رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-1

ما الصخور النارية؟
What are Igneous Rocks?

الأهداف

- **تلخص** تكون الصخور النارية.
- **تصف** مكونات الصهارة.
- **تتعرف** العوامل التي تؤثر في كيفية انصهار الصخور وتبلورها.

مراجعة المفردات

السيليكات: معادن تحتوي على السيليكون والأكسجين، مع وجود واحد أو أكثر من عناصر أخرى غالبًا.

المفردات الجديدة

اللابة

الصخور النارية

الانصهار الجزئي

التبلور الجزئي

الفكرة الرئيسة **الصخور النارية صخور تتكوَّن عندما تبرد المواد المنصهرة في باطن الأرض أو على سطحها ثم تتبلور.**

الربط مع الحياة. تستخدم الصخور النارية في العديد من المجالات ومنها: مجال البناء وفي المطابخ وواجهات المباني ورصف الشوارع.

تكوُّن الصخور النارية Igneous Rocks Formation

لو أنك تابعت فيلمًا عن بركان نشط لشاهدت كيف تتكون الصخور النارية. وكما درست سابقًا، فإن الصهارة صخور مصهورة توجد تحت سطح الأرض. أما **اللابة Lava** فهي صهارة تتدفق على سطح الأرض. تتكون **الصخور النارية Igneous Rock** عندما تبرد الصهارة أو اللابة وتتبلور المعادن.

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

مكونات الصهارة Composition of magma يعتمد نوع الصخر الناري المتكوِّن على مكونات الصهارة، والصهارة خليط من صخر مصهور وغازات مذابة وبلورات معدنية، والعناصر الشائعة في الصهارة هي نفسها العناصر الرئيسة في القشرة الأرضية: الأكسجين O، والسيليكون Si، والألومنيوم Al، والحديد Fe، والكالسيوم Ca، والصوديوم Na، والبوتاسيوم K، والماغنيسيوم Mg. ومن بين جميع المركبات الموجودة في الصهارة، تعد السيليكا من أكثرها شيوعًا وتأثيرًا في خصائصها.

الجدول 1– 4	أنواع الصهارة	
نوع الصهارة	المحتوى من السيليكا	مثال
بازلتية	42 – 52%	حرات المدينة المنورة
أنديزيتية	52 – 66%	جبال الأنديز
ريولايتية	أكثر من 66%	متنزه يلوستون – أمريكا

وتصنف الصهارة اعتمادًا على محتواها من السيليكا – كما هو مبين في **الجدول 1– 4** إلى بازلتية أو أنديزيتية أو ريولايتية. ويؤثر محتوى الصهارة من السيليكا في درجة انصهارها وسرعة تدفقها.

وعندما تتحرر الصهارة من الضغط الواقع عليها من الصخور المحيطة بها تتمكن الغازات الذائبة فيها من الانطلاق إلى الغلاف الجوي. لذا تختلف مكونات اللابة الكيميائية قليلًا عن المكونات الكيميائية للصهارة التي نتجت اللابة عنها.

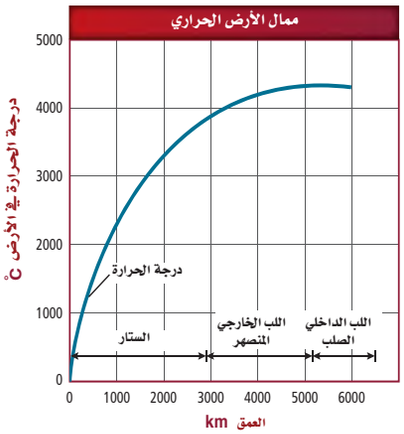
تكوّن الصهارة Magma formation تتكون الصهارة بانصهار قشرة الأرض، أو مادة الستار. وهناك أربعة عوامل رئيسة تؤثر في تكوُّن الصهارة، هي: درجة الحرارة، الضغط، المحتوى المائي، المحتوى المعدني لمادة القشرة أو الستار. وتزداد درجة الحرارة عادة كلما تعمَّقنا في القشرة الأرضية، وتسمى هذه الزيادة في درجة الحرارة المماثل الحراري، وهي ممثلة في **الشكل 1– 4**. ولدى حفَّاري آبار النفط خبرة مباشرة في المماثل الحراري الأرضي؛ فآلات الحفر –كتلك المبينة في **الشكل 2– 4** يمكن أن تصادف درجات حرارة تزيد على 200°C في أثناء حفر آبار النفط العميقة.

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

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

ماذا قرأت؟ عدِّد العوامل الرئيسة المؤثرة في تكون الصهارة.

العوامل الأربعة هي: درجة الحرارة والضغط والمحتوى المائي والمحتوى المعدني.



الشكل 1– 4 متوسط المماال الحراري في القشرة الأرضية 25°C/km تقريبًا، ويعتقد العلماء أنها تهبط بشدة إلى 1°C/km في الستار.

الشكل 2– 4 تصادف آلة الحفر عند عمق 3Km صخورا درجة حرارتها قريبة من درجة غليان الماء ، وتزداد درجة حرارة الجزء العلوي من القشرة مع زيادة العمق 30°c/Km تقريبا.

الشكل 3– 4 تبدأ المعادن في الانصهار في منطقة ما عندما تبدأ درجة الحرارة بالإرتفاع.

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

ينصهر الكوارتز عند درجة حرارة أقل من سائر المعادن.

المحتوى المعدني Mineral content لكي نفهم كيف تعتمد الصهارة على عناصرها ومركباتها؛ من المفيد إلقاء الضوء على المحتوى المعدني للصهارة. المعادن المختلفة لها درجات انصهار مختلفة؛ فعلى سبيل المثال تنصهر صخور البازلت التي تتكون من معادن الأوليفين والفلسبار الكلسي والبيروكسين عند درجات حرارة أعلى، مقارنة بصخور الجرانيت أو الريولايت التي تتكون من الكوارتز والفلسبار البوتاسي.

إن درجة انصهار صخر الجرانيت أقل من درجة انصهار صخر البازلت؛ لأنه يحتوي على ماء أكثر، ولمعادنه درجات انصهار أقل.

وعمومًا تنصهر الصخور المحتوية على الحديد والماغنيسيوم –ومنها البازلت– عند درجات حرارة أعلى، مقارنة بالصخور المحتوية على نسب أعلى من السيليكون، ومنها الجرانيت.

الانصهار الجزئي Partial melting افترض أنك جمدت شمعًا منصهرًا وماء في قالب مكعبات جليد، وأخذت هذا القالب خارج الثلاجة وتركته في درجة حرارة الغرفة؛ سوف ينصهر الجليد، ولكن الشمع لن ينصهر. والسبب في ذلك هو اختلاف درجتي انصهارهما. تنصهر الصخور بالطريقة نفسها لاختلاف درجات انصهار المعادن التي تحتويها. لذلك لا تنصهر جميع أجزاء الصخر عند درجة الحرارة نفسها. وهذا يفسر لماذا تُكوّن الصهارة غالبًا مزيجًا من بلورات ومصهور صخري. وتسمى عملية انصهار بعض المعادن عند درجات حرارة منخفضة مع بقاء معادن أخرى صلبة **الانصهار الجزئي Partial Melting**. انظر **الشكل 3– 4**. ويضاف مع صهر كل مجموعة معدنية عناصر جديدة إلى خليط الصهارة، مما يؤدي إلى تغير في مكوناتها، وإذا لم تكن درجات الحرارة كافية لصهر الصخر بأكمله فإن مكونات الصهارة الناتجة ستختلف عن مكونات الصخر الذي تكونت منه، وهذه إحدى الطرائق التي تتكون بها الأنواع المختلفة من الصخور النارية.

ماذا قرأت؟ لخِّص لماذا تختلف مكونات الصهارة الكيميائية عن المكونات الكيميائية للصخر الأصلي؟

تتكون هذه الصهارة إذا كانت درجات الحرارة غير كافية لصهر الصخر كله وفي هذه الحالة فإن الصهارة لن تحتوي على العناصر نفسها التي يحتويها الصخر الذي نشأت منه لذا لن نحصل على المعادن نفسها ولا على الصخر نفسه عند تبلورها.

التبلور الجزئي Fractional Crystallization

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

وتسمى عملية تصلب بلورات المعادن وانفصالها **التبلور الجزئي Fractional crystallization**. وتشبه هذه العملية عملية الانصهار الجزئي في أن تركيب الصهارة يتغير في كل منهما. وفي هذه الحالة تنفصل البلورات التي تتكون في البداية عن الصهارة، ولا تستطيع التفاعل معها، فتصبح الصهارة المتبقية غنيَّة بالسيليكا.

تجربة

مقارنة الصخور النارية

كيف تختلف الصخور النارية بعضها عن بعض؟ للصخور النارية خصائص كثيرة مختلفة. فاللون وحجم البلورات تعدّ من المعالم التي نستطيع من خلالها تمييز الصخور النارية بعضها عن بعض.

خطوات العمل

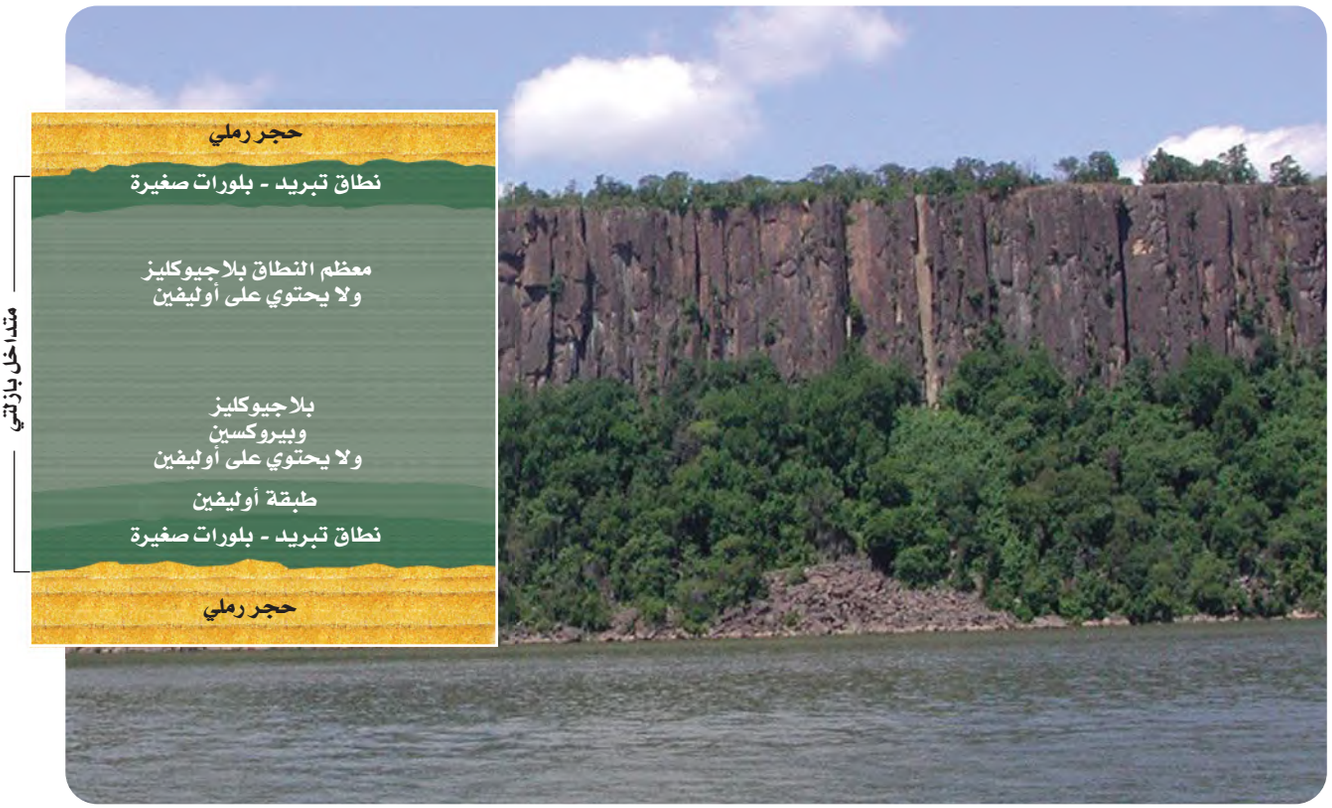
1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر الموجود في دليل التجارب العملية، واملأه.
2. احصل على مجموعة من عينات صخرية نارية من معلمك.
3. لاحظ الخصائص الآتية لكل صخر: مجمل اللون، حجم البلورات، والمكونات المعدنية (إن أمكن).
4. صمّم جدول بيانات لتدوين ملاحظاتك.

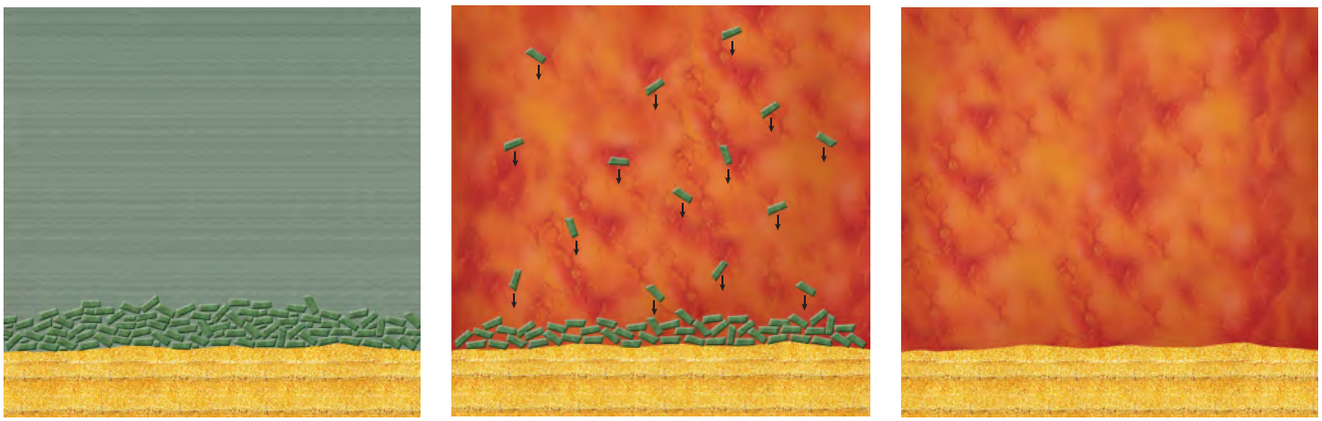
التحليل

1. **صنّف** عيناتك إما بازلتية وإما أنديزيتية وإما ريوليتية. [تلميح: كلما زاد محتوى الصخر من السيليكا يصبح لونه فاتحًا].
2. **قارن** بين عيناتك باستخدام جدول البيانات. كيف تختلف؟ ما الخصائص التي تشترك فيها المجموعات؟
3. **خمّن** الترتيب الذي تبلورت به العينات.

التبلـور الجـزئـي وتـرسـب البـلـورات
Fractional Crystallization and Crystal Settling

الشـكل 4– 4 تعد عتبة باليسيد (Palisade Sill) في وادي نهر هدسـون (Hudson) في نيويورك ونيوجيرسي مثالًا على عملية التبلور الجزئي وترسـيب البلورات. ففي العتبة البازلتية تكونت بلورات صغيرة في نطاق التبريد؛ لأن الأجزاء الخارجية من هذا الجسم البازلتي بردت بسرعة أكبر من الأجزاء الداخلية.





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

آلية التبلور الجزئي Mechanism of partial crystallizaion

إذا تحول الأوليفين إلى بيروكسين فلماذا نجد الأوليفين في الصخر؟ يفترض الجيولوجيون أنه في ظروف خاصة تنفصل البلورات المتكونة من الصهارة فيتوقف التفاعل بين الصهارة والمعدن، ويمكن أن يحدث هذا عندما تستقر البلورات في قاع الجسم الصهاري، وعندما ينفصل سائل الصهارة عن البلورات يتكون جسمان ناريّان مختلفان في مكوناتهما. ويوضح **الشكل 4–4** هذه العملية، كما يوضح مفهوم التبلور الجزئي من خلال عرض مثال عتبة باليسيد، وهذه إحدى الطرق التي تتكون بها الصهارة المشار إليها في **الجدول 1– 4**.

وباستمرار التبلور الجزئي وانفصال بلورات أخرى من المعادن تصبح الصهارة أغنى بالسيليكا وعناصر الألومنيوم والبوتاسيوم. لذا، فإن آخر معدنين يتبلوران هما: الفلسبار البوتاسي والكوارتز. والفلسبار البوتاسي أكثر أنواع الفلسبار شيوعًا في القشرة الأرضية، بينما تحتوي العروق على الكوارتز غالبًا كما في **الشكل 5– 4**؛ لأنه يتبلور في أثناء اندفاع الجزء السائل المتبقي من الصهارة في الشقوق الصخرية.

الشكل 5– 4 تمثل عروق الكوارتز هذه آخر ما برد وتبلور من الجسم الصهاري المتبقي.

التقويم 1–4

الخلاصة

- تتكون الصهارة من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معدنية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **توقّع** المظهر الذي سيبدو عليه صخر ناري تكون من صهارة خرجت إلى السطح فبدأت تبرد بسرعة، ثم قلّت سرعة تبريدها مع الوقت.
2. **اعمل قائمة** بالعناصر الثمانية الرئيسة الموجودة في معظم أنواع الصهارة. أضف الرمز الكيميائي لكل عنصر.
3. **لخّص** العوامل التي تؤثر في تكوين الصهارة.
4. **قارن** بين الصهارة واللابة.

التفكير الناقد

5. **توقّع** إذا كانت درجة الحرارة تزداد نحو مركز الأرض، فلماذا يصبح مركز الأرض صلبًا؟
6. **استدل** على محتوى السيليكا في صهارة مشتقة من الانصهار الجزئي لصخر ناري. هل سيكون أكثر، أم أقل، أم مساويًا لمحتوى الصخر نفسه؟ وضّح إجابتك.

الكتابة في الجيولوجيا

7. ادّعى أحد هواة جمع الصخور أنه وجد أول مثال على البيروكسين والفلسبار الغني بالصوديوم في الصخر نفسه. اكتب تعليقًا على هذا الادعاء.

جواب 1: سيكون للصخور بلورات صغيرة متساوية الحجم، لأن الصهارة بردت بسرعة فلم يتح لها وقت كاف لتكوّن بلورات كبيرة الحجم ومع مرور الوقت بدأت تبرد ببطء ولكن لم يكن هناك حيّز كاف لتكوين بلورات كبيرة.

جواب 2: الأوكسجين (O) السيليكون (51) الألومنيوم (Al) الحديد (Fe) الماغنسيوم (Mg) الكالسيوم (Ca) البوتاسيوم (K) الصوديوم (Na).

جواب 3: درجة الحرارة والضغط والمحتوى المائي والمعدني مجموعات مختلفة من هذه العوامل تنتج أنواعاً مختلفة من الصهارة.

جواب 4: تتكوّن الصهارة تحت سطح الأرض وتحت الضغط، أما اللابة تتكون من صهارة تراكمت فوق سطح الأرض وغير واقع تحت الضغط وتختلف في مكوناتها الكيميائية عن الصهارة التي تكونت منها فالغازات التي كانت ذائبة تحت الضغط قد تطايرت.

جواب 5: الضغط عالٍ جداً ودرجة الحرارة ليست عالية بما يكفي لصهر اللب أو إبقائه منصهراً.

جواب 6: سيكون محتوى الصهارة من السيليكا أعلى من الصخر نفسه لأن الكوارتز ينصهر أولاً، لذا فإن نسبة السيليكا في الصهارة ستكون أكثر عند بداية تكونها.

جواب 7: على الرغم من إمكان وجود المعدنين في الصخر نفسه، إلا أن التعليق المحتمل هو اعتماداً على سلاسل تفاعلات باون ودرجة تبلور المعدنيين، فإنه لا يحتمل وجودهما في الصخر نفسه، ولكن من المحتمل وجود الفلسبار البلاجيو كليزي مع البيروكسين.