

الأهداف

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

مراجعة المفردات

التبلور الجزئي

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

المفردات الجديدة

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

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

لاحظ. صف الفروق التي تشاهدها في هذه الصخور.

تصنيف الصخور النارية

Classification of Igneous Rocks

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

الربط مع الحياة. هناك شيء مشترك بين الأرضيات والمباني والجدران؛ فالعديد منها من النوع الصخري المعروف بالجرانيت، وهو صخر شائع في القشرة الأرضية.

المكونات المعدنية للصخور النارية

Mineral Composition of Igneous Rocks

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

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



الجابرو



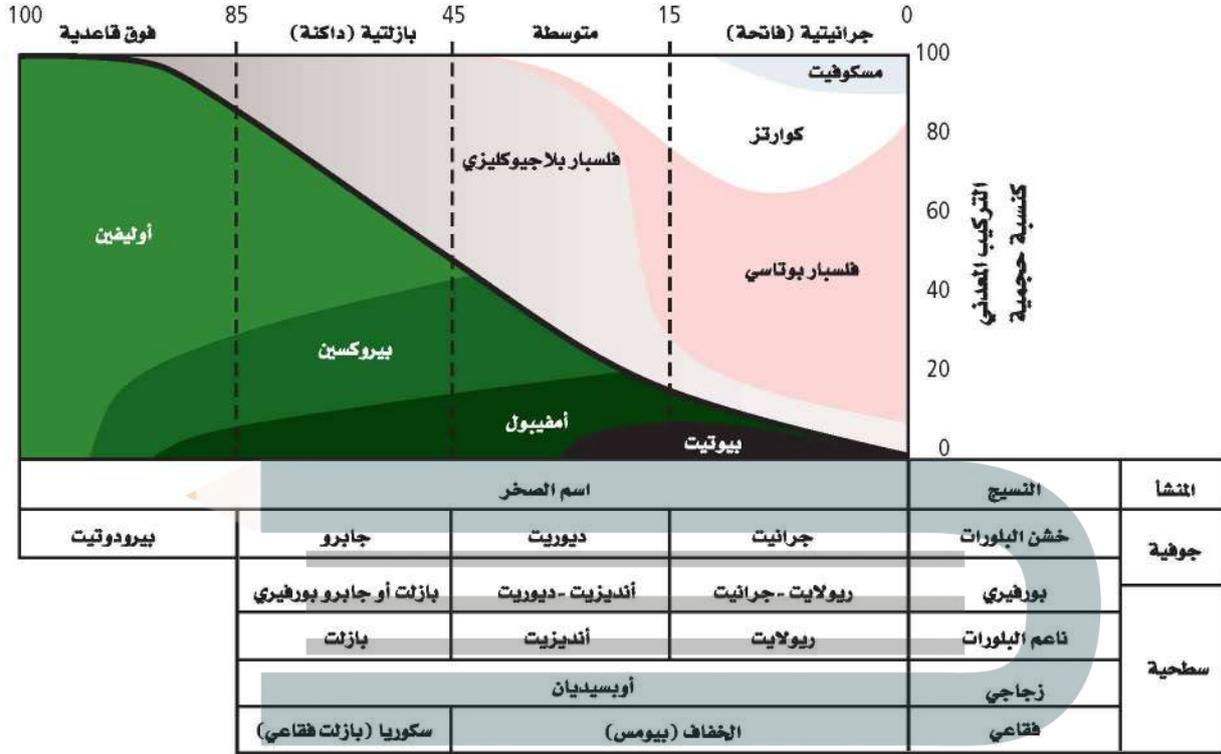
الجرانيت



الديوريت

تعرف الصخور النارية

نسبة المعادن الرئيسية



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

المطويات

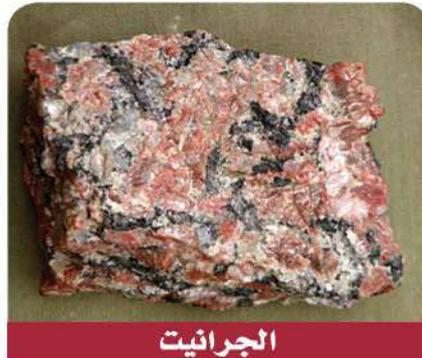
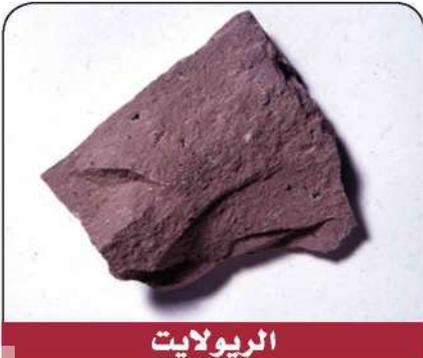
ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

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

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

النسيج Texture

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



حجم البلورة ومعدلات التبريد **Crystal size and cooling rates**

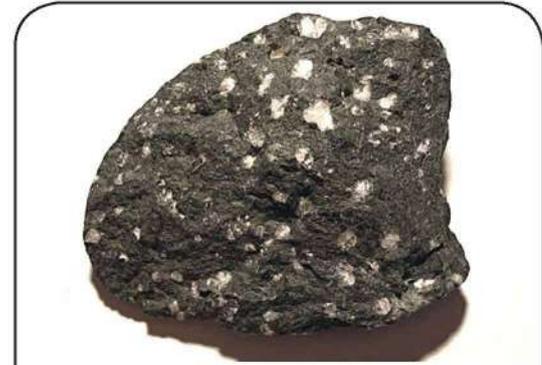
cooling rates عندما تتدفق اللابة على سطح الأرض تبرد بسرعة، ولا تنهي الفرصة لتشكيل بلورات كبيرة، فتنتج صخوراً نارية سطحية كالريولايت المين في الشكل 10-2. بلوراتها صغيرة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وأحياناً يحدث التبريد بسرعة كبيرة جداً، بحيث لا تنهي الفرصة لتكوّن البلورات، وينتج زجاج بركاني يسمى أوبسيديان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

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

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

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

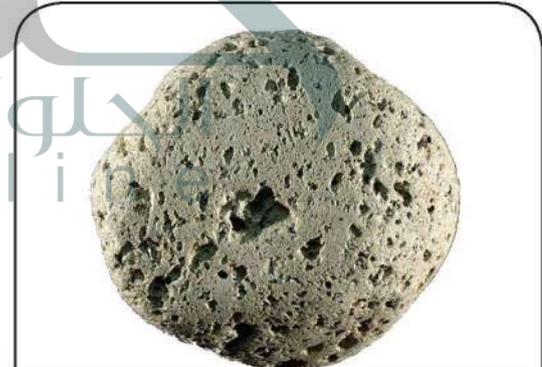
تكون الثقوب عند اندفاع فقائع الغاز من اللابة أو عندما تتنحصر داخلها



أنديزيت (النسيج البورفييري)



بازلت فقاعي

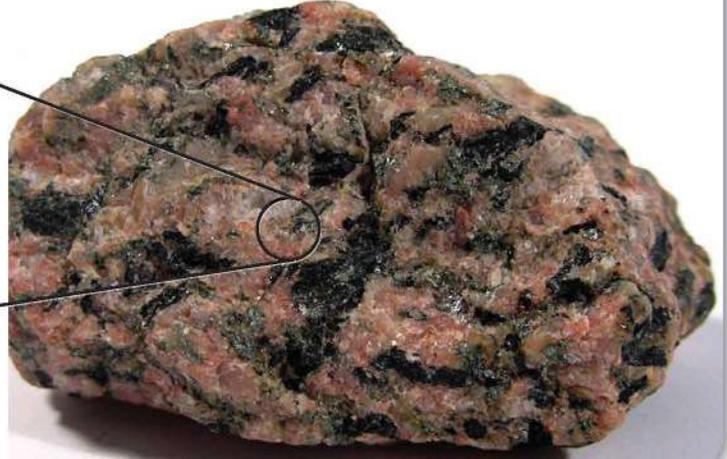
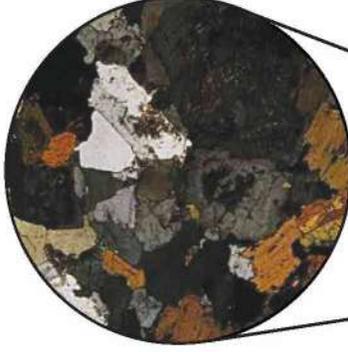


الخفاف (بيومس)

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

جرانيت تحت المجهر

صخر الجرانيت



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

الشرائح الرقيقة Thin Sections

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

الصخور النارية موارد طبيعية

Igneous rocks as Resources

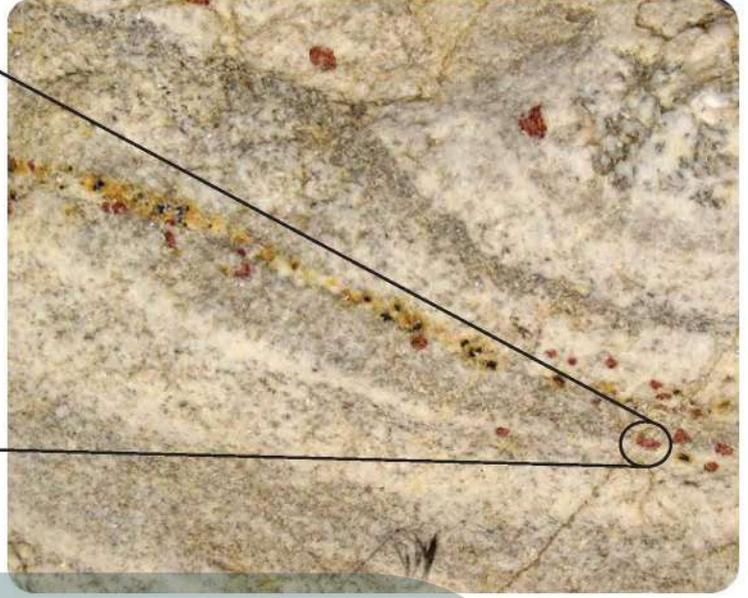
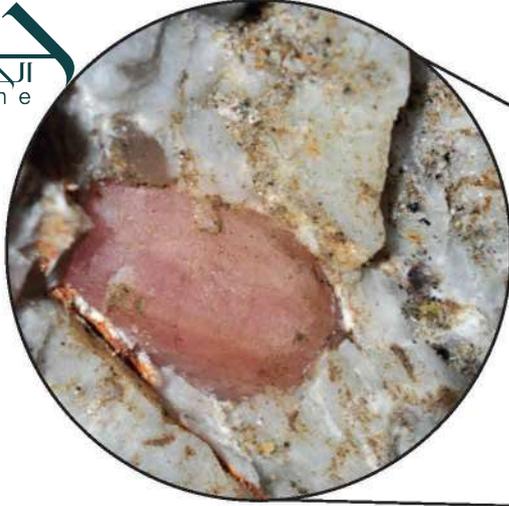
للصخور النارية أهمية اقتصادية كبيرة في حياتنا؛ فالعديد من المعادن التي تستخدم في المجوهرات تبلور فيها، ويمكن أن يستخلص منها العديد من العناصر المفيدة ومنها الليثيوم وغيره مما يدخل في مجالات عديدة في حياتنا، وتستخدم الصخور النارية أيضاً في المباني. وتوضح الفقرات الآتية بعض هذه الاستخدامات:



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

الشكل 13-2 تعادل درجة انصهار الكوارتز تقريباً

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



الشكل 14-2 عرق بيجمايت يخرق صخور الجرانيت، وفيه بلورات جميلة.

الشكل 14-2 عرق بيجمايت يخرق صخور الجرانيت، وفيه بلورات جميلة.

تحتوي العروق على كميات كبيرة من الكوارتز لأن عنصري السيليكون والأكسجين يتبقيان عندما تتبلور الصهارة بالكامل ثم يحشر هذا السائل المتبقي في شقوق الصخور

تملأ الكهوف وشقوق الصخور فإن المعادن تنمو في الفراغات محتفظة بأشكالها؛ حيث وجدت معظم المعادن النفيسة في العالم في صخور البيجماتيت. ويوجد البيجماتيت في مناطق مختلفة جنوب المملكة العربية السعودية وغربها على هيئة قواطع في صخور جرانيتية.

تشير وشرة الكوارتز والفلسبار البوتاسي إلى أن

مختبر حل المشكلات

تفسير الأشكال العلمية

كيف يمكنك تقدير المحتوى المعدني؟

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

التحليل

1. صمّم طريقة لتقدير نسب المعادن في العينة الصخرية في الشكل 12-2.
2. اعمل جدول بيانات يضم المعادن ونسبها المقدرة.

التفكير الناقد الصخر جرانيتي

3. حدد باستخدام الشكل 9-2، موقع العينة التي تمثلها الشريحة الرقيقة على المخطط المبين في الشكل.
4. قارن تقديرك لنسب المعادن في الصخور بتقدير زملائك في الصف. لماذا تختلف تقديراتكم؟ ما مصادر الخطأ المحتملة؟
5. اقترح طريقة لتطوير دقة تقديرك.

كلما زاد عدد نقاط البيانات
المأخوذة زادت دقة التقدير

- ج1: تشير التحاليل الكيميائية إل أن الأوبسيديان يتكون بشكل رئيس من عناصر شائعة في المعادن الماتحة والمتوسطة اللون؛ وتوجد هذه المعادن الجرانيت أما الأوبسيديان الأسود فينتج عن وجود كميات قليلة من الحديد منتشرة في الزجاج لقلة نمو معادن فيه أو انعدامها
- ج2: المجموعة الجرانيتية بالكوارتز والمعادن الأخرى الفاتحة اللون والمجموعة البازلتية غنية بالحديد والماغنسيوم الموجودين في المعادن القاتمة اللون، أما المجموعة المتوسطة فهي خليط من معادن غامقة وفاتحة اللون
- ج3: ينتج عن تبريد البطيء بلورات كبيرة مكتملة النمو وينتج عن معدلات التبريد السريعة بلورات صغيرة قد تكون مكتملة النمو أو لا تكون
- ج4: المكونات المعدنية: الأنديزيت والديوريت لهما المكونات المعدنية نفسها، الحجم البلوري: الأنديزيت بلوراته صغيرة أما الديوريت فبلوراته كبيرة
- ج5: البلاجيوكليز يتكون في بداية عملية التبلور وهناك متسع في الصحارة لنمو بلوراته، أما الكوارتز فيتبلور لاحقاً ويملاً الفراغات الموجودة بين المعادن التي سبق تبلورها

التقويم 2-2

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

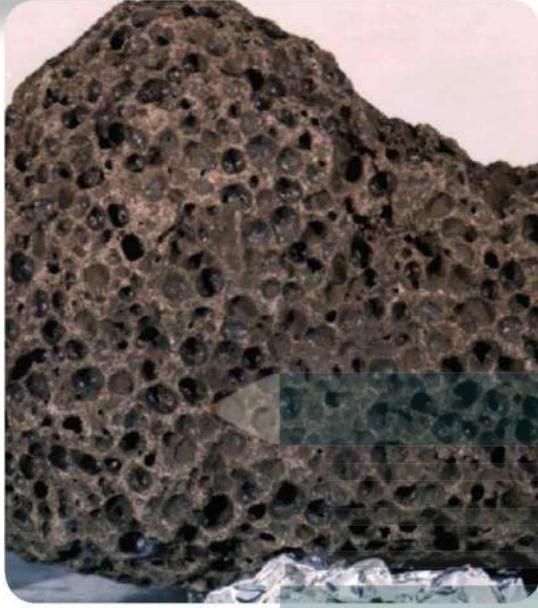
- الفكرة الرئيسية استنتج لماذا التركيب الكيميائي للأوبسيديان الأسود أو الأحمر تركيباً جرانيتياً؟
- صف مجموعات الصخور النارية الثلاث الرئيسية.
- طبق ما تعرفه عن معدلات التبريد في توضيح الاختلاف في أحجام البلورات.
- ميّز بين الأنديزيت والديوريت من خلال خاصيتين فيزيائيتين من خصائص الصخور النارية.

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الجيولوجيا

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



صخور القمر Moon Rocks

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

أنواع صخور القمر بدراسة العينات وتحليلها تبين أن صخور القمر تتنوع في ألوانها بين الرمادي والأسود والأبيض والأخضر، كما تختلف في نسيجها بين الزجاجي والقاسي والهش. وقد كشفت تحاليل الصخور أن هناك ثلاثة أنواع من الصخور على سطح القمر؛ وهي الصخور البازلتية التي نتجت عن الرماد البركاني واللابة التي وصلت إلى سطح القمر من خلال الشقوق التي تكونت بسبب ارتطام النيازك بسطح القمر. وصخور البريشيا التي تكونت عندما حطمت النيازك الصخور، وصهرت القطع معاً بفعل الحرارة الناجمة عن الارتطام. أما النوع الثالث هو صخر البريستين فلم ينتج عن ارتطام النيازك، بل هو صخر شائع رمادي اللون، يتكون من الفلسبار البلاجيوكليزي الغني بالكالسيوم.

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

تصنيف صخور القمر يستعمل العلماء في تصنيف صخور القمر الخصائص نفسها المستعملة في تصنيف صخور الأرض، وقد سَمَّى العلماء فئة جديدة من صخور القمر "كريب" (KREEP)، اعتماداً على المكونات المعدنية؛ لكونها تحتوي على كميات كبيرة من البوتاسيوم (K) والعناصر الأرضية النادرة (REE) والفوسفور (P)، وهي أكثر إشعاعاً من صخور الأرض؛ لأنها تحتوي على ثورיום أكثر.

الشكل 16-2 قطعة من البازلت الذي تُجمَع من سطح القمر خلال رحلة أبولو.

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

يجب أن يكتسب الطلاب معرفة علمية جديدة عن القمر وتركيبه من خلال ممارسة الألعاب



مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك نموذج تكون البلورات

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

سؤال: كيف تتبلور المعادن من الصهارة؟

الأدوات

أطباق بتري نظيفة
محلول الشب المشبع
كأس زجاجية سعة 200 mL
عدسة مكبرة
ورق مقوى أسود

مقياس حرارة
مناشف ورقية
ماء
مصدر حراري

5. املاً كل طبق من أطباق بتري إلى نصفه بالمحلول فوق المشبع مع اتباع إجراءات السلامة في أثناء صب المحلول.

6. راقب أطباق بتري كل 5 دقائق ولمدة 30 دقيقة، وسجل ملاحظاتك، وارسم البلورات التي بدأت تتكون.

التحليل والاستنتاج

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

شارك بياناتك

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

إجراءات السلامة

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

خطوات العمل

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