



وزارة التربية

11

علم الأرض (الجيولوجيا)

الصف الحادي عشر

الجزء الأول

كتاب المعلم

المرحلة الثانوية

الطبعة الثانية

أودع في مكتبة الوزارة تحت رقم (٤٦) بتاريخ ٢١/٤/٢٠١٥ م
شركة مطابع الرسالة - الكويت

علم الأرض (الجيولوجيا)



وزارة التربية

11

الصف 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 الثانية

هـ 1446
م 2024 - 2025

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب العلوم للصف الحادي عشر علمي

أ. عائدة عبدالله شريف العوضي

أ. دلال محمد عبد العالي الرشيدى

أ. نادية حبيب رمضان

أ. هبة إسماعيل محمد الفودري

أ. ابراهيم عبد النبي المحمد 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

الطبعة الثانية 2016/2015 م

2025 / 2024 م



خليفة دولة الكويت
أبو عبد الله محمد الجابر الصباح
أمير دولة الكويت

H.H. Sheikh Meshal Al-Ahmed Al-Jaber Al-Sabah Amir
Of The State Of Kuwait



سَمُو الشَّيْخِ صَبَّاحٍ خَالِدٍ الْحَمْدِ الصَّبَّاحِ
وَلِيِّ عَهْدِ دَوْلَةِ الْكُوَيْتِ

**H.H. Sheikh Sabah Khaled Al-Hamad Al-Sabah
Crown Prince Of The State Of Kuwait**

مقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين، محمد بن عبدالله وصحبه أجمعين.

عندما شرعت وزارة التربية في عملية تطوير المناهج، استندت في ذلك إلى جملة من الأسس والمرتكزات العلمية والفنية والمهنية، حيث راعت متطلبات الدولة وارتباط ذلك بسوق العمل، وحاجات المتعلمين والتطور المعرفي والعلمي، بالإضافة إلى جملة من التحديات التي تمثلت بالتحدي القيمي والاجتماعي والاقتصادي والتكنولوجي وغيرها. وإن كنا ندرك أن هذه الجوانب لها صلة وثيقة بالنظام التعليمي بشكل عام وليس المناهج بشكل خاص.

وما يجب التأكيد عليه، أن المنهج عبارة عن كم الخبرات التربوية والتعليمية التي تُقدم للمتعلم، وهذا يرتبط أيضًا بعمليات التخطيط والتنفيذ، والتي في محصلتها النهائية تأتي لتحقيق الأهداف التربوية، وعليه أصبحت عملية بناء المناهج الدراسية من أهم مكونات النظام التعليمي، لأنها تأتي في جانبين مهمين لقياس كفاءة النظام التعليمي، فهي من جهة تمثل أحد المدخلات الأساسية ومقياسًا أو معيارًا من معايير كفاءته من جهة أخرى، عدا أن المناهج تدخل في عملية إنماء شخصية المتعلم في جميع جوانبها الجسمية والعقلية والوجدانية والروحية والاجتماعية.

من جانب آخر، فنحن في قطاع البحوث التربوية والمناهج، عندما نبدأ في عملية تطوير المناهج الدراسية، ننطلق من كل الأسس والمرتكزات التي سبق ذكرها، بل إننا نراها محفزات واقعية تدفعنا لبذل قصارى جهدنا والمضي قدمًا في البحث في المستجدات التربوية سواء في شكل المناهج أم في مضامينها، وهذا ما قام به القطاع خلال السنوات الماضية، حيث البحث عن أفضل ما توصلت إليه عملية صناعة المناهج الدراسية، ومن ثم إعدادها وتأليفها وفق معايير عالمية استعدادًا لتطبيقها في البيئة التعليمية.

ولقد كانت مناهج العلوم والرياضيات من أول المناهج التي بدأنا بها عملية التطوير، إيماناً بأهميتها وانطلاقاً من أنها ذات صفة عالمية، مع الأخذ بالحسبان خصوصية المجتمع الكويتي وبيئته المحلية، وعندما أدركنا أنها تتضمن جوانب عملية التعلم ونعني بذلك المعرفة والقيم والمهارات، قمنا بدراساتها وجعلها تتوافق مع نظام التعليم في دولة الكويت، مركزين ليس فقط على الكتاب المقرر ولكن شمل ذلك طرائق وأساليب التدريس والبيئة التعليمية ودور المتعلم، مؤكدين على أهمية التكامل بين الجوانب العلمية والتطبيقية حتى تكون ذات طبيعة وظيفية مرتبطة بحياة المتعلم.

وفي ضوء ما سبق من معطيات وغيرها من الجوانب ذات الصلة التعليمية والتربوية تم اختيار سلسلة مناهج العلوم والرياضيات التي أكملناها بشكل ووقت مناسبين، ولنحقق نقلة نوعية في مناهج تلك المواد، وهذا كله تزامن مع عملية التقويم والقياس للأثر الذي تركته تلك المناهج، ومن ثم عمليات التعديل التي طرأت أثناء وبعد تنفيذها، مع التأكيد على الاستمرار في القياس المستمر والمتابعة الدائمة حتى تكون مناهجنا أكثر تفاعلية.

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأول

الوحدة الأولى: الكون والأرض

الوحدة الثانية: مواد الأرض (I)

الوحدة الثالثة: مواد الأرض (II)

الوحدة الرابعة: العمليات التي تغيّر تضاريس الأرض

الجزء الثاني

الوحدة الخامسة: تطوّر الأرض عبر الأزمنة

الوحدة السادسة: الخرائط الجيولوجية

الوحدة السابعة: الجيولوجيا الاقتصادية في الكويت

محتويات الجزء الأول

16	الوحدة الأولى: الكون والأرض
17	الفصل الأول: مقدّمة في علم الأرض (الجيولوجيا)
18	الدرس 1: علم الأرض (الجيولوجيا)
23	مراجعة الفصل الأول
24	الفصل الثاني: نشأة الكون
25	الدرس 1: نشأة الكون
29	الدرس 2: المجرّات ودورة حياة النجم
33	الدرس 3: نشأة المجموعة الشمسية
36	مراجعة الفصل الثاني
39	الوحدة الثانية: موادّ الأرض (I)
40	الفصل الأوّل: المعادن
41	الدرس 1: المعادن
44	الدرس 2: الخواصّ الفيزيائية للمعادن
50	الدرس 3: الخواصّ الكيميائية للمعادن
53	الدرس 4: الشكل البلّوري للمعادن
57	الدرس 5: الأحجار الكريمة
60	مراجعة الفصل الأوّل

63	الوحدة الثالثة: مواد الأرض (II)
64	الفصل الأول: الصخور النارية
65	الدرس 1: تكوّن الصخور النارية
68	الدرس 2: تركيب الصخور النارية
78	مراجعة الفصل الأول
80	الفصل الثاني: الصخور الرسوبية
81	الدرس 1: منشأ الصخور الرسوبية
87	الدرس 2: التراكيب الأولية للصخور الرسوبية
91	الدرس 3: بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها
93	مراجعة الفصل الثاني
94	الفصل الثالث: الصخور المتحوّلة
95	الدرس 1: التحوّل
99	الدرس 2: أنسجة الصخور المتحوّلة
106	مراجعة الفصل الثالث
108	الوحدة الرابعة: العمليات التي تغيّر تضاريس الأرض
109	الفصل الأول: التحرك الكتلي
110	الدرس 1: دور التحرك الكتلي
113	الدرس 2: العوامل والمحفّزات المتحكّمة بالتحرك الكتلي
116	الدرس 3: تصنيف عمليات التحرك الكتلي
122	مراجعة الفصل الأول

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، توضّح مدى التأثير على البيئة المحلية التي يعيش فيها الطالب.
11. إمداد الطالب بالمواقف المناسبة للمقارنة بين تأثير كلّ 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 تدريبه 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 للتوظيف 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: الكون والأرض

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص
1 . مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)	1 . علم الأرض (الجيولوجيا)	♦ 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
	حلّ أسئلة مراجعة الفصل		
	1 . نشأة الكون	♦ شرح نظرية الانفجار العظيم . ♦ تعريف السدم وأنواعها .	1
	2 . المجرات ودورة حياة النجم	♦ المقارنة بين المجرة والنجم . ♦ تصنيف المجرات تبعاً لشكلها . ♦ شرح دورة حياة النجم .	1
2 . نشأة الكون	3 . نشأة المجموعة الشمسية	♦ شرح كيف تكونت المجموعة الشمسية . ♦ شرح تطور الأرض . ♦ توضيح تمايز مكّونات الأرض .	1
	حلّ أسئلة مراجعة الفصل		
	إجمالي عدد الحصص		
			5

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

الفصل الثاني: نشأة الكون
♦ الدرس الأول: نشأة الكون
♦ الدرس الثاني: المجرات ودورة حياة النجم
♦ الدرس الثالث: نشأة المجموعة الشمسية



اكتشف بنفسك

كيف يبدو شكل الأرض حول مدرستك؟

Like Around Your School?

الأدوات المطلوبة:

- ورقة، بوصلة
- أرسم مريخاً على ورقة لتمثل مدرستك.
- اختر كلمة تصف نوع الأرض قرب مدرستك، مثل "أرض مستوية" أو "أرض ذو مرتفعات" أو "أرض متموجة"، واكتبها إلى جانب المربع.
- استخدم بوصلة لتحديد جهة الشمال، واعتمد نقطة الشمال على أن تكون أعلى ورقتك.
- إذا اتجهت 1km شمالاً بعيداً عن مدرستك، ما هو نوع الأرض الذي تجده؟ اختر كلمة تصف هذه الأرض في تلك المنطقة، واكتب هذه الكلمة شمال مربعك.
- كتر الخطوة 4 لمناطق تبعد 1km شرق مدرستك وجنوبها وغربها.

فكر ملياً

- إنشاء تعريفات عملية
- كيف تصف الأرض في منطقتك بجملته واحدة؟

الوحدة الأولى

الكون والأرض

The Earth and Universe

مكونات الوحدة

الفصل الأول: مقدمة في علم الأرض (الجيولوجيا)

الدرس 1: علم الأرض (الجيولوجيا)

الفصل الثاني: نشأة الكون

الدرس 1: نشأة الكون

الدرس 2: المجرات ودورة حياة النجم

الدرس 3: نشأة المجموعة الشمسية

اكتشف بنفسك

مدة النشاط: 10 دقائق

ملاحظة: إن لم تكن البوصلة متوفرة في المدرسة، يمكنك توجيه الطلاب إلى اتجاه الشمال. أرشدتهم إلى مكان محلي يعرفونه لكي يدرکوا بُعد مسافة 1km.

النتيجة المتوقعة: بعد اختيار الطلاب الكلمات والعبارات المناسبة لتحديد المناطق المحلية، يكونوا قد رسموا خريطة بسيطة لطوبوغرافية الأرض في تلك المنطقة.

فكر ملياً: ستختلف الإجابات، لكن يجب أن يطور الطلاب بعض التعميمات حول طوبوغرافية الأرض في تلك المنطقة مستندين إلى نوع الأرض والمنحدرات وغيرها.

معالم الوحدة

استعرض مع الطلاب مكونات الوحدة. ناقش معهم مدى ارتباط المحتوى العلمي للوحدة بالحياة بخاصة في ما يتعلق بتقدم التجارب العلمية والعملية والاختراعات والتكنولوجيا التي ساعدت الإنسان على اكتشاف الكون.

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.)
- ممّ تتكوّن الجبال؟ (تتكوّن من أنواع مختلفة من الصخور.)
- ممّ 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 أغشية، 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، والاصق قطعة من الشريط اللاصق على كل علبة.
- اطلب إلى الطلاب تخمين ما في داخل كل علبة عن طريق الرّجّ، 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.
- ◆ يقدر الزمن الجيولوجي Geological Time لتقدير عمر الأرض.

1. قَدِّم وحفِّز

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 ببطءٍ شديدٍ وعلى فترات زمنية طويلة للغاية ، وأن علم الجيولوجيا ومجالاته وفروعه هو الوسيلة الأساسية لدراسة تلك التغيرات وتفسيرها .

2.1 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.)

إثراء

بعد أن تستعرض مع الطلاب بعض مظاهر التغير قصيرة المدى المعروفة ، وضّح التغيرات طويلة الأجل والتي نصّت عليها بعض الأحاديث النبوية شارحاً لهم ما يلي:

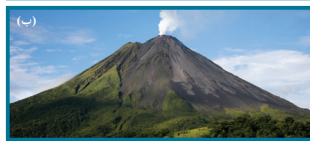
يصف الجيولوجيون الأرض خلال العصر الكربوني أنّها كانت دافئة وممطرة لدرجة أنّ المنطقة القطبية الجنوبية كانت أيضاً مغطاة بالغابات . وتكرّر الشيء نفسه في العصر الجوراسي حيث ازدهرت وتنوّعت مظاهر الحياة. في المقابل، هناك فترات كان فيها معظم سطح الأرض مغطى بالجليد . يتميّز تاريخ الأرض بأحداث عظيمة أدّت إلى تغيّرات جوهرية في المناخ حيث صاحب ذلك انقراض مجموعات كبيرة من الأحياء كما حدث في نهاية حقبة الحياة

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 .
- ◆ يقدر الزمن الجيولوجي Geological Time لتقدير عمر الأرض .



شكل 1

صورة لجبل قبل البركان (الشكل أ) وبعده (الشكل ب).

- ◆ قال أبو هريرة رضي الله عنه: إنّ رسول الله صلى الله عليه وسلّم قال: لا تقوم الساعة حتّى تعود أرض العرب مروجاً وأنهاراً رواه مسلم .
- ◆ بحسب الحديث النبوي الشريف ، كانت المنطقة العربية مليئة بالأنهر والبساتين 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 تعتبر 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؟



شكل 2
تجوي الصخور معلومات عن العمليات التي أدت إلى تكونها. يوضح الاكتشاف الكبير للصخور البركانية أنها كانت قديمًا كتلة منصهرة تكوّنت في أعماق الأرض.

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

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 المكوّنة 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. منطقيًا 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

القديمة ونهاية حقبة الحياة المتوسطة عندما انقرضت الديناصورات تمامًا. هذه الأحداث الأرضية سببتها ظواهر كونية مثل تعرّض الأرض لتصادمات نيزكية، أو نشاط بركاني شديد أو الانجراف القاري بالإضافة إلى الدورات الكونية المستمرة والمسؤولة عن تغييرات مناخية متباعدة (تُسمى دورات ميلانكوفيتش) بحيث كانت هذه الدورات هي المسؤولة عن تراكم الجليد وذوبانه في عصر البليستوسين. يتّضح من ذلك أنّ الأرض دائمة التغيّر، فالصحاري قد تتحوّل إلى مروج خضراء والعكس صحيح. وقد تختفي كائنات وتظهر مجموعات أخرى فدوام الحال من المحال. ومن الأمثلة التي تدلّ على ذلك وجود أحافير غابات متجمّدة في مناطق صحراوية الآن كما في منطقة الرقة في دولة الكويت. ومن يعلم؟ فقد تتحوّل منطقتنا هذه في المستقبل إلى حدائق غناء مرّة أخرى تبعاً للدورات الكونية والأرضية. وهذا ما نبهنا له رسولنا الكريم في الحديث النبوي: "قال أبو هريرة رضي الله عنه: إنّ رسول الله صلى الله عليه وسلّم قال لا تقوم الساعة حتّى تعود أرض العرب مروجًا وأنهرًا" (رواه مسلم).

2. علم وطبق

1.2 علم الأرض (الجيولوجيا)

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد بعض الطلاب أن هناك أشياء لا يحدث لها تغيير إطلاقًا. وضّح لهم أن التغير 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 كلّ 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.)

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

♦ اختر من الجدول بعض المجالات المرتبطة بالجيولوجيا الفيزيائية، ووضّح كيف ترتبط ببعضها بعضًا. (علم المعادن وعلم الصخور وهما يقدّمان معلومات مطلوبة عن مكونات الأرض. الجيولوجيا التركيبية وهو علم يشرح نظام الصخور وترتيبها داخل الأرض. علم الجيومورفولوجيا وهو العلم الذي يفسّر 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) فهمًا 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 ترسّبت فيه هذه الصخور، والظروف التي عاشت فيها، ونوعية المناخ الذي كان سائدًا آنذاك، وبذلك يقدّم فهمًا لمكونات الأرض وتاريخها).

تكامّل العلوم

تكون القشرة الأرضية، مثل قشرة التفاحة التي تكوّن غلافًا رقيقًا خارجيًا 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 واللبّ.

كي يتابع الجيولوجيون دراسة كوكب الأرض ومعالمه الأساسية، يعتمدون كثيرًا على العلوم الأساسية الأخرى، ومنها:

- ♦ علم الفلك: يخبرنا عن وضع كوكب الأرض في الكون، بالإضافة إلى أنه يمدّنا بالعديد من النظريات عن أصل هذا الكوكب.
- ♦ علم الكيمياء: يستخدم لتحليل الصخور والمعادن في القشرة الأرضية ودراساتها.
- ♦ علم الفيزياء: يساعد على تفسير أنواع القوى الفيزيائية التي تؤثر في كوكب الأرض، وردّ فعل المواد الأرضية كاستجابة لهذه القوى.
- ♦ علم الأحياء: يمدّنا علم الحيوان وعلم النبات بالمعلومات الضرورية لتعرّف طبيعة الحيوانات والنباتات القديمة.

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 ومعالمها.

«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

تماماً في عصر «هاتون» عن طريق طرح الأسئلة التالية :

هل تعلم؟

إن العالم جاليليو Galileo 1642-1564م هو أول من برهن أن الأرض تدور حول محورها من الغرب إلى الشرق.

إن العالم أبو الريحان البيروني قاس محيط الأرض ووجد الوزن النوعي لبعض الفلزات والأحجار الكريمة.

يذكر ضمن العلماء المعاصرين الدكتور العربي المسلم فاروق الباز، وهو أحد الجيولوجيين المشاهير في القرن العشرين، عمل مع وكالة ناسا NASA وساعد في اختيار مواقع الهبوط على القمر لبعثات أبوللو، وساهم في تدريب رواد الفضاء. وقد طُوّر نظام استخدام الاستشعار عن بعد ليستخدم في اكتشاف بعض الآثار المصرية.

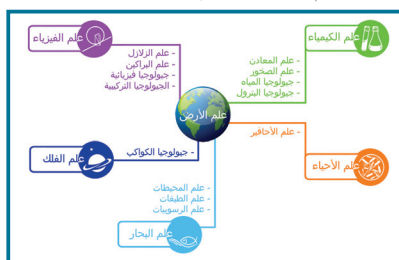


العالم أبو الريحان البيروني



الدكتور فاروق الباز

يمثل فهم الأرض تحدياً كبيراً لأن كوكبنا جسم ديناميكي ذو أجزاء متفاعلة عديدة وتاريخ معقد. والأرض منذ نشأتها في تغير دائم، فهي في الحقيقة تتغير أثناء فترات هذه الصفحة، وسوف تستمر في التغير في المستقبل المتوقع. وتكون التغيرات أحياناً سريعة وعنيفة كما يحدث أثناء الانزلاقات الأرضية وثورات البراكين، وغالباً ما تحدث التغيرات ببطء شديد، بل نكاد نكون غير ملحوظة على مدى الحياة. تتطلب الجيولوجيا فهماً وتطبيقاً لمبادئ الفيزياء والكيمياء والأحياء. يسعى علم الجيولوجيا إلى توسيع معرفتنا بالعالم الطبيعي وموقعنا فيه. توضح 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 تخل الكتابات والتفسيرات من الخرافات. فقالوا أن الأرض عبارة عن قرص مسطح يحيطه الماء، وأن هذا الماء مصدر جميع المواد الموجودة على الأرض. ثم اعتقد الجميع أن الأرض أسطوانية الشكل وأن كل 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. نذكر أدنى العلماء العرب والمسلمون دوراً مهماً في مجال علم الأرض، نذكر منهم إبراهيم الفزاري الذي صنع أول جهاز استخدمه العرب لتحديد

♦ 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 مثلاً يوضح 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 ليقترحوا 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 تتغير فعلياً، وأن الذي تغير من قبل قد يتغير

الآن. لذا، فإن دراسة الماضي قد تعطي مفتاحاً لما قد يحدث في

المستقبل.)

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 الناكل 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 أعدها 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؟

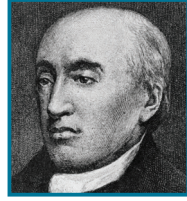
تشير التقديرات إلى أن عمليات التعرية تخفض جبال قارة أمريكا الشمالية بمعدل 3cm تقريباً كل 1000 عام. بهذا المعدل، يجب أن يمر 100 مليون عام على قمة يبلغ ارتفاعها 3000 متر (10.000 قدم) لكي تصبح بمستوى سطح مياه البحار.



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 تكوّن الصخور الرسوبية، وجمال 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 الوتيرة 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 أدرّكوا 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.

1.3 ملف تقييم الأداء

- ♦ 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. أدّى العلماء العرب والمسلمون دوراً مهماً في مجال علم الأرض، نذكر منهم ابراهيم الفزاري الذي صنع أول جهاز استخدمه العرب لتحديد ارتفاع النجوم والكواكب، وابن سينا الذي كان أول من درس المعادن دراسة علمية وكانت له دراسات في علم البحار وكيفية تكوّن الصخور الرسوبية، وجلال الدين السيوطي الذي أعدّ سجلاً خاصاً بالزلازل موضعاً تاريخ حدوثها وأشكال الدمار المصاحبة لها.
3. أثّرت نظرية الكوارث Catastrophism بشكل ملحوظ في فكر الناس حول الأرض. فقد تضمّنت هذه النظرية أنّ المواقع الطبيعية، كالجبال والوديان، قد تشكّلت في البداية بعد وقوع كوارث هائلة، وأنها نتجت عن عوامل لم يعرفها العلماء حينها. هذه الكوارث والحوادث (مثل اختفاء الديناصورات) تمّ ترتيبها زمنياً بحسب الإشارات التي تدلّ عليها في التتابع الصخري الذي كان الركيزة الأساسية في تعيين العمر النسبي للصخور.
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. اكتب 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. الجيولوجيا الفيزيائية
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 حل لغز الماضي.

خامساً: أسئلة مقالية

1. 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.
- 2.

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. تسعى الجيولوجيا إلى فهم العديد من العمليات التي تحدث تحت و/أو على سطح الأرض.
(الهندسية – الحيوية – 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 هو الانتظام المستديم؟
2. ارسم خريطة ذهنية توضح علاقة علم الأرض بعلوم أخرى لم تذكر في الخريطة الذهنية السابقة.



الفصل الثاني

الفصل الثاني

نشأة الكون Origin of the Universe

دروس الفصل

الدرس الأول

نشأة الكون

الدرس الثاني

المجرات ودورة حياة النجم

الدرس الثالث

نشأة المجموعة الشمسية

يُعرف الكون أنه مجمل الوجود، بما في ذلك الكواكب والنجوم والمجرات ومحتويات الفضاء بين المجرات من مادة وطاقة. عمر الكون تقريباً 13.7 مليار عام (بحسب التقدير الفيزيائيين)، وقطر الجزء المرئي من الكون يبلغ حوالي 93 مليار سنة ضوئية على الأقل فيما تزال المعلومات حول الجزء غير المرئي مبهمه. أما الحقيقة التي اتفق عليها العلماء بناءً على مشاهداتهم الفلكية هي أن الكون يستمر في الاتساع. فمقارنة حجم الأرض بالشمس هي تماماً كمقارنة حصى صغيرة بكرة سلة. حاول إذاً مقارنة حجم الشمس بالنسبة إلى المجموعة الشمسية التي تمثل جزءاً صغيراً جداً من مجرتنا (درب التبانة) التي تمثل حجماً متواضعاً مقارنة بالأحجام الهائلة لملايين المجرات الأخرى المنتشرة في الكون. هكذا يمكنك تصوّر حجم الكون الذي يسير بنظام محكم قدره أحكام الحاكمين سبحانه وتعالى، الذي وصف أجزاءً من الكون ونظامها أبلغ وصف عندما قال في محكم التنزيل ﴿وَالْقَمَرُ قَدَرْتَهُ مَوَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيرِ ٣٩﴾ [يس: ٣٩]

﴿لَا تَلْمِزْهُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا آتِلُ سَائِغَ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ٤٠﴾ [يس: ٤٠]
﴿الْأَرْضُ الْيَتِيمَةَ أُخِيْنَهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رِجَالَهُنَّ يُكْسِلُونَ ٥٠﴾ وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِنْ نَجِيلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجْرْنَا فِيهَا ٥١﴾ [السجدة: ٥٠]
﴿تَنْجُ الْمُنْتَكَسَ وَالرُّوحَ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ خَمْسِينَ أَلْفَ سَنَةٍ ٥٢﴾ [المعارج: ٥٢]



20

نشأة الكون

Origin of the Universe

دروس الفصل

الدرس 1: نشأة الكون

الدرس 2: المجرات ودورة حياة النجم

الدرس 3: نشأة المجموعة الشمسية

مقدمة الفصل

دع الطلاب يمعنون النظر في صورة افتتاحية الوحدة ويقدمون أذهانهم للإجابة عن الأسئلة التالية:

❖ لو لم تكن الصورة تمثل الكون، فماذا يمكن أن ينتج صورة

مشابهة؟ (قد تتعدد الإجابات ولكن ادمع الإجابة التي تفسر أن الصورة

تشبه قطعة من الحجر أو المادة تعرضت للتفتت والتناثر.) (أضف

لمعلومات الطالب أن الكون نشأ بطريقة مماثلة كما سوف يرون في دروس الوحدة)

❖ ماذا تمثل النقاط المنيرة في صورة الكون (نبه الطلاب أنه تبعاً

لمقياس الصورة فإن هذه النقاط تشغل مساحات شاسعة في

الواقع) (قد تتعدد وتتكرر الإجابات ولكن اقبل إجابات مثل المجرات

والنجوم والفرغ الكوني.)

وضّح للطلاب أن القرآن الكريم تطرّق إلى وصف الكون واتّساعه.

ففيه آيات توحى باتّساع الكون حيث يقول تعالى: ﴿يُذِبرُ الْأَمْرَ

مِنَ السَّمَاءِ إِلَى الْأَرْضِ ثُمَّ يَعْرُجُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ أَلْفَ سَنَةٍ

مِمَّا تَعُدُّونَ ٥٠﴾ [السجدة: ٥٠] ﴿وَلِلَّهِ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ

وَكَانَ اللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ مُّحِيطًا ١٢٦﴾ [النساء: ١٢٦]، وأصل الكون

كسحابة مركزية في قوله تعالى: ﴿ثُمَّ أَسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ وَهِيَ دُخَانٌ فَقَالَ لَهَا

وَلِلْأَرْضِ أَقْنِيَا طَوْعًا أَوْ كَرْهًا قَالَتَا أَتَيْنَا طَائِعِينَ ١١﴾ [فصلت: ١١]. وأشار

إلى مكونات الكون من نجوم وكواكب وثقوب سوداء في قوله

جلّ شأنه: ﴿وَعَلَّمَنَّهُنَّ الْوَسْطَىٰ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُونَ ١٦﴾ [النحل: ١٦]، ﴿النَّجْمُ

الْقَائِلُ ٢﴾ [الطارق: ٣] - ﴿وَالسَّمَاءُ وَالطَّارِقُ ١﴾ [الطارق: ١]، ﴿وَالسَّمَاءُ

ذَاتُ الْبُرُوجِ ١﴾ [البروج: ١]، ﴿وَلَقَدْ جَعَلْنَا فِي السَّمَاءِ بُرُوجًا وَزَيَّنَّاهَا

لِلنَّظِيرِ ١٦﴾ [الحجر: ١٦]، ﴿إِنَّا زَيَّنَّا السَّمَاءَ الدُّنْيَا بِزِينَةِ الْكُوَكِبِ ٦﴾

﴿[الصفات: ٦]، ﴿فَلَا أُفْسِدُ بِمَوْقِعِ النُّجُومِ ٧٥﴾ [الواقعة: ٧٥]،

﴿إِلَّا مَنَ اسْتَرَقَ السَّمْعُ فَأَتْبَعَهُ شِهَابٌ مُّبِينٌ ١٨﴾ [الحجر: ١٨]، وكذلك نوّه

القرآن بالدورات الكونية كما في الآية الكريمة: ﴿إِنَّ رَبَّكُمُ اللَّهُ الَّذِي

خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ ثُمَّ اسْتَوَىٰ عَلَى الْعَرْشِ يُغْشَىٰ اللَّيْلَ النَّهَارَ يَطْلُبُهُ

حَثِيثًا وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ وَالنُّجُومُ مُسَخَّرَاتٌ بِأَمْرِ رَبِّهِ أَلَا لَهُ الْخَلْقُ وَالْأَمْرُ بَارَكَ اللَّهُ

رَبُّ الْعَالَمِينَ ٥٤﴾ [الأعراف: ٥٤]، ﴿نَبَارَكَ الَّذِي جَعَلَ فِي السَّمَاءِ بُرُوجًا

وَجَعَلَ فِيهَا سِرَاجًا وَقَمَرًا مُّنِيرًا ١٦﴾ [الفرقان: ٦١]، وقد أكّد القرآن على

أن النجوم زائلة كما ستتعلم في دورة النجوم حين قال: ﴿وَإِذَا النُّجُومُ

انْكَدَرَتْ ٢﴾ [التكوير: ٢]، ﴿فَإِذَا النُّجُومُ طُمِسَتْ ٨﴾ [المرسلات: ٨]

عدد الحصص: 1

◆ يشرح نظرية الانفجار العظيم.
◆ يعرف السدم وأنواعها.

- ماذا يمثل البالون في النشاط؟ **(الكون)**
- ماذا تمثل النقاط المرسومة على البالون في النشاط؟ **(المجرات)**
- لماذا نستثني الكواكب من الظهور في الصورة **(نظرًا لصغر حجمها بالنسبة إلى مساحة الكون بالإضافة إلى أنها غير منيرة)**

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب دراسة صورة افتتاحية الدرس ومقارنتها بنشاط
افتتاحية الفصل واسألهم ما العلاقة بينهما؟ (كلاهما يوضح تمدد الكون.)
وجههم لإعادة فحص صورة الدرس ثم اسأل السؤال الأهم:
♦ ما الذي يدفع الكون للتمدد؟ (انفجار كتلة الكون الأولية ومن ثم تفتت
هذه الكتلة وتناثر وهاجرت مبتعدة عن الانفجار.)

✦ إشرح للطلاب أن كتلة الكون الأولية سماها جورج لو ميتر George Le Maitre سنة 1927 البيضة الكونية تتكون من كتلة غازية عظيمة الكثافة والحرارة واللمعان.

✦ أضف أن العلماء اصطَلَحوا على تسمية انفجار كتلة الكون الأولية (البيضة الكونية) بالانفجار العظيم Big Bang.

✦ وضح لهم أن ظاهرة تمدد الكون عرفت لاحقاً باسم قانون هابل حيث لا يملك الكون اتجاهاً مفضلاً للتمدد (تبع ظاهرة دوبلر).

✦ أشر إلى أن الكتل الغازية والأثرية الكونية الضخمة الناتجة عن الانفجار العظيم تسمى سدم (جمع سديم) Nebula، وأشهرها سدم الجبار، السرطان، الوردية.

الأدلة المؤيدة للانفجار العظيم:

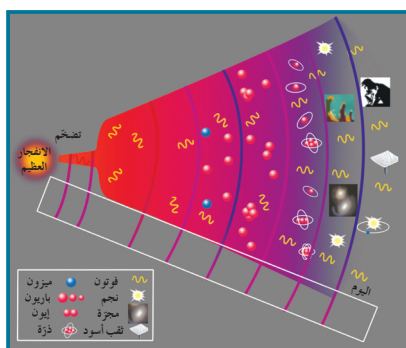
رصد الكون الذي قام به هابل (1929) والصور التي بعث بها القمر الصناعي Cobe Explorer والتي أوضحت تباعد المجرات عن بعضها مع الوقت.

الدروس 1

- ◆ يشرح نظرية الانفجار العظيم.
- ◆ يعرف السدم وأواعها.

الفوتون Photon هو جسيم أولي متناهي الصغر مسؤول عن الظاهرة الكهرومغناطيسية، وهو حامل التفاعل الكهرومغناطيسي لكل أنواع المواد، بما في ذلك الأجسام، والذرات، والجزيئات، والفوتون ذو الشحنة، والكتلة السببية، والضوء، وقوة التسجيح، والظواهر، والظواهر، والتحت الأرض، والكبريت، والفوتون من الجسيمات الأولية الأخرى تحت كتلة استقرار هذه الذرة، فإنه يتحرك في اقتراب سرعة الضوء

Meson هو جسيم أولي له شحنة موجبة أو سالبة وتفاعلاته مع الجزيئات الأولية في أن كتلتها 200 مرة كتلة الإلكترون ولها عمر قصير في مليارات السنين. هي جسيمات مستقرة، تحت تأثيرها بالتأثيرات في جسيمات أخفى في أقل من جزء من الثانية بعد تكوينها

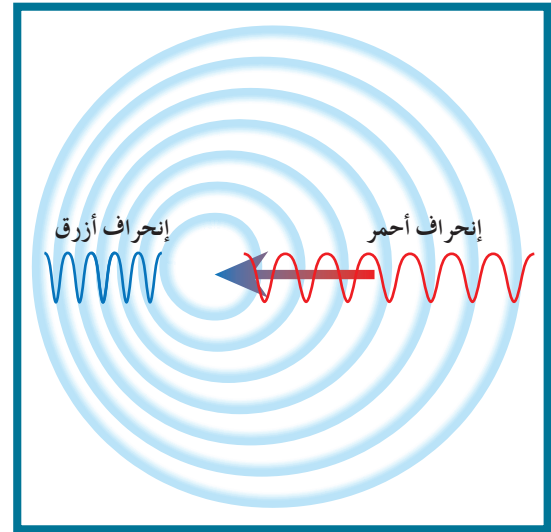


شكل 5
شاق الكون

قال تعالى، ﴿وَأَنشَأْنَا بَيْنَهُمَا بَابَ وَابًا وَمَوْجِئًا﴾ ﴿الذاريات: ٤٧﴾
أكد الله في كتابه الكريم عظمة الكون وكبر حجمه، مقارنة بما نراه
من عظمة خلق الله سواء في أنفسنا أو فيما حولنا. منذ أن وُجد الإنسان
على هذه الأرض وهو يتساءل عن أصل الأشياء وأسباب وجودها. لكنها
وقد كان للآلئان العديد من التصورات والظنرات في تفسير نشأة
الكون الهائل، بعضها يُعد أساطير وبعضها الآخر أصبح أفكاراً غير واقعية
وبعضها ظنرات لم تثبت صحتها، إلى أن تحدت عالم الفلك البلجيكي
جورج لومير George Le Maitre في سنة 1927 عن تصوّر له نتيجة
ملاحظات الدقيق للكون، فوجد أن الكون في بدء نشأته كان ككرة غازية
عظيمة الكثافة واللمعان والحرارة وسُمّتها البضة الكونية Cosmic Egg.

توظيف ظاهرة دوبلر في تفسير تمدد الكون

مع اقتراب سيارة الإسعاف، يتم ضغط الموجات الصوتية من صفارة الإنذار نحو المشاهد. تقل الفواصل بين الموجات، ما يؤدي إلى زيادة في التردد. وعند ابتعاد سيارة الإسعاف، تتمدد موجات الصوت بالنسبة إليك، ما يسبب نقصان التردد. يمكنك الاعتماد على التغير في التردد لتحديد إذا كان سيارة الإسعاف قادمة أو مبتعدة، إذ يمكن قياس معدل التغير في التردد، ويمكن أيضًا تقدير السرعة في سيارة الإسعاف. قياسًا على ذلك، يسلك الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من جسم متحرك أيضًا تأثير دوبلر، وهو تقلص الإشعاعات المنبعثة من جسم باتجاه الشخص المراقب. ويبدو أن هناك زيادة في التردد أو انحراف أزرق Blue Shift. بالمقابل، يتم تمدد الإشعاع المنبعث من كائن يتحرك بعيدًا أي انحراف أحمر Red Shift. وكما هي الحال في نمط سيارة الإسعاف، تتعرض النجوم والمجرات لظاهرتي الانحراف الأزرق والأحمر بحسب اقترابها من المشاهد أو ابتعادها عنه. في علم الفلك، ينطبق تأثير دوبلر على الموجات الكهرومغناطيسية في أجزاء الطيف كلها. ونظرًا إلى العلاقة العكسية بين التردد والطول الموجي، يمكننا وصف دوبلر التحوّل في الطول الموجي للإشعاع بالانحراف الأحمر عند الزيادة في الطول الموجي، وانحراف الأزرق Blue Shift عند النقصان في الطول الموجي. استخدم علماء الفلك تحولات دوبلر لحساب سرعة النجوم وغيرها من الأجسام الفلكية وتحركها نحو الأرض أو بعيدًا عنها. وقد وجدوا أن هذه الأجسام تتحرك بعيدًا عن الأرض باطراد.



هل تعلم؟

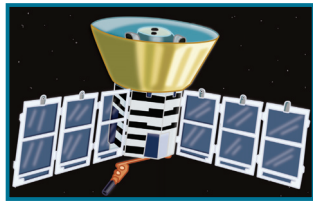
يسمى هذا التأثير تأثير دوبلر نسبة لدوبلر الذي اكتشف هذه الظاهرة عام 1842 م. ظاهرة دوبلر عبارة عن تغير طاهري لتردد الأمواج أو لطولها الموجي عندما تُرصد من قبل مراقب متحرك بالنسبة للمصدر الموجي. ولكن يستطيع المشاهد رصد التغير في الطول الموجي للموجات القادمة إليه من المصدر، عليه البقاء ثابتًا في مكانه. بالتالي، يصبح قادرًا على تحديد ما إذا كان الجسم مقتربًا أو مبتعدًا. فالانزياح نحو الأحمر يعني زيادة طول موجة الضوء القادمة إلينا طبقًا لظاهرة دوبلر بينما الانزياح الأحمر للضوء يحدث بفعل سرعة المصدر في الابتعاد عنا. ومن أهم تطبيقات ظاهرة دوبلر استخدام عالم الفلك الأمريكي هابل عام 1929 هذه الظاهرة في رصد النجوم، واكتشف أن مجرة أندروميدا تقع خارج مجرتنا المعروفة بالطريق اللبني. واستطاع هابل رصد السماء وإيجاد عدّة مجرات مماثلة بعيدة. فاندش عندما وجد أن كل تلك المجرات تبعد عنا بسرعات عظيمة وفي جميع الاتجاهات. وقد توصل إلى هذا التفسير عندما وجد أن أطوال تلك المجرات منزاحة بدرجات متفاوتة نحو اللون الأحمر. بفضل هذا الاكتشاف، عرفنا أن الكون يأخذ في الاتساع. عندما تغيرت نظرة الإنسان للكون إذ اعتقد قديمًا أن حجم الكون ثابت. ويُعتبر هذا الاكتشاف من أعظم اكتشافات البشرية في القرن العشرين.

ثم حصل في هذه الكتلة، بتأثير الضغط الهائل المنبثق من شدة حرارتها، انفجار عظيم فتبثها وقدفها مع أجزائها في كل اتجاه فتكونت الكواكب والنجوم والمجرات مع مرور الوقت.

ولقد سنى بعض العلماء هذه النظرية الانفجار العظيم "Big Bang" (شكل 5)، وتعتبر من أكثر النظريات التي فسرت نشأة الكون ولاقت قبولًا بين الأوساط العلمية، وهي تنص بأن الكون بدأ من حوالي 13,7 مليار سنة، عندما كانت مادة الكون وطاقته مجتمعين في بؤرة صغيرة شديدة الكثافة أو أيضًا بالبيضة الكونية. وقد امتازت هذه الذرة بكثافة لانهاية ودرجة حرارة عظيمة. ثم انفجرت هذه البؤرة انفجارًا عظيمًا Big Bang، فتناثرت محتوياتها في كل اتجاه. وخلال هذا الانفجار حدث تمدد وطررد للغازات متباعدة عن المركز بسبب الفارق الضغطي بين قوة الجذب وتمدد الغازات.

في عام 1929، أثبت أدوين هابل Edwin Hubble تأييده لنظرية الانفجار العظيم بإعطاء دليل رصدي لها. اكتشف هابل أن المجرات تتباعد وتراجع بعيدًا في جميع الاتجاهات، وهو ما عُرف لاحقًا باسم قانون هابل استنادًا إلى ظاهرة دوبلر فإن الكون لا يملك اتجاهًا مفضلًا ولا مكانًا مفضلًا لذلك كان استنتاج هابل أن الكون يتوسع بشكل معاكس تمامًا لنظرية أينشتاين عن كون ساكن Static Universe تمامًا.

كما أنه في سنة 1989 أرسلت وكالة الفضاء الأمريكية "NASA" قمرا صناعيًا "Cobe Explorer" (شكل 6) والذي قام بعد ثلاث سنوات بإرسال معلومات دقيقة إلى الأرض تؤكد نظرية الانفجار العظيم وسمي هذا الاكتشاف باكتشاف القرن العشرين في ذلك الوقت. وهو ليس بشيء جديد لدينا حيث ذكر في قرآننا الكريم في قوله عز وجل: ﴿أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّهُمْ كَانُوا أَكْثَرًا أَسْكَنُوا وَأَلْأَرْضُ كَانَتْ رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا مَجَلًّا وَأَمَّا كُلُّ شَيْءٍ خَلْقًا قَلِيلًا يَوْمَئِذٍ﴾ [الأنبياء: 30]



شكل 6 القمر الصناعي COBE Explorer

موقع الطالب ضمن الكون

فسّر للطّالِب أن الإنسان يُعتبر أحد أجزاء الغلاف الحيوي الذي يتخلل قشرة الأرض وهي الغطاء الخارجي لكوكب الأرض. يشكّل الإنسان وكوكب الأرض أجزاء من المجموعة الشمسية التي هي جزءًا من مجرة درب التبانة التي تمثل، مع باقي المجرات، المكوّنات الكبرى للكون الفسيح الآخذ في التمدد. لذلك تُعدّ الأرض أمانة في عنق الإنسان ويجب أن يحافظ عليها ولا يفترق فيها كما جاء في القرآن الكريم: ﴿يُصْلِحْ لَكُمْ أَعْمَالَكُمْ وَيَغْفِرْ لَكُمْ ذُنُوبَكُمْ وَمَنْ يُطِيعِ اللَّهَ وَرَسُولَهُ فَقَدْ فَازَ فَوْزًا عَظِيمًا﴾ [الأنزاب: 72].

نشاط

تخيل أنك رسمت نقطة صغيرة بالكاد تُرى على كرة سلّة، ووضعت هذه الكرة في وسط ملعب كرة القدم في مدينة ما في قارة ما. قارن ذلك بمقاييس الكون التقريبية. (النقطة تمثل شخص، الكرة تمثل الأرض التي يعيش عليها، الملعب يمثل المجموعة الشمسية، المدينة تمثل المجرة، كل المدن تمثل المجرات التي تنتشر في القارة التي تمثل الكون) توضح الصورة التالية حجمك بالنسبة إلى الكون:



الكون



مجرة درب التبانة



المجموعة الشمسية



الأرض



أنت

الكون الثابت

الكون الثابت، ويشار إليه أحياناً بالسكان أو اللانهاضي، هو نموذج افترضه جيوردانو برونو للكون معتقداً أنّ الكون لانهائي مكانياً وزمنياً وثابت الأجزاء ولا يتمدد أو ينكمش، ويفتقر للانحناءات المكانية، أي أنه مسطح. ولكن سرعان ما رفض المجتمع هذا الاعتقاد. فوافقه أينشتاين عام 1917 في أنّ الكون لانهائي زمنياً وفي أنه لا يتمدد أو ينكمش ولكنه يختلف معه في أنّ الكون محدّد مكانياً. افترض أينشتاين ثبات الكون وأضاف ذلك كمقدار ثابت في معادلاته ليعادل الجاذبية الخاصة بالمواد لأنه افترض أن عكس ذلك كان لا بد من أن يؤدي إلى انهيار الكون أو تمدده إلى ما لا نهاية.

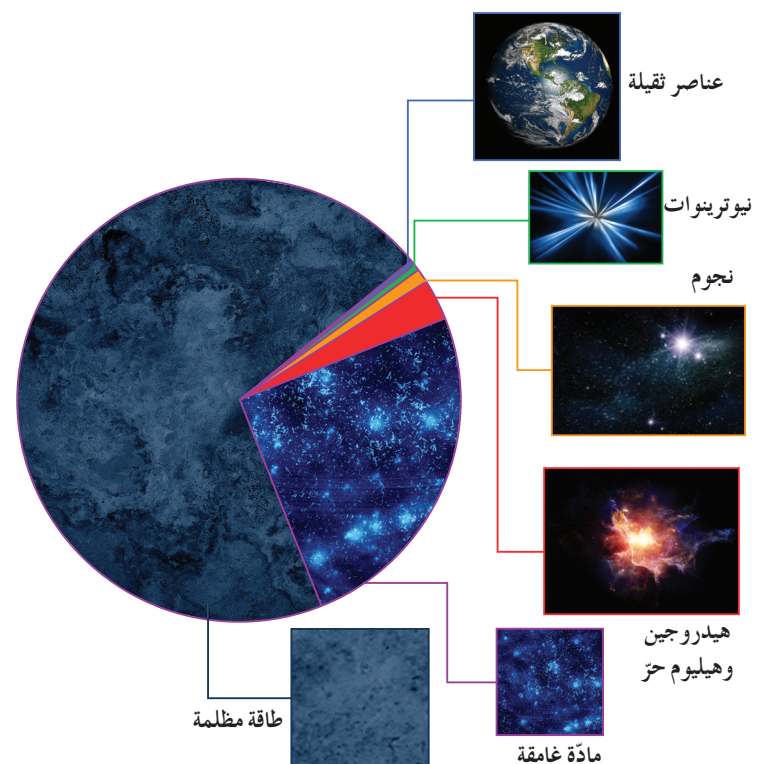
2.2 مناقشة

دع الطلاب يتفحصون الشكل (7) في كتابهم ص 23 ثم اشرح لهم معنى السدم مشيراً إلى مدى تشابه كلّ سديم بصورته. فسّر لهم سبب احتوائها على نسبة عالية من الهيدروجين والهيليوم. حفّزهم على معرفة ما إذا كان للسدم دوراً في تكوّن النجوم. (نعم، فقد تنهار السدم وتشكّل مجموعة نجوم.)

خلفية علمية

مكوّنات الكون

في علم الكون، تُعدّ الطاقة المظلمة شكلاً من الأشكال الافتراضية للطاقة المألوفة الفضاوية والمتمتعة بضغط سالب. بحسب النسبية العامة، يكون تأثير مثل هذا الضغط السالب شبيهاً بقوة معاكسة للجاذبية في المقاييس الكبيرة. ويُعتبر هكذا افتراض الأكثر شعبية في الوقت الراهن ويستخدم لتفسير تمدد الكون بمعدل متسارع. هذا ويشكّل تفسيراً معقولاً لجزء كبير من المادّة المفقودة في الفضاء الكوني. عدّد للطلاب مكوّنات الكون مستعيناً بالشكل المرفق هنا.



فقرة إثرائية

رابط الجيولوجيا بالفيزياء

قانون الكون الثابت لايشتاين

اعتقد أينشتاين أنّ الكون لا يتمدد ولا ينكمش، بل هو ساكن وجميع النجوم والسدم فيه ثابتة في أماكنها.

لقد أصبح لدى العلماء في الوقت الحاضر معرفة أفضل عن الكون، بفضل التقدم العلمي والتكنولوجي وتطور التلسكوبات البصرية والراديوية، فلقد أصبح من الممكن التعرف على أنّ الكون يتألف من ثلاث لبنات أساسية: تتألف اللبنة الأولى من السحب الغازية (السدم الغازية) واللبنة الثانية تتكون من الغبار الكوني (السدم الغبارية) واللبنة الثالثة والمهمّة وهي اللبنة الأساسية لبناء الكون وهي النجوم.

Nebulae

هي تجمعات من الغازات والأترية بعضها قديم التكوين نشأ مع بداية نشأة الكون، ولذلك تحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين والهيليوم ولا تحتوي على عناصر ثقيلة. والغالب منها عبارة عن بقايا انفجارات النجوم وما تخلفه من غازات وأترية وتكون نسبة العناصر الثقيلة في هذه السدم عالية إذ تكونت هذه العناصر من المخلّفات النجمية. ومن أشهر أشكال السدم: سديم الحصان أو رأس الفرس Horsehead Nebula، سديم الجبار Orion Nebula، سديم السرطان Crab Nebula وسديم الوردة Rosette Nebula (شكل 7).



شكل 7
أشهر أمثلة السدم Nebulae

خلفية علمية

سدم

أُطلب إلى الطّلاب تفحص الشكل (7) صفحة 23 في كتاب الطالب، ثمّ أشر إلى أنّ سديم رأس الحصان هو سديم من نوع الطيف الامتصاصي. اشرح لهم أنّ هذا السديم يتمتّع بلون داكن لأنه يتكون من غبار كوني يمتصّ الأشعة، وأنّه يبعد حوالي 1500 سنة ضوئية عن الأرض، ويقع في كوكبة الجبار مباشرة تحت النجم النطاق، وهو نجم يُصنّف كعملاق أزرق لأنّه أشدّ نجوم السماء لمعاناً. ويتميز سديم رأس الحصان بظهور وهج أحمر متألّق من خلفه تنتشر فيه نجوم. ويدل هذا الوهج الغريب على وجود سديم آخر مضيء في المنطقة في أعماق الكون يُسمّى سديم الجبار الأعظم حيث تتولد فيه النجوم بشكل مستمر. أضف إلى معلوماتهم أنّ سديم الجبار هو سديم انتشاري يقع جنوب حزام الجبار، وأنّه يُعتبر أحد أكثر الأجرام السماوية دراسة وتصويراً في سماء الليل، ويبين أكثر الظواهر السماوية دراسة. وأخبرهم أيضاً أنّ هذا السديم يكشف عن عملية تكوّن النجوم والمجموعات الكوكبية من سحب من الغاز والغبار. أخبرهم أنّ سديم السرطان هو عبارة عن بقايا مستعر أعظم وسديم رياح نبضية في كوكبة الثور، وأنّ بعض السجلات أفادت في الماضي أنّ النجم كان لامعاً لدرجة أنّه بقي ظاهراً في وضوح النهار طيلة 23 يوماً، وفي الليل طيلة 653 يوماً. أشر إلى الطّلاب أنّ سديم الوردة هو الأشهر من بين السدم التي تشبه الورود، وأنّها تقع على حافة سحابة جزئية كبيرة في كوكبة وحيد القرن وعلى بعد حوالي 5000 سنة ضوئية عن الأرض، وأنّ بتلات هذه الوردة تمثل في الواقع حاضنة نجمية ذات شكل متناظر وجميل، منحوتة بفعل الرياح والإشعاعات الناتجة عن عنقودها المركزي من النجوم الصغيرة الحارّة.

1. نعم

2. نعم

3. الكون أخذ في التمدد

♦ اختبر فهم الطلاب

ما سبب تمدد الكون؟ (ناقش ذلك معهم وتأكد من معرفتهم الإجابة الصحيحة بعد دراسة الدرس الأول)

3. قِيم وتوسّع

1.3 ملف تقييم الأداء

استعرض مع الطلاب الفرق بين والنجم والكوكب والسديم والمجرة.

النجم جسم يشع ضوء وحرارة، الكوكب صلب أو غازي معتم، السديم سحابة من الغازات (Oxygen & Helium) والغبار الكوني، المجرة جسم كوني يشمل كل ما سبق في كتل متفاوتة الأشكال.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1

1. (أ) كتلة غازية عظيمة الكثافة واللمعان والحرارة.

(ب) المجرات تتباعد وتراجع بعيداً في جميع الاتجاهات
(ج) اللبنة الأولى من السحب الغازية (السدم الغازية) واللبنة الثانية تتكون من الغبار الكوني (السدم الغبارية) واللبنة الثالثة والهامة من وهي اللبنة الأساسية لبناء الكون وهي النجوم.
2. تجمعات من الغازات والأترية بعضها قديم التكوين نشأ مع بداية نشأة الكون، ولذلك تحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين والهيليوم ولا تحتوي على عناصر ثقيلة. والغالب منها عبارة عن بقايا انفجارات النجوم وما تخلفه من غازات وأترية وتكون نسبة العناصر الثقيلة في هذه السدم عالية إذ تكونت هذه العناصر من المخلفات النجمية.

3. ابتعاد المجرات بعيداً عن بعضها في جميع الاتجاهات كما أثبت الرصد الفضائي والصور المتتابعة للأقمار الصناعية.

نشاط إثنائي

The Expansion of the Universe

تمدد الكون

الأدوات المطلوبة:

بالون، قلم تأشير، مسطرة، شريط ورق مقسم (يمكن الحصول عليه بقطعه من فرخ رسم بياني)

الخطوات:

- ♦ أنفخ البالون قليلاً ليصبح بحجم قبضة اليد، ثم ارسم نقاط على سطح البالون باستخدام قلم التأشير ورقمها (من 10 إلى 15 دائرة).
- ♦ أحسب المسافات بين النقطة الأولى وباقي النقاط مُقاسة مرة بالمسطرة ومرة بشريط الورق.
- ♦ أنفخ البالون أكثر (أربع أو خمس نفخات متوسطة) ثم أغلق الفتحة.
- ♦ أحسب المسافة بين النقطة الأولى وأقرب النقاط إليها باستخدام شريط الورق المقسم والمسطرة.
- ♦ سجل قياساتك في جدول.
- ♦ أنفخ البالون إلى أقصى حد ممكن ثم كزر الخطوتين 2 و4 وسجل ملاحظاتك في الجدول نفسه.

التحليل والاستنتاج:

تفحص الصورة وتخيّل أنّ النقاط المرسومة على البالون تمثل المجرات المنتشرة في الكون، ثم أجب عن الأسئلة التالية:

- ♦ هل تتسع مساحة النقاط مع زيادة حجم البالون؟
- ♦ هل تتباعد النقاط مع تزايد حجم البالون؟
- ♦ إذا علمت أنّ التلسكوبات الفضائية أوضحت أنّ المجرات تتباعد عن مجرة درب التبانة وتمتدّد في المساحة، ماذا تستنتج من ذلك بناءً على النشاط الذي أجرته؟

مراجعة الدرس 1

1. ما المقصود بـ:
 - ♦ الليضة الكونية؟
 - ♦ قانون هابل؟
 - ♦ اللبنة الأساسية للكون؟
2. عرّف السديم وميّز بين أشكاله.
3. ما دليلك على اتساع الكون؟

أهداف الدرس

- ◆ يفرّق بين المجرة والنجم.
- ◆ يصنّف المجرات تبعاً لشكلها.
- ◆ يشرح دورة حياة النجم.

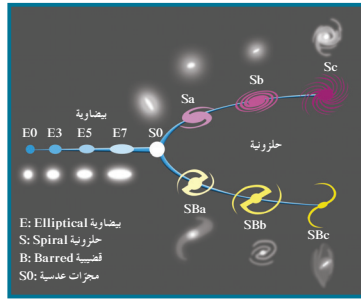


شكل 8
إحدى المجرات المنتشرة في الكون

المجرات

المجرات عبارة عن نظام كوني وحدته النجوم أو الحشود النجمية والسدم التي ترتبط معاً بقوة جذب كونية متبادلة، وهي ليست ثابتة في مكانها بل تدور كتلة واحدة حول محور وهمي في مركز المجرة مع اختلاف حركة أجزائها الداخلية، وتحرك في الوقت نفسه في الكون مبتعدة عن بعضها البعض (شكل 8). ويبلغ اتساع المجرات مئات السنين الضوئية وتختلف فيما بينها من حيث الحجم والكتلة وعدد النجوم التي تحويها. ولقد سُميت بحسب أشكالها تبعاً لتصنيفها الذي قام به العالم هابل Hubble (شكل 9)، ومنها:

- ◆ المجرات الإهليلجية (بيضاوية)
- ◆ المجرات الحلزونية (لولبية)
- ◆ المجرات العدسية



شكل 9
تقسيم هابل للمجرات

وأهم مجرة لنا هي مجرة درب التبانة أو الطريق الحليبي Milky Way Galaxy والتي تعتبر الشمس أحد نجومها (شكل 10). وأقرب المجرات لنا هي مجرة المرأة المسلسلة ومجرة سحابتا ماجلان.

1.1 مجرة درب التبانة

تحتوي أكثر من مائتي مليار نجم. ويقدر العلماء قطرها بحوالي 100 ألف سنة ضوئية، وتحتوي الكثير من التجمعات الضوئية، بما فيها المجموعة الشمسية، والتي ينتمي إليها كوكبنا كوكب الأرض، وتقع المجموعة الشمسية في أحد أذرع المجرة الذي يسمى ذراع الجبار Orion Arm.



شكل 10
مجرة درب التبانة

2. النجوم ودورة حياتها

النجم هو جرم سماوي يشع ضوءاً وحرارة ذاتياً، تنتشر النجوم في المجرات وهي من المكونات الأساسية لها، ومن أقرب الأمثلة لنا الشمس. كما أن للإنسان دورة حياة تبدأ بميلاده وتنتهي بموته، فإن للنجوم أيضاً دورة حياة تبدأ بمولدها وتنتهي بموتها، وقد يستغرق الأمر ملايين السنين حتى يكمل النجم دورة حياته. يمر النجم أثناء دورة حياته بأربع مراحل هي مرحلة النجم الأولي ومرحلة البلوغ ومرحلة الشيخوخة (العماق الأحمر) ومرحلة الموت. وتتشابه النجوم في المراحل الثلاث الأولى في حين تعتمد مرحلة الموت على حجم النجم.

الأهداف:

- ◆ يفرّق بين المجرة والنجم.
- ◆ يصنّف المجرات تبعاً لشكلها.
- ◆ يشرح دورة حياة النجم.

كتاب الطالب: من ص 25 إلى ص 29

عدد الحصص: 1

1. قَدِّم وَحَفِّزْ

- ◆ إذا قال لك أحد مبالغاً أن المجرة كون صغير فهل توافقه الرأي؟ ولماذا؟ (نعم لأنها تحوي معظم المكونات المعروفة في الكون الشاسع مثل السدم والنجوم والغاز الكوني في كتلة متجانسة.)
- ◆ بمَ يوحي لك شكل المجرة الموجودة في الشكل (8) واتجاه أذرعها؟ (أنها تدور)
- ◆ ما سر حركة المجرات؟ (الانفجار العظيم الذي حدث عند نشأة الكون.)
- ◆ ما تأثير دوران المجرات أثناء تحركها؟ (تنوع أشكالها نظراً لأن معظم المكونات غازية ولذا تنساب تبعاً لطبيعة حركة المجرة.)

2. علِّم وَطَبِّقْ

1.2 المجرات

- دع الطلاب يتفحصون الشكل (9) ثم وضح لهم أن تبعاً لتقسيم هابل، تصنف المجرات البيضاوية تبعاً لمقدار انبعاجها إلى E0, E3, E7 أما المجرات الحلزونية فتقسم تبعاً لوجود الأذرع (SB) من عدمه (S) وكل منهما يقسم تبعاً لمقدار الحلزونية وطول الأذرع أو القضببان بإضافة الحروف a or b or c لأي منها وهناك نوع ثالث مستدق الحافة يُسمى المجرات العدسية.
- مجموعتنا الشمسية تقع في أحد أذرع مجرة درب التبانة التي يقدر قطرها بحوالي 100 ألف سنة ضوئية.
- للتأكد من فهم الطلاب لموضوع المجرات، دعهم يعدّدون أوجه الاختلاف بين المجرات ويصنّفونها.

1. أحمر
2. أصفر
3. أبيض

استنتج

1. كوكب
2. ترتفع ويتحول من الأحمر إلى الأصفر (مثل شمسنا).
3. تندمج ذرات الهليوم لتغطى ذرات لمواد أثقل.

قيم مدى فهم واستيعاب الطلاب بطرح الأسئلة الآتية:

♦ ماذا يحدث عند تجاذب وتصادم جزيئات الغاز أو الغبار في

السديم؟ (ترتفع درجة الحرارة)

♦ علام يساعد تعاضم ارتفاع درجة الحرارة؟ (الاندماج النووي)

♦ ماذا ينتج عن الاندماج النووي (طاقة جبارة من الحرارة والضوء كما في

حالة النجوم)

♦ بناء على النشاط الذي أجرينته، بأي لون تتميز حالة الاستقرار؟

(أصفر)

♦ إذا زاد معدل الاندماج النووي عن معدل الإشعاع في النجم،

ماذا يتكون؟ (نجم كثيف)

♦ ما مصدر طاقة النجوم؟ (الاندماج النووي)

استعراض المصطلحات

- ♦ انفجار النجم: نوما أو سوبر نوما بحسب شدة الانفجار.
- ♦ النجم الكثيف: الذي يزيد فيه معدل الاندماج الداخلي عن الإشعاع.

2.2 مناقشة

مراحل تكوّن النجم

يبدأ تكوّن النجم عندما تتكاثف مادة السديم وتتجاذب نحو المركز. فتتكمش وتزداد كثافتها، ويؤدي الاحتكاك إلى ارتفاع درجة الحرارة. حينها تبدأ مراحل الاندماج الذري فالنوي ومن ثم ينتج كميات كبيرة من الطاقة ما يجعل الكتلة تتوهج بضوء أحمر في البداية (النجم الأحمر). ينتج استمرار الاندماج ذرات أثقل (هيدروجين هيليوم وأحياناً أيونات أثقل) وينتج تزايد اندماج الأنوية طاقة أكبر، فيزداد التوهج ليتحول إلى النجم الأصفر فالأبيض بعد ذلك. يعتمد تطور النجوم على التركيب الأولي للسديم وكتلته ومكوناته. عند وصول النجم إلى مرحلة النجم الأبيض تتنازعه قوتان، الإشعاع من ناحية والتكاثف وانجذاب المكونات نحو المركز من ناحية أخرى. فإذا تفوق الإشعاع على قوة الجذب انفجر النجم (نوما أو سوبر نوما بحسب حجم الانفجار) مكوناً سديمًا مرة أخرى تاركًا المركز في صورة قزم أبيض. أما في حال كانت الكتلة الأصلية كبيرة وتكون أنوية ثقيلة نتيجة الاندماج والانجذاب نحو المركز، قد تفوق قوة الجذب على الإشعاع وتتكون كتلة كثيفة جدًا فائقة الجاذبية، تجذب كل ما يحيط بها إلى الداخل

Star Cycle

1.2 دورة حياة النجم

نشاط: أنواع النجوم

معلومة أساسية: تنتج طاقة النجم الحرارية والإشعاعية عن اندماج ذرات وأيونات الهيدروجين لتكون ذرات أثقل هي الهليوم. يسمى هذا التفاعل الاندماج النووي.

الأدوات: قطعة سلك صلب، ماسك، موقد بنزن

الطريقة: امسك قطعة السلك بالماسك. لاحظ السلك. إنه غير مشع.

سخّن طرف السلك على موقد بنزن في المختبر.

1. ماذا حدث للون طرف السلك عندما بدأ يسخن؟

2. عندما استمر التسخين لمدة أطول، ماذا أصبح لون إشعاع السلك؟

3. إلى أي لون تحوّل عندما قارب طرف السلك على الانصهار؟

استنتج: ضع خطًا تحت الإجابة الصحيحة.

1. السلك قبل تسخينه في النشاط السابق يمثل (نجم، كوكب).

2. ماذا يحدث لو زادت معدلات اندماج ذرات الهيدروجين؟ (ترتفع

درجة حرارة النجم ويتحول من الأحمر إلى الأصفر أو من الأصفر إلى

الأبيض - ترتفع درجة حرارة النجم ويتحول من الأبيض إلى الأصفر

أو من الأصفر إلى الأحمر).

3. ماذا يحدث لو تحول كل الهيدروجين إلى هليوم؟ (يتوقف الإشعاع

نهائياً - تندمج ذرات الهليوم لتعطي ذرات أثقل وتطلق طاقة أكبر)

1.1.2 مرحلة النجم الأولى

ينشأ النجم الأولى نتيجة انكماش سديم بارد جدًا من الغازات والغبار المنتشر في الفضاء تحت تأثير الجذب الذاتي لهذه المكونات، بحيث

يتكون هذا السديم في معظمه من غاز الهيدروجين وهو من أخف

العناصر. تبدأ هذه الكتلة بالدوران حول مركزها وتتسارع دقائق السديم

نحو مركز الكتلة، فمصطدم بعضها ما يؤدي إلى تسخينها لتصل إلى

درجة حرارة عالية جدًا. عندما تصل درجة الحرارة إلى 15 مليون درجة

مئوية، يبدأ الاندماج النووي بين أنوية الهيدروجين فيتكوّن الهيليوم في

مركز الكتلة، وتطلق طاقة حرارية جبارة نتيجة التفاعل النووي تعمل

على توهج الكتلة الغازية، وهذا ما يُسمى النجم الأولى ويكون غالبًا مائلًا

للأحمر.

هل تعلم؟

البُغْزَى البَيَاضَةُ Sirius هي من أسطع النجوم في السماء ليلاً ورابع ألمع جرم في السماء بعد الشمس والقمر وكوكب الزهرة، وهي تتر كوكبة الكلب الأكبر. صنف الفلكيون الشعري البمانية على أنها نجم ثنائي، لأنها في الواقع عبارة عن نجمين مترافقين، هما: الشعري البمانية (أ) وتبلغ كتلتها 2.1 ضعف كتلة الشمس، والشعري البمانية (ب) وهي قزم أبيض. ويقع هذا الثنائي النجمي على خط واحد مع الكلب الأكبر. بيتا والكلب الأكبر - جاما في كوكبة الكلب الأكبر. تبرد الشعري البمانية 8.6 سنة ضوئية عن الأرض، وهي بذلك أحد أقرب النجوم من الأرض والمعها في السماء. يطلق عليه أهل البحر اسم "النير" ويسميه أهل البادية في منطقة نجد في الجزيرة العربية "المرزم" وهو النجم الوحيد، باستثناء الشمس، الذي ذكر اسمه صريحاً في القرآن الكريم: ﴿وَالْقَنَاقِرُ الْمَرْجُومُ﴾ [النجم: ٤٩]. الشعري الشامية Prokyon أو α Canis Minoris أكثر نجوم كوكبة الكلب الأصغر تألقاً وهو مدرج على قائمة أشد النجوم سطوعاً. كان معروفاً جداً عند المصريين القدماء الذين سموه "إمي خت سوبدت". يبلغ بعده عتاً نحو 4.11 سنة ضوئية، إذا هو من أقرب النجوم إلينا وهو يشرق في السماء قبل ظهور الشعري البمانية. تتألف الشعري الشامية، من نجمين هما: الشعري الشامية (أ) وهو نجم أبيض مصفر، وقرينه الشعري الشامية (ب) وهو قزم أبيض.

حتى الضوء، فلا نراها لعدم وصول ضوء منها إلينا فتبدو كبقع معتمة في الفضاء تُسمى الثقوب الأسود. ولقوة جاذبيتها يسميها البعض المكانس الكونية.

شرح لمخطط هيرتزبرنج - راسل

يُعتبر منحنى هيرتزبرنج-راسل البياني (HR diagram)

(Hertzsprung–Russell diagram) من أهم الوسائل لدراسة تطور النجوم. ما قدّمه العالمان هنري نوريس راسل Henry Norris Russell وإينار هيرتزبرنج Ejnar Hertzsprung في بدايات القرن العشرين كان عبارة عن توقيع بياني لدرجة حرارة النجوم مقابل درجة المعان (الأساس النظري للمنحنى) أو لون النجم (نوع الطيف) والكمية المطلقة Absolute Magnitude (الأساس المبني على الملاحظة).

اعتماداً على الكتلة الأولية، كل نجم يتطور يسلك مراحل تطورية معينة يفرضها تركيبه الداخلي وكيفية إنتاجه وإطلاقه للطاقة. كل هذه المراحل تتناسب مع التغيرات في المعان ودرجة حرارة النجم والتي يرى أنها تتحرك لمناطق مختلفة على المنحنى البياني أثناء تطورها. هذا يكشف كفاءة هذا المنحنى بحيث تمكن علماء الفضاء بواسطته من معرفة التركيب الداخلي للنجم وتطوره بسهولة كبيرة وذلك من خلال تحديد موقعه على منحنى هيرتزبرنج-راسل.

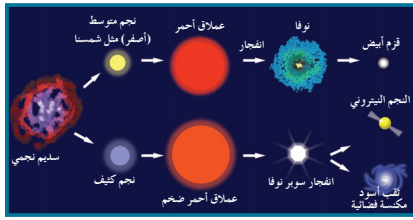
3. قيم وتوسّع

1.3 ملف تقييم الأداء

- ◆ كلف الطلاب رسم شكل توضيحي بسيط يوضح دورة النجوم.
- سديم ← نجم أحمر عملاق ← نجم أصفر متوسط ← نجم أبيض كثيف ← انفجار نجمي (نوبا) ← سديم مرة أخرى + قزم أبيض
- ◆ كلف الطلاب رسم رسم توضيحي يوضح دورة النجوم التي ينتج عنها ثقب أسود (مكنسة فضائية).
- سديم ← نجم أحمر عملاق ضخم ← نجم أصفر ← نجم أبيض كثيف ضخم ← انفجار نجمي (أو سوبر نوبا) ← ثقب أسود
- ◆ لماذا تسمى المكانس الفضائية بهذا الاسم أو باسم الثقوب الأسود؟ نظراً لحدوث اندماج نووي شامل ليكون كتلة مغناطيسية جبارة لا تشع ضوءاً فتبدو كبقعة سوداء ولكنها ذات قوة جذب جبارة تجذب أي مكون فضائي يقترب منها بما في ذلك فوتونات الضوء.

فقرة إرشادية

بعد نفاد الوقود الذري في النجم، أي عنصر الهيدروجين، تتغلب قوى الجذب في النجم على قوى التشتت، وتنبس مناطق الغازية الخارجية في الداخل، وتزيد كثافة النجم تدريجياً بتزايد انكماش الذرات داخله تحت تأثير الجاذبية. يفقد النجم الحرارة بشكل متزايد إلى أن يتبلع فيه نوى الذرات الإلكترونية المحيطة بها، فيصبح هذا الأخير عبارة عن نواة واحدة عظيمة الكبر. وبامتصاص البروتونات للإلكترونات، تتحول بالتفاعل النووي إلى نيوترونات، وتصبح كل تلك المادة الغريبة مادة النيوترونات، لذا يُسمى النجم النيوتروني. يحدث هذا التحول للنجوم عندما تكون كتلتها بين 1.44 و 3 كتلة شمسية. أما إذا كانت كتلة النجم أكبر من ذلك، فإن النجم يتحول في آخر عمره إلى ثقب أسود.



شكل 11
دورة حياة النجوم

2.1.2 مرحلة البلوغ

سرعان ما تزداد كتلة النجم الأولي، التي تتجمع على مقدار ما في السديم، معتمدة على المادة. ثم تستقر كتلة النجم ليصل إلى مرحلة البلوغ ويُسمى عندها النجم البالغ ويكون عادةً أصفر اللون مثل شمسنا. أما إذا كانت كتلة النجم كبيرة فيعطي نوعاً آخر في البلوغ هو النجم الكثيف كما في الشكل (11).

3.1.2 مرحلة الشخوخة (العملاق الأحمر)

يستمر النجم بالتوجه مع استمرار التفاعلات النووية فتتغلب قوة الإشعاع على قوة الجذب نحو المركز فيتمدد وتقل حرارته نسبياً فيكبر في الحجم ويتحول إلى اللون الأحمر مكوناً العملاق الأحمر. وإذا كانت الكتلة الأصلية كثيفة يتكون العملاق الأحمر الضخم Red supergiant.

4.1.2 مرحلة الموت

تستمر عملية التمدد نتيجة الإشعاع حتى تبلغ مداها وينفجر النجم (في ما يُسمى ظاهرة النوبا) (شكل 11) لتبدد أجزاءه المتناثرة على شكل سديم تاركاً القلب المشع كنجم صغير أبيض يُسمى القزم الأبيض. يتميز النجم الكثيف بكتلة كبيرة لذا يكون الانفجار مروعاً وهو ما يُسمى سوبر نوبا (شكل 12). الكتلة المتبقية تكون أكبر من الأقزام البيضاء حيث تتركز المواد الثقيلة الناتجة من اندماج ذرات الهيليوم في مركز الكتلة مكونة كتلة ذات قوة جذب جبارة تُسمى الثقوب السوداء. وتتميز هذه الأخيرة بجاذبية عالية جداً لدرجة أنها قادرة على جذب فوتونات الضوء، لذا تبدو كمساحات غير مضيئة في الفضاء تجذب كل ما يقترب منها، فسمّاها البعض المكانس الفضائية.

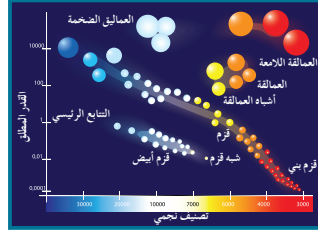


شكل 12
انفجار نجمي (سوبر نوبا)

1. (أ) المجرات عبارة عن نظام كوني وحدته النجوم أو الحشود النجمية والسدم التي ترتبط معًا بقوى جذب كونية متبادلة، وهي ليست ثابتة في مكانها بل تدور ككتلة واحدة حول محور وهمي نفسه في مركز المجرة مع اختلاف حركة أجزائها الداخلية وفي الوقت نفسه تتحرك في الكون مبتعدة عن بعضها البعض.
- (ب) جسم يشع ضوء وحرارة تختلف باختلاف المرحلة العمرية للنجم.
- (ج) تجمعات من الغازات والأترية بعضها قديم التكوين نشأ مع بداية نشأة الكون، ولذلك تحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين والهيليوم ولا تحتوي على عناصر ثقيلة. والغالب منها عبارة عن بقايا انفجارات النجوم وما تخلفه من غازات وأترية وتكون نسبة العناصر الثقيلة في هذه السدم عالية إذ تكونت هذه العناصر من المخلفات النجمية.
- (د) الكتلة المتبقية عن الانفجار النجمي وتكون أكبر من الأقزام البيض حيث تتركز المواد الثقيلة الناتجة من اندماج ذرات الهيليوم في مركز الكتلة مكونة كتلة ذات قوة جذب جبارة، وتتميز بجاذبية عالية جدًا لدرجة قدرتها على جذب فوتونات الضوء لذا تبدو كمساحات غير مضيئة في الفضاء تجذب كل ما يقترب منها لذا يسميها البعض المكناس الفضائية.
2. (أ) المجرة عبارة عن نظام كوني مؤلف من النجوم والسدم، أما النجم فهو أحد مكونات المجرة الأساسية يشع ضوءًا وحرارة.
- (ب) النفا انفجار نجمي أقل وطأة من السوبر نفا ويعتمد ذلك على كثافة النجم المنفجر وحجمه.
- (ج) النجم الأصفر مرحلة سابقة من النجم الأحمر بعدما زادت معدلات الاندماج النووي وارتفاع الحرارة لمعدلات أعلى عما هو في النجم الأحمر.
3. راجع الشكل (9) في كتاب الطالب صفحة 26.
4. (أ) تبعًا لحجم السديم وكثافة مكوناته والنجم الأولي الناشئ عنه، تحدث إحدى الحالتين التاليتين:
- نجم أصفر ← أحمر عملاق ← انفجار (نفا) ← قزم أبيض أو
- نجم كثيف ← عملاق أحمر ضخيم ← انفجار شديد (سوبر نفا) ← نجم نيتروني أو ثقب أسود
- (ب) الاندماج النووي.
- (ج) لتمييزها بجاذبية عالية جدًا لدرجة قدرتها حتى على جذب فوتونات الضوء لذا تبدو كمساحات غير مضيئة في الفضاء.
5. ينفجر النجم.

إثراء علمي

يُعتبر مخطط هيرتسبرنج-راسل (شكل 13) أداة أساسية في دراسة أنواع النجوم وتطورها. تقع معظم النجوم ضمن نطاق يبدأ من قمة اليسار (تكون النجوم فيه ساخنة وساطعة) وصولاً إلى قاع اليمين (تكون النجوم فيه باردة، ومظلمة)، بينما تقع الأقزام البيضاء تحتها. يُعرف هذا النطاق بالرئيسية المتتالية. على سبيل المثال، تقع المتغيرات القيفاوية فوق المتتالية، أما الشمس فتحتل في الوسط. عندما تنفث السحب التي تُكوّن النجوم إلى شطابا، تنقلص تحت تأثير قوى الجاذبية وتسخن، ثم تشع الحرارة. ويستمر ارتفاع درجة الحرارة إلى حد يكفي لبدء التفاعلات النووية، بحيث يتحرك النجم خلالها نحو المتتالية الرئيسية حيث يستقر في موضع يعتمد على كتلته وحرارته. ويبقى النجم معظم حياته في ذلك الموضع، فيولد الطاقة بنحويل الهيدروجين إلى هيليوم (كالشمس تماماً). ولكن بعد استنزافه لمعظم وقوده الهيدروجيني، يبدأ بالابتعاد عن المتتالية الرئيسية متحولاً إلى عملاق أحمر. ولكن ماذا يحدث بعد ذلك؟ يُعتقد أن النجم يتسارع عبر مراحل وقودية مختلفة مولداً أنواعاً عديدة من العناصر الثقيلة إلى أن يصل إلى حالة عدم الاستقرار فينفجر مشكلاً نجماً مستعراً (متجذراً) أو نجماً متجذراً أعظم.



شكل 13
مخطط هرتسبرج-راسل

مراجعة الدرس 2

1. ما المقصود بـ:
 - (أ) المجرة؟ (ب) النجم؟ (ج) السديم؟ (د) الثقوب السوداء؟
2. ما الفرق بين:
 - (أ) المجرة والنجم؟
 - (ب) النفا والسوبر نفا؟
 - (ج) النجم الأصفر والنجم العملاق الأحمر؟
3. أرسم رسماً تخطيطياً يوضح تقسيم هابل للمجرات.
4. اشرح:
 - (أ) دورة حياة النجم.
 - (ب) مصدر طاقة النجم.
 - (ج) عدم إصدار الثقوب السوداء للضوء.
5. عندما يسخن النجم جداً، فإنه يتمدد بفعل الحرارة الزائدة. ماذا يحدث إذا تفوقت طاقة الإشعاع والتمدد على معدل تكاثف الهيدروجين والهيليوم نحو مركز النجم؟

كتاب الطالب: من ص 30 إلى ص 33

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- يشرح كيف تكونت المجموعة الشمسية.
- يشرح تطور الأرض.
- توضيح تمايز مكونات الأرض.

1. قَدِّم وحفِّز

- كيف اكتسبت السدم العظيمة طاقة حركتها؟ (اكتسبتها إثر الانفجار العظيم.)
- ما دور الضغط المبذول عليها من أشعة النجوم المنتشر في الكون؟ (جعلها تدور حول نفسها)
- ما نتائج دوران السديم الضخم حول نفسه؟ (1) تولد قوة طرد مركزي ما أعطاها شكل قرصي، انفصال حلقات دوامية صغيرة من الغاز تدور حول نفسها وحول مركز السديم.)
- كما تعلمت في الدرسين السابقين، ماذا تتوقع نتيجة قوة تجاذب الجزيئات داخل مركز السديم؟ (ارتفاع درجة الحرارة، اندماج نووي، تكون نجم (كالشمس))
- ماذا تتوقع بالنسبة للحلقات الغازية الصغيرة؟ (تجاذب جزيئاتها نحو المركز، تنكمش، تبرد في النهاية لتعطي كواكب.)

2. علِّم وطبِّق

- كلف الطلاب، باستخدام الأسس العلمية السابقة، بصياغة فرضية ترتب الأحداث ترتيباً منطقياً لصياغة فرضية تلخص تكون المجموعة الشمسية.
- كلف الطلاب بمراجعة فرضياتهم بفرضية كوبر وناقشهم فيها مرة أخرى وشرحها تفصيلاً كما ورد في كتاب الطالب.
- كلف الطلاب بالبحث عن نظريات أخرى لتكون المجموعة الشمسية (النجم الزائر مثلاً) ومناقشتها تفصيلاً وضمها لملف الإنجاز الخاص بهم.

2.2 تطوّر الأرض المبكر

- لتأكد من فهم الطلاب لتطوّر الأرض المبكر، اسألهم:
- ما هو السبب وراء تطوّر الأرض من كتلة صخرية إلى ما هي عليه الآن؟ (عملية التمايز)
- دعهم يعدّدون أسباب التحوّلات الحاصلة في درجة حرارة الأرض، وذلك لتأكد من استيعابهم أنّ الأرض لم تكن كما هي الآن وأنّها مرّت بمراحل كثيرة لتصبح على النحو التالي.

التمايز وتكون الغلاف الغازي

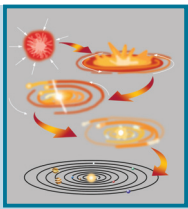
- لمساعدة الطلاب على فهم تكون الكواكب مثل الأرض، ناقش معهم الموضوع عن طريق طرح أسئلة كالتالية:
- هل بدأت الأرض كإحدى الكتل الغازية المنفصلة عن السديم المركزي ككتلة ملتهبة؟ (نعم)
- ما مصدر الحرارة؟ (تجاذب الجزيئات داخل الحلقة الغازية، تعرضها لرياح تصادمية من المواد المحيطة، تحليل المواد المشعة المتكونة)

نشأة المجموعة الشمسية Origin of the Solar System

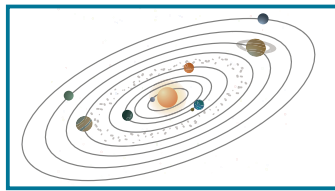
الدرس 3

أهداف الدرس

- يشرح كيف تكونت المجموعة الشمسية.
- يشرح تطور الأرض.
- يوضّح تمايز مكونات الأرض.



شكل 15
مراحل المجموعة الشمسية



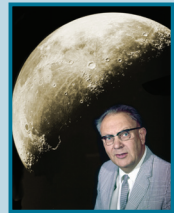
شكل 14
المجموعة الشمسية

1. كيف تكونت المجموعة الشمسية؟

لا توجد نظرية ثابتة ومؤكدّة تفسّر تكون المجموعة الشمسية ولكن من استقراء الدلائل التي تُلاحظ في الكون، يمكن تفسير كيفية تكون المجموعة الشمسية بشكل تقريبي.

ومن بين الكثير من التصورات هو التصور الذي اقترحه الفلكي جيرارد كوبر (Gerard Kuiper) (شكل 16) والذي يوضّحه الشكل (15) أن المجموعة الشمسية تكونت من بين سحب الغاز والغبار الكوني المتناثر في ذراع المجرة الأم (درب التبانة). وتم شرح النظرية التي سميت بنظرية سحابة الغبار كالتالي:

- تدور سحابة باردة غير منتظمة الشكل وهائلة الحجم من الغبار الكوني والغازات بحيث يمثل الهيدروجين والهيليوم الجزء الأكبر منها في حركة عشوائية.
- أدى الضغط الناتج عن أشعة النجوم المنتشرة في الكون حول السحابة إلى تحرك مكوناتها ببطء ودورانها في اتجاه واحد حول نفسها لتكون شكل قرص مفلطح.
- نتيجة لقوة تجاذب الجزيئات واختلاف سرعتها داخل القرص تكونت دوامات صغيرة وانكمشت كل دوامة مكونة نواة كوكب مستقل فيما بعد.



شكل 16
جيرارد كوبر

نشاط

افحص صورة المجموعة الشمسية وابحث في شبكة الإنترنت عن اسم الحزام الذي يتميز بتراكم الكويكبات فيها وأين يقع تحديداً؟

- ♦ الكتلة المنصهرة تتكون من مواد متفاوتة الكثافة، ماذا تتوقع أن يحدث حينئذٍ؟ (تغوص المواد الأثقل نحو المركز وتندفع المواد الأخف نحو السطح)
- ♦ ما هو سبب اختلاف كثافة الكتلة المنصهرة؟ (تعتمد كثافة الكتلة المنصهرة على اقترابها من مركز الأرض، أي أنها كلما اقتربت من المركز ازدادت كثافتها والعكس صحيح. تعتمد كثافة الكتلة المنصهرة على تركيبها والضغط الواقع عليها أي أنها كلما اقتربت من المركز ازدادت كثافتها والعكس صحيح.)

♦ اجعل الطلاب يقترحون مصطلحاً لذلك ثم يراجعونه في كتاب الطالب (عملية التمايز)

♦ ما الظاهرة التي تميز الكوكب (مثل الأرض) والذي تكون بمثل هذه الطريقة؟ (تكون باطن الأرض من نطاقات وتصلب قشرته الخارجية.)

♦ ماذا تتوقع من ظواهر تدلّ على وجود باطن حار للأرض؟ (أنشطة بركانية - يصاحبها تصاعد غازات.)

إشرح للطلاب أنّ عملية التمايز مهمة جداً، فمن دونها ما كانت الأرض مؤلفة من القشرة الأرضية، وما كنا وجدنا كلّ تلك المواد في صخور الأرض.

خلفية علمية

تمايز مكّونات الأرض وتمركز المكونات الثقيلة في مركز الأرض
إشرح للطلاب أنّ الأرض كانت كتلة من الصهير نظراً إلى الأسباب الآتية: تساقط الأجسام الصغيرة من سحابة الغبار على سطحها وارتطامها بشدة، تحلل العناصر المشعة في باطن الأرض وتحولها وتحويلها تلقائياً إلى عناصر أخرى تطلق كمّيات كبيرة من الجسيمات والطاقة الحرارية، احتكاك مواد الأرض بعضها ببعض في أثناء دوران الأرض حول محورها. ثم أخذت المركبات الثقيلة تغوص أسفل والمركبات الخفيفة تطفو، مترافقة مع عوامل أخرى شبيهة بما درسوه سابقاً عن تمايز الماجما حيث تتبلور المعادن بطريقتين، الأولى انفصالية عندما تتجمّد أجزاء من الصهير وتبلور في أثناء انخفاض الحرارة وتنفصل عن الصهير، والثانية هي عبارة عن التفاعل المستمر مع الصهير والتدرّج في التركيب بحيث تكون المعادن النهائية المنفصلة بالطريقتين فقيرة بالمعادن الحديدومغنسية وغنية بالسيليكا. وهذا التركيب هو تركيب القشرة الأرضية الحالية.

خلفية علمية

تكوّن الأرض من الأحماض الأمينية وتحولها إلى البروتين
في أوائل الخمسينيات، ومن خلال التجارب التاريخية من «ستانلي ميلر»، تمّ تحويل أكثر من 15% من كربون غاز الميثان الذي تعرّض لعملية تفريغ كهربائية (كما يحدث في حالات البرق) في المختبر إلى مجموعة متنوعة من الأحماض الأمينية، واللبات الأساسية للبروتينات، والمكوّنات البيولوجية المحتملة الأخرى. على الرغم من أنّ الغلاف الجوي البدائي لم يعد يعتقد أنّه كان غنيّاً بالهيدروجين، ولكن اكتُشف أنّ النيزك مورثيسون يحتوي على الأحماض الأمينية نفسها التي حصل عليها ميلر، وحتّى بالنسبة النسبية عينها، ما يوحي بقوة بأنّ له نتائج ذات صلة بأصل الحياة على الأرض. بالإضافة إلى الأحماض الأمينية، أنتجت التجارب الكيميائية غير الحيوية مركّبات سكريات وبيورين وبيريميدين التي تُعتبر من مكوّنات الـ DNA والـ RNA ومواد بيولوجية أخرى مهمة ما يشير إلى أنّ الأجواء الماضية قد كوّنّت المركّبات المهمة لنشأة الحياة. وقد سهّل ذلك ظهورها البدائي منذ 3 مليارات سنة على الأقل.

- ♦ الجزء الأكبر من مادة السحابة الضخمة انجذبت إلى مركزها مكونة شكل الشمس الأولي.
- ♦ أخذت أنوية الكواكب في تنظيم حركتها الداخلية، وأخذت تنكمش بحيث أصبحت المواد الثقيلة تنجذب إلى مركزها، وفي الوقت ذاته أدى الضغط الناتج عن تجاذب الجزيئات في نواة الشمس واصطدامها مع بعضها إلى تولد الحرارة داخلها مع ارتفاع درجة الحرارة تدريجياً.
- ♦ بدأت التفاعلات النووية في نواة الشمس، وبدأ الإشعاع في تنقية الأجواء المحيطة بأنوية الكواكب من الغازات الخفيفة بخاصة القريبة من الشمس. وهكذا تكونت المجموعة الشمسية.

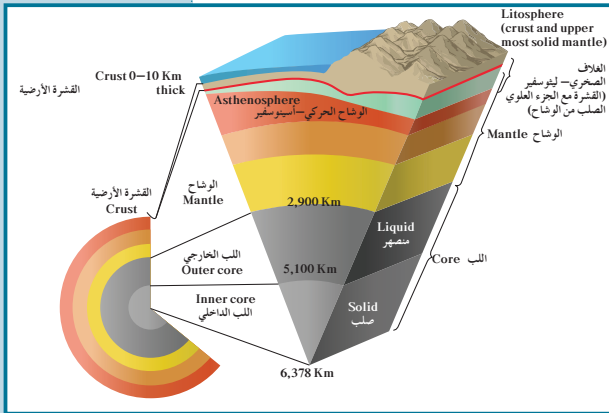
2. تطور الأرض المبكر

- كيف تطورت الأرض من كتلة صخرية إلى كوكب حي فيه قارات ومحيطات وغلاف جوي؟ حدث ذلك نتيجة عملية التمايز Differentiation وهي تحول الأرض من كتلة تتكون من مواد مختلطة مع بعضها البعض (متجانسة) إلى جسم مقسم من الداخل إلى أغلفة متحدة المركز تختلف عن بعضها فيزيائياً وكيميائياً.
- إنّ الأرض في بداية تكونها كانت باردة وصلبة ولا يوجد حولها غلاف غازي أو مائي، وبدأت بعدها الحرارة تزداد داخلها، ويعود ذلك إلى أسباب عديدة هي:
- ♦ تساقط الأجسام الصغيرة من سحابة الغبار على سطحها وارتطامها بشدة.
- ♦ تحلل العناصر المشعة في باطن الأرض وتحولها تلقائياً إلى عناصر أخرى تطلق كمّيات كبيرة من الجسيمات والطاقة الحرارية، مثل عناصر اليورانيوم والثوريوم اللذين يتحولان إلى رصاص.
- ♦ احتكاك مواد الأرض بعضها ببعض في أثناء دوران الأرض حول محورها.
- ♦ تكون الأكاسيد والتفاعلات الكيميائية المختلفة داخل الأرض.

3. تمايز مكّونات الأرض

- بدأت الأرض بالانصهار نتيجة العوامل التي سبق ذكرها، كما بدأت بعملية التمايز (شكل 17) حيث صعدت المواد المنصهرة الأقل كثافة ناحية السطح مكونة القشرة الأرضية. هذه المواد غنية بالسيليكا والألومنيوم والصدوديوم والبوتاسيوم (وما تزال الصخور الموجودة عند سطح الأرض غنية بتلك المواد). بينما غاصت المواد المنصهرة الأكثر كثافة مثل الحديد المنصهر إلى مركز الأرض مكونة لب الأرض. تفصلهما طبقة أكبر سمكاً متوسطة الكثافة هي طبقة الوشاح، أي أنّ كثافة مواد الأرض تزداد كلما اتجهنا نحو مركز الأرض.

31



شكل 17
القطاع الداخلي في الأرض

4. تطور الغلاف الغازي

- تكون الغلاف الغازي الأولي للأرض نتيجة تصاعد الغازات والمواد الطيارة من تصدعات القشرة الأرضية وتوران البراكين، وكانت تشمل أساساً بخار الماء، وثنائي أكسيد الكربون، والميثان. يلي ذلك تكثف بخار الماء ليكون السحب، وبدأت الأمطار الغزيرة الجارية تملأ المناطق المنخفضة مكونة المحيطات الأولية التي كانت مياهها عذبة وبدأت ملححتها تزيد بالتدرّج نتيجة إذابة الماء الجاري للألاح والمعادن الموجودة في قشرة الأرض بعد تفككها في عمليات التجوية وصحبها في المحيطات.
- ومنذ حوالي 3,5 مليار سنة بدأت البكتيريا الخضراء المزرقّة Cyanobacteria بالقيام بعملية البناء الضوئي ومن ثم إطلاق الأكسجين في الماء. بمجرد ازدياد عدد الكائنات المنتجة للأكسجين، بدأ الأكسجين بالتراكم في الغلاف الجوي.

32

تطور الغلاف الغازي

يختلف الغلاف الجوي اليوم جذرياً عن الغلاف الجوي الذي تشكل مع الأرض منذ مليارات من السنين. عند تشكل الأرض مع الشمس منذ 4.6 مليار سنة، لم يكن هناك أكثر من كرة صخرية منصهرة محاطة بجو من الهيدروجين والهيليوم، لأن الأرض لم يكن لديها حقل مغناطيسي لحمايتها، وبفعل الرياح الشمسية، انجراف هذا الغلاف الجوي المبكر بعيداً. وعندما بردت الأرض بما يكفي لتشكيل قشرة صلبة (4.4 مليار عام)، كانت مغطاة بالبراكين النشطة. انبعثت هذه البراكين من الغازات مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأمونيا، وكوّن هذا الجو السام المبكر شيئاً يشبه الغلاف الجوي لدينا اليوم. وبفعل ضوء الشمس، تحللت جزيئات الأمونيا الصادرة عن البراكين، ما سبب الإفراج عن النيتروجين في الغلاف الجوي. على مدى مليارات السنين، وصلت كمية النيتروجين إلى المستويات التي نراها اليوم. وأدى تطور البكتيريا منذ 3.3 مليارات السنين إلى تغيير الغلاف الجوي للأرض إلى ما نعرفه اليوم، حيث استخدمت هذه البكتيريا المعروفة بالبكتيريا الزرقاء، الطاقة من الشمس لعملية التمثيل الضوئي، والإفراج عن الأكسجين كمنتج ثانوي، واستهلكت ثاني أكسيد الكربون لصنع الجزيئات العضوية.

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الأداء

اسأل الطلاب: ما دور تصاعد الغازات البركانية في تكون الغلاف الغازي؟ (يعتقد أن الغلاف الغازي الأول كان غنياً بالميثان والأمونيا بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء نظراً إلى أن تلك الغازات كانت من المكونات الأساسية للغازات التي تصاحب ثوران البراكين التي كانت واسعة الانتشار عند بداية تكوّن الأرض. بعد ذلك، ساعد تحلل الغازات وتفاعلاتها بسبب ضوء الشمس وعملية التمثيل الغذائي للطحالب والنباتات في تحويل الغلاف الغازي إلى التركيب الحالي.)

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3

1. أدى الضغط الناتج عن أشعة النجوم المنتشرة في الكون حول السحابة إلى تحرك مكثباتها ببطء ودورانها في اتجاه واحد حول نفسها لتكوّن شكل قرص مفلطح. نتيجة لقوة تجاذب الجزيئات واختلاف سرعتها داخل القرص تكوّنت دوّامات صغيرة وانكمشت كلّ دوّامة مكثّنة نواة كوكب مستقلّ فيما بعد. الجزء الأكبر من مادّة السحابة الضخمة انجذبت إلى مركزها مكثّنة شكل الشمس الأولي.

2. بدأت الأرض بالانصهار نتيجة تساقط الأجسام الصغيرة من سحابة الغبار على سطحها وارتطامها بشدّة، وتحلل العناصر المشعّة في باطن الأرض وتحولها تلقائياً إلى عناصر أخرى تطلق كمّيات كبيرة من الجسيمات والطاقة الحرارية، مثل عناصر اليورانيوم والثوريوم اللذين يتحوّلان إلى رصاص، واحتكاك مواد الأرض بعضها ببعض في أثناء دوران الأرض حول

مراجعة الدرس 3

1. ما دور كل من أشعة النجوم المنتشرة في الكون وقوى التجاذب في تكوين المجموعة الشمسية؟
2. اشرح تكوّن أغلفة الأرض.
3. اشرح تطور الغلاف الغازي.
4. اشرح زيادة الحرارة داخل الأرض بعد تكونها.

فقرة إنشائية

القشرة والليثوسفير والأكستوسفير الجزء العلوي للأرض يتكون من القشرة. والقشرة يمكن تمييزها إلى نوعين هما القشرة القارية والقشرة المحيطية. تبطن القشرة لأسفل طبقة كثيفة (100 كم) صلبة سيمائية التركيب، مكوّنة أساساً من صخور البيريدوتيت Peridotite ويعتبرها العلماء أعلى جزء من الوشاح. تُسمّى هذه الطبقة الليثوسفير. تلي الليثوسفير مرحلة (200 كم) منصهرة من الوشاح تتميز بنشاط تيارات الحمل المسؤولة عن الحركات التكوينية والأنشطة البركانية للأرض، إنها الأكستوسفير. أما باقي الوشاح، فهو صلب وتزداد كثافته مادته تدريجياً كلما تعمقنا في الأرض.

محورها، وتكوّن الأكاسيد والتفاعلات الكيميائية المختلفة داخل الأرض. بعدها بدأت عملية التمايز حيث صعدت المواد المنصهرة الأقل كثافة باتجاه السطح مكوّنة القشرة الأرضية. هذه المواد غنية بالسيليكا والألومنيوم والصوديوم والبوتاسيوم (وما تزال الصخور الموجودة عند سطح الأرض غنية بتلك المواد). بينما غاصت المواد المنصهرة الأكثر كثافة، مثل الحديد المنصهر، إلى مركز الأرض مكوّنة لبّ الأرض، بحيث تفصلهما طبقة أكبر سماكة متوسطة الكثافة وهي طبقة الوشاح، أي أنّ كثافة مواد الأرض تزداد كلّما اتّجهنا نحو مركز الأرض.

3. أنشطة بركانية، يصاحبها غازات، تكثف بخار الماء يكون أمطاراً، تتكون الأنهار وتصب في القيعان المنخفضة لتكون محيطات تزداد ملوحتها عن طريق إذابة المعادن المكونة للصخور التي تجري عليها الأنهار، وجود الماء يسمح بحياة بدائية كالطحالب خاصة الخضراء المزرقّة، التمثيل الضوئي يسمح بتصاعد الأكسجين ليكون مكوّناً أساسياً للغلاف الغازي مع الزمن ومن ثم تنوع الأحياء فيما بعد.

4. تحلل المواد المشعة، تساقط الأجسام الصغيرة من سحابة الغبار على سطحها وارتطامها بشدّة، تحلل العناصر المشعّة في باطن الأرض وتحولها تلقائياً إلى عناصر أخرى تطلق كمّيات كبيرة من الجسيمات والطاقة الحرارية، احتكاك مواد الأرض بعضها ببعض في أثناء دوران الأرض حول محورها.

1. د
2. أ
3. ب
4. د
5. ب
6. ب

ثانياً: فسر

1. أنشطة بركانية، يصاحبها غازات، تكثف بخار الماء يكون أمطاراً، تتكون الأنهار وتصب في القيعان المنخفضة لتكون محيطات تزداد ملوحتها عن طريق إذابة المعادن المكونة للصخور التي تجري عليها الأنهار، وجود الماء يسمح بحياة بدائية كالطحالب خاصة الخضراء المزرققة، التمثيل الضوئي يسمح بتساعد الأكسجين ليكون مكوناً أساسياً للغلاف الغازي مع الزمن ومن ثم تنوع الأحياء فيما بعد.
2. أنشطة بركانية، يصاحبها غازات، تكثف بخار الماء يكون أمطاراً، تتكون الأنهار وتصب في القيعان المنخفضة لتكون محيطات تزداد ملوحتها عن طريق إذابة المعادن المكونة للصخور التي تجري عليها الأنهار.
3. الكتلة المتبقية عن الانفجار النجمي وتكون أكبر من الأقزام البيض حيث تتركز فيها المواد الثقيلة الناتجة من اندماج ذرات الهليوم في مركز الكتلة مكونة كتلة ذات قوة جذب جبارة، وتتميز بجاذبية عالية جداً لدرجة قدرتها على جذب فوتونات الضوء، لذا تبدو كمساحات غير مضيئة في الفضاء تجذب كل ما يقترب منها.
4. يستمر النجم بالتوهج مع استمرار التفاعلات النووية، وتغلب قوة الإشعاع على قوة الجذب نحو المركز، فيتمدد وتقل حرارته نسبياً ويكبر حجمه ثم يتحول لونه إلى اللون الأحمر، مكوناً العملاق الأحمر. قد تبلغ عملية التمدد نتيجة الإشعاع مداها وينفجر النجم (ظاهرة النوبا) لتبرد أجزاؤه المتناثرة على شكل سديم تاركة القلب المشع كنجم صغير أبيض يُسمى القزم الأبيض.

أسئلة مراجعة الفصل الثاني

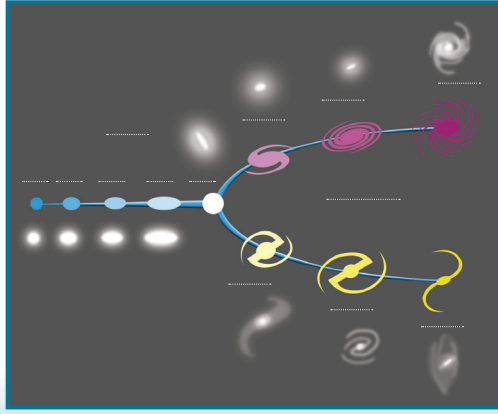
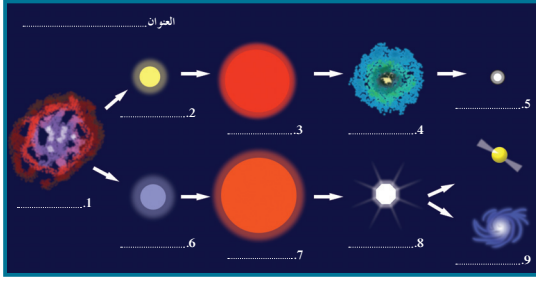
أولاً: اختر الإجابة المناسبة.

1. يمكن تصنيف شمسنا على أنها:
(أ) كوكب (ب) مجرة
(ج) سديم (د) نجم
2. السديم:
(أ) هو كتلة غاز وغبار كوني. (ب) يتكون من مجموعة نجوم.
(ج) هو جرم سماوي دائري. (د) هو جسم صلب غير مشع.
3. المجرة هي:
(أ) جسم غازي مشع مثل شمسنا.
(ب) نظام كوني وحدته النجوم أو الحشود النجمية والسدم.
(ج) جسم غير مشع مكون من غازات وغبار كوني.
(د) أحد مكونات المجموعات الشمسية.
4. النوبا أو السوبرنوبا مصطلح يعبر عن:
(أ) دوران السديم حول نفسه. (ب) دوران الكواكب حول الشمس.
(ج) انفجار كوكب. (د) انفجار نجم.
5. من 3,5 مليار سنة ساهمت البكتيريا في:
(أ) إنتاج ثاني أكسيد كربون في الغلاف الغازي.
(ب) إنتاج أكسجين الغلاف الغازي والمائي.
(ج) تسميد صخور القشرة الأرضية.
(د) تجوية صخور القشرة الأرضية.
6. أدى الانفجار العظيم إلى نشأة:
(أ) السدم (ب) الكون
(ج) النجوم (د) النجوم الحمراء العملاقة

ثانياً: فسر.

1. تكون الغلاف الغازي للأرض.
2. تكون الغلاف المائي للأرض.
3. تكون الثقوب السوداء.
4. حدوث ظاهرة النوبا.

- ثالثاً: اشرح .
 1. تكون المجموعة الشمسية.
 2. الانفجار العظيم في تكون الكون .
 رابعاً: أذكر ماذا يمثل الرسم واستكمل بياناته .
 1.



ثالثاً: اشرح

1. راجع الفقرة الأولى ص 30
2. الكون في بدء نشأته كان كتلة غازية عظيمة الكثافة واللمعان والحرارة تسمى الببضة الكونية. ثم حصل في هذه الكتلة بتأثير الضغط الهائل المنبثق من شدة حرارتها، انفجار عظيم فتتها وقذفها مع أجزائها في كل اتجاه فتكونت مع مرور الوقت الكواكب والنجوم والمجرات. ولقد سمى بعض العلماء هذه النظرية بالانفجار العظيم "Big Bang".

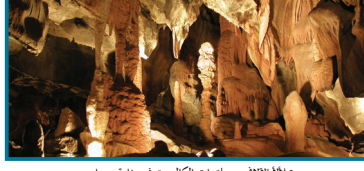
رابعاً: اذكر ماذا يمثل الرسم واستكمل بياناته

1. راجع الشكل (11) صفحة 28 الدرس الثاني .
2. راجع الشكل (9) صفحة 26 الدرس الثاني .

مخطط الوحدة الثانية: مواد الأرض (I)

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص
2. المعادن	1. تكوين المعادن	♦ يمثل الوحدة البنائية لصخور القشرة الأرضية بمخطط سهمي . ♦ يعرف كلّ من الموادّ المتبلّرة وأشباه المعادن . ♦ يعدّد خواصّ المعدن . ♦ يميّز بين المعادن وغيرها من الموادّ .	1
	2. الخواصّ الفيزيائية للمعادن	♦ يميّز 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 .	1
	5. الأحجار الكريمة	♦ يتعرّف مفهوم الأحجار الكريمة والنفيسة . ♦ يصف بعضاً من المعادن وأصنافها . ♦ يشرح طرق تصنيع الأحجار الكريمة المقلّدة .	1
حل أسئلة مراجعة الفصل			1
إجمالي عدد الحصص			7

- الفصل الأول: المعادن
- الدرس الأول: تكوين المعادن
- الدرس الثاني: الخواص الفيزيائية للمعادن
- الدرس الثالث: الخواص الكيميائية للمعادن
- الدرس الرابع: الشكل البلوري للمعادن
- الدرس الخامس: الأحجار الكريمة



تلالا الآلاف من بلورات الكالسيت في مغارة جيبنا.

اكتشف بنفسك

Growing a Crystal Garden

تنمية حديقة بلورية

تأخذ المعادن أشكالاً وألواناً متنوعة ومبهرة، من المكعبات الدقيقة للغاية (ملح الطعام) إلى كتل من بلورات الكالسيت الموضحة في الصورة، إلى الياقوت 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:

- ابدأ بتحديد المواد التي ستستخدمها لتكون موقع الحديقة.
- يحدّد معلمك مواد متنوعة، ويصف أنواع محاليل النمو البلوري التي يمكن استخدامها. (ابحث على الإنترنت وناقش المعلم).
- صمّم موقع حديقتك البلورية وجّهزه، ثم أضف المحاليل.
- لاحظ نمو البلورات وسجل ملاحظتك.
- أعرض حديقتك البلورية المكتملة على الفصل.
- صِف خطوات العمل وملاحظاتك وما توصلت إليه من نتائج.

36

مكوّنات الوحدة

الفصل الأول: المعادن

الدرس 1: تكوين المعادن

الدرس 2: الخواص الفيزيائية للمعادن

الدرس 3: الخواص الكيميائية للمعادن

الدرس 4: الشكل البلوري للمعادن

الدرس 5: الأحجار الكريمة

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 يخطّطون، وما الأدوات والمعدّات اللازمة للقيام بهذه المهمة.

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 لبلورات معدنية من كتب الجيولوجيا. بعد ذلك اشرح لهم أنهم سوف يقومون بإنماء 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.

المعادن

دروس الفصل

الدرس 1: تكوين المعادن

الدرس 2: الخواص الفيزيائية للمعادن

الدرس 3: الخواص الكيميائية للمعادن

الدرس 4: الشكل البلوري للمعادن

الدرس 5: الأحجار الكريمة

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: عيتان من معدن الهيماتيت الأسود ومعادن

الماجنييت، لوح سيراميك، مناديل ورقية

الزمن: 10 دقائق

دروس الفصل

الدرس الأول

المعادن

الدرس الثاني

الخواص الفيزيائية للمعادن

الدرس الثالث

الخواص الكيميائية للمعادن

الدرس الرابع

الشكل البلّوري للمعادن

الدرس الخامس

الأحجار الكريمة

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 يُصنع من معدن التالك Talc. في الحقيقة، إن كلّ منتج مُصنّع يحتوي على مواد تم استخراجها من المعادن.



التالك



الجرافيت

الخطوات

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

النتائج المتوقعة

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

الاستنتاج

يمكن استخدام اختبار المخدش للتمييز بين المعادن المختلفة والتعرف عليها.

كتاب الطالب: من ص 38 إلى ص 40

عدد الحصص: 1

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

الأهداف:

- ◆ يمثل مكونات القشرة الأرضية بمخطط سهمي.
- ◆ 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 18 و 19). 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 وأيها 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).

1.2 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.

المعادن
Minerals

الدرس 1

أهداف الدرس

- ◆ يمثل مكونات القشرة الأرضية بمخطط سهمي.
- ◆ يعرف كل من المواد المتبلرة وأشباه المعادن.
- ◆ يعدد خواص المعدن.
- ◆ يميز بين المعادن وغيرها من المواد.

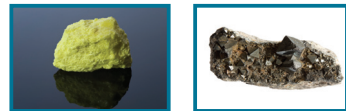


يظهر الشكلان (18) و (19) الفحم الحجري ومعدن الكوارتز على التوالي.

انظر إلى الشكلين (18 و 19). 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 تطلع على خواص المعادن.

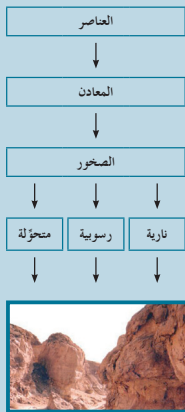
الوحدات البنائية للقشرة الأرضية

تعلّمت سابقاً أنّ الصخور بأنواعها الثلاثة (نارية ورسوبية ومتحولة) هي الوحدة البنائية للقشرة الأرضية (شكل 20)، وهي تتكوّن من بلورات أو حبيبات صغيرة تُسمّى معادن. تكون المعادن مركّبات كيميائية كمعدن الماغنيتيت (أكسيد الحديد الأسود) Fe_3O_4 (شكل 21)، أو عناصر منفردة أحياناً كمعدن الكبريت S (شكل 22). لكل معدن تركيبه وخواصه الفيزيائية الخاصة به، وقد تكون الحبيبات أو البلورات مجهرية أو مرئية بالعين المجردة.



معدن الكبريت

معدن الماغنيتيت



يظهر هذا المخطط علاقة القشرة الأرضية بمكوناتها مثل الموضحة في صورة مرتفعات جبال 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 58 و 59، 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: 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 الطبيعي 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 الأصدا ف والشعاب المرجانية على أنها معادن بالرغم من أنه قد تم إفرازها بواسطة الحيوانات؟ (لأنها مركّبات غير عضوية.)



شكل 23
الثلج



شكل 24
الزرد

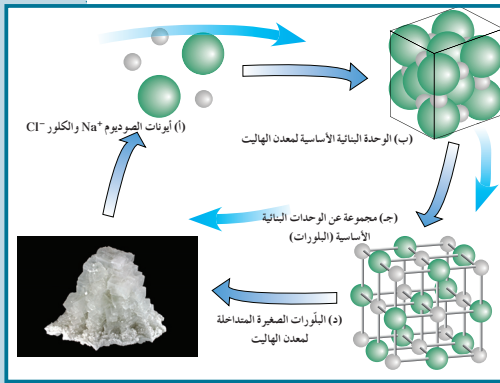
شكل 25
شكل توضيحي لترتيب المنتظم لأيونات الصوديوم والكلور في معدن الهاليت Halite. ترتيب الأيونات في شكل وحدات بنائية أساسية ذات شكل مكعب، يجعل البلّورات مكعبة منتظمة الشكل.

يعرف علماء الجيولوجيا المعدن على أنه مادة صلبة غير عضوية تكونت بصورة طبيعية ولها نظام بلّوري مميز وتركيب كيميائي محدد. لهذا تصنف مواد الأرض كمعادن عندما تتميز بالخواص التالية.

1. طبيعيًا Naturally
يتكوّن المعدن من خلال عمليات جيولوجية طبيعية، وبالتالي لا يعتبر الماس Diamond أو الياقوت Ruby الصناعيان، بالإضافة إلى أنواع متعددة من المواد المفيدة بمثابة معادن.

2. صلبة Solid
لكي تعتبر المادة معدناً يجب أن تكون صلبة عند درجات حرارة سطح الأرض. لذلك، يعتبر الثلج المتساقط Snow Crystal معدناً خلافاً للماء السائل، علماً أنّ اليزد Hail (شكل 24) لا يُعتبر معدناً. فسر.

3. ذات نظام بلّوري Crystal Structure
المعادن مواد بلّورية، وهذا يعني أن ذراتها مرتبة في شكل هندسي منتظم ومتركز في الأبعاد الثلاثة مكوّناً الوحدة البنائية والتي تُعرف بأنّها أصغر جزء في البلورة ولها صفات البلورة الكاملة نفسها.



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 بمعدن 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

1.1 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. إن 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 لأيونات العناصر التي لها الحجم نفسه والشحنات الكهربائية نفسها، أن يحلّ أحدها محلّ الآخر إحصائياً. نتيجة لذلك، قد يختلف التركيب الكيميائي لمعدن ما بين عينة وأخرى.

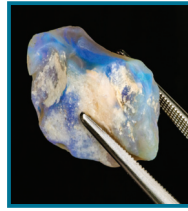
Inorganic

تعتبر المواد العضوية المتبلورة غير العضوية، كملح الطعام (الهاليت) (شكل 25) مثلاً، والموجودة بشكل طبيعي في الأرض، معادن. من ناحية أخرى، لا تعتبر المركبات العضوية معادن. فالسكر مادة صلبة متبلرة مثل الملح، ويُستخرج من قصب السكر أو الشمندر السكري، وهو مثال شائع للمركب العضوي.

5. غير عضوية

Mineraloids

أشباه المعادن



شكل 26
مادة الأوبال

بعض المركبات موجودة في الطبيعة ولكن لا ينطبق عليها تعريف المعدن، فهي تقتصر على التركيب الكيميائي المحدد أو الشكل البلوري أو كليهما، كالأوبال Opal (شكل 26) الذي له تركيب كيميائي ثابت ولكن غير متبلور.

مراجعة الدرس 1

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

إثراء علمي

الإحلال الجزئي
يحدث الإحلال الجزئي عندما يتحول معدن ذو مكونات معينة إلى معدن آخر ذي المكونات نفسها بفعل التفاعل الكيميائي، ويحافظ على شكله البلوري الأصلي. ومن المعادن التي يحدث لها إحلالاً جزئياً نذكر الجالينا التي تتحول إلى أنجليريت، والكالسيت الذي يتحول إلى جبس، والغلوريت الذي يتحول إلى كوارتز (كما هو موضح في الشكل أدناه).



مهارة التمييز

بعد أن تعرّف الخواص التي تميّز المعادن، حدّد أيّاً من المواد التالية تُعتبر معدناً: النفط، الزجاج، الميكا، البلاستيك، الذهب، الفحم الحجري، الألومنيوم، الحديد، الكهرمان (الصمغ العربي)، الزئبق، الجبس. علّل إجابتك.

كتاب الطالب: من ص 41 إلى ص 48

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 27). 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
	الماركريت	
	الكوارتز	SiO_2
	الكريستوباليت	
	التريديميت	
	الأركوايز	KAISi_3O_8
	الميكروكلين	
	السانيدين	

جدول 2
مجموعة من المعادن المشابهة في التركيب الكيميائي.



شكل 27
أي هذين المعدنين جرافيت Graphite وأيهما الماس Diamond؟

تملك بعض المعادن، كالألماس والجرافيت (شكل 27)، 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 لتعرّف المعدن بشكل دقيق. يوضح الجدول (2) في الهامش بعض المعادن التي لها التركيب الكيميائي نفسه وخواص فيزيائية مختلفة.

Mineral Properties

خواص المعادن

لكل معدن نظام بلّوري محدّد وتركيب كيميائي يُعطيه مجموعة فريدة من الخواص الفيزيائية والكيميائية المشتركة بين كلّ عينات هذا المعدن. فعلى سبيل المثال، كلّ عينات معدن الفلوريت Fluorite (شكل 28) لها الصلادة والكثافة نفسها وتتكسر بالنمط نفسه. ولتعرّف أنواع المعادن، يمكننا استخدام الخواص الفيزيائية لمعدن ما، والتي يمكن تحديدها من خلال الملاحظة أو بإجراء اختبار بسيط. ونعدّد منها: الخواص الفيزيائية، وهي الأكثر استخداماً مثل الخواص البصرية، والخواص التماسكية، بالإضافة إلى خواص أخرى مثل الطعم والمغناطيسية.



شكل 28
بلّورات الفلوريت Fluorite

1.2 الخواص البصرية

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

1.1.2 اللون

- لماذا لا يعتمد على خاصية اللون لتمييز المعادن؟ (لأن بعض المعادن تحتوي على بعض الشوائب فتعطي درجات متعددة من الألوان أو ألوان متعددة.)

2.1.2 المخدش

- 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. (لأن لهذا المعدن صلابة أكبر من صلابة صفيحة مخدش.)

3.1.2 اللمعان (البريق)

- 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، التراي أو الباهت، اللؤلؤي، الحريري، الدهني.)

4.1.2 الشفافية

- صنف المعادن بحسب قدرتها على إنفاذ الضوء. (معادن غير شفافة أو معتمة: لا تنفذ أي ضوء؛ معادن نصف شفافة: تنفذ الضوء ولا ترى صورة من خلالها؛ معادن شفافة: تنفذ الضوء وترى الصور من خلالها.)

5.1.2 التلوه

- أشر إلى الطلاب أنهم يستطيعون استخدام الصخور المتلوه لتزيين غرفهم وإضافة بعض الألوان فيها، ثم ا طرح السؤالين التاليين: ما الذي يؤثر في التلوه؟ (الحرارة والماء)
- هل كل معدن متلوه يتفسفر؟ (كلا، كل معدن متفسفر يتلوه.)
- وضّح للطلاب أن التلوه 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.

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.



شكل 29
معدن الكبريت



شكل 30
معدن المالاكيت



شكل 32
بالرغم من أن لون المعدن لا يحدد دائمًا في تحديد نوع المعدن، إلا أن المعدن، وهو لون مسحوق المعدن، غالبًا ما يكون مفيدًا للغاية.

Optical Properties

1. الخواص البصرية

الخواص البصرية الأكثر استخدامًا لتحديد أنواع المعادن هي:

Color

1.1 اللون
بالرغم من أن اللون عامة هو أحد الخواص الأكثر وضوحًا لأي معدن، إلا أنه يعتبر خاصية مميزة للقليل من المعادن فقط مثل الكبريت والمالاكيت (الشكلان 29 و 30). فبعض الشوائب الطفيفة في معدن الكوارتز الشائع، تعطي على سبيل المثال درجات متعددة من الألوان. يحتوي معدن الكوارتز البنفسجي Amethyst (شكل 31 إلى اليمين) مثلاً على أكاسيد المنجنيز، فيما يحتوي معدن الكوارتز الوردي Rose Quartz على أكاسيد الحديد والتيتانيوم (شكل 31 إلى اليسار). لذا استخدام اللون كوسيلة لتحديد المعادن عادة ما يكون غير دقيق.



شكل 31
معدن الكوارتز البنفسجي Amethyst ومعدن الكوارتز الوردي Rose Quartz

Streak

2.1 المخدش

بالرغم من أن لون العينة لا يحدد دائمًا في تحديد المعادن، إلا أن المخدش (لون مسحوق المعدن) غالبًا ما يُستخدم للتمييز بين المعادن. يمكن الحصول على المخدش من خلال حك المعدن على قطعة من خرف صيني غير مصقول أو لوح المخدش Streak Plate، ثم ملاحظة لون مسحوق المعدن التي خلفه وراه (شكل 32). يمكن أن يتنوع لون المعدن الواحد من عينة إلى أخرى، بخلاف المخدش الذي لا يتنوع. قد يساعد المخدش أيضًا على التمييز بين المعادن ذات البريق الفلزي التي لها مخدش كثيف وداكن والمعادن ذات البريق اللافلزي التي لها مخدش باهت اللون.

إذا كان المعدن صلبًا ولا يُخدش بلوح المخدش، يُطحن طحناً كاملاً لمعرفة لون المسحوق الذي ينتج عنه.

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

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 أحيانًا إلى أجهزة وأدوات معقدة للتعرف على عينة من معدن ما. الإسبيكتروسكوب، الذي غالبًا ما يستخدم في دراسة النجوم، يستخدم للمساعدة في التمييز بين الأحجار الكريمة ذات الألوان المتشابهة. ويستخدم المجهر الإلكتروني الماسح في التعرف على المعادن أيضًا، 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، الانفصام 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 موهس 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 للتسكن، الذي يقيس الصلادة بالاعتماد على مثلث على شكل هرم يُضغط في المادة.

3.2.2 الانشقاق

- ♦ ما المقصود بالانشقاق؟ وأين يحدث في المعدن؟ (الانفصام أو الانشقاق هو ميل المعدن للكسر أو التشقق، ويحدث خلال مستويات الروابط الذرية الضعيفة في التركيب البلوري للمعدن.)
- ♦ متى يحدث انفصام المعدن 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.)

3.1 التلمعان (البريق)

Luster

تُعرف شدّة الضوء المنعكس أو نوعيته من على سطح أي معدن "بالتلمعان" أي البريق. فالمعادن التي لها مظهر الفلزات Metals، بغض النظر عن اللون، تتصف ببريق فلزي Metallic Luster مثل معدن الجالينا Galena (شكل 33). تكوّن بعض المعادن الفلزية مثل الهيماتيت Hematite (شكل 34) طبقة خارجية باهتة أو تفقد التلمعان عند تعرّضها للهواء الجوي، وكونها لا تملك لمعان العينات ذات الأسطح حديثة الكسر، فهي تتصف ببريق شبيه فلزي Submetallic Luster. لمعظم المعادن بريق لافلزي Non Metallic Luster (شكل 35) مثل البريق الزجاجي Vitreous كالقوارتز والكالسيت، والبريق الألماسي Adamantine كالألماس، والبريق الأرضي (الترابي) Dull Earthy كالكاولينيت، والبريق اللؤلؤي Pearly كالتلك والميكا، والبريق الحريري Silky كالجبس البليفي، والبريق الصمغي (راتنجي) Resinous كالأكبريت.



شكل 35
البريق اللافلزي للمعادن

4.1 الشفافية

Transparency

القدرة على إنفاذ الضوء هي خاصية بصرية أخرى تُستخدم لتعرّف المعادن. فعندما لا ينفذ أي ضوء، يوصف المعدن بأنه غير شفاف أو معتم Opaque مثل معدن التلك Talc (شكل 36).



شكل 33
معدن الجالينا Galena



شكل 34
معدن الهيماتيت Hematite



شكل 36
معدن التلك Talc

43

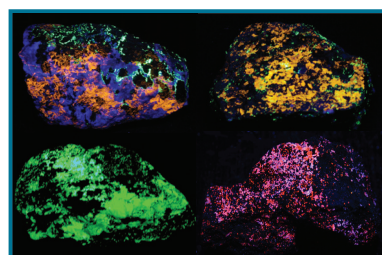
أما عندما ينفذ ضوء وتُرى صورة غير واضحة من خلال معدن، فيوصف بأنه نصف شفاف Translucent مثل معدني الجبس والميكا (شكل 37). وعند نفاذ الضوء ورؤية الصورة واضحة من خلال العينة، يوصف المعدن بأنه شفاف Transparent مثل بعض المعادن النقية كالقوارتز والكالسيت (شكل 38).



شكل 37
معدن الجبس ومعدن الميكا

5.1 التلصّوة

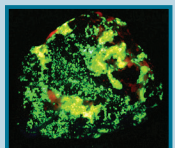
يوصف المعدن بأنه متلصّو (أي يصدر ضوءاً) عندما يتحوّل أشكال الطاقة المختلفة، مثل الحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية، إلى ضوء يختلف عن لونه الأصلي (شكل 39). يختلف لون التلصّو عن لون المعدن الأصلي بحيث تكون ألوان التلصّو باهتة وساطعة دائماً. يعطي معدن الكالسيت Calcite اللون الأحمر الباهر عند تعرّضه للأشعة فوق البنفسجية، فيما يعطي معدن الويليميت Willemite (شكل 40) اللون الأخضر الساطع. تُسمّى عملية إنتاج ألوان التلصّو أثناء التعرّض للمؤثر الفلّور Fluorescence، وإذا استمرّ لون التلصّو بعد زوال المؤثر فتسمى العملية التفسفر Phosphorescence. وقد لوحظت خاصية التفسفر عندما كانت تظهر بعض المعادن المعرّضة لأشعة الشمس بألوان جذابة بعد نقلها إلى غرفة مُعتمة. تساعد خاصية التلصّو على اكتشاف المعادن المتغلّرة داخل المناجم والكهوف، وذلك باستخدام مصابيح خاصة.



شكل 39
بعض المعادن المتلصّوة



شكل 38
معدن الكالسيت Calcite



شكل 40
معدن الويليميت

44

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 بالعملة المعدنية؟ هل يوجد بين هذه المعادن ما لم يخدش بالظفر أو العملة المعدنية؟ هل يمكنك أن تصنف هذه المعادن بحسب صلابتها؟

تكامل 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 أسأل: 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 (3) في الصفحة 46.

◆ 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 سهولة تكسر المعادن أو تشوُّبها تحت تأثير الإجهاد بنوع الروابط الكيميائية التي تجمع الذرات أو الأيونات 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 وتتكسر فتتحول إلى قطع صغيرة عند الطرق. بالمقابل، المعادن ذات الروابط الفلزّية Metallic Bonds مثل النحاس الخام Native Copper تكون لينة أو تُطرق بسهولة فتتحول إلى أشكال مختلفة. ويمكن لبعض المعادن مثل الجبس Gypsum والتلك Talc أن تُقطع إلى زفافات دقيقة توصف بأنها قابلة للقطع. ويكون البعض الآخر مثل الميكا 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 سلم يتكوّن من عشرة معادن مرتبة من رقم 1 (الأقل صلادة) إلى رقم 10 (الأكثر صلادة) كما هو مبين في الشكل (41). وتعتمد صلادة المعدن على نوع الروابط الكيميائية ووجود مجموعة الهيدروكسيل (OH) أو الماء (H₂O) في تركيب المعدن الكيميائي.

3.2 الانقسام (التشقق) Cleavage

هو قابلية المعدن للتشقق والانقسام إلى مستويات محدّدة ومنظمة عند تعرّضه لضغط معيّن، بحيث تكون اتجاهات الضغط متوازية أو على امتداد أسطح مستوية تُسمّى مستويات الانقسام أو مستويات الضعف في المعدن Planes of weakness (شكل 42). 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 تحتوي على مستويات انقسام بسبب قوّة تماسك جزيئاته.

هل تعلم؟

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

رقم	المعدن	مؤشر الصلادة
10	الماس	10
9	كوارندوم	9
8	توباز	8
7	كوارتز	7
6	فلوّر (6.5)	6
5	فلوّر (5.5)	5
4	فلوّر (4.5)	4
3	فلوّر (3.5)	3
2	فلوّر (2.5)	2
1	فلوّر	1

شكل 41
مقياس موهس للصلادة النسبية



شكل 42
تم إنتاج الصفائح الرفيعة الممتدة أعلاه من خلال انقسام بلورة الميكا باتجاه التوازي 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 خواص 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 لأن 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 g/cm^3) . لهذا ، لكي تحول الوزن النوعي إلى كثافة ، أضف فقط الوحدة (g/cm^3) إلى قيمتها .

2.3 خواص أخرى للمعادن

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

♦ اسأل الطلاب كيف يمكنهم استخدام قطعة من معدن

الماجنيتيت في صنع بوصلة بسيطة . (ستتوقع الإجابات .)

♦ وضح للطلاب أنه بالإضافة إلى تلك الصفات المذكورة ، هناك خواص 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 الالامع .

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

جدول 3
الاتجاهات الشائعة للانقسام لبعض المعادن

46

تكميل العلوم؟

تؤثر نسبة وجود العناصر الكيميائية على قيمة الوزن النوعي للمعدن . فالوزن النوعي للمعدن الأوليفين الذي يحتوي على فلز الحديد أقل من الوزن النوعي لمعدن الماجنتيت (خام الحديد) ، لأن الوزن الذري لعنصر السيليكون ، وهو أحد العناصر المكونة لمعدن الأوليفين ، أقل من الوزن الذري للحديد الموجود بنسبة كبيرة في معدن الماجنتيت . هل الوزن النوعي للأوليفين الذي يحتوي على الحديد يساوي الوزن النوعي للأوليفين الذي يحتوي على المغنيسيوم؟

Fracture

هو شكل السطح الذي ينتج عن كسر المعدن في اتجاه غير أسطح الانقسام . عندما تنكسر المعادن ، ينتج عنها أشكال مختلفة: محارية المكسر (شكل 43) مثل معدن الكوارتز ، وغير مستوي مثل معدن البيريت ، والمكسر الليفي مثل معدن الأسبستوس (شكل 44) .



شكل 44
المكسر الليفي في معدن الأسبستوس
Asbestos



شكل 43
المكسر المحاري في معدن الكوارتز

5.2 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 . يُمثل الوزن النوعي نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساو له من الماء عند درجة حرارة 4° ، وهو عدد بدون وحدات قياس . معظم المعادن الشائعة المكونة للصخور لها وزن نوعي يتراوح بين 2 و3 . فعلى سبيل المثال ، الكوارتز ذو وزن نوعي 2.65 ، بالمقابل ، بعض المعادن مثل البيريت ، والثحاس ، والماجنيتيت ذو وزن نوعي يزيد عن ضعف الوزن النوعي للكوارتز . يبلغ الوزن النوعي للجاليينا ، وهو أحد مصادر الرصاص ، 7.5 تقريباً .

3. خواص أخرى للمعادن

Other Properties of Minerals

بالإضافة إلى الخواص التي ذُكرت ، يمكن التعرف على بعض المعادن عن طريق خواص مميزة أخرى . فعلى سبيل المثال ، يمكن تمييز معدن الهاليت بسرعة عن طريق التذوق (الطعم) ، أما التلك والجرافيت فلهما ملمسٌ مُمَيَّزٌ ، فالثلج له ملمسٌ صابوني ، أما الجرافيت فله ملمسٌ دهني . وإضافة إلى ذلك ، يتميز بعض المعادن برائحة مميزة عند حكها ، كرائحة الثوم من معدن الأرسينوبيريت ورائحة الكبريت من معدن البيريت . والقليل من المعادن مثل الماجنتيت لها محتوى حديدي عالٍ ، ويمكن تأثره بالمغناطيس .

47

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: الدراجات، ألعاب الفيديو، السحب، العملات. لكل مجموعة، دع الطلاب يعدون قائمة بالخواص التي تناسب في تعرف أو تسمية أشياء معينة خلال المجموعة.

1. 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.



شكل 45
مثال على الانكسار المزدوج عبر معدن الكالسيت.

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، وتُعرف هذه الخاصية البصرية بالانكسار المزدوج Double Refraction (شكل 45).

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 وتأنى أن يكون ماناً، فما الاختبار البسيط الذي قد يُساعدك في تحديد نوعه؟

الجيولوجيا والصناعة

عند تعرض بلورة الكوارتز لمجال كهربائي، تنذب وتتهتز بتردد محدد يتميز 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 49 إلى ص 52

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 (46).

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) والسيليكون
- ♦ ما أكثر العناصر الكيميائية توفرًا في القشرة الأرضية؟ (الأكسجين)

- ♦ كيف يمكننا تفسير الاختلاف في خواص المعادن المختلفة وفهمه؟ (عن طريق تعريف 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 46

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 46).

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 المعادن الأكثر انتشاراً في القشرة الأرضية، والتي صُنّفت في مجموعتين كبيرتين هما المعادن اللاسيليكاتية -Non Silicates والمعادن السيليكاتية 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 (4) و (5)، ثم أسأل:

- أي من مجموعات السيليكات أكثر 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؟ (الكالسيت والدولوميت، ويصعب تمييزهما لأنهما متشابهان فيزيائياً وكيميائياً، فكلهما له بريق زجاجي وصلادة تتراوح بين 3 و 4 وانقسام معيني كامل.)

1. المعادن اللاسيليكاتية Non-Silicates

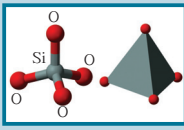
تُقسم المعادن وفق تركيبها الكيميائي إلى معادن عنصرية مثل الذهب والكبريت والجرافيت، ومعادن مركبة مثل الكربونات والهاليدات والأكاسيد والكبريتيدات والفوسفات. أنظر إلى الجدول (4) التالي:

المجموعة المعدنية	اسم المعدن	الصيغة الكيميائية	بعض الاستخدامات الاقتصادية
المعادن العنصرية Native Elements	الذهب الفضة البلاتين	Au Ag Pt	صناعة المجوهرات والتجارة صناعة المجوهرات والعملات النقدية والتصوير مادة محفزة في الكيمياء، السبائك، طب الأسنان
المعادن العنصرية اللافلزية	الجرافيت الأماس الكبريت	C C S	صناعة أقلام الرصاص والطلاء والأقطاب الكهربائية حجر كريم، مادة كاشطة (الصنفرة) صناعة أعواد القباب ومخضبات التربة والأدوية
الكربونات (CO ₃ ²⁻)	الكالسيت الدولوميت	CaCO ₃ CaMg (CO ₃) ₂	صناعة الورق والعلسات الخاصة والأصباغ صناعة الإسمنت ومخضبات التربة ومستحضرات التجميل
الهاليدات Halides (F ⁻ , Br ⁻ , Cl ⁻)	الهاليت الفلوريت السيلفايت	NaCl CaF ₂ KCl	حفظ الطعام وديغ الجلود وصناعة الصابون صناعة الصلب والزجاج والعلسات والسيراميك صناعة مخضبات التربة والتصوير الضوئي
الأكاسيد Oxides (O ₂ ²⁻)	الهيماتيت الماجنيتيت الكوراندوم الثلج (الجليد)	Fe ₂ O ₃ Fe ₃ O ₄ Al ₂ O ₃ H ₂ O	خام لعنصر الحديد، صناعة الأصباغ خام لعنصر الحديد، صناعة المغناطيس حجر كريم، مادة كاشطة (الصنفرة) التبريد
الكبريتيدات Sulfides (S ²⁻)	الجالينا البيريت الكالكوبيريت السينابار	PbS FeS ₂ CuFeS ₂ HgS	خام لعنصر الرصاص، صناعة السبائك غير الحديدية إنتاج حمض الكبريتيك، خام لعنصر الحديد خام لعنصر النحاس خام الزئبق
الكبريتات Sulphates (SO ₄ ²⁻)	الجبس الأنهدريت	CaSO ₄ · 2H ₂ O CaSO ₄	حفر الآبار، صناعة العوازل الحرارية ومعجون الأسنان صناعة البلاط، مصدر الكبريت، صناعة ورق الجدران
الفوسفات Phosphates (PO ₄ ³⁻)	الأباتيت	Ca ₅ (PO ₄) ₃ F	صناعة الأسمدة الزراعية

جدول 4
تقسيم المعادن وفق تركيبها الكيميائي

2. المعادن السيليكاتية Silicates

المعادن السيليكاتية هي من أهم المجموعات المعدنية وأكثرها انتشاراً في الطبيعة، وهي تحتوي بشكل أساسي على عنصري الأكسجين والسيليكون (شكل 47) بالإضافة إلى عنصر أو أكثر من العناصر الأخرى الموجودة في القشرة الأرضية. أنظر الجدول (5) التالي:



شكل 47
التركيب البنائي لجميع المعادن السيليكاتية

نوع المعدن السيليكاتية	اسم المعدن	شكل رباعيات الأوجه السيليكاتية	الصلادة	ترتيب رباعيات الأوجه السيليكاتية
متفرقة Tetrahedra	أوليغين جارت	منفصلة وغير مرتبطة مع بعضها	7.5-6	
مزدوجة Sorosilicates	ميللايت أيلدوت	على شكل أزواج	7-5	
حلقة 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 بتقريبات على الماء	6-5	
صفائحية Sheet Silicates	ميكال (البيوتيت، المسكوفيت)	صفائحية	3-1	
هيكلية ثلاثية الأبعاد Framework Silicates	معادن الفلسبار الكوارتز	ترتيب شبكي ثلاثي الأبعاد	7-6	

جدول 5
أنواع المعادن السيليكاتية

مراجعة الدرس 3

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

52

بالإضافة إلى أن البيريت يعرف بالذهب الكاذب أو الزائف فإنه يعرف أيضاً «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، وبلوراته 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 (4). بعد ذلك اطلب إلى طلاب كل مجموعة كتابة تقرير من فقرتين أو ثلاث عن هذا المعدن واستخداماته وخواصه الطبيعية والكيميائية.

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الاداء

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

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3

1. المعادن السيليكاتية تتكوّن من وحدات SiO_4 رباعية الأوجه منفردة أو على شكل سلاسل مفردة أو مزدوجة أو هيكلية ثلاثية الأبعاد. أمّا المعادن اللاسيليكاتية فتخلو من السيليكا وتتكون من مجموعات كيميائية أخرى كالهاليدات والكربونات والأكاسيد والعناصر المنفردة (الفلزية).
2. تتم صناعة الإسمنت بحرق الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) في وجود القليل من الحجر الطيني (السيليكات الصناعية) وبعض الفلسبارات كمحفّز لعملية التسخين.
3. المعادن اللاسيليكاتية المُستخدمة في صناعة المخصبات 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

الأهداف:

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

كتاب الطالب: من ص 53 إلى ص 58

عدد الحصص: 1

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

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 (48). اسأل الطلاب:

♦ هل جميع البلورات الطبيعية معادن؟ (نعم)

1.2 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؟ (تبلور 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 الارتباط 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 48
مادة متبلرة

عندما تتوفر الظروف الملائمة للذرات أو أيونات مادة ما أثناء تكوينها، بحيث ترتب في الأبعاد الثلاثة، ينتج عنها شكل هندسي منتظم. تُسمّى هذه الأخيرة المادة المتبلرة (شكل 48). ما الفرق بين المادة المتبلرة والمادة غير المتبلرة؟ انظر إلى (شكل 49) الموضّح في الهامش.

تتكوّن بلورات المعادن في الطبيعة نتيجة عمليات تبلور معينة. البلورة عبارة عن جسم صلب متجانس تحدّه 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 التناقص البلوري كما هو موضّح في خريطة المفاهيم الواردة في الصفحة التالية.

المادة غير المتبلرة	المادة المتبلرة
لا يوجد ترتيب هندسي للذرات أو الأيونات	يوجد ترتيب هندسي للذرات أو الأيونات
لا يوجد ترتيب شبكي أو وحدة بنائية	يوجد ترتيب شبكي ووحدة بنائية
لا تتكوّن بلورة (لا يوجد مستوى انقسام لكن يوجد مكسّر)	تتكوّن بلورة (يوجد في معظمها انقسامات ومكسّرات)

شكل 49
مخطط يوضح الفرق بين المادة المتبلرة والمادة غير المتبلرة.

اجعل الطلاب يدرسون مكعب ثم اطرح الأسئلة التالية مستعيناً بمخطط الشكل البلوري الوارد في كتابهم ص 54:

♦ 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 بنوية ثلاثية الأبعاد. أوضح العالم برفاهه 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 (6) في كتاب الطالب.

تنبأ

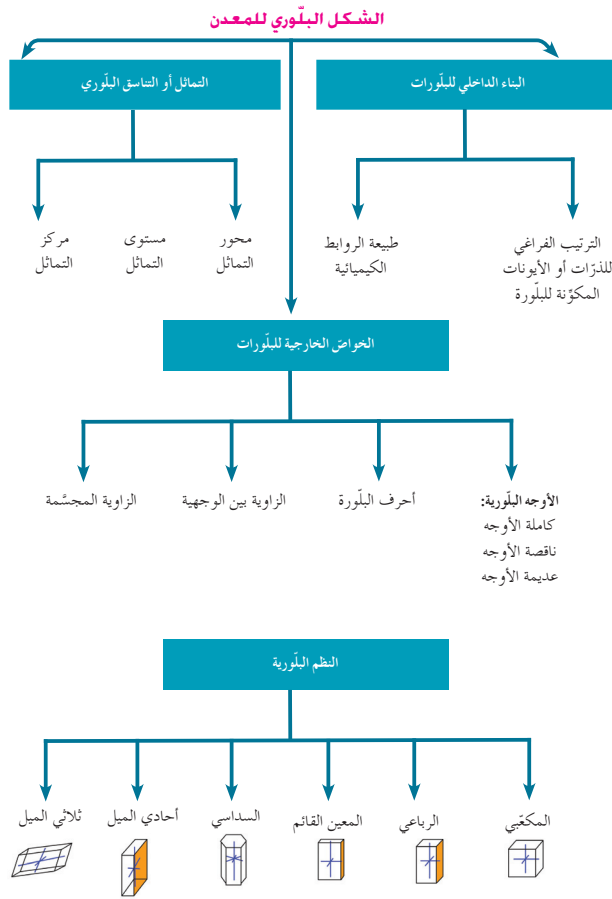
اسأل الطلاب: لو وقفت مواجهاً لبلورة المكعب والنقط لها صورة ثم قمت بلف البلورة حول المحور الرأسي 90° والنقطت صورة أخرى وكررت العملية مرتين إضافيتين ثم عرضت الصور، هل تجد بينهما فرق؟ (سنحصل على أربع صور متطابقة كما لو كانوا أربع نسخ لوضع واحد)

♦ 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)

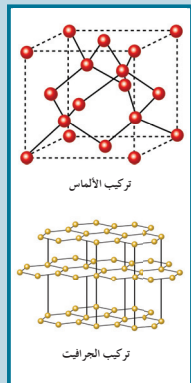


1. البناء الداخلي للبلورات

يعبر عنه بطريقة ترتيب الذرات أو الأيونات التي تتكون 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 يكون ترتيب يُسمى التركيب الشبكي الفراغي (شكل 50). 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 صنّفها العالم برفاهه إلى 14 نمطاً.



شكل 50 التركيب الشبكي لمعدني الألماس والجرافيت

1.2. طبيعة الروابط الكيميائية بين الذرات أو الأيونات وقوتها

هذه الروابط تحدّد صفات المعادن الفيزيائية كما في الجدول (6) التالي:

وجه المظانة	التساهمية	الأيونية	الفلزية	فان ديرفال
تعريف الرابطة الكيميائية	مساهمة زوج أو أكثر من الإلكترونات بين الذرات (لافلز + لافلز)	تنشأ بين ذرتين تختلفان في المقدرة على كسب الإلكترونات أو فقدانها (فلز + لا فلز)	الذرات الفلزية تميل إلى فقدان الإلكترونات الموجودة في مستوياتها الخارجية (فلز + فلز)	قوى جذب ضعيفة مختلفة على أسطح متعادلة كهربائياً في المعدن
الصلادة	عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة جداً
الوزن النوعي	متوسط	متوسط	عالي	منخفض
درجة الانصهار	عالية جداً	عالية نسبياً	متغيرة	منخفضة
توصيل الحرارة والكهرباء	غير موصل	رديئة ولكن محاليلها توصل التيار الكهربائي	جيدة	غير موصل
المثانة	هشة	هشة	متوسطة وقابلة للطرق والسحب (لدنة)	ليّنة
أمثلة	الكوارتز، الألماس	الهاليت، الفلوريت	النحاس، الفضة، الذهب، الجرافيت	

جدول 6 طبيعة الروابط الكيميائية

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 57.

مراجعة الروابط الأيونية

ارسم الجدول 6 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

1.1 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. وتتوقف طبيعة الأوجه البلورية على الظروف الطبيعية والكيميائية السائدة أثناء نمو البلورة.

Edges

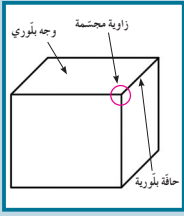
2.2 حواف البلورة

تنتج عن تلاقي وجهين بلوريين متجاورين (شكل 51).

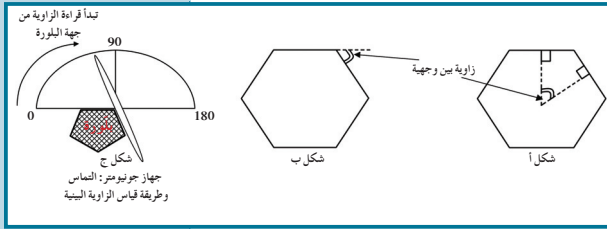
Interfacial angle

3.2 الزاوية بين الوجهية

هي الزاوية المحصورة بين العمودين المقامين على وجهين بلوريين متجاورين (شكل 52-1) والتي تقدر بقيمة الزاوية المكمل للزاوية المحصورة بين الوجهين المتجاورين (شكل 52-2). ويمكن قياس قيمتها عن طريق جهاز جونيومتر التماس (شكل 52-3)، وتكون قيمة الزاوية بين الوجهية ثابتة في بلورات المعدن الواحد مهما اختلفت أحجامها.



شكل 51 حافة البلورة ووجهها



شكل 52 زاوية بين وجهية

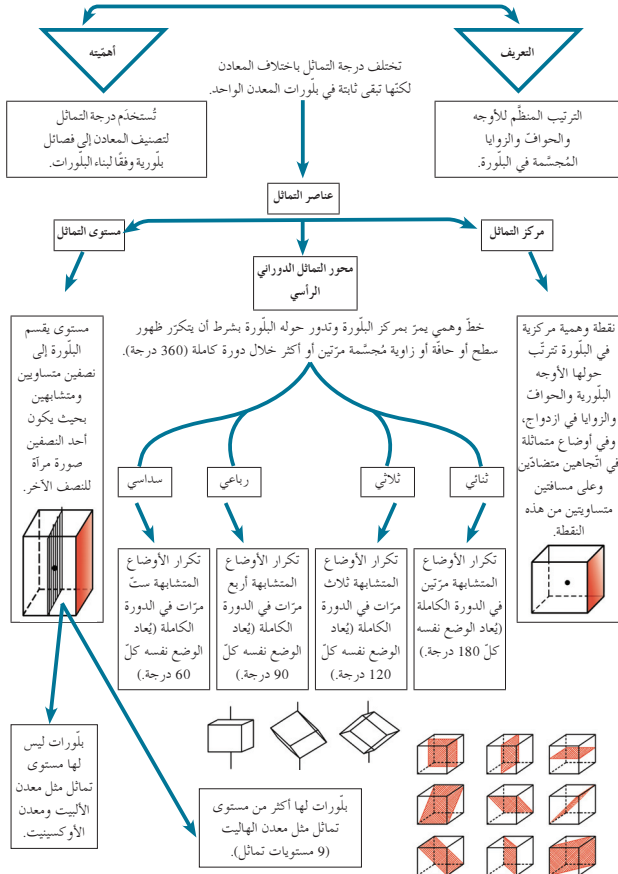
Solid angle

4.2 الزاوية الجسمة

هي الزاوية الناتجة عن تلاقي أكثر من وجهين في البلورة (شكل 51).

56

التمائل أو التناسق البلوري



57

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)

عزف 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.

3. قيم وتوسع

1.3 ملف تقييم الاداء

قسّم الطلاب إلى 3 مجموعات واعطِ المجموعة الأولى نموذج أو صندوق صغير في صورة مكعب، والمجموعة الثانية صندوق أو نموذج منشور رباعي، والمجموعة الثالثة علة كبريت. كلّف كل مجموعة بتعيين المحاور التماثلية ومستويات التماثل. ناقش مع الطلاب ما توصّلوا إليه من نتائج ثمّ كلّفهم بتحديد النظم البلورية التي يمثلها كل نموذج (الأول: نظام المكعب، الثاني: نظام الرباعي، الثالث: نظام المعيني القائم)

إجابات أسئلة الدرس 4

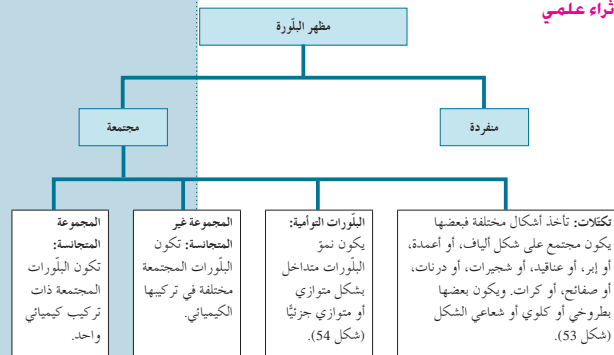
1. الزاوية بين الوجهية هي الزاوية المكملّة للزاوية المحصورة بين وجهين بلوريين متجاورين أما المجسمة فهي الناتجة من تلاقي أكثر من وجهين.
2. البلورة جسم صلب غير عضوي تكون طبيعياً ويتميز بترتيب فراغي منظم لذراته وأيوناته ينعكس خارجياً على هيئة أسطح مستوية تسمى الأوجه البلورية.
3. المكعب - الرباعي - السداسي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

3. مظهر البلورة Crystal Habit

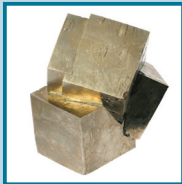
تختلف أحجام البلورات وأشكالها بناءً على عدّة عوامل، منها:

- نوع المحلول
- معدل التبريد
- مكان حدوث التبرّد
- درجة نقاوة المحلول

إثراء علمي



شكل 53
أنواع التكتلات



شكل 54
بلورات توأمة

مراجعة الدرس 4

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

صفحات التلميذ: من ص 59 إلى ص 62

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ♦ يفرّق بين مفهوم الأحجار الكريمة والنفيسة.
- ♦ يشرح طرق تصنيع الأحجار الكريمة المقلّدة.
- ♦ يصمّم خريطة ذهنية لمفاهيم الأحجار الكريمة.

1. قدّم وحفّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

استعرض صورة افتتاحية الدرس وأسأل الطلاب عمّا يميّز المعادن الموجودة في الصورة. بعد الاستماع إلى آراء الطلاب، وضّح لهم أنّ المعادن الكريمة تميّز بتبلور كامل وألوان زاهية وشفافية مرتفعة. أضف أنّها تميّز بصلادة عالية وحتى شوائبها تضيف تنوعاً جميلاً في اللون ما يجعل المعدن الواحد له أكثر من درجة لون.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

استعرض مع الطلاب بإيجاز ما درسوه من خواصّ بصرية وتماسكية للمعادن في الدروس السابقة، ثمّ اطلب إليهم أن يقارنوا بين معدني الكوارتز والهيمايتيت. أسألهم:

- ♦ أيّهما شفاف؟ (الكوارتز)
- ♦ أيّهما يميّز ببريق جذاب؟ (الكوارتز، فالهيمايتيت بريقه أرضي)
- ♦ أيّهما يميّز بشكل بلّوري مميّز؟ (الكوارتز)
- ♦ أيّهما يخدش الآخر؟ (الكوارتز يخدش الهيمايتيت حيث إنّ الكوارتز صلادته 7 أمّا الهيمايتيت فصلادته أقلّ من 2,5 ويمكن خدشه بظفر الإصبع).
- ♦ لو أردت اختيار أحدهما لاستخدامه كفضّ خاتم، أيّهما تختار؟ (الكوارتز)
- ♦ علّل اختيارك؟ (الشفافية المرتفعة، البريق الزجاجي اللامع، والصلادة المرتفعة)
- ♦ اعرض صورة للكوارتز الوردي ووضّح للطلاب كيف أنّ الشوائب في بعض الأحيان تضيف ألواناً جذابة على المعادن الكريمة.

الأحجار الكريمة Gemstones

الدرس 5

أهداف الدرس

- ♦ يفرّق بين مفهوم الأحجار الكريمة والنفيسة.
- ♦ يشرح طرق تصنيع الأحجار الكريمة المقلّدة.
- ♦ يصمّم خريطة ذهنية لمفاهيم الأحجار الكريمة.



شكل 55
أحجار كريمة

اهتمّت الحضارات القديمة ببريق المعادن والأحجار الكريمة. وقد ازداد اهتمام الإنسان بالأحجار الكريمة منذ العصر الحجري حتّى أيّامنا هذه. على سبيل المثال، تُظهر الرسومات الباقية في معابد الفراعنة منذ 5000 سنة التقدّم في علم المعادن، فقد استخدموا الذهب والفيروز والأزورد (لايس لازولي) والمالاكيت في صناعة الحلّي. وقد تمّ ذكر الأحجار الكريمة في القرآن الكريم بحيث شهِت الحور العين بالياقوت والمرجان "كأنهنّ الياقوت والمرجان" - سورة الرحمن". وقد ميّز العرب، ومن بينهم يعقوب الكندي الذي يُعتبر من أقدم خبراء العرب في هذا المجال، بين الأنواع الخالصة والمقلّدة. وقد ألف العرب ما يزيد عن خمسين كتاباً حول المجوهرات ومنافع الأحجار.

1. المعادن النفيسة والأحجار الكريمة

Precious Minerals and Gemstones

يوجد حوالي 3000 معدن في الطبيعة معترف بها علمياً، منها 100 مُصنّفة كأحجار كريمة، و13 مُصنّفة كأحجار ثمينة تؤثر بشكل كبير في اقتصاد بعض الدول. تُقيّم الأحجار الكريمة تجارياً 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 المتكسّر حتى يتمّ قطعها بشكل مناسب.

1.1 المعادن النفسية والأحجار الكريمة

يَبين 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.

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

2.1 الأحجار الكريمة الصناعية المقلدة

وضّح للطلاب الفرق بين هذه الأحجار والأحجار الكريمة واشرح 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.



شكل 56
شكل من أشكال بلورة البافوت الأزرق Sapphire بعد تقطيعها

هل تعلم؟

يُستخدم القيراط كوحدة قياس لكل الأحجار الكريمة والألماس واللؤلؤ. تعني كلمة "قيراط" المشتقة من اليونانية ثمرة الخروب وذلك لأن بذور الخروب كانت تُستخدم لقياس كتل الذهب والأشياء الثمينة. يساوي الجرام الواحد 5 قيراط.

وعلى الرغم من أن الذهب والفضة والبلاتين هي أيضًا معادن عالية القيمة مثل الأحجار الكريمة، إلا أنها لا تُعتبر أحجار كريمة بل تُصنّف كمعادن نفيسة بسبب سهولة تشكيلها وصياغتها.

- 1.1 أنواع الأحجار الكريمة**
- أحجار نفيسة: وهي أغلى الأنواع تتميز بصلادة عالية، شديدة التحمل، لها ألوان معيّنة جذابة، ولها بريق متألق جذاب مثل الألماس Diamond والياقوت الأحمر Ruby والياقوت الأزرق Sapphire (شكل 56).
 - أحجار شبه كريمة: هذه المعادن ليست بالقيمة التجارية لقلة صلابتها أو لشفافيتها أو لوفرقتها. تُستخدم هذه الأحجار للزينة والنحت والتصنيع ومنها المالاكيت Malachite والجيد Jade (شكل 57) والأزوريت Azurite والفلسبار والأباتيت.



شكل 57
الجيد Jade حجر شبه كريم.

- أحجار كريمة عضوية: هي نواتج عمليات عضوية مثل النباتات والحيوانات مثل الكهرمان Amber (مادة صمغية من إفرازات الأشجار الصنوبرية)، المرجان Coral (الهيكال الحجري للكائنات البحرية)، العاج Ivory (أسنان وأنياب بعض الحيوانات)، اللؤلؤ Pearls (شكل 58) (حبات من كربونات الكالسيوم تنتج من المحار)، الكهرمان الأسود Jet (أحد أنواع الفحم الحجري يولد شحنات 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.



شكل 58
اللؤلؤ Pearl شكل من أشكال الأحجار الكريمة العضوية.

60

2.1 الأحجار الكريمة الصناعية المقلدة

Synthetic Gemstones

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 نمو داخلية منحنية، لكن الكوراندوم المصنّع فالخطوط فيه مستقيمة). من الجائز بالذكر هنا أهمية النزاهة في تعريف البائع للأحجار الكريمة الصناعية المقلدة للمستهلك وتجنب الغش التجاري

إثراء علمي

طرق صناعة الأحجار الكريمة المقلدة

- الالتحام باللهب: يُصنّع الياقوت الصناعي (شكل 59) 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 متعددة.
- الإذابة والصدق: استُخدمت لصناعة حجر الزمرد، بحيث يتمّ إذابة مسحوق الزمرد وخلطه مع مادة مذابة عند درجة حرارة عالية جدًا ولمدّة طويلة، ثمّ تُترك لتبرد ببطء شديد جدًا (شكل 60).
- المجوهرات المقلدة (المزيفة): هي أحجار لها شكل الأحجار الكريمة الطبيعية ولكن تختلف في خواصها الكيميائية والفيزيائية، ومن طرق صنعها نذكر ما يلي:
 - التقليد: تُستخدم مادة الزجاج بدلًا من الأحجار الكريمة الطبيعية لتقليد المجوهرات، بحيث يقطع الزجاج ويُشكل كالحجر الأصلي. ويتمّ تقليد الألوان باستخدام مادة البوليسترين التي لها خاصية تغير الألوان مثل الأوبال (شكل 61). أمّا تقليد الألماس، فيتمّ استخدام المعادن مثل الزركون والزفير (الياقوت الأزرق) والكوارتز حيث يُقطع بطريقة قطع الألماس نفسها ولكنه يختلف في الصلادة والمعان.



شكل 59
الياقوت الصناعي



شكل 60
شكل من أشكال بلورة الزمرد بعد تصنيعه.



شكل 61
أوبال مقلد

61

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 5

1. الصلادة العالية، الشفافية، التبلور الكامل وظواهر التضوء

المعدني، الألوان الزاهية

2.

عضوية	كريمة	ثمينية	
منخفضة	مرتفعة	عالية وقوة تحمل	الصلادة
شفافة	متوسطة	عالية	الشفافية
زاهية	زاهية	زاهية	الألوان

وعلى الرغم من أنّ تعريف المعدن لا ينطبق على هذه مجموعة الأحجار العضوية بسبب أصلها العضوي، إلاّ أنّها تُعتبر من المجوهرات وذات قيمة اقتصادية وذلك لصفاتها الفريدة ونُدرة تواجدها في الطبيعة.

3. يمكن ذلك بواسطة العدسات المكبرة أو المجاهر لمشاهدة

بعض الصفات الداخلية لها (معدن الكوراندوم الطبيعي يحتوي على خطوط نموّ داخلية منحنية، لكن الكوراندوم المصنّع تكون الخطوط فيه مستقيمة).

نشاط

نمو شجرة بلورية

المواد والأدوات المطلوبة ورق مقوى، مادة مبيضة، محلول الأمونيا، ماء، ملح الطعام، ملونات غذائية، ملعقة، وعاء زجاجي، مقص، نظارات واقية

خطوات العمل

1. أرسم شجرة على الورق المقوى وقصّها.
2. زين الشجرة بالملونات الغذائية.
3. ضّع ملعقة من الماء في الوعاء ثمّ أضف ملعقة من ملح الطعام وملعقة من المادة المبيضة. ضّع نصف ملعقة من محلول الأمونيا.
4. أمزج الخليط جيّدًا ثمّ ضّع شجرتك في الوعاء.
5. ماذا تتوقع أن يحدث بعد فترة من إضافة متغير (الماء)؟
6. إبحث عن متغيرين آخرين غير الماء. ماذا تتوقع أن يحدث عند التغير فيهما؟

♦ ازدواج الحجر الكريم: تتم هذه العملية بعدّة طرق لجعل الحجر الكريم أكبر حجمًا وبالتالي أثنى. توضع طبقة رقيقة من الحجر الكريم على قطعة من الزجاج الشفاف عديمة اللون (شكل 62) فيكسب الزجاج لون الحجر نفسه، أو تُلصق قطعتين صغيرتين من الحجر الكريم الأصلي على مادة ملونة، وتُلصق قطعتين إحداهما علوية أصلية والأخرى سفلية مصنّعة، ثم تُقطع وتُصقل.



شكل 62
لصق طبقة من الحجر الكريم على طبقة من الزجاج

♦ الطولين: تتلّون بعض المعادن باستخدام أشعة دقيقة معيّنة أو عندما تتعرّض 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 يتميز بمسامية عالية أصباغ معيّنة تزيد من قيمتها الاقتصادية.

تنظيف الأحجار الكريمة والمعادن النفيسة

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

مراجعة الدرس 5

1. ما هي الصفات الطبيعية التي تجعل المعدن حجرًا كريمًا؟
2. قارن بين أنواع الأحجار الكريمة.
3. كيف تميّز الأحجار الكريمة عن تلك المقلّدة صناعيًا؟

1. د
2. ب
3. ج

ثانياً: تحقق من فهمك

1. إذا لم يحتوِ المعدن على كمية كبيرة من الألمنيوم، فإنه لا يعتبر خاماً.
2. لأن الجرافيت (قلم الرصاص) والماس لهما بناء بلّوري مختلف، وذرات الكربون مرتبة بطريقة مختلفة في كل من المعدنين. فالجرافيت يحتوي على ذرات كربون منتظمة في نظام بلّوري سداسي الشكل مكوّناً صفائح وترتبط في ما بينها برابطة فانديرفال الضعيفة، لذلك فهي تنزلق بسهولة فوق بعضها بعضاً. ولذلك فإن الجرافيت لين وزلق، أما الماس فذراته منتظمة في نظام بلّوري مكعب الشكل، مما يمنع الذرات من الانزلاق بعضها فوق بعض، لذا فالماس شديد الصلادة.
3. كلا، الكهرمان ليس معدناً حقيقياً، لأنه عضوي وليس له تركيب بلّوري.

أسئلة الفصل الأول

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارة التالية:

1. إلى أي من المجموعات التالية تنتمي معظم المعادن في القشرة الأرضية؟
(أ) الأوكسيدات (ب) الكربونات (ج) الكبريتات (د) السيليكات
2. عندما تنكسر 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) صفحة 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 الألومنيوم بالضرورة خاماً 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.

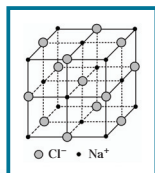
ثالثاً: تطبيق المهارات

استخدم الصور الفوتوغرافية للإجابة عن الأسئلة التالية:



لقد وجدت عينة لمعدن ولفنيت (موليبديت الرصاص) ذي درجة صلادة 3 تقريباً وفق مقياس موهس للصلادة وكثافة 6.8 g/cm^3 . يحتوي المعدن على الأكسجين وفلزي الرصاص والمولبدنيوم المعدنين.

1. الملاحظة: صف لون معدن ولفنيت ولمعانه وشكل بلوراته.
2. الاستدلال: هل تكون معدن ولفنيت ببطء أم بسرعة؟ اشرح إجابتك.
3. الاستنتاج: هل معدن ولفنيت 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. وُجِدَ عالمٌ جيولوجياً معدّناً غير معروف أثناء العمل في منتزه وطني. يحمل عالم الجيولوجيا صندوقاً يحتوي على مطرقة جيولوجية، ومديّة جيب، وعدسة يدوية، وقطعة من الخزف، وقطعة نقود معدنية. صف في فقرة كيف يمكن لعالم الجيولوجيا استخدام هذه الأشياء لتحديد بعض خواص المعدن.

خامساً: قارن

1. إملأ الجدول التالي بحسب المطلوب:

وجه المقارنة	الرابطة الأيونية	الرابطة التساهمية	الرابطة الفلزّية	رابطة فلان ديرفال
صفات المعدن التي ترتبط ذّاته بهذه الرابطة				

ثالثاً: تطبيق المهارات

1. اللون: برتقالي مصفرّ.

البريق: صمغي، راتنجي

الشكل البلّوري: النظام الرباعي

2. تدل البلّورات الكبيرة الحجم لمعدن الولفنيت Wulfenite

على أنه قد تكون ببطء.

3. صلادة الولفنيت مقدارها 3 على حيز موهس للصلادة.

ولأن معظم الأحجار الكريمة صلبة نسبياً، فإن هذا

المعدن ليس صلب بدرجة كافية لاستعماله كحجر

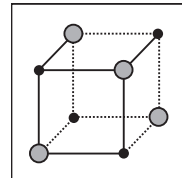
كريم. هذه البلّورات قد تستخدم كخام للفلزات التي

تحتويها، وهي الرصاص والموليبيدات.

4. الوحدة البنائية لمعدن الهاليت هي

نظام بلوري مكعبي مؤلف من أيونات

الصوديوم والكلور ويُرسم بالشكل التالي:



5. الهاليت: لديه روابط أيونية تجعله هشاً

وقابلاً للتكسر إلى قطع صغيرة عند الطرق.

الكوارتز: معدن صلادته 7

الكالسيت: انكسار مزدوج للضوء

رابعاً: الربط بين الرياضيات والجيولوجيا

1. المطرقة الجيولوجية: لتعرّف مدى قابلية المعدن للطرق.

المطواة والعملة النحاسية: لتعرّف الصلادة.

العدسة: لتعرّف على النسيج البلّوري.

قطعة القرميد: لتعرّف على المخدش.

خامساً: قارن

1. راجع الجدول (6) الوارد في كتاب الطالب ص (55).

مخطط الوحدة الثالثة: مواد الأرض (II)

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص
1 . الصخور النارية	1 . تكوّن الصخور النارية	◆ يعرف 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		1
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 .	1
	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 .	2
	3 . بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها	◆ يصف مدى أهمية الصخور الرسوبية لتفسير تاريخ الأرض .	1
حل أسئلة مراجعة الفصل			1
3 . الصخور المتحولة	1 . التحول	◆ يعرف التحول . ◆ يفسر كيفية حدوث التحول . ◆ يذكر عوامل التحول ومصادرها .	1
	2 . أنسجة الصخور المتحولة	◆ يحدد نوعي نسيج الصخور المتحولة: المتورق وغير المتورق . ◆ يفرق بين أنواع النسيج المتورق الثلاثة . ◆ يعرف أنواع مختلفة من بيئات التحول .	2
	حل أسئلة مراجعة الفصل		1
إجمالي عدد الحصص			13

مواد الأرض (II)

مكونات الوحدة

الفصل الأول: الصخور النارية

الدرس 1: تكوّن 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 المتحوّلة

الدرس 1: التحوّل

الدرس 2: أنسجة الصخور المتحوّلة

مقدمة

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

معالم الوحدة

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

اكتشف بنفسك

تصنيف الصخور

الهدف من النشاط هو تعرّف أسماء الصخور، ووصف العينات وصفًا صحيحًا، وتصنيف الصخور إلى أنواع وأقسام.

* قبل البدء بالنشاط، أر الطلاب مجموعة من الصخور معروضة بشكل منظم، وعلى كلّ منها اسمها. ثمّ أسأل: برأيك، في أيّ مكان من مجتمعك قد تجد أنواعًا مختلفة من الصخور؟ (المنتزهات،

الطرق الفرعية وغيرها)



اكتشف بنفسك

تصنيف الصخور

Classification of Rocks

أي صخر، سواء أكان حطبي أم كتل على قمة جبل، يروي قصة معيّنة. فالصخور في مجتمعك مثلاً، تروي جزءاً من قصة القشرة الأرضية. سوف تتعلّم في هذا الفصل كيفية تشكيل ثلاثة أنواع من الصخور.

الهدف

- تعرّف أسماء الصخور.
- وصف العينات وصفًا صحيحًا.
- تصنيف الصخور إلى أنواع وأقسام.

حلّ واستنتج

إفحص ثلاث عينات من صخور الرمل والجرايت والنيس الموجودة في متحف المدرسة ثمّ قارن بينها.

- أذكر عدد المعادن التي يتكوّن منها الصخر (أحادي المعادن أو عديد المعادن).
- أيّ صخر متبلّر وأيّ محبّب؟
- أيّ الصخور يتوزّع فيها المعادن عشوائيًا وأيّها منتظم فيها المعادن في صفوف؟
- أيّ الصخور يحتوي على مسام وأيّها مصمت؟

الفصل الأول: الصخور النارية
• الدرس الأول: تكوّن 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 المتحوّلة
• الدرس الأول: التحوّل
• الدرس الثاني: أنسجة الصخور المتحوّلة

إشرح للطلاب أنّهم خلال هذا النشاط، سوف يفحصون نماذج صخور ويصنّفونها ويتعرّفون عليها. 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.

إجابات:

1. الحجر الرملي وحيد المعادن، الجرايت عديد المعادن، النيس عديد المعادن.

2. الحجر الرملي متحبّب، معادن الجرايت متبلّرة، معادن النيس متبلّرة.

3. الحبيبات في الحجر الرملي موزّعة عشوائيًا، معادن الجرايت موزّعة عشوائيًا، معادن النيس منتظمة في صفوف.

4. تظهر هيئة الحجر الرملي أنه مسامي وسهل التفتت، الجرايت صلب ومتماسك وغير مسامي، النيس صلب ومتماسك وغير مسامي.

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 16 من كراسة التطبيقات 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: عيّات من الجرانيت والأوبسيديان وعدسة يدوية

الزمن: 10 دقائق

الخطوات

• استخدم العدسة اليدوية لفحص عيّتي 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 الغلاف الصخري على أنها كتلة ضخمة من الصخور النارية تغطيها طبقة خارجية رقيقة من الصخور الرسوبية .
بالتالي، علينا أن نعرف على الصخور النارية لكي نفهم تكوين كوكب الأرض وتركيبه .



64

النتائج المتوقعة

الجرانيت والأوبسيديان متماثلان تماماً 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 عميقاً أسفل سطح الأرض ، بينما الأوبسيديان تكون نتيجة تبريد اللافا بسرعة على سطح الأرض .

كتاب الطالب: من ص 67 إلى ص 69

عدد الحصص: 1

الأهداف:

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

1. قَدِّم وحفِّز

- 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس
اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (63) والتعليق المصاحب له، ثم اسألهم:
• 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.)

2. 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؟ (تصلّب أو تبلور.)
 - 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 جمع عينات من صخور الببومس والسكريا 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 الببومس هو الأقل كثافة. ستختلف الاستنتاجات. كل من السكريا والببومس يحتويان على فجوات نتيجة تصلّب الفقاعات في المواد المنصهرة.)

تكوّن الصخور النارية

Formation of Igneous Rock

الدرس 1

أهداف الدرس

- يعرّف 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 الببومس (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، وقبائل مدينة بومبي الأثرية المكتشفة بالحفر.



شكل 63
الحجم البركانية (اللافا) البازلتية السائلة المندفقة على مسطحات بركان كيلاوا "Kilauea" في جزر هاواي.

1. كيفية تكوّن الصخور النارية

Formation of Igneous Rocks

تتكون الصخور النارية Igneous Rocks عندما تبرد المادة المنصهرة وتصلّب. وتسمى المادة الأم للصخور النارية الصهارة Magma، وتتكون 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 تكونها، تصاعد كتلة الصهارة نحو السطح كونها أقل كثافة من الصخور المحيطة بها. تندفع المواد المنصهرة من حين إلى آخر مسببة ثوراتاً بركانية مذهلة. الصهارة التي تصل إلى سطح الأرض تسمى "اللافا" Lava أو الحمم البركانية. يحدث قذف متفجر للصهارة من فوهة البركان أحياناً، مسبباً ثوراتاً بركانية مدمرة. ومع ذلك، ليس كل ثوران بركاني عنيفاً؛ فبراكين عديدة تطلق سيلاً من اللافا أو الحمم البركانية المائعة والهادئة (شكل 63).



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 وطبق

1.2 كيفية تكوّن 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 لكثافة 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.)

♦ ممّ تتكوّن البراكين؟ (من صخور طفحجية 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 لتكوّن تراكيب بلورية منتظمة.)

♦ كيف تتكون معادن السيليكات داخل الصهير؟ (عن طريق عملية التبلور.)

2.2 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 مكونة من صخور الجرانيت والجرانوديوريت وتشكل جذور سلاسل الجبال الضخمة.

♦ القاطع Dikes: وهو متداخل ناري رأسي أو لديه ميل ملحوظ عند تداخله.

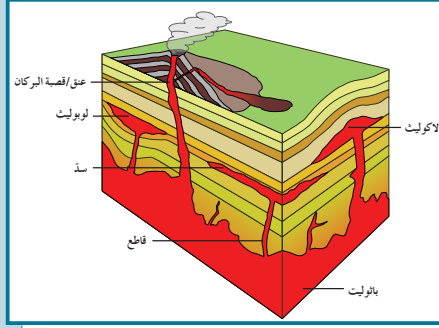
♦ السد Sill: ينشأ عندما تجد الصهارة طريقاً موازياً للطبقات الصخرية مكونة أجساماً أفقية وقد تتراوح سماكته بين عدة سنتيمترات وعدة أمتار.

تُصنف الصخور النارية التي تتكون عندما تتصلب المادة المنصهرة عند السطح كصخور بركانية أو طفحجية Extrusive or Volcanic Rocks. كما أن الصهارة التي تفقد القدرة على الحركة قبل بلوغها إلى السطح، تتبلور في الأعماق، وتسمى صخوراً متداخلة أو جوفية Intrusive or Plutonic Rocks (نسبة إلى بلوتو، إله أحد الآلهة في الأساطير الكلاسيكية). لا يمكن رؤية الصخور النارية المتداخلة عند السطح إلا عبر عوامل التعرية.

2. أشكال الصخور النارية في الطبيعة

Shapes of Igneous Rocks in Nature

تتخذ كتل الصخور النارية الجوفية أشكالاً مختلفة وفقاً للشكل الذي تصلبت عليه في باطن الأرض أو على سطحها، نذكر منها الباثوليث Batholiths (شكل 64) والقاطع Dikes والسد Sill واللاكوليث Laccoliths والكتل التي تشبه اللوبوليث Lopoliths (شكل 64)، بالإضافة إلى انسيابات الحمم البركانية التي تتخذ أشكالاً مختلفة على سطح الأرض. صنف أشكال الصخور النارية في الطبيعة.



شكل 64 أشكال صخور النارية في الطبيعة.

♦ 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.

تكامّل العلوم

الجيولوجيا والجغرافيا

دع الطلاب يستخدمون خريطة لدولة الكويت محدداً عليها أسماء المدن والمناطق التي تحتوي 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 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».

مراجعة الدرس 1

1. ما هي الصهارة؟
2. كيف تختلف اللافا (الحمم البركانية) عن الصهارة؟

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

3.2 التركيب المعدني للصخور النارية

♦ ما المعادن الأساسية التي تتكون منها الصخور النارية؟

(السيليكون والأكسجين)

♦ ما المجموعات الرئيسية لمعادن السيليكات؟ وما المعادن التي تتكوّن منها كل مجموعة؟ (السيليكات الداكنة وهي غنية بالحديد

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

الفاتحة وهي غنية باليوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم أكثر من الحديد

والمغنسيوم، وهي غنية بالسيليكا 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 والميكا البيضاء (المسكوفيت)، أما الصخور النارية داكنة اللون فيسود فيها الحديد والمغنسيوم والقليل من السيليكا.

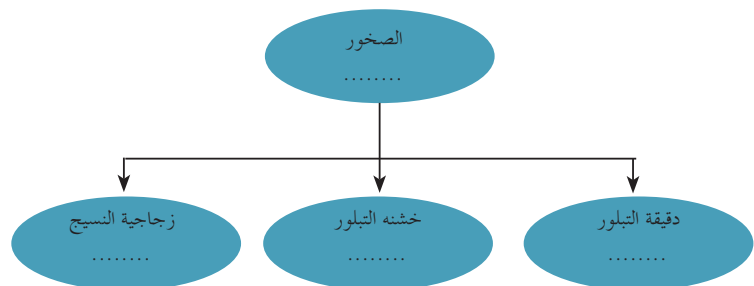
ملف الإنجاز

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

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.



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 عموماً 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.

كتاب الطالب: من ص 70 إلى ص 79

عدد الحصص: 2

الأهداف:

- يتعرف التركيبات 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 عَيِّنات لصخور نارية مختلفة

وضح للطلاب أنه من خلال تعرف تركيب الصخور النارية يمكننا معرفة مواقع وظروف تكونها، وتحديد ما إذا كانت طفحجية أم جوفية.

1.2 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 تكوَّنت الصخور من الصهارة؟ **(عن طريق تبلور المعادن التي تكوَّنها 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 تنابع انخفاض درجة الحرارة، تبدأ معادن أخرى بالتبلور من الصهير المتبقي. وبتتابع 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 التركيبات المختلفة للصخور النارية.
- يحدد محتوى السيليكا كمؤشر للتركيب.
- يفسر كيف تتكون الصهارة خلال سلسلة تفاعل بوين.
- يصف دور الصخور النارية كأسمدة.

1. 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 مبيّناً إمكانية الحصول على صخور فلسية ومافية من نوع واحد من الماجما الأم.

يوضّح الشكل (65) تفاعلات "باون" التي تتكوّن من جزئين.

درجات الحرارة	سلسلة تفاعل "باون"	التركيب (أنواع الصخور)
درجة الحرارة المرتفعة (~1200°C)	أوليفين	فوق مافية (بريدويت / كومانيت)
تبريد الصهارة	غني بالكالسيوم بيروكسين	مافية (جابر / بازلت)
	أمفيبول	وسيط (ديوريت / انديريت)
	ميكا بيوتيت	فلسية (جرانيت / ريويت)
	سلسلة تفاعل "باون" المتبقية	
درجة الحرارة المنخفضة (~750°C)	فلسبار بوتاسي ميكا مسكوفيت كوارتز	

شكل 65

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

1.2 سلسلة باون التفاعلية وتركيب الصخور النارية

- هل يوجد تنوع كبير في الصهارات تنتج عنه الصخور النارية المختلفة؟ (كلا، الصهارة الواحدة تتغير بالتدرج في تركيبها باستمرار عملية التبريد لتصبح صخوراً 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 والميكا السوداء (البوتيت) والفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالصوديوم والفلسبار البوتاسي والميكا البيضاء (المسكوفيت) والكوارتز.)
- ما الذي يحدث أثناء عملية التبلور؟ (يتغير التركيب المعدني للجزء السائل من الصهارة.)
- 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.)

توظيف الأشكال

- بعد أن يدرس الطلاب سلسلة تفاعل باون (الشكل 65)، وضح 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 البوتيت.
- 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 معادنها في آخر السلسلة فتكون فاتحة اللون.

2.1 التتابع التفاعلي المتواصل (السلسلة المتواصلة)

Continuous Series

يُظهر هذا التتابع طريقة تكوّن معادن البلاجيوكليز مثل معدن البتونايت 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.

2.1 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 الأمفيبول يليها معدن الميكا (البوتيت). تُسمّى هذه السلسلة سلسلة غير متواصلة بسبب اختلاف المعادن من حيث تركيبها الكيميائي والبُروني وخواصها الفيزيائية على عكس مجموعة التتابع التفاعلي المتواصل. أما ما يتبقى 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. إذاً، تندرج الصخور الناتجة عن تبلور المعادن من الصخور فوق المافية الغنية بعنصري الحديد والماغنسيوم إلى الصخور الفلسية الغنية بالمعادن السيليكاية.

2.2 السيليكاات الداكنة والسيليكاات الفاتحة

Dark Silicates and Light Silicates

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

3.2 التراكيب الجرانيتية (الفلسية) مقابل التراكيب 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 بازلي؟ (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 ، والمغنسيوم.)

♦ لماذا تعتبر الصخور المافية أعلى كثافة من الصخور الفلسية؟

(لأنها تحتوي على نسبة عالية من الحديد.)

توظيف الأشكال

دع الطلاب يدرسون الشكل (66)، 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)

♦ ما هي الصخور الأغنى بالحديد والمغنسيوم والكالسيوم؟ (فوق

المافية)

♦ ما الاتجاه الذي تزايد فيه نسبة السيليكات؟ (الصخور فوق المافية

← المافية ← المتوسطة ← الفلسية)

♦ ما الاتجاه الذي تزايد 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)

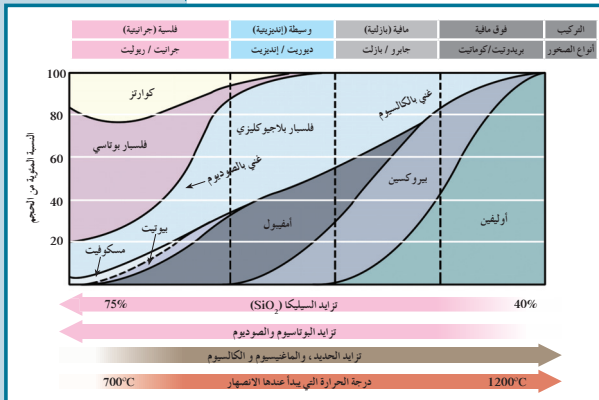
3. التراكيب الجرانيتية (الفلسية) مقابل التراكيب البازلتية (المافية)

Granitic (Felsic) Versus Basaltic (Mafic) Compositions

لاحظ أنه يوجد عند أحد جانبي شكل (30) 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 بازلي Basaltic Composition (شكل 66).

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

شكل 66
المعادن في الصخور النارية الشائعة
والصهارة التي تنشأ منها.



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. 4 المجموعات التركيبية الأخرى

- ♦ ما نسبة السيليكات في الصخور المتوسطة (الأنديزيتية)؟ (25%)
- ♦ ما المعادن السيليكاتية الداكنة الموجودة في الصخور المتوسطة؟ (الأمفيبول، البيروكسين، الميكا السوداء (البوتيت))
- ♦ 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 (7) من كتاب الطالب وفقاً للتركيب الكيميائي، والتركيب المعدني، والنسيج.

التركيب الكيميائي: تقسم الصخور النارية من الناحية الكيميائية بناء على أسس عدّة أهمّها النسبة المئوية للسيليكات 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 كلزي.

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

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

4. المجموعات التركيبية الأخرى

Other Composition Groups

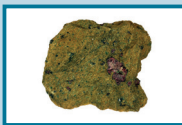
إنّ تركيب الصخور الواقعة بين الصخور البازلتية والجرانيتية يجعلها وسيطة أو أنديزيتية، وقد عرفت بهذا الاسم نسبة إلى الصخور البركانية (أنديزيت).

تحتوي هذه الصخور الوسيطة (الأنديزيتية) (Intermediate (Andesitic) على 25% من المعادن السيليكاتية الداكنة على الأقل، وبصورة رئيسية الأمفيبول والبيروكسين والبوتيت مع معادن غالبة من الفليسا بلاجيو كلزية.

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

تعد مجموعة البريدوتيت الشكل (67) من الصخور النارية المهمة التي غالباً ما تحتوي على الأوليفين والبيروكسين. يتكون البريدوتيت من المعادن ذات الحديد والمغنسيوم بصورة كاملة تقريباً ويشار إلى تركيبها الكيميائي بالفوق مافي Ultramafic (جدول 7).

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



شكل 67
صخرة البريدوتيت

جدول 7
تصنيف المجموعات الرئيسية للصخور النارية وفقاً للتركيب المعدني والنسيج.

التركيب الكيميائي	فوق مافية	مافية (بازلتية)	وسيلة (أنديزيتية)	فلسية (جرانيتية)
المعادن الغالبة	بيروكسين أوليفين	بيروكسين فليسا بلاجيو كلزي غني بالكالسيوم	أمفيبول، فليسا بلاجيو كلزي غني بالصوديوم والكالسيوم	كوارتز، فليسا بوتاسي، فليسا بلاجيو كلزي غني بالصوديوم
المعادن الملحقة	فليسا بلاجيو كلزي غني بالكالسيوم	أمفيبول أوليفين	بيروكسين بوتيت	أمفيبول مسكوفيت بوتيت
حشن الحبيبات	بريدوتيت	جابر	ديوريت	جرانيت
دقيق الحبيبات	كوماتيت (نادر)	بازلت	أنديزيت	ريوليت
بورفير	غير شائع	النسيج البورفير يفسق الأسماء المذكورة أعلاه عند توفر بلورات كبيرة.		
زجاجي	الأريسيديان			
إسفنجي	يوس			
فتاتي	صخر فتاتي (فتات أصغر من 2mm) بربشا بركانية (فتات أكبر من 2mm)			
لون الصخر (نسبة (%) للمعادن الداكنة)	0% إلى 25%	25% إلى 45%	45% إلى 85%	85% إلى 100%

5.2 نسيج الصخور النارية

- ♦ ما المقصود بنسيج الصخر الناري؟ (حجم بلّورات المعادن المكوّنة للصخر الناري وشكله وترتيب بلّوراته المتشابهة)
- ♦ 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 الغازات 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 طفحجية زجاجية المظهر؟ (لأنه عندما تبرد المواد المنصهرة بسرعة كبيرة، لا يكون الوقت كافٍ للأيونات لكي تترتب على شكل شبكة بلّورية.)

1.5.2 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 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 اللزوجة العالية في الصهارة الغنيّة بالسيليكا تعيق تحرّك 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.

5. نسيج الصخور النارية Igneous Rocks Texture

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

1.5 العوامل المؤثرة في حجم البلّورات

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 بلّورات أقل وبحجم أكبر.

من ناحية أخرى، يحدث التبريد السريع عند تدفق الحمم البركانية (اللافا) الرقيقة فيعزّز نمو 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 68).



شكل 68
الأوبسيديان أحد أنواع صخور الزجاج.

هل تعلم؟

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 بلّوري منتظم. هذه هي الطريقة نفسها التي ينتج من خلالها الزجاج الطبيعي الذي يسمى الأوبسيديان، والمكون من اللافا (الحمم البركانية). ومن الممكن إنتاجه من مواد متنوعة، لكن معظم الزجاج التجاري ينتج عن رمل الكوارتز وكميات قليلة من معادن الكربونات.

هل تعلم؟

الأوبسيديان صخر طفحي بركاني تجمد بسرعة كبيرة جدًا لدرجة لم تسمح بتكوين بلّورات معدنية مستقلة، وأصبح براقًا 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 تمامًا النسيج الذي يتكوّن منه الزجاج الطبيعي أو البركاني للأوبسيديان.

2.5.2 أنواع أنسجة الصخور النارية

- لماذا يوجد لبعض الصخور النارية دقيقة التبلور نسيجًا فجويًا أو فقاعيًا؟ (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 بعيدًا أسفل سطح الأرض).
- لماذا يسهل تعرف الصخور النارية ذات النسيج خشن التبلور من تلك ذات النسيج دقيق التبلور؟ (لأن بلّوراتها كبيرة الحجم.)
- متى يقال عن نسيج الصخر الناري أنه بورفيرى؟ (إذا كان الصخر يحتوي على بلّورات كبيرة الحجم مطمورة في وسط من البلّورات صغيرة الحجم.)
- لماذا صنع الأميركيون الأصليون (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 الصخري التي يتم قذفها أثناء الثوران البركاني العنيف)
- لماذا تظهر أنسجة الصخور الفتاتية أكثر شبهًا بالصخور الرسوبية عن الصخور النارية؟ (لأن الصخور الفتاتية تتكون من جسيمات أو فتات مفردة تجمعت وتلاصقت ببعضها بعضًا بدلًا من كونها تتكون من بلّورات متشابكة)
- متى يقال إن للصخر الناري نسيج بجماتي؟ (عندما يتكوّن من بلّورات متشابكة جميعها لها قطر أكبر من السنتيمتر الواحد.)
- هل البلّورات المكوّنة للصخور البجماتيية تعتبر نتيجة للتبريد البطيء؟ (كلا، نتيجة للبيئة السائلة التي تعزز التبلور.)

2.5 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 كتل صغيرة داخل القشرة السطحية حيث يكون التبريد سريعًا نسبيًا، نسيج دقيق جدًا من الحبيبات يسمى النسيج دقيق التبلور Aphanitic texture. بالتحديد، فالبلّورات التي تتكوّن الصخور دقيقة التبلور صغيرة جدًا بحيث يمكن تمييز المعادن الموجودة في الصخر بواسطة المجهر فحسب (شكل 69 – (3)).



شكل 69

أنواع أنسجة صخور نارية

اطلب إلى الطلاب دراسة (شكل 69)، 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.)
- ♦ أي هذه الصخور تكون نتيجة قذف الطفوح التي كونته إلى الغلاف الجوي أثناء الثوران البركاني؟ (الصخر الزجاجي – البيومس)

اطلب إلى الطلاب دراسة (الشكل 69-3)، 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.

تنمية المهارات: المقارنة والمباينة

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 تتكوّن من الصخر الناري البازلت، بينما القشرة القارية غالباً ما تتكوّن 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 (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.

(ب) النسيج خشن التبلور (خشن الحبيبات)

Phaneritic (Coarse – Grained) Texture

تتكون الصخور النارية ذات نسيج خشن الحبيبات، أي النسيج خشن التبلور Phaneritic texture، عندما تتصلب كتل كبيرة من الصهارة ببطء بعيداً عن السطح. تتكون هذه الصخور خشنة الحبيبات من بلورات كبيرة ومتساوية في الحجم تقريباً، تسمح بالتعرف على المعادن بدون استخدام المجهر (شكل 69-1). تنشأ الصخور خشنة التبلور، كالجرانيت والجابرو (شكل 70)، عميقاً داخل القشرة الأرضية، ولا تظهر عند سطح الأرض إلا عندما تزيل عوامل التعرية الصخور التي تغطيها.

Porphyritic Texture

(ج) النسيج البورفيرى

قد تتطلب كتلة الصهارة الكبيرة العميقة جداً عشرات إلى مئات الألوف من الأعوام لكي تتصلب. إذا قامت الصهارة المحتوية على بعض البلورات الكبيرة بالتوران عند السطح، فإن جزء اللافا السائل المتبقي سيبرد بسرعة نسبياً. لذا يتكون صخر يحتوي على بلورات كبيرة تحيط بها بلورات صغيرة، وهذا هو النسيج البورفيرى Porphyritic texture (شكل 69-2). يشار إلى البلورات الكبيرة في هذا الصخر على أنها بلورات بارزة Phenocrysts، في حين تسمى البلورات الأصغر حجماً الكتلة السفلية Groundmass. ويُسمى الصخر ذو النسيج المثل صخر بورفيرى Porphyry.

Glassy Texture

(د) النسيج الزجاجي

خلال بعض التورانات البركانية، تُقذف الحمم إلى الغلاف الجوي حيث تبرد بسرعة، فيكون صخوراً ذات نسيج زجاجي Glassy Texture. الأوبسيديان، نوع شائع من الزجاج الطبيعي، مشابه في المظهر لقطعة من الزجاج الداكن المصنوع. وقد اعتبر الأوبسيديان مادة مهمة بفضل مكسره المحاري الممتاز ذي الحافة الحادة القاطعة الصلبة (شكل 71).

الجيولوجيا والطب

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



شكل 70
الجابرو Gabbro نوعان من الصخور خشنة التبلور



شكل 71
الأوبسيديان Obsidian زجاج طبيعي استخدمه الأمريكيون الأصليون (الهنود الحمر) لصنع رؤوس الأسهم والأدوات القاطعة

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 يضمنون المقال أو التقرير صوراً أو أشكالاً تخطيطية توضح هذه العمليات مجتمعة. ناقش تقارير الطلاب مع الفصل.

6.2 محتوى السيليكات كمؤشر للتركيب الكيميائي

♦ ما محتوى السيليكات في الصخور القشرية؟ (يتراوح بين أقل من 45% في الصخور فوق المافية إلى أكثر من 70% في الصخور الجرانيتية الفلسية.)

♦ ما محتوى الصخور منخفضة وعالية السيليكات من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم؟ (الصخور منخفضة السيليكات نسبياً تحتوي على كميات كبيرة من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم، أما الصخور عالية السيليكات فتحتوي على كميات صغيرة نسبياً من هذه العناصر ولكنها غنية بالصوديوم والبوتاسيوم.)

♦ كيف تؤثر كمية السيليكات الموجودة في الصهارة على سلوك الصهارة؟ (الصهارة الجرانيتية الغنية بالسيليكات لزجة جداً وتوجد كسائل عند أقل من 700°C؛ والصهارة البازلتية منخفضة السيليكات أكثر سيولة وتبلور عند درجات حرارة أعلى من الصهارات الجرانيتية وتتصلب تماماً عندما تبرد عند 1 000°C.)

اطلب إلى الطلاب دراسة (الجدول 7). دعهم يتوقعون أي الصخور النارية قد لا يصلح كأحد موادّ البناء ويفسرون السبب. (صخر البيومس وهو ذات نسيج زجاجي رقيق، وحتى لو كان قوياً. فإن الثقوب الموجودة فيه تجعله هشاً، ما يجعله عرضة للتآكل بتعرضه لظروف التجوية.)

عصف ذهني

اسأل الطلاب: لم لا يُعد التركيب المعدني كافياً 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.)



شكل 72
ولّد بركان كوكو Koko في هاواي شعر بيلي
Pele's Hair.

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

بشكل عام الصهارة ذات المحتوى العالي من السيليكات 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 بالسيليكات كتلة لزجة جداً وتتصلب في النهاية لتكون الأوبسيديان. بالمقابل، فإن الصهارة البازلتية ذات المحتوى المنخفض من السيليكات 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 بنايع تقذف الحمم البركانية البازلتية لعشرات الأمتار في الهواء. وقد يولد مثل هذا النشاط جدائل من الزجاج البركاني تسمى شعر بيلي Pele's Hair (شكل 72) نسبةً إلى آلهة لبراكين هاواي.

(هـ) النسيج الإسفنجي والفقاعي Vesicular Texture

يتضح في العديد من الصخور دقيقة التبلور وجود فجوات خلفتها الفقاعات الغازية التي تسربت مع تصلب اللافا. تتصف هذه الصخور بنسيج إسفنجي أو فقاعي Vesicular Texture وتكون هذه الصخور في المنطقة العلوية للحمم البركانية المتدفقة اللافا (شكل 73).



شكل 73
السكريا Scoria والبيومس Pumice عبارة عن صخرتين بركانيتين يظهر فيهما النسيج الإسفنجي. الفجوات عبارة عن فراغات صغيرة حدثت عن طريق هروب الفقاعات الغازية.

6.2 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 والمغنيسيوم تتميز بلونها الفاتح وتكون خفيفة الوزن النوعي على عكس التي تقل فيها نسبة السيليكا وتتكوّن أساساً من معادن الحديد والمغنيسيوم، 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 خفيفاً استناداً إلى تركيب كل منها، وذلك للتأكد من استيعابهم لهذه العلاقة.

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.

(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 المكونة من هذا الفتات الصخري ذات نسيج فتاتي Pyroclastic or Fragmental Texture (شكل 74).

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

(ز) النسيج الجماتي Pegmatitic Texture

قد تتكون استثنائياً صخورٌ خشنة الحبيبات تسمى الجماتيات Pegmatites، من بلورات متشابكة ذات قطر يزيد عن سنتيمتر واحد، وتتميز بنسيج جماتي Pegmatitic Texture. تتواجد معظم الجماتيات عند حواف كتل الصخور الجوفية الكبيرة على صورة كتل صغيرة، أو عروق رقيقة تمتد إلى الصخر المجاور.

تتكون الصخور الجماتية في المراحل المتأخرة من تبلور عندما يكون الماء والمواد المتطايرة الأخرى، مثل الكلور والفلور والكبريت، نسبةً مئوية عالية غير عادية من الصهير. لذا، فالبلورات الكبيرة غير الاعتيادية المكونة في الجماتيات هي نتيجة البيئة السائلة التي تعزز تبلور. تركيب معظم الصخور الجماتية مشابه لتركيب الجرانيت. لذا، تحتوي هذه الصخور على بلورات كبيرة من الكوارتز والفلسبار والمسكوفيت. كما قد تحتوي بعضها على كميات كبيرة من المعادن القيمة والنادرة نسبياً.

6. 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.

نموذجياً، يتراوح محتوى السيليكا في الصخور القشرية ما بين أقل من 45% في الصخور فوق المافية وأكثر من 70% في الصخور الجرانيتية (جدول 6)، وإذا تحتوي الصخور منخفضة السيليكا نسبياً على كميات كبيرة من الحديد والمغنيسيوم والكالسيوم. بالمقابل، تحتوي الصخور عالية السيليكا على كميات صغيرة جداً من تلك العناصر، ولكنها غنية بالصوديوم والبوتاسيوم. بالتالي، يمكن استنتاج التركيب الكيميائي لإحدى الصخور النارية مباشرة من خلال محتواها من السيليكا.



شكل 74
تتكون الصخور ذات النسيج الفتاتي مثل صخر الطفة نتيجة دمج الفتات الصخري الذي قذف أثناء الثوران البركاني العنيف.



شكل 75
صخرة الجماتيت Pegmatite

اطلب إلى الطلاب العودة إلى الشكل (66) و(الجدول 7) لإعداد خريطة مفاهيم تتضمن أنواع الصخور وتركيبها المعدني وأنسجتها المختلفة وألوانها مدعومة بالأمثلة. ناقش الطلاب حول خرائط المفاهيم للتوصل إلى خريطة واحدة تسجلها تباعاً على السبورة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2

1. التركيب الجرانيتي يطلق على الصخور التي يسود فيها معدني السيليكات وهي الكوارتز والفلسبار؛ يطلق التركيب البازلتية على الصخور التي تحتوي على العديد من معادن السيليكات الداكنة اللون والفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالكالسيوم والتي لا تحتوي على الكوارتز.
2. المحتوى العالي من السيليكات في الصهارة يجعلها عالية اللزوجة، والمحتوى المنخفض يجعلها أكثر سيولة.
3. تتطور (تتغير) الصهارة لتصبح صخوراً نارية متنوعة.
4. التبريد البطيء يسمح للأيونات بالهجرة إلى مسافات بعيدة نسبياً، وهذا يسبب تكوين بلورات كبيرة نوعاً ما. من ناحية ثانية، عندما يحدث التبريد بشكل سريع، تفقد الأيونات حركتها بسرعة وترتبط مع بعضها بعضاً بسرعة لتكوّن أعداداً كبيرة من الأيونية، وبالتالي تكوّن كتلة من البلورات الصغيرة النامية بين البلورات الكبيرة.
5. بالإضافة إلى معدل التبريد، يؤثر التركيب المعدني للصهارة وكمية المواد المتطايرة في عملية التبلور.
6. تعود الاختلافات إلى حجم البلورات وموقع تكوّن النسيج.
7. التبريد المفاجيء للصهارة المندفعة عالياً في الهواء الجوي يمنع تكوّن البلورات في النسيج الزجاجي.
8. الحبيبات الكبيرة جداً (البلورات) لمعدن السيليكات تدل على النقل السريع للغاية للمكونات المعدنية (الذرات والجزيئات) داخل الصهير. نحن نعرف أن الصهارات البجماتيتية صغيرة الحجم وتنصهر على درجة حرارة منخفضة نسبياً وغنية جداً بالماء والمواد المتطايرة الأخرى (الغازات). تعزز المتطايرات المعدلات السريعة للغاية للنقل الجزيئي، هذا هو سبب النمو السريع للبلورات الكبيرة جداً.

7. 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 الأوبخيت. تؤثر هاتان المجموعتان في اختلاف ألوان الصخور النارية. فصخور مجموعة الفلسبار تتميز بوفرة السيليكات وندرة المعادن التي تحتوي على الحديد والمغنيسيوم، ما يجعل وزنها النوعي خفيفاً ولونها فاتحاً. أما صخور مجموعة الأوبخيت فتتميز بنسبة مرتفعة من المعادن الغنية بالحديد والمغنيسيوم وندرة السيليكات، ما يجعلها داكنة اللون من حيث المظهر وثقيلة من حيث وزنها النوعي (شكل 76).

مراجعة الدرس 2

1. ما الفرق بين التركيب الجرانيتي والتركيب البازلتية في الصخور النارية؟
2. ما الذي يجعل بعض الصهارة الجرانيتية لزجة وبعضها الآخر أكثر سيولة؟
3. اذكر المفهوم الرئيسي الذي يته "باون" وزملاؤه في المختبر.
4. كيف يؤثر معدل التبريد في عملية التبلور؟
5. ما العاملان الآخران المؤثران في عملية التبلور إضافة إلى معدل التبريد؟
6. عدّد الفوارق بين النسيج دقيق التبلور والنسيج خشن التبلور؟
7. ما الذي يجعل للصخور النارية نسيجاً زجاجياً؟
8. لماذا تكون البلورات في البجماتيتات كبيرة جداً؟

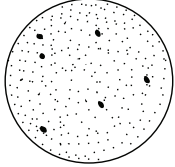


شكل 76
تختلف صخرة البازلت Basalt داكنة اللون
عن صخرة الريوليت Rhyolite فاتحة اللون.

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 مخلفة 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 الأول

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارات 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. تفتقر 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 وعلل 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، وبتناقص نسبة الحديد والماغنسيوم قليلاً في الصهير يبدأ تبلور معادن البيروكسين. ومع استمرار التناقص وزيادة نسبة السيليكات، 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

ثانياً: تطبيق المهارات

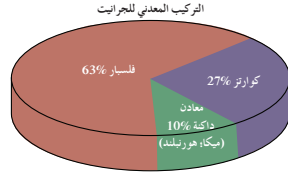
ماذا يحدث عمومًا على صعيد التركيب كلما اتجه التبلور إلى أسفل في سلسلة تفاعل "باون"؟

التركيب (أنواع الصخور)	سلسلة تفاعل "باون"	درجات الحرارة
فوق مافية (بريدويت / كوماتيت)	غني بالكالسيوم	درجة الحرارة المرتفعة (~1200°C)
مافية (جابرو / بازلت)	بيروكسين	
وسيلة (ديوريت / أنديريت)	بيوتيت ميكا	
فلسية (جرانيت / روليت)	فلسبار بوتاسيوم ميكا مسكوفيت كوارتز	درجة الحرارة المنخفضة (~750°C)

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 ونسيجه.



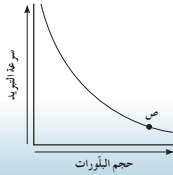
ادرس الشكل الدائري، ثم أجب عن الأسئلة التالية:

1. قراءة الأشكال البيانية: ما المعدن الأكثر وفرة في الجرانيت؟ ما النسبة المئوية للمعادن الداكنة في الجرانيت؟

2. الحساب: إذا زادت نسبة الكوارتز عن 35%

وبقيت كمية المعادن داكنة اللون ذاتها، فما النسبة المئوية للفلسبار في الجرانيت؟

3. 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 البومس أو الجابرو أو البازلت أو الأوبسيديان؟

الفصل الثاني

الصخور الرسوبية

دروس الفصل

الدرس 1: منشأ الصخور الرسوبية

الدرس 2: التراكيب الأولى 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 وتحويل 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 والسلك.

دروس الفصل

الدرس الأول

◆ منشأ الصخور الرسوبية

الدرس الثاني

◆ التراكيب الأولى 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 الترسيب، تتحول هذه المادة التي تسمى الرواسب بعد تماسكها إلى صخر.



كتاب الطالب: من ص 83 إلى ص 89

عدد الحصص: 1

الأهداف:

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

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية للدرس

دع الطلاب يدرسون مقدمة الدرس والصورة المصاحبة لها في الشكل (77). 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 كمعامل تعرية وتساهم في تكوين الصخور الرسوبية.

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؟

(ستتوقع 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 طباشرياً 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 77

تفتت العديد من القوي 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 مكوّنين طميّاً سميكاً. هذه بعض من المواد متعددة الأشكال التي تكون الصخور الرسوبية (شكل 77).

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

2. علّم وطبّق

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؟ (تحميلها المياه الجارية والمياه الجوفية بعيداً إلى مواقع جديدة.)
- متى ترسب 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 الترسيب؟ (الرواسب الأكثر قدماً تدفن أسفل الطبقات الأحداث وتتحول تدريجياً إلى صخر رسوبي بواسطة الانضغاط والتلاحم.)

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (78)، 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 الترسيب؟ (عندما ترسب الجسيمات الصلبة أو عندما ترسب أيونات المواد الذائبة بواسطة العمليات غير العضوية أو البيولوجية.)

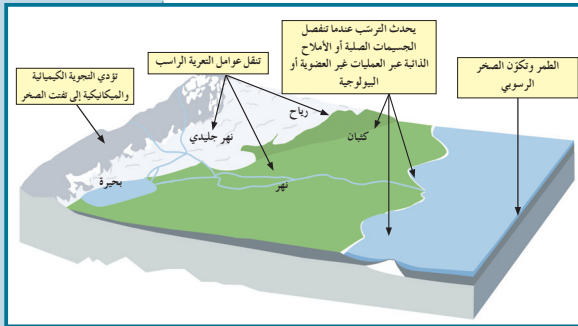
المقارنة والمباينة: اطلب إلى الطلاب عقد مقارنة ومباينة بين الصخور الرسوبية الفتاتية والصخور الرسوبية الكيميائية والصخور العضوية من حيث المنشأ أو الأصل، نوع الراسب الذي تكوّن منه كل منها، سبب التسمية وأهم الفروق.

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 والأملاح الذائبة. هذه هي المواد الخام للصخور الرسوبية.
- تُقلل المكونات الذائبة والجسيمات الصلبة بعيداً بفعل عوامل التعرية المختلفة.
- يحدث ترسيب الجسيمات الصلبة عندما تنخفض سرعة الرياح والتيارات المائية وينصهر الجليد.
- وترسب المواد الذائبة من المحلول عندما تسبب التغيرات الكيميائية أو الحرارية تبلور المواد وترسبها، أو عندما تمتص الكائنات الحية المواد الذائبة لتبني أصدافها.
- فيما يستمر الترسيب، تُدفن الرواسب القديمة تحت الطبقات الحديثة، وتتحول تدريجياً إلى صخر رسوبي (تحجر) بفعل التراص والسمنتة (Cementation).

شكل 78
يلخص هذا الشكل التخطيطي جزءاً من دورة الصخور المتعلقة بتكوّن الصخور الرسوبية. العمليات الأساسية المعنية هي: التجوية، والنقل، والترسيب.



84

1.1 أنواع الصخور الرسوبية

Types of Sedimentary Rocks

تُصنّف الصخور الرسوبية إلى ثلاثة أنواع بحسب طرق تكونها. النوع 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 (Derital). النوع الثاني، المواد الذائبة الناتجة بكمية كبيرة عن التجوية الكيميائية عندما ترسب هذه الأملاح من المحلول بفعل أي من العمليات غير العضوية أو البيولوجية، يطلق على هذه المواد مصطلح "الرواسب الكيميائية"، وتسمى الصخور الرسوبية التي تتكوّن منها الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks. النوع الثالث، الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks، والمثال الأساسي عنها هو الفحم الحجري. فهذا الصخر الأسود القابل للاشتعال يتكوّن 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، فالمكونات الرئيسة لمعظم الصخور الرسوبية من هذه الفئة هما المعادن الطينية والكوارتز. المعادن الطينية هي المنتج الأكثر وفرة إثر التجوية الكيميائية لمعادن السيليكات، وبخاصة 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 والترسيب كانا سريعين بدرجة كافية لحفظ بعض المعادن الأولية من الصخر الأصلي قبل أن تتحلل إلى عناصرها الرئيسية. تحلل حجم الحبيبات هو المعيار الأولي للتمييز بين الصخور الرسوبية الفتاتية. يبين الجدول (7) الفئات المختلفة لحجم الحبيبات المكونة للصخور الفتاتية.

نشاط

صنع نموذج الصخور الرسوبية

- المواد والأدوات المطلوبة
تراب، أحافير، حصى، ماء، ملح، ملاعق، محارم ورقية، جص، مواد ذات درجة صلابة معروفة، لوحة المخدش، عطلات العمل
- اعصفت ذهك 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.
 - تعليل: ارتد نظارات الأمان. ابدأ بالتحضير للنشاط بالمواد المحددة لصنع النماذج الصخرية. كيف ستكون الطبقات؟ هل نماذجك ستحاكي الضغوط التي أدت إلى التحام الحبيبات والقطع الصغيرة على هيئة صخر؟ هل تحتوي الطبقات الصخرية على أحافير؟
 - سجل الخطوات التي ستبنيها لإعداد نماذج الصخور الفتاتية والعضوية والكيميائية.
 - قارن نماذجك بنماذج من زملائك.

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)

♦ وتلاحم مع بعضها بعضًا.)

♦ 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 حديثًا

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 حديثًا فحوافها حادة.)

تكمال 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 أعماق 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؟

(الفلسبار، الكوارتز)

♦ ما سبب احتواء الصخور الرسوبية الفتاتية الناتجة عن التجوية

الكيميائية للصخور النارية على معدني الفلسبار 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 الفلوسبارات 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 الكونجولوميرات 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 الجارفة وبفعل الانزلاقات الأرضية والأنهر الجليدية. أما الرمل، فينطَلَب نقله طاقة أقل. لذا يشيع وجود مثل تلك الرواسب في الكثبان الرملية التي تحركها الرياح وفي بعض الرواسب النهرية والشواطئ.

الصخور الرسوبية الفتاتية الشائعة، بحسب تزايد حجم الحبيبات، هي الطين الصفحي، والحجر الرملي، والكونجولوميرات، والبريشيا. انظر الجدول (8).

تصنيف الصخور الفتاتية بحسب حجم الحبيبات			
مدى الحجم (مم)	اسم الحبيبات	الاسم الشائع للراسب	الصخر الفتاتي
أكثر من 256	جلمود صخري Boulder	حصى Gravel	جلمود صخري Boulder
من 64 إلى 256	حجر أملس Cobble	حصى Gravel	الكونجولوميرات والبريشيا Conglomerate and Breccia
من 4 إلى 64	حصاة Pebble		
من 2 إلى 4	حبيبة Granule		
من 1/16 إلى 2	رمل Sand	رمل Sand	حجر رملي Sandstone
من 1/256 إلى 1/16	غرين Silt	طين Mud	حجر الغرين، طين صفحي، حجر طيني Siltstone, Shale or Mudstone
أقل من 1/256	طيني Clay		

جدول 8
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 طميية باستخدام كل مادة في ترتيبها .

اسأل الطلاب: أي المواد أمكن فيها صنع أحسن فطيرة؟ دعمهم 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؟ (بالعمليات غير العضوية مثل التبخر ، النشاط الكيميائي

والعمليات العضوية للكائنات المائية)

♦ كيف تتكون الرواسب البيوكيميائية؟ (تستخلص الكائنات المائية

المواد المعدنية الذاتية 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 تتكوّن من فتات لصخور موجودة في الطبيعة أو من ترسبات المعادن. أشر إلى الطلاب أن: الحجر الجيري شائع الاستخدام في الهندسة ويمكن إيجاده أيضًا في الطبّ وفي الأدوات التجميلية .

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

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

♦ الجبس هو متبخّر يتكوّن حين يتبخّر 08% من الماء الذي يحتويه .

3.3.2 الصخور السليسية

♦ الشيرت هو ثاني أكثر الصخور الرسوبية وفرة بعد الحجر الجيري .

3. الصخور الرسوبية الكيميائية

Chemical Sedimentary Rocks

تتكوّن الصخور الرسوبية الكيميائية نتيجة ترسّب المعادن المذابة في المحاليل الكيميائية بواسطة عمليات كيميائية مثل عملية التبخر والترسّب من المحاليل المشبعة ، ويكون المعدن الذي يترسّب أولاً هو الأقلّ ذوباناً . ونذكر من الصخور الكيميائية:

Carbonate Rocks

1.3 الصخور الكربوناتية

تتكوّن الصخور الكربوناتية نتيجة ترسّب كربونات الكالسيوم من المحاليل الكلسية المحبوسة على كربونات الكالسيوم الذاتية . يؤدي هذا الترسّب إلى تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ، فترسّب كربونات الكالسيوم على شكل (أراجونيت Aragonite) لتتحول بعدها إلى الكالسيت (Calcite) الأكثر ثباتاً . ومن أهمّ أنواع هذه الصخور:

الحجر الجيري Limestone:

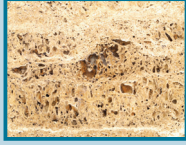
يتكوّن من ترسّب مادة كربونات الكالسيوم المذابة من المحاليل ويشمل أنواعاً مختلفة ، منها:

الترافرتين Travertine: حجر جيري ينتج من ترشح المياه الغنية بالكالسيوم حول الفوارات والينابيع الحارة ويتميّز بدرجة مسامية عالية (شكل 79) .

الحجر الجيري البطروخي Oolitic Limestone: يتكوّن هذا الحجر من حبيبات كروية صغيرة جداً ناتجة عن تفاعلات كيميائية تحدث في مياه البحار والمحيطات . تؤدي هذه التفاعلات إلى ترسّب كربونات الكالسيوم على شكل طبقات رقيقة حول نواة رقيقة (قد تكون حبيبة رمل وفئات صدفة حيوان) . يظهر هذا الترسيب على شكل كرات صغيرة يتماسك بعضها مع بعض بمادة لاحمة غالباً ما تكون كلسية ، فيشبه شكل بيض السمك (البطارخ) (شكل 80) .

الدولوميت Dolomite: تتكوّن من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم . يشبه الدولوميت الحجر الجيري ، لكنه أثقل وأكثر صلابة ولا تتفاعل بسرعة مع حمض الهيدروكلوريك المخفّف مثل الحجر الجيري (شكل 81) .

وقد تتشكّل الصخور الرسوبية الكربوناتية على هيئة صواعد وهوابط الهوابط والصواعد Stalactites and Stalagmites: تتخذ الهوابط شكل أعمدة مخروطية تتدلى من سقف الكهوف ، فيما ترتفع الصواعد على أرضيتها نتيجة ترسّب كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ من محاليل بيكربونات الكالسيوم الكلسية التي تفقد محتواها من الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون (شكل 82) .



شكل 79
الترافرتين



شكل 80
الحجر الجيري البطروخي



شكل 81
الدولوميت



شكل 82
الهوابط والصواعد

♦ الفلنت والشيرت Flint & Chert كلاهما يتكوّن من كوارتز دقيق أو عديم التبهر إذ إنّه نشأ من ترسب السيليكا الغروية الناشئة عن التجوية الكيميائية لصخور الفلسبار . والمصطلحان مترادفان لبعضهما بين المدرسة الإنجليزية والمدرسة الأمريكية ، إلا أنّ بعض العاملين في مجال الصخور والمعادن يفرّقون بينهما على أساس اللون . فالأنواع الداكنة اللامعة تُسمّى فلنت أما الأنواع الفاتحة عديمة البريق فتُسمّى شيرت .

2.4 الصخور الرسوبية العضوية

الصخور الرسوبية العضوية هي الصخور التي نتجت بفعل الكائنات والتي تنتج من تراكم هياكل الأحياء البحرية ، مثل الأصداف البحرية (الحجر الجيري الأحفوري والكوكونا خاصة عندما تكون نسبة الأصداف في الصخر كبيرة جداً) ، أو تنتج من هياكل الكائنات الدقيقة مثل الفورامينيفرا التي لا تُرى بالعين المجردة كما في حالة صخور الطباشير أو تلك الكبيرة نسبياً كما في الحجر الجيري النيموليتي . وقد تنتج الصخور الرسوبية العضوية من تراكم هياكل الأحياء الفقارية (فوسفات الكالسيوم) كما في صخور الفوسفات .

إنّ سقوط الأغصان والأشجار في قيعان المستنقعات وطمرها ودفنها في طين المستنقع تجعلها تتحلّل بمعزل عن الهواء ، ما يؤدي إلى تكوّن الفحم الحجري . لهذا السبب ، يميل البعض لفسر تسمية الصخور العضوية على الفحم وتصنيف الحالة الأولى على أنّها صخور بيوكيميائية إذ إنّ كربونات الكالسيوم المترسّبة مباشرة من ماء البحر تعمل كمادّة لاحمة تلصق الأصداف ببعضها البعض .

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب أن يلاحظوا (شكل 82) 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 "ستلاكتات".

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.

2.3 المتبخرات Evaporites

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 $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$: كبريتات الكالسيوم المائية (شكل 83) هي الصخور الأولى التي تتكون من معادن الجبس.

♦ الأنهدريت (CaSO_4) Anhydrite: يلي الأنهدريت صخر الجبس في التكوين والترسيب من مياه البحر وهو يشبه الجبس في التركيب الكيميائي. علل قلة صلادة الجبس عن الأنهدريت (شكل 84).

♦ الملح (NaCl) Salt: يوجد على شكل طبقات سميكة جدًا وبلوراته واضحة وهو يلي الجبس والأنهدريت في التبلور (شكل 85).

3.3 الصخور السليسية Siliceous Rocks

♦ على الرغم من أن السيليكا تعتبر من المواد شحيحة الذوبان في الماء، إلا أنه ينتج صخور عن ترسيب السيليكا من المحاليل مثل: الفلنت Flint (الصوان) (شكل 86) والشيرت Chert يتكونان بصفة رئيسية من

السيليكا عديمة التبلور، ويتواجدان على شكل عقد أو درنات أو طبقات.



شكل 86
الفلنت

4. 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 كالعظام والقواقع (شكل 87).



شكل 87
الحجر الجيري العضوي



شكل 83
الجبس



شكل 84
الأنهدريت



شكل 85
الملح

1. قِيم 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 تتجّت 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 88
الحجر الجيري المرجاني

- ♦ الحجر الجيري المرجاني Coral Limestone: ناتج عن تراكم هياكل المرجان (شكل 88) .
- ♦ حجر الطباشير Chalk: صخر لين ناصع البياض قليل الصلادة وهو مكون من أجزاء دقيقة للغاية من هياكل حيوانات بحرية وحيدة الخلية (شكل 89) .



شكل 89
حجر الطباشير

- ♦ الكوكينا Coquina: يتكون من كسرات الأصداف التي تجمعت بواسطة مادة لاحمة (شكل 90) .



شكل 90
الكوكينا



شكل 91
صخر الفوسفات

- ♦ صخر الفوسفات Phosphatic Rock: ينتج عن تراكم هياكل وعظام الحيوانات الفقارية (شكل 91) .
- ♦ الجوانو Guano: وهو صخر فوسفاتي ناتج عن تراكم بقايا روث الطيور البحرية .

مراجعة الدرس 1

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

كتاب الطالب: من ص 90 إلى ص 94

عدد الحصص: 2

ملاحظة: إجراء النشاط العملي (5) متزامناً مع شرح الجانب النظري.

الأهداف:

- ♦ يحدد التراكيب الأولية للصخور 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. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (92) 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 الراسي 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 الصخري، الفحم الحجري، الصخور الطينية)

2. علِّم وطبق

♦ ما الاختلافات الموجودة بين طبقات الصخور الرسوبية؟ فسِّر. (الاختلافات في نوع النسيج، التركيب، السمك؛ لأن كل طبقة تعكس الظروف المختلفة التي ترسبت فيها.)

1.2 مستويات التطبق

♦ ما المقصود بمستويات التطبق؟ (أسطح مستوية تنفصل أو تنكسر الصخور على طولها)

♦ ما الذي يدل عليه مستوى التطبق؟ (يحدد حدود نهاية أحد أحداث الترسيب وبداية حدث الترسيب الذي يليه.)

♦ ما الذي يسبب تكوّن مستويات التطبق؟ (التغير في حجم الحبيبات أو تركيب الرواسب المترسبة؛ التوقف عن الترسيب)

التراكيب الأولية للصخور الرسوبية Primary Structures of the Sedimentary Rocks

الدرس 2

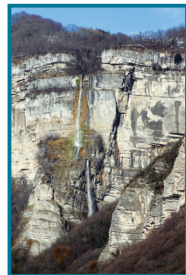
أهداف الدرس

- ♦ يحدد التراكيب الأولية للصخور 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.

التراكيب الرسوبية Sedimentary Structures

بالإضافة إلى تنوع حجم الحبيبات، والتركيب المعدني، والنسيج، تظهر الصخور الرسوبية تنوعاً في التراكيب. وتوفر التراكيب الرسوبية معلومات إضافية لفهم تاريخ الأرض، وتعكس الظروف المختلفة التي ترسبت فيها كل طبقة، (شكل 92).

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



شكل 92

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

- لماذا يؤدي التوقف عن الترسيب إلى التطبق؟ (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 تترسب من مائع.)

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

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

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

2.2 علامات النيم

- ما هي علامات النيم؟ وكيف تتكون؟ (هي عبارة عن تموجات صغيرة من الرمل الذي يظهر على سطح إحدى الطبقات الرسوبية بفعل المياه الجارية أو الهواء، وهي تتكون عمودياً 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 غالباً ما تكون ثقيلة جداً ولا تستطيع الرياح حملها.)

- دع الطلاب يصفون الظروف التي تمكن حدوث علامات النيم بواسطة الرياح في الكثبان الرملية. (الجفاف)

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 مكوناً قمماً مرتفعة دقيقة طويلة تُعد نماذج لعلامات النيم.)

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

1. مستويات التطبق Bedding Planes

هي عبارة عن المستويات الفاصلة بين الطبقات، وقد يشكّل التغير في حجم الحبيبات أو تركيب الصخور المترسبة، مستويات التطبق. وقد يؤدي أيضاً وقف الترسيب المؤقت إلى التطبق، لأن الفرص لتكوين المادة المترسبة نفسها من جديد تكون ضئيلة. يُمثل كل مستوى تطبيقي نهاية حقبة الترسيب وبداية حقبة أخرى.

(أ) التطبق الكاذب (المقاطع) Cross-Bedding

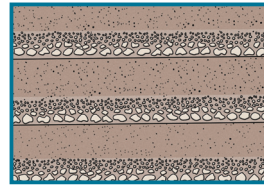
في بعض حالات التطبق الكاذب تبدو الطبقات على شكل رقائق مائلة بالنسبة إلى مستويات التطبق الرئيسة بين الطبقات. علّل تواجد التطبق الكاذب في الكثبان الرملية (شكل 93).



شكل 93
التطبق الكاذب

(ب) التطبق المتدرج Graded Beds

في حالة التطبق 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، تترسب الحبيبات الأكبر أولاً، وتبعها الحبيبات الأصغر فالأكثر صغراً، على التوالي (شكل 94).

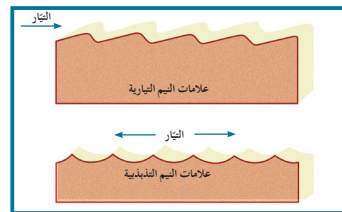


شكل 94
التطبق المتدرج

2. 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 أساساً باتجاه واحد فقط، يكون شكلها غير متماثل. "علامات النيم التيارية" "Current Ripple Marks" (شكل 95) 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 95)، تنتج عن حركة الأمواج السطحية ذهاباً وإياباً في بيئة ضحلة قريبة من الشاطئ.



شكل 95
علامات النيم التيارية والتذبذبية.

3. التشققات الطينية Mud Cracks

تدل على أن الراسب الذي تكونت فيه كان مبتلاً وجافاً بصورة متناوبة. ولدى تعرضه للهواء، يجف الطين المبتل تماماً وينكمش، منتجاً تشققات. تحدث التشققات الطينية في بيئة مثل البحيرات الضحلة والأحواض الصحراوية (شكل 96).



شكل 96
تكون التشققات الطينية عندما يجف الطين المبتل بالماء وينكمش.

3.2 التشققات الطينية

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (96)، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

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

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 المترسبة 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 97)، 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:

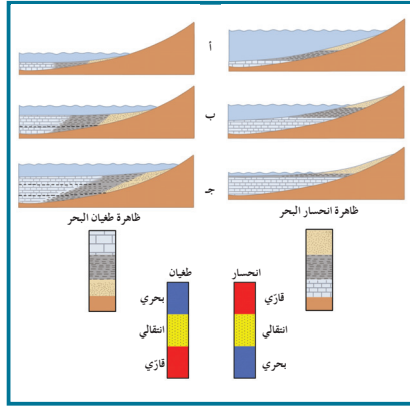
- ذوبان القمم الجليدية يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر (الطغيان البحري)، ويتوقع أن الذوبان الكامل لجليد القارة القطبية من شأنه أن يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر من 60 إلى 70 مترًا (200 قدم).

2. الطغيان والانحسار (الارتداد) البحري

Marine Transgression and Regression

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

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



شكل 97
طغيان البحر وانحساره والتركيب الصخري الناتج عنهما

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

4.2 الجيودات

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: يتكوّن عندما تحتوي طبقة من الصخور الرسوبية على طبقات قد تكون مائلة .
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 98
الجيودات عبارة عن تجاويف صخرية تحتوي على تكوينات بلورية داخلية .

Geodes

الجيودات Geodes عبارة عن تكوينات صخرية جيولوجية تشكلت في الصخور الرسوبية وبعض الصخور البركانية (شكل 98) . إنها بصورة أساسية تجاويف صخرية ذات تكوينات بلورية داخلية . الجزء الخارجي لمعظمها هو عمامة حجر جيري ، بينما يحتوي الجزء الداخلي على بلورات معدنية . هناك جيودات أخرى ممتلئة 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 95 إلى ص 96

عدد الحصص: 1

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب تفحص صورة افتتاحية الدرس (الشكل 99) والتعليق المصاحب لها. وضح لهم أن أهمية الصخور الرسوبية تكمن في تعرف تاريخ الأرض وتفسيره من خلال تعرف وفهم الظروف التي تكوّنت فيها هذه الصخور في البيئات التي حدث فيها ترسيب مكوناتها، سواء أكانت تلك البيئات قارية أو بحرية أو انتقالية.

1.2 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 أيضاً في الصخور الرسوبية القديمة.)

♦ ما أهمية دراسة الصخور الرسوبية في بيئات الترسيب التي ترسبت فيها الرواسب التي تكوّنت 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 تتكوّن خلال فترات زمنية وجيزة. وضح لهم أن تكوّن الصخور الرسوبية استغرق ملايين السنين.

2. علم وطبق

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 حت 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

(Equilibria (Non-Depositional) Environment) حيث 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.

اسأل الطلاب:

- ♦ ماذا نستنتج من فهم الظروف التي تكوّنت فيها الصخور الرسوبية؟ (استنتاج تاريخ الصخر بالإضافة إلى معلومات عن أصل حبيباته، طريقة نقل رواسبه، طبيعة البيئة الترسيبية التي ترسبت فيها رواسبه.)

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 تكونت فيها الصخور الرسوبية، يستطيع علماء الجيولوجيا استنتاج تاريخ صخر ما، بما في ذلك معلومات عن أصل الجسيمات التي تكوّن، وطريقة نقل الرواسب وطبيعة المكان الذي استقرّ فيه، أي بيئة الترسيب.

بيئة الترسيب Environment of Deposition أو البيئة الرسوبية Sedimentary Environment هي المكان حيث تترسب الرواسب. تُصنّف بيئة الترسيب إلى ثلاث فئات فتكون قارية أو بحرية أو انتقالية (الخط الساحلي) ومن ثمّ المتبخّرات.

♦ الرواسب القارية (الفحم الحجري) تدلّ على بيئة مستنقعات استوائية.

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

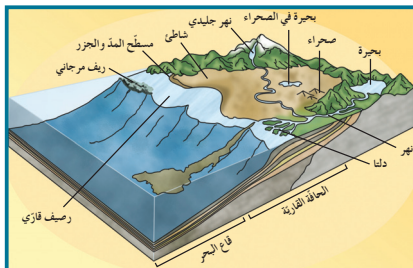
♦ الرواسب الكربوناته تدلّ على بيئة بحرية عميقة.

♦ الرواسب الطينية تدلّ على بيئة قارية نهريّة.

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

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

شكل 99
البيئة الرسوبية هي المكان الذي يترسب فيه الراسب، تتميز كل منها بظروف فيزيائية، وكيميائية، وإحصائية معينة. لأن كل راسب يحتوي على دلالة للبيئة التي ترسب فيها، فالصخور الرسوبية مهمة للغاية في تفسير تاريخ الأرض. يوضح هذا الرسم التخطيطي عدداً من البيئات القارية، والانتقالية، والبحرية المهمة.



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

♦ ماذا نرى عند دراسة سلسلة من الطبقات الرسوبية؟ (تغيرات متتابعة 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)، ودعهم 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.

أنواع الرواسب وكيفية تكوّنها

تُصنّف الرواسب بحسب تركيبها المعدني ونسيجها وبيئة ترسيبها: ♦ في البيئة القارية، وبفعل تجوية الرياح والتعرية بالماء الجاري (الأنهار) والأمواج الشاطئية، قد تنتج حبيبات حجمها أكبر من 2mm، فتترسب رواسب الزلط (الكونجلوميرات).

♦ في البيئة القارية، وبفعل تجوية الرياح والتعرية بالماء الجاري (الأنهار)، قد تنتج حبيبات حجمها أصغر من 2mm، وهنا تترسب رواسب الرمل أو الطين في حالة الحبيبات متناهية الدقة.

♦ البحار الضحلة المغلقة والبحيرات المالحة تنتج الملح الصخري والجبس (رواسب متبلّرة).

♦ البحار العميقة المفتوحة تنتج أنواعاً مختلفة من الحجر الجيري (الكيميائي العضوي مثل الحجر الجيري الحفري والمرجاني والطباشيري).

♦ بيئات المستنقعات تنتج فيها رواسب الفحم والطين الأسود بفعل التحلل بمعزل عن الهواء.

2.2 استخدامات الصخور الرسوبية

♦ يُستخدم الحجر الجيري والحجر الرملي المتماسك في أحجار البناء، كما في معابد المصريين القدماء.

♦ يُستخدم الحجر الجيري في الإسمنت.

♦ يُستخدم الطين في السيراميك.

♦ يُستخدم الجبس في جبس البناء.

2. استخدامات الصخور الرسوبية

Uses of Sedimentary Rocks

تُفيد الصخور الرسوبية في الكثير من الصناعات. فالصخور الكلسية تُستخدم كثيراً في البناء (شكل 100) وفي صناعة الجص والإسمنت. وتُستثمر الصخور الطينية في صناعة الفخار والقرميد وأحجار البناء وصناعة الطابوق (شكل 101) والسيراميك. أما الصخور الملحية، كاملاح الصوديوم والبوتاسيوم، فتُستخدم 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؟



شكل 100
صخور كلسية تُستخدم في البناء.



شكل 101
تُستخدم الصخور الرسوبية لصناعة الطابوق.

♦ يُستخدم الفوسفات في المخصّبات الزراعية.

♦ تُستخدم الصخور المسامية في مستودعات للنفط والغاز والمياه الجوفية.

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

ثانياً: تحقق من فهمك

1. لأن الكائنات الميتة يمكن أن تدفن بسهولة بواسطة

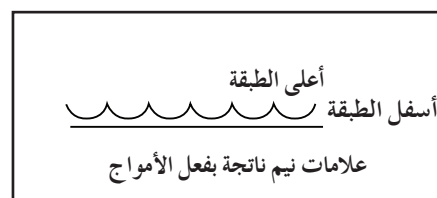
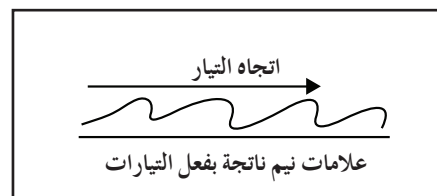
طبقات الرواسب التي تكوّن الصخور الرسوبية.

2. التبخر؛ الصخور الرسوبية الكيميائية

ثالثاً: تطبيق المهارات

الطبقات الأفقية

رابعاً: التمثيل بالرسم



التشقّق الطيني



التطبق المتدرّج



التطبق الكاذب



أسئلة مراجعة الفصل الثاني

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارات التالية:

- عندما يتغير حجم الحبيبات داخل الطبقة الرسوبية الواحدة تدريجياً من الخشن عند قاعدة الطبقة إلى الدقيق عند قممتها، يشار إلى ذلك على أنه...
(أ) تطبّق متدرّج (ب) مستويات تطبّق (ج) طبقات (د) تطبّق متقاطع

ثانياً: تحقق من فهمك

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

ثالثاً: تطبيق المهارات التالية

صورة للغز: تُبين الصورة الفوتوغرافية سطح أحد الصخور الرسوبية. تمثّل الخطوط المناطق حيث يكون الصخر فيها أكثر صلابة من باقي الخيبتات المتلاصقة. علّذ المظاهر الشائعة للصخور الرسوبية التي تراها في هذه الصورة.



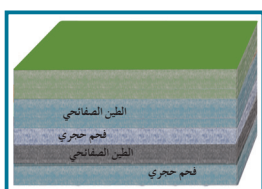
رابعاً: التمثيل بالرسم

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

خامساً: تنمية مهارة الاستنتاج

وَجَدَ جيولوجيّ منطقة فيها صخور تتكوّن من طبقات من الفحم الحجري والكونجلوميرات (أنظر إلى الشكل 102).

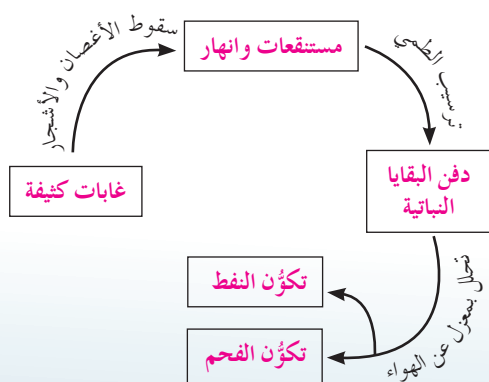
- كيف تعرف ما هي بيئة الترسيب لهذه المنطقة؟
- أرسم شكلاً تخطيطياً لبيئة ترسيب هذه الطبقات.
- حدّد بيئة الترسيب للجزر الكويتية.



شكل 102

خامساً: تنمية مهارة الاستنتاج

- يحتمل أن تكون بيئة المستنقعات لأن الفحم الحجري يتكوّن من نباتات المستنقعات المدفونة في الماء، والكونجلوميرات يدلّ تبادل طبقات الفحم مع الطين الصفائحي على أنّ البيئة مختزلة نظراً لتكوّن الفحم كما هي الحال في بيئة المستنقعات والغابات الممطرة. ويدلّ تبادل الطبقات على تذبذب المناخ، فارتفاع منسوب الماء يؤدّي إلى ترسّب الطين من الحبيبات المعلقة وهي أيضاً المسؤولة عن الدفن السريع للأغصان الواقعة في قاع المستنقع ومن ثمّ عن التحلّل بمعزل عن الهواء.



- تكوّن الجزر الكويتية نتيجة الترسيب بفعل التيارات البحرية كحيود ترسيبي وتثبيت الرواسب بكميات الكالسيوم الكيميائية وتثبيت وضعها بنموّ بعض الشعاب المرجانية.

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 جداً في صخور القشرة الأرضية.



98

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 تتكوّن 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 تقريباً، ثم اخلط قطع التترتر بواحدة منها.
- اقطع الكرة التي بها التترتر إلى نصفين باستخدام الخيط. كيف يترتب التترتر داخلها؟
- أعد تشكيل نصفي 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 عشوائياً. وعندما يقطعون الصلصال في المرة الثانية سيلاحظون أن التترتر أصبح مرتباً في شكل طبقة أو شريط. يجب أن يستنتج الطلاب أن التترتر يمثل نموذجاً لحبيبات الصخر، أو يستنتجوا أيضاً أن الصلصال، بعد تعرضه للانضغاط، يمثل نموذجاً للصخر المتحول.

توسّع

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

(يمثل الضغط الذي يغير الصخر إلى صخر متحول.)

كتاب الطالب: من ص 99 إلى ص 101

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ◆ يعرف التحول .
- ◆ يفسّر كيفية حدوث التحول .
- ◆ يذكر عوامل التحول و مصادرها .

1. قَدِّم وَحَفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

وضح للطلاب أن الصخور النارية والرسوبية تحدث لها عملية تحول تؤدي إلى تكون نوع ثالث من الصخور يعرف بالصخور المتحولة، تختلف خصائصه الفيزيائية وتركيبه المعدني والكيميائي عن الصخور النارية أو الرسوبية التي نتج عنها (الشكل 103).

2.1 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 متحوّلة؟ (بخار الماء تحول بالحرارة عن الماء — الشمع السائل تحول بالانصهار بالحرارة عن الشمع الصلب، إلخ. تقبل جميع الأسئلة المنطقية).

- ♦ ما الاسم الذي يطلق على الصخور النارية والرسوبية عندما تتعرض للتحويل؟ (صخور متحولة.)
- ♦ هل تتشابه 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. (سبب الحرارة انصهار بلورات السكر فتحول في البداية إلى شراب سكري ، ثم تحول إلى مادة متفحمة سوداء اللون.) اسأل الطلاب كيف تماثل هذه العملية عملية التحول في الصخور. (سبب الحرارة تغير تركيب ومظهر خصائص السكر والماء ، أي حدثت عملية تحول للسكر والماء.)

2. عِلْمٌ وَطَبَقٌ

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 .



103 شڪا

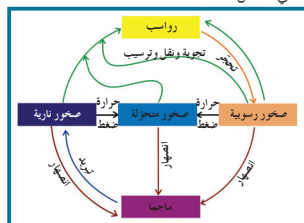
يتحوّل الطفل الصفحي Shale إلى أردواز بسبب عوامل معيّنة شهدها في الطبيعة.

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 (103).

1. الصخور المتحولة

Metamorphic Rocks

التحول يعني تغير نوع من الصخور إلى نوع آخر. تَتَجَّ 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 يُسمَّى الصخر الأصل (شكا، 104).



شكل 104
دورة الصخر في الطبيعة

♦ 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 تدريجياً والتغيرات الحادثة للصخر الأصلي عادة ما تكون طفيفة.)

♦ لماذا يصعب التوقع أحياناً 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 التطبق 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 ، فتنتج 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 التطبق والأحافير، وبالتالي يصعب تحديد الصخر الأصلي عند فحص الصخر المتحول الذي نشأ منه.

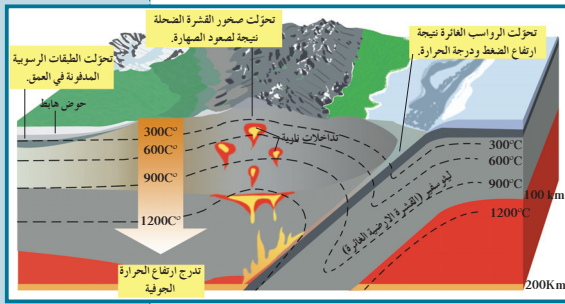
وضح للطلاب أن الظروف البيئية التي تتعرض لها الصخور وتسبب حدوث عملية التحول ليست متشابهة، والصخور المتحولة الناتجة تتأثر بشدة هذه الظروف. دع الطلاب يعدون جدولاً يقارنون فيه تأثير الظروف البيئية على عملية تحول الصخور من حيث الشدة والعمق الموجودين فيه، بالإضافة إلى التأثير وخصائص الصخر المتحول الناتج.

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 بالتغير التدريجي حتى بلوغ التوازن مع البيئة أو الظروف الجديدة. تحدث معظم التغيرات الناتجة عن التحول عند درجات مرتفعة للحرارة السائدة في منطقة تحت سطح الأرض بضع كيلومترات وحتى الوشاح العلوي.

2. ما الذي يؤدي إلى التحول؟

What Drives Metamorphism?

تتعرض الصخور لعوامل الحرارة والضغط والسوائل النشطة كيميائياً. 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 105)، لأنها مصدر الطاقة التي تحفز التفاعلات الكيميائية، فتعيد تبلور المعادن الموجودة. وقد تعمل أيضاً على تكوين معادن جديدة، فحرارة الأرض الداخلية تنشأ من الطاقة المنبعثة الناتجة عن التحلل الإشعاعي والطاقة الحرارية المخزنة داخل جوف الأرض.



شكل 105
تدرج ارتفاع الحرارة ودوره في عملية التحول. لاحظ كيف ينخفض تدرج ارتفاع الحرارة الجوفي بسبب غور القشرة الأرضية الأبرد نسبياً، بالمقابل، يحدث التسخين الحار عندما تخترق الصهارة القشرة العلوية.

مهارات 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 تكون 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 بلوري ثابت.)

♦ ما آلية إعادة تبلور حبيبات المعدن الواحد تحت تأثير درجات الحرارة العالية؟ (تساعد درجات الحرارة العالية على تبلور المعادن ذات البلورات الصغيرة حيث تتلاحم في جزيئات أكبر من التركيب البلوري نفسه، أي يحدث نمو بلوري.)

- ♦ 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 المكون الأصلي).

- ♦ ما مصدر الحرارة الداخلية للأرض؟ (الطاقة المنطلقة نتيجة التحلل الإشعاعي والطاقة الحرارية المخزنة منذ تكوّن 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

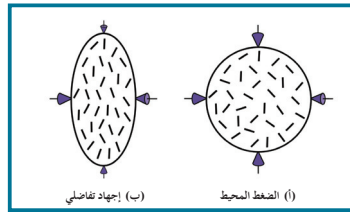
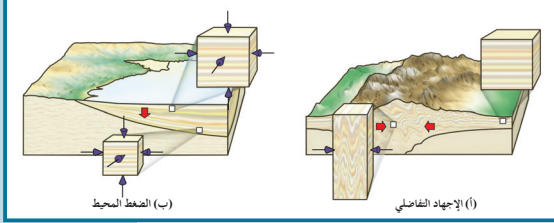
دع الطلاب يدرسون (الشكل 105) ثم وجه إليهم السؤالين التاليين:

- ♦ 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.

قد تتعرض الصخور لضغط موجه $Directed Pressure$ ، فتكون القوى التي تشوه الصخر غير متساوية في مختلف الاتجاهات، وتسمى الإجهاد التفاضلي Differential Stress (شكل 106 - ب)، بحيث تزداد الصخور التي تتعرض للإجهاد التفاضلي قصراً أو تنكمش باتجاه الإجهاد الأقوى (التفاضلي)، وتزداد في الطول وتتفلطح في الاتجاه المتعامد معه. نتيجة لذلك، غالباً ما تتعرض الصخور للطي، والتصدع، والانسياب. أما العامل الثالث فهو عبارة عن وسائل 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 كحفّازات لعمليات إعادة التبلور.

شكل 106 الضغط المحيط والإجهاد التفاضلي هما عاملان تحول. (أ) مع ازدياد الضغط المحيط في البيئة الرسوبية ينشأ الصخر بقلص الحجم. (ب) خلال عملية بناء الجبال، الصخور 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؟

الضغط المحيط والإجهاد التفاضلي

- ♦ 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 التبلور وتكون معادن جديدة).
- ♦ لماذا غالباً ما يسبب الإجهاد التفاضلي طي الصخور التي تتعرض له وتصدعها وانسيابها؟ (لأن الصخور التي تتعرض للإجهاد التفاضلي تزداد قصراً أو تنكمش في اتجاه الإجهاد الأقوى وتزداد في الطول وتتفلطح 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 مقارناتهم 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 طيها أو تفلقها.)**
 - ♦ ما تأثير الإجهاد التفاضلي على الصخور العميقة عند درجات الحرارة المرتفعة؟ **(يسبب انسيابها.)**

توظيف الأشكال

- اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 106)، 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 ببعض. 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، تمامًا مثل الصخر الحار المدفون في عمق القشرة الأرضية. فسر إننا نعتبر الثلج باردًا إلا أنه في الواقع يعتبر حارًا بالمقارنة مع نقطة انصهاره.

السوائل والمحاليل النشطة كيميائيًا

- ♦ ما نوع السوائل والمحاليل التي تلعب دورًا 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 كيميائيًا.
 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 للمكون الأصلي.
 4. الضغط المحيط هو تساوي القوى التي تضغط على الصخر المدفون عميقًا 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 102 إلى ص 108

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

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؟ (تتفتت 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. عَلم وطبّق

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

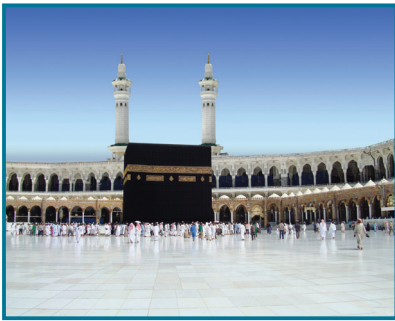
الدرس 2

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. وافتتح 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 يتسع لآلاف 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 108
الرخام الأبيض في الحرم المكي

يتميز الرخام الأبيض في الحرم المكي بلونه الباهي وشكله المتناسق ودرجة حرارته المعتدلة طوال اليوم. تعود خاصية اعتدال الحرارة إلى نوع الرخام (تاسوس) الذي يمتص الرطوبة في الليل عبر مسام دقيقة ويُخرجها في النهار، ما يجعله دائم البرودة. لا يمكن إيجاد هذا الرخام الأبيض إلا في اليونان، لذلك تم شراء الكمية المناسبة لهذا الغرض.

♦ لماذا تظهر الصخور المتحولة بشكل مختلف عند النظر إليها من الجانب ومن أعلى؟ (لأن حبيباتها المعدنية تكون صفيحية 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 التضغوط 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: اسأل 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 تكوّنت 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.

1. أنواع أنسجة الصخور المتحولة

Types of Metamorphic Textures

تذكّر أن مصطلح نسيج يُستخدم لوصف حجم الحبيبات وشكلها وترتيبها داخل الصخر. وتنقسم أنسجة الصخور المتحولة إلى نوعين هما: الأنسجة المتورقة Foliated Textures والأنسجة غير المتورقة Nonfoliated Textures.

Foliated Textures

1.1 الأنسجة المتورقة

يشير مصطلح التورق Foliation إلى أيّ ترتيب وفق مسطحات (مستوي تقريباً) للحبيبات المعدنية أو للمظاهر التركيبية في الصخر. توجد أنواع مختلفة من التورق (شكل 109)، تعتمد غالباً على مستوى التحول والتكون المعدني للصخر الأم. نذكر منها: الانشقاق الصخري أو الأردوازي، والشستوزية (الصفائحية)، والنسيج النيسوزي.



شكل 109
نوع من أنواع الأنسجة المتورقة

(أ) الانشقاق الصخري أو الأردوازي Rock or Slaty Cleavage

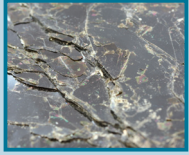
يشير الانشقاق الصخري إلى الأسطح المستوية المتقاربة جداً والتي ينشق الصخر على طولها عند طُرْفه ببطء، ويحدث الانشقاق الصخري (شكل 110) في عدة صخور متحولة، ولكنه يظهر جيداً في الأردواز الذي يتميز بخاصية انشقاق تسمى الانشقاق الأردوازي (شكل 111)، إذ يتكون الأردواز نتيجة عملية التحول للطين الصفحي.



شكل 111
للأردواز استخدامات عديدة لأنه ينشق بسهولة إلى صفائح. توضح الصورة استخدام الأردواز كصفح للمزج.

هل تعلم؟

ترتفع درجة حرارة القشرة الأرضية مع العمق، ويؤدي ذلك إلى مشاكل كبيرة على صعيد العمل في المناجم الجوفية أو تحت الأرضية. في المنجم الغربي العميق في أفريقيا الجنوبية، الذي 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.



شكل 110
تكون نوع واحد من الانشقاق الصخري.

هل تعلم؟

يرجع سبب ثقل النوعية الممتازة لطاولات البليارد إلى أن أسطحها مصنوعة من صفائح سميكة لصخر متحول هو الأردواز. ولأن الأردواز ينفصل بسهولة إلى صفائح، فقد ارتفع سعره لوجوده في صنع أسطح طاولات البليارد، بالإضافة إلى أغراض أخرى، مثل فرش الأرضيات والأسطح.

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 118)، 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 الانقسام الصخري؟ (يشير إلى الأسطح المستوية

المتقاربة التي يتفلق الصخر بطولها عندما يطرق بمطرقة.)

♦ ما العوامل المؤثرة لنشأة الانقسام الصخري؟ (بيئة التحول

وتركيب الصخر الأصلي)

♦ في أي بيئة تتحول طبقات الطفل إلى الأردواز؟ فسّر. (في

بيئة مستوى التحول الضعيف حيث ينشأ الانقسام الصخري عندما

تتعرض طبقات الطفل للطي وتتحول إلى الأردواز. وتبدأ هذه العملية

عندما تلتنح الحبيبات الصفائحية منتجة طيات مجهرية ذات أجنحة أو

جوانب شبه مرتبة.)

♦ 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 متوازية مع مستويات التطبق؟

(لأن مستويات الانقسام في الأردواز قد تنشأ موازية على اتجاه التطبق الأصلي.)

♦ ما المقصود بالشيستوزية (النسيج الشيستوزي)؟ (خاصية تورق

الصخر التي تنمو فيها بلورات 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.

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 112). إضافة إلى المعادن الصفائحية، قد يحتوي الشيست حبيبات مشوهة من الكوارتز والفلسبار التي تظهر كحبيبات مسطحة أو عدسية الشكل مخبأة بين حبيبات الميكا.



شكل 112
صخر الشيست Schist

Gneissic Texture

(ج) النسيج النيسوزي

تتفرز المعادن خلال عمليات التحول عالي المستوى كما هو مبين في الشكل (113). لاحظ أن بلورات البيوتيت الداكنة والمعادن السيليكاتية الفاتحة (كوارتز وفلسبار) قد انفصلت عن بعضها، وأعطت الصخر مظهرًا ذي أحزمة يسمى النسيج النيسوزي. الصخر الذي يتميز بهذا النسيج يدعى نيس Gneiss.



شكل 113

يظهر هذا الصخر النسيج النيسوزي. لاحظ أن شرائح البيوتيت الداكنة وحبيبات المعادن السيليكاتية الفاتحة منفصلة عن بعضها، مما أعطى الصخر مظهرًا ذي أحزمة أو منطقتين.

هل تعلم؟

يبلغ عمر صخور نيس أكاسا 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.

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 مكونًا من معادن بلوراتها متساوية الأبعاد).

- ♦ لماذا تكون بلورات الرخام كبيرة ، متساوية الأبعاد وموزعة عشوائيًا؟ (لأن الرخام صخر متحول غير متورق ينتج عن تحول الحجر الجيري دقيق الحبيبات (معادن الكالسيت) نتيجة تداخلات الأجسام الصهارية ، ما يسبب إعادة تبلور حبيبات الكالسيت ، فتتكون بلورات كبيرة الحجم من البلورات الأصلية المتراصة 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 الهورنفلس 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 بروفيروبلاستيكي؟ (عندما تكون بلورات المعادن المتحولة كبيرة الحجم مثل الجارنت والأشتروليت).
- ♦ ما الصخران المتحولان اللذان يتكوّنان بمصاحبة الهورنفلس؟ وما صخرهما الأصلي؟ (الرخام والكوارتزيت ؛ الحجر الجيري والحجر الرملي الكوارتيزي على الترتيب)

2.1 الأنسجة غير المتورقة (الحبيبية)

Nonfoliated Textures

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 114).

Metamorphic Environment

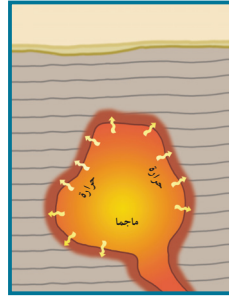
2. بيئات التحول

1.2 التحول الحراري أو التلامسي

Contact or Thermal Metamorphism

يحدث التحول الحراري أو التلامسي عندما يكون الصخر محاطًا أو ملاصقًا لجسم ناري منصهر. تقع أجزاء الصخر التي تُعرض للتغير في نطاق يسمى حالة متحولة Metamorphic Aureole (شكل 115)، والتي يتوقف حجمها على عوامل عديدة:

- ♦ كتلة الجسم الناري وحرارته ، فالتدخلات الصغيرة تحدث هالات تُقاس سماكتها بالسنتيمترات في حين أنّ التدخلات الكبيرة مثل الباثوليث Batholith تمتد 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 115
هالة التحول



شكل 114
الكوارتزيت نوع من النسيج غير المتورق.

توظيف الأشكال

اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 116)، 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

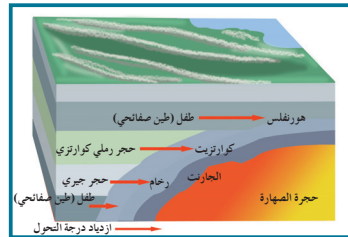
- ما المقصود بالتحول بالمحاليل الحارة؟ (التحول الذي يحدث عند دوران المحاليل الحارة الغنية بالأيونات خلال شقوق وكسور الشقوق فيسبب تغيراً كيميائياً لها.)
- لماذا يرتبط التحول بالمحاليل الحارة بالأنشطة النارية؟ (لأن الأنشطة النارية هي مصدر الحرارة الضرورية لدوران المحاليل الغنية بالأيونات.)

- 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 تغطي 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.



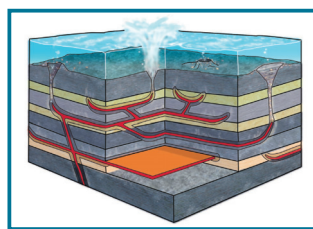
شكل 116

يتولد هورنفلز (صخور طيبة دقيقة الحبيبات) عن التحول التلامسي للطفيل (الطين الصفصافي)، بينما يتولد 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 117). 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 تم اختراقها بكتل نارية كبيرة. ولهذه المحاليل القدرة على تغيير التركيب الكيميائي للصخر المضيف.



شكل 117

انتشار المحاليل الحارة المصاحبة للصهارة

اطلب إلى الطلاب تفحص (الشكل 117) ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ما المواقع التي نستدل منها على حدوث التحول بالمحاليين الحارة في القارات؟ (عيون المياه الدافئة والفوارات الحارة النشطة)

3.2 التحول بالدفن وفي نطاق الانغماس

- ما الذي يسبب التحول بالدفن؟ (التراكم السميك جداً 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 وترداد في السمك أثناء التحول الإقليمي؟ (لأنها تتعرض للطي والتصدع.)
- ما الذي ينتج عن زيادة سمك القشرة الأرضية؟ (تنتج 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 عميقاً، 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 باصطدام الألواح القارية.)

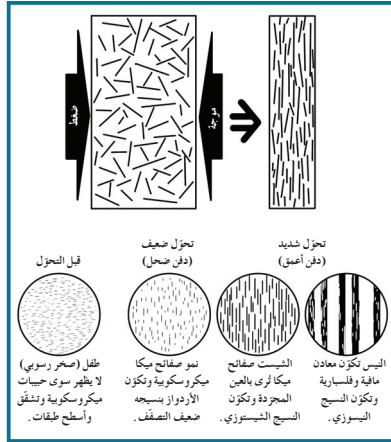
هل تعلم؟

تتساعد المحاليل الغنية بالعناصر الغلزية عبر الشقوق وتتدفق من قعر المحيط عند درجة حرارة تبلغ حوالي 350°C، مولدة سحباً مملوءة بالحبيبات الدقيقة تدعى المدائن السوداء Black Smokers. ترسب المعادن الكبريتيدية والكربوناتية المحتوية على العناصر الغلزية الثقيلة عند اختلاطها بمياه البحر الباردة، فتشكل ترسبات فلزية تكون لبعضها قيمة اقتصادية عالية. ويُعتقد أن هذا هو مصدر خامات النحاس التي يجري تعدينها اليوم في مناجم جزيرة قبرص.

Burial Metamorphism

3.2 التحول بالدفن

يرافق التحول بالدفن (شكل 118) تراكم كثيف جداً 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 للصخر من دون حدوث تشوه ملحوظ.



شكل 118 التحول بالدفن

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 ومبينة بين هذين النوعين من الصخور المتحولة.

اطلب إليهم تقديم تلخيص في صورة فقرات عن الأنواع المختلفة للأنسجة الصخرية المتحولة.

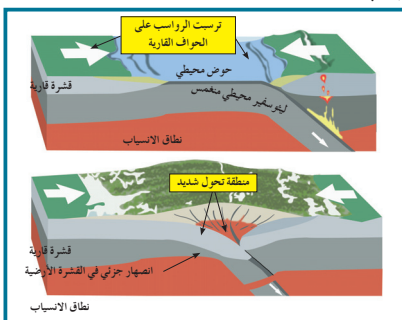
♦ اطلب إلى الطلاب إعداد خريطة مفاهيم تتضمن الأنواع المختلفة من بيئات التحول على أن يضمّنوا كل بيئة تحول الموقع، العوامل المؤثرة في التحول، درجة التحول وظهور صفة التورق أو عدم ظهورها في الصخور المتحولة الناتجة في كل بيئة منها.

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 رقائيق أو شرائط متوازية ومتعامدة على اتجاه الضغط.

4.2 التحوّل الإقليمي Regional Metamorphism

يحدث هذا التحول في مناطق شاسعة تحت تأثير الضغط المرتفع الذي يصحبه ارتفاع في درجات الحرارة والذي ينتج عن حركات القشرة الأرضية البانية للجبال والفازات، ما يؤدي إلى ترتيب المعادن المكوّنة للصخور الأصلية على شكل رقائيق أو شرائط متوازية ومتعامدة على اتجاه الضغط.



شكل 119

يحدث التحول الإقليمي عندما تضغط الصخور بين لوحين صخريين (ليتوسفير) متصادمين أثناء بناء الجبال.

مراجعة الدرس 2

1. عرّف التورق.
2. ما الأنواع الثلاثة للنسيج المتورق؟
3. كيف تكوّن صخر النيس المتحول؟
4. أذكر أنواع مختلفة لبيئة التحول.
5. ما نتيجة التحول الإقليمي؟

أولاً: اختر الإجابة المناسبة

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 تحوّل 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 أعماق القشرة الأرضية.

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.

أسئلة مراجعة الفصل الثالث

أولاً: اختر الإجابة المناسبة للعبارة التالية:

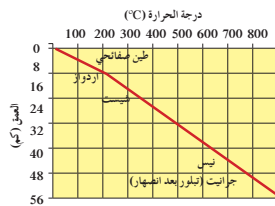
1. في تكون القوى التي تشوّه الصخور غير متساوية في الاتجاهات المختلفة.
 - (أ) الضغط المحيط
 - (ب) الجهد التفاضلي
 - (ج) المحاليل النشطة كيميائياً
 - (د) الطبقات المشوهة
2. لصخر الأردواز خاصية مميزة تدعى
 - (أ) الانشقاق الأردوازي
 - (ب) الانشقاق المستوي
 - (ج) النسيج الشistosوزي
 - (د) المنظر المتطوّل
3. يُعرف التحول الحراري أيضاً بـ
 - (أ) التحول بالمحاليل الحاوة
 - (ب) التحول الصدمي
 - (ج) التحول بالغور
 - (د) التحول التلامسي
4. يتميز الرخام بـ
 - (أ) نسيج غير متوّزق
 - (ب) نسيج شistosوزي
 - (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؟



أسئلة مراجعة الفصل 3

مخطط الوحدة الرابعة: العمليات التي تغيّر تضاريس الأرض

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص
1 . التحرك الكتلي	1 . دور التحرك الكتلي	- يصف عملية التحرك الكتلي . - يشرح الدور الذي يلعبه التحرك الكتلي في تغيّر تضاريس الأرض .	1
	2 . العوامل والمحفّزات المتحكّمة بالتحرك الكتلي	- يعدّد أربعة محفزات للتحرك الكتلي . - يعرّف زاوية الاستقرار .	1
	3 . تصنيف عمليات التحرك الكتلي	- يصف أسس تصنيف عمليات التحرك الكتلي . - يفرّق بين الأنواع المختلفة من التحرك الكتلي .	1
حل أسئلة مراجعة الفصل			1
إجمالي عدد الحصص			4

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

مقدمة

خلال 15 أو 20 عامًا الأخيرة، توصّل الجيولوجيون إلى بعض الاكتشافات الخطيرة بالنسبة لتكوين القشرة الخارجية للأرض. وساعدت هذه الاكتشافات في تعرف العمليات الداخلية للأرض وتفسيرها.

معالم الوحدة

اسأل 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

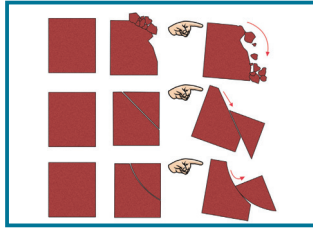
الهدف من النشاط هو مساعدة الطلاب على تعرّف بعض أنماط التحرك الكتل ومسبباته.

الزمن: 15 دقيقة

لتقديم هذا النشاط، اعرض على الطلاب النماذج الثلاثة وادفع الكتل برفق حتى تتحرك وتنزل، 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 بالكتل
- الدرس الثالث: تصنيف عمليات التحرك الكتل



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 والمواد 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 الثانية بالسكين قطعاً مائلاً مستوي وبأل سطحها بقليل من الزيت، ثم أرجع القطعة إلى مكانها.
- إقطع قطعة الصلصال الثالثة قطعاً منحني وبأل سطحها بقليل من الزيت، ثم أرجع القطعة إلى مكانها.
- إدفع كل قطعة برفق بالقرب من قمتها كما ترى في الرسم أعلاه.
- اتبع إرشادات الأمان والسلامة.

حل واستنتج

- صنف ما يحدث في كل حالة.
- أين من الحالات السابقة يحاكي الانزلاق؟ الانزلاق مع الدوران؟
- ما سبب تحرك الكتل إلى أسفل؟

111

(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 كزلازل 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.



112

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. اسأل:

- 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.

اسأل الطلاب: ما وجه الشبه بين نتائج كل خطوة من الخطوات الثلاث؟

اطلب إلى الطلاب فرض فرضاً يفسر الاختلافات في ما لاحظوه.

(ستتنوع الفروض. الفرض النموذجي قد يتم فيه اقتراح أن الحركة إلى

أسفل المنحدر تعتمد على كل من زاوية ميل المنحدر وعلى نوع المواد التي ستحدر.)

كتاب الطالب: من ص 113 إلى ص 115

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ♦ يصف عملية التحرك الكتلي .
- ♦ يشرح الدور الذي يلعبه التحرك الكتلي في تغيير تضاريس الأرض .

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل (120) 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 أيضاً نتيجة هطول الأمطار بغزارة أو تغيير منسوب المياه الجوفية أو عمليات الحفر والقطع للأغراض الهندسية .

2.1 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 فيلماً 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 .

توظيف الأشكال

دع الطلاب يتفحصون الشكل 121 ثم أسألهم:

- ♦ ما هي درجة الانحدار؟ (شديدة)
- ♦ ما هي درجة تماسك الرواسب؟ (مفككة)
- ♦ ما هو نوع تحرك الكتل الصخرية في الشكل؟ (تساقط وزحف)
- ♦ الحبيبات الخشنة فيما تزحف الناعمة لمسافة أبعد .
- ♦ ماذا تُسمّى الحبيبات الخشنة؟ (ركام صخري)
- ♦ ما هو نوع التحرك؟ (تساقط وزحف)
- ♦ ما هي آلية التحرك (الجاذبية والانزلاق مدفوعاً بالرطوبة والتشبع بالماء في حالة الزحف)

♦ ما هو المصطلح الصحيح: الزحف أم الانزلاق؟ (الزحف لأنّ

الانزلاق يكون للكتل الكبيرة المتماسكة .)

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 .

هل تعلم؟

الانزلاقات الأرضية نادرة نسبياً، حتى في المناطق ذات المنحدرات الحادة. بالرغم من ذلك، تذكرنا وسائل الإعلام بحدوث تلك الكوارث بانتظام حول العالم.
في 5 أكتوبر عام 2005، تسببت أمطار السيول المرافقة لإعصار ستان Hurricane Stan بالانهيارات والسيول الطمسية في جواتيمالا. فغطى خليط من الطمي بطول 1km وعمق 12m قرية في منطقة باناباج Panabaj، ما أدى إلى وفاة 1400 شخص. يمكن أن تجري مثل هذه السيول الطمسية بسرعة 50km/h على منحدرات الجبال.
في 8 أكتوبر عام 2005، ضرب زلزال بقوة 7.6 درجات منطقة كشمير الواقعة على الحدود بين الهند وباكستان. التأثير المولم للزلزال في حد ذاته لم يكن نهاية المطاف، إذ أن الهزات الارتدادية الناتجة عن الزلزال تسببت بالمئات من الانزلاقات الأرضية. وقد أدى تساقط الصخور وانزلاق الركام إلى اندفاع المواد على المنحدر الجبلي الحاد إلى تجمع المواد في وادٍ ضيق.



شكل 120

عام 2009، طمرت السيول في جدة عدداً كبيراً من المباني والأراضي.

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 والترية نحو أسفل المنحدر تحت تأثير الجاذبية الأرضية (شكل 121). فهي ليست بحاجة إلى وسيط لينقلها كالماء أو الرياح أو الثلوج.



شكل 121

تحرك الصخور والركام والترية

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، رطوبة ترطب رواسب الطمي لتصبح سطحاً يسهل الانزلاق عليه، هزات أرضية.)
- ♦ 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 التي 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 يشيخ التشكيل الأرضي في العمر، فبمرور الوقت ومع ضعف عملية تكوّن الجبال، تعمل عمليات التعرية والتحريك الكتلي على خفض ارتفاع الأرض، فتتحوّل المنحدرات المعجدة والحادة إلى أراضي منخفضة قليلة الانحدار.)

تكامّل العلوم

الجيولوجيا والعلوم الفيزيائية

طاقة الوضع المختزنة 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.

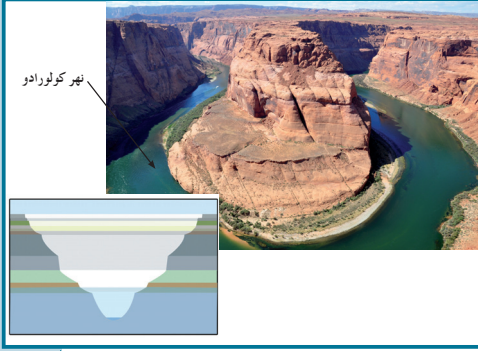
هل تعلم؟ (تابع)

♦ في 17 فبراير عام 2006، أي بعد أشهر قليلة على مأساة كشمير، حدث انسياب طيني مميت سببه هطول غير عادي للأمطار الغزيرة، حيث طمر الانسياب الطيني مدينة صغيرة في جزيرة ليبث 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.

1.1 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 متدثرة بالتربة ومغطاة بالنباتات، في حين تكون أخرى عارية ومغطاة فقط بالركام الصخري. تعتبر المنحدرات كلها أحد عناصر التضاريس الأرضية الطبيعية.

يعتبر التحرك الكتلي الخطوة الثانية المهمة التي تلي التجوية في تكوين معظم المظاهر والتضاريس الأرضية Landform. لا تنتج التضاريس الأرضية عن التجوية بحد ذاتها بل هي تنشأ وتتطور عندما تتحرك نواتج التجوية وترال من المكان الذي تكونت فيه. تنفتت 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، يعدّ ذلك دليلاً على قوة تأثير التحرك الكتلي على إمداد المجاري المائية.



شكل 122
نمذ جدران الأخدود العظيم (الجراند كانيون Grand Canyon) بعيداً عن مجرى نهر كولورادو في ولاية أريزونا. ينتج هذا أساساً عن نقل ركام التجوية فيسط المنحدر نحو النهر وروافده.

قد يسأل بعض الطلاب كيف يمكننا أن نمنع التحرك الكتلي حتى نتجنب المخاطر التي يسببها. وضع 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 كتنقيح.

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.
 - ارسم شكلاً تخطيطيًا لكتلة الرمال المتجمدة على السبورة، ثم ارسم 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 ترسيبها 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. فنشوء 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، فظهرت منحدرات شديدة وغير مستقرة. وتقوم عمليات التعرية والتحريك الكتلي بخفض ارتفاع الأرض. ومع الوقت، تتحول المنحدرات الوعرة والحادة إلى أراضي 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؟

كتاب الطالب: من ص 116 إلى ص 118

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- يعدد أربعة محفزات للتحرك الكتلي .
- يعرف زاوية الاستقرار .

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

- اطلب إلى الطلاب دراسة صورة افتتاحية الدرس في الشكل (123) 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 تطفأ قدمك صخرًا مفككًا أو تربة مفككة على سطح منحدر؟ (ستنزلق 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، ساحت الفرصة بصورة أكبر لتحرك الصخور أو التربة المفككة إلى أسفل المنحدرات.)

2. علِّم وطبّق

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

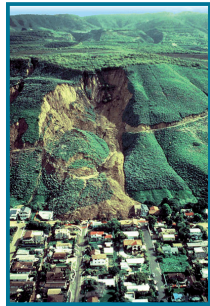
الدرس 2

أهداف الدرس

- يعدد أربعة محفزات للتحرك الكتلي .
- يعرف زاوية الاستقرار .



(أ) تربة جافة - تماسك قوي
قد يكون تأثير الماء على التحرك الكتلي كبيراً. عندما تشبع التربة بالماء، تدفع الحبيبات بعيداً عن بعضها البعض ويقلل تماسكها، مما يسمح للتربة بالانزلاق نحو أسفل المنحدر.



شكل 123
التحرك 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

Water

1.1 الماء

يبدأ التحرك الكتلي أحياناً عندما تشبع المواد السطحية بالماء نتيجة هطول الأمطار الغزيرة أو نتيجة فترة ذوبان الجليد الطويلة (شكل 124). 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.



(ب) تربة مشبعة بالماء
قد يكون تأثير الماء على التحرك الكتلي كبيراً. عندما تشبع التربة بالماء، تدفع الحبيبات بعيداً عن بعضها البعض ويقلل تماسكها، مما يسمح للتربة بالانزلاق نحو أسفل المنحدر.

شكل 124

♦ ما الدور الإجمالي الذي تؤديه الدوافع في عملية التحرك الكتلي 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 (124 - أ و ب) بدقة، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

♦ أي المنحدرين أكثر ثباتاً؟ (المنحدر في الشكل 124 - 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 تكون 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 الكتلي؟ (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 الكتلي. 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 وتجرّف محفزة التحرك الكتلي.)

2.1 الانحدارات بالغة الحدة Oversteepened Slopes

تُعتبر الحدة البالغة للانحدارات أحد المحفّزات الأخرى للتحرك الكتلي. ومن الأمثلة المهمة لتكوّن انحدارات شديدة تعرية النهر لقاعدة جوانب الوادي واصطدام الأمواج بالتخزف الشاطئي وتعرية قاعدته. وغالباً ما تؤدي أنشطة الإنسان إلى تكوّن انحدارات غير مستقرة بالغة الحدة. 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.

قد يؤدي الانحدار بالغ الحدة إلى تحريك مساحات كبيرة من الركام أو التربة المتماصة أو حتى تحريك أجزاء من طبقات الجبل. وبعد فترة على حدوث عملية أو أكثر من عمليات التحرك الكتلي 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 كدروع تحمي التربة من التعرية الناتجة عن هطول الأمطار. يزيد الافتقار للنبات من التحرك الكتلي 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 الكتلي بطرق أخرى (شكل 125). عندما تجف الطبقة العليا من التربة وتنفكك نتيجة الحرائق والطقس الجاف، فإنها تميل إلى الانزلاق على المنحدرات الشديدة. علاوة على ذلك، يمكن أن تكون 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 125
خلال الصيف، تشبّع عادة الحرائق في أماكن كثيرة فصحري ملايين الكيلومترات سنوياً. يؤدي فقدان النبات الذي يثبت التربة إلى تسريع التحرك الكتلي.

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 أنّ التحرك الكتلي هو حركة الصخور نحو أسفل على منحدر بفضل الجاذبية الأرضية. أشر إلى أنّ 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 كلاً منهم يقرأ ما كتبه.

ملف الإنجاز

حفز الطلاب على وصف الآثار الناتجة عن إزالة النباتات وحدوث 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 تدريجياً 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 دائماً؟ 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 كإحداثيات لوقوع أحداث التحرك الكتلي. فتخلخل الزلازل أحجاماً 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 بعيداً 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 تدريجياً 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 119 إلى ص 124

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- ♦ يصف أسس تصنيف عمليات التحرك الكتلي.
- ♦ يفرّق بين الأنواع المختلفة من التحرك الكتلي.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

أطلب إلى الطلاب دراسة صورة افتتاحية الدرس في الشكل (126) 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.

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 لتحرك 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. علِّم وطبّق

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 يفصل جزء كطبقة 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 126
تدفق طيني
أدت أمطار غزيرة تساقطت في جنوب أستراليا إلى حدوث تدفق طيني.



شكل 127
(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 تغلف عليها صلبة وقد تتحول في ظل ظروف محدّدة إلى طين كثيف. فعلى سبيل المثال، يبيّن الشكل (126) تدفقاً طينياً مدمراً سببته أمطار غزيرة. فجرى نهر من الطين على سفح الجبل وطمر المنازل والسيارات، كما أدى 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 حراً لقطع منفردة بغض النظر عن حجمها.)
- ما عملية التحرك الكتلي المسؤولة عن تكوين 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 منحني 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 التشبع 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 منحني.)
- 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 والزكام إلى أسفل المنحدر بسرعة تتعدى 220km (125 ميلاً) في الساعة ما قد يتسبب بكوارث 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

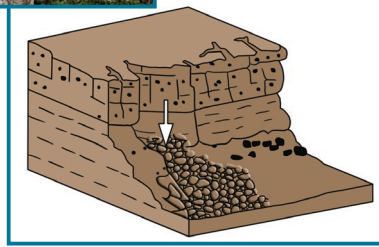
3. نوع الحركة

بالإضافة إلى نوع المواد الخاضعة لعملية التحرك الكتلي، يُعتبر نمط تحرك المواد مهمًا أيضًا فيوصف نوع الحركة عامة بتساقط أو انزلاق أو انسياب flow.

Fall

1.3 التساقط

عندما تعني الحركة سقوطاً حراً لقطع فردية مهما كان حجمها، تدعى تساقطاً. التساقط شائع في المنحدرات الشديدة (شكل 128).



شكل 128
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 والثبات 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 والأخاديد.)
- ♦ ما شكل تجمع الانسياب الركامي؟ (رواسب مروحية الشكل عند فم الأخاديد.)
- ♦ ما المقصود باللاهارس؟ (الانسياب الركامي الذي يتكوّن أساساً من موادّ بركانية على جوانب البركان.)
- ♦ متى يتكوّن 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

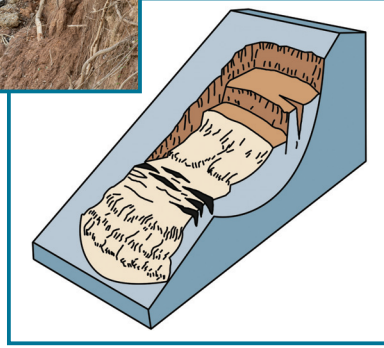
اطلب إلى الطلاب عقد مقارنة ومباينة بين الأنواع الثلاثة للحركة في التحرك الكتلي: التساقط والانزلاق والانسياب، من حيث سبب التسمية وطريقة الحدوث وكمية الماء المتوفرة.

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 129).



شكل 129
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 تشبع التربة بالماء، وتتحرك فيه المواد المشبعة بالماء مليمترات 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 المرتكزة على البيرمافروست؟ (يحدث انسياب التربة في الطبقة النشطة التي تعلو البيرمافروست. أثناء الصيف، لا يستطيع الماء الناتج عن انصهار الثلج النفاذ 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

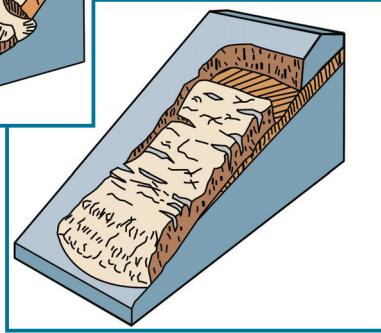
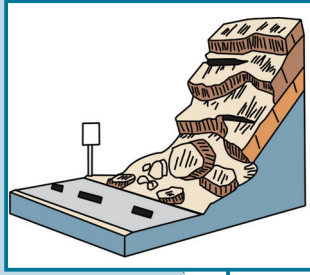
الملاحظة: دع الطلاب يقارنون مثالين عن أنواع التحرك الكتلي الموضحين في الشكلين (130 و 132). وعلى أساس ما لاحظوه، دعهم يعدّون جدولاً للمقارنة بين التساقط والزحف من حيث المواد المتحركة، نوع المنحدر وسرعة حركة كل من هذين النوعين من التحرك الكتلي.

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 الانزفاني

تكون فيه الحركة على سطح مُستوٍ كفاصل أو صدع أو سطح طبقة ولا يرافقه دوران (شكل 130).



شكل 130
الانزلاق الانزفاني

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، ويتجمّع كرواسب مزلّجة الشكل عند قدم الوادي (شكل 131).

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 البركاني الذي يكون أساسًا من مواد بركانية عند جوانب البراكين، يدعى لاهار Lahars. شهدت المناطق البركانية في إندونيسيا مثل هذه الحوادث المدمرة. تاريخيًا، يُعتبر اللاهار من الأخطار البركانية المميتة، التي قد تحدث أثناء الثوران البركاني أو بعد هدوء البركان. يتكون اللاهار عندما تصبح طبقات الرماد والركام البركاني غير مستقرة ومشبعة بالماء، فتتساقط على المنحدرات البركانية الحادة فتتبع مجاري الجداول الموجودة. وتعتبر الأمطار الغزيرة محفزًا لتلك الانسيابات التي قد يسببها أيضًا الذوبان المفاجئ لكتل ضخمة من الجليد بفعل الحرارة المنبعثة من البركان.

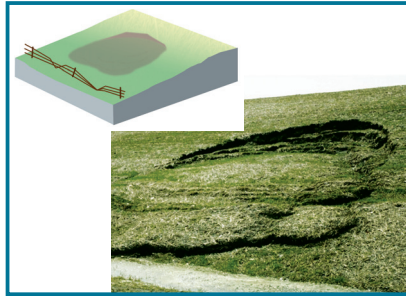


شكل 131 الانسياب الزكاسي عبارة عن لسان منحلّ مكون من خليط من الطمي والتربة والصخور والماء. وهو يشبه الخليط الأسمنتي الطري.

Earthflow

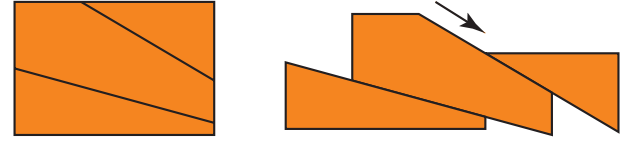
2.3.3 الانسياب الأرضي

يحدث الانسياب الأرضي Earthflow عند جوانب التلال في المناطق الرطبة أثناء المطر الغزير أو ذوبان الجليد. عندما تتشبع التربة والغطاء الصخري المفكك بالماء، قد تنكسر المواد وتقتلع مخلقة ندوياً على المنحدر، فتولد كتلاً على شكل أسنة أو قطرات دموع تندفع لأسفل المنحدر (شكل 132).

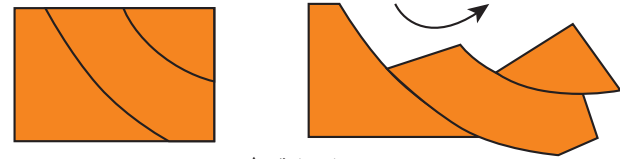


شكل 132 يتخذ هذا الانسياب الأرضي شكل لسان صغير على منحدر بطول طريق سريع تم تعبيده حديثاً. وهو يتكون من المواد الغنية بالطين بعد فترة من المطر الغزير. لاحظ التدفّج الصغير عند مقدمة الانسياب الأرضي.

3. يحدث الانزلاق الانتقالي كانزلاق سريع للقطع الصخرية بجانب 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 منحنى يشبه الملعقة. مع حدوث التحرك، تميل أحياناً كتل الجزء العلوي إلى الخلف.



الانزلاق الانتقالي



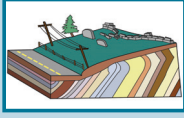
الانزلاق الدوراني

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 أقل من الانسيابات الركامية، وهي أكثر لزوجة منه، وتتحرك بسرعة أقل.

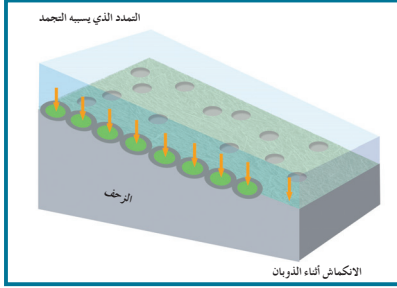
5. التمدد والانكماش المتبادلان للمواد السطحية اللذان يسببان التجمد والذوبان أو تبادل الرطوبة والجفاف، يعدان إحدى العوامل التي تؤدي إلى زحف المواد الأرضية. تتضمن العوامل الأخرى تشبع الأرض بالماء واضطراب التربة.

4.3 التحركات البطيئة Slow Movements

إن الانزلاقات الأرضية والانهيال الصخري هي 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 الكتلّي (شكل 133)، الذي ينقل التربة والغطاء الصخري المفكك على المنحدر ببطء وبالتدريج. أحد العوامل التي تسبب بالزحف هي عملية تناوب التمدد والانكماش في المواد السطحية بفعل التجمد والذوبان أو الرطوبة والجفاف (شكل 134). يصعب ملاحظة الزحف بسبب التحركات الشديدة البطء، والظواهر التي تدل عليه، مثل التواء الأسوار وإزاحة الأعمدة.



شكل 133
الزحف البطيء



شكل 134
تكرار التمدد والانكماش للمواد السطحية بسبب تجمد التربة وذوبانها وهي عملية تدعى الزحف.

مراجعة الدرس 3

1. فَرِّق بين التساقط والانزلاق والانسياب.
2. لماذا تتحرك الانهيارات الأرضية (الصخرية) بسرعة كبيرة؟
3. من أشكال التحرك الكتلّي: الانزلاق الدوراني والانزلاق الانتقالي. ما أوجه الاختلاف بينهما؟ وضح 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. ب (الانسياب الطيني)

ثانياً: تحقق من فهمك

1. يجب عليك أن تتحقق من عدم وجود كميات ضخمة من الصخور المفككة والتربة 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 المعرضة لكمية هائلة من الأمطار، وهو عبارة عن كميات ضخمة من الصخور والتربة والماء ذات قوام موحد أو طيني. يحدث الانزلاق الانتقالي في المناطق الجبلية شديدة الانحدار وهو اندفاع كميات ضخمة من الصخور والتربة.

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 والتربة. 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

1. أ) انزلاق انتقالي ب) انزلاق دوراني
2. البناء على الجهة اليمنى من المنحدر
3. 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 تتسبب بـ...
(أ) الزحف (ب) الانزلاق الصخري (ج) التساقط (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 الاحتمالات التي تضمن عدم تأثر منزلك بالحركة الكتلي؟
2. قارن: ما وجه الشبه بين الانسياب الطيني والانزلاق الصخري؟ وكيف يختلفان؟

ثالثاً: تطبيق المهارات

استخدم الرسم البياني الظاهر للإجابة عن الأسئلة التالية:
وقع حدث مأساوي في 10 يناير عام 2005 عندما اكتسح انسياب ركامي سميح (انزلاق طيني) مدينة لاكونشيتا La Cinchita الصغيرة في كاليفورنيا، وهي تقع على بعد 80km شمال غرب لوس أنجلوس.
مُستخدماً المعلومات السابقة والرسم البياني المرفق، اشرح سبب الانزلاق الطيني الذي حدث.

رابعاً: ربط الجيولوجيا بالعلوم الطبيعية

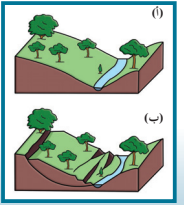
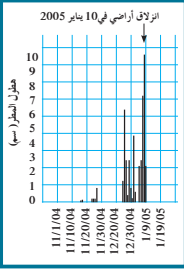
المواد التالية:

رمل، ماء، دلو متوسط الحجم، كيس بلاستيكي كبير، ورقة للرسم التخطيطي

1. إنشأ الدلو بالرمل. أضف كمية من الماء تكفي لجعل الرمل يلتصق ببعضه بعضاً.
 2. ضع وعاء الرمل لساعات قليلة في التلاجة.
 3. ضغ الرمل "المجمّد" في الكيس البلاستيكي.
 4. أرسم محيط كتلة الرمل المتجمّد.
 5. كثر الخطوة 4 كل ساعة لمدة أربع ساعات.
- ما العملية الجيولوجية التي يوضّحها هذا الجسم؟
كيف تؤثر الجاذبية الأرضية على المظاهر الجيولوجية (الطوبوغرافية) لسطح الأرض؟

خامساً: دراسة الأشكال

1. بعد تفحص 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 اتخاذها؟



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 أيضًا مقارنة الانفصام، فالكالسيت متين الانفصام أمّا الهاليت مكعبي.
- 2.

المعدن	الجمالية	الماجنيتيت	الجرافيت
الميزة			
الملمس	X	X	خشن ويترك أثرًا أسود على الورقة
المغناطيسية	X	يجذب برادة الحديد	X
الوزن النوعي	ثقل	متوسط	خفيف

التمائل البلوري

نشاط 2

خطوات العمل

7.

النظام البلوري	عدد تكرار الأوجه حول الخط (1)
مكعب	4
رباعي	4
معيني قائم	2
سداسي	6

حلل واستنتج

التمائل المائل	التمائل الأفقي	التمائل الرأسي	
4	1	4	المكعب
لا يوجد	1	4	الرباعي
لا يوجد	1	2	المعيني القائم
لا يوجد	1	6	السداسي

النماذج	محور التماثل الدوراني الرأسى	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	بورفيرى	ناعم	خشن	
فاتح					X	جرانيت
داكن				X		بازلت
داكن		X				أوبسيديان
فاتح	X					بيومس

حلل واستنتج

1. هما لا يحتويان على بلّورات .
2. تبريد الصحارة السريع لم يعطِ البلّورات الفرصة للتكوّن .
3. الجرانيت
4. البازلت والأوبسيديان والبيومس
5. الجرانيت لأنّه فاتح اللون .

خطوات العمل

1.

الصخر	الحبيبات	البُورَات	بقايا حفريّة
حجر رملي	X		
ملح صخري		X	
حجر جيري عضوي			X
الكونجلوميرات	X		

حلل واستنتج

1.

الكونجلوميرات فتاتي تكوّن في بيئة قارية.

2.

الملح الصخري كيميائي تكوّن في بيئة مغلقة كالبحيرات الشاطئية وهو من المتبخّرات.

3.

الحجر الجيري العضوي تكوّن نتيجة تراكم أصداف وعظام الأحياء البحرية ملحومة بمادّة كربونات الكالسيوم المتبلورة من ماء البحر.

2.

تكوّن الصخور الفتاتية بفعل التعرية والترسيب الميكانيكي. أمّا الصخور غير الفتاتية، فتكوّن بفعل الترسيب الكيميائي والتراكم

العضوي لهياكل الكائنات الحية في قاع البحر.

3.

الصخر	الحجر الرملي	الكونجلوميرات	البريشيا	حجر جيري
أولوية التكوين	3	2	1	4
بيئة التكوين	قارّية أو انتقالية	قارّية	قارّية	بحرية

التطبيق

الحجر	حجر جيري	حجر جيري بطروخي	حجر جيري طباشيري	كوكينا	ترافرتين	حجر جيري 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

خطوات العمل

3. صفائح الترتير مرتّبة عشوائياً.
6. صفائح الترتير مرتّبة من حيث محاورها الطويلة في وضع أفقي وأصبح جميعها متوازٍ.

حلل واستنتج

1. يمثل الترتير في الصلصال معدن الميكا في صخور الشيست.
2. ضغط موجّه
3. ترتّب صفائح الترتير أفقيّاً 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 مصطفّة على هيئة أحزمة	بلّورات صفائحية مصطفّة 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

ملاحظات

[illegible]