الحديد

والماغنسيوم، وهي غنية بالسيليكات أكثر من السيليكات الداكنة.)

فسر للطلاب أن لون الصخور النارية الفاتحة أو الداكنة يعود إلى ما

إذا كانت المعادن التي تسود فيها فاتحة أو داكنة. فالصخور النارية

الفاتحة تسود فيها السيليكات فاتحة اللون مثل الكوارتز والفلسبار

وميكا المسكوفيت، أما الصخور النارية داكنة اللون فيسود فيها

الحديد والماغنسيوم والقليل من السيليكات.

1.1.2 التركيب الجرانيتية (الفلسية) مقابل التركيب البازلتية (المافية)

♦ ما الصخور النارية التي يقال إن لها تركيب جرانيتي؟

(السيليكات فاتحة اللون)

♦ ما هي معادن السيليكات الداكنة الموجودة في الصخور

الفلسية؟ وما نسبتها؟ (ميكا البيوتيت، الأمفيبول 10%)

♦ ما الصخور النارية التي لها تركيب بازلتي؟ (الصخور المحتوية

على السيليكات داكنة اللون والفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالكالسيوم

ولا تحتوي على كوارتز.)

♦ لماذا تسمى الصخور البازلتية بالصخور المافية؟ (لأنها تحتوي

على نسبة عالية من المعادن، الحديد، والماغنسيوم.)

♦ لماذا تعتبر الصخور المافية أعلى كثافة من الصخور الفلسية؟

(لأنها تحتوي على نسبة عالية من الحديد.)

توظيف الأشكال

دع الطلاب يدرسون الشكل (58)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

♦ ما الصخور التي تحتوي على أكبر نسبة من السيليكات؟ (الفلسية

أو الجرانيتية)

♦ ما الصخور التي تحتوي على أكبر نسبة من الأوليفين؟ والتي

لا تحتوي على الأوليفين؟ (الفوق مافية والمافية (البازلتية)؛ الفلسية

(الجرانيتية) والمتوسطة (الأنديزيتية))

♦ ما الصخور التي تحتوي على أكبر نسبة من الأمفيبول والفلسبار

البلاجيوكليزي؟ (المتوسطة أو الأنديزيتية)

♦ ما الصخور الغنية بالفلسبار البوتاسي والفلسبار الكلسي؟

(الفلسية؛ المافية وفوق المافية)

♦ أي الصخور يغيب منها البيروكسين؟ (الفلسية)

♦ أي الصخور تحتوي على نسبة متوسطة من البيروكسين؟ وأيها

تحتوي على نسبة عالية منه؟ (الأنديزيتية؛ المافية)

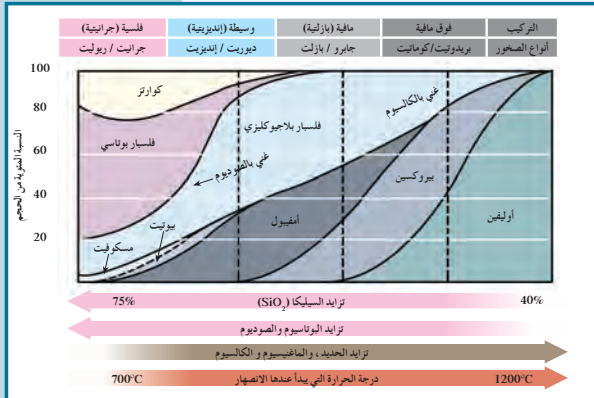
1.1 التركيب الجرانيتية (الفلسية) مقابل التركيب البازلتية (المافية)

Granitic (Felsic) Versus Basaltic (Mafic) Compositions

لاحظ أنه يوجد عند أحد جانبي شكل (58) نوعان من الصخور التي تتكون بالكامل تقريباً من المعادن السيليكاتية فاتحة اللون مثل الكوارتز والفلسبار. الصخور النارية التي يسود فيها هذان المعدنان لها تركيب جرانيتي Granitic Composition. يصف الجيولوجيون أيضاً الصخور الجرانيتية بأنها فلسية Felsic. بالإضافة إلى الكوارتز والفلسبار، تحتوي معظم الصخور الجرانيتية على حوالي 10% من المعادن السيليكاتية داكنة اللون، وهي عادة ما تكون البيوتيت والأمفيبول. والصخور الجرانيتية غنية بالسيليكات (حوالي 70%) وهي المكونات الرئيسية للقشرة القارية. إن الصخور التي تحتوي على وفرة من المعادن السيليكاتية داكنة اللون والفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالكالسيوم لها تركيب بازلتي Basaltic Composition (شكل 58).

يصف الجيولوجيون الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من الحديد والماغنسيوم بالصخور المافية (البازلتية) Mafic (basaltic). الصخور المافية داكنة اللون بسبب احتوائها على الحديد، ذات كثافة أكبر من كثافة الصخور الجرانيتية. تتكون الصخور البازلتية قاع المحيط وكذلك العديد من الجزر البركانية الواقعة داخل الأحواض. كما يكون البازلت سيولاً حتمية بركانية (لافا) واسعة على القارات.

شكل 58
المعادن في الصخور النارية الشائعة
والصهارة التي تنشأ منها.



♦ ما هي الصخور الأغنى بالحديد والمغنسيوم والكالسيوم؟ (فوق المافية)

♦ ما الاتجاه الذي تتزايد فيه نسبة السيليكا؟ (الصخور فوق المافية

← المافية ← المتوسطة ← الفلسية)

♦ ما الاتجاه الذي تتزايد فيه نسبة الحديد والمغنسيوم

والكالسيوم؟ (الفلسية ← المتوسطة ← المافية ← فوق المافية)

♦ ما درجة الحرارة التي يبدأ عندها انصهار الصخور الجرانيتية والصخور فوق المافية؟ (700°C : 1200°C)

نشاط توضيحي

اطلب إلى الطلاب البحث في مصادر التعلم المختلفة لتحديد صخرين أو أكثر، لكل مجموعة من الصخور الجرانيتية والأنديزيتية والمافية وفوق المافية، مكافئان لبعضهما (أحدهما جوفي والآخر طفحي مع ذكر التركيب المعدني وتحديد ما إذا كان كل صخر منهما فاتح، داكن أو متوسط اللون). ناقش الطلاب في ما يتوصلون إليه من بيانات.

2.1.2 المجموعات التركيبية الأخرى

♦ ما نسبة السيليكا في الصخور المتوسطة (الأنديزيتية)؟ (25%)

♦ ما المعادن السيليكاتية الداكنة الموجودة في الصخور

المتوسطة؟ (الأمفيبول، البيروكسين، ميكالبيوتيت)

♦ ما المعادن التي يتكون منها صخر البريدوتيت؟ (الأوليفين

والبيروكسين)

♦ لماذا يصنف البريدوتيت تبعاً للصخور فوق المافية؟ (لأن تركيبه

الكيميائي بشكل أساسي هو عبارة عن معادن، حديد ومغنسيوم).

اشرح للطلاب أنه يمكن تقسيم المجموعات الرئيسية للصخور النارية أو تصنيفها بناء على عوامل عديدة، وقد تمّ تصنيفها في الجدول (8) من كتاب الطالب وفقاً للتركيب الكيميائي، والتركيب المعدني، والنسيج.

التركيب الكيميائي: تقسم الصخور النارية من الناحية الكيميائية بناء على أسس عدّة أهمّها النسبة المئوية للسيليكا الموجودة في هذه الصخور وبناء على ذلك لدينا: الصخور الفلسية، والصخور الوسيطة، والصخور المافية، والصخور فوق المافية.

التركيب المعدني: تقسم الصخور النارية بحسب أنواع المعادن الموجودة في كل منها ونسبتها المئوية. لدينا المعادن الغالبة أي المعادن الأساسية والغالبة الموجودة في الصخر، والمعادن الملحقة أي المعادن الأخرى الموجودة ولكن بكميات أقل. على سبيل المثال، صخور فوق المافية يغلب عليها البيروكسين والأليفين بينما تحتوي على القليل من فليسا بلاجيو كليزي.

النسيج: وهو شكل حبيبات المعادن المكونة للصخور وعلاقتها ببعضها بعضاً وكيفية ترتيبها في الصخر تتميز كل مجموعة من الصخور النارية بنسيج خاص بها فبإمكانه أن يكون خشن الحبيبات، دقيق الحبيبات، بورفير، زجاجي، إسفنجي، فتاتي.

2.1 المجموعات التركيبية الأخرى

Other Composition Groups

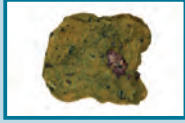
إنّ تركيب الصخور الواقعة بين الصخور البازلتية والجرانيتية يجعلها وسيطة أو أنديزيتية، وقد عرفت بهذا الاسم نسبة إلى الصخور البركانية (أنديزيت).

تحتوي هذه الصخور الوسيطة (الأنديزيتية) (Andesitic) Intermediate على 25% من المعادن السيليكاتية الداكنة على الأقل، وبصورة رئيسية الأمفيبول والبيروكسين والبيوتيت مع معادن غالبة من الفلسبارات البلاجيوكليزية.

ترافق هذه المجموعة من الصخور النارية بالنشاط البركاني الذي ينحصر عند حواف القارات.

تعد مجموعة البريدوتيت الشكل (59) من الصخور النارية المهمة التي غالباً ما تحتوي على الأوليفين والبيروكسين. يتكون البريدوتيت من المعادن ذات الحديد والمغنسيوم بصورة كاملة تقريباً وينشأ إلى تركيبها الكيميائي بالفوق مافي Ultramafic (جدول 8).

على الرغم من ندرة الصخور فوق المافية على سطح الأرض، يعتبر البريدوتيت المكون الأساسي في طبقة الوشاح العلوي.



شكل 59
صخرة البريدوتيت

جدول 8
تصنيف المجموعات الرئيسية للصخور النارية وفقاً للتركيب المعدني والنسيج.

التركيب الكيميائي	فوق مافية	مافية (بازلتية)	وسيط (أنديزيتية)	فلسية (جرانيتية)
المعادن الغالبة	بيروكسين أوليفين	بيروكسين فليسا بلاجيوكلزي غني بالكالسيوم	أمفيبول، فليسا بلاجيوكلزي غني بالصوديوم والكالسيوم	كوارتز، فليسا برنابي، فليسا بلاجيوكلزي غني بالصوديوم
المعادن الملحقة	فليسا بلاجيوكلزي غني بالكالسيوم	أمفيبول أوليفين	بيروكسين بيوتيت	أمفيبول مسكوفيت بيوتيت
عشش الحبيبات	بريدوتيت	جابر	ديوريت	جرايت
دقيق الحبيبات	كوماتيت (نادر)	بازلت	أنديزيت	ريوليت
بورفير	غير شائع	النسيج البورفير يسهل الأسماء المذكورة أعلاه عند توفر بلورات كبيرة.		
زجاجي	الأوسيدان			
إسفنجي	بيوس			
فتاتي	صخر فتاتي (فاتات أصغر من 2mm) برشيا بركانية (فاتات أكبر من 2mm)			
لون الصخر (نسبة (%) للمعادن الداكنة)	0% إلى 25%	25% إلى 45%	45% إلى 85%	85% إلى 100%

على سبيل المثال ، الجرانيت هو من الصخور الفلسية الذي يتميز بنسيج خشن الحبيبات .

وتتميز أيضًا الصخور النارية باختلاف ألوانها وذلك يعود إلى اختلاف النسب المئوية للمعادن الداكنة الموجودة في كل منها .

3.1.2 محتوى السيليكا كمؤشر للتركيب الكيميائي

♦ ما محتوى السيليكا في الصخور القشرية؟ (يتراوح بين أقل

من 45% في الصخور فوق المافية إلى أكثر من 70% في الصخور الجرانيتية .)

♦ ما محتوى الصخور منخفضة وعالية السيليكا من الحديد

والمغنيسيوم والكالسيوم؟ (الصخور منخفضة السيليكا نسبيًا تحتوي

على كميات كبيرة من الحديد والمغنيسيوم والكالسيوم ، أما الصخور

عالية السيليكا فتحتوي على كميات صغيرة نسبيًا من هذه العناصر ولكنها

غنية بالصوديوم والبوتاسيوم .)

♦ كيف تؤثر كمية السيليكا الموجودة في الصهارة على سلوك

الصهارة؟ (الصهارة الجرانيتية الغنية بالسيليكا لزجة جدًا وتوجد كسائل

عند أقل من 700°C ؛ والصهارة البازلتية منخفضة السيليكا أكثر سيولة

وتتبلور عند درجات حرارة أعلى من الصهارات الجرانيتية وتتصلب تمامًا

عندما تبرد عند 1 000°C .)

اطلب إلى الطلاب دراسة (الجدول 8) . دعهم يتوقعون أي الصخور

النارية قد لا يصلح كأحد مواد البناء ويفسرون السبب . (صخر

اليومس وهو ذات نسيج زجاجي رقيق ، وحتى لو كان قويًا . فإن الثقوب

الموجودة فيه تجعله هشًا ، ما يجعله عرضة للتآكل بتعرضه لظروف التجوية .)

عصف ذهني

اسأل الطلاب: لم لا يُعد التركيب المعدني كافيًا لتصنيف أحد

الصخور النارية؟ (قد يكون للصخور دقيقة الحبيبات والصخور خشنة

الحبيبات التركيب المعدني نفسه ، لن يكون هذان النوعان قد تكوّنا عند

معدلات مختلفة من التبريد ، وهذا ما يسمّى المكافئات الصخرية .)

2.2 سلسلة باون التفاعلية وتركيب الصخور النارية

♦ هل يوجد تنوع كبير في الصهارات تنتج عنه الصخور النارية

المختلفة؟ (كلا ، الصهارة الواحدة تتغير بالتدرّج في تركيبها باستمرار

عملية التبريد لتصبح صخورًا نارية متنوعة .)

♦ ما الأساس التجريبي للتجهيز المخبري لباون وزملائه؟ (المعادن تميل

إلى أن تتبلور في نمط منتظم من الصهارة البازلتية على أساس نقاط انصهارها .)

♦ ما أول معدن يتبلور من الصهارة البازلتية؟ وما المعادن التي تتبلور

بعده بالتبريد الإضافي؟ (الأوليفين ؛ الفلسبار البلاجيوكليزي الغني

بالكالسيوم والبيروكسين والأمفيبول وميكا البيوتيت والفلسبار البلاجيوكليزي

الغني بالصوديوم والفلسبار البوتاسي وميكا مسكوفيت والكوارتز .)

♦ ما الذي يحدث أثناء عملية التبلور؟ (يتغير التركيب المعدني للجزء

السائل من الصهارة .)

3.1 محتوى السيليكا كمؤشر للتركيب الكيميائي

Silica Content as an Indicator of Composition

إن محتوى السيليكا SiO_2 هو إحدى السمات المهمة للتركيب الكيميائي في الصخور النارية . تذكر أن السيليكون والأكسجين هما العنصرين الأكثر وفرة في الصخور النارية .

نموذجيًا ، يتراوح محتوى السيليكا في الصخور القشرية ما بين أقل من 45% في الصخور فوق المافية وأكثر من 70% في الصخور الجرانيتية (جدول 8) ، وإذا تحتوي الصخور منخفضة السيليكا نسبيًا على كميات كبيرة من الحديد والمغنيسيوم والكالسيوم . بالمقابل ، تحتوي الصخور عالية السيليكا على كميات صغيرة جدًا من تلك العناصر ، ولكنها غنية بالصوديوم والبوتاسيوم . بالتالي ، يمكن استنتاج التركيب الكيميائي لإحدى الصخور النارية مباشرة من خلال محتواها من السيليكا .

2. سلسلة "باون" التفاعلية وتركيب الصخور النارية

Bowen's Reaction Series And the Composition of Igneous Rocks

بعد إجراء سلسلة من التجارب المخبرية عام 1928 ، فسّر العالم "باون" وزملاؤه أن المعادن تميل إلى التبلور بحسب درجات تجمّد المادة المنصهرة مبيّنًا إمكانية الحصول على صخور فلسية ومافية من نوع واحد من الماجما الأم . يوضّح الشكل (60) تفاعلات "باون" التي تتكوّن من جزئين .

شكل 60
سلسلة تفاعل "باون" التي تتبلور فيها المعادن من الصهارة . قارن هذا الشكل بالتركيب المعدني لفئات الصخور في الجدول (4) .
لاحظ أن كل فئة تتكون من المعادن التي تتبلور ضمن مدى درجة الحرارة نفسه .

درجات الحرارة	سلسلة تفاعل "باون"	التركيب (أنواع الصخور)
درجة الحرارة المرتفعة (~1200°C)	أوليفين	فوق مافية (بريدريت / كوماتيت)
درجة الحرارة المتوسطة (700-1200°C)	غني بالكالسيوم بيروكسين	مافية (جابرو / بازلت)
	أمفيبول	وسيلة (ديوريت / أنديزيت)
	ميكا بيوتيت	فلسية (جرانيت / ريويت)
درجة الحرارة المنخفضة (~750°C)	فلسبار بوتاسي ميكا مسكوفيت كوارتز	

- ♦ متى يخلو الصهير تقريباً من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم؟
(في المرحلة التي يتصلب عندها حوالي ثلث الصهارة باستمرار التبريد)
- ♦ ما الذي يترتب على خلو الصهير من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم تقريباً؟ (يصبح الصهير غني بالبوتاسيوم والصوديوم.)
- ♦ ما الذي يترتب على تبلور معدن الأوليفين بالصهارة البازلتية؟
(يصبح الصهير أغنى بالسيليكون SiO_2 ، وبالتالي تزداد نسبة السيليكا كلما تطورت.)

3.2 علاقة ألوان الصخور بوزنها النوعي

وضّح للطلاب أن ألوان الصخور النارية ووزنها النوعي تختلف باختلاف المعادن المكوّنة لكل صخر وباختلاف النسبة المئوية لهذه المعادن الموجودة في كل صخر.

أشّر إليهم أن الصخور النارية التي تحتوي على نسبة مرتفعة من السيليكا وقليل من معادن الحديد والماغنسيوم تتميز بلونها الفاتح وتكون خفيفة الوزن النوعي على عكس التي تقل فيها نسبة السيليكا وتتكوّن أساساً من معادن الحديد والماغنسيوم، مثل معادن الأوليفين والأوجيت فتتميز بلونها الأسود ووزنها النوعي الثقيل.

شدّد على العلاقة التي تربط ألوان الصخور النارية بوزنها النوعي، أي أنّ كلما احتوت الصخور على معادن أكثر وسيليكا أقل أصبح لونها أكثر سواداً ووزنها أثقل.

أعطِ الطلاب بعض الأمثلة عن صخور نارية وتراكيبها واطلب إليهم تحديد إن كان لونها فاتحاً أو داكناً ووزنها ثقيلًا أم خفيفًا استناداً إلى تركيب كل منها، وذلك للتأكد من استيعابهم لهذه العلاقة.

4.2 أشكال الصخور النارية في الطبيعة

إن الطريقة التي تتصلب بها الصهارة لا تسمح للصخور النارية الناتجة باتخاذ أشكال منتظمة، ونذكر منها:

- ♦ الباثوليث Batholith: وهي تعتبر من أضخم الصخور النارية والأكثر اتساعاً وهي مكوّنة من صخور الجرانيت والجرانوديوريت وتشكل جذور سلاسل الجبال الضخمة.
- ♦ القاطع Dikes: وهو متداخل ناري رأسي أو لذي ميل ملحوظ عند تداخله.
- ♦ السد Sill: ينشأ عندما تجد الصهارة طريقاً موازياً للطبقات الصخرية مكونة أجساماً أفقية وقد تتراوح سماكته بين عدة سنتيمترات وعدة أمتار.
- ♦ اللاكوليث Laccoliths: وهي متداخلات نارية شبيهة للسد لكن الضغط الكبير للصهارة على السطح الطبقي يسبب تقوس الطبقات الموجودة فوق التداخل الناري في حين تبقى الطبقات السفلية على حالها، وتتراوح سماكته بين مئات الأمتار وعدة كيلومترات.
- ♦ اللوبوليث Lopoliths: وهي على عكس اللاكوليث، إذ يحدث التقوس في الطبقات السفلية أو السطح السفلي فيصبح شبيه لإناء مقعر.

2.1 التتابع التفاعلي المتواصل (السلسلة المتواصلة)

Continuous Series

يُظهر هذا التتابع طريقة تكوّن معادن البلاجيوكليز مثل معدن البيوتنايت Bytonite. تتشكل هذه المعادن الغنية بالكالسيوم في بداية السلسلة على درجات حرارة مرتفعة إلى أن تبلغ درجات حرارة منخفضة في نهاية السلسلة وتكوّن معادن البلاجيوكليز الغنية بالصوديوم، ومنها معدن الألبايت Albite.

2.2 التتابع التفاعلي المنقطع (السلسلة غير المتواصلة)

Discontinuous Series

يتضمّن هذا التتابع المعادن الغنية بعنصري الحديد والماغنسيوم. يبدأ التفاعل بتبلور معدن الأوليفين Olivine، ثم تتكوّن معادن البيروكسين ومعادن الأملفيول وبايها معدن الميكا (البوتيت). تُسمّى هذه السلسلة سلسلة غير متواصلة بسبب اختلاف المعادن من حيث تركيبها الكيميائي والبلوري وخواصها الفيزيائية على عكس مجموعة التتابع التفاعلي المتواصل. أمّا ما يتبقّى من الصهير بعد تبلور معدني الألبايت والبيوتيت فيكون أغنى من المادة المنصهرة الأم بالسيليكا، ما يؤدي إلى تكوّن معادن الفلسبار البوتاسي ثم المسكوفيت وأخيراً الكوارتز. إذا، تندرج الصخور الناتجة عن تبلور المعادن من الصخور فوق المافية الغنية بعنصري الحديد والماغنسيوم إلى الصخور الفلسية الغنية بالمعادن السيليكانية.

3. علاقة ألوان الصخور النارية بوزنها النوعي

Relation Between the Colors of Igneous Rocks and Their Specific Gravity

تُقسم الصخور النارية إلى مجموعتين هما مجموعة الفلسبار ومجموعة الأوجيت. تؤثر هاتان المجموعتان في اختلاف ألوان الصخور النارية. فصخور مجموعة الفلسبار تتميز بوفرة السيليكا وندرة المعادن التي تحتوي على الحديد والماغنسيوم، ما يجعل وزنها النوعي خفيفاً ولونها فاتحاً. أمّا صخور مجموعة الأوجيت فتتميز بنسبة مرتفعة من المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم وندرة السيليكا، ما يجعلها داكنة اللون من حيث المظهر وثقلية من حيث وزنها النوعي (شكل 61).



شكل 61
تحلل صخرة البازلت Basalt داكنة اللون
عن صخرة الريوليت Rhyolite فاتحة اللون.

- ♦ بعد أن يدرس الطلاب سلسلة تفاعل باون (الشكل 60)، وضع لهم أن هذه السلسلة من التفاعلات تفرق بين تتابع تبلور المعادن من الصهير الغني بالكالسيوم قبل بداية عمليات تبلورها.
- ♦ في السلسلة المتواصلة من التبلور، تتبلور الفلسبارات الغنية بالكالسيوم، ثم يتوالى تبلور فلسبارات البلاجيوكليزي (في سلسلة متصلة) فيتناقص محتواها من الكالسيوم ويزداد محتواها من الصوديوم، فتنتهي بتبلور المعادن الخالية من الكالسيوم.
- ♦ في السلسلة غير المتواصلة من التبلور، يكون الصهير الأصلي فقيراً بالكالسيوم وغنياً بالحديد والماغنسيوم. يبدأ تتابع تبلور المعادن عند درجات الحرارة العالية بتبلور معادن الأوليفين وهو غني بالحديد والماغنسيوم. بعد تناقص نسبة الحديد والماغنسيوم قليلاً يبدأ تبلور معادن البيروكسين، ومع استمرار تناقص محتوى الصهير من الحديد والماغنسيوم وزيادة نسبة السيليكا، تتبلور معادن الأمفيبول وتليها معادن الميكا البيوتيت.
- ♦ في المرحلة النهائية من التبلور، يكون الصهير المتبقي من تبلور المعادن، سواء في السلسلة المتواصلة أو غير المتواصلة، غنياً بالسيليكا والألومنيوم. فتبدأ المعادن الغنية بالسيليكا بالتبلور بدءاً بالفلسبار البوتاسي، ثم المسكوفيت، وأخيراً الكوارتز.
- ♦ هذا يفسر لماذا تكون الصخور المكونة من المعادن التي تبلورت من الصهير في البداية عند درجة الحرارة العالية داكنة اللون، أما الصخور التي تبلورت معانها في آخر السلسلة فتكون فاتحة اللون.

ملف الإنجاز

اطلب إلى الطلاب البحث على شبكة الإنترنت وفي المراجع الجيولوجية المتخصصة في الصخور، عن أهم استخدامات الصخور النارية بمجموعاتها المختلفة. دعهم يربطون التركيب المعدني لكل صخر يذكرونه كمثال بمجموعته الصخرية مع استخداماته. ناقش ما يقدمونه وسجل ملخصاً له بشكل نقاط على السبورة.

3. قيم وتوسع

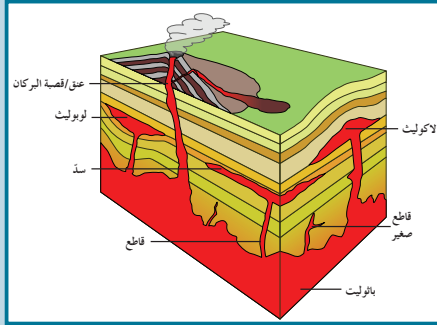
1.3 ملف تقييم الأداء

اطلب إلى الطلاب العودة إلى (الشكل 58) و(الجدول 8) لإعداد خريطة مفاهيم تتضمن أنواع الصخور وتركيبها المعدني وأنسجتها المختلفة وألوانها مدعومة بالأمثلة. ناقش الطلاب حول خرائط المفاهيم للتوصل إلى خريطة واحدة تسجلها تبعاً على السبورة.

4. أشكال الصخور النارية في الطبيعة

Shapes of Igneous Rocks in Nature

تتخذ كتل الصخور النارية الجوفية أشكالاً مختلفة وفقاً للشكل الذي تصلّبت عليه في باطن الأرض أو على سطحها، نذكر منها الباثوليت Batholiths (شكل 64) والقاطع Dikes والسّد Sill واللاكوليت Laccoliths والكل التي تشبه اللوبوليت Lopoliths (شكل 62)، بالإضافة إلى انسيابات الحمم البركانية التي تتخذ أشكالاً مختلفة على سطح الأرض. صف أشكال الصخور النارية في الطبيعة.



شكل 62
أشكال صخور النارية في الطبيعة.

مراجعة الدرس 2

1. ممّ تتكون الصخور النارية بصورة رئيسية؟ بمّ يتم تحديد هذا التركيب المعدني؟
2. ما الفرق بين التركيب الجرانيتي والتركيب البازلت في الصخور النارية؟
3. ما الذي يجعل بعض الصهارة الجرانيتية لزجة وبعضها الآخر أكثر سيولة؟
4. اذكر المفهوم الرئيسي الذي يبيّن "باون" وزملاؤه في المختبر.

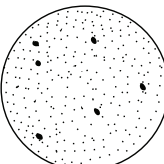
إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2

1. معادن السيليكا؛ يتحدد بالتركيب الكيميائي للصهارة التي تتكوّن منها.
2. التركيب الجرانيتي يطلق على الصخور التي يسود فيها معدني السيليكا وهي الكوارتز والفلسبار؛ يطلق التركيب البازلت على الصخور التي تحتوي على العديد من معادن السيليكا الداكنة اللون والفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالكالسيوم والتي لا تحتوي على الكوارتز.
3. المحتوى العالي من السيليكا في الصهارة يجعلها عالية اللزوجة، والمحتوى المنخفض يجعلها أكثر سيولة.
4. تتطور (تتغير) الصهارة لتصبح صخوراً نارية متنوعة.

1. د
2. ب
3. د

ثانياً: تحقق من فهمك

1.

نوع النسيج	وجه المقارنة	كيفية التكوين	مثال	رسم تخطيطي لشكل النسيج
النسيج البورفيرى	بلورات كبيرة محاطة ببلورات صغيرة	انتقال الصهارة المحتوية على بلورات كبيرة إلى موقع جديد يزداد فيه معدل التبريد والتجميد مكوناً بذلك صخوراً ذات بلورات كبيرة يحيط بها قالب من بلورات صغيرة	صخر بورفيرى	
النسيج الفقاعي	بلورات دقيقة محاطة بفجوات نتيجة تسرب الغازات عند تصلب الصهارة	ينتج عن السرعة العالية لبرودة وتجمد الحمم البركانية الغنية بالسيليكا التي تقذف إلى الغلاف الجوي، فتحبس الغازات في داخلها وتسمح للغازات القريبة من سطح الصهارة أن تتسرب مخلقة فراغات في الصخر المتجمد	السكريا والبيوميس	
النسيج الزجاجى	لا يوجد بلورات	ينتج عن السرعة الكبيرة لتجمد الصهارة فلا يكون هناك وقت كاف للأيونات لتنظم بشبكة بلورية	الأوبسيديان	
النسيج الخشن	بلورات كبيرة ممكن رؤيتها بالعدسة أو بالعين المجردة	تنتج عن تجمد الصهارة ببطء في عمق القشرة الأرضية. يسمح التبريد البطيء للأيونات بأن تنتقل ببطء مما يساعد على تشكل بلورات كبيرة بأعداد أقل.	الجرانيت	

2. البيوميس صخري إسفنجي يحتوي على فجوات كثيرة تنشأ نتيجة تصاعد الغازات وجليان المواد المتطايرة أثناء تجمد اللافا في الظروف الموجودة على سطح الأرض.
3. الأوبسيديان لأن له القابلية للاحتفاظ بحواف حادة صلبة.
4. الجرانيت، الجابرو والبازلت صخور نارية صلبة. المعادن التي تكوّن هذه الصخور مقاومة لعوامل التعرية وتكسبها مظهرًا جميلًا. ولأن الأمطار والرياح لها تأثير ضئيل للغاية على هذه الصخور، فإنها استخدمت في العديد من المباني القديمة.

أسئلة مراجعة الفصل 1

أسئلة مراجعة الفصل الأول

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارة التالية:

1. نسيج الصخر الناري هو وصف الحجم والشكل و.....
(أ) اللون (ب) التركيب الكيميائي (ج) الكثافة (د) ترتيب بلوراته
2. أول معدن يتبلور في الصهارة البازلتية هو.....
(أ) البيروكسين (ب) الأوليفين (ج) الكوارتز (د) الميكا
3. تقتقر الصخور فوق المافية إلى.....
(أ) المعادن داكنة اللون (ب) حديد ومغنسيوم (ج) الهورنبلند والأوجيت (د) المعادن فاتحة اللون

ثانياً: تحقق من فهمك

1. قارن بين الأنسجة الموضحة في الجدول التالي:

نوع النسيج	وجه المقارنة	كيفية التكوين	مثال	رسم تخطيطي لشكل النسيج
النسيج البورفيرى				
النسيج الفقاعي				
النسيج الزجاجى				
النسيج الخشن				

2. البيوميس صخر ناري يطفو فوق سطح الماء. فسر سبب حدوث ذلك.
3. استخدم الإنسان القديم في العصر الحجري الصخور كأدوات. اذكر اسم صخر ناري استخدم كأداة وعلّل إجابتك.
4. وضح سبب استخدام الصخور النارية مثل الجرانيت، والجابرو، والبازلت في العديد من المباني القديمة.

ثالثاً: تطبيق المهارات

♦ تتم سلسلة تفاعل باون من خلال سلسلتين إحداهما تعرف بالسلسلة المتواصلة من التبلور والأخرى تعرف بالسلسلة غير المتواصلة من التبلور، تليهما مرحلة نهائية.

♦ السلسلة المتواصلة من التبلور: تتبلور الفلسبارات الغنية بالكالسيوم، ثم يليها تبلور فلسبارات البلاجيوكليزي (في سلسلة متواصلة) فيتناقص محتواها من الكالسيوم ويزداد محتواها من الصوديوم لتنتهي بتبلور المعادن الخالية من الكالسيوم.

♦ في السلسلة غير المتواصلة من التبلور: تتبلور معادن الأوليفين الغنية بالحديد والماغنسيوم في البداية، وتتناقص نسبة الحديد والماغنسيوم قليلاً في الصهير يبدأ تبلور معادن البيروكسين. ومع استمرار التناقص وزيادة نسبة السيليكا، تتبلور معادن الأمفيبول، وتليها معادن الميكا.

♦ في المرحلة النهائية من التبلور: تبدأ المعادن الغنية بالسيليكا بالتبلور بدءاً بالفلسبار البوتاسي، ثم المسكوفيت، وأخيراً الكوارتز.

رابعاً: الربط بين الرياضيات و الجيولوجيا

1. الفلسبار، 10%

2. 55%

3. يصبح اللون داكناً.

إجابة العلاقة البيانية: الجابرو

ثالثاً: تطبيق المهارات

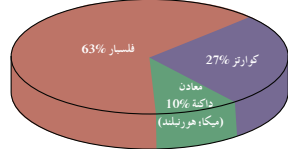
ماذا يحدث عموماً على صعيد التركيب كلما اتجه التبلور إلى أسفل في سلسلة تفاعل "باون"؟

درجات الحرارة	سلسلة تفاعل "باون"	التركيب (أنواع الصخور)
درجة الحرارة المرتفعة (~1200°C)	أوليفين	فوق مافية (بريدويت / كوماتيت)
	بيروكسين	مافية (جابرو / بازلت)
	أمفيبول	وسطة (ديوريت / أندريت)
	ميكا	مليسة (جرانيت / ريويت)
درجة الحرارة المنخفضة (~750°C)	فلسبار بوتاسيوم ميكا مسكوفيت كوارتز	

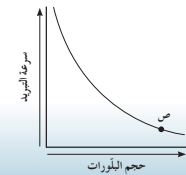
رابعاً: الربط بين الجيولوجيا والرياضيات

تحليل بيانات

خليط معدني: الجرانيت عبارة عن خليط من المعادن فاتحة اللون مثل الفلسبار، والكوارتز، والمعادن داكنة اللون مثل الهورنبلند والميكا. لكن قد يختلف الجرانيت في التركيب المعدني ما يؤثر في لونه ونسبته.



1. ادرس الشكل الدائري، ثم أجب عن الأسئلة التالية:
قراءة الأشكال البيانية: ما المعدن الأكثر وفرة في الجرانيت؟ ما النسبة المئوية للمعادن الداكنة في الجرانيت؟
الحساب: إذا زادت نسبة الكوارتز عن 35% وبقيت كمية المعادن داكنة اللون ذاتها، فما النسبة المئوية للفلسبار في الجرانيت؟
2. التوقع: كيف سيتغير لون الجرانيت إذا كان يحتوي على فلسبار أقل من الميكا (البيوتيت) والهورنبلند؟



من خلال العلاقة البيانية، حدّد اسم الصخر الممثل بالنقطة (ص) على الرسم البياني. هل هو البيومس أو الجابرو أو البازلت أو الأوبسيدان؟

الفصل الثاني

الصخور الرسوبية

دروس الفصل

الدرس 1: منشأ الصخور الرسوبية

الدرس 2: التراكيب الأولية للصخور الرسوبية

الدرس 3: بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها

مقدمة الفصل

دع الطلاب يتناقشون حول كيفية ومدى ارتباط الصورة الموجودة في افتتاحية الفصل بمحتواه. اسأل:

- ما الاسم الذي يطلق على الفتات عندما يترسب من المياه في موقع غير الذي تكوّن فيه؟ (رواسب)
- ما مصير الرواسب التي تترسب في الأماكن التي تنقلها المياه إليها؟ (تماسك وتتحول إلى صخور.)

نشاط إثرائي

تكوّن الصخور الرسوبية

المهارات: إعداد النماذج، الاستنتاج

هدف النشاط: معرفة كيفية تكوّن الصخور الرسوبية

الزمن: 10 دقائق

المواد والأدوات المطلوبة: كمية قليلة من الرمل الناعم (يفضل أنواع مختلفة)، محقن طبي (يفضل محقن كبير)، ماء

الخطوات

- قص الجزء الأمامي من المحقن الطبي.
- اسحب المكبس إلى الخارج، واملأ المحقن بطبقات مختلفة من الرمل بعد إضافة الماء إلى الرمل لترطيبه.
- اضغط الرمل بمكبس المحقن ليخرج من المحقن.

النتائج المتوقعة

يخرج الرمل من المحقن في شكل متماسك تظهر فيه الأنواع المختلفة الألوان من الرمل في صورة طبقات. اطلب إلى الطلاب تفسير لماذا تكوّن الصخور الرسوبية بشكل طبقات مختلفة النوع والسمك.

الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

الفصل الثاني

دروس الفصل

الدرس الأول

• منشأ الصخور الرسوبية

الدرس الثاني

• التراكيب الأولية للصخور الرسوبية

الدرس الثالث

• بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها

إن تجوية الصخور القديمة هي منشأ الصخور الرسوبية، بحيث تزيل الجاذبية وعوامل التعرية نواتج التجوية وتحملها إلى موقع جديد حيث تترسب. يزداد تفتت الجسيمات عادة أثناء مرحلة النقل. بعد الترسب، تتحول هذه المادة التي تسمى الرواسب بعد تماسكها إلى صخر.



كتاب الطالب: من ص 65 إلى ص 71

عدد الحصص: 2

الأهداف:

- ♦ يصف كيف تتكون الصخور الرسوبية.
- ♦ يحدد الأنواع الثلاثة من الصخور الرسوبية.
- ♦ يميز بين الصخور الرسوبية الفتاتية، والكيميائية، والعضوية.

1. قَدِّم وحَفِّزْ

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلاب يدرسون مقدمة الدرس والصورة المصاحبة لها في الشكل (63). وضح لهم أن ما يرونه من أجزاء صخرية على الشواطئ هو الفتات الذي ينتج عن تأثير المياه كأحد عوامل التعرية على الصخور، وأن المياه قد نقلت هذا الفتات إلى الشاطئ، حيث ترسبت في هذا الموقع. وضح لهم أن هذه الفتات المترسبة الذي يطلق عليه مصطلح الرواسب، بالإضافة إلى الأصداف البحرية للكائنات البحرية الميتة والتي نقلتها الأمواج المائية إلى شاطئ البحر حيث ترسبت، سوف تتحول يوماً ما إلى صخر رسوبي نتيجة حدوث الانضغاط والتلاحم بعد أن تتعرض للدفن بواسطة الرمال. أضف أنه إلى جانب المياه الجارية هناك أيضاً عوامل أخرى كثيرة مثل الرياح والمياه الجوفية والثلوج التي تعمل كعوامل تعرية وتساهم في تكوين الصخور الرسوبية.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة حول منشأ الصخور الرسوبية وجه إليهم السؤال التالي:

- ♦ ما الذي سيسبب يوماً ما تصلب هذا الرمل إلى حجر رملي؟

(ستنوع إجابات الطلاب.)

نشاط توضيحي

لمساعدة الطلاب على فهم عملية تكوّن الصخور الرسوبية، اطلب إليهم تنفيذ هذا النشاط:

1. افرض عدة طرق يمكنك بها أن تكون مسحوقاً طباشيراً من قطعة من الطباشير.

2. اختبر صحة فروضك. ما العمليات الطبيعية التي قد تنتج النتائج

نفسها؟ (قد تتضمن الفروض زيادة الضغط أو تخفيفه على قطعة

الطباشير، أو تبليل قطعة الطباشير بالماء مع تغيير قوة الضغط عليها عند

القيام بتحويلها إلى مسحوق.)

منشأ الصخور الرسوبية Origin of Sedimentary Rocks

الدرس 1

أهداف الدرس

- ♦ يصف كيف تتكون الصخور الرسوبية.
- ♦ يحدد الأنواع الثلاثة من الصخور الرسوبية.
- ♦ يميز بين الصخور الرسوبية الفتاتية، والكيميائية، والعضوية.



شكل 63

يقف العديد من القوى المختلفة هذا الجرف الصخري فتحوّله إلى رواسب.

تصوّر أنك عند شاطئ ممتد على طول جرف صخري شاهق. ويوجد بالقرب من قاعدة الجرف جلمود (صخر ضخم)، وحجارة، وحصى. البعض منها كبير بحجم قبضة اليد وذو حواف حادة، تفتّت حديثاً من الجرف. أما البعض الآخر، فلا يتعدى حجم النقود المعدنية الصغيرة وله حواف مستديرة، بفعل الأمواج.

تتحرك قدماءك عبر حبيبات الرمل بالغة الصغر. وحيث يلتقي الماء بالشاطئ، تلاحظ أصدافاً وأعشاباً بحرية. وإذا استطلعت أن ترى القاع، ستكتشف الغرين والطين مكونين طميًا سميكًا. هذه بعض من المواد متعددة الأشكال التي تتكون الصخور الرسوبية (شكل 64).

قد يعتقد بعض الطلاب أن أصل الصخور الرسوبية هو الصهارة، وأنها تكونت جنباً إلى جنب مع الصخور النارية. وضح أن الصخور الرسوبية تتكوّن من الصخور النارية أو المتحولة أو الرسوبية نتيجة تعرضها لعمليات التجوية التي تحولها إلى فتات صغيرة، فيتم نقلها ثم ترسيبها. ويعقب ذلك تعرضها للانضغاط والتلاحم فتتحول إلى صخور رسوبية.

2. علّم وطّق

1.2 منشأ الصخور الرسوبية

- ما العملية التي يبدأ خلالها تكوّن الصخور الرسوبية؟ وماذا تتضمن؟ (التجوية: تتضمن التفتت الفيزيائي والانحلال الكيميائي للصخور النارية والمتحولة والرسوبية الموجودة من قبل).
- ماذا يحدث للمكونات الذائبة الناتجة عن التجوية؟ (تحمّلها المياه الجارية والمياه الجوفية بعيداً إلى مواقع جديدة).
- متى تترسب الجسيمات الصلبة؟ (عندما تقل سرعة الرياح والتيارات المائية وتذوب ثلوج المثالج).
- اذكر أمثلة عمّ يتكوّن من عملية ترسب الجسيمات الصلبة. (الطين في قاع البحيرات، الدلتا عند مصب النهر، عارض أو حاجز الحصى في قاع مجرى مائي، الكثبان الرملية في الصحراء)
- متى يتم ترسب المواد الذائبة في الماء؟ (ترسب أو تزال أيوناتها عندما تسبب التغيرات الكيميائية أو الحرارية تبلور المواد، أو عندما تمتصها الكائنات الحية المائية لتبني أصدافها).
- ما نتيجة استمرار عملية الترسب؟ (الرواسب الأكثر قدماً تدفن أسفل الطبقات الأحدث وتتحول تدريجياً إلى صخر رسوبي بواسطة الانضغاط والتلاحم).

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (64)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ما عوامل التعرية التي يوضحها الشكل؟ (رياح، نهر جليدي، نهر)
- ما الذي يسبب عملية النقل في الشكل؟ (عوامل التعرية)
- متى تحدث عملية الترسب؟ (عندما تترسب الجسيمات الصلبة أو عندما تترسب أيونات المواد الذائبة بواسطة العمليات غير العضوية أو البيولوجية).

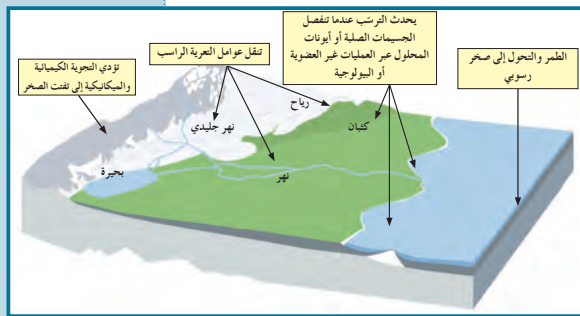
المقارنة والمباينة: اطلب إلى الطلاب عقد مقارنة ومباينة بين الصخور الرسوبية الفتاتية والصخور الرسوبية الكيميائية والصخور العضوية من حيث المنشأ أو الأصل، نوع الراسب الذي تكوّن منه كل منها، سبب التسمية وأهم الفروق.

1. منشأ الصخور الرسوبية

Origins of Sedimentary Rocks

- تبدأ العملية بالتجوية، وهي تتضمن التفتت الفيزيائي والانحلال الكيميائي للصخور النارية، والمتحولة، والرسوبية الموجودة من قبل. تولد التجوية مجموعة متنوعة من المواد، تشمل الجسيمات الصلبة، ومتعددة الأشكال والأيونات المحلولة. هذه هي المواد الخام للصخور الرسوبية.
- تُغلّ المكونات الذائبة والجسيمات الصلبة بعيداً بفعل عوامل التعرية المختلفة.
- يحدث ترسب الجسيمات الصلبة عندما تنخفض سرعة الرياح والتيارات المائية وينصهر الجليد.
- وتترسب المواد الذائبة عند إزالة الأيونات من المحلول عندما تسبب التغيرات الكيميائية أو الحرارية تبلور المواد وترسبها، أو عندما تمتص الكائنات الحية المواد الذائبة لتبني أصدافها.
- فيما يستمر الترسب، تُدفن الرواسب القديمة تحت الطبقات الحديثة، وتتحول تدريجياً إلى صخر رسوبي (تحجّر) بفعل التراص والسمتة Cimentation.

شكل 64
يلخص هذا الشكل التخطيطي جزءاً من دورة الصخور المعلق بتكون الصخور الرسوبية. العمليات الأساسية المعنية هي: التجوية، النقل، والترسب.



66

نشاط

صنع نموذج الصخور الرسوبية

المواد والأدوات المطلوبة
تراب، أحافير، حصى، ماء، ملح، ملاعق، محارم ورقية، جص، مواد ذات درجة صلابة معروفة، لوحة المخدش

خطوات العمل

- اعصف ذهنك مع زملائك حول كيفية صنع نماذج لصخور رسوبية. قد تجمع مواد طبيعية من خارج مدرستك أو من جوار مسكنك. بالطبع لا يتوجب عليك أن تستخدم جميع مواد القائمة، وقد ترغب أيضاً في استخدام مواد أخرى.
- تعلّم: ارتد نظارات الأمان. ابدأ بالتخضير للنشاط بالمواد المحددة لصنع النماذج الصخرية. كيف ستكوّن الطبقات؟ هل نماذجك ستحاكي الضغوط التي أدت إلى التحام الحبيبات والقطع الصغيرة على هيئة صخر؟ هل تحتوي الطبقات الصخرية على أحافير؟
- سجّل الخطوات التي ستبناها لإعداد نماذج الصخور الفتاتية والعضوية والكيميائية.
- قارن نماذجك بنماذج من زملائك.

توجد ثلاث فئات من الصخور الرسوبية استناداً إلى وجود طرق متنوعة لنقل نواتج التجوية وترسيبها وتحويلها إلى صخر صلب. يوجد مصدران أساسيان لتكوين الرواسب،

المصدر الأول: المواد التي تنشأ ويتم نقلها كجسيمات صلبة ناجمة عن كل من التجوية الميكانيكية والكيميائية معاً. تُسمى هذه الرواسب "فتاتية"، وتسمى الصخور الرسوبية التي تتكوّن منها الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية) Mechanical sedimentary rocks (Detrital). المصدر الثاني: المواد الذائبة الناتجة بكمية كبيرة عن التجوية الكيميائية عندما تترسب هذه الأيونات في المحلول بفعل أي من العمليات غير العضوية أو البيولوجية، يطلق على هذه المواد مصطلح "الرواسب الكيميائية"، وتسمى الصخور الرسوبية التي تتكون منها الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks.

تشمل الفئة الثالثة بالصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks، والمثال الأساسي عنها هو الفحم الحجري. فهذا الصخر الأسود القابل للاشتعال يتكون من كربون عضوي ناتج عن بقايا النباتات التي ماتت وتجمعت عند قعر المستنقعات. أجزاء وقطع المواد النباتية غير المتحللة التي تكون "الرواسب" في الفحم الحجري لا تشبه نواتج التجوية التي تكون الصخور الرسوبية الفتاتية والكيميائية.

2. الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية)

Mechanical Sedimentary Rocks (Detrital)

على الرغم من التنوع الهائل للمعادن والفتات الصخري الموجود في الصخور الفتاتية، فالمكونان الرئيسان لمعظم الصخور الرسوبية من هذه الفئة هما المعادن الطينية والكوارتز. المعادن الطينية هي المنتج الأكثر وفرة إثر التجوية الكيميائية لمعادن السيليكات، بخاصة الفلسبار. والمعادن الآخر الشائع هو الكوارتز، هو متوفر بكثرة لأنه متين ومقاوم جداً للتجوية الكيميائية.

المعادن الشائعة الأخرى في الصخور الفتاتية هي الفلسبارات والميكا. يشير وجودها في الصخور الرسوبية إلى أن التعرية والترسب كانا سريعين بدرجة كافية لحفظ بعض المعادن الأولية من الصخر الأصلي قبل أن تتحلل إلى عناصرها الرئيسية.

حجم الحبيبات هو المعيار الأولي للتمييز بين الصخور الرسوبية الفتاتية. يبين الجدول (9) الفئات المختلفة لحجم الحبيبات المكونة للصخور الفتاتية. إنّ حجم الحبيبات ليس الطريقة المناسبة الوحيدة لتقسيم الصخور الفتاتية، بل أن أحجام حبيبات المكونات توفر أيضاً معلومات مفيدة عن أنواع بيئة الترسب.

67

وجه انتباه الطلاب إلى ضرورة تنظيم بياناتهم في صورة جدول .

نشاط توضيحي: كيف تتحول الرواسب إلى صخور رسوبية؟

اطلب إلى الطلاب إحضار شرائح خبز ومجموعة كتب ثقيلة الوزن إلى الفصل . اطلب إليهم وضع مجموعة الكتب أعلى رصة من الصلصال وتركها يومين ، ثم اطلب إليهم الإجابة عن الأسئلة التالية:

♦ توقع ماذا سيحدث للصلصال؟ (ستضغط وتصبح أكثر صلابة

وتتلاحم مع بعضها بعضاً .)

♦ بالنسبة إلى تكوّن الصخور الرسوبية ، ما الذي يحاكيه الصلصال

والكتب الموضوعه أعلاها؟ (يحاكي الصلصال الرواسب ، والكتب

تحاكي طبقات الرواسب الأعلى التي تسبب انضغاط الرواسب الموجودة

تحتها وتصلبها وتلاحمها .)

تنمية مهارة الاستنتاج

اعرض على الطلاب مجموعة من الصخور المتكسرة حديثاً

وأخرى متكسرة منذ فترة طويلة ، واطلب إليهم استنتاج أيهما

الأحدث مع التفسير . (يتعرف الطلاب على الصخور المتكسرة منذ

فترة من خلال حوافها التي تعرضت إلى البري والبلي نتيجة تعرضها لعوامل

التجوية ، أما الصخور المتكسرة حديثاً فحوافها حادة .)

تكامل العلوم

الجيولوجيا والفيزياء

وضح للطلاب أنه في المناخ البارد يعد التجمد والذوبان من أهم

عوامل التجوية ، حيث يتجمد الماء المتسرب داخل تشققات

الصخور نتيجة انخفاض درجة الحرارة ، عندئذ يتمدد الماء بسبب

تجمده ، ما يسبب تشققات الصخور . وعندما ينصهر الثلج ،

يتسرب الماء أعمق داخل شقوق الصخور . وبتكرار التجمد

والانصهار ، تتسع الشقوق ببطء حتى تنفصل أجزاء من الصخور ،

وبذلك تتم تجوية الصخر .

2.2 الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية)

♦ ما المعدنان الأساسيان في معظم الصخور الرسوبية الفتاتية؟

(الطين ، الكوارتز)

♦ ما سبب احتواء الصخور الرسوبية الفتاتية الناتجة عن التجوية

الكيميائية للصخور النارية على معدني الطين والكوارتز؟ مع

ملاحظة أن معادن الطين غير موجودة في الصخور النارية .

(نتجت معادن الطين عن التجوية الكيميائية لمعادن السيليكات ، أما

الكوارتز فهو مقاوم بشدة للتجوية الكيميائية لذلك يبقى كما هو في

الصخور الرسوبية ولا يتغير إلى معادن أخرى .)

♦ ما الذي يدل عليه وجود الفلسبارات والميكا في الصخور

الرسوبية الفتاتية؟ (يدل على أن التعرية والترسيب كانا سريعين بدرجة

كبيرة لم تسمح بتحولهما إلى عناصرهما الرئيسية)

♦ ما الأساس الآخر الذي يجب مراعاته لتقسيم الصخور الرسوبية

الفتاتية؟ وما المعلومات التي يدل عليها؟ (حجم الحبيبات المكونة

لهذه الصخور وشكلها ؛ يوفر معلومات عن بيئات الترسيب .)

نشاط

ما الفرق بين الكونجلوميرات والبريشيا؟ إبحث .

فالتيارات المائية أو الهوائية تفرز الحبيبات بحسب الحجم ، فكلما كان التيار أقوى ، كان حجم الحبيبات التي ينقلها أكبر . فالحصى ، على سبيل المثال ، يتم نقله بفعل الأنهار الجارية وبفعل الانزلاقات الأرضية والأنهر الجليدية . أما الرمل ، فينقله طاقة أقل . لذا يشيع وجود مثل تلك المظاهر في الكثبان الرملية التي تحركها الرياح وفي بعض الرواسب النهرية والشواطئ .

الصخور الرسوبية الفتاتية الشائعة ، بحسب تزايد حجم الحبيبات ، هي الطين الصفحي ، والحجر الرملي ، والكونجلوميرات ، والبريشيا . انظر الجدول (9) .

تصنيف الصخور الفتاتية بحسب حجم الحبيبات			
مدى الحجم (ملم)	اسم الحبيبات	الاسم الشائع للرواسب	الصخر الفتاتي
< 256	جلمود صخري Boulder		
64 – 256	زلط Moelen stones	حصى Pebbles	الكونجلوميرات والبريشيا Conglomerate and Breccia
4 – 64	حصاة Scree		
2 – 4	حبيبة Granule		
2 – 1/16	رمل Sand	رمل Sand	حجر رملي Sandstone
1/256 – 1/16	غرين Alluvial	طين Clay	طين صفحي Clay Shale ، حجر طيني Claystone ، أو حجر غريني Alluvial Clay
> 1/256	طمي Silt		

جدول 9

تصنيف الصخور الفتاتية بحسب حجم الحبيبات

♦ كيف تصنف التيارات المائية أو الهوائية حبيبات رواسب

الصخور الفتاتية بالحجم؟ (كلما كان التيار أقوى، كان حجم الحبيبات التي يحملها أكبر.)

♦ لماذا يسكن الطين ويستقر ببطء شديد؟ (لأن حبيبات الطين دقيقة ويلزمها طاقة قليلة جدًا لنقلها.)

♦ ما الصخور الرسوبية الفتاتية الشائعة بحسب تزايد حجم الحبيبات؟ (الطين الصفحي، الحجر الرملي، الكونجلوميرات والبريشيا)

نشاط توضيحي

وزع على مجموعات الطلاب عينات صغيرة من الرمل، الحصى الدقيق والطيني. دع الطلاب يرتدون معطف المختبر ويصنعون فطائر طمية باستخدام كل مادة في ترتيبها.

اسأل الطلاب: أي المواد أمكن فيها صنع أحسن فطيرة؟ دعهم يفسرون ذلك بأسلوبهم اللغوي. (الطيني هو أفضل هذه المواد لأنه دقيق الحبيبات.)

3.2 الصخور الرسوبية الكيميائية

♦ ما الفرق بين الصخور الرسوبية الفتاتية والكيميائية؟ (تتكون رواسب الصخور الفتاتية من المنتجات الصلبة للتجوية، أما الصخور الكيميائية فتتكون رواسبها من الأيونات المحمولة في المحلول إلى البحيرات.)

♦ كيف يحدث ترسيب المواد المكونة للصخور الرسوبية الكيميائية؟ (بعمليات غير العضوية مثل التبخر، النشاط الكيميائي والعمليات العضوية للكائنات المائية)

♦ كيف تتكون الرواسب البيوكيميائية؟ (تستخلص الكائنات المائية المواد المعدنية الذائبة لتكون الأصداف والأجزاء الصلبة الأخرى. وبعد موت الكائنات، تتجمع هياكلها بالملايين في قاع البحيرات والبحار كرواسب بيوكيميائية.)

1.3.2 الصخور الكربوناتية

اشرح للطلاب أن الصخور الرسوبية تتكون من فتات لصخور موجودة في الطبيعة أو من ترسبات المعادن. أشير إلى الطلاب أن: الحجر الجيري شائع الاستخدام في الهندسة ويمكن إيجادها أيضًا في الطب وفي الأدوات التجميلية.

♦ سطح الحجر الجيري البطروخي أملس ويساعد على نمو البكتيريا التي تعمل كمرشحات حيوية.

♦ الدولوميت، وبحسب كمية احتوائه على الحديد والمغنيسيوم، تتغير ألوان بلوراته المتكونة فتكون رمادية اللون أو صفراء أو زهرية.

♦ الجبس هو متبخر يتكون حين يتبخر 80% من الماء الذي يحتويه. الشيرت هو ثاني أكثر الصخور الرسوبية وفرة بعد الحجر الجيري.

♦ الفحم الحجري، يتألف من أحافير النباتات على عكس الحجر الجيري.

3. الصخور الرسوبية الكيميائية

Chemical Sedimentary Rocks

تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية نتيجة ترسب المعادن الذائبة في المحاليل الكيميائية بواسطة عمليات كيميائية مثل عملية التبخر والترسب من المحاليل المشبعة، ويكون المعدن الذي يترسب أولاً هو الأقل ذوباناً. ونذكر من الصخور الكيميائية:

Carbonate Rocks

1.4 الصخور الكربوناتية

تتكون الصخور الكربوناتية نتيجة ترسب كربونات الكالسيوم من المحاليل الكلسية المحتوية على كربونات الكالسيوم الذائبة. يؤدي هذا الترسيب إلى تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، فتترسب كربونات الكالسيوم على شكل (أراجونيت Aragonite) لتتحول بعدها إلى الكالسيت (Calcite) الأكثر ثباتاً. ومن أهم أنواع هذه الصخور، الحجر الجيري Limestone:

يتكون من ترسب مادة كربونات الكالسيوم الذائبة في المحاليل ويشمل أنواعاً مختلفة، منها:

الترافرتين Travertine: حجر جيري ينتج من ترشح المياه الغنية بالكالسيوم حول الفوارات والينابيع الحارة ويتميز بدرجة مسامية عالية (شكل 65).

الهوابط والصواعد Stalactites and Stalagmites: تتخذ الهوابط شكل أعمدة مخروطية تتدلى من سقف الكهوف، فيما ترتفع الصواعد على أرضيتها نتيجة ترسب كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ من محاليل بيكربونات الكالسيوم الكلسية التي تفقد محتواها من الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون (شكل 66).

الحجر الجيري البطروخي Oolitic Limestone: يتكون هذا الحجر من حبيبات كروية صغيرة جدًا ناتجة عن تفاعلات كيميائية تحدث في مياه البحار والمحيطات. تؤدي هذه التفاعلات إلى ترسب كربونات الكالسيوم على شكل طبقات دقيقة حول نواة دقيقة (قد تكون حبيبة رمل وفئات صدف حيوان). يظهر هذا الترسيب على شكل كرات صغيرة يتماسك بعضها مع بعض بمادة لاصقة غالبًا ما تكون كلسية، فيشبه شكل بيض السمك (البطارخ) (شكل 67).

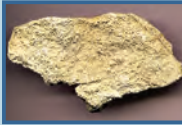
الدولوميت Dolomite: تتكون من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم وتنتج عن إذلال الحجر الجيري بكربونات المغنيسيوم الذائبة. يشبه الدولوميت الحجر الجيري، لكنه أثقل وأكثر صلابة ولا تتفاعل بسرعة مع حمض الهيدروكلوريك المخفف مثل الحجر الجيري (شكل 68).



شكل 65
الترافرتين



شكل 66
الهوابط والصواعد



شكل 67
الحجر الجيري البطروخي



شكل 68
الدولوميت

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا (الشكل 66) بدون قراءة الوصف المكتوب إلى جانب الصورة، اسأل:

♦ أين التقطت هذه الصورة؟ (في أحد الكهوف.)

♦ ما التراكيب الرأسية المتدلية من أعلى بالكهف؟ (قد يذكر

الطلاب أنها تشبه الأعمدة، جذور الأشجار، قطع جليد متدلية أو صخورًا متساقطة.)

♦ في اعتقادك، كيف تكونت هذه التراكيب؟ (قد يذكر الطلاب

أن الماء الذي يحتوي على معادن ذائبة قد تساقط على هيئة قطرات من سقف الكهف، وأن المعادن الصلبة قد بقيت بعدما تبخر الماء.

قد يذكرون أيضًا أن كميات ضئيلة من المعادن قد أضيفت إلى ما قبلها وتراكمت عبر فترات زمنية طويلة، ما أدى إلى تكوّن مثل هذه التراكيب المتدلية.)

♦ أخبر الطلاب أن هذه التراكيب قد تكوّنت كرواسب ناتجة عن العمليات الكيميائية غير العضوية، حيث انساب الماء المذاب فيه أحد نواتج التجوية الكيميائية في صورة أيونات الكالسيوم، وكذلك ثاني أكسيد الكربون. ثم تبخر الماء فترسبت كربونات الكالسيوم من سقف الكهف. وبتكرار هذه العملية خلال فترات زمنية طويلة، قد تكوّنت هذه الأعمدة الصخرية المتدلية التي تتكون من الحجر الجيري والتي يطلق عليها اسم "ستلاكيّات".

خلفية علمية

تغطي الصخور الرسوبية نحو 75% من الصخور المكشوفة على سطح الأرض إلا أنها لا تشكل سوى 5% من كتلة الكيلومترات الستة عشر العليا من القشرة الأرضية. ويبلغ متوسط عمقها في القشرة الأرضية القارية نحو 1 800 متر، أما في المحيطات فإن عمقها لا يتجاوز 300 متر. بالتالي يبلغ متوسط عمق الصخور الرسوبية على سطح الأرض نحو 800 متر، أي ما يشكل 4.8%. من مجموع القشرة الأرضية، ونحو 0.13% من الأرض بكاملها.

ملف الإنجاز

اطلب إلى الطلاب زيارة أحد المواقع باصطحاب أحد الكبار من أفراد عائلاتهم لجمع عينات من الصخور. الفت انتباههم إلى ضرورة تسجيل بعض البيانات عن كل صخر يجمعون، مثل ما إذا كان مفردًا، أو مكسورًا من كتلة صخرية كبيرة، أو إن كان في مجرى مائي، أو مستخدمًا في البناء وغير ذلك. اطلب إليهم تصنيف عيناتهم الصخرية إلى مجموعات بعد إحضارها إلى الفصل.

Evaporites

2.4 المصخرات

تحتوي مياه البحار والبحيرات المالحة على كميات كبيرة من الأملاح الذائبة، حيث يزداد تركيزها نتيجة للتبخّر فتترسب كما هو الحال على شواطئ الخليج في الكويت، ومن هذه الصخور:

♦ الجبس $Gypsum (CaSO_4 \cdot 2H_2O)$: كبريتات الكالسيوم المائية (شكل 69) هي الصخور الأولى التي تتكون من معادن الجبس.

♦ الأنهدريت $Anhydrite (CaSO_4)$: يلي الأنهدريت صخر الجبس في التكوين والترسيب من مياه البحر وهو يشبه الجبس في التركيب الكيميائي. علّل قلة صلادة الجبس عن الأنهدريت (شكل 70).

♦ الملح $Salt (NaCl)$: يوجد على شكل طبقات سمكية جدًا وبلوراته واضحة وهو يلي الجبس والأنهدريت في التبلور (شكل 71).

Siliceous Rocks

3.4 الصخور السليسية

♦ على الرغم من أن السيليكا تعتبر من المواد ضعيفة الذوبان في الماء، إلا أنه ينتج صخور عن ترسيب السيليكا من المحاليل مثل: الفلت (شكل 72) والشيرت (الصوان) Chert يتكونان بصفة رئيسية من السيليكا عديمة التبلور، ويتواجدان على شكل عقد أو درنات أو طبقات.



شكل 72
الفلت

5. الصخور الرسوبية العضوية

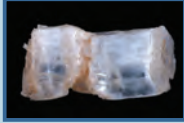
Organic Sedimentary Rocks

تتألف هذه المجموعة من الصخور الناتجة عن تراكم بقايا الحيوانات والنباتات المختلفة، نذكر منها:

♦ الحجر الجيري العضوي $Organic Limestone$: يتكون بفعل نشاط الكائنات الحية وتراكم بقاياها كالمخاطم والفواقع (شكل 73).



شكل 73
الحجر الجيري العضوي



شكل 69
الجبس



شكل 70
الأنهدريت



شكل 71
الملح

1. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

اكتب المصطلحات التالية على السبورة: فتاتية ، كيميائية ، عضوية .
اطلب إلى الطلاب أن يصفوا نسيج كل نوع من الصخور وتركيبه ،
ثم اكتب إجاباتهم على السبورة . (فتاتية: نسيج خشن أو دقيق ، حبيبات
منضغطة ومتلاحمة ؛ كيميائية: النسيج خشن أو دقيق ، معادن متبلورة ؛
عضوية: النسيج خشن أو دقيق ، كائنات ميتة أو بقاياها) .

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. الفئات الثلاث للصخور الرسوبية هي: الفتاتية ، الكيميائية ، العضوية . تنشأ الصخور الرسوبية الفتاتية من التجوية والنقل وترسيب الحبيبات الصلبة . تتكوّن الصخور الرسوبية الكيميائية من المواد الذائبة التي نتجت أساساً بواسطة التجوية الكيميائية . بعد ذلك ترسبت الأيونات في المحلول إما بواسطة العمليات غير العضوية أو البيولوجية لتكوّن الصخور الكيميائية المتنوعة .
2. أكثر المعادن شيوعاً في الصخور الرسوبية هي معادن الطين والكوارتز . معادن الطين هي المنتج الأكثر وفرة للتجوية الكيميائية لمعادن السيليكات ، خصوصاً الفلسبار . يتواجد الكوارتز بوفرة لأنه متين جداً ومقاوم بدرجة كبيرة للتجوية الكيميائية .
3. الحجر المتساقط (المتدلي) من أسقف الكهوف ، الملح



شكل 74
الحجر الجيري المرجاني

- ♦ الحجر الجيري المرجاني: Coral Limestone: ناتج عن تراكم هياكل المرجان (شكل 74) .
- ♦ حجر الطباشير Chalk: صخر لين ناصع البياض قليل الصلادة وهو مكون من أجزاء دقيقة للغاية من هياكل حيوانات بحرية وحيدة الخلية (شكل 75) .



شكل 75
حجر الطباشير

- ♦ الكوكينا Coquina: يتكون من كسرات الأصداف التي تجمعت بواسطة مادة لاحمة (شكل 76) .



شكل 76
الكوكينا



شكل 77
صخر الفوسفات

- ♦ صخر الفوسفات Phosphatic Rock: ينتج عن تراكم هياكل وعظام الحيوانات الفقارية (شكل 77) .
- ♦ الجوانو Guano: وهو صخر فوسفاتي ناتج عن تراكم بقايا روث الطيور البحرية .

مراجعة الدرس 1

1. عدّد باختصار الفئات الثلاث للصخور الرسوبية وميّز بينها .
2. ما المعادن الأكثر انتشاراً في الصخور الرسوبية الفتاتية؟ لماذا
3. اذكر اسم صخرين رسوبيين كيميائيين .

الأهداف:

- ♦ يحدد التراكيب الرسوبية المختلفة: الطبقات - علامات النيم - التشققات الطينية.
- ♦ يصف كيف تتكون الطبقات الرسوبية.
- ♦ يفرق بين التطبيق المتقاطع والتطبيق المتدرج.
- ♦ يفرق بين علامات النيم التيارية وعلامات النيم التذبذبية.
- ♦ يفسر كيف تتكون التشققات الطينية.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (78) والتعليق المصاحب له .
وضح للطلاب أن التراكيب الرسوبية تتميز عن غيرها من الصخور الأخرى النارية والمتحولة، وقد استفاد العلماء من دراسة هذه التراكيب الرسوبية في تعرف المناخ القديم للأرض، مثل درجات الحرارة واتجاه هبوب الرياح وبيئات الترسيب، وكذلك في تفسير التتابع الرأسي للطبقات الرسوبية.

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم معلومات الطلاب السابقة حول الصخور الرسوبية، وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ ما أنواع الصخور الرسوبية؟ (الصخور الرسوبية الفتاتية، الكيميائية، العضوية)

- ♦ ما أهم الخصائص المميزة للصخور الرسوبية؟ (وجودها في صورة طبقات، تحتوي على حفريات، تتميز بوجود تراكيب خاصة تميزها عن الصخور النارية والمتحولة.)

- ♦ اذكر أمثلة عن الصخور الرسوبية؟ (الملح، الفحم الحجري، الصخور الطينية)

2. عَلم وطبق

ما الاختلافات الموجودة بين طبقات الصخور الرسوبية؟ فسّر.

- (الاختلافات في نوع النسيج، التركيب، السمك؛ لأن كل طبقة تعكس الظروف المختلفة التي ترسبت فيها.)

1.2 مستويات التطبيق

- ♦ ما المقصود بمستويات التطبيق؟ (أسطح مستوية تنفصل أو تتكسر

الصخور على طولها)

- ♦ ما الذي يدل عليه مستوى التطبيق؟ (يحدد حدود نهاية أحد أحداث

الترسيب وبداية حدث الترسيب الذي يليه.)

- ♦ ما الذي يسبب تكوّن مستويات التطبيق؟ (التغير في حجم الحبيبات

أو تركيب الرواسب المترسبة؛ التوقف عن الترسيب)

كتاب الطالب: من ص 72 إلى ص 76

عدد الحصص: 1

ملاحظة: إجراء النشاط العملي (4) متزامناً مع شرح الجانب النظري.

التركيب الأولي للصخور الرسوبية Primary Structures of the Sedimentary Rocks

الدرس 2

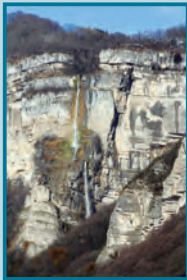
أهداف الدرس

- ♦ يحدد التراكيب الرسوبية المختلفة: الطبقات - علامات النيم - التشققات الطينية.
- ♦ يصف كيف تتكون الطبقات الرسوبية.
- ♦ يفرق بين التطبيق المتقاطع والتطبيق المتدرج.
- ♦ يفرق بين علامات النيم التيارية وعلامات النيم التذبذبية.
- ♦ يفسر كيف تتكون التشققات الطينية.



شكل 78
مرتفعات جال الزور في دولة الكويت

إن أرض الكويت عبارة عن سهل متموج قليلاً يقطعه في بعض الأماكن تلال ومرتفعات وأودية جافة ومنخفضات.
تتميز أرض الكويت بأبرز مظهر تضاريسي وهو حافة جال الزور، وهو عبارة عن حواف من الصخور الرسوبية ويعد مرتفعاً شديداً الانحدار من جهة البحر بحيث يصل ارتفاعه إلى 145m ويطل على جون الكويت. تكون مرتفع جال الزور وجون الكويت نتيجة تصدّع أدى إلى هبوط الطبقات في جون الكويت وارتفاعها في جال الزور.



شكل 79
توضح هذه المجموعة من الصخور السطحية المتكونة من الطبقات الرسوبية خصائص تميز هذه المجموعة الصخرية.

1. التراكيب الرسوبية
بالإضافة إلى تنوع حجم الحبيبات، والتركيب المعدني، والنسيج، تظهر الصخور الرسوبية تنوعاً في التراكيب. وتوفر التراكيب الرسوبية معلومات إضافية مهمة لتفسير تاريخ الأرض، وتعكس الظروف المختلفة التي ترسبت فيها كل طبقة، (شكل 79).

- لماذا يؤدي التوقف عن الترسيب إلى التطبيق؟ (لأن الفرص تكون ضئيلة لتكوين المواد المترسبة نفسها من جديد، مثل الرواسب المترسبة قبلها مباشرة.)
- لماذا تكون طبقات الصخور الرسوبية أفقية؟ (لأن الرواسب عادة ما تتراكم كجسيمات ترسب من مائع.)

- ما نوع التطبيق الذي يميز الكثبان الرملية والدلتاوات النهرية؟ (التطبيق المتقاطع)

- متى نطلق على التطبيق مصطلح التطبيق المتدرج؟ (عندما تتغير الحبيبات داخل الطبقة الرسوبية الواحدة تدريجيًا من الخشن عند قاعدة الطبقة إلى الدقيق الناعم في أعلاها.)

- كيف يتكون التطبيق المتدرج؟ (يحدث التطبيق المتدرج بالترسيب السريع من الماء المحتوي على رواسب ذات أحجام متنوعة؛ فعندما يحدث لتيار الماء فقدان سريع للطاقة، ترسب الحبيبات الأكبر أولًا متبوعة بالحبيبات الأصغر فالأصغر على التوالي.)

2.2 علامات النيم

- ما هي علامات النيم؟ وكيف تتكوّن؟ (هي عبارة عن تموجات صغيرة من الرمل الذي يظهر على سطح إحدى الطبقات الرسوبية بفعل المياه الجارية أو الهواء، وهي تتكون عموديًا باتجاه الحركة.)
- ما نوعي علامات النيم؟ أيهما متماثل؟ وأيها غير متماثل؟ (علامات النيم التيارية: شكلها غير متماثل؛ علامات النيم التذبذبية أو الموجية: شكلها متماثل)

- فيم تستخدم علامات النيم الموجودة في الصخور الصلبة؟ (تستخدم لتحديد اتجاه حركة الرياح أو التيارات المائية القديمة.)

- ناقش الطلاب حول لماذا تشيع علامات النيم غير المتماثلة التي تسببها الرياح في المناطق الجافة، مثل الكثبان الرملية في الصحاري، أكثر منه في المناطق الرطبة. (لأن حبيبات التربة في المناطق الرطبة غالبًا ما تكون ثقيلة جدًا ولا تستطيع الرياح حملها.)

- دع الطلاب يصفون الظروف التي تمكّن حدوث علامات النيم بواسطة الرياح في الكثبان الرملية. (الجفاف؛ التربة غير المزروعة)

نشاط توضيحي: علامات النيم بالكثبان الرملية

- لمساعدة الطلاب على فهم كيف تحرك الرياح الحبيبات، دعهم يجرون النشاط التالي:

- اطلب إلى الطلاب تغطية أحد الأسطح مثل الطاولة أو جزء من الأرضية بالمناديل الورقية، ثم وضع كمية من الرمل في مركز هذا الغطاء. باستخدام شفاطة عصير، دع الطلاب يدفعون الهواء من أفواههم ببطء وحذر على الرمل. اسأل:

- ماذا حدث للرمل؟ (سيتحرك مكوّنًا قممًا مرتفعة دقيقة طويلة تُعد نماذج لعلامات النيم.)

- ماذا سيحدث لو نفخت الرمل بقوة؟ (سيبتعر الرمل ولن يكون قمم علامات النيم.)

تتكون الصخور الرسوبية على شكل طبقات فوق بعضها من الرواسب المترسبة في بيئات ترسيبية متنوعة من الأقدم إلى الأحدث. تختلف هذه الطبقات عن بعضها بعضًا في التركيب الكيميائي والمعدني أو من حيث نسيجها أو درجة صلابتها وتماسكها. فتعرف الطبقة بالسمك الصخري المتجانس الذي تتميز بسطحين محدّدين ومتوازيين تقريبًا. يتراوح سمك الطبقات ما بين مليمترات قليلة ومئات الأمتار.

1.1 مستويات النطق Bedding Planes

هي عبارة عن المستويات الفاصلة بين الطبقات، وقد يشكّل التغير في حجم الحبيبات أو تركيب الصخور المترسبة، مستويات النطق. وقد يؤدي أيضًا وقف الترسيب المؤقت إلى التطبيق، لأن الفرص لتكوّن المادة المترسبة نفسها من جديد تكون ضئيلة. يُمثّل كل مستوى نطق نهاية حقبة الترسيب وبداية حقبة أخرى.

(أ) التطبيق الكاذب (المتقاطع) Cross-Bedding

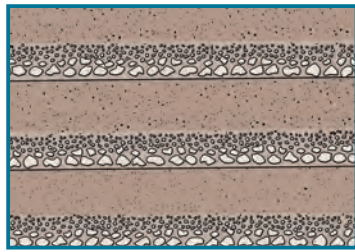
في بعض حالات التطبيق الكاذب تبدو الطبقات على شكل رقائق مائلة بالنسبة إلى مستويات التطبيق الرئيسة بين الطبقات. علّل الكثبان الرملية ومنحدرات الدلتا (شكل 80).

(ب) النطق المتدرج Graded Beds

في حالة النطق المتدرج يتغير حجم الحبيبات داخل الطبقة الرسوبية الواحدة تدريجيًا من الخشن عند أسفل الطبقة إلى الدقيق الناعم في أعلاها. والطبقات المتدرجة هي أكثر ما يميز الترسيب السريع من الماء المحتوي على رواسب ذات أحجام متنوعة. عندما يفقد تيار الماء الطاقة بسرعة، ترسب الحبيبات الأكبر أولًا، وتبعها الحبيبات الأصغر فالأصغر صغرا، على التوالي (شكل 81).



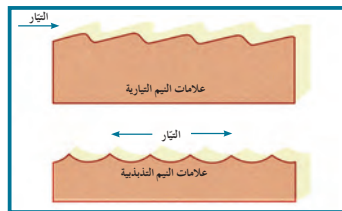
شكل 80
النطق الكاذب



شكل 81
النطق المتدرج

2.1 علامات النيم Ripple Marks

هي عبارة عن تموجات صغيرة في الرمل الذي يظهر على سطح إحدى الطبقات الرسوبية بفعل حركة المياه أو الهواء. إذا تكونت علامات النيم بواسطة الهواء أو الماء المتحركين أساسًا باتجاه واحد فقط، يكون شكلها غير متماثل. "علامات النيم التيارية" "Current Ripple Marks" (شكل 82) هذه ذات جوانب شديدة الانحدار باتجاه هبوط التيار، ومنحدرة تدريجيًا باتجاه مصدر التيار. عندما تتواجد علامات نيم في صخر، فهي تستخدم لتحديد اتجاه حركة الرياح أو التيارات المائية القديمة. هناك علامات نيم أخرى لها شكل متماثل، وتسمى "علامات النيم التذبذبية" "Oscillation Ripple Marks" (شكل 82)، تنتج عن حركة الأمواج السطحية ذهابًا وإيابًا في بيئة ضحلة قريبة من الشاطئ.



شكل 82
علامات النيم التيارية والتذبذبية.

1.3 التشققات الطينية Mud Cracks

تدل على أن الراسب الذي تكونت فيه كان مبتلًا وجافًا بصورة متناوبة. ولدى تعرضه للهواء، يجف الطين تمامًا وينكمش، منتجًا تشققات. تحدث التشققات الطينية في بيئة مثل البحيرات الضحلة والأحواض الصحراوية (شكل 83).



شكل 83
تكون التشققات الطينية عندما يجف الطين المبلل بالماء وينكمش.

3.2 التشققات الطينية

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (83)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ما الذي تدل عليه التشققات الطينية؟ (تدل على أن الراسب الذي تكوّنت منه كان متعرّضاً للبلل والجفاف بالتبادل.)
- في أي بيئات ترتبط التشققات الطينية؟ (في المسطحات المديدة، البحيرات الضحلة والأحواض الصحراوية.)

4.2 الطغيان والانحسار (الارتداد) البحري

- ما المقصود بالطغيان البحري؟ (تحرك الشاطئ إلى داخل اليابسة عندما يرتفع مستوى البحر عن مستوى القارة.)
- ما نتيجة الطغيان البحري؟ (السحبات التي تتكوّن في البيئات البعيدة عن الشاطئ داخل اليابسة تعلو فوق السحبات المترسّبة في البيئة الشاطئية.)

- ما المقصود بالانحسار أو الارتداد البحري؟ (انخفاض مستوى البحر بالنسبة إلى إحدى القارات)
- ما الذي ينتج عن الانحسار أو الارتداد البحري؟ (يتحرك الشاطئ والبيئات الموازية له باتجاه البحر.)

- صف التتابع الرأسي للطبقات الناتج بواسطة الارتداد أو الانحسار البحري. (له سحبات البيئة الشاطئية متراكبة فوق سحبات البيئات البعيدة عن الشاطئ.)

- ما المقصود بالسحنة؟ (يقصد بالسحنة كتلة من الصخور الرسوبية ذات مظاهر تميّزها عن السحبات الأخرى. وتستخدم هذه المظاهر المتمثلة في التركيب الصخري للسحنة وحجم الحبيبات فيها، والتركيب الرسوبية لها ومحتواها من الحفريات في تمييزها عن السحبات الأخرى.)

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب دراسة (الشكل 84)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- مم تتكون الطبقات الموضحة في الشكل؟ (من سحبات من الحجر الفتاتي ترسبت في بيئة بحرية قريبة من شاطئ مكسوة بسحبات من الرواسب البحرية المتدرّجة في بيئات بعيدة عن الشاطئ.)
- ما تفسير ذلك التتابع الرأسي للسحبات في الشكل؟ (يفسر بالترسيب الحادث أثناء الفترة الزمنية عندما ارتفع مستوى البحر عن القارات.)

توسّع

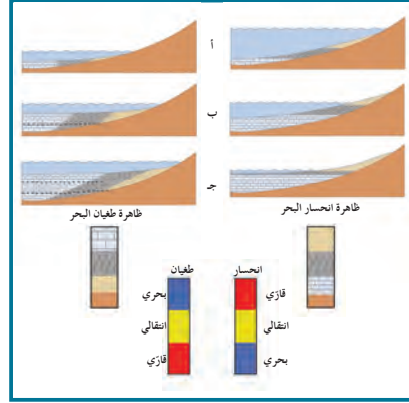
ترجع التقلبات في مستوى سطح البحر في جميع أرجاء العالم (الطغيان البحري والانحسار البحري) إلى عدة عوامل منها:

- ذوبان القمم الجليدية يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر (الطغيان البحري)، ويتوقع أن الذوبان الكامل لجليد القارة القطبية من شأنه أن يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر من 60 إلى 70 متراً (200 قدم).

2. الطغيان والانحسار (الارتداد) البحري

Marine Transgression and Regression

إنّ طغيان البحر Transgression هو ارتفاع مستوى مياه البحر بحيث يغطّي الشاطئ وتصبح المنطقة الشاطئية ضمن الحوض الترسيبي البحري نتيجة حركة أرضية هابطة. أمّا انحسار البحر Regression فهو انخفاض مستوى مياه البحر نتيجة حركة أرضية رافعة بحيث يُكشّف جزء من قاع الرفّ القاري الذي يُضاف إلى المساحة الساحلية القارية. عندئذ، تتعرّض رواسب القاع للتعرية الكليّة أو الجزئية وتصبح موقعاً لترسيب الرواسب القارية مثل الكونجلوميرات والرمل ورواسب الأنهر التي تنبع من الجبال المحيطة.



شكل 84
المرحلة الثلاث للطغيان البحري. رسم تخطيطي للتتابع العمودي للطبقات الناتجة عن الطغيان البحري.

عندما يرتفع مستوى مياه البحر، تُرسّب الرواسب البحرية الجديدة فوق التتابع الأقدم لتتخطاه إلى المنطقة التي كانت شاطئية قارية. تُعرف هذه الظاهرة بالتخطّي Overlap. أمّا عند انخفاض مستوى مياه البحر أو المحيط، يحدث العكس تماماً. فتضيق مساحة المحيط وتزداد مساحة الكتلة القارية المجاورة، ما قد يؤدي إلى ترسيبها فوق الرواسب البحرية القديمة ورواسب قارية أحدث.

2. نمو القمم الجليدية يؤدي إلى انخفاض في مستوى البحر (الانحسار البحري). تشير الحسابات إلى أن مستوى سطح البحر في الوقت الراهن كان أقل مما كان في ذروة العصر الجليدي الأخير بمقدار 100 متر (300 قدم).

- بالإضافة إلى ما سبق ذكره، يعتبر التسونامي أحد صور الطغيان البحري. وينشأ التسونامي كنتيجة لحدوث الزلازل والانفجارات البركانية والانفجارات تحت سطح الماء والانفجارات الأرضية وارتطام النيازك بسطح الأرض وتفجيرات الأسلحة النووية في البحار.

إثراء: الشعاب المرجانية

- كيف تتكون الشعاب المرجانية؟ (بتراكم هياكل حيوانات المرجان التي تتكوّن من معدن الكالسيت)

- لماذا تتكوّن الشعاب المرجانية في المياه الدافئة فقط؟ (لأن حيوانات المرجان لا تستطيع أن تنمو في المياه الباردة.)

- ما نوع الصخر الذي تتكوّن منه الشعاب المرجانية؟ (حجر جيري عضوي)

- ما الذي حرك رسوبيات الحجر الجيري بعيداً عن المحيطات المدارية حيث تكوّنت؟ (حركات الألواح)

4.2 الجيودات أو العقيدات

تتكون الجيودات عندما تتشكل فقاعة هواء داخل الحجر . وعندما يدخل الماء في فقاعة الهواء ، تتشكل بلورات داخله مع مرور الوقت . ويمكن أن يختلف لون هذه البلورات بسبب الحرارة أو وجود معادن معينة في الماء مثل الكالسيوم والحديد والنحاس .

ملف الإنجاز

شجع الطلاب الذين سبق لهم أن قاموا بزيارة شاطئ البحر على كتابة وصف لرمال الشاطئ والموجات التي تغطي على الشاطئ . انتق الأوصاف التي تتضمن لون حبيبات الرمل ونسيجها ، والتي فيها ملاحظات عن الاختلافات الموجودة بين شواطئ مختلفة . ثم اطلب إليهم وصف ما يعتقدونه عن تأثير طغيان الموجات على الشواطئ .

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

- ♦ دع الطلاب يقومون بإعداد جدول مقارنة/ مبيانة يتضمن جميع التراكيب الرسوبية التي درسوها في هذا الدرس . يجب أن يتضمن الجدول اسم التركيب ، كيف تكوّن ، نوعه ، وجه الاستفادة منه ، مميزاته .
- ♦ اطلب إلى الطلاب إعداد خريطة مفاهيم تتضمن التراكيب الرسوبية التي درسوها في هذا الدرس ، على أن يكون كل تركيب منها مصاحباً بكيفية تكوّنه والفائدة منه .

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2

1. التطبق المتقاطع: الأكثر تمييزاً للكتبان الرملية ، يتكوّن عندما تحتوي طبقة من الصخور الرسوبية على طبقات قد تكون مائلة أو أفقية داخلها .
التطبق المتدرج: عبارة عن نوع خاص من التطبق ، حيث تتغير الحبيبات تدريجياً داخل الطبقة الرسوبية الواحدة من الخشنة في القاع إلى الدقيقة في قمة الطبقة .
2. علامات النيم التيارية وعلامات النيم التذبذبية كلاهما عبارة عن تموجات صغيرة في الرمل على سطح الطبقات الرسوبية تشكلت بفعل حركة الرياح أو الماء .
في المقابل تظهر علامات النيم التيارية شكلاً غير متماثل وتكون ذات جوانب شديدة الانحدار باتجاه هبوط التيار ومنحدرة تدريجياً باتجاه مصدر التيار . بينما تظهر علامات النيم التذبذبية تموجات شكلها متماثل . تنتج الأولى عن حركة الماء أو الهواء المتحركين باتجاه واحد فقط بينما تنتج الثانية عن حركة الأمواج السطحية ذهاباً وإياباً في بيئة ضحلة قريبة من الشاطئ .
3. الانحسار (الارتداد) البحري هو تحرك الشاطئ والبيئات الموازية له في اتجاه البحر ؛ الطغيان البحري هو تحرك الشاطئ والبيئات الموازية له إلى داخل اليابسة .



شكل 85
الجيودات عبارة عن تجاويف صخرية تحتوي على تكوينات بلورية داخلية.

4. الجيودات أو العقيدات Geodes

الجيودات Geodes عبارة عن تكوينات صخرية جيولوجية تشكلت في الصخور الرسوبية وبعض الصخور البركانية (شكل 85) . إنها بصورة أساسية تجاويف صخرية ذات تكوينات بلورية داخلية . الجزء الخارجي لمعظمها هو عامة حجر جيري ، بينما يحتوي الجزء الداخلي على بلورات معدنية . هناك جيودات أخرى متشكلة بالكامل بالبلورات ما يجعلها صلبة كلياً . يُسمى هذا النوع من الجيودات العقيدات الصخرية Nodules .

مراجعة الدرس 2

1. قارن بين التطبق المتقاطع والتطبق المتدرج .
2. قارن بين أنواع علامات النيم .
3. ما الفرق بين الانحسار البحري والطغيان البحري ؟

الأهداف:

- ♦ يصف مدى أهمية الصخور الرسوبية لتفسير تاريخ الأرض.

كتاب الطالب: من ص 77 إلى ص 78

عدد الحصص: 1

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب تفحص صورة افتتاحية الدرس (الشكل 86) والتعليق المصاحب لها.

وضح لهم أن أهمية الصخور الرسوبية تكمن في تعرف تاريخ الأرض وتفسيره من خلال تعرف وفهم الظروف التي تكوَّنت فيها هذه الصخور في البيئات التي حدث فيها ترسيب مكوناتها، سواء أكانت تلك البيئات قارية أو بحرية أو انتقالية.

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم معلومات الطلاب السابقة حول أهمية الصخور الرسوبية، وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ ما المبدأ الأساسي للجيولوجيا الحديثة؟ (الحاضر مفتاح الماضي.)
- ♦ كيف يمكن تطبيق هذا المبدأ على الصخور الرسوبية؟ (المظاهر التي نلاحظها في أيامنا هذه على الرواسب في البيئات الرسوبية الحالية يمكن ملاحظتها أيضًا في الصخور الرسوبية القديمة.)

♦ ما أهمية دراسة الصخور الرسوبية في بيئات الترسيب التي ترسبت فيها الرواسب التي تكوَّنت منها؟ (تفسير تاريخ الأرض) وضح للطلاب أن الصخور الرسوبية تحفظ في طبقاتها ظروف بيئات الماضي ومظاهرها.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد بعض الطلاب أن الصخور الرسوبية تتكوَّن خلال فترات زمنية وجيزة. وضح لهم أن تكوَّن الصخور الرسوبية استغرق ملايين السنين.

2. علِّم وطبِّق

1.2 صخور رسوبية: بيئات رسوبية متنوعة

تشكل العوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والرسوبية بيئات رسوبية مختلفة ينتج عنها صخور مختلفة. هناك ثلاثة أنواع من البيئات الرسوبية:

- ♦ النوع الأول: بيئات حث وتآكل (Erosional Environment) حيث لا تتجمع فيها الرواسب في الحوض الترسيبي بسبب ارتفاع المنطقة عن سطح الماء، كالمناطق الجبلية.
- ♦ النوع الثاني: بيئات توازن أو عدم ترسيب (Equilibrational (Non-Depositional) Environment) حيث

بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها Environments and Uses of Sedimentary Rocks

الدرس 3

أهداف الدرس

- ♦ يصف مدى أهمية الصخور الرسوبية لتفسير تاريخ الأرض.

1. صخور رسوبية: بيئات رسوبية متنوعة

Sedimentary Rocks: Sedimentary Environments

تعد الصخور الرسوبية مهمة للغاية في تفسير تاريخ الأرض، فمن خلال فهم الظروف التي تكوَّنت فيها الصخور الرسوبية، يستطيع علماء الجيولوجيا استنتاج تاريخ صخر ما، بما في ذلك معلومات عن أصل الجسيمات التي تكوَّنه، وطريقة نقل الراسب وطبيعة المكان الذي استقرَّ فيه، أي بيئة الترسيب.

بيئة الترسيب Environment of Deposition أو البيئة الرسوبية Sedimentary Environment هي المكان حيث تتراكم الرواسب. تُصنَّف بيئة الترسيب إلى ثلاث فئات فتكون قارية أو بحرية أو انتقالية (الخط الساحلي) ومن ثمَّ المتبخرات.

♦ الرواسب الفخمية (الفحم الحجري) تدلُّ على بيئة مستنقعات استوائية.

♦ الرواسب الملحية تدلُّ على بيئات ذات حرارة شديدة وبحار مغلقة ونسبة بخار شديد أو بيئة صحراوية.

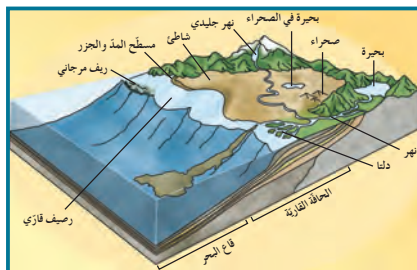
♦ الرواسب الكربوناته تدلُّ على بيئة بحرية عميقة.

♦ الرواسب الطينية تدلُّ على بيئة قارية نهريّة.

♦ الرواسب الشاطئية (رمل وحصى) تدلُّ على بيئة قارية شاطئية.

♦ الرواسب المرجانية تدلُّ على بيئة بحرية ذات مياه ضحلة ودافئة.

شكل 86
البيئة الرسوبية هي المكان الذي يترسب فيه الراسب. تتميز كل منها بظروف فيزيائية، وكيميائية، وإحيائية معينة. لأن كل راسب يحتوي على دلالة للبيئة التي ترسب فيها، فالصخور الرسوبية مهمة للغاية في تفسير تاريخ الأرض. يوضح هذا الرسم التخطيطي عددًا من البيئات القارية، والانتقالية، والبحرية المهمة.





شكل 87
صخور كلسية تستخدم في البناء.



شكل 88
تستخدم الصخور الرسوبية لصناعة الطابوق.

2. استخدامات الصخور الرسوبية
Uses of Sedimentary Rocks
تُفيد الصخور الرسوبية في الكثير من الصناعات. فالصخور الكلسية تُستخدم كثيرًا في البناء (شكل 87) وفي صناعة الجص والإسمنت. وتُستثمر الصخور الطينية في صناعة الفخار والقرميد وأحجار البناء وصناعة الطابوق (شكل 88) والسيراميك. أما الصخور الملحية، كأملح الصوديوم والبوتاسيوم، فتستخدم في الكيمياء والزراعة. ويتم استخراج النفط والغاز الطبيعي والمياه الجوفية من مكانها في الصخور الرسوبية.

مراجعة الدرس 3

1. ما هي أنواع البيئة الرسوبية؟
2. ما أهمية الصخور الرسوبية في دراسة تاريخ الأرض؟

يتم الترسيب لكنه يتوقف لمدة طويلة، مثل المحيطات وأوساط القارات.

♦ النوع الثالث: بيئات ترسيب (Depositional Environment) حيث تتجمع فيها رواسب مختلفة في الحوض الترسيبي، مثل المستنقعات.

أسأل الطلاب:

♦ ماذا نستنتج من فهم الظروف التي تكونت فيها الصخور الرسوبية؟

(استنتاج تاريخ الصخر بالإضافة إلى معلومات عن أصل حبيباته، طريقة نقل رواسبه، طبيعة البيئة الترسيبية التي ترسبت فيها رواسبه.)

♦ ما هي البيئة الرسوبية؟ (المكان حيث تتراكم الرواسب المكونة للصخور الرسوبية.)

♦ ماذا نرى عند دراسة سلسلة من الطبقات الرسوبية؟ (تغيرات

متابعة في الظروف البيئية التي حدثت في مكان معين مع مرور الوقت)

♦ لماذا يدرس الجيولوجيون بعناية الرواسب في البيئات الرسوبية الحالية؟ (لأن المظاهر التي يكتشفونها يمكن ملاحظتها في الصخور الرسوبية القديمة.)

♦ ماذا يستفيد الجيولوجيون من تطبيق الظروف الحاضرة على

الصخور الرسوبية القديمة؟ (يمكنهم إعادة تشييد البيئات القديمة

وتحديد العلاقات الجغرافية لمنطقة ما في الوقت الذي ترسبت فيه

مجموعة معينة من الطبقات الرسوبية، وهذا يقود إلى تكوين خرائط

تصور التوزيع الجغرافي لليابسة والبحار، الجبال والوديان النهرية، الصحاري والمثلج، بيئات الترسيب الأخرى.)

♦ ما فئات البيئات الرسوبية؟ (قارية، بحرية، انتقالية)

المقارنة والمباينة: دع الطلاب يعدّون جداول لمقارنة ومباينة الفئات الثلاث للبيئات الرسوبية (قارية، بحرية، انتقالية)، ودعمهم يدرجون أنواع البيئات الرسوبية التابعة لكل فئة، مواقع تلك البيئات، أنواع الرواسب فيها، بالإضافة إلى العوامل والظروف التي سببت الترسيب فيها.

نشاط توضيحي: التصنيف

اكتب أسماء البيئات الرسوبية المختلفة على السبورة، ثم اطلب إلى الطلاب تصنيف تلك البيئات إلى فئاتها المختلفة. دعهم يذكرون أسباب تصنيف تلك البيئات وأسسها، ويصفون مواقع تلك البيئات وأنواع الرواسب فيها، بالإضافة إلى تحديد العوامل والظروف المسببة لعملية الترسيب فيها.

البحث

دع الطلاب يبحثون في المواقع المتخصصة على شبكة الإنترنت وفي المراجع الجيولوجية المختلفة لإعداد بحث عن إحدى فئات البيئات الرسوبية (القارية، البحرية، أو الانتقالية) يتناولون فيه بالشرح والتحليل أنواع البيئات الرسوبية التابعة للفئة التي اختاروها. دعهم يوضحون سبب إطلاق الاسم على كل بيئة رسوبية، ونوعية الرواسب في كل منها، ومواقعها المختلفة، والظروف والعوامل السائدة فيها. اطلب إليهم عرض مكتشفاتهم على باقي زملائهم في الفصل. نسق بين مجموعات الطلاب لتحديد إحدى الفئات لكل مجموعة من الطلاب.

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

اذكر للطلاب أسماء عدة بيئات رسوبية متنوعة واطلب إليهم تحديد الفئة التي تنتمي إليها كل بيئة رسوبية منها. اطلب إليهم تنظيم فئات وأنواع البيئات الرسوبية في صورة خريطة مفاهيم.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3

1. البيئات الرسوبية هي الأماكن الجغرافية التي تتراكم فيها الرواسب التي تكون الصخور الرسوبية.
2. تفيد الصخور الرسوبية في تفسير تاريخ الأرض. من خلال فهم الظروف التي تكونت فيها الصخور الرسوبية، نستطيع استنتاج تاريخ الصخر بما يتضمنه من معلومات عن أصل الحبيبات التي تكونه، طريقة نقل الراسب وطبيعة المكان أو الموقع التي استقرت فيه حبيبات تلك الرواسب.

إجابات أسئلة مراجعة الفصل الثاني

أولاً: اختر الإجابة المناسبة

1. أ
2. أ
3. د
4. ب

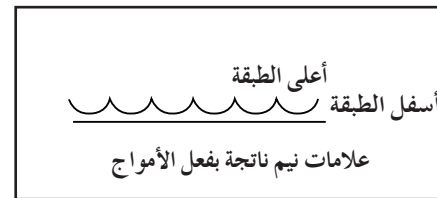
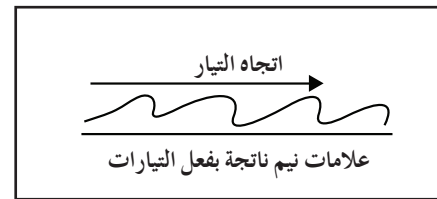
ثانياً: تحقق من فهمك

1. لأن الكائنات الميتة يمكن أن تدفن بسهولة بواسطة طبقات الرواسب التي تكوّن الصخور الرسوبية.
2. التبخر؛ الصخور الرسوبية الكيميائية

ثالثاً: تطبيق المهارات

الطبقات الأفقية، اللون السائد

رابعاً: التمثيل بالرسم



أسئلة مراجعة الفصل الثاني

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارة التالية:

1. عندما يتغير حجم الحبيبات داخل الطبقة الرسوبية الواحدة تدريجياً من الخشن عند قاعدة الطبقة إلى الدقيق عند قمته، يشار إلى ذلك على أنه.....
(أ) طبقات تدرجية (ب) مستويات تُطَبَّق (ج) طبقات (د) تُطَبَّق متقاطع

ثانياً: تحقق من فهمك

1. فُشِّر سبب وجود الأحافير بشكل شائع في الطبقات الرسوبية.
2. ما العملية التي تؤدي إلى تكوّن رواسب الملح الصخري؟ وإلى أي نوع من الصخور الرسوبية ينتمي الملح الصخري؟

ثالثاً: تطبيق المهارات التالية



صورة للغز: تُبَيِّن الصورة الفوتوغرافية سطح أحد الصخور الرسوبية. تمثل الخطوط المناطق حيث يكون الصخر فيها أكثر صلابة من باقي الحبيبات المتلاصقة. عُدِّد المظاهر الشائعة للصخور الرسوبية التي تراها في هذه الصورة.

رابعاً: التمثيل بالرسم

أثناء قيامك برحلة ميدانية إلى منطقة جال الزور في دولة الكويت، لاحظ تراكم عديدة في الصخور الرسوبية ثم أرسم اثنين منهما.

الفصل الثالث

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

الفصل الثالث

دروس الفصل

الدرس الأول

التحول

الدرس الثاني

أنسجة الصخور المتحولة

قد تنشأ بعض الصخور من تحول صخور سابقة التكوين، أي صخور نارية أو رسوبية أو متحولة، بعد تعرضها لظروف قاسية كقوى ضغط هائلة ودرجات حرارة عالية أو محاليل كيميائية نشطة تؤدي إلى إعادة بنائها على هيئة صخور جديدة من ناحية خواصها المعدنية والكيميائية والتركيبية. تُسمى هذه الأخيرة الصخور المتحولة وتكون نادرة جدًا في صخور القشرة الأرضية.



80

الصخور المتحولة

دروس الفصل

الدرس 1: التحول

الدرس 2: أنسجة الصخور المتحولة

مقدمة الفصل

دع الطلاب يتناقشون حول كيفية ومدى ارتباط الصورة الموجودة في افتتاحية الفصل بمحتواه. اسأل:

• ماذا ترى في هذه الصورة؟ (صخور ضخمة في طبقات منشية أو

متموجة فيها تشققات)

• ما الصخور التي تتكون في طبقات؟ (الرسوبية)

• هل هذه الصخور مرنة أو لينة حتى تنثني بهذا الشكل؟

(كلا، هذه الصخور صلبة للغاية.)

• في اعتقادك، ما دامت هذه الصخور صلبة، فكيف انثنت؟ (لا

بد أنها تعرضت لحرارة وضغط عالين نتج عنهما انسياب للصخور وطبها.)

• ألم تؤثر الحرارة والضغط اللذان تعرضت لهما هذه الصخور في

تركيبها المعدني والكيميائي؟ (الحرارة والضغط يسببان تغير التركيب

المعدني والكيميائي للصخور ويحولانها إلى نوع آخر جديد من الصخور.)

نشاط استطلاعي

كيف تعد نموذج لصخر متحول

المهارات: إعداد النماذج

الزمن: 10 دقائق

المواد والأدوات: صلصال، مسطرة، 25 قطعة تترتر، خيط، لوحتان

من الخشب

الخطوات

• كوّن ثلاث كرات من الصلصال قطر الواحدة منها 3cm تقريبًا،

ثم اخلط قطع التترتر بواحدة منها.

• اقطع الكرة التي بها التترتر إلى نصفين باستخدام الخيط. كيف

يترتب التترتر داخلها؟

• أعد تشكيل نصف الكرة بالتترتر إلى كرة جديدة، ثم ضع

الكرات الثلاث متجاورة في صف واحد على لوحة خشبية بحيث

تكون كرة التترتر في المنتصف، ثم اضغط الكرات باستخدام

اللوحة الخشبية الأخرى حتى يصبح ارتفاعها 1cm.

• باستخدام الخيط، اقطع جميع الكرات في الصلصال. لاحظ

ترتيب التترتر. ماذا تمثل قطع التترتر في نموذجك؟

النتائج المتوقعة

عندما يقطع الطلاب كرة الصلصال بالتترتر، لا بد أن يلاحظوا أن قطع التترتر مرتبة عشوائيًا. وعندما يقطعون الصلصال في المرة الثانية سيلاحظون أن التترتر أصبح مرتبًا في شكل طبقة أو شريط. يجب أن يستنتج الطلاب أن التترتر يمثل نموذجًا لحبيبات الصخر، أو يستنتجوا أيضًا أن الصلصال، بعد تعرضه للانضغاط، يمثل نموذجًا للصخر المتحول.

توسع

اسأل ما الذي يمثله الضغط الذي قمت به على كرات الصلصال؟

(يمثل الضغط الذي يغير الصخر إلى صخر متحول.)

كتاب الطالب: من ص 81 إلى ص 83

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ◆ يعرف التحول.
- ◆ يفسر كيفية حدوث التحول.
- ◆ يذكر عوامل التحول ومصادرها.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

وضح للطلاب أن الصخور النارية والرسوبية تحدث لها عملية تحول تؤدي إلى تكوّن نوع ثالث من الصخور يعرف بالصخور المتحولة، تختلف خصائصه الفيزيائية وتركيبه المعدني والكيميائي عن الصخور النارية أو الرسوبية التي نتج عنها (الشكل 89).

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم معلومات الطلاب السابقة حول عملية التحول، وجه إليهم الأسئلة التالية:

◆ ما معنى تحول شيء ما؟ (يصبح الشيء مختلفاً في الكثير من النواحي والخصائص عن الشيء الذي تحول عنه.)

◆ اذكر أمثلة لأشياء متحولة؟ (بخار الماء تحول بالحرارة عن الماء

– الفراشة تحولت عن العذراء التي تحولت عن اليرقة التي تحولت

عن البيضة – الشمع السائل تحول بالانصهار بالحرارة عن الشمع

الصلب، إلخ. تقبل جميع الأصليلة المنطقية.)

◆ ما الاسم الذي يطلق على الصخور النارية والرسوبية عندما

تتعرض للتحول؟ (صخور متحولة.)

◆ هل تشابه الصخور النارية والرسوبية مع الصخور المتحولة التي

نشأت عنها؟ (الصخور المتحولة نوع ثالث من الصخور له خصائص

تميزه عن الأنواع الأخرى من الصخور.)

نشاط استطلاعي

سخن كمية صغيرة من السكر المتبلور وعدة قطرات من الماء

في وعاء معدني، ودع الطلاب يصفون ما يلاحظونه. (سببت

الحرارة انصهار بلّورات السكر فتحول في البداية إلى شراب سكري، ثم

تحول إلى مادة متفحمة سوداء اللون.) اسأل الطلاب كيف تماثل هذه

العملية عملية التحول في الصخور. (سببت الحرارة تغير تركيب ومظهر

وخصائص السكر والماء، أي حدثت عملية تحول للسكر والماء.)

2. علِّم وطبّق

1.2 الصخور المتحولة

◆ ما المقصود بتحول الصخر؟ (تبدّل الصخر من نوع إلى نوع آخر.)

◆ ما هو صخر المنشأ أو الصخر الأصلي؟ (الصخر الذي نشأ منه

الصخر المتحول.)

التحول
Metamorphism

الدرس 1

أهداف الدرس

- ◆ يعرف التحول.
- ◆ يفسر كيفية حدوث التحول.
- ◆ يذكر عوامل التحول ومصادرها.



شكل 89

يتحول الطفل الصفحي Shale إلى أردواز بسبب عوامل معينة شهدها في الطبيعة.

يمكن أن تتغير الصخور النارية والرسوبية إلى صخور متحولة. يختلف نسيج الصخور الأصلية ولونها وتركيبها بدرجة كبيرة عن الصخور المتحولة التي تكونت كما في (الشكل 89).

1. الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

التحول يعني تغير نوع من الصخور إلى نوع آخر. تُنتج الصخور المتحولة عن صخور كانت موجودة من قبل، سواء أكانت رسوبية أم نارية أو حتى صخوراً متحولة أخرى. من هنا ينشأ كل صخر متحول عن صخر يسمى الصخر الأصلي.

يحدث التحول عندما يتعرض الصخر الأصلي لتغير في درجة الحرارة، والضغط على الصخر، وتدخل محاليل وسوائل نشطة كيميائياً. وينتج عنه تغير في المظهر والصفات، وهو عملية تؤدي إلى تغير في نسيج الصخر وفي التركيب المعدني والكيميائي للصخر.

يستجيب الصخر للظروف الجديدة. تُحدث معظم التغيرات الناتجة عن التحول مع البيئة أو الظروف الجديدة. تُحدث معظم التغيرات الناتجة عن التحول عند درجات مرتفعة للحرارة السائدة في منطقة تحت سطح الأرض بضع كيلومترات وحتى الوشاح العلوي.

♦ فيم يختلف الصخر المتحول عن الصخر الأصلي؟ (المظهر

والصفات ، إذ يؤدي التحول إلى تغير في التركيب المعدني والنسيج والتركيب الكيميائي للصخر الأصلي.)

♦ متى يحدث التحول؟ (عندما يتعرض الصخر الأصلي لبيئة فيزيائية أو كيميائية تختلف بشدة عن البيئة التي تكون فيها أصلاً.)

♦ كيف يستجيب الصخر الأصلي للظروف الجديدة التي يتعرض لها؟ (بالتغير التدريجي حتى يصل إلى حالة من التوازن مع البيئة أو الظروف الجديدة.)

♦ لماذا يصعب التفريق بين الصخر الأصلي والصخر المتحول الذي نشأ منه في بعض الأحيان؟ (لأن تحول الصخر الأصلي إلى الصخر المتحول يتم تدريجيًا والتغيرات الحادثة للصخر الأصلي عادة ما تكون طفيفة.)

♦ لماذا يصعب التوقع أحيانًا بنوع الصخر الأصلي للصخر

المتحول؟ (لأن التحول قد يكون حدث في بيئات أو ظروف قاسية

مما أدى إلى تغير كلي للصخر ، أي أن مستوى التحول العالي قد أدى

إلى تحطيم خصائص الصخر وتبديلها ، مثل مستويات التطبيق والأحافير الموجودة في الصخر الأصلي.)

♦ ما الذي يتعرض له الصخر الأصلي عندما يوجد على عمق كبير؟

وما تأثيره على الصخر الأصلي؟ (يتعرض لدرجات حرارة عالية

وضغط مباشر تعمل على تشويه الصخر ببطء ، فنتج أنواع مختلفة من

النسيج والتراكيب كبيرة الحجم.)

♦ في الظروف شديدة القسوة التي تؤدي لانصهار الصخر

الأصلي ، هل تنتج صخور متحولة؟ (كلا ، صخور نارية)

فسر للطلاب تطور عملية التحول وتقدمها الصخري عند

مستوى التحول البسيط ومستوى التحول العالي . وضح لهم أن

مستوى التحول البسيط يسبب تحول الصخور بصورة تدريجية

بطيئة لدرجة يصعب معها تفريق الصخر المتحول الناتج وتمييزه

عن الصخر الأصلي، وذلك بسبب حدوث تغيرات طفيفة في

كل مرحلة من مراحل التحول التدريجي . أما مستوى التحول

العالي الذي يحدث في الظروف القاسية ، فيؤدي إلى تحول في

ذاتية الصخر نفسه ، فيحدث تحطم وتبديل لخصائص الصخر ،

كمستويات التطبيق والأحافير ، وبالتالي يصعب تحديد الصخر

الأصلي عند فحص الصخر المتحول الذي نشأ منه .

وضح للطلاب أن الظروف البيئية التي تتعرض لها الصخور وتسبب

حدوث عملية التحول ليست متشابهة ، والصخور المتحولة الناتجة

تتأثر بشدة هذه الظروف . دع الطلاب يعدون جدولاً يقارنون فيه

تأثير الظروف البيئية على عملية تحول الصخور من حيث الشدة

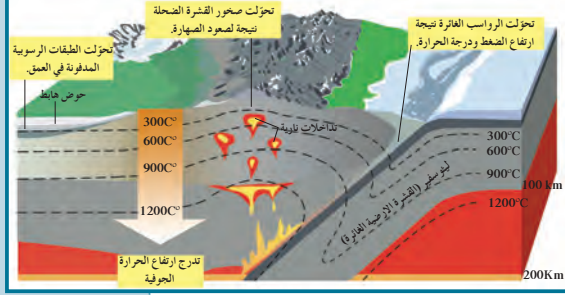
والعمق الموجودين فيه ، بالإضافة إلى التأثير وخصائص الصخر

المتحول الناتج .

2. ما الذي يؤدي إلى التحول؟

What Drives Metamorphism?

تشمل الحرارة والضغط والسوائل النشطة كيميائيًا. يتعرض الصخر لهذه العوامل الثلاثة في الوقت نفسه خلال عملية التحول. لكن دور درجة التحول والذي يؤديه كل عامل يختلف من بيئة إلى أخرى. تُعتبر الحرارة من أهم عوامل التحول (شكل 90)، لأنها مصدر الطاقة التي تحفز التفاعلات الكيميائية، فتعيد تبلور المعادن الموجودة. وقد تعمل أيضًا على تكوين معادن جديدة، فحرارة الأرض الداخلية تنشأ من الطاقة المنبعثة الناتجة عن التحلل الإشعاعي والطاقة الحرارية المخزنة داخل جوف الأرض.



شكل 90
تدرج ارتفاع الحرارة الجوفية ودوره في عملية التحول. لاحظ كيف ينخفض تدرج ارتفاع الحرارة الجوفية بسبب غور القشرة الأرضية الأبرد نسبيًا. بالمقابل، يحدث التسخين الجراحي عندما تحرق الصهارة القشرة العلوية.

بالإضافة إلى عامل الحرارة، فإن عامل الضغط مهم أيضًا. يزداد الضغط مع العمق بسبب تزايد سُكْم الصخور. تتعرض الصخور المدفونة في العمق إلى الضغط المحيط Confining Pressure، بالتساوي من جميع الاتجاهات (شكل 91 - أ). قد تتعرض الصخور لضغط مُوجّه Directed Pressure، فتكون القوى التي تشوّه الصخر غير متساوية في مختلف الاتجاهات، وتُسَمَّى الإجهاد التفاضلي Differential Stress. (شكل 91 - ب)، بحيث تزداد الصخور التي تتعرض للإجهاد التفاضلي قصيرًا أو تنكمش باتجاه الإجهاد الأقوى (التفاضلي)، وتزداد في الطول وتنفط في الاتجاه المتعامد معه. نتيجة لذلك، غالبًا ما تتعرض الصخور للطّي، والتصدع، والانسباط.

مهارة البحث

♦ المقطع - Meta يعني «الشكل» و Morph يعني «متغير». لذلك فإنه كلمة meta morphism معناها «الشكل المتغير» أي «المتحول»، والعملية نفسها تسمى «التحول». وتعريف المصطلح هنا يعني: حدوث تغيرات في المظهر، ويؤدي التركيب في الأنواع المختلفة للصخور إلى تكوّن نوع آخر من الصخور.

2.2 ما الذي يؤدي إلى التحول؟

الحرارة كعامل تحول في حال التحول البسيط

♦ لماذا تعتبر الحرارة من أهم عوامل التحول؟ (لأنها مصدر الطاقة

التي تحفز التفاعلات الكيميائية التي تعمل على إعادة تبلور المعادن

الموجودة في الصخور وعلى تكوين معادن جديدة.)

♦ ما التغيرات التي تحدث بسبب الحرارة؟ (إعادة تبلور حبيبات

المعدن الواحد، وتكوين معادن جديدة لها تركيب بلّوري ثابت.)

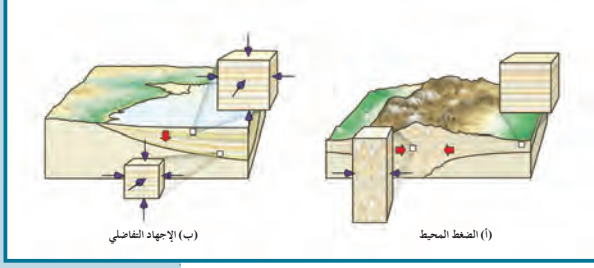
♦ ما آلية إعادة تبلور حبيبات المعدن الواحد تحت تأثير درجات

الحرارة العالية؟ (تساعد درجات الحرارة العالية على تبلور المعادن

ذات البلّورات الصغيرة حيث تتلاحم في جزيئات أكبر من التركيب

البلّوري نفسه، أي يحدث نمو بلّوري).

أما العامل الثالث فهو عبارة عن سوائل نشطة كيميائياً. يُعتقد أن السوائل التي تتكون أساساً من الماء وبعض المكونات المتطايرة والتي تشمل ثاني أكسيد الكربون، تؤدي دوراً مهماً في بعض أنواع التحول. فالسوائل التي تحيط بالخبيبات المعدنية تعمل كمحفّزات لعمليات إعادة البلور.



شكل 91
الضغط المحيط والإجهاد التفاضلي هما عاملان تحول.
(أ) مع ازدياد الضغط المحيط في البيئة الرسوبية يتشوه الصخر بقلص الحجم.
(ب) خلال عملية بناء الجبال، الصخر التي تتعرض لإجهاد تفاضلي تقصر في اتجاه الضغط المسلط عليها وتستطيل في الاتجاه المتعامد مع اتجاه هذا الضغط.

مراجعة الدرس 1

1. ما معنى التحول؟
2. أذكر عوامل التحول.
3. كيف تؤثر الحرارة في مواد الأرض؟
4. ما هو الضغط المحيط؟ كيف يؤثر في الصخور؟

- ◆ كيف تساعد الحرارة في تصنيع معادن جديدة في الصخر ذات تنظيم بلوري ثابت؟ (يرفع التسخين درجة حرارة الصخر حتى يصبح معدن أو اثنان غير ثابتين كيميائياً، فتلجأ المكونات الأيونية لترتيب نفسها في تركيب بلوري أكثر ثباتاً في ظروف البيئة الجديدة مرتفعة الحرارة، ما يؤدي إلى تصنيع معادن جديدة ذات تنظيم بلوري ثابت لا يختلف في تركيبه الكيميائي عن المعدن الأصلي.)
- ◆ ما مصدر الحرارة الداخلية للأرض؟ (الطاقة المنطلقة نتيجة التحلل الإشعاعي والطاقة الحرارية المختزنة منذ تكون كوكب الأرض.)
- ◆ ما البيئات التي يتم فيها نقل الصخور إلى بيئات ذات درجة حرارة عالية؟ (الحواف التصادمية لألواح القشرة الأرضية والأحواض الترسيبية الكبيرة)
- ◆ كيف توفر التصادمات القارية ظروف الدفن العميق للصخور؟ (ينتج عن تلك التصادمات تزايد سمك القشرة الأرضية نتيجة حدوث الطي والتصدع، ما يؤدي إلى دفن عميق للصخور، وهذا يسبب انصهارها جزئياً إذ ترتفع درجة الحرارة.)
- ◆ كيف تنتقل الحرارة من الوشاح إلى الأجزاء الضحلة من القشرة الأرضية؟ (عن طريق التداخلات النارية)

توظيف الأشكال

- دع الطلاب يدرسون (الشكل 90) ثم وجه إليهم السؤالين التاليين:
- ◆ ما سبب تعرض صخور الطبقات الضحلة في القشرة الأرضية للتحول؟ (التداخلات النارية نتيجة صعود الأجسام الصهارية)
 - ◆ لماذا تدفن الصخور في الأحواض الترسيبية الكبيرة على أعماق عميقة؟ (لأن قيعان هذه الصخور تتميز بهبوط تدريجي.)
- وضح للطلاب أن وجود أحافير في أي صخر ليس دليلاً قاطعاً على أن هذا الصخر صخرًا رسوبياً، فبعض الصخور المتحولة عن الصخور الرسوبية تحتوي أيضاً على أحافير إذا نتجت عن تحول ضعيف المستوى للصخر الرسوبي الأصلي. أضف إلى ذلك أن وجود أحافير في الصخر المتحول يفيد في توفير المعلومات عن درجة التحول التي عانى منها الصخر الأصلي والبيئة الترسيبية.

الضغط المحيط والتفاضلي

- ◆ لماذا يزداد الضغط مع العمق؟ (بسبب تزايد سمك الصخور الموجودة أعلى هذا العمق.)
 - ◆ ما المقصود بالضغط المحيط؟ (تضغط القوى على الصخر بالتساوي في جميع الاتجاهات.)
 - ◆ ما الذي يسببه الضغط المحيط للصخر بازدياد العمق؟ (إعادة البلور وتكون معادن جديدة.)
 - ◆ لماذا غالباً ما يسبب الإجهاد التفاضلي طي الصخور التي تتعرض له وتصدعها وانسائها؟ (لأن الصخور التي تتعرض للإجهاد التفاضلي تزداد قصراً أو تنكمش في اتجاه الإجهاد الأقوى وتزداد في الطول وتنفطح في الاتجاه العمودي على اتجاه الإجهاد الأقوى.)
- فسر للطلاب لماذا تقصر ألواح القشرة الأرضية في الطول وتزداد في السمك. وضح أن ذلك يرجع إلى أن أكبر إجهاد تفاضلي يكون موجهاً أفقياً تقريباً في اتجاه حركة اللوح ويكون أقل ضغط ممكن في الاتجاه الرأسي على اللوح. بالتالي تقصر الألواح في الاتجاه الأفقي وتنمو عمودياً في السمك.
- المقارنة والمباينة: اطلب إلى الطلاب عقد مقارنة ومباينة بين الضغط المحيط والإجهاد التفاضلي من حيث التعريف والتأثير على الصخور وألواح القشرة الأرضية. دعهم ينظمون مقارنتهم ومبايناتهم في صورة جدول.

- ناقش مع الطلاب مدى اختلاف تأثير الإجهاد التفاضلي على الصخور في الظروف المختلفة من درجة الحرارة، اسأل:
- ♦ في أي البيئات تكون درجة الحرارة منخفضة؟ وفي أيها تكون مرتفعة؟ **(البيئات السطحية؛ البيئات العميقة في باطن الأرض)**
 - ♦ ما تأثير الإجهاد التفاضلي على الصخور السطحية في درجات الحرارة المنخفضة؟ **(يسبب تفلقها.)**
 - ♦ ما تأثير الإجهاد التفاضلي على الصخور العميقة عند درجات الحرارة المرتفعة؟ **(يسبب انسيابها.)**

توظيف الأشكال

- اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 91)، ناقش معهم تأثير كل من الضغط المحيط والإجهاد التفاضلي كعاملين لتحول الصخور، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:
- ♦ كيف يقوم الضغط المحيط بتشويه الصخر في البيئة الرسوبية؟ **(بتقليص حجم الصخور)**
 - ♦ ما تأثير الإجهاد التفاضلي على الصخور خلال عملية بناء الجبال؟ **(تقصر الصخور في اتجاه الضغط الممارس عليها وتستطيل باتجاه عمودي لهذه القوة.)**

تكامل العلوم

الجيولوجيا وعلم الفيزياء

الحرارة والضغط مرتبطان بعضهما بعضاً. إذا تم تخفيض الضغط في وعاء يحتوي على ماء بواسطة مضخة لتفريغ الهواء، سيبدأ الماء في الغليان عند درجة حرارة أقل من 100°C . هذا يوضح كيف أنه بزيادة الضغط على سطح كوكب الأرض تزداد درجة الحرارة.

هل تعلم؟

فسر للطلاب لماذا ينساب الثلج في المثالج بالتدريج على المنحدرات تحت تأثير الجاذبية. وضح أن ثلج المثالج يتميز بخاصية الانسياب اللين، تماماً مثل الصخر الحار المدفون في عمق القشرة الأرضية. فسر إننا نعتبر الثلج بارداً إلا أنه في الواقع يعتبر حاراً بالمقارنة مع نقطة انصهاره.

السوائل والمحاليل النشطة كيميائياً

- ♦ ما نوع السوائل والمحاليل التي تلعب دوراً في بعض أنواع التحول؟ **(السوائل والمحاليل التي تتكون من الماء وثاني أكسيد الكربون.)**
- ♦ كيف تعمل المحاليل كمحفزات لعمليات إعادة تبلور المعادن؟ **(عن طريق تنشيط تحرك الأيونات وهجرتها)**
- ♦ ماذا يحدث للمحاليل الغنية بالأيونات عند درجات الحرارة العالية؟ **(تصبح نشطة في التفاعلات الكيميائية.)**
- ♦ ماذا يحصل عندما يحدث دوران للمحاليل الحارة بدون قيود خلال الصخور؟ **(يحصل تبادل أيوني بين الطبقات الصخرية المتجاورة أو تهجر الأيونات لمسافات بعيدة عن موقعها الأصلي في الصخور.)**
- ♦ ما المقصود بالتحول الميتاسوماتي؟ **(التحول الصخري المعدني بالإحلال الكيميائي)**

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

دع الطلاب يقارنون ويبيّنون بين الأنواع المختلفة لعوامل التحول من حيث آلية التأثير على التركيب المعدني والتركيب البلوري، والظروف التي يعمل فيها كل عامل، ودرجة التحول في الصخور المتحولة الناتجة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. التحول هو التغير في التركيب المعدني و / أو نسيج الصخر كاستجابة لتغير الظروف.
 2. عوامل التحول هي الحرارة، الضغط (الإجهاد) والسوائل النشطة كيميائياً.
 3. تؤثر الحرارة على مواد الأرض بطريقتين:
(أ) تحفز عملية إعادة تبلور حبيبات المعدن الواحد وتساعد على النمو البلوري.
(ب) تصنيع معادن جديدة لها تركيب أو تنظيم بلوري ثابت له التركيب الكيميائي نفسه للمكوّن الأصلي.
 4. الضغط المحيط هو تساوي القوى التي تضغط على الصخر المدفون عميقاً من جميع الجهات.
- ♦ يسبب الضغط المحيط غلق المسام الموجودة بين الحبيبات المعدنية للصخر المدفون بعمق، فينتج صخر منضغط عالي الكثافة. ومع تزايد العمق، قد يسبب الضغط المحيط إعادة تبلور معادن الصخور، فتتكون معادن جديدة تتميز بأشكال بلورية محكمة.

كتاب الطالب: من ص 84 إلى ص 90

عدد الحصص: 2

الأهداف:

- ◆ يحدد نوعي نسيج الصخور المتحولة: المتورق وغير المتورق.
- ◆ يفرق بين أنواع النسيج المتورق الثلاثة.
- ◆ يعرف أنواع مختلفة من بيئات التحول.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب تفحص صورة افتتاحية الدرس في (الشكل 92) والتعليق المصاحب لها. وجه إليهم السؤال التالي:

◆ ابحث عن تاريخ بناء آخر شهير مصنوع من الرخام مثل البارثينون في اليونان. (ستتوقع الاجابات. تقبل ما يذكره الطلاب عن

أي مبنى استخدم الرخام في إنشائه.)

- ◆ اشرح للطلاب أنّ الرخام الأبيض في الحرم المكي يُسمّى تاسوس نسبةً إلى اسم الجزيرة في اليونان التي يُستخرج منها. أشر إليهم أنّه استخدم لأنه يمتص الرطوبة ويبقى باردًا على مدار الساعة. أضف إلى معلومات الطلاب أنّ سماكة الرخام في الحرم المكي تصل إلى 5cm بينما لا تتخطى سماكة البلاط عادةً 2.5cm.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم معلومات الطلاب السابقة حول أنسجة الصخور المتحولة، وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ◆ ما الصخور التي توجد في شكل طبقات؟ (الرسوبية)
- ◆ ماذا يحدث للصخور الرسوبية عندما تتعرض لعملية التحول؟ (تفتت ثم تتلاحم لصخورًا جديدة تعرف بالصخور المتحولة.)
- ◆ ما وجه اختلاف وتشابه التركيب البلوري والمعدني للصخور المتحولة الناتجة عن تحول الصخور الرسوبية؟ (لها تركيب بلوري مختلف ولها تركيب معدني متشابه.)
- ◆ هل تحتوي الصخور المتحولة على طبقات؟ (بعضها يحتوي على رقائق ويطلق عليه اسم الصخور المتورقة، وبعضها الآخر لا يحتوي على طبقات ويعرف بالصخور غير المتورقة.)

2. علِّم واطِّبق

1.2 تحولات نسيجية ومعدنية

- ◆ فيم يستخدم مصطلح «نسيج» في الصخور؟ (لوصف حجم الحبيبات داخل الصخر وشكلها وترتيبها.)
- ◆ لماذا تظهر الصخور النارية والرسوبية في الشكل نفسه عند النظر إليها من أي اتجاه؟ (لأن الحبيبات المعدنية فيها موزعة عشوائيًا داخل الصخر.)

أنسجة الصخور المتحولة Metamorphic Textures

الدرس 2

أهداف الدرس

- ◆ يحدد نوعي نسيج الصخور المتحولة: المتورق وغير المتورق.
- ◆ يفرق بين أنواع النسيج المتورق الثلاثة.
- ◆ يعرف أنواع مختلفة من بيئات التحول.

هل تعلم؟

أقامت وزارة الصحة المستشفيات والمراكز الصحية وأشرفت على بناء العديد من المراكز ومنها مركز الطب الإسلامي الذي يختص بالمعالجة بالنباتات الطبية. وقد قام بافتتاحه صاحب السمو أمير البلاد الراحل الشيخ جابر الأحمد الجابر الصباح - طيب الله ثراه - وذلك في 21 فبراير 1987 بمناسبة عزيزة هي عيد الكويت الوطني السادس والعشرين.

وافتح المركز بعد أربع سنوات فكان صرحًا إسلاميًا معماريًا وعلميًا. يتكوّن المركز من ثلاثة أدوار بمساحة بناء تقارب 6100 متر مربع، ومسجد يتكوّن من ثلاثة أدوار تسع لألف وخمسمائة مصلى بمساحة 2600 متر مربع، وتصل بين الاثنين ممرّات ذات طابع إسلامي مغطاة. وقد استخدم الرخام للأرضيات المنقوشة بنقشات إسلامية بمساحة 3650 مترًا مربعًا.



شكل 92
الرخام الأبيض في الحرم المكي

يتميّز الرخام الأبيض في الحرم المكي بلونه الباهي وشكله المتناسق ودرجة حرارته المعتدلة طوال اليوم. تعود خاصيّة اعتدال الحرارة إلى نوع الرخام (تاسوس) الذي يمتصّ الرطوبة في الليل عبر مسام دقيقة ويُخرجها في النهار، ما يجعله دائم البرودة. لا يمكن إيجاد هذا الرخام الأبيض إلّا في اليونان، لذلك تمّ شراء الكميّة المناسبة لهذا الغرض.

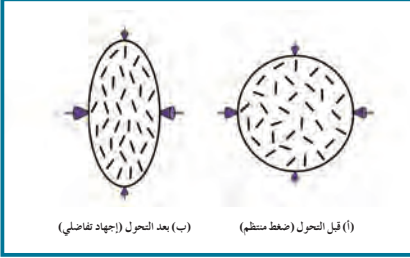
هل تعلم؟

ترتفع درجة حرارة القشرة الأرضية مع العمق، ويؤدي ذلك إلى مشاكل كثيرة على صعيد العمل في المناجم الجوفية أو تحت الأرضية. في المنجم الغربي العميق في أفريقيا الجنوبية والذي يبلغ عمقه 2.5 ميلاً، تبلغ درجة حرارة الصخور درجة عالية بحيث أنها تحرق سطح جلد الإنسان. في مثل هذه الظروف، يعمل عمال المناجم ضمن مجموعات، مكونة من اثنين، أحد العمال يقوم بالتعدين، في حين يشغل الآخر مروحة لتبريد الجو حولهما.

1. تحولات نسيجية ومعدينية

Textural and Mineralogical Changes

تذكر أن مصطلح نسيج يُستخدم لوصف حجم الحبيبات وشكلها وترتيبها داخل الصخر. تتكون معظم الصخور النارية وكثيراً من الصخور الرسوبية من حبيبات معدنية موزعة عشوائياً، ذات المظهر نفسه إذا نظرت إليها من أي اتجاه كان. يسمى الصخر الذي يحوي معادن ذات ترتيب عشوائي نسيجاً غير متورق Nonfoliated Texture. بالمقابل، فإن الصخور المتحولة التي تحوي معادن صفائحية (مثل الميكا) أو معادن مستطيلة (مثل الأمفيبول) أو الاثنين معاً، تُظهر نوعاً من اتجاهات الترتيب المفضلة فتبدو الحبيبات المعدنية منتظمة في صفوف متوازية أو شبه متوازية تُسمى نسيجاً متورقاً Foliated texture.



شكل 93 الدوران الميكانيكي للحبيبات المعدنية الصفائحية أو المستطيلة. تحافظ الحبيبات القديمة على ترتيبها العشوائي إذا تعرضت لضغط منتظم من جميع الجهات. عندما يسبب الإجهاد التفاضلي ضغط الصخر، تدور الحبيبات المعدنية لتنظم باتجاه السطح.

Foliated Textures

1.1.1 الأنسجة المتورقة

يُشير مصطلح التورق Foliation إلى أي ترتيب وفق مسطحات (مُستوى تقريباً) للحبيبات المعدنية أو للمظاهر التركيبية في الصخر. توجد أنواع مختلفة من التورق (شكل 94)، تعتمد غالباً على مستوى التحول والتكون المعدني للصخر الأم. نذكر منها: الانشقاق الصخري أو الأردوازي، والشيستوزية (الصفائحية)، والنسيج النيسوزي.



شكل 94 نوع من أنواع الأنسجة المتورقة

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 93)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ماذا يحدث للحبيبات المعدنية عند تعرضها لضغط منتظم من جميع الجهات؟ (تحافظ على ترتيبها العشوائي.)
- متى يحدث دوران ميكانيكي للحبيبات المعدنية في الصخر؟ (عند تعرض السطح لجهد تفاضلي.)
- ما تأثير الإجهاد التفاضلي على الصخر؟ لماذا؟ (يسبب فلتحة الصخر لأن الحبيبات المعدنية تدور لتنظم في اتجاه فلتحة الصخر.)

1.1.2 الأنسجة المتورقة

- إلام يشير الانفصام الصخري؟ (يشير إلى الأسطح المستوية المتقاربة التي يتفلق الصخر بطولها عندما يطرق بمطرقة.)
- ما العوامل المؤثرة لنشأة الانفصام الصخري؟ (بيئة التحول وتركيب الصخر الأصلي)
- في أي بيئة تتحول طبقات الطفل إلى الأردواز؟ فسّر. (في بيئة مستوى التحول الضعيف حيث ينشأ الانفصام الصخري عندما تتعرض طبقات الطفل للطي وتتحول إلى الأردواز. وتبدأ هذه العملية عندما تلتحم الحبيبات الصفائحية منتجة طيات مجهرية ذات أجنحة أو جوانب شبه مرتبة.)

لماذا تظهر الصخور المتحولة بشكل مختلف عند النظر إليها من الجانب ومن أعلى؟ (لأن حبيباتها المعدنية تكون صفائحية أو مستطيلة أو الاثنين معاً، فتظهر نوعاً من اتجاهات الترتيب المحددة بحيث تبدو منتظمة في صفوف متوازية أو شبه متوازية.)

ما المصطلح الذي يطلق على الصخر الذي يحتوي على حبيبات معدنية لها ترتيب معين؟ (يقال إنه ذو نسيج متورق.)

كيف ينشأ التورق في الصخور المتحولة؟ (بواسطة إجهادات التضاضط التي تقلص الوحدات الصخرية مسببة اصطفاك حبيبات الصخر الأصلي في شكل متواز أو شبه متواز.)

ما طرق تكوّن الأنواع المختلفة للتورق؟ (دوران الحبيبات المعدنية في اتجاه جديد، إعادة تبلور المعادن إلى معادن جديدة وتغير شكل الحبيبات الرسوبية)

ما المقصود بإعادة التبلور؟ (تكوين حبيبات معدنية جديدة من القديمة)

ما الذي يحدث للحبيبات المعدنية في الطفل عند تحوله إلى أردواز عند درجات الحرارة العالية والضغط؟ (تتحول الحبيبات المعدنية الدقيقة للطفل عن طريق إعادة التبلور إلى صفائح دقيقة من الكلوريت والميكا.)

فسر للطلاب كيف يقلد النمو الجديد للحبيبات المعدنية الجديدة طريقة نمو البلّورات المعدنية القديمة أثناء عملية التحول، وكيف تؤكد إعادة التبلور أثناء التحول الاتجاه القديم لترتيب البلّورات في الصخر الأصلي. وضح أنه في بعض المواضع، تذوب الحبيبات المعدنية القديمة في الصخر الأصلي وتهاجر إلى مواقع أخرى حيث تتبلّر كحبيبات معدنية جديدة تنمو على البلّورات القديمة التي لها التركيب نفسه.

المقارنة والمباينة: أسأل الطلاب كيف تتشابه الصخور الرسوبية والصخور المتحولة المتورقة وكيف تختلف. (تظهر طبقات في النوعين؛ تتكوّن الصخور الرسوبية من حبيبات ذات أحجام مختلفة، بينما تتكوّن طبقات الصخور المتحولة المتورقة من معادن مختلفة.)

إثراء

أخبر الطلاب بوجود العديد من نوعيات الرخام كل منها له استخدام. دع الطلاب يحضرون صوراً للعينات المختلفة من الرخام حتى يتمكن طلاب الفصل من المقارنة بين الرخام المستخدم لنحت التماثيل والرخام المستخدم في المباني.

هل تعلم؟

أخبر الطلاب أن الماس صورة من صور الكربون التي تكوّن تحت ضغط مرتفع ودرجة حرارة مرتفعة جداً، وأن وجود بلّورات الماس في الصخور المتحولة يعني أن صخور المنشأ لهذه الصخور المتحولة قد تحولت تحت درجات عالية من الضغط ودرجة الحرارة، وهذا دليل على أن هذه الصخور تكوّنت على عمق كبير من سطح الأرض.

♦ ما الذي تنجم عن زيادة التشوه الناتج عن التحول؟ (يزيد انتظام

الحبيبات عن طريق تهشم الحبيبات القديمة وإعادة تبلورها في الاتجاه الجديد).

♦ لماذا تبقى آثار لمستويات التطبق الموجودة في الطفل في صخر

الأردواز؟ (لأن عملية التحول منخفضة المستوى).

♦ لماذا يتفلق الأردواز في اتجاهات متقاطعة مع مستويات التطبق؟

(لأن مستويات الانقسام في الأردواز قد تنشأ مائلة على اتجاه التطبق الأصلي).

♦ ما المقصود بالشيستوزية (النسيج الشيستوزي)؟ (خاصية تورق

الصخر التي تنمو فيها بلّورات المعادن الصفائحية إلى الدرجة التي يمكن

تمييزها بالعين المجردة. وبالتالي يصبح النسيج كبيراً، فيبدو الصخر كما

لو كان متطبقاً أو له تركيب طبقي).

♦ ما الاسم الذي يطلق على الصخر الذي يتميز بالنسيج

الشيستوزي؟ (الشيست)

♦ ما المقصود بالنسيج النيسوزي؟ (هو النسيج الذي تنفصل فيه

المعادن بعضها عن بعض نتيجة هجرة الأيونات التي تحدث خلال

عمليات التحول عالية المستوى، ما يعطي الصخر مظهرًا ذو أحزمة).

♦ ما الاسم الذي يطلق على الصخر المتحول ذي النسيج

النيسوزي؟ (نيس)

نشاط توضيحي

شجع الطلاب على إعداد بطاقة تتبعية يصفون فيها كيف يحدث تحول الطفل فيصبح أردوازاً، ويوضحون نوع التحول الحادث ويقارنون بين نسيج الطفل ونسيج الأردواز، ويفسرون لماذا تظل آثار التطبق في الطفل موجودة في الأردواز.

نشاط توضيحي: التصنيف

أعط الطلاب الوصف التالي لصخر ما ودعهم يقررون إذا كان الصخر متورقاً أو غير متورق. إذا كان متورقاً يحددون نوع النسيج: صخر تتضح فيه حبيبات داكنة وحبيبات أخرى فاتحة منفصلة بعضها عن بعض ما أعطى الصخر مظهرًا ذا أحزمة أو مظهرًا متطبقًا.

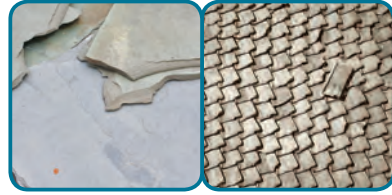
النتائج المتوقعة: يجب أن يلاحظ الطلاب أن كلاً من الجرانيت والنيس خشن الحبيبات. في الجرانيت، الحبيبات ذات زوايا وأكثر استدارة من الحبيبات في النيس، والحبيبات في النيس تبدو مفلطحة وأكثر انضغاطاً. يجب أن يتضح هذا الاختلاف في رسومات الطلاب.

الاستنتاج: قد تختلف الإجابات. قد تتضمن الإجابة النموذجية أن الضغط

ودرجة الحرارة الهائلين قد سببا حدوث مثل ذلك الاختلاف.

Rock or Slaty Cleavage الانشقاق الصخري أو الأردوازي

يشير الانشقاق الصخري إلى الأسطح المستوية المتقاربة جدًا والتي ينشأ الصخر على طولها عند طَرَفَه بِطَرَفَةٍ، ويحدث الانشقاق الصخري (شكل 95) في عدة صخور متحولة، ولكنه يظهر جيدًا في الأردواز الذي يتميز بخاصية انشقاق تسمى الانشقاق الأردوازي (شكل 96)، إذ يتكون الأردواز نتيجة عملية التحول للطين الصفائحي.

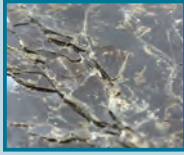


شكل 95

للأردواز استخدامات عديدة لأنه ينشق بسهولة إلى صفائح. توضح الصورة استخدام الأردواز كسقف للمباني.

Schistosity (ب) الشيستوزية (الصفائحية)

في ظل أنظمة الضغط ودرجات الحرارة المرتفعة، تنمو حبيبات الميكا والكلوريت الدقيقة في الأردواز إلى حجم أكبر بعدة مرات من الحجم الأصلي، بحيث تستطيع تمييزها بالعين المجردة. ويبدو الصخر متطبقاً أو مكوناً من تركيب طبقي. في هذه الحالة تسمى خاصية تورق الصخر بالشيستوزية (أو النسيج الشيستوزي)، والصخر الذي يتميز بهذا النسيج يسمى شيست Schist (شكل 97). إضافة إلى المعادن الصفائحية، قد يحوي الشيست حبيبات مشوهة من الكوارتز والفلسبار التي تظهر كحبيبات مسطحة أو عدسية الشكل مخبأة بين حبيبات الميكا.



شكل 95

تكون نوع واحد من الانشقاق الصخري.

هل تعلم؟

يرجع سبب ثقل النوعية الممتازة لطاولات البليارد إلى أن أسطحها مصنوعة من صفائح سمكية لصخر متحول هو الأردواز. ولأن الأردواز ينفصل بسهولة إلى صفائح، فقد ارتفع سعره لجودته في صنع أسطح طاولات البليارد، بالإضافة إلى أغراض أخرى، مثل فرش الأرضيات والأسطح.



شكل 97

صخر الشيست Schist

3.2 أنسجة متحولة أخرى

- ♦ ما النسيج الصخري المتحول الذي يعرف بأنه «غير متورق»؟
(النسيج الذي لا يظهر فيه ترتيب معين للحبيبات).
- ♦ ما ظروف نشأة الصخور المتحولة غير المتورقة؟ (يكون التشوه في بيئات التحول أقل ما يمكن، والصخر الأصلي مكثراً من معادن بلوراتها متساوية الأبعاد).
- ♦ لماذا تكون بلورات الرخام كبيرة، متساوية الأبعاد وموزعة عشوائياً؟ (لأن الرخام صخر متحول غير متورق ينتج عن تحول الحجر الجيري دقيق الحبيبات (معدن الكالسيت) نتيجة تداخلات الأجسام الصهارية، ما يسبب إعادة تبلور حبيبات الكالسيت، فتتكون بلورات كبيرة الحجم من البلورات الأصلية المتراسة بإحكام).

1.2 التحول الحراري أو التماسي

- ♦ متى يحدث التحول الحراري أو التماسي؟ (عندما يحيط أو يلاصق الصخر جسم ناري منصهر فيسخن وقد ينصهر، وبالتالي تتغير صفاته الأصلية).
- ♦ ما النطق التي تقع فيها أجزاء الصخر التي حدث لها تحول أو تغير؟ (الهالات المتحولة)
- ♦ ما سبب عدم وجود التورق في صخر الهورنفلز الناتج عن التحول التماسي للطين الصفحي الذي يتميز بالتورق؟ (لأن الطين الصفحي يتعرض لدرجة حرارة عالية كأنه في فرن، لا يتعرض لأي ضغط موجه).
- ♦ متى يصبح للصخر الناتج عن التحول التماسي نسيج بروفير وبلاستيكي؟ (عندما تكون بلورات المعادن المتحولة كبيرة الحجم مثل الجارنت والأشستوروليت).
- ♦ ما الصخران المتحولان اللذان يتكوّنان بمصاحبة الهورنفلز؟ وما صخرهما الأصلي؟ (الرخام والكوارتزيت؛ الحجر الجيري والحجر الرملي الكوارتزي على الترتيب)

Gneissic Texture

(ج) النسيج البسوزي

تتفرز المعادن خلال عمليات التحول عالي المستوى كما هو مبين في الشكل (98). لاحظ أن بلورات البايوتيت الداكنة والمعادن السيليكاتية الفاتحة (كوارتز وفلسبار) قد انفصلت عن بعضها، وأعطت الصخر مظهرًا ذي أحزمة يسمى النسيج البسوزي. الصخر الذي يتميز بهذا النسيج يدعى نيس Gneiss.

Nonfoliated Textures

2.1 الأنسجة غير المتورقة (الحبيبية)

تتألف هذه الصخور من حبيبات بلورات معادن متساوية الأبعاد مثل الكوارتز والكالسيت وتتكون بفعل التحول الحراري. فيظهر نسيج الصخر على شكل حبيبات متبلرة متساوية الحجم ومتراصة كالرخام والكوارتزيت (شكل 99).

Metamorphic Environment

2.2 بيئات التحول

1.2 التحول الحراري أو التماسي

Contact or Thermal Metamorphism

يحدث التحول الحراري أو التماسي عندما يكون الصخر محاطاً أو ملاصقاً لجسم ناري منصهر. تقع أجزاء الصخر التي تعرّضت للتغير في نطاق يسمى حالة متحولة Metamorphic Aureole (شكل 100)، والتي يتوقف حجمها على عوامل عديدة:

- ♦ كتلة الجسم الناري وحرارته، فالتداخلات الصغيرة تحدث حالات تقاس سماكتها بالسنتيمترات في حين أنّ التداخلات الكبيرة مثل الباثوليث Batholith تمتدّ هالاتها المتحولة كيلومترات عديدة.
- ♦ التركيب المعدني للصخر المضيف مثل الحجر الجيري بحيث قد تصل سماكة نطاق التحول على 10km وغالبًا ما تكون هذه الكبيرة نطاق تحول متميز Zone of Metamorphism.



شكل 100
حالة التحول



شكل 98

يظهر هذا الصخر النسيج البسوزي. لاحظ أن شرائح البايوتيت الداكنة وحبيبات المعادن السيليكاتية الفاتحة منفصلة عن بعضها، مما أعطى الصخر مظهرًا ذي أحزمة أو منطقتين.



شكل 99

الكوارتزيت نوع من النسيج غير المتورق.

هل تعلم؟

يبلغ عمر صخور نيس أكاستا الظاهر عند سطح الأرض شرق بحيرة Slave lake العظمى في كندا 4.03 مليار سنة، بحسب قياس العمر بالطريقة الإشعاعية. وهي تعتبر من أقدم الصخور المعروفة في العالم.

اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 101)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ كيف تكونت هالة التحول؟ (نتيجة حدوث تداخل للأجسام النارية في صخور القشرة الأرضية)
- ♦ أين تتكون هالة التحول؟ ومم تتكون؟ (في جزء الصخر المضيف في القشرة الأرضية المجاور للجزء العلوي من الجسم الناري؛ صخور متحولة)

- ♦ ما موقع حدوث التحول في الشكل؟ وماذا ينتج عنه؟ (جزء الصخر المضيف المجاور للجسم الناري؛ هالة تحول تتكون من صخور متحولة)
- ♦ مم يتكون السقف المعلق؟ (من تحول الصخر المضيف)
- ♦ لماذا يقع السقف المعلق فوق الصخر الناري الجوفي؟ (لأن الصخر المتحول الذي يتكون منه السقف المعلق كان يشكل في السابق سقف حجرة الصهارة.)

فسر للطلاب كيف يؤثر التركيب المعدني للصخر المضيف في حالات التحول الكبيرة على التركيب المعدني للصخور المتحولة بالتماس. وضح لهم أن هالة التحول قد يصل سمكها إلى حوالي 10 km في حالة الصخور النشطة كيميائياً مثل الحجر الجيري. في هذه الهالات الكبيرة، تتكون مناطق أو نطاقات تحول محددة يتميز كل منها بصخور متحولة ذات تركيب معدني مختلف. فبالقرب من الجسم الصهاري، تتكون معادن مستوى الحرارة العالي مثل الجارنت، وبعيداً عن الجسم الصهاري، تتكون معادن مستوى الحرارة المنخفض مثل الكلوريت.

2.2 التحول بالمحاليل الحارة

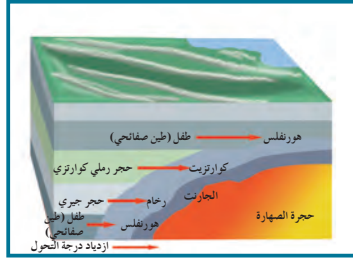
- ♦ ما المقصود بالتحول بالمحاليل الحارة؟ (التحول الذي يحدث عند دوران المحاليل الحارة الغنية بالأيونات خلال شقوق وكسور الشقوق فيسبب تغيراً كيميائياً لها.)
- ♦ لماذا يرتبط التحول بالمحاليل الحارة بالأنشطة النارية؟ (لأن الأنشطة النارية هي مصدر الحرارة الضرورية لدوران المحاليل الغنية بالأيونات.)

- ♦ ما هي المداخل السوداء؟ (مصطلح يطلق على المحاليل الحارة الغنية بأيونات العناصر عندما تتخلل الشقوق وتتدفق من قاع المحيط عند درجة حرارة 350°C، مكونة سحابة مملوءة بالحبيبات الدقيقة.)
- ♦ ماذا يحدث عند اختلاط السحابة السوداء بماء البحر البارد؟ (ترسب المعادن الكبريتيدية والكربوناتية المحتوية على العناصر الثقيلة، التي لبعضها أهمية اقتصادية.)

هل تعلم؟

إن معظم الأصباغ التي تعطي الدهانات لونها وقدرتها على ستر طبقات الدهانات السابقة تأتي من مواد أرضية طبيعية متنوعة. على سبيل المثال، صيغ العنبر الذي يعطي لوناً بُنيّاً كستنائياً يُستخرج من مناجم في قبرص. تكونت هذه المادة، في الماضي، عند قعر البحر عن طريق التغير الحراري بواسطة المحاليل للحمم البركانية (اللافا) البازلتية الغنية بالحديد والمنغنيز.

فبالقرب من الجسم الصهاري قد تتكون المعادن المميّزة لدرجة الحرارة العالية مثل الجارنت، في حين تتكون المعادن المميّزة لدرجة الحرارة منخفضة، مثل الكلوريت بعيداً عنه.

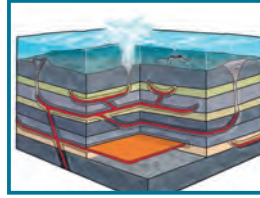


شكل 101
يولّد الهورفلس (صخور طينية دقيقة الحبيبات) عن التحول التلامسي للطفل (الطين الصفائحي)، بينما يولّد الكوارتزيت والرخام على التوالي عن التحول التلامسي للحجر الرملي الكوارتزي والحجر الجيري.

2.2 التحول بالمحاليل الحارة

Hydrothermal Metamorphism

عندما تمر المحاليل الحارة الغنية بالأيونات عبر شقوق الصخور، يحدث تغير كيميائي تسمى التحول بالمحاليل الحارة (شكل 102). يرتبط هذا النوع من التحول ارتباطاً وثيقاً بالأنشطة النارية، كونها توفر الحرارة الضرورية لدورة هذه المحاليل الغنية بالأيونات. لهذا غالباً ما يحدث التحول بالمحاليل الحارة بالتزامن مع التحول التلامسي في المناطق التي تمّ اختراقها بكتل نارية كبيرة. ولهذه المحاليل القدرة على تغيير التركيب الكيميائي للصخر المضيف.



شكل 102
محزن الصهير

اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 102) ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ ما المواقع التي نستدل منها على حدوث التحول بالمحاليل الحارة في القارات؟ (عيون المياه الدافئة والفوارات الحارة النشطة)

3.2 التحول بالدفن وفي نطاق الانغماس

- ♦ ما الذي يسبب التحول بالدفن؟ (التراكم السميك جدًا لطبقات الصخور الرسوبية في أحد أحواض الترسيب الهابطة.)
- ♦ ما مستوى التحول الحادث في الطبقات العميقة نتيجة التراكم السميك للصخور أعلاها؟ (مستوى تحول ضعيف)
- ♦ ما الذي يسبب تغير النسيج والتركيب المعدني من دون تشوه شامل للطبقات العميقة؟ (الضغط المحيط والحرارة الجوفية للأرض قد يسببان إعادة تبلور المكونات المعدنية في صخور تلك الطبقات العميقة.)

4.2 التحول الإقليمي

- ♦ لماذا تنقل صخور القشرة التي تكوّن حواف الكتل القارية المتصادمة في الطول وتزداد في السمك أثناء التحول الإقليمي؟ (لأنها تتعرض للطي والتصدع.)
- ♦ ما الذي ينتج عن زيادة سمك القشرة الأرضية؟ (نتج حركات رفع حيث ترتفع الصخور المشوهة فوق مستوى سطح البحر لتكوّن مناطق جبلية، ينتج عنه دفن لكميات كبيرة من الصخور بسبب عمليات الدسر نتيجة تراكم الصخور فوق بعضها أو دفعها تحت بعضها.)
- ♦ من المسؤول عن نشاط عمليات التحول في أحزمة الجبال؟ (ارتفاع درجة حرارة الصخور في جذور الجبال بسبب الدفن العميق للصخور، وهذا الارتفاع في درجة الحرارة قد يؤدي إلى انصهار الصخور.)
- ♦ لماذا يتكون لب الجبال من صخور متحولة تتداخل معها أجسام نارية؟ (لأن نتيجة لانصهار الصخور المدفونة عميقًا، تتجمع الصهارة فتتكون أجسام صهارية كبيرة تطفو وترتفع مخترقة الصخور المتحولة والرسوبية الواقعة فوقها.)
- ♦ ما الذي يحدث للكتل الصخرية المشوهة المكوّنة لللب المركزي في سلسلة الجبال مع مرور الوقت؟ (مع مرور الوقت، ترفع الكتل المشوهة حيث تقوم التعرية بإزالة الطبقات العليا لتكشف الصخور النارية والمتحولة التي تكوّن اللب المركزي لسلسلة الجبال.)
- ♦ اطلب إلى الطلاب أن يفسروا كيف يرتبط التحول الإقليمي بحواف الألواح المتصادمة. (يحدث التحول الإقليمي عند حواف القارات حيث تدفن الصخور وتعرض للطي والتصدع باستخدام الألواح القارية.)

هل تعلم؟

تتصاعد المحاليل الغنية بالعناصر الفلزية عبر الشقوق وتتدفق من قعر المحيط عند درجة حرارة تبلغ حوالي 350°C، مولدة سحابة مملوءة بالبيبتات الدقيقة تدعى المداهن السوداء Black Smokers. ترسب المعادن الكبريتيدية والكربوناتية المحتوية على العناصر الفلزية الثقيلة عند اختلاطها بمياه البحر الباردة، فتتشكل ترسبات فلزية تكون لبعضها قيمة اقتصادية عالية. ويُعتقد أن هذا هو مصدر خامات النحاس التي يجري تعدينها اليوم في مناجم جزيرة قبرص.

3.2 التحول بالدفن Burial Metamorphism

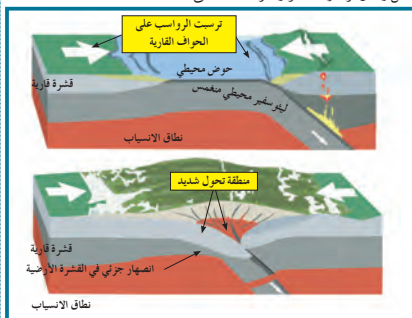
يرافق التحول بالدفن (شكل 103) تراكم كثيف جدًا لطبقات الصخور الرسوبية في حوض ترسيب هابط. في هذه الحالة، قد تتوفر ظروف مستوى التحول الضعيف للطبقات العميقة. فيتسبب الضغط المحيط والحرارة الجوفية الأرضية المتزايدة بإعادة تبلور المكونات المعدنية، ما يغير النسيج و/أو التركيب المعدني للصخور من دون حدوث تشوه ملحوظ.



شكل 103 التحول بالدفن

4.2 التحول الإقليمي Regional Metamorphism

يحدث هذا التحول في مناطق شاسعة تحت تأثير الضغط المرتفع الذي يصاحبه ارتفاع في درجات الحرارة والذي ينتج عن حركات القشرة الأرضية البانية للجبال والغازات، ما يؤدي إلى ترتيب المعادن المكوّنة للصخور الأصلية على شكل رقائق أو شرائط متوازية ومتعامدة على اتجاه الضغط.



شكل 104

يحدث التحول الإقليمي عندما تضغط الصخور بين لوحين صخريين (البوسفير) متصادمين أثناء بناء الجبال.

دع الطلاب يدرسون خريطة طبوغرافية للعالم وخريطة لحواف الألواح القارية. دعهم يتعرفون سلاسل الجبال على طول حواف الألواح. اطلب إليهم أن يستنتجوا نوع الصخور المحتمل وجودها في هذه السلاسل الجبلية.

ملف الإنجاز

♦ أحضر إلى الفصل مجموعة من الصخور المتحولة (3 على الأقل)، والصخر الأصلي أو المنشأ لكل صخر متحول منها. ثم اطلب إلى الطلاب توضيح كيف تكوّن كل صخر متحول من الصخر المنشأ الذي تحول إليه.

♦ دع الطلاب يعدون خريطة مفاهيم تتضمن أنواع بيئات التحول المذكورة في هذا الدرس على أن يضمّنوا كل بيئة الموقع والظروف والعوامل ونوع نسيج الصخور المتحولة الناتجة في كل بيئة منها.

1. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

♦ اطلب إلى الطلاب تقديم رسمين، أحدهما لصخر متحول متورق، والآخر لصخر متحول غير متورق، وعقد مقارنة ومباينة بين هذين النوعين من الصخور المتحولة.

اطلب إليهم تقديم تلخيص في صورة فقرات عن الأنواع المختلفة للأنسجة الصخرية المتحولة.

♦ اطلب إلى الطلاب إعداد خريطة مفاهيم تتضمن الأنواع المختلفة من بيئات التحول على أن يضمّنوا كل بيئة تحول الموقع، العوامل المؤثرة في التحول، درجة التحول وظهور صفة التورق أو عدم ظهورها في الصخور المتحولة الناتجة في كل بيئة منها.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2

1. يستخدم التورق لوصف الصخور المتحولة التي تترتب حبيباتها في أحزمة متوازية.
2. الانفصام الصخري أو الأردوازي، النسيج الشيستوزي، النسيج النيسوزي
3. خلال عمليات التحول العالية المستوى، قد تؤدي هجرة الأيونات إلى فصل المعادن، حيث تنفصل بلورات البيوتيت الداكنة ومعادن السيليكات (كوارتز وفلسبار) الفاتحة، ما يعطي صخر النيس مظهرًا ذا أحزمة فاتحة وداكنة متبادلة.
4. التحول الحراري أو التماسي، التحول بالمحاليل الحارة، التحول بالدفن وفي نطاق الانغماس، التحول الإقليمي
5. نتيجة التحول الإقليمي، تترتب المعادن المكوّنة للصخور الأصلية على شكل رقائق أو شرائط متوازية ومتعامدة على اتجاه الضغط.

مراجعة الدرس 2

1. عَرِّف التورق.
2. ما الأنواع الثلاثة للنسيج المتورق؟
3. كيف تكوّن صخر النيس المتحول؟
4. أذكر أنواع مختلفة لبيئة التحول.
5. ما نتيجة التحول الإقليمي؟

1. ب
2. أ
3. د
4. أ

ثانياً: تحقق من فهمك

1. كلمة «متحول» تعني «شكل متغير». تتكوّن الصخور المتحوّلة نتيجة تغير شكل الصخر الذي نشأت منه، لذلك يعتبر هذا المصطلح مناسباً لهذا النوع من الصخور.
2. تتكوّن كل من الصخور النارية والصخور المتحوّلة يستلزم فعل الحرارة. من جهة ثانية، تتكوّن الصخور النارية بعد أن تبرد الصخور المنصهرة، بينما الصخور المتحوّلة تتكوّن عندما يتم تغيير الصخور الصلبة الموجودة بواسطة الحرارة والضغط.
3. الأردواز؛ لأن الأردواز ينفصل بسهولة إلى صفائح، لذلك يكون النحت فيه أسهل من النحت في الرخام.
4. الاحتمال الأكبر لوجود الصخور المتورقة يكون قرب الصخور المحتوية على معادن متنوعة؛ والاحتمال الأكبر لوجود الصخور غير المتورقة يكون قرب التكوينات وحيدة المعدن. قد يوجد كلا النوعين فوق حجرة الصهارة في باطن الأرض.

ثالثاً: نم مهاراتك

1. $0 - 150^{\circ}\text{C}$ ، $0 - 6 \text{ km}$
2. أعماق من 48 km تقريباً؛ أعلى من 700°C
3. الأردواز والشيست؛ $150 - 350^{\circ}\text{C}$ ، $8 - 24 \text{ km}$
- النيس؛ $600 - 750^{\circ}\text{C}$ ، $40 - 48 \text{ km}$
4. بازدياد العمق ودرجة الحرارة، تتغير الصخور الرسوبية إلى الصخور المتحوّلة منخفضة الحرارة، إلى صخور متحوّلة مرتفعة الحرارة، إلى صخور نارية.

رابعاً: تنمية مهارة الاستنتاج

يحتمل أن تكون بيئة المستنقعات لأن الفحم الحجري يتكوّن من نباتات المستنقعات المدفونة في الماء، والطفل يعتبر دليلاً إضافياً للبيئة المائية لأنه يتكوّن من حبيبات الطمي المترسبة في الماء.

أسئلة مراجعة الفصل الثالث

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارات التالية:

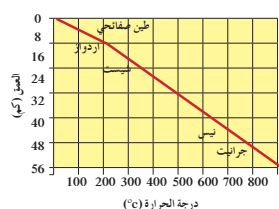
1. في تكون القوى التي تشوّه الصخور غير متساوية في الاتجاهات المختلفة.
(أ) الضغط المحيط
(ب) الجهد التفاضلي
(ج) المحاليل النشطة كيميائياً
(د) الطبقات المشوهة
2. لصخر الأردواز خاصية مميزة تدعى
(أ) الانشقاق الأردوازي
(ب) الانشقاق المستوي
(ج) النسيج الشستوزي
(د) المظهر المتطوّل
3. يُعرف التحول الحراري أيضاً بـ
(أ) التحول بالمحاليل الحارّة
(ب) التحول الصدمي
(ج) التحول بالغور
(د) التحول التلامسي
4. يتميز الرخام بـ
(أ) نسيج غير متورّق
(ب) نسيج شستوزي
(ج) نسيج أردوازي
(د) نسيج نيسي

ثانياً: تحقّق من فهمك

1. اشرح لماذا تعتبر كلمة «متحول» مناسبة لهذا النوع من الصخور.
2. قارن: ناقش الشبه ما بين تكوّن الصخور النارية وتكوّن الصخور المتحوّلة، وبم يختلفان؟
3. أيهما أفضل لنحت قطع الشطرنج: الرخام أم الأردواز؟ فسر إجابتك.
4. توقع: افترض أنك تبحث عن صخر متحول لمجموعتك الصخرية. أين يحتمل أن تجد عينات من الصخور المتورقة والصخور غير المتورقة على سطح الأرض؟

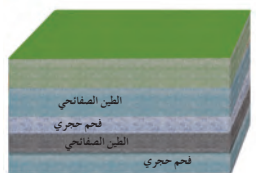
ثالثاً: نم مهاراتك

- استخدم المهارات التي اكتسبتها خلال دراسة هذا الفصل لاستكمال كل نشاط.
- فُسر البيانات: يوضّح الرسم البياني التالي تأثير عمق الطمر ودرجة الحرارة على الصخور المختلفة.
1. ما مدى من العمق ودرجة الحرارة لتواجد الصخور الرسوبية؟
 2. ما مدى من العمق ودرجة الحرارة لتواجد الصخور النارية؟
 3. أذكر أسماء الصخور المتحوّلة الواردة في الرسم البياني. ما مدى العمق ودرجة الحرارة اللازمين لتكوّن هذه الصخور؟
 4. ما العلاقة بين أنواع الصخور المتكوّنة والعمق ودرجة الحرارة؟



رابعاً: تنمية مهارة الاستنتاج

- وجد جيولوجي منطقة فيها صخور تتكوّن من طبقات من الفحم الحجري والكونجلوميرات.
1. كيف تعرف ما هي بيئة الترسيب لهذه المنطقة؟
 2. أرسم شكلاً تخطيطياً لبيئة ترسيب هذه الطبقات.
 3. حدّد بيئة الترسيب للجزر الكويتية.



مخطط الوحدة الثالثة: العمليات الداخلية للأرض

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص
1. التحرك الكتلي	1. دور التحرك الكتلي	♦ يصف عملية التحرك الكتلي . ♦ يشرح الدور الذي يلعبه التحرك الكتلي في تغيير تضاريس الأرض .	1
	2. العوامل والمحفّزات المتحكّمة بالتحرك الكتلي	♦ يعدّد أربعة محفزات للتحرك الكتلي .	1
	3. تصنيف عمليات التحرك الكتلي	♦ يصف أسس تصنيف عمليات التحرك الكتلي . ♦ يفرّق بين الأنواع المختلفة من التحرك الكتلي .	1
حل أسئلة مراجعة الفصل			
2. الطبقات والصدوع والفواصل	1. الطبقات	♦ يوضّح كيفية استجابة الصخور للتشوه . ♦ يصف أجزاء الطبقة . ♦ يصنّف الطبقات .	1
	2. الفواصل والفوالق (الصدوع)	♦ يفرّق بين الفاصل والفالق . ♦ يحدّد أنواع الفواصل . ♦ يتعرّف أجزاء الفالق . ♦ يصنّف الفوالق ويقارن بينها .	2
حل أسئلة مراجعة الفصل			
إجمالي عدد الحصص			8

العمليات التي تغيّر تضاريس الأرض

مكونات الوحدة

الفصل الأول: التحرك الكتل

الدرس 1: دور التحرك الكتل

الدرس 2: العوامل والمحركات المتحركة في التحرك الكتل

الدرس 3: تصنيف عمليات التحرك الكتل

الفصل الثاني: الطيات والفواصل والفوالق

الدرس 1: الطيات

الدرس 2: والفواصل والفوالق (الصدوع)

مقدمة

خلال 15 أو 20 عامًا الأخيرة، توصل الجيولوجيون إلى بعض الاكتشافات الخطيرة بالنسبة لتركيب القشرة الخارجية للأرض. وساعدت هذه الاكتشافات في تعرف العمليات الداخلية للأرض وتفسيرها.

معالم الوحدة

أسأل الطلاب عن المعلومات التي قد يستطيع العلماء تعرّفها من الصخور (عصف ذهني). (قد يستطيع العلماء جمع معلومات مفيدة وكثيرة عن الجزء الداخلي للأرض، لأن هذه الصخور من الممكن أنها كانت مدفونة على عمق مئات الكيلومترات من سطح الأرض، ثم ارتفعت إلى سطح الأرض أو قريباً منه بواسطة العمليات الداخلية للأرض أو الحركات الأرضية العنيفة.)

اكتشف بنفسك

التحرك الكتل

الهدف من النشاط هو مساعدة الطلاب على تعرّف بعض أنماط التحرك الكتل ومسبباته.

الزمن: 15 دقيقة

لتقديم هذا النشاط، اعرض على الطلاب النماذج الثلاثة وادفع الكتل برفق حتى تتحرك وتنزلق، ثم اطلب إلى الطلاب مقارنة أشكال أسطح الانزلاق وأسلوب تحرك الكتل في كل حالة وتحليل ما شاهدوه وتفسيره. قد تختلف الإجابات والملاحظات ولكن تُقبل الإجابات التالية:

الفصل الأول: التحرك الكتل

الدرس الأول: دور التحرك الكتل

الدرس الثاني: العوامل والمحركات المتحركة بالتحرك الكتل

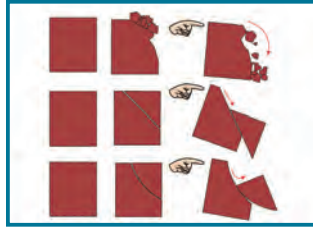
الدرس الثالث: تصنيف عمليات التحرك الكتل

الفصل الثاني: الطيات والصدوع

الفواصل

الدرس الأول: الطيات

الدرس الثاني: الفواصل والفوالق (الصدوع)



اكتشف بنفسك

Mass Wasting

التحرك الكتل

سوف تتعلم في هذه الوحدة كيف أن التحركات العميقة داخل الأرض تساعد في ولادة الجبال والظواهر السطحية الأخرى. فيما تقرأ هذه الوحدة، ستتعرف أنواع التحرك الكتل وأسبابه.

الأدوات والمواظ المطلوبة:

3 قطع صلصال متساوية الحجم، سكين بلاستيكي، قليل من الزيت

تمثيل التحرك الكتل للأرض:

♦ إقطع أجزاء صغيرة من قطعة الصلصال الأولى وامسح سطحها بالقليل من الزيت، ثم ضغ قطع الصلصال على قمتها بالقرب من الحافة.

♦ إقطع قطعة الصلصال الثانية قطعاً مائلاً مستوي وبثل سطحها بقليل من الزيت، ثم أرجع القطعة إلى مكانها.

♦ إقطع قطعة الصلصال الثالثة قطعاً منحن وبثل سطحها بقليل من الزيت، ثم أرجع القطعة إلى مكانها.

♦ ادفع كل قطعة برفق بالقرب من قمتها كما ترى في الرسم أعلاه.

♦ أتبِع إرشادات الأمان والسلامة.

حل واستنتج

♦ صف ما يحدث في كل حالة.

♦ أتبِع من الحالات السابقة يحاكي التساقط؟ الانزلاق؟ الانزلاق مع الدوران؟

♦ ما سبب تحرك الكتل إلى أسفل؟

(في الحالة الأولى، تتحرك القطع رأسياً لأسفل ما يحاكي عملية التساقط.

في الحالة الثانية، تتحرك الكتلة إلى أسفل على طول السطح المستوي ما

يحاكي عملية الانزلاق.

في الحالة الثالثة، يصاحب تحرك الكتلة دورانها إلى أعلى ما يحاكي عملية

الانزلاق مع الدوران.)

اطرح على الطلاب السؤالين التاليين:

• ماذا يماثل في الطبيعة أسطح التحرك الواردة في هذا النشاط؟

(المنحدرات الأرضية)

• ما سبب تحرك الكتل إلى أسفل المنحدر؟ (الجاذبية الأرضية)

اختبر فهم الطلاب للتحرك الكتل بطرح السؤالين التاليين:

• ما هو التحرك الكتل؟ (هو تحرك أجزاء من القشرة الأرضية ككتلة

واحدة إلى أسفل المنحدر تحت تأثير الجاذبية الأرضية.)

• كيف تفسّر تنوع التحرك الكتل؟ (طبيعة الجزء المتحرك أو المنزلق

وكتلته، شكل سطح الانزلاق، تحفيز الانزلاق بحركة مفاجئة كزلزال أو

هطول أمطار تسهل انزلاق الكتل)

دروس الفصل

الدرس الأول

• دور التحرك الكتلي

الدرس الثاني

• العوامل والمحركات المتحركة

الدرس الثالث

• تصنيف عمليات التحرك الكتلي

على الرغم من أن معظم المنحدرات الأرضية تبدو كما لو كانت مستقرة وغير قابلة للتغير إلا أن قوة الجاذبية تحرك المواد. من جهة، قد تكون الحركة تدريجية بحيث لا يمكن ملاحظتها، ومن جهة أخرى، قد تكون من انجراف هادر للركام أو انهيار الصخور. تشكل الانزلاقات الأرضية خطراً طبيعياً على المستوى العالمي. عندما تؤدي هذه المخاطر الطبيعية إلى فقد الحياة والممتلكات، فإنها تغدو كوارث طبيعية.



94

التحرك الكتلي

دروس الفصل

الدرس 1: دور التحرك الكتلي

الدرس 2: العوامل والمحركات المتحركة في التحرك الكتلي

الدرس 3: تصنيف عمليات التحرك الكتلي

مقدمة الفصل

دع الطلاب يتناقشون حول كيفية ومدى ارتباط الصورة الموجودة في افتتاحية الفصل بمحتواه. أسأل:

- في اعتقادك، ما الاسم العلمي الذي يطلق على العملية التي توضحها الصورة؟ (انزلاق التربة)
- ما الذي تسبب في تحرك مواد التربة في الصورة؟ (قوة الجاذبية)
- هل حدث هذا الانهيار الأرضي تدريجياً أم فجأة؟ (تقبل جميع

الإجابات .)

- متى توصف مثل هذه الانهيارات الأرضية على أنها كارثة طبيعية؟ (عندما تؤدي إلى فقدان الحياة والممتلكات .)

نشاط إثرائي

كيف تؤثر الجاذبية الأرضية في المواد الموجودة على المنحدرات؟

المهارات: فرض الفروض

هدف النشاط: معرفة كيفية تأثير الجاذبية الأرضية في المواد الموجودة على المنحدرات

الزمن: 5 دقائق

المواد والأدوات المطلوبة: لوحة خشبية صغيرة ملساء، بلية، مكعب خشبي، ورق صنفرة

تجهيز النشاط: اقطع ورق الصنفرة إلى أحجام يمكن أن تغطي بها اللوحة والمكعب الخشبي. يجب تغطية المكعب الخشبي تماماً بورق الصنفرة، أما اللوحة فيكفي تغطية سطحها العلوي فقط.

الخطوات

- ضع اللوحة على منضدة مستوية، وضع بلية على اللوحة، ثم ارفع أحد طرفي اللوحة قليلاً وببطء شديد. لاحظ ما يحدث.
- ضع المكعب الخشبي على اللوحة، ثم كرر ما فعلت في الخطوة السابقة، ولاحظ النتيجة.
- بعد ذلك، غط اللوحة والمكعب الخشبي بورق الصنفرة، وكرر ما سبق أن فعلت في الخطوات السابقتين.

أسأل الطلاب: ما وجه الشبه بين نتائج كل خطوة من الخطوات الثلاث؟

اطلب إلى الطلاب فرض فرضاً يفسر الاختلافات في ما لاحظوه.

(ستتوقع الفروض. الفرض النموذجي قد يتم فيه اقتراح أن الحركة إلى

أسفل المنحدر تعتمد على كل من زاوية ميل المنحدر وعلى نوع المواد التي ستتحدر .)

كتاب الطالب: من ص 95 إلى ص 97

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- يصف عملية التحرك الكتلي .
- يشرح الدور الذي يلعبه التحرك الكتلي في تغيير تضاريس الأرض .

1. قَدِّم وحَفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية للدرس

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (105) والتعليق المصاحب له . اذكر أن الانهيارات الأرضية تعتبر من الظواهر الطبيعية التي استرعت انتباه الإنسان منذ القدم وهي التي تحدث بعد حدوث الزلازل والبراكين . وهي تحدث أيضًا نتيجة هطول الأمطار بغزارة أو تغيير منسوب المياه الجوفية أو عمليات الحفر والقطع للأغراض الهندسية .

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة حول التحرك الكتلي ودوره ، اسأل الطلاب عن عملية التجوية وأثرها في عملية التعرية والعوامل المختلفة لعمليات النقل والترسيب ، ودور كل من الرياح والماء في هذه العمليات . اعرض على الطلاب فيلمًا عن الانهيارات الأرضية . وضح لهم أن الانزلاقات الأرضية تسبب عند حدوثها الكثير من الكوارث التي تتمثل في الخسائر البشرية وإلحاق الأضرار والدمار بالكثير من المنشآت والمرافق مثل الجسور والطرق والمباني وخطوط السكك الحديدية وخطوط الأنابيب الخاصة بنقل الماء والغاز الطبيعي والبترو .

تصويب مفهوم خاطئ

يعتقد بعضهم أن عوامل التعرية هي المسؤولة عن التحرك الكتلي . وضح للطلاب أن عمليات التعرية هي التي تؤدي إلى تكوين الفتات الصخري وأن التحرك الكتلي يأتي في مرحلة تالية لتكون الفتات والركام الصخري . وينشأ التحرك الكتلي بفعل التيارات المائية وتأثير المنحدرات .

دور التحرك الكتلي Role of Mass Wasting

الدرس 1

أهداف الدرس

- يصف عملية التحرك الكتلي .
- يشرح الدور الذي يلعبه التحرك الكتلي في تغيير تضاريس الأرض .



شكل 105
عام 2009، طمرت السيول في جفّة عددًا كبيرًا من الممتلكات والأراضي.

الانزلاقات الأرضية ككوارث طبيعية

Landslides as Natural Disasters

الانزلاقات الأرضية Landslides نادرة نسبيًا ، حتى في المناطق ذات المنحدرات الحادة . ولذلك لا يكثر الناس الذين يعيشون في هذه المناطق للخطر على حياتهم . بالرغم من ذلك ، تذكرنا وسائل الإعلام بحدوث تلك الكوارث بانتظام حول العالم . الأمثلة الثلاثة المذكورة حدثت خلال فترة أربعة أشهر فقط . ففي 5 أكتوبر عام 2005 ، تسببت أمطار السيول المرافقة لإعصار ستان Hurricane Stan بالانهيارات والسيول الطينية في جواتيمالا . فغطى خليط من الطمي بطول 1km وعمق 12m قرية في منطقة باتاج Panabaj ، ما أدى إلى وفاة 1400 شخص . يمكن أن تجري مثل هذه السيول الطينية بسرعة 50km/h على منحدرات الجبال .

بعدها بثلاثة أيام ، أي في 8 أكتوبر عام 2005 ، ضرب زلزال بقوة 7.6 درجات منطقة كشمير الواقعة على الحدود بين الهند وباكستان . التأثير المولم للزلازل في حد ذاته لم يكن نهاية المطاف ، إذ أن الهزات الارتدادية الناتجة عن الزلازل تسببت بالمشات من الانزلاقات الأرضية . وقد أدى تساقط الصخور وانزلاق الركام إلى اندفاع المواد على المنحدر الجلي الحاد إلى تجمع المواد في واد ضيق . وفي 17 فبراير عام 2006 ، أي بعد أشهر قليلة على مأساة كشمير ، حدث انسياب طيني مميت سببه

1.2 التحرك الكتلي وتطور التشكيلات الأرضية

- ♦ ما المقصود بالتحرك الكتلي؟ (الانزلاقات الأرضية)
- ♦ ما الدور الذي يلعبه التحرك الكتلي؟ (يعتبر التحرك الكتلي الخطوة التالية للتعرية في تكوين معظم التشكيلات الأرضية. فبمجرد أن تضعف التعرية الصخر وتفتته، يقوم التحرك الكتلي بنقل الركام إلى أسفل المنحدر حيث تقوم المجاري المائية بنقله بعيداً).
- ♦ ما أهم التشكيلات الأرضية التي يكونها التحرك الكتلي والماء الجاري؟ (وديان الجداول)
- ♦ ما الذي يلزم توفره لحدوث تحرك كتلي؟ (يجب أن توجد منحدرات لتتحرك عليها الصخور والركام الصخري).
- ♦ ما الذي ينتج المنحدرات كأحد التشكيلات الأرضية الطبيعية؟ (تكوّن الجبال والبراكين خلال عمليات رفع الكتل الأرضية وقاع المحيط بعد مرور عدة فترات).
- ♦ ماذا كان ليحدث لو أن العمليات الديناميكية داخل الأرض لم تستمر في إنتاج المرتفعات؟ (يصبح النظام الذي يحرك الركام بطيئاً وقد يتوقف عن العمل في النهاية).
- ♦ ما مواقع معظم حوادث التحركات الكتلية السريعة؟ (في الجبال المجددة قصيرة العمر جيولوجياً، لأنها تتعرض للتعرية السريعة بواسطة الأنهار والمثلج، فينتج عن ذلك منحدرات شديدة غير ثابتة).
- ♦ متى تنخفض قدرة التحرك الكتلي السريع الشامل ليقصر على تحركات صغيرة غير خطيرة على المنحدرات؟ (عندما يشيع التشكيل الأرضي في العمر، فبمرور الوقت ومع ضعف عملية تكوّن الجبال، تعمل عمليات التعرية والتحرك الكتلي على خفض ارتفاع الأرض، فتتحول المنحدرات المجددة والحادة إلى أراضي منخفضة قليلة الانحدار).

تكامل العلوم

الجيولوجيا والعلوم الفيزيائية

طاقة الوضع المخزنة في القشرة الأرضية تتحول إلى طاقة حركية خلال التحرك الكتلي، وتزداد طاقة حركة الكتلة المتحركة على المنحدرات. تتحول طاقة الزلزال خلال القشرة الأرضية نحو السطح، وتنشأ عن ذلك تغيرات متباينة على سطح الأرض.

ابحث

دع الطلاب يبحثون على شبكة الإنترنت وفي المراجع المختلفة عن أحداث التحرك الكتلي على الأسطح المنحدرة وما نتج عنها من كوارث في أنحاء مختلفة من العالم.

هطول غير عادي للأمطار الغزيرة، حيث طمر الانسياب الطيني مدينة صغيرة في جزيرة لبيت من الفلبين. كمية الطين التي اجتاحت هذه المنطقة الساحلية الثانية غطتها بعمق يصل إلى حوالي 10 أمتار. وبالرغم من صعوبة تعداد الخسائر، إلا أن 1800 شخص على الأقل اعتبروا من المفقودين.

1. التحرك الكتلي وتشكل التضاريس الأرضية

Mass Wasting and Landform Development

تمثل الانزلاقات الأرضية عملية جيولوجية شائعة تدعى التحرك الكتلي Mass Wasting. يشير التحرك الكتلي إلى تحرك الصخور والركام والتربة نحو أسفل المنحدر تحت تأثير الجاذبية الأرضية (شكل 108). فهي ليست بحاجة إلى وسيط لينقلها كالماء أو الرياح أو الثلوج.



شكل 106
تحرك الصخور والركام والتربة.

1.1 دور التحرك الكتلي The Role of Mass Wasting

لم يكن سطح الأرض يوماً مسطحاً بالكامل بل توجد فيه منحدرات بعضها حاد وبعضها متوسط، وبعضها طويل وتدرجي، وبعضها الآخر قصير وحاد. وقد تكون المنحدرات مبدئية بالتربة ومغطاة بالنباتات، في حين تكون أخرى عارية ومغطاة فقط بالركام الصخري. تعتبر المنحدرات كلها أحد عناصر التضاريس الأرضية الطبيعية.

يُعتبر التحرك الكتلي الخطوة الثانية الهامة التي تلي التجوية في تكوين معظم المظاهر والتضاريس الأرضية Landform. لا تُنتج التضاريس الأرضية عن التجوية بحد ذاتها بل هي تنشأ وتطور عندما تتحرك نواتج التجوية وتُزال من المكان الذي تكونت فيه. تفتت الصخور، فينقل التحرك الكتلي الركام إلى أسفل المنحدر حيث تقوم الجداول والمجاري المائية بنقله بعيداً وفي النهاية إلى البحر. يؤدي التأثير المشترك للتحرك الكتلي والمياه الجارية إلى تكوين وديان الجداول Stream Valleys التي تعتبر من أهم معالم التضاريس الأرضية الواضحة. لو كانت الجداول وحدها مسؤولة عن تكوين الوديان، لكانت هذه الوديان عبارة عن معالم أرضية ضيقة. في الحقيقة، عندما تكون وديان الأنهار أكثر اتساعاً من عمقها، يُعد ذلك دليلاً على قوة تأثير التحرك الكتلي على إمداد المجاري المائية.

تصويب بعض المفاهيم الخاطئة

قد يسأل بعض الطلاب كيف يمكننا أن نمنع التحرك الكتلي حتى نتجنب المخاطر التي يسببها. وضح لهم أن هذا يعد أمراً مستحيلاً، ويشبه تماماً محاولتنا لتجنب تأثير الجاذبية الأرضية علينا. من الأفضل أن نسأل: «كيف يمكننا تقليل تأثيرات التحرك الكتلي ومخاطره؟» دع الطلاب يبحثون في المراجع الجيولوجية المتخصصة وعلى شبكة الإنترنت للإجابة عن هذا السؤال وتقديمه كتقرير.

ملف الإنجاز

حفز الطلاب على وصف مواقع التحرك الكتلي وتسجيله بالقرب من المدرسة أو المنزل أو في مواقع شبكة الإنترنت. دعهم يشرحون كيف أن التحرك الكتلي قد أدى إلى تغيير شكل سطح الأرض. شجع الطلاب على إضافة الرسوم والصور الفوتوغرافية إلى ما يسجلون في ملف الإنجاز.

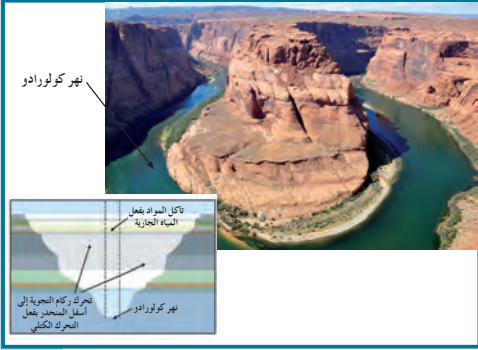
3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

املاً دلوًا بلاستيكيًا بالرمل وأضف إليه ماء بالقدر الذي يجعل الرمل متماسكًا مع بعضه بعضًا. ضع الدلو في الثلاجة عدة ساعات، ثم ضع الرمل المتجمد على كيس بلاستيكي. ارسـم شكلاً تخطيطيًا لكـتلة الرمال المتجمدة على السبورة، ثم ارسـم شكلاً آخر بعد مرور ساعة، وكرر ذلك مرتين. اسأل: ما العمليات الجيولوجية التي قمت بمحاكاتها؟ (التحرك الكتلي). كيف تؤثر الجاذبية في المظاهر الجيولوجية على سطح الأرض؟ (تسبب الجاذبية تحرك الكتل من المناطق الجيولوجية المرتفعة، وتسبب ترسبها في المناطق الجيولوجية المنخفضة.)

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. التحرك الكتلي هو عملية تحرك الصخور والركام والتربة من أعلى المنحدرات نحو قاعدة المنحدرات تحت تأثير الجاذبية الأرضية.
2. تتكون التشكيلات الأرضية عندما تتحرك نواتج التعرية وتزال من المكان الذي تكونت فيه. بمجرد أن تضعف التعرية الصخور وتفتتها، يقوم التحرك الكتلي بنقل الركام إلى أسفل المنحدر حيث تقوم الجداول والمجاري المائية بنقله بعيداً، مما يؤدي إلى تكوين وديان الجداول التي تعتبر من أهم معالم التشكيلات الأرضية.
3. في الجبال المتكونة حديثاً حيث تتعرض هذه الجبال للتعرية السريعة بواسطة الأنهار والمثلج، وتنتج عن ذلك منحدرات شديدة غير ثابتة ما يؤدي إلى حدوث انزلاقات أرضية عنيفة.



2.1 تغيّر المنحدرات مع الوقت

Slopes Change through Time

لكي يحدث تحرك كتلي يجب أن تتواجد منحدرات تتحرك عليها الصخور والركام الصخري. فشوء الجبال وأنشطة البراكين هي التي ولدت هذه المنحدرات عبر رفع الكتل الأرضية وقعر المحيط على دفعات.

تحدث معظم التحركات الكتلية السريعة والمفاجئة في الجبال الوعرة حديثة التكوين، التي تتعرض للتعرية السريعة بواسطة الأنهار الجليدية، فتظهر منحدرات شديدة وغير مستقرة. وتقوم عمليات التعرية والتحرك الكتلي بخفض ارتفاع الأرض. ومع الوقت، تتحول المنحدرات الوعرة والحادة إلى أراضٍ منخفضة قليلة الانحدار. لذلك، عندما يزداد عمر أرض ما، تراجع قوة التحرك الكتلي السريع الشامل، فتقتصر على تحركات صغيرة غير خطيرة عند المنحدرات.

مراجعة الدرس 1

1. ما هو التحرك الكتلي؟
2. كيف تتكون التضاريس الأرضية؟
3. أين تحدث الانزلاقات الأرضية الكتلية المدمرة؟ لماذا؟

شكل 107
تمتد جدران الأخدود العظيم (الجراند كانيون) بعيداً عن مجرى نهر كولورادو. يمتد هذا أساساً عن نقل ركام الصخور فيهيض المنحدر نحو النهر وروافده.

الأهداف:

- يعدد أربعة محفزات للتحرك الكتلي.

كتاب الطالب: من ص 98 إلى ص 100

عدد الحصص: 1

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

- اطلب إلى الطلاب دراسة صورة افتتاحية الدرس في الشكل (108) والتعليق المصاحب لها. وضح لهم أن الفكرة الرئيسية للدرس تدور حول دراسة الدوافع التي تتحكم في حركة الكتلة الصخرية، ودور كل من الجاذبية الأرضية وانسياب الماء والزلازل وانحدار الأسطح في دفع عمليات التحرك الكتلي نحو أسفل المنحدرات، حيث تقوم بإضعاف مواد المنحدرات بالتدريج وتجعلها قابلة للحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

- لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب حول العوامل والدوافع المتحركة في التحرك الكتلي، وجه إليهم الأسئلة التالية:
- ماذا يحدث عندما تطاء قدمك صخرًا مفككًا أو تربة مفككة على سطح منحدر؟ (ستنزل ويتساقط أو يتحرك الصخر أو التربة إلى أسفل السطح المنحدر.)

- ما الذي يسبب مثل هذا التحرك للصخور أو التربة المفككة بصورة طبيعية؟ (قد يقترح الطلاب الرياح القوية، أو الزلازل، أو تساقط الأمطار.)

- هل لشدة انحدار أو ميل المنحدر علاقة بتحريك الصخور أو التربة إلى أسفل المنحدرات؟ (كلما زاد انحدار أو ميل المنحدر، سبحت الفرصة بصورة أكبر لتحرك الصخور أو التربة المفككة إلى أسفل المنحدرات.)

2. عَلم وطَبِّق

1.1.2 الماء

- ما المقصود بالمحفز في عملية التحرك الكتلي؟ (العامل أو الحدث الذي يجعل مواد المنحدر تتحرك إلى أسفل من قمة المنحدر نحو قاعدته.)

- اذكر أمثلة لمحفزات في عملية التحرك. (تشبع المواد السطحية بالماء، الحدة البالغة للإنحدارات، إزالة النبات الذي يساهم في ازدياد حدة الإنحدارات بفعل انجراف التربة بواسطة سيول الماء، الزلازل.)

العوامل والمحفزات المتحركة بالتحرك الكتلي Factors and Triggers of Mass Wasting

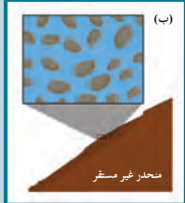
الدرس 2

اهداف الدرس

- يعدد أربعة محفزات للتحرك الكتلي.



(أ) تربة مشبعة بالماء - تماسك قوي
قد يكون تأثير الماء على التحرك الكتلي كبيراً. عندما تشبع التربة بالماء، تدفع الحبيبات بعيداً عن بعضها البعض ويملاحي تماسكها، مما يسمح للتربة بالانزلاق نحو أسفل المنحدر.



(ب) تربة غير مشبعة بالماء
قد يكون تأثير الماء على التحرك الكتلي كبيراً. عندما تشبع التربة بالماء، تدفع الحبيبات بعيداً عن بعضها البعض ويملاحي تماسكها، مما يسمح للتربة بالانزلاق نحو أسفل المنحدر.

شكل 109



شكل 108
الحرك الكتلي

الجاذبية الأرضية Gravity هي القوة التي تتحكم بالتحرك الكتلي. تؤدي عدة عوامل أخرى دوراً مهماً في تحفيز عمليات التحرك نحو أسفل المنحدرات. سوف نتطرق إليها في ما يلي.

1. العوامل المحفزة لعمليات التحرك الكتلي

Factors Triggering Mass Wasting

الماء

يبدأ التحرك الكتلي أحياناً عندما تشبع المواد السطحية بالماء نتيجة هطول الأمطار الغزيرة أو نتيجة فترة ذوبان الجليد الطويلة (شكل 109). حدث مثل هذا في ديسمبر عام 2009، عندما وفرت الأمطار الغزيرة محفزاً لتحرك مئات الانزلاقات الأرضية في جدة. فالسيول الطينية والفيضانات العارمة تسببت بأضرار بالغة في الممتلكات وخسائر فادحة في الأرواح، إذ فقد 122 شخصاً.

هل تعلم؟

تُسمى الزاوية التي تكون عندها الحبيبات ثابتة زاوية الاستقرار Angle of Repose. تتراوح زاوية الاستقرار ما بين 25° و 40° استناداً إلى شكل الحبيبات وحجمها.

2.1 الانحدارات بالغة الحدة Oversteepened Slopes

تُعتبر الحدة البالغة للانحدارات أحد المخفّرات الأخرى للتحرك الكتلّي. ومن الأمثلة المهمة لتكوّن انحدارات شديدة تعرية لنهر لقاعدة جوانب الوادي واصطدام الأمواج بالجزء الشاطئي وتعرية قاعدته. وغالباً ما تؤدي أنشطة الإنسان إلى تكوّن انحدارات غير مستقرة بالغة الحدة. قد يؤدي الانحدار بالغ الحدة إلى تحريك مساحات كبيرة من الركام أو التربة المتماسكة أو حتى تحريك أجزاء من طبقات الجبل. وبعد فترة على حدوث عملية أو أكثر من عمليات التحرك الكتلّي تنخفض حدة الانحدار فيستعيد استقراره.

3.1 إزالة النبات Removal of Vegetation

يساعد النبات في مقاومة التعرية ويساهم في استقرار المنحدر، لأن الجذور تربط حبيبات التربة والطبقة السطحية المفككة ببعضها البعض. بالإضافة إلى ذلك، يعمل النبات كدرع تحمي التربة من التعرية الناتجة عن هطول الأمطار. يزيد الافتقار للنبات من التحرك الكتلّي وخاصة إذا كان المنحدر من النوع الشديد والمياه متوفرة. ينجم هذا الافتقار عن قطع الغابات لصناعة الأخشاب أو عن الحرائق. بالإضافة إلى نزع النبات المهم لتثبيت التربة، تسرع الحرائق من التحرك الكتلّي بطرق أخرى (شكل 110). عندما تجف الطبقة العليا من التربة وتنفك نتيجة الحرائق والطقس الجاف، فإنها تميل إلى الانزلاق على المنحدرات الشديدة. علاوة على ذلك، يمكن أن تكوّن الحرائق طبقة طاردة غير منفذة للماء. يمنع هذا الحاجز غير المنفذ نفاذ الماء أو يبطئه ما يزيد من كمية المياه الجارية لدى هطول الأمطار فيتولد سيل من الطين اللزج والركام الصخري.



شكل 110
خلال الصيف، تنسحب عادة الحرائق في أماكن كثيرة فتحرق ملايين الكيلومترات سنوياً. يؤدي فقدان النبات الذي يثبت التربة إلى تسريع التحرك الكتلّي.

♦ ما الدور الإجمالي الذي تؤديه الدوافع في عملية التحرك الكتلّي قبل حدوث الانزلاق الأرضي بفترة طويلة؟ (تضعف مواد المنحدر بالتدريج وتجعلها قابلة للحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية.)

♦ كيف تتشبع التربة بالماء؟ (نتيجة الهطول الشديد للأمطار أو نتيجة طول فترة ذوبان الجليد.)

♦ ما الذي يحدث للتربة عندما تتشبع بالماء؟ (تتحرك حبيبات التربة بعيداً عن بعضها بعضاً ويتلاشى دور الاحتكاك في ما بينها، فتتحرك التربة هبوطاً إلى أسفل المنحدر.)

توظيف الأشكال

دع الطلاب يتفحصون الشكل (109 - أ و ب) بدقة، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

♦ أي المنحدرين أكثر ثباتاً؟ (المنحدر في الشكل 109 - أ)

♦ ما الذي يساعد على ثبات المنحدر الذي ذكرته في السؤال

السابق؟ (الاحتكاك بين حبيبات تربة المنحدر نتيجة ندرة أو انعدام الماء بين الحبيبات يعمل على تثبيتها في مكانها.)

♦ ماذا يحدث للمنحدر عندما يتشبع بالماء؟ (يقل ثباته.)

♦ ماذا يحدث لحبيبات التربة بالمنحدر عندما تتشبع التربة بالماء؟

(تدفع بعيداً عن بعضها بعضاً ويتلاشى دور الاحتكاك بينها، فتتحرك

هبوطاً إلى أسفل المنحدر.)

2.1.2 الانحدارات بالغة الحدة

♦ اذكر مثالين عن تكوّن الانحدارات شديدة الحدة في الطبيعة.

(سحق النهر لقاعدة جوانب الوادي واصطدام الأمواج بالجرف الشاطئي وسحق قاعدته.)

3.1.2 إزالة النباتات

♦ كيف تساعد النباتات في زيادة ثبات المنحدرات؟ (عن طريق

مقاومة عوامل التعرية، وقيام جذورها بربط حبيبات التربة والطبقة السطحية المفككة بعضها ببعض.)

♦ اذكر أمثلة أخرى تزيد من الافتقار للنبات. (قطع الأشجار،

الحرائق، الرعي الجائر، الكسارات)

♦ كيف تساعد إزالة الغابات والحرائق على حدوث عمليات

التحرك الكتلّي؟ (تصبح الطبقة العليا من التربة جافة ومفككة؛ لذا تميل

التربة إلى التحرك على المنحدرات الشديدة.)

♦ اذكر تأثيرات الحرائق في عملية نفاذ الماء في التربة. (تجف

الطبقة العالية من التربة نتيجة الحرائق فتبعد الحبيبات عن بعضها البعض وتميل إلى الانزلاق على المنحدرات الشديدة محفزة التحرك الكتلّي.

تشكل الحرائق أيضاً طبقة عازلة غير منفذة للماء فيمنع هذا الحاجز نفاذ الماء إلى التربة ما يؤدي إلى تشكل السيول عند انهيار الأمطار فتتشبع

المواد السطحية بالماء وتنجرّف محفزة التحرك الكتلّي.)

4.1.2 الزلازل

♦ كيف تساعد الزلازل وتوابعها في حدوث عملية التحرك

الكتلي؟ (تسمح بخلخلة كميات ضخمة من الصخور والمواد غير

المتماسكة واقتلاعها.)

♦ ما المقصود بالتسييل؟ (فقدان المواد السطحية المشبعة بالماء قوتها

وانسيابها مثل السوائل بفعل الاهتزازات الأرضية.)

2.2 التحرك الكتلي من دون محفزات

اشرح للطلاب أن التحرك الكتلي هو حركة الصخور نحو أسفل على منحدر بفضل الجاذبية الأرضية. أشر إلى أن قوة التحرك الكتلي تعتمد على كتلة المواد وزاوية الانحدار، ثم اطرح الأسئلة التالية:

♦ ما هي شروط حدوث كتلي؟ (المنحدر)

♦ أين يحدث التحرك الكتلي بصورة خاصة؟ (على الجبال ذات

المنحدرات غير الثابتة.)

♦ ما هي القوة المحفزة الأساسية لحدوث تحرك كتلي؟ (الجاذبية

الأرضية)

المقارنة والمباينة

دع الطلاب يعقدون مقارنة ومباينة بين التربة غير المزروعة الخالية من النباتات والتربة المزروعة، من حيث:

• مقاومة التعرية

• تماسك حبيبات التربة

• التحرك الكتلي

• نفاذ الماء.

نشاط توضيحي

دع الطلاب يكتبون فقرة قصيرة عن أثر الزلازل كدافع في عملية التحرك الكتلي. دع كلًا منهم يقرأ ما كتبه.

ملف الإنجاز

حفز الطلاب على وصف الآثار الناتجة عن إزالة النباتات وحدث الزلازل وشدة الانحدار في سطح الأرض، وعلاقة ذلك بالتحرك الكتلي. يمكنك الاستعانة بشبكة الإنترنت وإضافة الصور الفوتوغرافية والرسوم إلى ملف الإنجاز.

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

استعرض مع الطلاب العوامل المحفزة لعملية التحرك الكتلي. حدد لكل مجموعة من الطلاب أحد العوامل ودعهم يكتبون في نقاط كيف يؤثر هذا الدافع في التحرك الكتلي، وكيف يساهم في تكوين التشكيلات الأرضية.

4.1 الزلازل Earthquakes

يُعتبر الزلازل من أهم هذه المحفزات لأنها مع ما يتبعها من ارتدادات مباشرة تسمح بخلخلة كميات ضخمة من الصخور والمواد غير المتماسكة واقتلاعها. يمكن للاهتزازات الأرضية العنيفة أثناء الزلازل أن تجعل المواد السطحية المشبعة بالماء تفقد تماسكها، فتتساقط على غرار السوائل، وهذا ما يُسمى بالتسييل Liquefaction.

2. التحرك الكتلي من دون محفزات

Mass wasting without Triggers

يحدث الكثير من التحركات الكتلية السريعة دون محفز ظاهر. يضعف تماسك مواد المنحدر تدريجيًا مع الوقت تحت تأثير التجوية لفترة طويلة وبسبب تسرب الماء وعدة عوامل طبيعية أخرى. وعندما ينخفض التماسك إلى ما دون المستوى اللازم لإبقائها مستقرة على المنحدر، يحدث التحرك الكتلي.

مراجعة الدرس 2

1. كيف تؤدي إزالة النبات إلى التحرك الكتلي؟
2. ما ارتباط الزلازل بالانزلاقات الأرضية؟
3. كيف يؤثر الماء في عمليات التحرك الكتلي؟
4. هل تحتاج حوادث التحرك الكتلي السريع إلى محفز دائمًا؟ اشرح إجابتك.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2

1. تحافظ النباتات على ثبات المنحدرات واستقرارها، لأن جذورها تساعد على ربط حبيبات التربة والطبقة السطحية المفككة بعضها ببعض. لذلك، تزيد إزالة النباتات بالحرائق أو قطع الأشجار من احتمال التحرك الكتلي من خلال إلغاء التأثير المثبت للنباتات.
2. تعمل الزلازل والتوابع التي تليها كآليات لوقوع أحداث التحرك الكتلي. فتخلخل الزلازل أحجامًا كبيرة من الصخور والمواد غير المتماسكة التي تُقتلع وتحرك إلى أسفل المنحدرات. كما أن اهتزاز المواد غير المتماسكة بفعل الزلازل يقلل التماسك بين حبيبات التربة ما قد يسبب تقليل حدة ميل المنحدر.
3. عندما تشبع التربة بالماء تدفع الحبيبات بعيدًا عن بعضها البعض ويتلاشى تماسكها ما يسمح للتربة بالانزلاق.
4. كلا؛ يحدث الكثير من التحركات الكتلية السريعة من دون دافع واضح. فالكثير من مواد المنحدرات تضعف تدريجيًا مع مرور الوقت تحت تأثير التجوية لفترة طويلة، وتسبب تسرب الماء والكثير من العوامل الطبيعية الأخرى. في النهاية، عندما تقل القوة اللازمة لإبقاء مواد المنحدرات ثابتة في مكانها تحت المستوى اللازم لذلك، يحدث التحرك الكتلي.

كتاب الطالب: من ص 101 إلى ص 106

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ♦ يصف أسس تصنيف عمليات التحرك الكتلي .
- ♦ يفرّق بين الأنواع المختلفة من التحرك الكتلي .

1. قَدِّم وَحَفِّزْ

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

أطلب إلى الطلاب دراسة صورة افتتاحية الدرس في الشكل (111) والتعليق المصاحب لها.

وضح لهم أن التحرك الكتلي يصنف إلى أنواع مختلفة بحسب المواد المتحركة وطريقة حركتها وسرعة تحركها. وتتناول بالإضافة إلى ذلك المشكلات البيئية الناجمة عن التحركات الكتلية، مثل التدفق الطيني من حيث المسببات والتأثيرات.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب حول الأنواع المختلفة لعمليات التحرك الكتلي، وجه إليهم الأسئلة التالية:

♦ ما المقصود بالتحرك الكتلي؟ (تحرك الصخور والركام والتربة نحو قاعدة المنحدرات تحت تأثير الجاذبية الأرضية.)

♦ ما الذي يلزم توفره لحدوث تحرك كتلي؟ (يجب توفر منحدرات لتتحرك عليها الصخور والركام الصخري، ودوافع تلزم لبدء حدوث عمليات التحرك الكتلي.)

♦ ما المقصود بالدوافع في عملية التحرك الكتلي؟ وما أمثلتها؟ (العوامل أو الأحداث التي تجعل مواد المنحدرات تتحرك إلى الأسفل من قمة المنحدرات أو من على جوانبها نحو قاعدتها. أمثلة الدوافع: تشبع المواد بالماء، شدة ميل المنحدرات، اهتزاز الأرض بسبب الزلازل وإزالة الغطاء النباتي.)

2. عِلِّمْ وَطَبِّقْ

1.2 طبيعة المواد

♦ متى يوصف التحرك الكتلي بمصطلحات ركام أو طمي أو أرض؟ (عندما تكون التربة أو الغطاء الصخري مفككاً هما السائدان في التحرك الكتلي.)

♦ متى يضاف مصطلح صخر كجزء من وصف التحرك الكتلي؟ (عندما ينفصل جزء كتلة صخرية ويتحرك إلى أسفل المنحدر.)

تصنيف عمليات التحرك الكتلي

Classification of Mass Wasting Processes

الدرس 3

أهداف الدرس

- ♦ يصف أسس تصنيف عمليات التحرك الكتلي .
- ♦ يفرّق بين الأنواع المختلفة من التحرك الكتلي .



شكل 111

تدفق طيني
أدت أمطار غزيرة تساقطت في جنوب أسوأيا إلى حدوث تدفق طيني.



شكل 112

(أ) في يناير 1997، تسبب الانهيار الصخري بقطع الطريق السريع 140، بالقرب من مدخل متنزه يوسميت الوطني في كاليفورنيا Yosemite National Park . California
(ب) انهيار صخري في الولايات المتحدة عام 2012.

الأرض التي تقف عليها صلبة وقد تتحوّل في ظلّ ظروف محدّدة إلى طين كثيف. فعلى سبيل المثال، يبيّن الشكل (111) تدفقاً طينياً مدمّراً سببته أمطار غزيرة. فجرى نهر من الطين على سفح الجبل وطمر المنازل والسيارات، كما أدّى إلى وفاة الكثيرين. بخلاف لحظات، نقل التدفق الطيني كمّية هائلة من التربة الممزوجة بالماء والصخر إلى أسفل المنحدر. توجد عدة أنواع من العمليات التي يسمّيها الجيولوجيون التحرك الكتلي. تصنّف الأنواع المختلفة عادة على أساس طبيعة المواد المتحركة وطريقة التحرك وسرعته.

1. طبيعة المواد

يعتمد تصنيف عمليات التحرك الكتلي على طبيعة المواد عند بداية التحرك، أي كونها مواد مفككة أو طبقة صخرية. إذا كانت التربة أو الغطاء الصخري المفكك هو السائد.

2.2 معدل التحرك

لماذا يعتبر تصنيف الأنواع المختلفة من التحرك الكتلي إلى بطيئة أو سريعة غير موضوعي؟ (بسبب وجود الكثير من معدلات السرعة المختلفة التي تقع بين هذين النقيضين. كما أن سرعة العملية الواحدة قد تختلف بشدة في المكان الواحد.)

3.2 نوع الحركة

- ♦ ما أنواع الحركة في التحرك الكتلي؟ (تساقط، انزلاق أو انسياب)
- ♦ متى يوصف التحرك الكتلي بأنه تساقط؟ (عندما تتضمن الحركة سقوطاً حرّاً لقطع منفردة بغض النظر عن حجمها.)
- ♦ ما عملية التحرك الكتلي المسؤولة عن تكوّن الركام الصخري ووجوده أسفل المنحدرات؟ (التساقط)
- ♦ ما النوعان الأساسيان من الانزلاق؟ (الانزلاق الدوراني والانزلاق الانتقالي)
- ♦ متى يوصف الانزلاق على أنه انزلاق دوراني أو تساقط؟ (عندما يكون السطح الفاصل فيه على شكل منحنى محدب يشبه الملعقة، حيث يكون اتجاه حركة المواد إلى أسفل، تصاحبها استدارة للكتلة إلى الأعلى وإلى الخارج.)
- ♦ متى يحدث التحرك الكتلي بالانسياب؟ (عندما تتحرك الكتل على المنحدر كسائل كثيف لأن التشيع بالماء هو شرط لحدوث الانسياب.)

1.3.2 التساقط

- ♦ ما المقصود بالتساقط؟ (عملية انزلاق كتلة من الصخور أو المواد المفككة غير المتحركة كوحدة واحدة بطول سطح منحنى.)
- ♦ ما نتيجة تجمع الماء بين قاعدة الجرف المتكوّن مع حدوث التساقط وقمة الكتل المائلة؟ (يسمح للماء بالتخلل على سطح الانزلاق وبالتالي يزيد من عدم الثبات، ما يدفع بالكتل لمزيد من التحرك الكتلي الإضافي.)
- ♦ ماذا يحدث عندما يقل التماسك بين المواد عند قاعدة المنحدر؟ (تصبح المواد الموجودة في أعلى المنحدر غير ثابتة وتستجيب بالحركة إلى الأسفل بفعل الجاذبية.)

Rate of Movement

2. معدل التحرك

تحدث الانهيارات الصخرية Rock Avalanches عندما تندفع الصخور والركام إلى أسفل المنحدر بسرعة تتعدى 220km (125 ميلاً) في الساعة ما قد يتسبب بكوّارث على الناس وعلى الممتلكات. فهناك الكثير من التحركات الكتلية البطيئة وغير المحسوسة حتى أن سرعة العملية الواحدة قد تتفاوت بشدة في موقع واحد.

Type of Motion

3. نوع الحركة

بالإضافة إلى نوع المواد الخاضعة لعملية التحرك الكتلي، يُعتبر نمط تحرك المواد مهمّاً أيضاً فيوصف نوع الحركة عامةً بتساقط أو انزلاق slide أو انسياب flow.

Fall

1.3 التساقط

عندما تعني الحركة سقوطاً حرّاً لقطع إفرادية مهما كان حجمها، تدعى تساقطاً. التساقط شائع في المنحدرات الشديدة (شكل 113).



شكل 113
التساقط من المنحدرات الشديدة

- ♦ ما سبب حدوث التساقط عندما يصبح المنحدر محملاً بثقل أكثر من اللازم؟ (يسبب الثقل الكبير على المنحدر جهداً داخلياً على الطبقات التي تقع أسفله.)

2.3.2 الانزلاق

- ♦ ماذا يقصد بانزلاق الصخور؟ (تحركات سريعة وفجائية تحدث عندما تنكسر أجزاء من الطبقة الصخرية، تنفصل بعضها عن بعض، وتنزلق على المنحدر.)
- ♦ لماذا يحدث انزلاق الصخور عند وجود سطح ضعيف مائل؟ (لأن السطح المائل قد ينشأ عن وجود طبقات مائلة أو فواصل مائلة موازية للانحدار.)
- ♦ ما نتيجة نحت الصخر قرب قاعدة المنحدر؟ (يفقد الصخر الدعم والنبات ويتهاوى في النهاية.)
- ♦ لماذا يميل انزلاق الصخور للحدوث في فصل الربيع؟ (في فصل الربيع يسود هطول الأمطار أو انصهار الجليد.)

3.3.2 الانسياب

الانسياب الركامي

- ♦ ما المناطق التي يحدث فيها الانسياب الطيني؟ (المناطق الجبلية المدارية الجافة أو شبه الجافة)
- ♦ ما سلوك التحرك الكتلي في الانسياب الطيني؟ (يتحرك كسائل فيندفع في مجاري الجداول والأحاديث.)
- ♦ ما شكل تجمع الانسياب الركامي؟ (رواسب مروحية الشكل عند فم الأحاديث.)
- ♦ ما المقصود باللاهارس؟ (الانسياب الركامي الذي يتكوّن أساساً من مواد بركانية على جوانب البركان.)
- ♦ متى يتكون اللاهارس؟ (عندما يصبح الرماد والركام البركاني مشبعين بالماء.)

الانسياب الأرضي

- ♦ أين يحدث الانسياب الأرضي؟ (على جوانب التلال في المناطق الرطبة أثناء المطر الغزير أو انصهار الجليد)
- ♦ ما الشكل الذي يتخذه الانسياب الأرضي؟ (شكل اللسان أو قطرات دموع تندفع إلى أسفل المنحدر.)
- ♦ لماذا يحدث الانسياب الأرضي بمعدل بطيء مقارنة بالانسياب الركامي؟ (لأنه عالي اللزوجة.)

المقارنة والمباينة

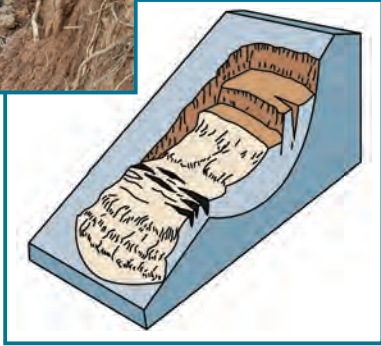
اطلب إلى الطلاب عقد مقارنة ومباينة بين الأنواع الثلاثة للحركة في التحرك الكتلي: التساقط والانزلاق والانسياب، من حيث سبب التسمية وطريقة الحدوث وكمية الماء المتوفرة.

2.3 الانزلاق

يُشير هذا المصطلح إلى التحرك الكتلي الذي يحدث مع وجود نطاق ضعيف يفصل ما بين الكتل المنزلقة وما تحتها من مواد مستقرة. هناك نوعان أساسيان من الانزلاق.

1.2.3 الانزلاق الدوراني

يكون فيه السطح الفاصل على شكل منحني مقعر إلى أعلى يشبه الملعقة، وحيث يكون اتجاه حركة المواد إلى أسفل مع استدارة للكتلة إلى الخارج (شكل 114).



شكل 114
الانزلاق الدوراني

البحث

- ♦ دع الطلاب يبحثون في المراجع الجيولوجية المتخصصة أو المواقع المتخصصة على شبكة الإنترنت عن النوع الرابع من حركات التحرك الكتلي وهو الخسف (غير مذكور في الدرس). وتكون الحركة في الخسف عمودية بحيث تؤدي إلى حدوث خسف في المنطقة أو عند حدوث هزة أرضية أو بفعل تشبعها بالماء (سواء أكانت مياه الأمطار أو المياه الجوفية).

4.3.2 التحركات البطيئة

♦ ما المقصود بالزحف؟ (نوع من التحرك الكتلي تتحرك فيه التربة

والغطاء الصخري المفكك على المنحدرات ببطء وبالتدريج.)

♦ ما العامل الذي يسبب التحرك الكتلي بالزحف؟ (تبادل التمدد

والانكماش الذي ينشأ نتيجة تبادل التجمد والذوبان أو الرطوبة

والجفاف.)

♦ وضّح دور التجمد أو الرطوبة والذوبان أو الجفاف في عملية

الزحف؟ (يرفع التجمد أو الرطوبة الحبيبات عمودياً على الانحدار، أما

الذوبان أو الجفاف فيجعل الحبيبات تقع للخلف على مستوى أكثر انخفاضاً،

فتتحرك المواد بالتالي مسافة ضئيلة إلى أسفل المنحدر في كل دورة).

♦ ما المقصود بانسياب التربة؟ (يحدث هذا النوع من التحرك الكتلي

عندما تتشبع التربة بالماء، وتتحرك فيه المواد المشبعة بالماء لليمترات

أو سنتيمترات قليلة في السنة.)

♦ لماذا يحدث انسياب التربة؟ (عندما لا يستطيع الماء التخلل في

الطبقات العميقة من التربة بسبب وجود حاجز غير منفذ للماء، مثل

طبقة من الطين الكثيف، تحتفظ التربة بالماء، ثم يحدث التحرك الكتلي

بانسياب التربة.)

♦ ما المقصود بالبيرمافروست؟ (مصطلح يعني الأرض المتجمدة

بصورة دائمة.)

♦ كيف يحدث انسياب التربة في المناطق المرتفعة على

البيرمافروست؟ (يحدث انسياب التربة في الطبقة النشطة التي تعلو

البيرمافروست. أثناء الصيف، لا يستطيع الماء الناتج عن انصهار الثلج

النفوذ من خلال طبقة البيرمافروست، فتصبح الطبقة النشطة مشبعة

بالماء وتبدأ في الانسياب. وهذا يحدث على منحدرات لا تتعدى زاوية

انحدارها درجة أو درجتين.)

تنمية مهارة

الملاحظة: دع الطلاب يقارنون مثالين عن أنواع التحرك الكتلي

الموضحين في الشكلين (115 و 121). وعلى أساس ما لاحظوه،

دعهم يعدّون جدولاً للمقارنة بين التساقط والزحف من حيث

المواد المتحركة، نوع المنحدر وسرعة حركة كل من هذين

النوعين من التحرك الكتلي.

الإجابة: يجب أن يعدّ الطلاب جدولاً يتضمن ما يلي: التربة هي

المادة الأساسية المتحركة في كل من التساقط والزحف. يحدث

التساقط على المنحدرات شديدة الميل، أما الزحف فيحدث على

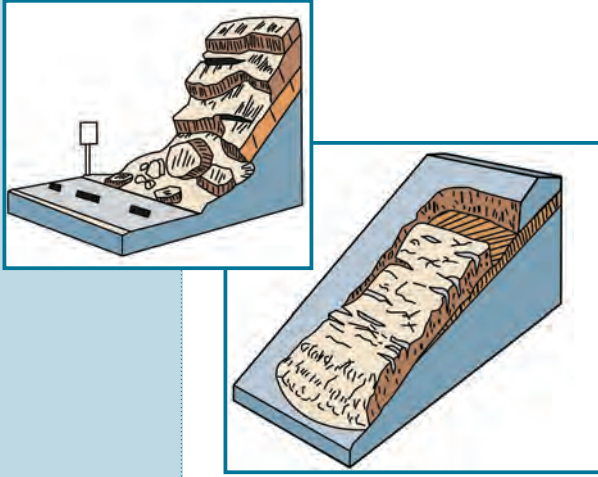
منحدرات قليلة الميل. يحدث التساقط بسرعة وقد يكون بصورة

فجائية، أما الزحف فيحدث ببطء.

Translation Slide

2.2.3 الانزلاق الانفصالي

تكون فيه الحركة على سطح مُستوٍ كفاصل أو صدع أو سطح طبقة ولا يرافقها دوران (شكل 115).



شكل 115
الانزلاق الانفصالي

Flow

3.3 الانسياب

يُعتبر ثالث نوع من الأنواع الشائعة للتحرك الكتلي وهو يحدث عندما تتحرك الكتل على المنحدر كسائل كثيف (مثل خليط إسمنتي). تكون معظم الانسيابات مشبعة بالماء وتتحرك على شكل لسان أو فص.

Debris Flow

1.3.3 الانسياب الركامي

يعتبر الانسياب الركامي نوعاً سريعاً نسبياً من التحرك الكتلي الذي يتضمن انسياب التربة والغطاء الصخري المفكك مع كمية كبيرة من الماء. الانسياب الركامي الذي يدعى أيضاً الانسياب الطيني Mudflow، هو الأكثر شيوعاً في المناطق الجبلية المدارية، وعلى منحدرات بعض البراكين، ويتجمع كرواسب مرزوخية الشكل عند قدم الوادي (شكل 116).

ناقش

ناقش مع الطلاب أن التحرك الكتلي على المنحدرات يتوقف

على عدة عوامل. تناقشوا حول كل عامل من هذه العوامل

ومدى علاقته بمعدل تحرك الكتل: درجة ميل المنحدرات، وزن

الركام، قوة الاحتكاك بالسطح المائل للمنحدرات ودرجة تشبع

الطبقة السطحية للمنحدرات بالماء.

قسم الفصل إلى مجموعات صغيرة. دع كل مجموعة تعدّ خريطة مفاهيم تتناول الأسس المختلفة لتصنيف عمليات التحرك الكتلي إلى الأنواع المختلفة، وتتضمن أيضًا الأنواع المختلفة من التحرك الكتلي. اطلب إليهم إضافة بعض التفاصيل المهمة لكل نوع من أنواع التحرك الكتلي في ما يخص نوع المادة المتحركة، سرعة التحرك ونوع المنحدرات التي يحدث فيها كل نوع من هذه الأنواع.

البحث

وضح للطلاب أن بناء المساكن في مخارات السيول يعرضها للانهييار عندما تحدث عمليات التحرك الكتلي الشديدة، ما قد يؤدي إلى تهديد حياة قاطنيها. دع الطلاب يبحثون في المواقع المتخصصة بشبكة الإنترنت عما ينجم عن ذلك الأمر من نتائج، وعن الإجراءات التي يجب اتخاذها لتفادي حدوثها.

ملف الإنجاز

شجع الطلاب على تعرف المشاكل البيئية المؤثرة، وذلك من خلال الرحلات والتصوير لمناطق الكوارث الطبيعية ومناطق زيادة بناء المساكن خاصة في مخارات السيول وحواف الصدوع والمنحدرات التي تحدث عليها الانهيارات والانزلاقات الصخرية.

1. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

اطلب إلى الطلاب الإجابة عن الأسئلة التالية ومناقشتها مع زملائهم:

- لماذا تقوم الدول المتحضرة بإنشاء خريطة توضح أماكن بناء المساكن؟
- ما أثر انتشار الصخور الطينية في بعض المواقع على سطح الأرض؟

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3

1. التساقط هو السقوط الحرّ لقطع منفردة مهما كان حجمها، أما الانزلاق فيشير إلى التحرك الكتلي الذي يحدث عندما يكون هناك نطاق ضعيف يفصل بين الكتل المنزلقة وما يقع أسفلها من موادّ ثابتة، والانسياب هو تحرك الكتل المشبعة بالماء على المنحدر كسائل كثيف.
2. تحدث الانهيارات الصخرية عندما تتكسر الكتل الصخرية من مكان مرتفع وتسقط على منحدر أو جرف. تحدث المرحلة الأولى من الانهيار بفعل السقوط الحر. وكلما اقتربت الكتل الصخرية سريعة الحركة من الأرض، يتم احتباس الهواء وانضغاطه أسفلها، ما يسبب تحرك الكتلة على طبقة من الهواء المضغوط بدون حدوث احتكاك. لذا فالانهيارات الصخرية قد تتحرك مسافات طويلة في سرعات عالية جدًا، ولكنها خطيرة للغاية.

هل تعلم؟

الانسياب الركامي الذي يتكون أساسًا من مواد بركانية عند جوانب البراكين، يدعى لاهار Lahars. شهدت المناطق البركانية في إندونيسيا مثل هذه الحوادث المدمرة. تاريخيًا، يُعتبر اللاهارة من الأخطار البركانية المميتة، التي قد تُحدث أثناء الثوران البركاني أو بعد هدوء البركان. يتكون اللاهارة عندما تصبح طبقات الرماد والركام البركاني غير مستقرة ومشبعة بالماء، فتساق على المنحدرات البركانية الحادة فتتبع مجاري الجداول الموجودة. وتعتبر الأمطار الغزيرة محفزًا لتلك الانسيابات التي قد يسببها أيضًا الذوبان المفاجئ لكل ضخمة من الجليد بفعل الحرارة المنبعثة من البركان.

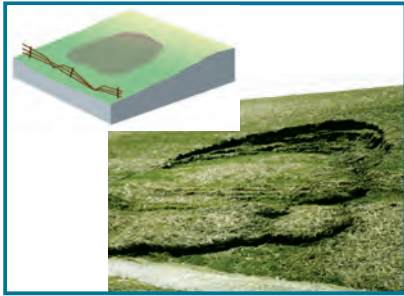


شكل 116 الانسياب الزكامي عبارة عن لسان متحرك مكون من خليط من الطمي والرّبة والصخور والماء، وهو يشبه الخليط الأسمنتي الطري.

Earthflow

2.3.3 الانسياب الأرضي

يحدث الانسياب الأرضي Earthflow عند جوانب التلال في المناطق الرطبة أثناء المطر الغزير أو ذوبان الجليد. عندما تتشبع التربة والغطاء الصخري المفكك بالماء، قد تتكسر المواد وتُقتلع مخلقة نُدوبًا على المنحدر، فتولد كتلًا على شكل ألسنة أو قطرات دموع تندفع لأسفل المنحدر (شكل 117).



شكل 117 ينحدر هذا الانسياب الأرضي شكل لسان صغير على منحدر بطول طريق سريع تم تعبيده حديثًا. وهو يتكون من المواد الغنية بالطين بعد فترة من المطر الغزير. لاحظ التدهور الصغير عند مقدمة الانسياب الأرضي.

3. يحدث الانزلاق الانتقالي كانزلاق سريع للقطع الصخرية بجانبي الشقوق على طول الطبقات المائلة الضعيفة وداخل الشقوق في الطبقات الصخرية. يشير الانزلاق الدوراني إلى حركة الهبوط البطيئة لكتلة من التربة أو الصخور الضعيفة نسبياً على طول سطح منحدر منحني يشبه الملعقة. مع حدوث التحرك، تميل أحياناً كتل الجزء العلوي إلى الخلف.
4. يتكوّن الانسياب الركامي من خليط من الكتل الطينية والمائية ينساب مثل السوائل، ويحدث أثناء سقوط الأمطار الغزير أو ذوبان الثلوج في مناطق فيها القليل من الغطاء النباتي أو خالية منه، وتتحرك أسرع من الانسيابات الأرضية. يحتوي الانسياب الأرضي على الكثير من المواد الصلبة (الطين، الرمل، الجلاميد وغيرها) وماء أقلّ من الانسيابات الركامية، وهي أكثر لزوجة منه، وتتحرك بسرعة أقل.
5. التمدد والانكماش المتبادلان للمواد السطحية اللذان يسببان التجمد والذوبان أو تبادل الرطوبة والجفاف، يعدان إحدى العوامل التي تؤدي إلى زحف المواد الأرضية. تتضمن العوامل الأخرى تشبع الأرض بالماء واضطراب التربة.

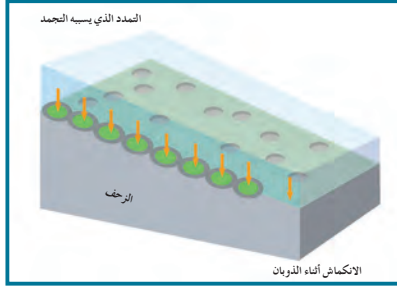
Slow Movements

4.3 التحركات البطيئة

إن الانزلاقات الأرضية والانهيال الصخري واللاهيار من أهم التحركات الكتلية التي تسبب الكوارث، وهي تعطينا انطباعاً كاذباً على أنها عمليات قوية بسبب حجمها الكبير وطبيعتها المذهلة. والصحيح أن التحركات الفجائية مسؤولة عن نقل مواد أقل من تلك التي تنتقل بفعل التحركات البطيئة كالزحف. فالزحف Creep نوع من التحرك الكتلي (شكل 118)، الذي ينقل التربة والغطاء الصخري المفكك على المنحدر ببطء وبالتدريج. أحد العوامل التي تتسبب بالزحف هي عملية تناوب التمدد والانكماش في المواد السطحية بفعل التجمد والذوبان أو الرطوبة والجفاف (شكل 119). يصعب ملاحظة الزحف بسبب التحركات الشديدة البطء، والظواهر التي تدل عليه، مثل التواء الأسوار وإزاحة الأعمدة.



شكل 118
الحرك البطيء



شكل 119
تكرار التمدد والانكماش للمواد السطحية يسبب تحركاً للتربة وحبيبات الصخر وهي عملية تدعى الزحف.

مراجعة الدرس 3

1. فرق بين التساقط والانزلاق والانسياب.
2. لماذا تتحرك الانهيارات الأرضية (الصخرية) بسرعة كبيرة؟
3. من أشكال التحرك الكتلي، الانزلاق الدوراني والانزلاق الانتقالي. ما أوجه الاختلاف بينهما؟ وضّح مستعيناً برسم مبسط.
4. قارن بين الانسياب الركامي والانسياب الأرضي.
5. صف آلية التحرك البطيء إلى أسفل المنحدر التي تدعى زحفاً.

1. جـ (التساقط)

2. د (الانسياب الطيني)

ثانياً: تحقق من فهمك

1. يجب عليك أن تتحقق من عدم وجود كميات ضخمة من الصخور المفككة والترربة المفككة أو طبقات كثيفة من الرواسب. الجرف المنحني والأشجار المائلة يدلان على وقوع التساقط أو الزحف والتعرف على نوعية صخور المنطقة.

2. التشابه: كلاهما تحرك كتلي سريع ومدمر.

الاختلاف: يحدث الانسياب الطيني في المناطق الجبلية المدارية المتعرضة لكمية هائلة من الأمطار، وهو عبارة عن كميات ضخمة من الصخور والترربة والماء ذات قوام موحد أو طيني. يحدث الانزلاق الانتقالي في المناطق الجبلية شديدة الانحدار وهو اندفاع كميات ضخمة من الصخور والترربة.

ثالثاً: تطبيق المهارات

حدث هطول الأمطار خلال الفترة الممتدة من نصف ديسمبر 2004 حتى أوائل يناير 2005، وكان هذا الهطول متنوعاً بين الغزير والمعتدل، فتراكم الماء في الغطاء الصخري والترربة. أعقب هذا حدوث هطول غزير للغاية خلال الفترة الممتدة من 5 يناير إلى 9 يناير 2005. وكان أقصى معدل لهطول الأمطار في يوم 9 يناير، فتشبع التربة والغطاء الصخري لأقصى درجة، فحدث انسياب للتربة والغطاء الصخري المفكك المحتويين على كميات ضخمة من الماء، بصورة سريعة فجائية، وهذا ما يسمّى الانسياب الركامي.

رابعاً: ربط الجيولوجيا بالعلوم الطبيعية

العملية التي يوضحها هذا النموذج هي التحرك الكتلي. تحدث عملية التحرك الكتلي عندما تنزلق المواد الناتجة عن التعرية بواسطة الجاذبية الأرضية. فالجاذبية الأرضية تجذب المواد من المناطق الجيولوجية المرتفعة وترسبها في المناطق الجيولوجية المنخفضة. وبالتالي، هي تعدل وتعمل على تمهيد المظاهر الطبوغرافية البارزة في سطح الأرض.

خامساً: دراسة الأشكال

أ) و ب) الانزلاق الانتقالي

3. البناء على الجهة اليمنى من المنحدر

4. تثبيت المنحدر بزراعة أشجار كبيرة، واستخدام

شبكات السلك على الأجزاء شديدة الانحدار والبناء على الأجزاء الأكثر تسطحاً لتفادي تأثير الجاذبية على المنحدرات الشديدة.

أسئلة مراجعة الفصل الأول

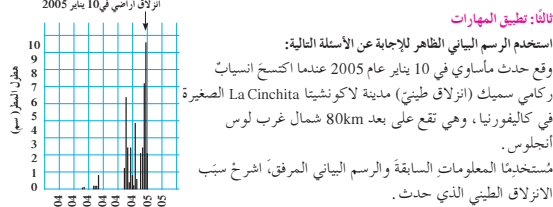
أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارة التالية:

1. الانحدارات البالغة الحدة تسبب بـ...
(أ) الزحف (ب) الانزلاق الصخري (ج) التدهور (د) الانسياب الطيني
2. الانسياب الركامي غالباً ما يُسمّى...
(أ) انسياباً أرضياً (ب) الانسياب الطيني (ج) تدهوراً (د) انزلاقاً صخرياً

ثانياً: تحقق من فهمك

1. افترض أنك ترغب في بناء منزل بجانب تل. ما الاحتياطات التي تضمن عدم تأثر منزلك بالتحرك الكتلي؟
2. قارن: ما وجه الشبه بين الانسياب الطيني والانزلاق الصخري؟ وكيف يختلفان؟

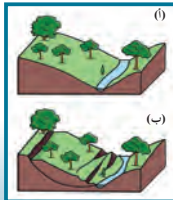
ثالثاً: تطبيق المهارات



رابعاً: ربط الجيولوجيا بالعلوم الطبيعية

المواد التالية:

1. رمل، ماء، دلو متوسط الحجم، كيس بلاستيكي كبير، ورقة للرسم التخطيطي.
 2. إنزال الدلو بالرمل. أضف كمية من الماء تكفي لجعل الرمل يلتصق ببعضه بعضاً.
 3. ضع وعاء الرمل لساعات قليلة في التلاجة.
 4. ضغ الرمل "المجمّد" في الكيس البلاستيكي.
 5. أرسم محيط كتلة الرمل المتجمّد.
- كثّر الخطوة 4 كل ساعة لمدة أربع ساعات.
- ما العملية الجيولوجية التي يوضّحها هذا المحسّم؟ كيف تؤثر الجاذبية الأرضية على المظاهر الجيولوجية (الطبوغرافية) لسطح الأرض؟



خامساً: دراسة الأشكال

1. بعد فحص الشكلين المرفقين، حدّد نوع التحرك الكتلي في كل منهما.
2. حدّد على الشكلين المكان الأفضل لبناء المنزل.
3. ما هي إجراءات الأمن والسلامة التي يجب اتّخاذها؟

الفصل الثاني

الطيّات والفواصل والفوالق

دروس الفصل

الدرس 1: الطيّات

الدرس 2: الفواصل والفوالق (الصدوع)

مقدمة الفصل

دع الطلاب يتناقشون حول مدى وكيفية ارتباط الصورة الموجودة في افتتاحية الفصل بمحتواه ثم اسأل:

- ما معالم سطح الأرض التي تراها في هذه الصورة؟ **(قد يذكر الطلاب مجموعة من الجبال المرتفعة التي تحيط بها الأراضي المنبسطة).**
- ما الذي يدل عليه وجود الجبال على سطح الأرض؟ **(قد يذكر الطلاب وجود قوى خارقة سببت رفع كتل ضخمة من الكيلومترات الصخرية فوق مستوى سطح البحر).**
- في اعتقادك، ما القوى التي سببت تكوين الجبال؟ **(قد يذكر الطلاب حركة الألواح التكتونية).**
- أخبر الطلاب أنه بدراستهم لهذا الفصل سيتعلمون الكثير عن القوى التي تغير سطح الأرض.

نشاط إثرائي

طيّات الصحف

المهارات: إعداد النماذج، الملاحظة، التوقع، المقارنة
الهدف من النشاط: تكوين طيّات متنوعة والمقارنة بينها.
المواد والأدوات المطلوبة: ورق صحف، ماء، تربة، مقص
الزمن: 15 دقيقة

الخطوات

- استخدام المقص لقطع ورق الصحف إلى عدد من الصحف (25 * 35سم)
- استخدام الماء لترطيب التربة والصحف.
- كَوّن طبقات متبادلة من الصحف المبللة مع طبقات التربة المبللة (التي سمك الواحدة منها 1 - 2سم).
- اضغط هذه الطبقات من الجانبين.
- اطلب من الطلاب ملاحظة ما يحدث. هل يمكنك أن تكون كلاً من الطيّات المحدبة والطيّات المقعرة

النتيجة المتوقعة

الإنضغاط من الجانبين سوف ينتج طيّات متنوعة. دع الطلاب يقارنون النماذج التي أعدوها.

دروس الفصل

الدرس الأول

الطيّات

الدرس الثاني

الفواصل والفوالق (الصدوع)



كتاب الطالب: من ص 109 إلى ص 113

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ♦ يوضح كيفية استجابة الصخور للتشوه.
- ♦ يصف أجزاء الطية.
- ♦ يصنف الطيات.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب دراسة صورة افتتاحية الدرس في الشكل (120) والتعليق المصاحب لها. فسر لهم أن صخور القشرة الأرضية تتعرض للكثير من القوى التي تسبب تشوهها، ما يسبب إنتاج أنواع مختلفة من التراكيب الجيولوجية الأرضية. وضح للطلاب أن هذه التغيرات تحدث ببطء شديد وعلى فترات زمنية طويلة للغاية تمتد إلى مئات الملايين من السنين.

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

شجع الطلاب الذين شاهدوا هزات أرضية على وصف ما شعروا به أثناء تحرك القشرة الأرضية أو اهتزازها. اطلب إليهم أن يصفوا ماذا حدث للمباني والأشياء التي كانت من حولهم أثناء حدوث هذه الاهتزازات الأرضية وبعد حدوثها. أما إذا لم يختبر الطلاب مثل هذه الاهتزازات، فدعهم يذكرون ما سمعوا عنها في تقارير النشرات الإخبارية التليفزيونية والصحف والمجلات أو أي مصادر أخرى.

أخبر الطلاب أن مثل هذه الحركات في القشرة الأرضية تنجم عن قوى داخلية في الأرض تشوه صخور طبقات القشرة الأرضية، ما ينجم عنه تعرضها للثني أو الطي أو التكسر. نشاط توضيحي: هل يمكنك ثني هذا الملف

كي تساعد الطلاب على فهم التشوه، دعهم يجرون النشاط التالي:

1. اصنع ملفاً من 20 صحيفة ورقية من الورق المقوى.
2. أمسك هذا الملف بيدك، ثم اضغط على حوافه بطرق مختلفة.
3. صف هذه الطرق التي تستطيع من خلالها ثني هذا الملف.

الإجابة: سيكون الطلاب قادرين على جعل ملف الأوراق ملوياً، مدوراً، مطوياً، منثياً. يجب أن يكونوا قادرين أيضاً على جعل الصفائح الورقية تنزلق بعضها فوق بعض في اتجاهات وفي طرق متنوعة.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد الطلاب أن التشوه يكون دائماً نتيجة للتغير المفاجئ. ذكر الطلاب بأن معظم الحركات في القشرة الأرضية تحدث بمعدل بطيء وثابت نسبياً.

الطيات
Folds

الدرس 1

أهداف الدرس

- ♦ يوضح كيفية استجابة الصخور للتشوه.
- ♦ يصف أجزاء الطية.
- ♦ يصنف الطيات.



شكل 120

تشوهات القشرة الأرضية وطياتها كما توضحها صورة أحد أجزاء جبال الألب.

1. طبيعة صخور القشرة الأرضية

Nature of the Rocks of the Earth's Crust

تعتبر القشرة الأرضية ضعيفة جيولوجياً فهي تتأثر بالحركات الأرضية التي تغير شكلها. هناك أدلة كثيرة على عدم استقرار سطح الأرض واختلاف توزع اليابسة والماء عليها خلال العصور الجيولوجية. يظهر ذلك في مدى استجابة الصخور لقوى الشد والضغط التي تختلف بحسب نوع الصخر وتماسكه ودرجة صلابته. تُسمى الظاهرة، التي فيها تتعرض الصخور اللدنة نسبياً لقوى أو إجهاد يؤدي إلى انثنائها والتوائها، بالتشوه اللدن (Ductile Deformation). أما الظاهرة التي فيها تتعرض الصخور الصلبة (المتفتتة أو سريعة الكسر) لقوى أو إجهاد يؤدي إلى تكسرها، فتسمى التشوه التقصفي (Brittle Deformation).

1.2 طبيعة الصخور القشرة الأرضية

- ♦ ما المقصود بتشوه الصخور؟ (مصطلح عام يشير إلى جميع التغيرات في الشكل الأصلي و/ أو حجم الكتلة الصخرية.)
- ♦ ما الموقع الذي يحدث عنده معظم تشوهات القشرة الأرضية؟ (على حواف الألواح.)
- ♦ ما الذي يحدث عندما تتعرض الصخور لإجهادات أكبر من قوتها؟ (تبدأ في التشوه بفعل الطي أو التكسير.)
- ♦ ما المقصود بالتشوه المرن للصخور؟ (استعادة الصخور حالتها الأصلية، الحجم والشكل الأصليين، بعد إزالة الإجهاد عنها.)
- ♦ ماذا يحدث للصخور بمجرد تحطيم الحد المرن؟ (إما تنساب وهذا ما يعرف بالتشوه اللدن، أو تنكسر وهذا ما يعرف بالتشوه التقصفي.)
- معلومات إثرائية
- ♦ ما العوامل التي تؤثر على قوة الصخور؟ (درجة الحرارة، الضغط الحابس، نوع الصخر، الوقت)
- درجة الحرارة والضغط المحيط:
- ♦ ما تأثير ارتفاع درجة الحرارة والضغط المحيط على الصخور الموجودة على أعماق كبيرة؟ (تظهر الصخور سلوكاً لدناً.)
- ♦ ما المقصود بالتشوه اللدن للصخور؟ (انسياب الصخور من الحالة الصلبة ما ينتج تغيراً في شكلها وحجمها بدون أن تنكسر.)

نوع الصخر:

- كيف يؤثر نوع الصخر في الطريقة التي يتشوه بها؟ (الصخور البلورية مثل الجرانيت والبازلت التي تتكون من معادن فيها روابط جزيئية داخلية قوية تميل إلى أن تضعف بواسطة المكسر التقصفي، أما الصخور الرسوبية أو المتحولة فهي معرضة للانسياب اللدن.)
- الوقت:
- ♦ كيف يمكننا دراسة عامل الوقت أو الزمن للتأثير على قوة الصخر وكيفية تشوهه؟ (عن طريق تعرف تأثيرات الزمن في الحياة اليومية، مثل انحناء المقاعد الرخامية تحت تأثير وزنها لفترات زمنية طويلة، وانحناء الرفوف الخشبية تحت وطأة ثقل الكتب الموضوعة عليها لفترات زمنية قصيرة نسبياً.)
- ♦ كيف تؤثر الإجهادات الخفيفة في تشوه الصخور؟ (قد لا تسبب الإجهادات الخفيفة تشوه الصخور عند تطبيقها لفترات قصيرة، ولكنها قد تجعل الصخر ينساب إذا استمرت لفترات زمنية ممتدة.)

نشاط توضيحي: ما الذي يسبب تشوه الصخور؟

فكرة النشاط: أخبر الطلاب أن الزوجة إحدى الخصائص الفيزيائية وهي عبارة عن مقاومة المادة للانسياب. وعلى الرغم من صلابة الصخور فإن الخصائص الفيزيائية ومنها الزوجة تؤثر في الطريقة التي تستجيب بها الصخور لقوى الإجهاد التي تتعرض لها في القشرة الأرضية. اطلب إلى الطلاب إحضار معجون تشكيل (صلصال) جاف، ومعجون تشكيل (صلصال) رطب أو طري، وماسك أوراق معدني كبير عدد 2، و4 لوحات خشبية صغيرة.

2. الطيات

الطيات Folds هي الانثناءات أو التمججات التي تتشكل في الصخور نتيجة خضوعها لقوى الضغط. تكون الطيات محدبة Anticline أو مقعرة Syncline.

Parts of the Fold

Flanks

(أ) الجناحان هما طرفا الطبقة المثنية، وهما يشبهان طرفي ورقة قمت بشيها من وسطها ووضعها على مكتب. يمثل كل نصف من الورقة جناحاً من جناحي الطية.

(ب) زاوية ميل الجناح واتجاهه

Angle and Direction of Dip of the Flank

هي الزاوية الواقعة بين جناح الطية والمستوى الأفقي، أما اتجاه ميل الجناح فهو الاتجاه الجغرافي الذي يميل نحوه جناح الطية.

Axial Plane

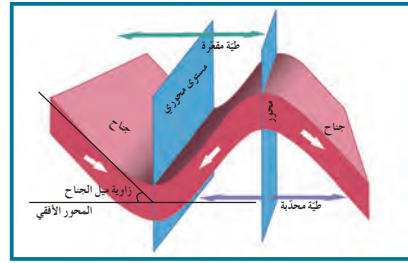
(ج) المستوى المحوري هو المستوى الوهمي الذي يقسم الطية إلى نصفين متماثلين، وقد يكون رأسياً أو مائلاً أو أفقياً وفق درجة تماثل الطية.

Axis

(د) المحور هو الخط الوهمي الذي ينصف زاوية قمة الطية أو قعرها وذلك بحسب نوعها.

Crest and Trough of the Fold

(هـ) قمة الطية وقعرها قمة الطية هي أعلى نقطة في الطيات المحدبة، وقعرها هو أدنى نقطة في قاع الطيات المقعرة.



شكل 121
أجزاء الطية المحدبة والطيّة المقعرة.

الخطوات:

- ضع قطعة من الصلصال الرطب (أو الطري) بين لوحين خشبيين واضغطهما، ثم أطبق عليهما باستخدام ماسك أوراق معدني.
- كرر الخطوة السابقة لكن باستخدام قطعة من الصلصال الجاف.
- اطلب إلى الطلاب ملاحظة ووصف كيف تشوه كل قطعة من قطعتي الصلصال.
- ♦ اطلب من الطلاب أن يستنتجوا السبب في سلوك كل عينة من الصلصال أو الصخر. (وجود الماء سبب تقليل مقدار لزوجة الصخر، ما جعله يستجيب بهذا الشكل، على عكس ما يحدث مع الصخر الجاف.)

نشاط توضيحي

المقارنة والمباينة

الأدوات: صحيفة أو مجلة، ورقة، قلم رصاص، قطعة من الطباشير

- ♦ اطلب إلى أحد الطلاب أن يثني الصحيفة على شكل طية محدبة، ثم اطلب إلى طالب آخر أن يمسك الورقة كما لو كان يريد أن يقسم الطية إلى جزأين ليوضح المستوى المحوري. اطلب إلى طالب ثالث وضع قلم رصاص رأسياً نازلاً من قمة الطية ليوضح المحور. اطلب إلى جميع الطلاب رسم الطية واعرض نتائجهم.

2.2 تصنيف الطيات Classification of the Folds

تُصنّف الطيات وفق عوامل عديدة أهمها اتجاه ميل الجناحين، ودرجة تساوي مقدار ميل الجناحين، ووضع المحور والمستوى المحوري، وترتيب الطبقات الزمنية داخل الطية.

1.2.2 اتجاه ميل الجناحين

Direction of Dip of the Flank

بحسب اتجاه ميل الجناحين، تُقسّم الطيات إلى أربعة أنواع:

(أ) الطية المحدبة Anticline

يميل فيها الجناحان بعيداً عن المحور والمستوى المحوري. في هذه الحالة، تقع أقدم الطبقات في المركز وتتبعها الطبقات الأحدث وصولاً إلى الخارج.

(ب) الطية المقعرة Syncline

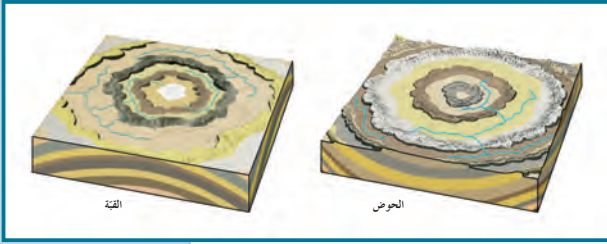
يميل فيها الجناحان نحو المحور والمستوى المحوري. في هذه الحالة، تقع أحدث الطبقات في المركز وتتبعها الطبقات الأقدم وصولاً إلى الخارج.

(ج) القبة Dome

هي طية محدبة تميل فيها الطبقة بعيداً عن المحور في جميع الاتجاهات، فيصعب تمييز الجناحين ويصبح شكلها كقبة المسجد (شكل 122).

(د) الحوض Basin

هي طية مقعرة تميل فيها الطبقة نحو المحور من جميع الاتجاهات، فيصعب تمييز الجناحين ويصبح شكلها كالحوض العميق (شكل 122).



شكل 122
الحوض والقبة

ضع قطعة صغيرة من الطباشير على قمة الطية واتركها تنزلق، ثم اسألهم:

♦ ماذا يسمّى الاتجاه الذي انزلت فيه قطعة الطباشير؟ (اتجاه الميل)

♦ هل انزلت بعيداً عن المحور أو باتجاهه؟ (بعيداً عن المحور)

كرّر الخطوات السابقة بعد ثني المجلة على شكل طية مقعرة ثم اسأل الطلاب:

♦ هل انزلت قطعة الطباشير بعيداً عن المحور أو باتجاهه؟ (باتجاه

المحور)

♦ ما الفرق بين الطية المحدبة والطيّة المقعرة؟ (الطيّة المحدبة يميل

فيها الجناحان بعيداً عن المحور، أما الطية المقعرة فيميل فيها الجناحان

باتجاه المحور.)

♦ اذكر فرقاً آخر بينهما. (قد تختلف الإجابات ولكن تُقبل إجابة أن الطية

المحدبة تكون أقدم طبقاتها في المركز فيما تكون أحدث طبقات الطية

المقعرة في المركز.)

♦ اجعل أحد الطلاب يثني مجلة على شكل طية محدبة ودفع

أحد الجناحين أكثر من الآخر. اطلب إلى طالب آخر وضع قلم

رصاص (الذي يمثل المحور) بحيث يقسم الزاوية بين الجناحين

بالتساوي، ثم اسأل الطلاب: ما هو وضع القلم في هذه الحالة؟

(مائل)

♦ ادفع الجناح أكثر وكرّر الخطوة السابقة (يميل القلم أكثر.) ثم

اسأل:

♦ ما هو وضع الجناح الذي دُفع أكثر؟ (أصبحت فيه الطبقات السفلية

أعلى الطبقات العليا.)

♦ ماذا يسمّى هذا النوع من الطيات؟ (مقلوبة)

♦ كرّر التجربة لتميل الطية على جنبها ثم اسألهم عن نوع الطية

(مضجعة) وعن وضع المحور في هذه الحالة (أفقي).

اختبر ذكائك

كيف تعرف أن الطية المضجعة محدبة أو مقعرة في الأصل؟ (إذا

كانت أقدم الطبقات في المركز تكون محدبة والعكس صحيح.)

تكامل العلوم

الجيولوجيا والعلوم الطبيعية: إجر بياناً عملياً أمام الطلاب لتوضيح

مفهوم اللدونة (المرونة) على قطعة من أحد المعادن اللدنة، مثل

ملعقة معدنية أو قطعة طويلة من سلك معدني سميك. اطلب إلى

الطلاب ذكر أمثلة عن مواد لدنة أخرى.

فسر لهم أن معظم التغيرات التي تسبب التشوه في القشرة الأرضية

تحدث بمعدل بطيء للغاية ولا يمكن ملاحظتها بصورة مباشرة.

أخبر الطلاب أنه يمكننا تخيل أن الزمن يمر بسرعة كبيرة للغاية

بحيث نتخيل أن مليارات السنين تمر في دقائق معدودة. اسأل

الطلاب ما صور وأشكال التشوه التي سوف نلاحظها؟ (سيحدث

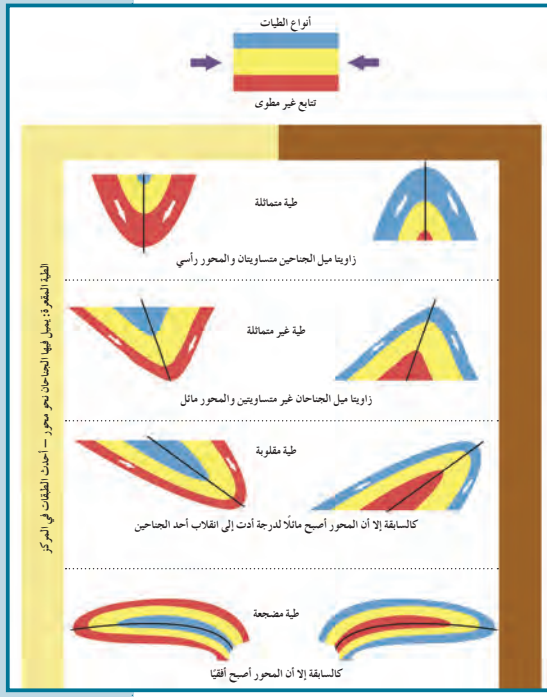
انحناء، انثناء، شد، تكسر، ميل، طي، انزلاق، تضاعف في طبقات صخور

القشرة الأرضية.) اسأل: ما الذي يسبب هذه الأشكال من التشوه؟

(الإزاحة البطيئة للغاية لألواح القشرة الأرضية.)

2.2 الطيات

2.2.2 وضع المستوى المحوري
تُقسّم الطيات تقسيمًا إضافيًا وفق درجة تساوي مقدار ميل الجناحين، فقد تكون متماثلة أو غير متماثلة أو مقلوبة أو نائمة (مضطجعة).



شكل 123
أنواع الطيات

- ♦ أخبر الطلاب أنّ الطيّة تحدث عندما ينحني سطح الطبقة المستوي أو يتقوّس نحو الأسفل أو نحو الأعلى.
- ♦ أشر للطلاب إلى أنّ جناحي الطيّة هما الطبقتان اللتان تشكّلان جانبي الطيّة وتلتقيان عند محورها وأنهما تتألفان من طبقات مائلة. والمستوى المحوري هو المستوى الذي يقسم الطيّة من مفصل الطيّة ويكون محور الطيّة فيه خطأً. أمّا المحور فهو المستوى الذي يقسم الزاوية بين جناحي الطيّة إلى نصفين أي أنّه الخطّ الذي يجري عليه الطيّ.
- ♦ ادع الطلاب إلى المقارنة بين الطيّة المحدّبة والطيّة المقعّرة ثم بين القبة والحوض.
- ♦ وضّح للطلاب أنّ الطيّة المحدّبة يكون تقوّسها موجّهًا نحو الأعلى وتحتوي الصخور الأقدم في وسطها على عكس الطيّة المقعّرة التي يكون تقوّسها موجّهًا نحو الأسفل وتحتوي الصخور الأحدث في وسطها.
- ♦ أمّا القبة فهي طيّة محدّبة تميل طبقاتها جميعها إلى خارج وسطها في الاتجاهات كافة (بعيدًا عن نقطة متوسطة تسمى مركز القبة)، والحوض هو طيّة مقعّرة تميل فيها الطبقات إلى الداخل في الاتجاهات كافة وهي عكس القبة تمامًا.

نص توضيحي

- ♦ وضّح للطلاب أنّ في الطيّة المتماثلة يكون الميل على جانبي المستوى المحوري متساويًا.
- ♦ أمّا في الطيّة غير المتماثلة فيكون المستوى المحوري الذي ينصف الزاوية بين الجناحين مائلًا.
- ♦ وفي الطيّة المقلوبة، يكون المستوى المحوري مائلًا بدرجة كبيرة عن المستوى الرأسي، ويزيد مقدار عدم التماثل حتى يزيد الميل في أحد جناحيها عن 90°.

أمّا الطيّة المصططجة فتمثّل أقصى حالات الانقلاب بحيث يكون المستوى المحوري في وضع أفقي ويصبح جناحي الطيّة متوازيين.

البحث

دع الطلاب يبحثون في الكتب والمراجع الجيولوجية المتخصصة وفي المواقع المتخصصة بشبكة الإنترنت عن طيات طبيعية وأماكن وجودها والقوى التي سببتها.

تأكد من فهمك

دع الطلاب يرسمون جدولًا للتمييز بين أنواع الطيات موضحين فيه اتجاه ميل الجناحين ومقدار ميل الجناحين ووضع أقدم الطبقات ووضع المحور.

2.2.2 تصنيف الطيات

- ♦ ما الذي يحدث للصخور الرسوبية والصخور البركانية المستوية أثناء تشكّل الجبال؟ (غالبًا ما تنشئ إلى سلسلة من التمرجات تسمى الطيات).

- ♦ ما القوى المسببة لحدوث الطيات في صخور القشرة الأرضية؟ (قوى التضغط التي تقلل سمك القشرة الأرضية أو تزيدها).
- ♦ ما المقصود بالطيات؟ (ثنيات في الطبقات الصخرية في القشرة الأرضية تنتج عن قوى إجهادات التضغط).
- ♦ ما النوعان الأكثر شيوعًا للطيات؟ (الطيات المحدبة والطيات المقعّرة)
- ♦ كيف تتكوّن الطيات المحدبة؟ وما الذي يصاحب تكوّنها؟ (تتكوّن عن طريق طي الطبقات الصخرية إلى الأعلى أو تقوسها، وتصاحبها طيات منخفضة لأسفل هي الطيات المقعّرة).
- ♦ ما موقع الطبقات الأكثر قدمًا في الطيات المحدبة وفي الطيات المقعّرة؟ (في الطيات المحدبة، تكون الطبقات الأكثر قدمًا في المركز، أما في الطيات المقعّرة، فتكون الطبقات الأحدث في المركز).
- ♦ لماذا تكون الطيات غير مستمرة دائمًا؟ (بسبب اختفاء نهاياتها).
- ♦ ما المقصود بالطيات أحادية الميل؟ (طيات كبيرة مائلة المستوى عن كونها طبقات رسوبية أفقية).
- ♦ ما المقصود بالطيات المتصاوبة؟ (استدارة قمتها وتوازي جناحها).
- ♦ ما المقصود بالطيات الشرائطية؟ (تكون قمتها حادة كشرائط الجندي).

3.2 الأهمية الاقتصادية للطيات

وضّح للطلاب أن الطيات أهمية اقتصادية، إذ تُعتبر الطيات المقعرة مثلاً من أهم أماكن تجمع بعض الرواسب المعدنية مثل رواسب الفوسفات، وتؤدي أيضاً دوراً فعالاً في حركة المياه الأرضية وتجمّعها كما في الأحواض المائية الارتوازية. أمّا الطيات المحدبة، فتساهم في تجمع النفط.

توظيف الأشكال

اسأل الطلاب دراسة الشكل (121) والتعليق المصاحب له، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ كيف يمكن تحديد الطية المحدبة؟ (التركيبة المطوية إلى الأعلى أو المقوسة والجناحان يميلان بعيداً عن المحور.)
- ♦ ما نوع الطية التي تتمثل بالتركيبة المطوية إلى الأسفل؟ (الطية المقعرة)
- ♦ إذا كانت الطية المقعرة والطيّة المحدبة مجاورتين بعضهما لبعض، فأين تتوقف إحداهما وتبدأ الأخرى؟ (قد يقترح الطلاب أن الخط الغائص يقع في منتصف المسافة بين قمة الطية المحدبة وقعر الطية المقعرة. قد يذكر بعضهم أن الجزء العلوي للطية المقعرة والجزء السفلي للطية المحدبة هما الشيء نفسه، أي أن جناح الطية المقعرة هو نفسه، جناح الطية المحدبة.)

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

دع الطلاب يراجعون الرسومات والأشكال الواردة في هذا الدرس ويراجعون أيضاً ما أعدوه من رسومات ونماذج. دعهم يضيفون ما أعدوه من رسومات ونماذج بيانات عن أنواع الطيات.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. تغيير في الشكل والوضع استجابة للضغوط والقوى المعرّضة لها.
2. التشوه التقصفي يشمل كسر الصخور أما اللدن فيصاحبه انثناء.
3. يؤدي الإجهاد إلى إلتواء أو انثناء الصخور اللدنة (التشوه اللدن) وإلى انكسار الصخور الصلبة (التشوه التقصفي) بالإضافة إلى تشوهات أخرى كالشد والانزلاق والانضغاط والانحناء.

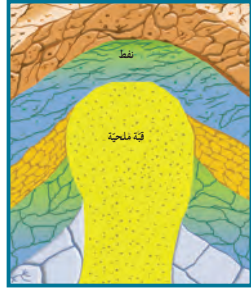
4.

الطيّة المقعرة	الطيّة المحدبة	
يميلان باتجاه المحور	يميلان بعيداً عن المحور	الجناحان
إلى الخارج	من المركز	أقدم الطيات
إلى أسفل	إلى أعلى	التقوس

3. الأهمية الاقتصادية للطيات

Economic Importance of Folds

1. للطيات أهمية كبيرة من الناحية الاقتصادية، ويظهر ذلك في:
الطيات المحدبة والقباب التي تُعتبر من أهم التراكيب المناسبة لتجمع النفط، حيث يتجمع في قمة الطية المحدبة كما في حقل برقان النفطي في الكويت.
2. الطيات المقعرة والأحواض حيث تتجمع المياه الأرضية كما في الأحواض المائية في حقل الرونتين للمياه الأرضية.
3. الرواسب المعدنية التي تُستخرج من القباب الملحية كالحجس والأنيديريت والملح، وبعض خامات الفوسفات التي تُستخرج من الطيات المقعرة (شكل 124).

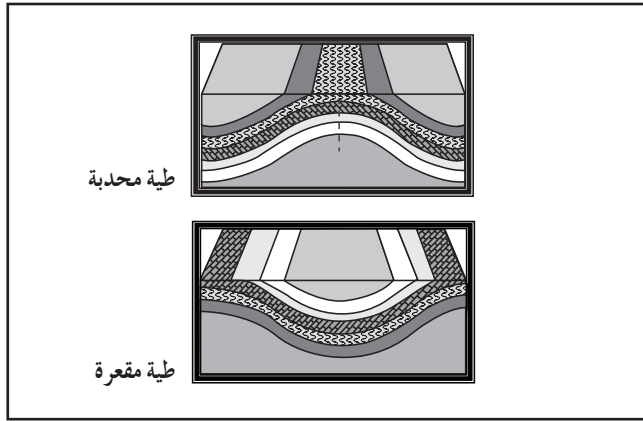


شكل 124
القبة الملحية وتجمع النفط في الكويت.

مراجعة الدرس 1

1. ما معنى تشوه الصخر؟
2. كيف يختلف التشوه التقصفي عن التشوه اللدن؟
3. وضّح مدى استجابة الصخور عند تعرضها لإجهاد يتعدى مرونتها.
4. وضّح بالرسم الفرق بين الطيات المحدبة والطيات المقعرة.
5. خلال رحلة جيولوجية ميدانية، مررت على طبقات صخرية متكررة يمثل مركزها أحدث الطيات.
(أ) ماذا تتوقع أن يكون هذا المظهر؟
(ب) فسر كيفية تكوّنه جيولوجيًا.

(تابع رقم 4)



5. (أ) و (ب) طية مقعرة. أحدث طبقات الطية المقعرة في المركز

حيث يميل فيها الجناحان باتجاه المحور. قوى التضغوط تزيد أو تقلل من سماكة القشرة الأرضية، ينتج عن قوى إجهادات الشد والتضغوط ثنيات في الطبقات الصخرية في القشرة الأرضية تسمى الطيات. تؤدي قوى الشد إلى طي الطبقات الصخرية إلى الأعلى وتقوسها مؤدية إلى تقارب جناحي الطية إلى الأعلى بعيداً عن المركز مشكلة طيات محدبة ويرافقها تشكيل طيات مقعرة. تؤدي قوى الانضغاط إلى تقارب جناحي الطية إلى الأسفل قريباً باتجاه المركز مشكلة طية مقعرة.

كتاب الطالب: من ص 114 إلى ص 119

عدد الحصص: 2

الأهداف:

- ♦ يفرّق بين الفاصل والفالق.
- ♦ يحدّد أنواع الفواصل.
- ♦ يتعرّف أجزاء الفالق.
- ♦ يصنّف الفوالق ويقارن بينها.

1. قَدِّم وحفّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكلين (126) و (128) والتعليق المصاحب لهما.

وضح لهم أن أشكال الكسور وأنواعها والتصدعات الموجودة في القشرة الأرضية التي حدثت نتيجة تعرضها لإجهادات متباينة في اتجاهات مختلفة، وما قد يصاحب هذه الإجهادات من تحركات أو إزاحات على جانبي الكسور، تعرف بالفوالق أو الصدوع.

2. اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب حول ما ينجم عن تشوه الصخور ومن بينها الصدوع، وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ ما قوى الإجهاد المؤثرة على صخور القشرة الأرضية؟
- ما التأثيرات الناجمة عن قوى الإجهاد على صخور القشرة الأرضية؟ (ستنوع إجابات الطلاب)

نشاط توضيحي

تناول مسطرة بلاستيكية من طرفيها وارفعها بحيث يراها جميع الطلاب. حاول ثني المسطرة برفق واطلب إلى الطلاب ملاحظة ما يحدث لها من انحناء بسيط، ثم اطلب إليهم تفسير ما قد حدث. حاول ثني المسطرة أكثر فأكثر حتى تنكسر، ودع الطلاب يفسرون سبب كسر المسطرة.

وضح لهم أن الكثير من صخور القشرة الأرضية، مثل المسطرة، يمكن أن تنثني أو يحدث لها طي عند تعرضها لقوى الإجهاد. لكن لدى تعرضها لدرجة عالية من الإجهاد سوف تنكسر. اشرح لهم أن الصخور الهشة تلزمها درجات قليلة من الإجهاد حتى تنكسر. وضح لهم أن هذا الكسر في الصخور يسمّى فالقاً أو صدعاً إذا رافقه تحرك أو إزاحة لطبقات الصخور على جانبيه. أما إذا لم تحدث إزاحة أو حركة لهذه الطبقات، فإن الكسر يسمّى فاصلاً.

الفواصل والفوالق (الصدوع) Joints and Faults

الدرس 2

أهداف الدرس

- ♦ يفرّق بين الفاصل والفالق.
- ♦ يحدّد أنواع الفواصل.
- ♦ يتعرّف أجزاء الفالق.
- ♦ يصنّف الفوالق ويقارن بينها.

كما ذكرنا سابقاً، تنشوه الصخور المعرضة للجهود المختلفة بعدة طرق منها الاستجابة بالتكسر في حالة الطبقات الهشة. تُسمّى الكسور والشقوق الموجودة في الصخر فواصل طالما لم يصاحب تكونها إزاحة نسبية لكل الصخور حولها، وإلا صُنّفت صدوعاً (فوالق).

Joints

1. الفواصل

هي شقوق تكوّن في الصخور دون أن يحدث أي انزلاق أو حركة على جانبي الشق نتيجة تكونها.

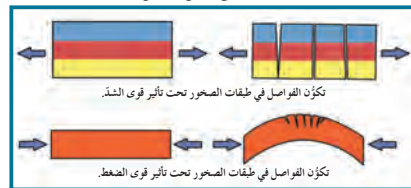
Types of Joints

1.1 أنواع الفواصل

Tectonic Joints

(أ) فواصل تكوّن

الفواصل التكوّن هي الفواصل التي نشأت من قوى الشدّ المبذولة على الصخور ذات الطبيعة التقصفية (شكل 125). وقد تكون رأسية أو مائلة وفقاً لاتّجاه التشوه السائد، بحيث يتراوح طولها بين مجهرية وعشرات الأمتار. وقد تنشأ فواصل في الصخور المرنة أيضاً. عندما تنثني الطبقات بفعل قوى الضغط، يتعرض سطح الطبقة العلوي لقوى شدّ محلية تستجيب معها الطبقات بالتفلق على شكل فواصل.



شكل 125
الفواصل التكوّن

1. علم وطبق

1.2 الفواصل

فسر للطلاب أن الفواصل هي عبارة عن كسور في الصخور النارية والرسوبية والمتحولة من دون إزاحة. وضح لهم أن المسافة بين كل فاصل وآخر تتراوح بين 2cm إلى عشرات الأمتار وذلك بحسب نوع الصخرة سماكته وطريقة استجابته للقوى المؤثرة فيه. أشر للطلاب إلى أن الفواصل التكتونية هي تشققات وتصدعات ضخمة تشوه الصخور وتتكون بفعل القوى المنبعثة من الأرض. أما الفواصل اللوحية فتتكون في الصخور على هيئة فواصل متوازية لسطح التداخل. والفواصل العمودية تتكون في الصخور النارية بفعل التقلص أو الانكماش عند تبريدها بمعدل غير متساوٍ من الداخل أو الخارج.

أخبر الطلاب أن قدماء المصريين استفادوا من الفواصل في بناء معابدهم والمسلات. ويشار إلى أن دراسة نظام الفواصل يساهم في معرفة اتجاه الضغوط التي أثرت في الصخور. اسألهم:

- ما الفرق بين الفواصل والفوالق؟ (الفواصل عبارة عن كسور تحدث على طولها حركات خفيفة أو لا تحدث حركات مطلقاً، أما الفوالق فهي عبارة عن كسور في القشرة الأرضية حدثت على طولها إزاحات كبيرة.)
- ما الخصائص التي تميز الفواصل عند تكونها عن الفوالق؟
- (الفواصل: تحدث في مجموعات وعادة ما تكون متوازية؛ الفوالق: لا تحدث في مجموعات).

- ما سبب حدوث الفواصل في الصخور النارية؟ (الفواصل العمودية المتكونة نتيجة لتبريد الصخور النارية تظهر فيها كسور انكماشية تنتج أعمدة، والفواصل المنحنية بلطف المتكونة الموازية لسطح الكتل النارية الكبيرة المكشوفة تنتج عن التمدد التدريجي الذي يحدث عندما تزيل عوامل التعرية الأثقال أو الأحمال العلوية).
- ما سبب تكون فواصل الشد؟ (تحدث نتيجة تشوه الصخر الناتج عن قوى الشد المصاحبة للحركات القشرية التي تجعل الصخر عاجزاً عن التكسر التقصفي).

- كيف تتكون الفواصل في الصخور الواقعة على محاور الطيات؟ (عندما يحدث الطي، تستطيل هذه الصخور وتنسحب لتنتج فواصل شد.)
- ما تأثير مجموعات الفواصل المتقاطعة على الصخور؟ (تسبب تكسير الصخور وتحطيمها إلى كتل عديدة منتظمة الشكل.)

2.2 الفوالق

الفالق هو انكسار في الطبقات أو الكتل الصخرية يرافقه انزلاق بعض أجزاء هذه الطبقات أو انتقال كتل صخرية محلّ كتل أخرى. فسر لهم الأجزاء التي يتألف منها الفالق.

مستوى سطح الفالق هو السطح الذي يحدث عليه الانزلاق أي المستوى الذي تتحرك على جانبيه. والجدار العلوي هو الكتلة الصخرية الكتل الصخرية المتهشمة الملاصقة للسطح العلوي للفالق على عكس الجدار السفلي وهو كتلة الصخور الملاصقة

هل تعلم؟

إن تقوس القشرة الأرضية بفعل تيارات الحمل من الطبقة العليا للوشاح ينتج عنه الحيد المحيطي. يؤدي استمرار التقوس إلى تصدع قبة الحيد بصدوع عادية سلمية مكوّناً وادي وسطي منخفض. تتسلل الماجما من الطبقة العليا للوشاح خلال الوادي المتصدع لتزيح اللوحين بعيداً عن بعضهما بعضاً. من الأمثلة النادرة، نذكر تلاقي ثلاثة حيد في منطقة واحدة تسمى التلاقي الثلاثي Triple Junction. وأشهر مثال على ذلك هو التلاقي الثلاثي عند مدخل باب المندب حيث يتلاقى حيد جنوب البحر الأحمر وامتداد حيد المحيط الهندي والحيد الذي يخترق الأرض الصومالية. أدى هذا الأخير إلى انفصال وتحديد مثلث عفار Afar Triangle الذي يتميز بنشاطه الزلزالي والناري.



115

Unloading Joints

عندما تتواجد وحدة صخرية في عمق الأرض تكون مضغوطة تحت تأثير الحمل الهائل من الصخور الواقعة فوقها ومن حولها. عندما يُزال هذا الحمل بالتعرية أو الانهيارات الأرضية، تستجيب للتصدع مكونة فواصل عمودية على اتجاه إزالة الحمل.

Columnar Joints

الفواصل العمودية هي فواصل رأسية عمودية منتظمة التوزيع تُشكّل الصخر في صورة أعمدة سداسية متوازية. تنشأ هذه الفواصل في الصخور النارية وبخاصة الصخور البازلتية، فتتكشف نتيجة التبريد (شكل 126).



شكل 126
الفواصل العمودية

Faults

يصاحب تشوهات طبقات القشرة الأرضية وصخورها بخاصة المتشوهة تشوهاً هشاً Brittle Deformation وإزاحة وتحرك كتل الصخور على جانبي الفواصل العظيمة بالنسبة لبعضها البعض. في هذه الحالة، يتحول الفاصل Joint إلى فالق (صدع) Fault. ويكون الفالق من:

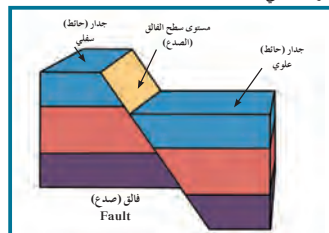
(أ) مستوى سطح الفالق Fault Plane وهو مستوى الكسر المكون لفاصل، يفصل بين كتلتين متجاورتين وتنزل على الكتل بالنسبة لبعضها البعض.

(ب) الجدار (الحائط) العلوي Hanging Wall وتمثله الكتلة الواقعة فوق مستوى سطح الفالق.

(ج) الجدار (الحائط) السفلي Foot Wall وتمثله الكتلة الواقعة تحت مستوى سطح الفالق.

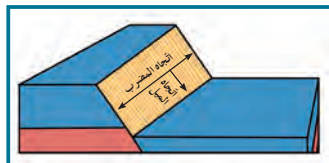
(د) رمية الفالق Fault Throw وهو مقدار الإزاحة الرأسية التي تقطعها الطبقة نتيجة التقلص.

(هـ) الزحف الجانبي Heave وهو مقدار الإزاحة الأفقية في وضع الطبقات. (و) ميل الصدع Fault Dip وهو مقدار الزاوية التي يصنعها سطح الفالق مع المستوى الأفقي.



شكل 127
أجزاء الفالق (الصدع)

يشبه مستوى سطح الفالق أي مستوى مائل، فله زاوية واتجاه ميل Angle and Direction of Dip واتجاه مضرب (الاتجاه الأفقي على السطح المائل للفالق) Strike Direction (شكل 128).



شكل 128
اتجاه الميل ومضرب مستوى الفالق.

Classification of Fault

1.2 تصنيف الفوالق

(أ) الفالق العادي

يكون الجدار (الحائط) العلوي في هذا النوع من الفوالق في وضع منخفض بالنسبة إلى الحائط السفلي بدون وجود حركة أفقية على مستوى سطح الصدع. تنشأ هذه الفوالق في المناطق المعرضة لقوى الشد مثل الحيد في منتصف المحيط أو في الأرض الواقعة فوق الاختراقات النارية الجوفية الكبرى مثل الباثوليث. تسبب الفوالق العادية عادةً اتساع رقعة الأرض الموجودة فيها (شكل 129).

116

للسطح السفلي للفاالق. أما رمية الفالق فهي الإزاحة الرأسية لأي طبقة مكسورة على جانبي الفالق. والزحف الجانبي هو اتجاه أي خط أفقي على مستوى الفالق. أسأل الطلاب:

♦ ما النوعان الرئيسيان للصدوع؟ (الفوالق العادية والفوالق المعكوسة)

♦ ما الفرق الأساسي بين الفالق العادي والفاالق المعكوس؟ (في

الصدع العادي يتحرك الحائط المعلق إلى الأسفل بالنسبة إلى الحائط

السفلي؛ في الفالق المعكوس يتحرك الحائط المعلق إلى الأعلى بالنسبة إلى الحائط السفلي).

♦ ما الذي تسببه حركة الحائط المعلق في الفوالق العادية؟ (يحدث

اتساع للفاالق العادي نتيجة استطالة القشرة الأرضية أو امتدادها).

♦ كيف توفر الفوالق العادية طريقة لتحديد القوى المؤثرة داخل

الأرض؟ (تدل الفوالق العادية على وجود قوى شد تسحب أجزاء من

القشرة الأرضية بعيداً بعضها عن بعض، وهذا الشد يتم إما بواسطة الرفع

الذي يسبب تمدد الأسطح وتكسرها أو بواسطة القوى المتعاكسة).

♦ ما وجه الشبه والاختلاف بين الفوالق المعكوسة وفوالق الدسر؟

(في كليهما يتحرك الحائط المعلق إلى الأعلى بالنسبة إلى الحائط

الأساسي؛ الفوالق المعكوسة لها ميل أكبر من 45° ، أما فوالق الدسر

فلها ميل أقل من 45°).

♦ ما الفرق بين الفوالق العادية والفوالق المعكوسة والدسر؟ (تحدث

الفوالق العادية في البيئات المتعرضة للشد، أما الفوالق المعكوسة والدسر

فنتنتجان عن إجهادات تضاغية قوية حيث تتحرك وحدات القشرة

الأرضية تجاه بعضها البعض، مع إزاحة الحائط المعلق إلى الأعلى بالنسبة

إلى الحائط الأساسي، وهذا عكس ما يحدث في الفوالق العادية).

فوالق الانزلاق الاتجاهي

♦ ما المقصود بفوالق الانزلاق الاتجاهي؟ (الفوالق التي تكون فيها

الإزاحة السائدة أفقية وموازية لاتجاه سطح الفالق أو مضربه).

♦ لماذا تمكن رؤية فوالق الانزلاق المضربي على مسافات كبيرة؟

(بسبب كبر حجمها وطبيعتها الخطية المستقيمة).

توظيف الأشكال

دع الطلاب يفحصون الأشكال التوضيحية لأنواع الفوالق المختلفة

في الشكلين (130) و (131)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

♦ ما نوع الحركة التي يسببها إجهاد التضاغ على طول الفالق؟

وما نوع الفالق الناتج عن ذلك؟ (يسبب إجهاد التضاغ تحرك

الحائط المعلق إلى الأعلى بالنسبة إلى الحائط الأساسي؛ فالق معكوس)

♦ بأي طريقة يتحرك الحائط المعلق إذا كان الإجهاد في الصخور

ناتج عن الشد؟ وما نوع الفالق الناتج؟ (إلى الأسفل بالنسبة إلى

الحائط الأساسي؛ فالق عادي)

♦ ما نوع الفالق الذي تكون فيه حركة الصخور أفقية وموازية

لمستوى الفالق؟ (فالق الانزلاق الاتجاهي)

Reverse Fault

(ب) الفالق المعكوس

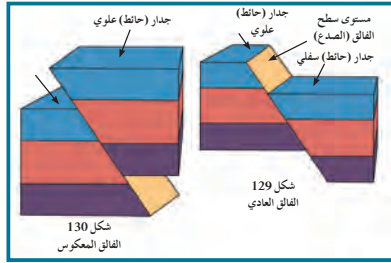
يكون الجدار (الحائط) العلوي في الفالق المعكوس في وضع مرتفع بالنسبة إلى الحائط السفلي. تنشأ هذه الفوالق في المناطق المعرضة لقوى الضغط Compression مثل مناطق الحواف التصادمية للصفائح الأرضية. تسبب الفوالق المعكوسة عادةً تقليص رقعة الأرض الموجودة فيها نظراً لتراكب الكتل المتصدعة فوق بعضها البعض ما يسبب أيضاً تكرار الطليقات رأسياً (شكل 130).



شكل 131
فالق عادي



شكل 132
فالق معكوس



شكل 129
الفاالق العادي



شكل 130
الفاالق المعكوس

Strike-Slip Faults

(ج) فوالق الانزلاق الاتجاهي

هي الفوالق التي تتحرك فيها الكتل أفقياً على مستوى الفالق بدون حركة رأسية، أي أن رمية هذه الفوالق تساوي صفراً. وتصنف بحسب الكتلة المتحركة نحو المشاهد إلى أيمن جانبي Right Lateral Strike-Slip Fault وأيسر جانبي Left Lateral Strike-Slip Fault.



شكل 133
شكل تخطيطي يوضح صدوع فوالق الانزلاق.

♦ في أي هذه الأنواع من الفوالق يحدث قصر وزيادة سمك

مواد القشرة الأرضية؟ ولماذا؟ (الفاالق المعكوس وفالق الدسر؛

لأنهما ناجمان عن إجهادات التضاغ التي تسبب تحرك الحائط المعلق

إلى أعلى بالنسبة إلى الحائط الأساسي).

♦ ما نوع الفوالق التي تتكون فيها الخنادق؟ وكيف تتكون

الخنادق؟ (الفوالق العادية؛ تتكون الخنادق نتيجة سقوط كتلة صخرية

طويلة ضيقة بين صدعين عاديين).

تكامل العلوم

الجيولوجيا والعلوم الفيزيائية: دع الطلاب يستخدمون كتب العلوم

الفيزيائية لإيجاد أمثلة عن الآلات البسيطة الأخرى التي تغير اتجاه

القوة. دع الطلاب يقارنون طريقة عمل كل آلة بحركة القشرة

الأرضية على طول الفالق.

التفكير الناقد

التوقع: اطلب إلى الطلاب توقع أنواع التشكيلات الأرضية التي

ستتكون خلال ملايين السنين في جزء من القشرة الأرضية نتيجة

حركة الألواح. (ينتج التضاغ فوالق معكوسة، وطيات محدبة، وطيات

مقعرة. مع مرور الزمن، سوف يكون الطي والتصدع جبلاً، وهضاباً،

وودياناً).

2.2 جَمَعَات الفوالق Fault Associations

قد يتواجد الفالقان أو أكثر في منطقة واحدة بحيث تشترك الكتلة الواحدة بين فالقين ما يُنتج أنماطاً تركيبية مميزة نذكر منها، البارز والأخدود والصدوع السلمية كذلك الموضحة في الشكل (134).

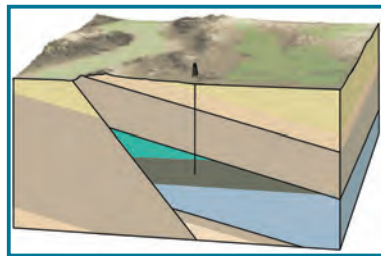


شكل 134 البارز والأخدود والصدوع السلمية مع شرح طريقة تكوّنهما

3. الأهمية الاقتصادية للفواصل والفوالق

Economic Importance of Joints and Faults

1. تكون الفوالق مصائد نفطية عندما تقابل الطبقات المسامية، التي تحتوي على النفط، طبقة غير منفذة (شكل 135).



شكل 135 مصيدة نفطية صدعية

الجيولوجيا والدراسات الاجتماعية: دع كل طالب يرسم مقطعاً يوضح فالقاً في أحد أنفاق التنجيم في أحد المناجم. دعهم يوضحون كيف يتعلق الحائظ المعلق فوق رأس عمال المناجم في النفق، وكيف يقع الحائظ الأساسي تحت أقدامهم. أخبر الطلاب أن عمال المناجم هم الذي أطلقوا اسمي الحائظ المعلق والحائظ الأساسي على كل جانب من جوانب الفالق.

نشاط توضيحي

أخبر الطلاب أن صدع سان أندرياس له أهمية خاصة لأن التشوهات التي ينتجها في معالم السطح واضحة جداً للعيان. حفّز الطلاب للبحث في الكتب والمجلات الجيولوجية المتخصصة عن صور فوتوغرافية لمثل تلك التشوهات، واطلب إليهم إعداد مجموعة من الصور الفوتوغرافية لباقي المجموعات من زملائهم في الفصل. وجه الطلاب إلى تحديد موقع الفالق في الصور ودعهم يرسمون أسهماً عليه لتوضيح الاتجاهات التي تتحرك فيها الصخور على جانبي الفالق.

تنمية مهارة

التصنيف: اعرض على الطلاب مجموعة من الصور الفوتوغرافية التي توضح أنواعاً مختلفة من الفوالق، ووضح في كل منها اتجاه حركة الحائظ المعلق بالنسبة إلى الحائظ الأساسي. اطلب إليهم تصنيف الفوالق إلى أنواعها المختلفة.

3.2 الأهمية الاقتصادية للفواصل والفوالق

أشّر للطلاب إلى أنّه تكمن أهمية الفواصل في تسهيل عملية فصل الخامات في المناجم لأنّها تساعد رجال المحاجر في قطع الصخور. أضف إلى ذلك أنّها تعمل على جمع الرواسب المعدنية في خلال فتحاتها التي تساعد على تغلغل الماء المحمّل بالرواسب المعدنية أو سديانه.

أمّا الفوالق فتساهم في ترسّب معادن مثل الكالسييت لصعود مياه معدنية في الشقوق وفيها أيضاً خامات معدنية ذات قيمة اقتصادية مثل المنجنيز والنحاس والقصدير.

المقارنة والمباينة: دع الطلاب يقومون بإعداد جدول للمقارنة والمباينة بين الفواصل والفوالق لإظهار أوجه التشابه والاختلاف بينهما .
(التشابه: هي كسور في التراكيب الصخرية في القشرة الأرضية ؛ الاختلاف: قد تحدث حركات ضئيلة أو لا تحدث إطلاقاً على طول الفواصل بعكس الفوالق ، بالإضافة إلى أن الفواصل تتكوّن في مجموعات تكون متوازية .)

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب تفحص الشكل (126) ، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ♦ ما نوع الفواصل الموضحة في الشكل؟ وما التراكيب الناتجة منها؟ (فواصل عمودية ، أعمدة مستطيلة)
- ♦ كيف تكوّنت هذه الفواصل؟ (تكوّن نتيجة تبريد الصخور النارية حيث ظهرت فيها كسور انكماشية .)
- ♦ ما الخصائص المميزة الموجودة في الفواصل في هذا الشكل؟ (متكوّنة في مجموعات ومتوازية)

توسع

تكوّن أنظمة الفواصل عندما تتقاطع مجموعتان أو ثلاث من الفواصل . هذه النماذج من الفواصل لها أهمية كبيرة ، إذ أنها تساعد في عمليات التحجير ، كما أنها تكوّن نوعاً من المسامية في الصخور ذات الطبيعة غير المنفذة . وهي أيضاً تسرّع عمليات التجوية والتحات لأنها تجعل الصخور أكثر عرضة لتأثير الأمطار والصقيع والمياه الجارية .

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

دع الطلاب يراجعون ما قدموه من رسومات ونماذج أثناء دراستهم لهذا الدرس . دعهم يضيفون إلى رسوماتهم ونماذجهم بيانات عن أنواع قوى الإجهاد وما ينتج عنها من تحركات .

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2

1. راجع الشكل (128) في كتاب الطالب ص 116 .
2. راجع كتاب الطالب ص 114 .
3. وضع الحائط العلوي بالنسبة إلى السفلي .
4. تشوهات القشرة الأرضية الهشة Brittle deformation تؤدي إلى ظهور فواصل أو فوالق . الفواصل هي شقوق تكونت في الأرض نتيجة تعرض طبقات الصخور إلى قوى الشد أو إلى قوى الانضغاط من دون حدوث أي انزلاق أو حركة على جانبي الشق نتيجة تكونها . في المقابل، الفوالق هي إزاحة وتحرك كتل الصخور على جانبي الفواصل بالنسبة لبعضها البعض .

2. تكوّن خزانات صخرية للمياه الأرضية (شكل 136) .



شكل 136
مصبدة خزان مائي صناعي

3. تمتلئ الفواصل برواسب معدنية ذات قيمة اقتصادية كبيرة كالححاس والنيكل والقصدير .
4. تساعد الفواصل الصخور لأنها تمتلئ مستويات ضعف . علّل خطورة العمل في المناجم كثيرة الفواصل .

مراجعة الدرس 2

1. ارسم رسماً تخطيطياً يوضح أجزاء الفالق (الصدع) .
2. اشرح بإيجاز أنواع الفواصل .
3. ما هي الأسس التي بُني عليها تصنيف الفوالق؟
4. ما وجه الشبه ووجه الاختلاف بين الفاصل والفالق؟
5. قارن بين:
 - (أ) الفالق العادي والمعكوس .
 - (ب) أنواع الإزاحة على سطح الفالق .
 - (ج) البارز والأخدود Horst & Graben

1. (أ) في الفالق العادي يتحرك الحائط العلوي إلى أسفل بالنسبة إلى الحائط السفلي ، أما في الفالق المعكوس فيتحرك الحائط العلوي إلى أعلى بالنسبة إلى الحائط السفلي .
- (ب) فوالق لا تتحرك فيها الكتل أفقياً بل رأسياً نتيجة الشد أو الانضغاط .
- فوالق تتحرك فيها الكتل أفقياً على مستوى الفالق نتيجة قوى متوازية بدون حركة رأسية .
- (ج) البارز تحرك كتلة بين صدين أو فالقين إلى أعلى ، أما في الأخدود تحرك الكتلة بين فالقين إلى أسفل .

1. جـ (المعكوس)
2. جـ (طية تتعمق فيها الطبقات نحو المحور)

ثانياً: تحقق من فهمك

1. دفعت الكتلة الهائلة للمثالج إلى الأسفل على القشرة الواقعة تحتها، جاعلة إياها تغوص في الوشاح؛ وعندما انصهرت المثالج، فإن الكتلة المضافة قد زالت، سامحة لليابسة بالارتداد ثانية إلى ارتفاعها السابق نتيجة قوى الارتداد.

2. عند تعرض الطبقات الصخرية عند أماكن متباعدة إلى قوى الشد يؤدي هذا إلى طي الطبقات الصخرية إلى الأعلى وتقوسها مؤدية إلى تقارب جناحي الطية إلى الأعلى بعيداً عن المركز مشكلة طيات محدبة. يشكل هذا تعرض الطبقات الصخرية الموجودة بين الطيات المحدبة إلى قوى انضغاط تؤدي إلى تقارب جناحي الطية إلى الأسفل قريباً باتجاه المركز مشكلة طية مقعرة، والعكس صحيح.

3. لأن كليهما معالم تضاغطية. الطيتان المقعرتان المتجاورتان تحصران بينهما طية محدبة، أو الطيتان المحدبتان المتجاورتان تحصران بينهما طية مقعرة. 4. سوف تظهر طيات كتشكيل أرضي، أو طبقات مائلة إلى الأعلى من الصخور التي تكونت من الطية المحدبة المتآكلة. سيكون في الفالق دليل إزاحة المعالم السطحية من جانب إلى آخر أو إلى الأعلى والأسفل.

ثالثاً: نم مهاراتك

(أ) عادي؛ معكوس؛ نفس نوع الصدع (أ)
(ب) لأن الكتلة 2 تقع في نطاق من الشد، فإنها إما أن ترتفع أو تنخفض بالنسبة إلى الكتلتين 1 و 3؛ تقبل أي إجابة.

(ج) ستتوحد الأشكال التخطيطية للطلاب بحسب كيف يرون اتجاه الميل في مستويات الفالق. للفوالق (أ)، (ب)، (ج) راجع الأشكال التخطيطية للمطابقة المنطقية بين ميل مستوى الفالق، نوع الإجهاد والحركة الرأسية للكتل القشرية.

سؤال إثرائي

يتم قياس ميل الفالق إذا كان حوالي 60° ، يكون فالقاً عادياً وفيه يكون الحائط المعلق قد تحرك لأسفل بالنسبة إلى الحائط الأساسي، وإذا كان الميل حوالي 45° ، يكون الفالق فالقاً معكوساً أو دسراً وفيهما يكون الحائط المعلق قد تحرك لأعلى بالنسبة إلى الحائط الأساسي.

أسئلة مراجعة الفصل الثاني

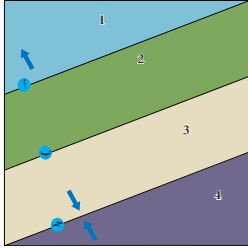
أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارة التالية:

1. في الصدع (الفالق).....، يتحرك الجدار المعلق إلى الأعلى بالنسبة إلى الجدار السفلي.
(أ) العادي
(ب) الاتجاهي
(ج) المعكوس
(د) الأفقي
2. الطية المقعرة عبارة عن.....
(أ) طية تتعمق فيها الطبقات بعيداً عن المحور
(ب) طية ذات جانب واحد
(ج) طية تتعمق فيها الطبقات نحو المحور
(د) طية تتميز بجانبين مضطبعين (ثامنين)

ثانياً: تحقق من فهمك

1. بعض مناطق اليابسة تزداد في الارتفاع ببطء حالياً. فسر لماذا يحدث ذلك.
2. لماذا تترافق الطيات المحدبة والطيات المقعرة؟
3. ما نوع الدليل الذي ستبحث عنه لتحديد ما إذا كانت القشرة الأرضية في المكان الذي تعيش فيه قد تعرضت للطي في الماضي؟ ما الدليل الذي ستستند إليه لاكتشاف فالق (أو صدع)؟

ثالثاً: نم مهاراتك



في الرسم التخطيطي منظر علوي لثلاثة صدوع تفصل ما بين أربع كتل من القشرة الأرضية. اتجاه الضغط (الإجهاد) على كل كتلة مبين عبر السهام.
(أ) ما نوع الصدع (أ)؟ ما نوع الصدع (ج)؟ هل ان الصدع (ب) من نوع الصدع (أ) أم (ج)؟
(ب) كيف يضاف ارتفاع الكتلة (2) بارتفاع الكتلة (3)؟ فسر إجابتك.
(ج) كيف ستظهر هذه الصدوع، في المقطع العرضي الجانبي؟ أرسم شكلاً تخطيطياً يوضح المعلومات على الخريطة.

سؤال إثرائي

اكتشف صدع (فالق) في جوانب الطريق المشقوق في الصخور، مع عدم وجود وحدات صخرية عند كل جانب من الصدع لتحديد الحركة النسبية. كيف يمكنك أن تحدد أو حتى تستنتج ما إذا كان الجدار المعلق قد تحرك إلى الأعلى أو إلى الأسفل بالنسبة إلى الجدار السفلي؟

خطوات العمل

أولاً: الصفات الفيزيائية

4.

المعدن	أداة الحكّ	ظفر الإصبع	عملة نحاسية	قطعة زجاج	مسمار	بحسب مقياس موهس
تلك		X				1
أرثوكليز					X	6
كالسيت			X			3
كوارتز		لا ينخدش	بأيّ من	الأدوات		7

المعدن	الصلادة بحسب مقياس موهس
ماجنيتيت	أقلّ من خمسة ونصف
ميكا	أقلّ من اثنين ونصف
جالينا	أقلّ من اثنين ونصف

حلل واستنتج

1. تلك ، ميكا ، جالينا ، كالسيت ، ماجنيتيت ، أرثوكليز ، كوارتز

ثانياً: الخواصّ الفيزيائية والبصرية للمعدن

1. الجالينا فلزّي بينما الكوارتز لافلزّي زجاجي .

2. لون مخدش الجبس أبيض ، ولون مخدش البيريت والجالينا أسود .

3. يختلف لون مخدش البيريت عن لونه الكلّي ، فلونه ذهبي ولكن لون مخدشه أسود .

4.

المعدن	اللون	البريق	المخدش
الجبس	أبيض	زجاجي إلى حريري في بعض العينات الليفية	أبيض
البيريت	أصفر نحاسي	فلزّي	أسود مائل إلى أخضر
الكالسيت	أبيض	لافلزّي زجاجي	أبيض
الكبريت	أصفر	راتنجي (صمغي)	أصفر فاتح
الجالينا	أسود فضّي لامع	فلزّي	أسود

حلل واستنتج

1. يمكن استخدام حاسة التذوق، فالهاليت مالح الطعم. ويمكن أيضاً مقارنة الانفصام، فالكالسييت متين الانفصام أما الهاليت مكعب.
- 2.

المعدن	الجالينا	الماجنييت	الجرافيت
الميزة			
الملمس	X	X	خشن ويترك أثراً أسود على الورقة
المغناطيسية	X	يجذب برادة الحديد	X
الوزن النوعي	ثقل	متوسط	خفيف

نشاط 2 التماثل البلوري

خطوات العمل

7.

النظام البلوري	عدد تكرار الأوجه حول الخط (1)
مكعب	4
رباعي	4
معيني قائم	2
سداسي	6

حلل واستنتج

التماثل المائل	التماثل الأفقي	التماثل الرأسى	
4	1	4	المكعب
لا يوجد	1	4	الرباعي
لا يوجد	1	2	المعيني القائم
لا يوجد	1	6	السداسي

النماذج	محور التماثل الدوراني الرأسي	مستوى التماثل
مكعب خشبي	رباعي	4 رأسي، 4 مائل، 1 أفقي
مكعبات متلاصقان بشكل رأسي	رباعي	4 رأسي، 1 أفقي
علبة أعواد الثقاب	ثنائي	2 رأسي، 1 أفقي

حساب قيمة الميل واتجاهه

نشاط 3

خطوات العمل

اللون	النسيج					الصخر
	فقاعي / إسفنجي	زجاجي	بورفيري	ناعم	خشن	
فاتح					X	جرانيت
داكن				X		بازلت
داكن		X				أوبسديان
فاتح	X					بيومس

حلل واستنتج

1. هما لا يحتويان على بلّورات.
2. تبريد الصهارة السريع لم يعطِ البلّورات الفرصة للتكوّن.
3. الجرانيت
4. البازلت والأوبسديان والبيومس
5. الجرانيت لأنّه فاتح اللون.

خطوات العمل

1.

الصخر	الحبيبات	البُورَات	بقايا حفريّة
حجر رملي	X		
ملح صخري		X	
حجر جيرى عضوي			X
الكونجلوميرات	X		

حلل واستنتج

1. الكونجلوميرات فتاتي تكوّن في بيئة قارية.

الملح الصخري كيميائي تكوّن في بيئة مغلقة كالبحيرات الشاطئية وهو من المتبخرات .
الحجر الجيري العضوي تكوّن نتيجة تراكم أصداف وعظام الأحياء البحرية ملحومة بمادّة كربونات الكالسيوم المتبلورة من ماء البحر .

2. تتكوّن الصخور الفتاتية بفعل التعرية والترسيب الميكانيكي . أمّا الصخور غير الفتاتية ، فتتكوّن بفعل الترسيب الكيميائي والتراكم العضوي لهياكل الكائنات الحية في قاع البحر .

3.

الصخر	الحجر الرملي	الكونجلوميرات	البريشيا	حجر جيرى
أولوية التكوين	3	2	1	4
بيئة التكوين	قارّية أو انتقالية	قارّية	قارّية	بحرية

التطبيق

الحجر	حجر جيرى	حجر جيرى بطروخي	حجر جيرى طباشيري	كوكينا	ترافرتين	حجر جيرى عضوي
صفة مميزة	مكوّن من كربونات الكالسيوم البيضاء دقيقة التبلور	حبيبات كروية متماسكة كبيض السمك	ناصع البياض قليل الصلادة خفيف الوزن	غني جداً بكسرات الأصداف المتماسكة بمادّة لاحمة	متبلور وعالي المسامية	يحتوي بقايا عظام وقواقع

نشاط 5 الصخور المتحوّلة

خطوات العمل

- صفائح الترتير مرتّبة عشوائيًا.
- صفائح الترتير مرتّبة من حيث محاورها الطويلة في وضع أفقي وأصبح جميعها متوازٍ.

حلل واستنتج

- يمثل الترتير في الصلصال معدن الميكا في صخور الشيست.
- ضغط موجّه
- ترتّب صفائح الترتير أفقيًا بسبب الضغط الذي يتعرّض له الصلصال.

نوع التحول	نوع التورّق (إن وُجد)	النسيج (متورّق ، غير متورّق)	ضع علامة X أمام الصفة المناسبة لكلّ صخر			الصخر
			بلّورات مصطّفة على هيئة أحزمة	بلّورات صفائحية مصطّفة باتجاه واحد ومتقاربة	بلّورات متساوية الحجم ومتراصة	
حراري / تلامسي	لا يوجد	غير متورّق			X	الرخام
إقليمي	شيستوزي	متورّق		X		الميكاشيست
حراري / تلامسي	لا يوجد	غير متورّق			X	الكوارتزيت
إقليمي شديد	نيسوزي	متورّق	X			النيس
إقليمي	شيستوزي	متورّق				الشيست
إقليمي ضعيف	أردوازي	متورّق				الأردواز

نشاط 6 تحديد اتّجاه المضرب وحساب زاوية الميل

حلل واستنتج

- ستتّوع الإجابات بحسب سماكة الكتاب الذي يتركز على السطح المائل.
- ستتّوع الإجابات.
- كلاهما يقاس بالزاوية المحصورة بين السطح المائل والسطح الأفقي. إذا كان السطح المائل سطح الأرض يُسمّى انحدارًا، أمّا إذا كان طبقة فيُسمّى ميلًا.
- تحرك كتلي، اختلاف في نوع الطيّة بين متماثل وغير متماثل

تطرح سلسلة العلوم مضموناً تربوياً متنوعاً يتناسب مع جميع مستويات التعلُّم لدى الطَّالِب. يوفر كتاب العلوم الكثير من فرص التعليم والتعلُّم العلمي والتجارب المعملية والأنشطة التي تعزز محتوى الكتاب. يتضمن هذا الكتاب أيضاً نماذج الاختبارات لتقييم استيعاب الطَّالِب والتأكد من تحقيقهم للأهداف واعدادهم للاختبارات الدولية.

تتكوّن السلسلة من:

- كتاب الطالب
- كتاب المعلم
- كراسة التطبيقات
- كراسة التطبيقات مع الإجابات

الصف الحادي عشر 11

كتاب المعلم

الجزء الأول



علم الأرض
(الجيولوجيا)