

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

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

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

تعرف الصخور المتحولة

Recognizing Metamorphic Rocks

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

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

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

- متورقة (صفائحية)
- غير متورقة (غير صفائحية)
- التحول الإقليمي
- التحول بالتماس
- التحول الحراري المائي
- دورة الصخر



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



الستوروليت



المايكا



الجارنت



الكين

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

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

✓ ماذا قرأت؟ وضح ما المعادن المتحولة؟

المعادن المتحولة هي المعادن التي تتشكل في أثناء عملية التحول وتكون مستقرة تحت ظروف مختلفة عن ظروف معادن أخرى

المتحولة. ويوضح الشكل 17-3 كيفية استعمال هاتين الخاصيتين في تصنيف الصخور المتحولة.

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

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

مخطط الصخور المتحولة

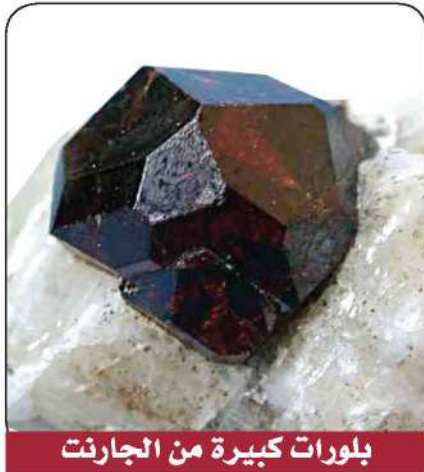
اسم الصخر	المكونات المعدنية	النسيج
الأردواز		ناعمة الحبيبات
الفيليت		ناعمة الحبيبات
الشيست		خشنة الحبيبات
النيس		خشنة الحبيبات
الكوارتزيت	الكوارتز	أحزمة
الرخام	الكالسيت أو الدولوميت	ناعمة إلى خشنة الحبيبات
		غير متورقة (صفائحية)
		متورقة (صفائحية)
		صفائحية
		أحزمة
		غير متورقة (صفائحية)



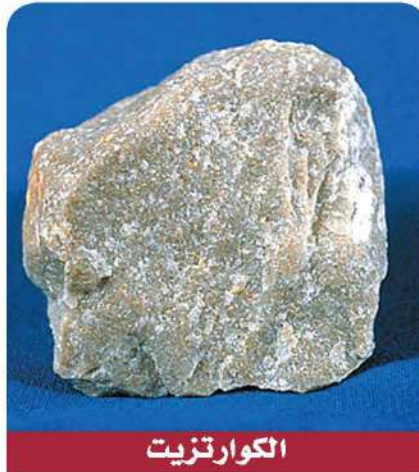
الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated rocks تختلف

الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated عن الصخور المتورقة في أنها مكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل. ويوضح الشكل 19-3 مثالين شائعين على الصخور غير المتورقة، هما الرخام والكوارتزيت. والكوارتزيت صخر قاس، وغالباً ما يكون فاتح اللون، وينشأ عن تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز، بينما ينشأ الرخام عن تحول الحجر الجيري. ونادراً ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستعمل أنواع الرخام هذه غالباً في أرضيات المنازل. ويتم استخراج الرخام في المملكة العربية السعودية من عدة أماكن منها جبل خنوقة شمال شرقي عفيف، بينما يستخرج الرخام الأسود من جبل غرور ودمخ شمال غرب حلبان. ويمكن في ظروف معينة أن يكبر حجم المعادن المتحولة الجديدة، بينما تبقى المعادن المحيطة بها صغيرة الحجم. وعلى الرغم من أن هذه البلورات الكبيرة تشبه البلورات الكبيرة جداً في البيجماتيت الجرانيتي، إلا أنها تختلف عنها؛ فبدلاً من أن تتشكّل من الصهارة فإنها تتشكّل في الصخر الصلب من خلال إعادة ترتيب الذرات في أثناء التحول. ويوضح الشكل 19-3 معدن الجرانيت الذي تشكل بهذه الطريقة.

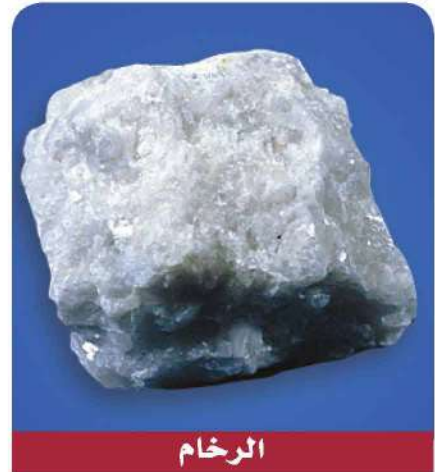
الشكل 19-3 تختلف الصخور المتحولة الظاهرة في الشكل عن الصخور الرسوبية في أنها لا تُظهر وجود الأحافير فيها؛ لأن الحرارة الشديدة التي تعرضت لها أزلت تلك الأحافير. ومع ذلك، لا تؤدي عملية التحول دائماً إلى تدمير التطبق المتقاطع وعلامات النيم التي يمكن مشاهدتها في بعض أنواع الكوارتزيت.



بلورات كبيرة من الجارنت



الكوارتزيت



الرخام

درجات التحول Grades of Metamorphism



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

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

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

أنواع التحول Types of Metamorphism

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

ج1: المعدن الرئيس هو الكلوريت؛ غير أن الأليت؛ وهو من البلاجيوكليز الصودي؛ يمكن أن يكون موجودا ج2: السلمانيت

التحليل

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

التفكير الناقد

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

مختبر حل المشكلات

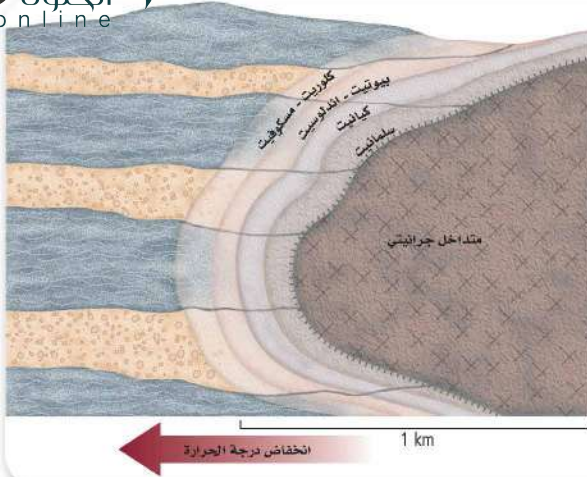
تفسير الرسوم العلمية التوضيحية

أي المعادن المتحولة يتشكل؟ يعتمد تشكيل المعادن في الصخور

ج3: الغضار- مسكوفيت وبيوتيت وجارنت وستوروليت وكيانيت وأليت؛ البازلت - كلوريت وإبيدوت وأمفيبول وجارنت وبلاجيوكليز

ج4: يحوي الغضار كمية أعلى من الألمنيوم والسيلينيوم البازلت فيحوي كمية أعلى من الحديد و المغنسيوم تنشأ معادن سيلكات الألومنيوم كالستوروليت والكيانيت والسلمانيت من الغضار، في حين تنشأ المعادن الغنية بالحديد والمغنسيوم كالأمفيبول والبيروكسين من البازلت

ج5: يحوي الحجر الجيري الكالسيوم والكربون الأكسجين وقليل من العناصر الأخرى لذا لا تتشكل معادن أخرى غير الكالسيت ثم إن الكالسيت مستقر على مد كبير من درجات الحرارة والضغط



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

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

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

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

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

المفردات
الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع
متداخل (متطفل)

الاستعمال العلمي: صهارة متوضعة في صخر سابق.

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

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



الأهمية الاقتصادية للصخور والمعادن المتحولة

Economic Importance of Metamorphic Rocks and Minerals

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

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

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

ينشأ عن التحول الحراري المائي تشكّل الخامات الفلزية ومنها الذهب والفضة والنحاس بالإضافة إلى الكبريتيدات الفلزية كالجالينا والبيريت

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

منخفضة، لذا فإنه يستعمل مضاداً للحريق وفي مواد العزل. وقبل أن تُعرف خصائصه المسببة للسرطان، استعمل بشكل واسع في صناعة البناء، ولا تزال كثير من البنايات القديمة تحتوي على الإسبستوس. ومن المعادن الأخرى غير الفلزية التي تنتج عن التحول معدن الجرافيت، وهو المكوّن الرئيس في صناعة أقلام الرصاص.



ج1: يؤدي ارتفاع درجة حرارة الصخور إلى إعادة ترتيب ذرات العناصر المتكونة للمعادن. نما يؤدي إل تشكّل معادن جديدة أو يؤدي إلى نمو بلورات المعادن أكثر

ج2: يؤدي الضغط إلى نمو بلورات المعادن المسطحة أو الطولية في اتجاه واحد
ج3: توضح دورة الصخر أن الصخور تتشكل في بيئات خاصة ومن خلال عمليات معينة. وتصنف الأنواع الصخرية الثلاثة: النارية والمتحولة والرسوبية وفي طريقة تشكلها

ج4: التحول الإقليمي - يمتد تأثير درجة الحرارة والضغط إل مناطق كبيرة من قشرة الأرض؛ التحول بالتماس تأثيرات محلية ناتجة عن حرارة متداخل ناري مجاور؛ التحول الحراري المائي - تغيرات في الصخور نتيجة تفاعلها مع مياه حارة جدا

ج5: يتعرض الحجر الجيري للحرارة أو الحرارة والضغط نتيجة ملاسته جسي ناريا أو نتيجة الدفن في باطن الأرض حيث تبدأ بلورات الكالسيت في إعادة التبلور فتتداخل البلورات الجديدة ويزداد حجمها ويتغير نسيج الصخر ويتكون الرخام
ج6: يقع الجسم الناري غالبًا جنوب معادن الجارنت والستوروليت فهي تتشكل عند درجات حرارة أعلى من درجات حرارة تشكل المسكوفيت والكلوريت مشيرة إلى أن درجة الحرارة كانت أسخن نحو الجنوب

1. الفكرة الرئيسية: لخص كيف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى عملية التحول؟
2. لخص أسباب تشكّل النسيج المتحول المتورق.
3. طبق مفهوم دورة الصخر لتفسر كيفية تصنيف الأنواع الصخرية الرئيسية الثلاثة.
4. قارن بين العوامل التي تسبب أنواع التحول الرئيسية الثلاثة.

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

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

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

في الميدان

الجزيرة العربية عبر العصور

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

الأشجار المتحجرة



تزخر الجزيرة العربية بعدد من مناطق الأشجار المتحجرة، التي تدل على أنها كانت خضراء في العصور التي نمت فيها تلك الأشجار. ومن ذلك الأشجار المتحجرة المكتشفة في المملكة العربية السعودية، والتي تعود إلى العصر البيرمي، منذ 250 مليون سنة، وأخرى يعود عمرها إلى العصر الطباشيري منذ أكثر من 70 مليون سنة.

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

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

الرواسب الجليدية



رواسب الجليديات
بالقرب من القوارة
بمنطقة القصيم

هل تصدق أن جزيرة العرب مرت عليها عصور جليدية تركت وراءها رواسب جليدية موجودة في وديان جليدية قديمة تشبه تلك الموجودة حالياً في شمال كندا وشمال أوروبا. وقد تكونت تلك الرواسب الجليدية في العصر الأردوفيشي في مناطق مختلفة من الجزيرة العربية، مثل تلك الموجودة في منطقة القصيم في المملكة العربية السعودية، والتي تكونت منذ 450 مليون سنة، وهي تعد من الأمثلة النادرة على العصور الجليدية القديمة.

الجيولوجيا

الكتابة في

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

مختبر الجيولوجيا

تفسير التغيرات في الصخور



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

خلفية علمية: مع استمرار دورة الصخور يتغير الصخر من نوع لآخر. بعض التغيرات يمكن ملاحظتها بالعين المجردة إلا أن بعضها الآخر لا يمكن ملاحظته. لون الصخر وحجم الحبيبات والنسيج والتركيب المعدني أشياء يمكن ملاحظتها ووصفها بسهولة. لكن مع تغير المعادن يتغير بناؤها البلوري وكثافتها. كيف يمكن تمثيل ووصف هذه التغيرات؟ ادرس زوجين من عينات الصخور ليتبين لك كيف يتم ذلك.

سؤال: كيف تقارن بين خصائص الصخور النارية والرسوبية وبين خصائص الصخور المتحولة؟

الأدوات

عينات من: صخر رملي، الطفل، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، أردواز، رخام، نايس.

عدسة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم 100 mL أو كأس يتسع للعينات والماء.

إجراءات السلامة

خطوات العمل

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

شارك بياناتك

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

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

التحليل والاستنتاج

- قارن بين الحجر الرملي وبين الكوارتزيت.