المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

علوم الأرض والبيئة

الجزء الأول

الصف التاسع

٩

ISBN:978-9957-84-632-9

الغد

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

علوم الأرض والبيئة

الجزء الأول

الصف التاسع

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال ملاحظاتكم وآرائكم على هذا الدليل على العناوين الآتية:
هاتف: ٨-٥/ ٤٦١٧٣٠٤، فاكس: ٤٦٣٧٥٦٩، ص.ب: ١٩٣٠ الرمز البريدي: ١١١١٨
أو بواسطة البريد الإلكتروني: Scientific.Division@moe.gov.jo

قرّرتْ وزارةُ التربيةِ والتعليمِ تدريسَ هذا الكتابِ في مدارسِ المملكةِ الأردنيّةِ الهاشميّةِ جميعِها بناءً على قرارِ مجلسِ التربية والتعليمِ رقمِ ٣٦/ ٢٠١٥ تاريخَ ٢٠١٥/٣/٢٦ م، بدءًا منَ العامِ الدراسيِّ ٢٠١٥/٢٠١٦ م.

الحقوقُ جميعُها محفوظةٌ لوزارةِ التربيةِ والتعليمِ
عمّان – الأردنّ ص.ب (١٩٣٠)

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنيّة
(٢٠١٥/٥/٢٠٨٧)
ISBN: 978 - 9957 - 84 - 632 - 9

أشرف على تأليف هذا الكتاب كل من:
أ.د. عبد القادر محمد عابد (رئيسًا) **أ.د. أحمد عبد الحليم ملاعبة**
د. مروة خميس عبد الفتاح (مقررًا)
وقام بتأليف هذا الكتاب كل من:
خولة يوسف الأطرم **عكاش عبد الكريم القبلان**
ناديا فتحي البيطار

التحرير العلمي: د. مروة خميس عبد الفتاح
التصميم: عمر أحمد أبو عليان **الرسم:** عمر أحمد أبو عليان
التحرير اللغوي: محمد حميدي الشعرات **التصوير:** أديب أحمد عطوان
التحرير الفني: نداء فؤاد أبو شنب **الإنتاج:** سليمان أحمد الخلايلة

دقق الطباعة: لؤي أحمد منصور **راجعها:** سكينة محي الدين جبر

الطبعة الأولى **١٤٣٦ هـ/ ٢٠١٥ م**
أعيدت طباعته **٢٠١٦– ٢٠١٩ م**

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصفحةُ
المقدّمةُ	٤
الوحدةُ الأولى: مكوّناتُ القشرةِ الأرضيّةِ والعمليّاتُ المؤثّرةُ فيها	٦
الفصلُ الأوّلُ ١ المعادنُ والصخورُ الناريّةُ	٨
أوّلًا: المعادنُ	٨
ثانيًا: الصخورُ الناريّةُ	١٩
الفصلُ الثاني ٢ العمليّاتُ الجيولوجيّةُ الخارجيّةُ	٢٧
أوّلًا: مفهومُ العمليّاتِ الخارجيّةِ	٢٧
ثانيًا: التجويةُ	٢٩
ثالثًا: الحتُّ والتعريةُ	٣٤
رابعًا: الترسيبُ	٣٦
خامسًا: بعضُ المظاهرِ الجيولوجيةِ الناتجةِ منْ عمليّاتِ التجويةِ والتعريةِ	٣٧
الفصلُ الثالثُ ٣ الصخورُ الرسوبيّةُ والصخورُ المتحوّلةُ	٤٢
أوّلًا: الصخورُ الرسوبيّةُ	٤٢
ثانيًا: الصخورُ المتحوّلةُ	٤٦
ثالثًا: الخاماتُ المعدنيّةُ والصخورُ الصناعيّةُ	٤٩
قائمةُ المصطلحاتِ	٥٦

بسمِ اللهِ الرحمنِ الرحيمِ

المقدّمةُ

الحمدُ للهِ ربِّ العالمينَ، والصّلاةُ والسّلامُ على نبيِّنا محمّدٍ صلّى اللهُ عليهِ وسلّمَ. وبعدُ، فهذا كتابُ علومِ الأرضِ والبيئةِ للصفِّ التاسعِ الأساسيِّ بجزأيهِ يأتي متوافقًا معَ نتاجاتِ التعلّمِ العامّةِ، ومنسجمًا معَ فلسفةِ التربيةِ والتعليمِ.

ويتضمّنُ ثلاثَ وحداتٍ دراسيّةٍ، واحدةٌ منها في الجزءِ الأوّلِ، هيَ وحدةُ مكوِّناتِ القشرةِ الأرضيّةِ والعمليّاتِ المؤثِّرةِ فيها، وتهدفُ إلى تعرّفِ خصائصِ المعادنِ وكيفيّةِ تصنيفِها، وأنواعِ الصخورِ المكوّنةِ للقشرةِ الأرضيّةِ ووصفِ معالمِها والعلاقةِ بينَها، وفهمِ العمليّاتِ الخاصّةِ المؤثِّرةِ فيها، ودورِها في تشكيلِ المظاهرِ الجيولوجيّةِ.

أمّا الوحدتانِ الأخريانِ منَ الكتابِ، فقدْ وردتا في الجزءِ الثاني، وهما:

وحدةُ المياهِ، وتهدفُ إلى وصفِ الخصائصِ العامّةِ للأحواضِ المائيّةِ الجوفيّةِ والسطحيّةِ ومشكلاتِها، وكيفيّةِ حلِّ هذهِ المشكلاتِ.

ووحدةُ النظامِ الشمسيِّ، وتهدفُ إلى فهمِ نمطيّةِ العلاقاتِ في النظامِ الشمسيِّ، وتفسيرِ الظواهرِ الناجمةِ عنْ ذلكَ.

ونظرًا إلى طبيعةِ علومِ الأرضِ والبيئةِ التي هيَ علومٌ ميدانيّةٌ استقصائيّةٌ تعتمدُ على الرحلاتِ الميدانيّةِ والعملِ المخبريِّ، فقدْ تمَّ التركيزُ على عمليّاتِ العلمِ بوصفِها طريقةً منهجيّةً في استقصاءِ المعرفةِ وتوظيفِها، وتقديمِ المادّةِ العلميّةِ على شكلِ أنشطةٍ ينفّذُها الطّالبُ بتوجيهِ المعلّمِ، وقدْ صُنّفتِ الأنشطةُ إلى تجريبيّةٍ وتحليليّةٍ وإثرائيّةٍ؛ ليتمكّنَ المعلّمُ منْ تطبيقِ استراتيجيّاتِ التدريسِ، كاستراتيجيّةِ العملِ الجماعيِّ (التعاونيِّ)، والتعلّمِ عنْ طريقِ النشاطِ، والاستقصاءِ، وحلِّ المشكلاتِ، والتفكيرِ النّاقدِ. ويُؤملُ أنْ تنمّيَ هذهِ الطرائقُ المهاراتِ الحياتيّةَ لدى المتعلّمِ، وأنْ تكسبَهُ الاتجاهاتِ الإيجابيّةَ، كالصدقِ، والأمانةِ العلميّةِ، والتعاونِ، واحترامِ الآخرينَ.

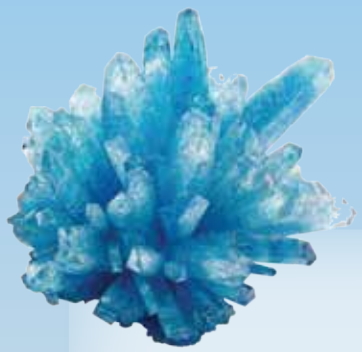
وقدْ تضمّنَ الكتابُ صناديقَ لها عناوينُ مختلفةٌ، مثلَ: ابحثْ، وزيارةٌ إلى، وأثرِ معلوماتِكَ، وإثراءٌ، وجيولوجيا الأردنِّ. وصناديقَ أخرى جانبيّةً تتضمّنُ معلوماتٍ إضافيّةً للطالبِ، بالإضافةِ إلى صناديقِ التكاملِ بينَ مبحثِ علومِ الأرضِ والبيئةِ والعلومِ الأخرى. وتهدفُ هذهِ الصناديقُ إلى إثراءِ معلوماتِ الطلبةِ، وصقلِ مهاراتِهِمُ البحثيّةِ، وتوظيفِ ما يتعلّمونَهُ في حياتِهِمُ العمليّةِ، وتعزيزِ

انتماءِ الطالبِ لوطنِهِ، بإكسابهِ مجموعةً منَ القيمِ والاتجاهاتِ الإيجابيّةِ التي تعمّقُ إحساسَهُ بالمسؤوليّةِ تجاهَ بعضِ المشكلاتِ البيئيّةِ التي يعانيها الأردنُّ، علمًا بأنَّ المعلوماتِ الواردةَ في الصناديقِ المُشارِ إليها سابقًا يدرسُها الطالبُ ذاتيًّا، ولا يُسألُ عنها في اختباراتِهِ التحصيليّةِ، وقدْ وردَ في الكتابِ بعضُ الإحصاءاتِ يُطلبُ منَ الطالبِ تحليلُها وتوظيفُها ولا يُطلبُ منهُ حفظُها.

ولمّا كانَ الطالبُ محورَ العمليّةِ التعلّميةِ التعليميةِ؛ فقدْ حرصْنا على إشراكهِ في عمليّةِ التقويمِ، ليتمكّنَ المعلّمُ منْ تطبيقِ استراتيجياتِ التقويمِ الحديثةِ؛ كالتقويمِ المعتمدِ على الملاحظةِ، والتقويمِ المعتمدِ على الأداءِ. ولتفعيلِ التقويمِ المعتمدِ على القلمِ والورقةِ؛ فقدْ جاءَ متنوِّعًا ومحتويًا على أسئلةِ الاختيارِ منْ متعدِّدٍ، وأسئلةِ اختبارِ المفاهيمِ، وأسئلةِ التفكيرِ الناقدِ.

ويتطلّبُ تنفيذُ الأنشطةِ السابقةِ القيامَ برحلاتٍ ميدانيّةٍ، والاستقصاءَ، وتحليلَ البياناتِ، وتوظيفَ الحاسوبِ بوصفهِ وسيلةً تعليميّةً، ومصدرًا منْ مصادرِ المعرفةِ؛ وذلكَ لتهيئةِ الطالبِ ليكونَ قادرًا على التفاعلِ معَ تكنولوجيا المعلوماتِ والاتصالاتِ، وتوظيفِها بوعيٍ عميقٍ.

واللهُ وليُّ التوفيقِ

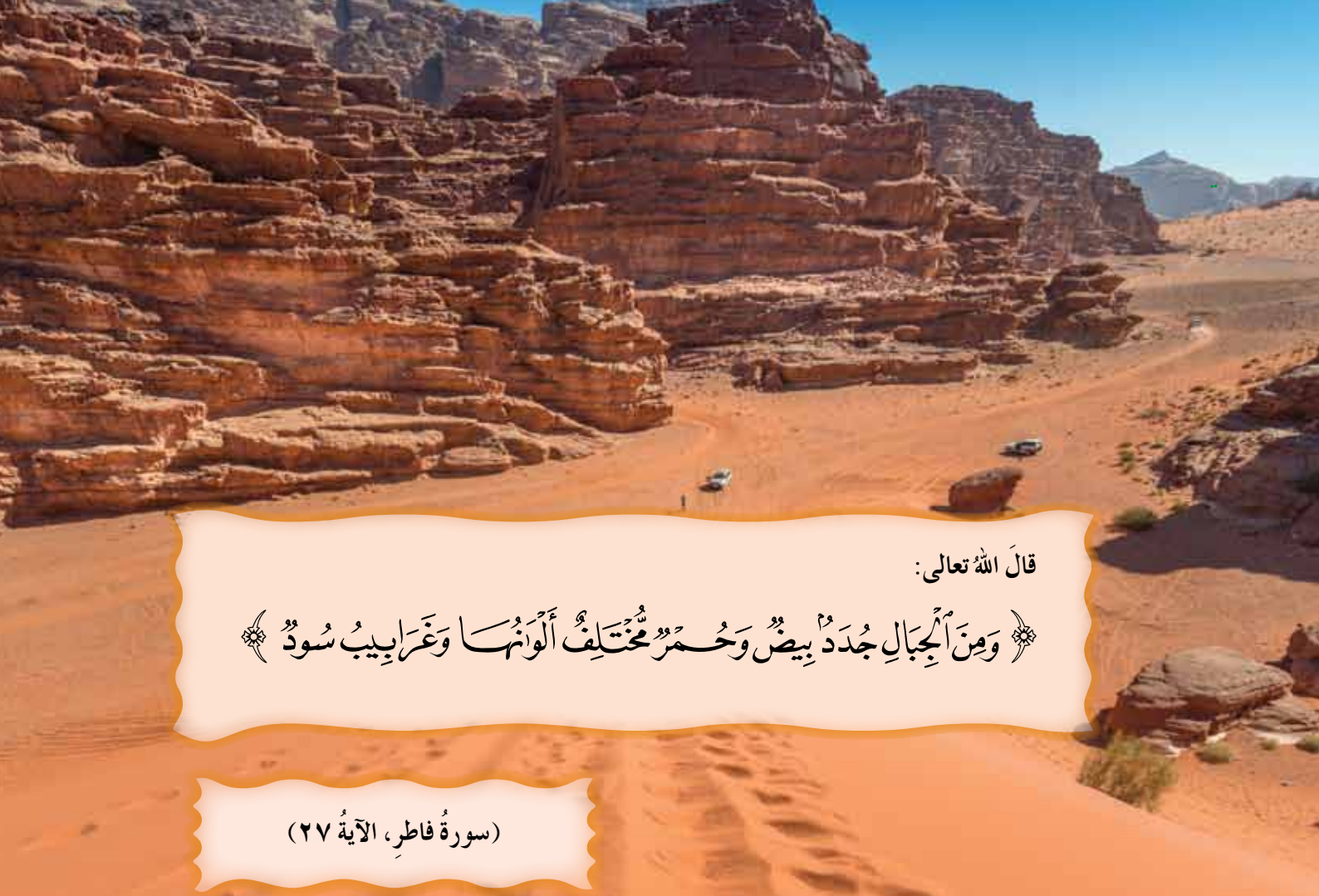


الوحدةُ الأولى

مكوّناتُ القشرةِ الأرضيّةِ والعمليّاتُ المؤثّرةُ فيها

يُتوقّعُ منكَ بعدَ دراستِكَ هذهِ الوحدةَ أنْ:

- تميّزَ المعدنَ منَ الصخرِ.
- تتعرّفَ بعضَ خصائصِ المعادنِ الفيزيائيّةِ (اللّونُ، والحكاكةُ، والقساوةُ).
- تعطيَ أمثلةً على بعضِ المعادنِ (الكوارتزُ، المايكا، الكالسيتُ، الماغنيتيتُ، والملاكيتُ).
- تستخدَمَ خصائصَ المعادنِ لتمييزِ بعضِها منْ بعضٍ.
- تتعرّفَ مفهومَ الماغما، ومكانَ تكوّنِها وتبلورِها.
- تصفَ نشأةَ الصخورِ الناريّةِ والرسوبيّةِ والمتحوّلةِ، وظروفَ تكوّنِها.
- تربطَ بينَ خصائصِ كلِّ نوعٍ منَ الصخورِ وظروفِ تكوّنِه.
- تستقصيَ المعالمَ المميّزةَ لكلِّ نوعٍ من أنواعِ الصخورِ (الناريّةِ والرسوبيّةِ والمتحوّلةِ).
- توضّحَ المقصودَ بكلٍّ منْ: التجويةِ، والحتِّ، والتعريةِ، والترسيبِ، والخامِ.
- تتعرّفَ بعضَ الخاماتِ المعدنيّةِ والصخورِ الصناعيّةِ في الأردنِّ، وتوزّعَها، وتبيّنَ أهمّيّتَها الصناعيّةَ والاقتصاديّةَ (خاماتُ الحديدِ، والنحاسِ، والفوسفاتِ، والصخرِ الجيريِّ).
- تصفَ دورةَ الصخورِ في الطبيعةِ.
- تَعِيَ أهمّيّةَ الصخورِ والمعادنِ في تنميةِ الاقتصادِ في الأردنِّ.
- تُفرّقَ بينَ أنواعِ التجويةِ المختلفةِ (الفيزيائيّةِ، والكيميائيّةِ، والحيويّةِ).
- تصفَ آليةَ حدوثِ كلِّ نوعٍ منْ أنواعِ التجويةِ.
- تميّزَ بعضَ المظاهرِ الناتجةِ منْ أنواعٍ مختلفةٍ منَ العمليّاتِ الخارجيّةِ.
- تصمّمَ تجاربَ تحاكي العواملَ والظروفَ الجيولوجيّةَ التي أسهمتْ في تشكيلِ المظاهرِ الجيولوجيّةِ المختلفةِ في الطبيعةِ.
- تستقصيَ العواملَ والظروفَ التي أسهمتْ في تشكيلِ المظاهرِ الجيولوجيّةِ المختلفةِ في الأردنِّ: وادي رمٍّ، ووادي الموجبِ، والتشكيلاتِ الصخريّةِ الأخرى.
- تَعِيَ الأهمّيّةَ السّياحيّةَ للمواقعِ الجيولوجيّةِ في الأردنِّ.
- تُحافظَ على التكشّفاتِ الجيولوجيّةِ كثروةٍ وطنيّةٍ ذاتِ قيمةٍ اقتصاديّةٍ وجماليّةٍ وعلميّةٍ.



قالَ اللهُ تعالى:

﴿ وَمِنَ ٱلْجِبَالِ جُدَدٌۢ بِيضٌ وَحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَٰنُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ ﴾

(سورةُ فاطرٍ، الآيةُ ٢٧)

تنتشرُ الصخورُ الملوَّنةُ الجميلةُ في أقصى جنوبِ الأردنِّ، وعلى طولِ شرق وادي عربةَ، والبحرِ الميّتِ، ويمكنُ مشاهدتُها منْ غربِ وادي عربةَ، ووادي الكركِ، ووادي الموجبِ، وماعينَ.

- ما نوعُ هذهِ الصخورِ؟ وممَّ تتكوَّنُ؟ وكيفَ تكوّنتْ؟ وما أهمّيّتُها في حياتِنا؟

الفصلُ الأوّلُ

المعادنُ والصخورُ الناريّةُ
Minerals and Igneous Rocks

ترتبطُ المعادنُ والصخورُ ارتباطًا وثيقًا بحياتِكَ اليوميّةِ؛ فأقلامُ الرصاصِ، والأواني الزجاجيةُ، وأطباقُ الخزفِ كلُّها منتجاتٌ مصنوعةٌ منَ المعادنِ. أمّا الصخورُ بأنواعِها المختلفةِ، فتُستخدمُ في أعمالِ البناءِ وتدخلُ في العديدِ منَ الصناعاتِ. فما المعادنُ؟ وما الصخورُ؟ وما خصائصُ كلٍّ منهما؟ هذا ما ستتعرّفُهُ خلالَ دراستِكَ هذا الفصلِ.

أوّلاً: المعادنُ (Minerals)

يُعدّ معدِنُ الهاليتِ منَ المعادنِ المهمّةِ في حياتِنا. ويتكوّنُ كيميائيًّا من أيوناتِ الصوديوم والكلور، التي تترتّبُ في بناءٍ بلوريٍّ منتظمٍ لتُعطِيَ شكلَ البلّورةِ المكعّبةِ التي يمتازُ بها معدِنُ الهاليت، انظرِ الشكلَ (١-١).

البناءُ البلّوريُّ المنتظمُ يعني أنْ تترتّبَ أيوناتُ العناصرِ المكوّنةِ للبلّوراتِ ترتيبًا داخليًّا منتظمًا لِتعطيَ أشكالًا هندسيّةً منتظمةً مختلفةً.

الشكلُ (١-١): الشكلُ البلوريُّ لمعدنِ الهاليتِ.

لعلّكَ تسألُ الآنَ، أيُّ الموادِّ التي تُحيطُ بنا تُعدُّ معادنَ؟ وأيُّها ليستْ معادنَ؟ للإجابةِ عنْ ذلكَ بشكلٍ صحيحٍ، نفّذِ النشاطَ (١-١).

نشاطٌ تجريبيٌّ (١-١): مفهومُ المعدنِ

المواد والأدوات اللّازمة

عيّناتٌ لموادَّ مختلفة (عملةٌ نقديّةٌ، وفحمٌ حجريٌّ، والكوارتزُ، والكالسيتُ، وحليبٌ سائلٌ)، وعدسةٌ مكبِّرةٌ.

خطواتُ تنفيذِ النشاطِ

١- تفحّصِ العيّناتِ جيّدًا، ثمَّ حدّدِ الحالةَ الفيزيائيّةَ للعيّناتِ الخمسِ، ودوّنْها في الجدولِ (١-١).

٢- أيُّ الموادِّ طبيعيّةٌ؟ وأيُّها غيرُ طبيعيّةٍ؟ سجِّلْ إجابتَكَ في الجدولِ (١-١).

٣- حدّدِ الموادَّ النقيّةَ (تتكوّنُ منْ عنصرٍ أوْ مركّبٍ، ويمكنُ التعبيرُ عنها بصيغةٍ كيميائيّةٍ محدّدةٍ) والموادَّ المخلوطةَ.

٤- أيُّ الموادِّ عضويّةٌ؟ وأيُّها غيرُ عضويّةٍ؟ دوّنْ ملاحظاتِكَ في الجدولِ (١-١).

٥- تفحّصِ العيّناتِ بالعدسةِ المكبّرةِ، وحدِّدْ، أيُّها مبلورةٌ؟ وأيُّها غيرُ مبلورةٍ؟

٦- نظِّمْ إجابتَكَ في الجدولِ (١-١)، ثمَّ حدِّدْ، أيُّ هذهِ الموادِّ معادنُ؟

الجدولُ (١-١): التعرّفُ على المعادنِ منْ خصائصِها الفيزيائيّةِ.

اسمُ العيّنةِ	العيّنةُ	الحالةُ الفيزيائيّةُ (صُلبٌ، سائلٌ، غازٌ)	نقيّةٌ/مخلوطةٌ	طبيعيّةٌ/غيرُ طبيعيّةٍ	مبلورةٌ/غيرُ مبلورةٍ	عضويّةٌ/ غيرُ عضويّةٍ	مَعْدِنٌ/ لامَعْدِنٍ
عملةٌ نقديّةٌ							
فحمٌ حجريٌّ							
الكوارتزُ (SiO_2)							
الكالسيتُ ($CaCO_3$)							
حليبٌ سائلٌ							

توصّلتَ منَ النشاطِ السابقِ إلى أنّ كلًّا منَ الكالسيتِ والكوارتزِ **معادنُ**؛ لأنّها موادُّ صُلبةٌ نقيّةٌ طبيعيّةٌ، لها تركيبٌ كيميائيٌّ محدّدٌ وتتميّزُ بشكلٍ هندسيٍّ منتظم (تنظيمٌ ذريٌّ داخليٌّ منتظمٌ)، ومنْ أصلٍ غيرِ عضويٍّ. وعلى الرُّغمِ مِنْ أنَّ الفحمَ الحجريَّ صُلبٌ، إلّا أنّهُ لا يُعدُّ مَعْدِنًا؛ لأنّهُ منْ أصلٍ عضويٍّ (تتكوّنُ المادّةُ العضويّةُ منْ عنصرِ الكربونِ بشكلٍ أساسيٍّ، ويعودُ أصلُها إلى بقايا نباتاتٍ وحيواناتٍ ماتتْ وتحلّلتْ)، ولا يُعدُّ الحليبُ السائلُ مَعْدِنًا أيضًا؛ لأنّهُ في الحالةِ السائلةِ، ولا تُعدُّ العملةُ المعدنيّةُ مَعْدِنًا؛ لأنّها منْ صنعِ البشرِ؛ أيْ أنّها غيرُ طبيعيّةٍ.

تُعرّفُ **المادّةُ النّقيّةُ** بأنّها المادّةُ التي لها تركيبٌ كيميائيٌّ ثابتٌ ويمكنُ التعبيرُ عنها بصيغةٍ كيميائيّةٍ محدّدةٍ وتكونُ إمّا عنصرًا أوْ مركّبًا. أمّا **المخلوطُ** فيتكوّنُ منْ خلطِ مادّتينِ نقيّتينِ أوْ أكثرَ بنسبٍ غيرِ ثابتةٍ معَ احتفاظِ كلٍّ منْ هذهِ الموادِّ بخواصِّها الأصليّةِ، أيْ لا يمكنُ التعبيرُ عنْها بصيغةٍ كيميائيّةٍ.

ولكنْ ما مكوّناتُ المعادنِ؟ للإجابةِ عنْ هذا السؤالِ، ادرسِ الجدولَ (١–٢) لتعرُّفِ بعضِ المعادنِ ومكوّناتِها المختلفةِ، واقرأْ تعريفَ الذرّةِ ثمَّ أَجبْ عنِ الأسئلةِ التي تلي تعريفَها:

الجدولُ (١–٢): مجموعةُ معادنَ مختلفةٍ.

المعدنُ	اسمُ المعدنِ (الصيغةُ الكيميائيّةُ)	المعدنُ	اسمُ المعدنِ (الصيغةُ الكيميائيّةُ)
	معدنُ الكوارتزِ (SiO_2)		معدنُ الجبسِ ($CaSO_4.2H_2O$)
	معدنُ الذهبِ (Au)		معدنُ الكبريتِ (S)

الذرّةُ هيَ وحدةُ البناءِ الأساسيّةُ في المادّةِ، وعندَما تجتمعُ مجموعةٌ منَ الذرّاتِ منَ النوعِ نفسِهِ ستكوّنُ **عنصرًا**، مثلَ الذهبِ. وتصنّفُ هذهِ العناصرُ إلى فلزّاتٍ إذا اشتركتْ في خصائصَ فيزيائيّةٍ، مثلِ اللّمعانِ، وقابليّتِها للتوصيلِ الكهربائيِّ والحراريِّ. أمّا العناصرُ التي ليسَ لها لمعانٌ، ولا توصلُ التيّارَ الكهربائيَّ أوِ الحرارةَ فتسمّى اللّافلزّاتِ، مثلُ اليودِ والبرومِ. هلْ تُصنّفُ المركّباتُ على أنّها فلزّاتٌ أمْ لا فلزاتٍ؟

- صنّفِ المعادنَ في الجدولِ السابقِ إلى عناصرَ ومركّباتٍ.
- صنّفِ المعادنَ إلى معادنَ فلزّيّةٍ ومعادنَ لا فلزّيّةٍ.

1 الخصائصُ الفيزيائيّةُ للمعادنِ (Physical Properties for Minerals)

كيفَ تستطيعُ أنْ تميّزَ زميلَكَ منْ بينِ جميعِ الأشخاصِ الذينَ يحيطونَ بهِ؟ منَ المؤكّدِ وجودُ صفاتٍ ظاهريّةٍ تميّزُهُ منْ غيرِهِ مثلِ لَونِ بشرتِهِ، وطولِهِ، وغيرِ ذلكَ منَ الصفاتِ الظاهرةِ، وكذلكَ الأمرُ بالنسبةِ إلى المعادنِ، فكلُّ معدنٍ لهُ خصائصُ فيزيائيّةٌ تميّزُهُ منْ غيرِهِ منَ المعادنِ، كاللّونِ، والحكاكةِ، والبريقِ، والقساوةِ، وغيرِها، إذْ تُستخدَمُ هذهِ الخصائصُ في تعرّفِ المعادنِ وتمييزِ بعضِها منْ بعضٍ. وفي ما يأتي وصفٌ لبعضِ هذهِ الخصائصِ:

أ – **اللّونُ** (Color): يُعدُّ **اللّونُ** منَ الخصائصِ الظاهرةِ للمعدنِ؛ إذْ إنّ لكلِّ معدنٍ لونًا خاصًّا بهِ، فمعدنُ الملاكيتِ (Malachite) يمتازُ بلونِهِ الأخضرِ، ومعدنُ الأزوريتِ (Azurite) يمتازُ بلونِهِ الأزرقِ، انظرِ الشكلَ (١–٢).

(أ): معدنُ الملاكيتِ.

(ب): معدنُ الأزوريتِ.

الشكلُ (١–٢): لونُ معدنِ الملاكيتِ (أخضرُ)، ومعدنُ الأزوريتِ (أزرقُ) كصفةٍ مميّزةٍ لكلٍّ منهُما.

ولكنْ لا يمكنُ اعتمادُ خصيصةِ اللّونِ كصفةٍ مميّزةٍ لمعظمِ المعادنِ، لماذا؟ لأنَّ لونَ المعدنِ

الأصليِّ يمكنُ أنْ يتغيّرَ بناءً على ما يحويهِ منَ الشوائبِ التي تُكسِبُهُ لونًا مغايرًا للونِهِ في الحالةِ النقيّةِ، ولتعرّفِ ذلكَ، انظرِ الشكلَ (١–٣) الذي يوضِّحُ ألوانًا مختلفةً للكوارتزِ بسببِ احتوائهِ على نسبةٍ منَ الشوائبِ. برأيِكَ، هلْ تستطيعُ تمييزَ معدنِ الكوارتزِ منْ لونِهِ فقْط؟

الشكلُ (١–٣): معدنُ الكوارتزِ يظهرُ بألوانٍ مختلفةٍ.

وبعضُ المعادنِ المختلفةِ تشتركُ في لونٍ واحدٍ، مثلِ مَعْدِنَي الكالسيتِ والكوارتزِ ذَوَي اللّونِ الزجاجيِّ، انظرِ الشكلَ (١–٤)، وفكّرْ، كيفَ يمكنُكَ التمييزُ بينَهما ؟

(أ): معدنُ الكوارتزِ.

(ب): معدنُ الكالسيتِ.

الشكلُ (١–٤): معدنا الكوارتزِ والكالسيتِ يظهرانِ بلونِهما الزجاجيِّ.

تَعَلّمْ

لتحصلَ على تعلّمٍ مفيدٍ وممتعٍ، استخدمِ الكلمةَ المفتاحيّةَ (minerals games)، وابحثْ عنْ مواقعَ إلكترونيّةٍ تتعلّمُ فيها ألوانَ المعادنِ وأمثلةً عليها، وشاركْ زملاءَكَ في ذلكَ.

ب– الحُكاكةُ (Streak): تُعرّفُ **الحُكاكةُ** بأنّها لونُ مسحوقِ المعدنِ، وتُحدّدُ بحكِّ المعدنِ بقطعةِ خزفٍ بيضاءَ غيرِ مصقولةٍ ذاتِ قساوةٍ عاليةٍ (لوحُ الحُكاكةِ). انظرِ الشكلَ (١–٥).

الشكلُ (١–٥): حُكاكةُ معدنِ الهيماتيتِ.

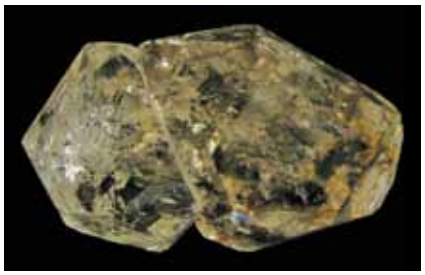
تُعدّ خصيصةُ الحُكاكةِ مهمّةً لتمييزِ بعضِ المعادنِ، خاصةً تلكَ التي لها بريقٌ فلزّيٌّ، وتظهرُ بألوانٍ متشابهةٍ، منْ مثلِ مَعْدِني: الذهبِ (Gold)، والبيريتِ (Pyrite) (الذهبُ الكاذبُ). انظرِ الشكلَ (١–٦).

(أ): حُكاكةُ معدنِ الذهبِ. (ب): حُكاكةُ معدنِ البيريتِ.

الشكلُ (١–٦): معدنانِ متشابهانِ في اللَّونِ مختلفانِ في الحُكاكةِ، وتظهرُ حُكاكةُ معدنِ الذهبِ باللّونِ البنيِّ الفاتحِ، بينمَا تظهرُ حُكاكةُ معدنِ البيريتِ باللّونِ الأسودِ.

جـ– القساوةُ (Hardness): في أثناءِ كتابةِ معلّمِكَ بالطباشيرِ على السبّورةِ، برأيكَ، أيُّهما يخدشُ الآخرَ؟ السبورةُ أمِ الطباشيرُ؟ تقومُ السبّورةُ بخدشِ الطباشيرِ لقساوتِها الشديدةِ، ويُعدُّ هذا المثالُ محاكاةً لقساوةِ المعادنِ، إذْ تُعرّفُ **القساوةُ** بأنّها مقاومةُ المعدنِ للخدشِ، وتُحدّدُ بخدشِ المعدنِ بمعدنٍ آخرَ معلومِ القساوةِ.

ويُسمّى مقياسُ القساوةِ **مقياسَ موس** (Mohs Scale) الذي يتكوّنُ منْ عشرةِ معادنَ مرتّبةٍ نسبيًّا حسبَ درجةِ قساوتِها، منَ الأقلِّ قساوةً (١) إلى الأكثرِ قساوةً (١٠)، كما في الشكلِ (١–٧).

درجةُ قساوةِ المعدنِ	المعدنُ	درجةُ قساوةِ المعدنِ	المعدنُ
١	تلك (Talc)	٦	أورثوكليز (Orthoclase)
٢	جبس (Gypsum)	٧	كوارتز (Quartz)
٣	كالسيت (Calcite)	٨	توباز (Topaz)
٤	فلوريت (Flourite)	٩	كورندوم (Corundum)
٥	أباتيت (Apatite)	١٠	 ماس (Diamond)

الشكلُ (١-٧): مقياسُ موس للقساوةِ.

في حالةِ عدمِ وجودِ مقياسِ موس، يمكنُكَ تحديدُ درجةِ قساوةِ المعدنِ باستخدامِ ظفرِ الأصبعِ ذي القساوةِ (٢,٥)، والعملةِ النحاسيّةِ (٣,٥)، واللّوحِ الزجاجيِّ (٥,٥)، ونَصْلِ السكّينِ الفولاذيِّ (٦,٥)، ولوحِ الحُكاكةِ (٦,٥– ٧).

أيُّها الباحثُ الجيولوجيُّ، استخدمْ مصادرَ التعلمِ المتوافرةِ لديكَ في تحديدِ الخصيصةِ التي تمتازُ بها كلٌّ منَ المعادنِ الآتيةِ: (الهاليتُ، التلكُ، والكبريتُ)، ثمَّ ناقشْ ما تتوصّلُ إليهِ معَ زملائِكَ.

نشاطٌ تجريبيٌّ (١-٢): التمييزُ بينَ المعادنِ المختلفةِ وَفْقَ خصائِصِها الفيزيائيّةِ

خطواتُ تنفيذِ النشاطِ

المواد والأدوات اللّازمة

عيّناتٌ معدنيّةٌ مجهولةُ الهويّةِ مُرقّمةٌ منْ (١–٦) على أنْ تكونَ مُدْرَجةً في الجدولِ (١–٤). والأدواتُ (سكّينٌ فولاذيٌّ، وعملةٌ نحاسيّةٌ، وقطعةٌ زجاجيّةٌ، ولوحُ حكاكةٍ)، ودليلُ تمييزِ بعضِ المعادنِ الشهيرةِ الوارد في الجدولَ (١–٤).

١–حدّدْ لونَ كلِّ عيّنةٍ من العيّناتِ، ثمَّ سجّلْ ملاحظاتِكَ في الجدولِ (١–٣).

٢–حُكَّ كلًّا منَ العيّناتِ بلوحِ الحكاكةِ، ثمَّ سجِّلْ ملاحظاتِكَ في الجدولِ (١–٣).

٣–اخدشِ العيّناتِ مبتدئًا بظفرِ الأصبعِ أوّلًا، ثمَّ العملةِ النحاسيّةِ، فاللّوحِ الزجاجيِّ، فنصلِ السكّينِ الفولاذيِّ، وقدّرْ قساوةَ كلٍّ منْها عدديًّا، مستخدمًا الشكلَ (١–٧). ومثالُ ذلكَ: إذا خدشَ المعدنُ ظفرَ الأصبعِ ولمْ يخدشِ العملةَ النحاسيّةَ، تكونُ صلابتُهُ أكثرَ منْ (٢,٥) وأقلَّ منْ (٣,٥).

٤–حدّدِ اسمَ المعدنِ مستخدمًا النتائجَ التي حصلتَ عليها، ودليلَ تمييزِ المعادنِ الواردَ في الجدولِ (١–٤)، ثم نظّمْ إجابتَكَ في الجدولِ (١–٣).

الجدولُ (١–٣): جدولُ الإجابةِ.

رقمُ العيّنةِ	اللّونُ	الحُكاكةُ	القساوةُ	اسمُ المعدنِ
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				

الجدولُ (١–٤): دليلُ تمييزِ بعضِ المعادنِ الشهيرةِ.

الرقمُ	اسمُ المعدنِ	اللّونُ	الحُكاكةُ	القساوةُ
١	بيوتيت (المايكا السوداء)	أسودُ	شفّافٌ	٢,٥–٣
٢	مسكوفيت (المايكا البيضاء)	شفّافٌ	شفّافٌ	٢–٢,٥
٣	كوارتز	شفّافٌ، ورديٌّ، دخانيٌّ، حليبيٌّ، أبيضُ	أبيضُ	٧
٤	فلسبار (أورثوكليز)	بنيٌّ فاتحٌ	أبيضُ	٦
٥	تلك	رماديٌّ ، أبيضُ	شفّافٌ	١
٦	بيريت	أصفرُ ذهبيٌّ	بنيٌّ مسودٌّ	٦–٦,٥
٧	هيماتيت	بنيٌّ محمرٌّ	بنيٌّ محمرٌّ	٥,٥ –٦,٥
٨	ماغنتيت	أسودُ	أسودُ	٦ –٦,٥
٩	ملاكيت	أخضرُ	أخضرُ فاتحٌ	٣,٥–٤
١٠	كالسيت	شفّافٌ، أبيضُ	أبيضُ	٣
١١	جبس	شفّافٌ، أبيضُ، رماديٌّ	أبيضُ	٢
١٢	هاليت	شفّافٌ، أبيضُ	أبيضُ	٢,٥
١٣	أوليفين	أخضرُ زيتونيٌّ	أبيضُ	٦,٥–٧
١٤	سيلفيت	أبيضُ، أبيضُ مصفرٌّ، أبيضُ محمرٌّ، أبيضُ مزرقٌّ	أبيضُ	٢–٢,٥
١٥	بيروكسين	أسودُ	أبيضُ، أخضرُ فاتحٌ، بنيٌّ فاتحٌ	٥–٦,٥

المعادنُ والحياةُ

ابحثْ في أهمّيّةِ المعادنِ واستخداماتِها في الحياةِ اليوميّةِ، وقدّمْ تقريرًا مختصرًا بها، واعرضْهُ أمامَ زملائِكَ.

٢ تمييزُ المعدنِ منَ الصّخرِ

تتشابَهُ الصخورُ والمعادنُ في عددٍ منَ الخصائصِ، فكلاهما مادّةٌ طبيعيّةٌ صلبةٌ تدخلُ في بناءِ القشرةِ الأرضيّةِ، إلّا أنّ هناكَ فروقًا بينَهما. ولتتعرّفَ تلكَ الفروقَ، نفّذِ النشاطَ (١–٣).

نشاطٌ تجريبيٌّ (١-٣): تمييزُ المَعْدِنِ منَ الصخرِ

المواد والأدوات اللّازمة

عيّنةٌ منْ صخرِ الغرانيتِ، وعيّنةٌ منَ الصخرِ الجيريِّ، وعدسةٌ مكبِّرةٌ.

خطواتُ تنفيذِ النشاطِ

١- تفحّصْ عيّنةَ صخرِ الغرانيتِ بالعدسةِ المكبّرةِ:

أ - ماذا تلاحظُ؟

ب- حدّدِ اللّونَ/ الألوانَ التي تراها في عيّنةِ صخرِ الغرانيتِ.

جـ- علامَ تستدلُّ منِ اختلافِ الألوانِ في عيّنةِ صخرِ الغرانيتِ؟ انظرِ الشكلَ (١-٨).

٢- تفحّصْ عيّنةَ الصخرِ الجيريِّ بالعدسةِ المكبّرةِ:

أ - ماذا تلاحظُ؟

ب- حدّد اللّونَ/ الألوانَ التي تراها في عيّنةِ الصخرِ الجيريِّ.

جـ- علامَ تستدلُّ منْ وجودِ لونٍ واحدٍ فقطْ لعيّنةِ الصخرِ الجيريِّ؟

معدنُ الفلسبارِ (أورثوكليز) | معدنُ البيوتيتِ | معدنُ الكوارتزِ | معدنُ الكالسيتِ

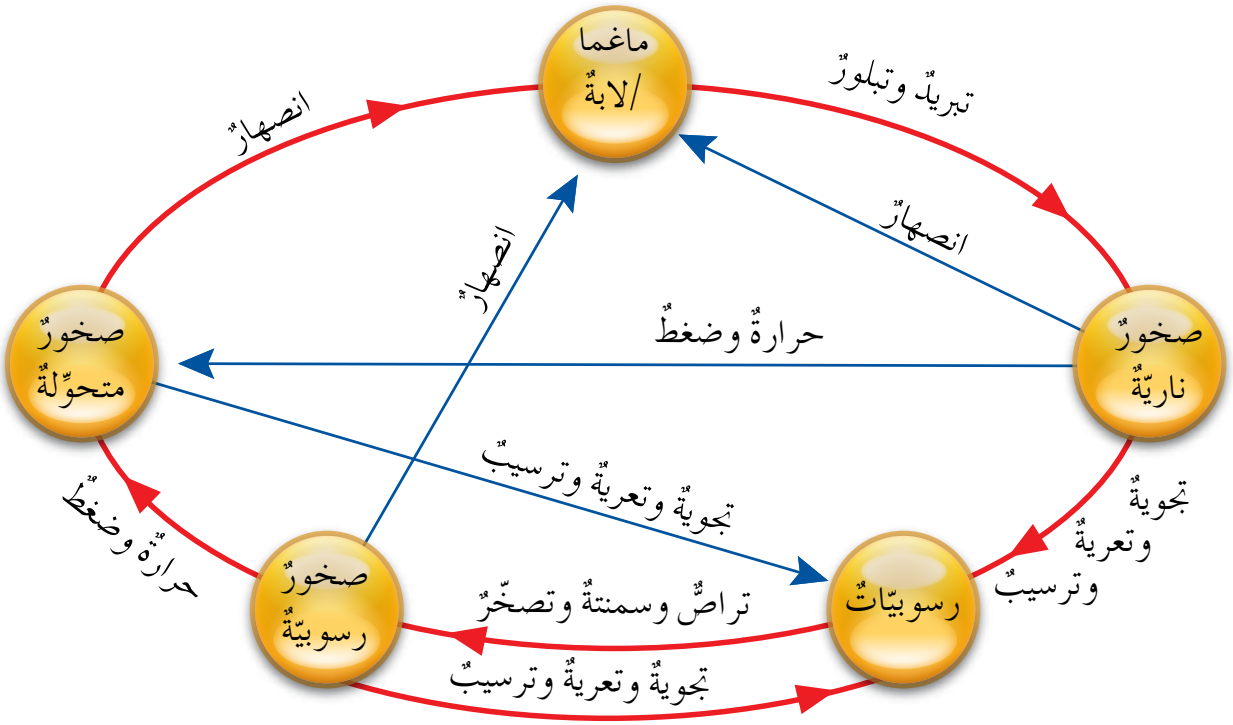
(أ): صخرُ الغرانيتِ. (ب): الصخرُ الجيريُّ.

الشكلُ (١-٨): مكوّناتُ الغرانيتِ (أكثرُ منْ معدنٍ) والصخرُ الجيريُّ (معدنٌ واحدٌ).

ممّا سَبَقَ، يمكنُ تعريفُ **الصخرِ** بأنّهُ مادّةٌ طبيعيّةٌ صُلبةٌ تتكوّنُ منْ معدنٍ واحدٍ أوْ منْ معدنينِ أوْ منْ مجموعةٍ منَ المعادنِ، وبعضُها قدْ يحتوي موادَّ عضويّةٍ، وتُكوّنُ الصخورُ الوحداتِ البنائيّةَ الأساسيّةَ للقشرةِ الأرضيّةِ.

٣ دورةُ الصخورِ في الطبيعةِ (The Rock Cycle in the Nature)

تعلَّمتَ سابقًا أنَّ القشرةَ الأرضيّةَ تتكوّنُ منْ ثلاثةِ أنواعٍ منَ الصخورِ (الناريّةِ، والرسوبيّةِ، والمتحوّلةِ)، هلْ ثمّةَ علاقةٌ بينَ الأنواعِ الثلاثةِ؟ وهلْ يمكنُ أنْ يتغيَّرَ صخرٌ إلى نوعٍ آخرَ؟ ما سببُ هذا التغيّرِ؟ لمعرفةِ ذلكَ، تأمّلِ الشكلَ (١-٩)، ثمّ أجبْ عنِ السؤالينِ بَعْدَهُ:



الشكلُ (١-٩): دورةُ الصخورِ في الطبيعةِ.

- ماذا تمثّلُ كلٌّ منَ الدوائرِ والأسهمِ؟
- ما العمليّةُ أوِ العمليّاتُ المسؤولةُ عنْ تكوّنِ كلِّ نوعٍ منْ أنواعِ الصخورِ الثلاثةِ؟

لا تبقى الصخورُ كما هيَ عبرَ ملايينِ السّنينَ، بلْ يمكنُ أنْ تتغيّرَ منْ نوعٍ إلى آخرَ، ويُعرَفُ هذا التغيّرُ **بدورةِ الصخورِ في الطبيعةِ** (Rock Cycle)، فمثلًا إذا تعرّضتِ الصخورُ المتحوّلةُ لعمليّاتِ رفعٍ بفعلِ حركةِ الصفائحِ الأرضيّةِ أدّى ذلكَ إلى انحسارِ البحرِ عنها وتكشّفِها على سطحِ الأرضِ، ثمَّ إذا تلتْها عمليّاتُ تجويةٍ وتعريةٍ وترسيبٍ فإنّها تُكوّنُ الرسوبيّاتِ. وإذا تعرّضتْ هذهِ الرسوبيّاتُ إلى عمليّاتِ تراصٍّ وسمنتةٍ وتصخّرٍ فإنّها تُكوّنُ صخورًا رسوبيّةً. وإذا تعرّضتْ هذهِ الصخورُ الرسوبيّةُ إلى ضغطٍ وحرارةٍ عاليينِ فإنّها تصبحُ صخورًا متحوّلةً.

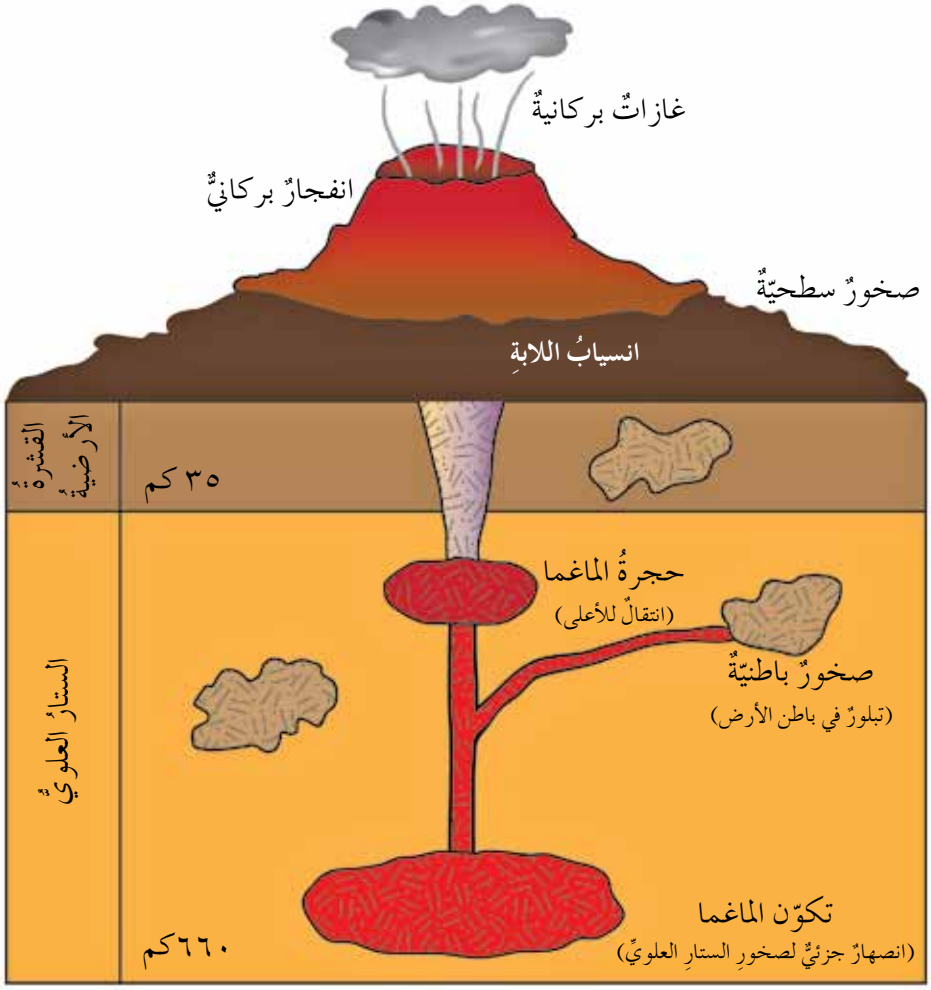
بناءً على ذلكَ، كيفَ يمكنُ أنْ تنشأَ الصخورُ المتحوّلةُ منَ الصخورِ الناريّةِ؟

ثانيًا: الصخورُ الناريّةُ (Igneous Rocks)

جاءتْ تسميةُ الصخورِ الناريّةِ منَ الكلمةِ اللّاتينيّةِ (Igneous) وتعني النارَ، وتنشأُ الصخورُ الناريّةُ منْ تبلورِ الصهيرِ المعدنيِّ المُسمّى (الماغما) الذي يحوي موادَّ منصهرةً وغازاتٍ أهمُّها بخارُ الماءِ.

1 الماغما (Magma)

تتكوّنُ (**الماغما**) أسفلَ القشرةِ الأرضيّةِ وأعلى الستارِ، وإذا ارتفعتِ (الماغما) إلى سطحِ الأَرضِ تُسمّى (**اللّابةَ**). وتكونُ درجاتُ الحرارةِ عندَ هذهِ الأعماقِ كافيةً لصهرِ الصخورِ وإنتاجِ (الماغما)، إذْ إنّ درجاتِ الحرارةِ تزدادُ بمتوسط (٣٠)°س لكل (١) كم عمقًا، وهذا ما يسمّى **الممالَ الحراريَّ الأرضيَّ** (Geothermal Gradient). ولمعرفةِ الأمكنةِ التي تتكوّنُ فيها (الماغما) تأمّلِ الشكلَ (١–١٠) وأجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١–١٠): أمكنةُ تكوّنِ (الماغما) وتبلورِها.

- هلْ يمكنُ أنْ تتكوّنَ (الماغما) بالقربِ منْ سطحِ الأرضِ؟ فسّرْ إجابتَكَ.

- إذا علمتَ أنّ متوسّطَ سُمكِ القشرةِ الأرضيّةِ (٣٥) كم، احسبْ درجةَ الحرارةِ عندَ هذا العمقِ. ثمَّ حدّدِ الحالةَ الفيزيائيّةَ للمادّةِ عِندَ ذلكَ العمقِ (صُلبةٌ أمْ منصهرةٌ).
- اعتمادًا على إجاباتِكَ عنِ الأسئلةِ السابقةِ، أينَ تتوقّعُ أنْ تتبلورَ (الماغما)؟ وأين يمكن أن تتكوّن الصخور الناريّة؟

الجيولوجيا والحياةُ

يُواجِهُ العاملونَ في حفرِ الآبارِ النفطيّةِ مشكلةَ انصهارِ أدواتِ الحفرِ بفعلِ المماسِ الحراريِّ، لذلكَ تُصنَعُ رأسُ أداةِ الحفرِ منَ الماسِ لصلابتِهِ الشديدةِ ودرجةِ انصهارِهِ العاليةِ، بالإضافةِ إلى قساوتِهِ الشديدةِ التي تساعدُ على الحفرِ.

نشاطٌ تحليليٌّ (١-٤): علاقةُ النسيجِ بمعدّلِ التبريدِ

ادرسِ الجدولَ (١-٥)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الجدولُ (١-٥): العلاقةُ بينَ مكانِ التبلورِ والنسيجِ.

مكانُ التبلورِ (العمقُ)	معدلُ التبريدِ	حجمُ البلّوراتِ (الحبيباتِ)	النسيجُ	نوعُ الصخرِ
سطحُ الأرضِ	سريعٌ	صغيرةٌ لا يمكنُ تمييزُها بالعينِ المجرّدةِ	ناعمٌ	ناريّةٌ سطحيّةٌ
باطنُ الأرضِ	بطيءٌ	كبيرةٌ تُرى بالعينِ المجرّدةِ	خشنٌ	ناريّةٌ باطنيّةٌ

١- صفِ العلاقةَ بينَ كلٍّ منْ:

أ - مكانِ التبلورِ ومعدّلِ التبريدِ.

ب- معدّلِ التبريدِ وحجمِ البلّوراتِ.

جـ- مكانِ التبلورِ وحجمِ البلّوراتِ.

٢- ما اسمُ نسيجِ الصخرِ الذي يتكوّنُ في باطنِ الأرضِ؟

توصّلتَ منَ النشاطِ السابقِ إلى أنَّ الصخورَ الناريّةَ تتنوّعُ في أنسجتِها، فإمّا أنْ يكونَ النسيجُ خشنًا أوْ ناعمًا، ويعتمدُ نوعُ نسيجِ الصخرِ الناريِّ على عواملَ عدّة؛ منْ مثلِ سرعةِ التبريدِ، ومكانِ التبلورِ؛ **فالنسيجُ الخشنُ** يتكوّنُ نتيجةَ التبريدِ البطيءِ، وأمّا **النسيجُ الناعمُ** فيتكوّنُ بسببِ التبريدِ السريعِ. ويُعدُّ النسيجُ أساسًا مهمًّا في تصنيفِ الصخورِ الناريّةِ.

٢ تصنيفُ الصخورِ الناريّةِ

يوجدُ معاييرُ عدّةٌ في تصنيفِ الصخورِ الناريّة، وسندرسُ في هذا الفصلِ تصنيفَ الصخورِ الناريّةِ اعتمادًا على أنسجتِها، وألوانِها.

أ – **تصنيفُ الصخورِ الناريّةِ وفقَ أنسجتِها**: ماذا نقصدُ بنسيجِ الصخرِ؟ تمعّنِ الشكلَ (١–١١).

(أ): صخرُ البازلتِ الذي يمتازُ بنسيجِهِ الناعمِ.

(ب): صخرُ الغابرو الذي يمتازُ بنسيجِهِ الخشنِ.

الشكلُ (١–١١): أمثلةٌ على أنسجةِ الصخورِ الناريّةِ السطحيّةِ والباطنيّةِ، (أ): صخرُ البازلت الذي يمتازُ بنسيجِهِ الناعمِ وهوَ صخرٌ ناريٌّ سطحيٌّ، و(ب): صخرُ الغابرو الذي يمتازُ بنسيجِهِ الخشنِ وهوَ صخرٌ ناريٌّ باطِنيٌّ.

يظهرُ منَ الشكلِ السابقِ أنّ بلوراتِ المعادنِ المكوّنةِ لصخرِ الغابرو كبيرةُ الحجمِ (خشنةٌ) إذْ يمكنُ مشاهدتُها بالعينِ المجرّدةِ، وأمّا البلّوراتُ المكوّنةُ لصخرِ البازلتِ فتمتازُ بأنّها صغيرةُ الحجمِ (ناعمةٌ) ولا يمكنُ رؤيتُها بالعينِ المجرّدةِ. ويُسمّى المظهرُ العامُّ المبنيُّ على حجمِ بِلّوراتِ المعادنِ المكوّنةِ للصخرِ وكيفيّةِ ترتيبِها **النسيجَ**. ويُوصفُ النسيجُ بأنّهُ **خشنٌ** إذا تكوّنَ الصخرُ منْ بلّوراتٍ كبيرةٍ، أمّا إذا كانتْ بلّوراتُ الصخرِ صغيرةً فيُوصفُ بأنّهُ **ناعمٌ**.

ولمعرفةِ تصنيفِ الصخورِ الناريّةِ وَفقَ نسيجِها، نفّذِ النشاطَ الآتيَ:

نشاطٌ تجريبيٌّ (١-٥): أنواعُ الصخورِ الناريةِ اعتمادًا على أنسجتِها

خطواتُ تنفيذِ النشاطِ

المواد والأدوات اللّازمة

عيّناتٌ منْ صخورِ الغرانيتِ، والريوليتِ، وعدسةٌ مكبِّرةٌ. انظرِ الشكلَ (١-١٢).

١- تفحّصِ عيّناتِ الغرانيتِ والريوليتِ بالعينِ المجرّدةِ وباستخدامِ العدسةِ المكبّرةِ. ماذا تلاحظ؟

٢- صنّفِ الصخورَ حسَبَ حجمِ البلّوراتِ (كبيرٌ أمْ صغيرٌ)، والنسيجِ (خشنٌ أم ناعمٌ).

٣- مستعينًا بما جاء في الجدولِ (١-٥)، والشكلينِ (١-١١) و(١-١٢) أكملِ المعلوماتِ في جدولِ الإجابةِ (١-٦).

(أ): صخرُ الغرانيتِ. (ب): صخرُ الريوليتِ.

الشكلُ (١-١٢): أنواعٌ منَ الصخورِ الناريّةِ مختلفةٌ في نسيجِها.

الجدولُ (١-٦): جدولُ الإجابةِ.

اسمُ الصخرِ	حجمُ البلّوراتِ (كبيرٌ، صغيرٌ)	النسيجُ (خشنٌ، ناعمٌ)	مكانُ التبلورِ	معدّلُ التبريدِ
غرانيت				
ريوليت				
بازلت				
غابرو				

توصّلتَ إلى أنَّ الصخورَ الناريّةَ لها نوعانِ منَ الأنسجةِ، هما: نسيجٌ خشنٌ، وآخرُ ناعمٌ.

ب- تصنيفُ الصخورِ الناريّةِ وَفقَ ألوانِها: يُمكنُ أنْ تظهرَ الصخورُ الناريّةُ بألوانٍ فاتحةٍ (تتدرّجُ منَ اللّونِ الأبيضِ إلى اللّونِ الأحمرِ)، أوْ قدْ تظهرُ بألوانٍ غامقةٍ (تتدرّجُ منَ اللّونِ الأخضرِ حتى اللّونِ الأسودِ). ويعودُ السببُ في اختلافِ ألوانِ الصخورِ الناريّةِ إلى اختلافِ مكوّناتِها المعدنيّةِ. والآنَ ادرس الجدولَ (١-٧)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الجدولُ (١-٧): ألوانُ المعادنِ المكوّنةِ للصخورِ.

معادنُ فاتحةٌ	معادنُ غامقةٌ
كوارتز	أوليفين
فلسبار	بيروكسين
مسكوفيت	بيوتيت

- ما اللّونُ الناتجُ منْ خلطِ مجموعةِ المعادنِ الفاتحةِ؟
- ما المعادنُ المكوِّنةُ لصخرِ الغرانيتِ؟
- لماذا يكونُ لونُ الغرانيتِ فاتحًا؟
- لماذا يتشابهُ صخرُ البازلتِ والغابرو في لونِهما الغامقِ؟

توصّلتَ إلى أنّ المحتوى المعدنيَّ للصخرِ الناريِّ يحدّدُ لونَهُ، فإذا كانَ الصخرُ الناريُّ غنيًّا بمعادنِ الكوارتزِ والفلسبارِ يكونُ لونُهُ **فاتحًا**، وإذا كانَ الصخرُ الناريُّ غنيًّا بمعادنِ الأوليفينِ والبيروكسينِ، يكونُ لونهُ **غامقًا**. انظرِ الشكلَ (١-١٣).

(أ): صخرٌ ناريٌّ فاتحُ اللّونِ غنيٌّ بمعادنِ الكوارتز والفلسبار. (ب): صخرٌ ناريٌّ غامقُ اللّونِ غنيٌّ بمعادنِ الأوليفين والبيروكسين.

الشكلُ (١-١٣): اختلافُ ألوانِ الصخورِ الناريّةِ باختلافِ مكوّناتِها المعدنيّةِ.

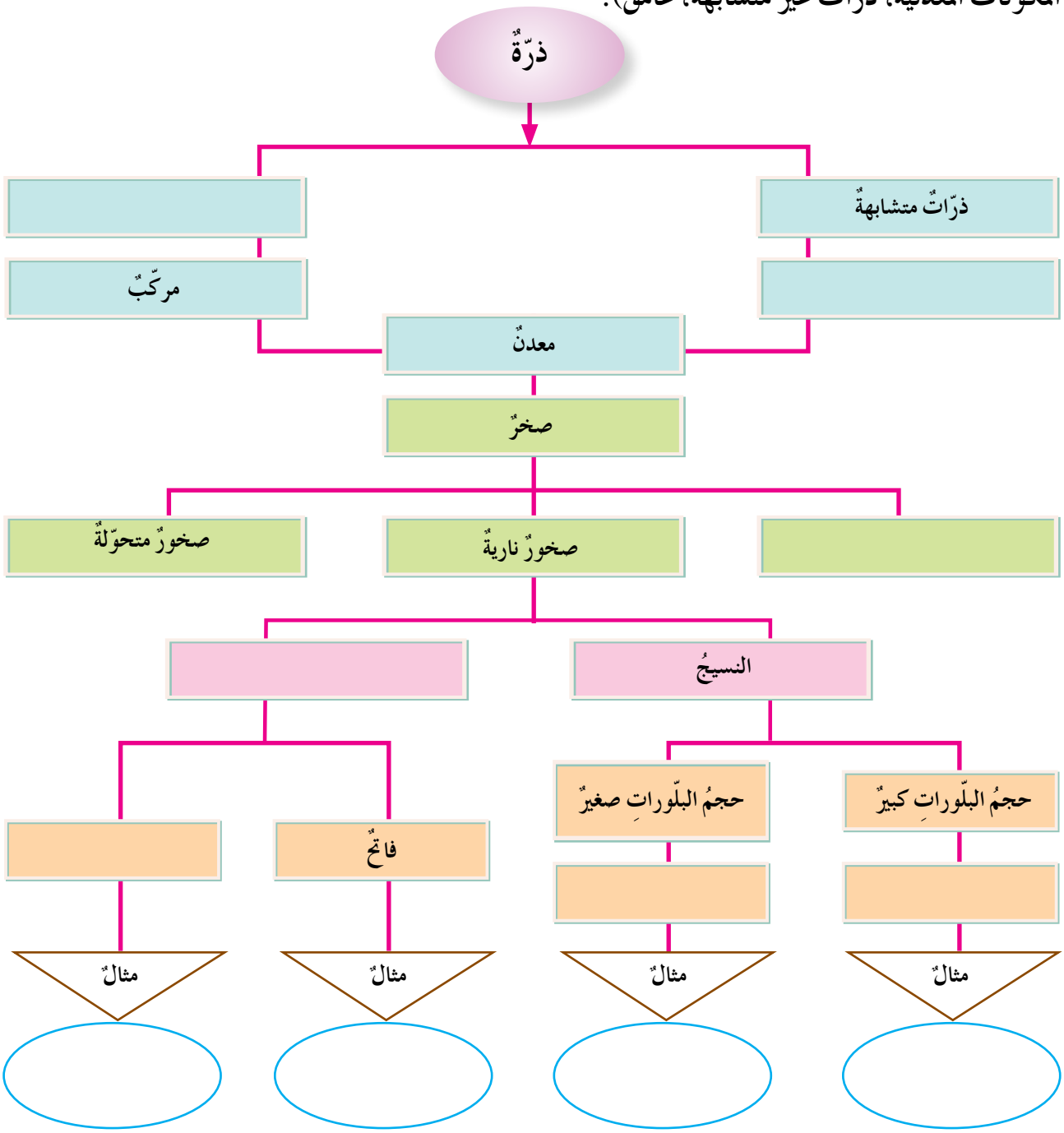
ويوجدُ تصنيفٌ آخرُ للصخورِ وَفقَ تركيبِها الكيميائيِّ، وهذا ما سوفَ تدرسُهُ في صفوفٍ لاحقةٍ.

رحلةٌ جيولوجيّةٌ

قمْ بجمعِ عيّناتٍ معدنيّةٍ وصخورٍ ناريّةٍ منْ بيئتِكَ المحيطةِ بكَ، ثمَّ رتّبْها، واكتبْ بجانبِ كلِّ عيّنةٍ اسمَها وخصائصَها، واعرضْها في مختبرِ المدرسةِ.

أقوّمُ ذاتي

بعدَ دراستِكَ لفصلِ المعادنِ والصخورِ الناريّةِ، لخِّصْ ما تعلّمتَهُ خلالَ دراسةِ المخطَّطِ المفاهيميِّ الآتي الذي يوضّحُ العَلاقاتِ بينَ الذرّةِ والصخرِ والمعدِن، وحاولْ أنْ تملأَ الصناديقَ الفارغةَ بما يناسبُها، مستخدمًا الكلماتِ المفتاحيّةَ الآتيةَ: (**عنصرٌ، صخورٌ رسوبيّةٌ، ناعمٌ، خشنٌ، غابرو، ريوليت، المكوّناتُ المعدنيّةُ، ذرات غير متشابهة، غامق**).



الزيولايتُ في الأردنِّ

تتكوّنُ معادنُ الزيولايتِ في بيئاتٍ جيولوجيّةٍ مختلفةٍ، وعادةً ما تتكوّنُ نتيجةَ تجويةِ الصخورِ البازلتيّةِ الفتاتيّةِ (التفُّ البركانيُّ)، ويمتازُ الزيولايتُ بخصائصَ مثلِ الكثافةِ المنخفضةِ، ونسبةِ الفراغاتِ المرتفعةِ، وقدرتِهِ على امتصاصِ الماءِ والغازاتِ، بالإضافةِ إلى استقرارِ بنائِهِ البلّوريِّ عندَ التسخينِ؛ ممّا جعلَهُ مهمًّا في الصناعاتِ المختلفةِ كصناعتَي البناءِ والزراعةِ، إذْ تستهلكُ (٨٠–٩٠)٪ منَ الإنتاجِ العالميِّ للزيولايتِ. ويُستخدمُ في معالجةِ المياهِ العادمةِ المنزليّةِ والصناعيّةِ لقدرتِهِ على امتصاصِ العناصرِ الثقيلةِ والإشعاعيّةِ والسيطرةِ على التلوّثِ. ويوجدُ الزيولايتُ في عدّةِ مواقعَ في الأردنِّ مثلِ: جبلِ الأرتينِ، وتَلِّ الرماحِ.

الشكلُ (١–١٤): معدنُ الزيولايتِ المتكوّنُ نتيجةَ التجويةِ للتفِّ البركانيِّ.

أسئلةُ الفصلِ

١– اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ ممّا يأتي:

(١) تُعادِلُ قساوةُ الكوارتزِ:

أ) ٥. ب) ٧. جـ) ٤. د) ٦.

(٢) الصفةُ المميّزةُ لمعدنِ الملاكيتِ، هيَ:

أ) القساوةُ. ب) اللّونُ الطبيعيُّ. جـ) البريقُ الفلزّيُّ. د) الـحُكاكةُ.

(٣) إذا علمتَ أنَّ متوسّطَ سمكِ القشرةِ الأرضيّةِ في منطقةٍ ما (٧) كم، فإنَّ درجةَ الحرارةِ عندَ هذا العمقِ تكونُ:

أ) ٢١٠ سْ. ب) ١٠٠ سْ. جـ) ٥٠ سْ. د) ٣٠٣ سْ.

(٤) تُعدُّ المعادنُ – وَفْقَ تعريفِها – موادَّ:

أ) سائلةً. ب) عضويّةً. جـ) توجدُ بصورةٍ طبيعيّةٍ. د) منْ صنعِ الإنسانِ.

٢– هلْ يُعدُّ الثلجُ منَ المعادنِ؟ ولماذا؟

٣– كيفَ تميّزُ بينَ كلِّ زوجٍ منَ المعادنِ الآتيةِ: (الكالسيتُ والكوارتزُ)، و(الذهبُ والبيريتُ)، و(الملاكيتُ والكوارتزُ)؟

٤– إذا أعطيتَ المعادنَ الثلاثةَ الآتيةَ: كوارتز، وكالسيت، وجبس، فكيفَ يمكنُ تعرّفُ كلٍّ منها دونَ استخدامِ مقياسِ موس؟

٥– ارجعْ إلى الشكلِ (١–٩)، ثمَّ أجبْ عمّا يأتي:

ما نوعُ الصخرِ أوِ المادّةِ التي تتكوّنُ بفعلِ العمليّاتِ الآتيةِ:

أ – تبريدِ الماغما وتبلورِها؟

ب– انصهارِ الصخورِ في باطنِ الأرضِ؟

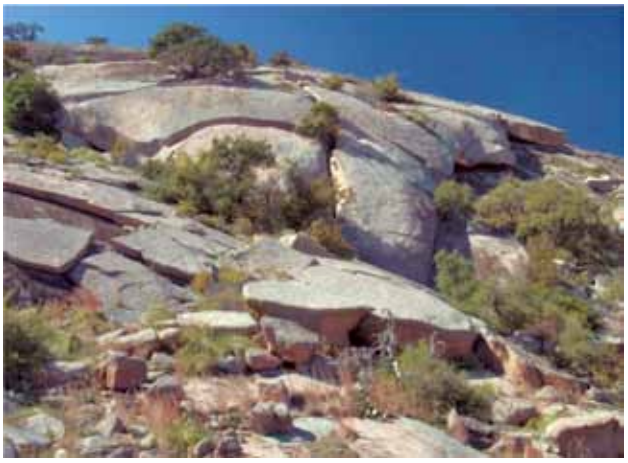
جـ– تعرّضِ الصخورِ إلى ضغطٍ وحرارةٍ عاليينِ؟

الفصلُ الثاني

العمليّاتُ الجيولوجيّةُ الخارجيّةُ
External Geological Processes

أوّلًا: مفهومُ العمليّاتِ الخارجيّةِ (Concept of External Processes)

تتغيّرُ معالمُ سطحِ الأرضِ معَ مرورِ الزمنِ بفعلِ نوعينِ منَ العمليّاتِ، أوّلُهما عمليّاتٌ داخليّةٌ تحدثُ بفعلِ عمليّاتٍ مثلِ الزلازلِ والبراكينِ، والأخرى عمليّاتٌ خارجيّةٌ سندرسُها في هذا الفصلِ. وما الجبالُ والأوديةُ والسهولُ إلّا مظاهرُ تنشأُ معَ مرورِ الزمنِ بفعلِ عمليّاتٍ خارجيّةٍ. فما العواملُ التي تؤدّي إلى تغييرِ مظاهرِ سطحِ الأرضِ؟ تأمّلِ الشكلَ (١–١٥)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١–١٥): بعضُ المظاهرِ الجيولوجيّةِ.

- ما المظاهرُ الجيولوجيّةُ التي تراها في الشكلِ؟
- هلْ تشكّلتْ هذهِ المظاهرُ بالطريقةِ نفسِها؟
- هل تتوقّعُ أنْ يبقى شكلُها كما هوَ معَ مرورِ الزمنِ؟

تنتجُ **العمليّاتُ الخارجيّةُ** بسببِ تأثيرِ غُلُفِ الأرضِ الثلاثةِ: الجويّةِ والمائيّةِ والحيويّةِ في صخورِ القشرةِ الأرضيّةِ. وتستمدُّ هذهِ العمليّاتُ الطاقةَ منْ مصدرينِ رئيسينِ، هما: الطاقةُ الشمسيّةُ، وقوّةُ الجاذبيّةِ الأرضيّةِ، فالطاقةُ الشمسيّةُ هيَ التي تسبّبُ الدورةَ المائيّةَ، ونشأةَ الرياحِ والأمواجِ البحريّةِ وغيرِهما منَ العواملِ التي تُسهمُ في تغييرِ معالمِ سطحِ الأرضِ. وتعملُ الجاذبيّةُ الأرضيّةُ على ترسيبِ الفتاتِ الصخريِّ في المناطقِ المنخفضةِ على سطحِ الأرضِ. والآنَ، صِفِ العلاقةَ بينَ الطاقةِ الشمسيّةِ ونشأةِ الرياحِ.

وادي رمٍّ

يُعدُّ وادي رمٍّ منْ أكثرِ المناطقِ السياحيّةِ في الأردنِّ التي يأتي إليها السيّاحُ نظرًا لطبيعتِها الجيولوجيّة التي لمْ يَصنعْها الإنسانُ، وإنّما تكوّنتْ بفعلِ العمليّاتِ الجيولوجيّةِ الآنفةِ الذكرِ. تمتازُ هذهِ المنطقةُ بوجودِ جبالٍ صخريّةٍ عاليةٍ متناثرةٍ في سهلٍ رمليٍّ واسعٍ. إنّ وادي رمٍّ هوَ نتاجُ العمليّاتِ الجيولوجيّةِ لملايينِ السّنينَ، إذْ إنّ مياهَ الأمطارِ والرِّياحَ التي تمرُّ بطبقاتِ الصخرِ الرمليِّ قامتْ بتفتيتِ أجزاءٍ منها، وقامتِ العواملُ نفسُها بنقلِ ما فُتِّتَ إلى أماكنَ أخرى وترسيبِها بعيدًا.

الشكلُ (١-١٦): وادي رمٍّ.

تشملُ العمليّاتُ الخارجيّةُ ثلاثَ عمليّاتٍ رئيسةٍ، هي: التجويةُ، والحتُّ والتعريةُ، والترسيبُ.

هيَ مجموعةُ العمليّاتِ التي تؤثّرُ بها غُلُف الأرضِ في صخورِ القشرةِ الأرضيّةِ وتفتّتُها إلى أجزاءٍ أصغرَ تظلُّ مكانَها ولا تنتقلُ، وتُشكِّلُ الفتاتَ الصخريَّ.

أنواعُ التجويةِ (Types of Weathering)

لعلّكَ لاحظتَ في أثناءِ تجوالِكَ في مناطقَ مختلفةٍ منَ الأردنِّ وجودَ مظاهرَ جيولوجيّةٍ مختلفةٍ مثلِ الكهوفِ، وتكسّرِ الصخورِ وغيرِهما، كما في الشكلِ (١-١٧).

(أ): تقشّرُ الصخورِ بفعلِ التجويةِ الفيزيائيّةِ.

(ب): كهفٌ تشكّلَ بفعلِ التجويةِ الكيميائيّةِ.

(جـ): تكسّرُ الصخورِ بفعلِ التجويةِ الحيويّةِ.

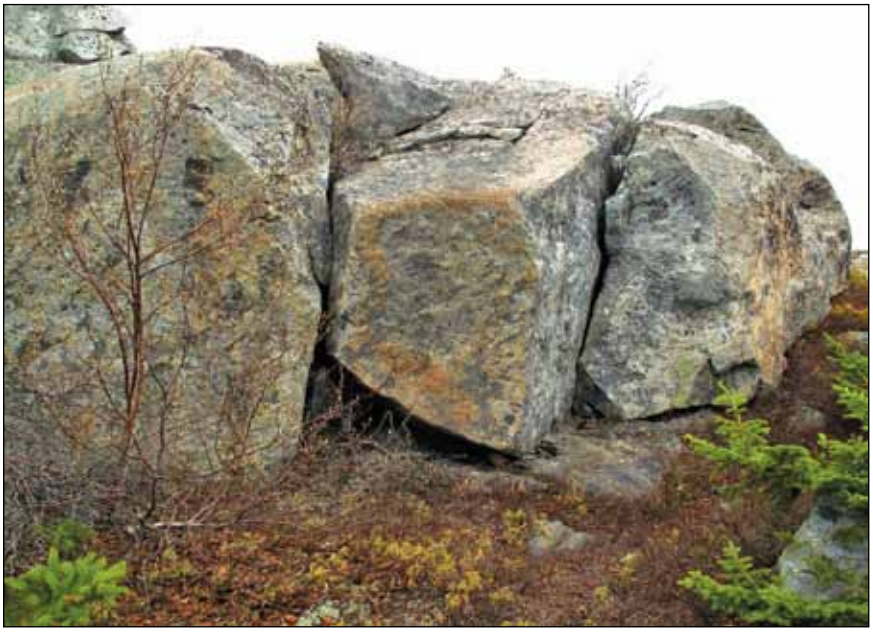
الشكلُ (١-١٧): بعضُ المظاهرِ الجيولوجيّةِ الناتجةِ منْ التجويةِ الفيزيائيّةِ والكيميائيّةِ والحيويّةِ.

وتنشأُ هذهِ المظاهرُ بتأثيرِ عواملِ التجويةِ المختلفةِ الفيزيائيّةِ والكيميائيّةِ والحيويّةِ. ولكنْ، كيفَ تسهمُ التجويةُ في تكوينِ المظاهرِ الجيولوجيّةِ المختلفةِ؟

١ التجويةُ الفيزيائيّةُ (Physical Weathering)

هيَ عمليّةُ تفتّتِ الصخورِ إلى أجزاءٍ أصغرَ دونَ حدوثِ تغييرٍ في تركيبِها الكيميائيِّ، وتتضمّنُ العمليّاتِ الآتيةَ:

أ – **تجمّدُ المياهِ في الشقوقِ (وتدُ الصقيعِ)** (Frost Wedging): تأمّلِ الشكلَ (١–١٨) جيّدًا، ثمَّ أجبْ عمّا يليهِ منْ أسئلةٍ:



يتخلّلُ الماءُ الكسورَ والتشقّقاتِ في بنيةِ الصخورِ.

عندَما يتجمّدُ الماءُ في الشقوقِ يزيدُ حجمُهُ بمقدارِ (٩٪)، ممّا يولّدُ ضغطًا.

تكرار حدوث عمليّاتِ التجمّدِ والانصهارِ في الشقوقِ يُسبّبُ تكسّرَ الصخورِ.

الشكلُ (١–١٨): وتَدُ الصقيعِ.

- ماذا يحدثُ عندَما تتخلّلُ المياهُ شقوقَ الصخورِ وتتجمّدُ فيها؟
- إلى ماذا يؤدّي تكرارُ عمليّةِ التجمّدِ في الصخورِ؟

إنَّ تجمُّدَ المياهِ في شقوقِ الصخورِ يُولِّدُ ضغطًا على جوانبِ الشقوقِ ممّا يؤدّي في النهايةِ إلى تكسّرِها إلى قِطَعٍ أصغرَ، وتُسمَّى هذهِ الظاهرةُ **وَتَدَ الصقيعِ**.

تبدأُ كثافةُ الماءِ بالتناقصِ عندَما تَقلُّ درجةُ حرارتِهِ عنْ (٤ س)، حيثُ يتجمّدُ الماءُ وتتجمّعُ جزيئاتُهُ بواسطةِ الروابطِ الهيدروجينيّةِ مُكوّنةً بلوراتٍ سداسيّةَ الشكلِ كبيرةَ الحجمِ بينَها الكثيرُ منَ الفراغاتِ، وهذا ما يُسمّى **ظاهرةَ شذوذِ الماءِ**؛ لذلكَ لا تموتُ الكائناتُ الحيّةُ التي تعيشُ في البحارِ عندَما يتجمّدُ سطحُ البحرِ في الشتاءِ.

ب – **تغيّرُ درجاتِ الحرارةِ** (Variation in Temperatures): ماذا تتوقّعُ أنْ يحدثَ للصخورِ عندَ تعرّضِها لارتفاعِ درجاتِ الحرارةِ نهارًا وانخفاضِها ليلًا؟ للإجابةِ عنْ هذا السؤالِ، تأمّلِ الشكلَ (١–١٩) وأجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الشكلُ (١–١٩): أثرُ تغيّرِ درجاتِ الحرارةِ اليوميِّ في بِنْيَةِ الصخرِ.

- ما التغيّرُ الذي يحدثُ للصخورِ نتيجةً لتعاقبِ الليلِ والنهارِ؟
- ماذا يحصلُ للصخورِ بتكرارِ هذهِ العمليّةِ على مدى سنواتٍ طويلةٍ؟

إنَّ التباينَ الكبيرَ في درجاتِ الحرارةِ ما بينَ الليلِ والنهارِ يؤدّي إلى تمدّدِ الصخورِ وتقلّصِها، وبتكرارِ عمليّاتِ التمدّدِ والتقلّصِ على مدى مئاتٍ بلْ آلافِ السنينَ تتكسّرُ الصخورُ وتتفتّتُ، هذهِ الظاهرةُ شائعةٌ في المناطقِ الصحراويّةِ أكثرَ منَ المناطقِ الساحليّةِ، لماذا؟

٢ التجويةُ الكيميائيّةُ (Chemical Weathering)

يحدثُ هذا النوعُ منَ التجويةِ حينَما يتفاعلُ الماءُ أوِ الهواءُ معَ المعادنِ المكوّنةِ للصخورِ، فيؤدّي إلى تكوينِ معادنَ جديدةٍ. وتشملُ عمليّاتُ التجويةِ الكيميائيّةِ ما يأتي:

أ - **عمليّاتُ الأكسدةِ** (Oxidation): تفحّصْ عيّنةً منْ صخرِ البازلتِ، كتلكَ الموضّحةِ في الشكلِ (١-٢٠). ما لونُ هذهِ العيّنةِ منَ الخارجِ؟ اكسرِ العيّنةَ، ما لونُها منَ الداخلِ؟ منَ المعروفِ أنّ صخرَ البازلتِ يظهرُ غالبًا باللّونِ الأسودِ، فما سببُ ظهورِهِ بلونٍ آخرَ؟

الشكلُ (١-٢٠): صخورٌ بازلتيّةٌ تعرّضتْ لعمليّاتِ الأكسدةِ.

تحدثُ عمليّاتُ الأكسدةِ نتيجةَ تفاعلِ الأكسجينِ معَ بعضِ المعادنِ المكوّنةِ للصخورِ التي تحوي عناصرَ يمكنُها أنْ تتأكسدَ. وكمثالٍ على عمليّاتِ الأكسدةِ أكاسيدُ الحديدِ التي تُعطي بعضَ الحُمرةِ أوِ الصُّفرةِ لمعادنِ البازلتِ.

قال الله تعالى: ﴿وَأَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ﴾ (سورةُ الحديد، الآيةُ ٢٥)

ابحثْ في أحدِ مصادرِ التعلّمِ المتوافرةِ لديكَ في أهمّيّةِ الحديدِ في الحياةِ، وقدّمْ بها تقريرًا واعرضْهُ أمامَ زملائِكَ.

ب- **عمليّاتُ الإذابةِ** (Solution): لوْ أضفتَ قطراتٍ منْ عصيرِ اللّيمونِ إلى الصخرِ الجيريِّ (حجرُ البناءِ) المكوّنِ منْ معدنِ الكالسيتِ، ماذا تلاحظُ؟ ستشاهدُ تفاعلًا كيميائيًّا يُنتجُ فقاعاتٍ تتكوّنُ منْ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ، ويتركُ حفرةً صغيرةً داخلَ الصخرِ.

يُعدُّ هذا المثالُ محاكاةً لعمليّاتِ الإذابةِ التي قدْ تحدثُ في بنيةِ الصخورِ الجيريّةِ، إذْ يذوبُ

غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ في ماءِ المطرِ مكوّنًا حمضَ الكربونيكِ الذي يعملُ على إذابةِ الصخورِ الجيريّةِ، الأمرُ الذي يؤدّي إلى تكوينِ العديدِ منَ المظاهرِ، منْ مثلِ: الحفرِ، والكهوفِ. انظرِ الشكلَ (١-٢١).

الشكلُ (١-٢١): تشكيلُ الكهوفِ بفعلِ عمليّاتِ الإذابةِ.

إثراءٌ

الكهوفُ

تُعرفُ الأنماطُ الأرضيّةُ الناتجةُ عنْ تأثّرِ الصخورِ بالمياهِ الجوفيّةِ ومياهِ الأمطارِ **بطبوغرافيّةِ الكارست** (karsts)، وتظهرُ عادةً في المناطقِ ذاتِ الأمطارِ الوفيرةِ التي تنتشرُ فيها الصخورُ الجيريّةُ، حيثُ تساعدُ عمليّاتُ الإذابةِ للشقوقِ والكسورِ بفعلِ المياهِ الجوفيّةِ والأمطارِ على تكوّنِ مظاهرَ مختلفةٍ مثلِ الكهوفِ والحفرِ الغائرةِ.

وتُعدُّ منطقةُ شمالِ الأردنِّ وخاصّةً عجلونُ منْ أكثرِ المناطقِ الأردنيّةِ التي تظهرُ فيها تلكَ الأنماطُ، وذلكَ لوفرةِ أمطارِها وانتشارِ الصخورِ الجيريّةِ فيها. ومنْ أشهرِها مغارةُ برقشَ التي تبعدُ عنْ عمّانَ مسافةَ (٨٠) كم شمالَ عمّانَ.

جـ- التجويةُ الحيويّةُ (Biological Weathering): هيَ عمليّةُ تفتُّتِ الصخورِ وتكسّرِها بفعلِ الكائناتِ الحيّةِ، إذْ تعملُ جذورُ النباتاتِ أحيانًا على تفتيتِ الصخورِ بفعلِ الحموضِ التي تفرزُها في أثناءِ نموِّها وتمدّدِها داخلَ التربةِ. ابحثْ في أنماطٍ أخرى منَ التجويةِ الحيويّةِ بفعلِ الكائناتِ الحيّةِ موضِّحًا دورَ الإنسانِ فيها.

أعطِ وصفًا....وفسّرْ.....و تنبّأْ

صفْ ما تشاهدُهُ في الشكلِ (١-٢٢)، وقدّمْ تفسيرًا علميًّا لهذهِ الظاهرةِ، ثمَّ تنبّأْ بمضارِّ زراعةِ بعضِ أنواعِ الأشجارِ مثلِ التينِ داخلَ المناطقِ السكنيّةِ.

الشكلُ (١-٢٢): تفتّتُ الصخورِ بفعلِ جذورِ النباتِ.

ثالثًا: الحتُّ والتعريةُ (Denudation and Erosion Processes)

هيَ مجموعةُ العمليّاتِ التي تعملُ على نقلِ نواتجِ التجويةِ إلى أماكنَ أخرى عنْ طريقِ عواملِ النقلِ كالرياحِ والمياهِ الجاريةِ.

تعلمتَ سابقًا أنَّ عمليّاتِ التجويةِ تؤدّي، بمجملِها، إلى تفتيتِ الصخورِ إلى أجزاءٍ أصغرَ تُسمَّى **الفُتاتَ الصخريَّ**، ولكنْ، ما الذي يحدثُ لهذا الفتاتِ عندَ تعرّضِهِ للمياهِ الجاريةِ أوِ الرياحِ؟ وكيفَ يؤثّرُ في الصخورِ الأخرى؟ للإجابةِ عنْ هذهِ الأسئلةِ، ادرسِ الشكلَ (١-٢٣).

(أ): فتاتٌ صخريٌّ تكوّنَ بفعلِ الرياحِ.

(ب): فتاتٌ صخريٌّ تكوّنَ بفعلِ المياهِ.

الشكلُ (١-٢٣): فتاتٌ صخريٌّ تكوّنَ بفعلِ الحتِّ والتعريةِ.

لعلّكَ استنتجتَ أنَّ المياهَ الجاريةَ، ومثلُها الرياحُ، تنقلُ الفتاتَ الصخريَّ إلى أماكنَ أخرى، وفي أثناءِ ذلكَ يصطدمُ الفتاتُ المنقولُ بالصخورِ، وهذا يؤدّي إلى حتِّها وتكوينِ فتاتٍ صخريٍّ جديدٍ. وتُسمّى هذهِ العمليّةُ **الحتَّ**، في حينِ تُسمّى المياهُ والرياحُ **عواملَ الحتِّ والتعريةِ**، وفي ما يأتي دورُ كلِّ عاملٍ منها في تشكيلِ سطحِ الأرضِ:

١ الأمطارُ والمياهُ الجارية

للمياهِ الجاريةِ قدرةٌ كبيرةٌ على حتِّ الصخورِ التي تمرُّ فوقَها، بالإضافةِ إلى قدرتِها على نقلِ الفتاتِ الصخريِّ. وتتكوّنُ الأوديةُ بفعلِ هذهِ العمليّةِ، كما هوَ الحالُ في الأردنِّ في وادي الموجبِ، لاحظِ الشكلَ (١-٢٤).

الشكلُ (١-٢٤): تكوّنُ الأوديةِ بفعلِ عمليّاتِ الحتِّ بفعلِ المياهِ الجاريةِ.

الجيولوجيا والحياةُ

وادي الموجبِ هوَ وادٍ سحيقٌ يمرُّ فيه نهرُ الموجبِ، تكوّنَ بالحتِّ والتعريةِ بفعل المياهِ الجاريةِ، يوجدُ فيهِ محميّةُ وادي الموجبِ التي تقعُ على عمقِ (٤٢٠) م تحتَ مستوى سطحِ البحرِ. تتكوّنُ المحميّةُ منْ سلاسلَ جبليّةٍ صخريّةٍ وعرةٍ وأوديةٍ ذاتِ مياهٍ دائمةِ الجريانِ حيثُ يمرُّ خلالَها أوديةٌ منْ مثلِ وادي الموجبِ، ووادي الهيدانِ، اللّذينِ يتقاطعانِ داخلَ المحميّةِ ليكملا طريقَهما إلى البحرِ الميّتِ.

٢ الرياحُ

للرياحِ أيضًا قدرةٌ كبيرةٌ على حتِّ الصخورِ، إذْ تنقلُ الفتاتَ الصخريَّ منْ مكانٍ إلى آخرَ، وعندَما يصطدمُ الفتاتُ المنقولُ بالصخورِ يعملُ على صقلِها ثمَّ تفتيتِها، ويعتمدُ ذلكَ على عدّةِ عواملَ، منها: حجمُ الفتاتِ، وقساوةُ الصخرِ، وقوّةُ الرياحِ. انظرِ الشكلَ (١-٢٥).

(أ): صخورٌ معلّقةٌ (مشرومٌ) تكوّنتْ بفعلِ الرياحِ. (ب): أبراجٌ صخريّةٌ تكوّنتْ بفعلِ الرياحِ.

الشكلُ (١-٢٥): مظاهرُ جيولوجيّةٌ تشكّلتْ بفعلِ عمليّاتِ الحتِّ تحتَ تأثيرِ عاملِ الرياحِ.

ما الفرقُ بينَ الرِّياحِ والمياهِ الجاريةِ، كعاملَيْ حتٍّ وتعريةٍ، منْ حيثُ:

- قدرتُها على حملِ الفتاتِ الصخريِّ؟
- المناطقُ التي تنشطُ فيها؟
- المظاهرُ الجيولوجيّةُ التي تكوّنُها؟

ابحثْ في تأثيرِ الأمواجِ البحريّةِ كعاملِ حتٍّ وتعريةٍ، وفي سببِ وجودِ حصًى مستديرةِ الشكلِ في معظمِ الشواطِئ.

رابعًا: الترسيبُ (Deposition)

هوَ مجموعةُ العمليّاتِ التي تعملُ على ترسيبِ الفتاتِ الصخريِّ والموادِّ المذابةِ في الماءِ في المنخفضاتِ بفعلِ عواملِ الترسيبِ (المياهِ، والرّياحِ)، وتكوّنِ مظاهرَ جيولوجيّةٍ جديدةٍ، منْ مثلِ: دلتا الأنهارِ، والكثبانِ الرمليّةِ، والطبقاتِ الصخريّةِ، وغيرِها. ولكنْ، ماذا سيحدثُ حينَما تقلُّ سرعةُ المياهِ أوِ الرياحِ الناقلةِ لهذا الفتاتِ؟ لا بدَّ أنْ تستقرَّ وترسّبَ في أماكنَ أخرى حيثُ يعتمدُ ذلكَ على عواملِ النقلِ وطبيعةِ المادّةِ المنقولةِ، كما سنرى لاحقًا.

١ الترسيبُ بفعلِ المياهِ الجاريةِ

ماذا سيحدثُ لحمولةِ المياهِ الجاريةِ منَ الفتاتِ الصخريِّ عندَما تقلُّ سرعةُ جريانِها؟

إنَّ قدرةَ المياهِ الجاريةِ على الحملِ تقلُّ بنقصانِ سرعتِها، فتبدأُ عمليّةُ الترسيبِ للحبيباتِ الكبيرةِ أوّلًا، تليها الأقلُّ حجمًا، وهكذا إلى أنْ تترسَّبَ الحبيباتُ الناعمةُ جدًّا. تُسمّى عمليّةُ ترسيبِ

الفتاتِ حسبَ حجمِهِ **عمليّةَ الفرزِ** (Sorting)، إذْ يترسّبُ الفتاتُ الأكبرُ حجمًا في أعالي الأنهارِ والأوديةِ، بينَما قدْ تصلُ الحبّاتُ الناعمةُ إلى شواطئِ البحارِ أوْ في المنخفضاتِ.

٢ الترسيبُ بفعلِ الرياحِ

تكونُ الرياحُ في الصحراءِ محمّلةً بكمّيّاتٍ كبيرةٍ منَ الدقائقِ الرسوبيةِ. ماذا سيحدثُ لهذهِ الدقائقِ الرسوبيةِ المحمولةِ حينمَا تصطدِمُ بأيِّ عائقٍ؟ أوْ حينَما تقلُّ سرعةُ الرياحِ؟ تقومُ الرياحُ بإلقاءِ حمولتِها عند العائقِ الذي تصطدِمُ بهِ وتُكوّنُ مظاهرَ جيولوجيّةً مختلفةً، وتُعدُّ الكثبانُ الرمليّةُ منَ الظواهرِ المميّزةِ للترسيبِ بفعلِ الرياحِ، انظرِ الشكلَ (١-٢٦).

الشكلُ (١-٢٦): كثبانٌ رمليّةٌ ترسّبتْ بفعلِ الرياحِ.

خامسًا: بعضُ المظاهرِ الجيولوجيّةِ الناتجةِ منْ عمليّاتِ التجويةِ والتعريةِ

نظرًا لتنوّعِ المناخاتِ في الأردنِّ صيفًا وشتاءً، وبالإضافةِ إلى المناخِ الصحراويِّ، فإنّنا نجدُ الكثيرَ منَ المظاهرِ الجيولوجيّةِ الناتجةِ منْ فعلِ العمليّاتِ الخارجيّةِ التي يمتازُ بعضُها بجمالٍ لافتٍ للنظرِ، منْ مثلِ: وادي رمٍّ، ووادي الموجبِ، وسيقِ مدينةِ البترا التي يؤمُّها السّيّاحُ منْ مختلفِ دولِ العالمِ. وتعدُّ هذهِ المظاهرُ، إضافةً إلى كثيرٍ منَ المظاهرِ الأخرى، مصدَرَ جذبٍ سياحيٍّ، وعاملًا مهمًّا للدخلِ في الأردنِّ؛ الأمرُ الذي يحتّمُ علينا أنْ نحافظَ على مثلِ هذهِ المظاهرِ. ومنْ أشهرِ هذهِ المظاهرِ:

١ التربةُ (Soil)

تُعدُّ **التربةُ** منْ أهمِّ نتائجِ عمليّاتِ التجويةِ؛ إذْ يختلطُ الفتاتُ الصخريُّ الناعمُ الناتجُ منْ عمليّاتِ التجويةِ الفيزيائيّةِ والكيميائيّةِ بالهواءِ، والماءِ، والموادِّ العضويّةِ، فتتكوّنُ التربةُ. انظرِ الشكلَ (١-٢٧).

الشكلُ (١-٢٧): التربةُ إحدى نواتجِ التجويةِ.

ابحثْ في أنواعِ الترب الناتجةِ منْ عمليّاتِ التجويةِ المختلفةِ، وأماكنِ توزّعِها، وناقشْ أثرَ اختلافِ أنواعِ الترب، باختلافِ استخداماتِها معَ زملائِكَ.

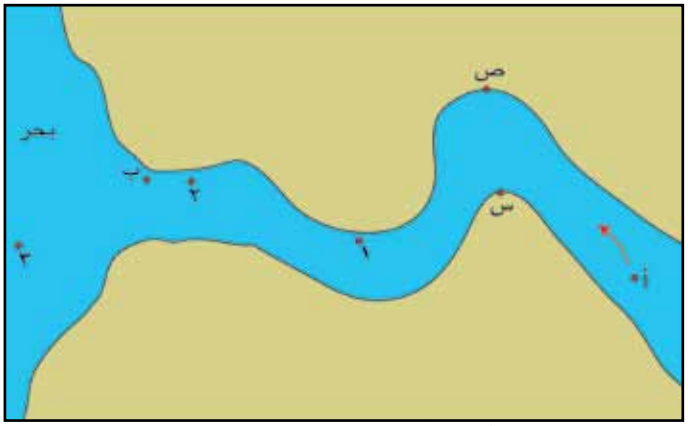
٢ الصخورُ المعلّقةُ (الفطرُ) (Mushroom)

يتكوّنُ هذا المظهرُ نتيجةَ عمليّاتِ الحتِّ والتعريةِ بفعلِ عاملِ الرياحِ في طبقاتِ الصخورِ غيرِ المتجانسةِ، مثلِ جبلِ الرحا في منطقةِ بايرَ التي تقعُ على بُعدِ (١٥٠)كم جنوبَ شرقِ عمّانَ. لاحظْ أنَّ تأثيرَ عمليّاتِ الحتِّ والتعريةِ في الصخورِ غيرُ متساوٍ، لماذا؟ تأمّلِ الشكلَ (١-٢٨)، وأجبْ عنِ السؤالينِ بعدَهُ:

الشكلُ (١-٢٨): الصخورُ المعلّقةُ (الفطرُ) في وادي رمٍّ.

- أيُّ الصخورِ: (العلويّةِ أمِ السفليّةِ) مقاومتُها أكبرُ لعمليّاتِ التجويةِ والتعريةِ؟
- لماذا يقلُّ تأثيرُ الرياحِ في حتِّ الصخورِ كلّما ارتفعنا إلى الأعلى؟

سؤالٌ: الحتُّ والترسيبُ النهريُّ



الشكلُ (١-٢٩): الحتُّ والترسيبُ النهريُّ.

يبيّنُ الشكلُ (١-٢٩) مجرى مياهِ نهرٍ يبدأُ منَ النقطةِ (أ) وينتهي في النقطةِ (ب). يحملُ النهرُ فتاتًا صخريًّا ذا حجومٍ مختلفةٍ موجودةٍ، تأمّلِ الشكلَ، ثمَّ أجبْ عمَّا يأتي:

١- تتبَّعْ مسارَ الفتاتِ حتى يصلَ إلى النقطةِ (ب).

٢- ارسمِ التغيّراتِ التي تحصلُ لهذا الفتاتِ الخشنِ الحبّاتِ في رحلتِهِ بينَ النقاطِ منْ (١) إلى (٣)، وصِفْها بعباراتٍ قصيرةٍ.

٣- عندَ أيِّ النقطتينِ (س) أمْ (ص) تكونُ سرعةُ المياهِ أكبرَ؟

٤- عندَ أيِّ النقطتينِ (س) أمْ (ص) يكونُ معدّلُ الحتِّ أكبرَ؟

٥- عندَ أيِّ النقطتينِ (س) أمْ (ص) تكونُ عمليّةُ الترسيبِ أكبرَ؟

٥- لخِّصْ بلغتِكَ النتيجةَ التي توصَّلتَ إليها من إجابتِكَ عنِ الأسئلةِ السابقةِ.

مغارةُ برقشَ

تُعدُّ مغارةُ برقشَ إحدى أهمِّ الكهوفِ الجيريّةِ الطبيعيّةِ المكتشفةِ في الأردنِّ في عام (١٩٩٥) م، وتقعُ في غاباتِ برقشَ في لواءِ الكورةِ غربَ محافظةِ إربدَ التي تبعدُ عنِ العاصمةِ عمَّانَ مسافةَ (٨٠) كم. تكوّنتِ المغارةُ داخلَ كتلةٍ صخريّةٍ جيريّةٍ يَتراوحُ سَمْكُها بينَ (٥٠–٦٠) م على انخفاضٍ يَتراوحُ بينَ (٢٠–٣٠) م منْ سطحِ الأرضِ، في حينِ يتراوحُ ارتفاعُ المغارةِ بينَ (١–٢٠) م بمساحةٍ تزيدُ على (٤٠٠٠) م٢. وتُعدُّ مغارةُ برقشَ تحفةً طبيعيّةً يُقدّرُ عمرُها بأربعِ ملايينَ سنةٍ، تتميّزُ بمكوّناتٍ جماليّةٍ طبيعيّةٍ يشاهدُها الناظرُ في دهاليزَ وتجاويفَ تشبهُ الغرفَ، ومَمرّاتٍ صخريّةٍ ضيّقةٍ طويلةٍ يرتبطُ بعضُها ببعضٍ، ويَصلُ طولُها أحيانًا إلى (١٠٠) م، بوجودِ الصواعدِ والهوابطِ التي يصلُ طولُ بعضِها إلى (١٧٠) سم، كما تتميّزُ المغارةُ بدرجةِ حرارةٍ تتراوحُ بينَ (١٧–٢٠) سْ صيفًا وشتاءً.

أمّا العمليّاتُ الجيولوجيّةُ التي أدّتْ إلى تكوّنِ مغارةِ برقشَ، فهيَ عمليّاتُ إذابةٍ لصخورِ العصرِ الكريتاسيِّ الجيريّةِ بفعلِ مياهٍ حمضيّةٍ تسرّبتْ عبرَ الشقوقِ الموجودةِ في تلكَ الصخورِ (ظاهرةُ الكارست).

الشكلُ (١–٣٠): مغارةُ برقشَ.

أسئلةُ الفصلِ

١–اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ ممّا يأتي:

(١) أيُّ الآتيةِ ليستْ منَ العمليّاتِ الخارجيّةِ:

أ – تشكّلُ الأوديةِ بفعلِ عمليّاتِ الحتِّ. ب– تجمّدُ المياهِ في الشقوقِ.

جـ– الإذابةُ. د – البراكينُ.

(٢) منَ العمليّاتِ الجيولوجيّةِ الخارجيّةِ التي يصاحبُها نقلٌ للفتاتِ الصخريِّ:

أ – التجويةُ. ب– تكوّنُ الماغما.

جـ– الترسيبُ. د – التعريةُ.

(٣) منَ العمليّاتِ التي تمثّلُ تجويةً فيزيائيّةً:

أ – تشكّلُ الكهوفِ. ب– وتدُ الصقيعِ.

جـ– حموضٌ تفرزُها جذورُ النباتِ. د – تكوينُ أكاسيدِ الحديدِ.

(٤) إحدى المظاهرِ الجيولوجيّةِ الآتيةِ تتشكّلُ بتأثيرِ الرياحِ في طبقاتِ الصخورِ غيرِ المتجانسةِ:

أ – الكثبانُ الرمليّةُ. ب– الصخورُ المعلّقةُ.

جـ– الأوديةُ. د – الكهوفُ.

٢–علّلْ ما يأتي:

أ – تُعدُّ عملياتُ التجويةِ ذاتَ آثارٍ هدميّةٍ وأخرى بنائيّةٍ.

ب–اختلافُ حجمِ الفتاتِ المترسّبِ في أعالي الأنهارِ عنْ حجمِهِ عندَ مصبّاتِها.

٣–وضّحْ دورَ النباتِ في التجويتينِ: الفيزيائيّةِ والكيميائيّةِ.

٤–وضّحْ كيفَ يتشكّلُ كلٌّ منَ :

أ – الكهوفِ. ب – التربةِ.

الفصلُ الثالثُ

الصخورُ الرسوبيّةُ والصخورُ المتحوّلةُ

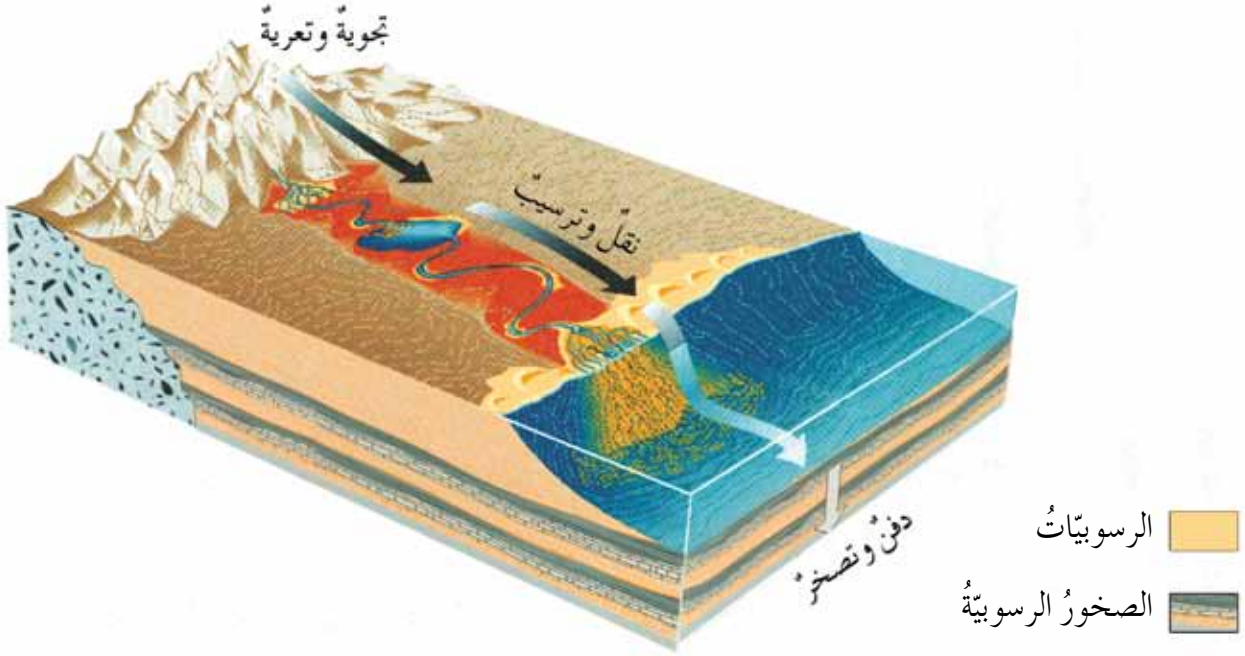
Sedimentary and Metamorphic Rocks

أوّلًا: الصخورُ الرسوبيّةُ (Sedimentary Rocks)

تتكوّنُ الصخورُ الرسوبيّةُ بطرائقَ عدّةٍ أهمُّها تراكمُ الفتاتِ الصخريِّ الناتجِ مِنْ عمليّاتِ الحتِّ والتعريةِ بعضِهِ فوقَ بعضٍ ثمّ تصلّبِهِ عبرَ الزمنِ الجيولوجيِّ الطويلِ؛ وبهذا تُعدُّ هذهِ الصخورُ المحطّةَ الأخيرةَ للفتاتِ الصخريِّ. وتغطّي الصخورُ الرسوبيّةُ ما نسبتُهُ (٧٥)٪ مِنْ سطحِ القشرةِ الأرضيّةِ، ومنْ أمثلتِها: صخورُ البترا، وصخورُ وادي رمٍّ الرمليّةُ. فكيفَ تنشأُ هذهِ الصخورُ؟ وما أنواعُها؟

1 نشأةُ الصخورِ الرسوبيّةِ

لفهمِ نشأةِ الصخورِ الرسوبيّةِ، ادرسِ الشكلَ (١-٣١)، و أجبْ عنِ السؤالينِ بعدَه:



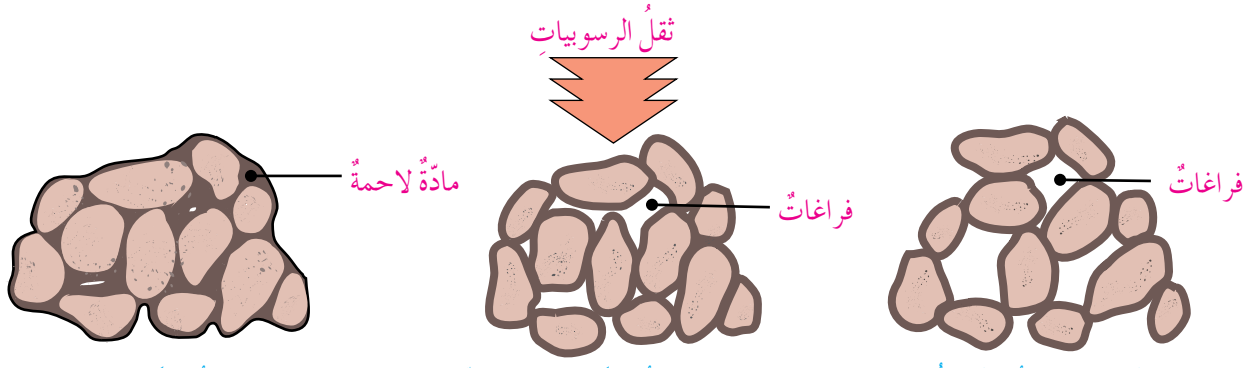
الشكلُ (١-٣١): نشأةُ الصخورِ الرسوبيّةِ الفتاتيّةِ.

- حدّدِ العمليّاتِ التي تُكوّنُ الصخورَ الرسوبيّةَ، بدءًا منَ التجويةِ وانتهاءً بالصخرِ الرسوبيِّ.
- ما دورُ كلٍّ منَ العمليّاتِ المُشارِ إليها في الشكلِ (١-٣١) في تكوينِ الصخورِ الرسوبيّةِ؟

لعلّكَ توصّلتَ إلى أنَّ المياهَ تعملُ على حتِّ الصخورِ التي تعرّضتْ لعمليّاتِ التجويةِ المختلفةِ وتعريتِها، ونقلِ الفتاتِ الصخريِّ وترسيبِهِ في المنخفضاتِ أوِ البحارِ على هيئةِ رسوبيّاتٍ يتراكمُ بعضُها فوقَ بعضٍ، ثمّ تتصلّبُ في أثناءِ الزمنِ الجيولوجيِّ الطويلِ لتكوّنَ صخورًا رسوبيّةً. وتُعدُّ المياهُ منْ أهمِّ عواملِ النقلِ والترسيبِ، وهناكَ عواملُ أخرى مثلُ الرياحِ والجليديّاتِ.

تتعرّضُ الرسوبيّاتُ الفتاتيّةُ لعمليّاتٍ تؤدّي إلى تصخّرِها، منها:

- تراصُّ الحبيباتِ واندماجُها بفعلِ الضغطِ الذي يُسبِّبُهُ ثقلُ الرسوبيّاتِ التي تتراكمُ فوقَها. انظرِ الشكلَ (١-٣٢/ب).
- السمنتةُ: وهيَ دخولُ مادّةٍ لاحمةٍ (ملاطٌ) بينَ حبيباتِ الرسوبيّاتِ، منْ مثلِ: الكالسيتِ، والكوارتزِ، وأكاسيدِ الحديدِ. انظرِ الشكلَ (١-٣٢/ جـ).



(أ): الرسوبيّاتُ الأصليّةُ. (ب): الرسوبيّاتُ بعدَ تعرّضِها للتراصِّ. (ج): الرسوبيّاتُ بعدَ تعرّضِها للسمنتةِ.

الشكلُ (١-٣٢): بعضُ عمليّاتِ التصخّرِ.

٢ أنواعُ الصخورِ الرسوبيّةِ

مرّ بكَ سابقًا مفهومُ النسيجِ في الصخورِ الناريّةِ، وتعرّفتَ أنّ نسيجَها قدْ يكونُ خشنًا أوْ ناعمًا بالنظرِ إلى حجمِ حبّاتِها، ولكنْ، هلْ يمكنُ الاعتمادُ على النسيجِ فقطْ كأساسٍ في تصنيفِ الصخورِ الرسوبيّةِ؟

تُصنّفُ الصخورُ الرسوبيّةُ في ثلاثةِ أنواعٍ، هيَ:

فتاتيّةٌ (حسَبَ حجمِ حبّاتِها)، **وكيميائيّةٌ** (حسَبَ تركيبِها المعدنيِّ)، **وعضويّةٌ** (حسَبَ محتواها الأحفوريِّ)، وفي ما يأتي وصفٌ للأنواعِ الثلاثةِ:

أ - **الصخورُ الرسوبيّةُ الفتاتيّةُ** (Clastic Sedimentary Rocks): تتكوّنُ الصخورُ الرسوبيّةُ الفتاتيّةُ منْ ترسيبِ الفتاتِ الصخريِّ الناتجِ منْ عمليّاتِ التجويةِ الفيزيائيّةِ والتعريةِ لأنواعِ الصخورِ المختلفةِ المتكشّفةِ على سطحِ الأرضِ. تأمّلِ الشكلَ (١-٣٣)، وأجبْ عمّا يليهِ منْ أسئلةٍ:

(أ): صخرُ الغضارِ يمتازُ بحجمِ حبّاتِهِ الصغيرةِ.

(ب): الصخرُ الرمليُّ يمتازُ بحجمِ حبّاتِهِ المتوسّطةِ.

(جـ): صخرُ الكونغلوميراتِ يمتازُ بحجمِ حبّاتِهِ الكبيرةِ.

الشكلُ (١-٣٣): بعضُ أنواعِ الصخورِ الرسوبيّةِ الفتاتيّةِ.

- رتّبِ الصخورَ المبيّنةَ في الشكلِ (١-٣٣) تنازليًّا حسَبَ حجمِ حبّاتِها.
- هلْ تتساوى حبّاتُ صخرِ الكونغلوميراتِ في حجومِها؟
- ما العلاقةُ بينَ سرعةِ التيّارِ الناقلِ وحجمِ الحبّاتِ؟ قمْ بترتيبِ الصخورِالواردةِ في الشكلِ بناءً على سرعةِ التيّارِ الناقلِ.

لاحظتَ أنّ هذهِ الصخورَ صُنّفتْ بناءً على **حجمِ حبيباتِها**؛ إذْ يتراوحُ حجمُ الحبّاتِ منْ **ناعمٍ جدًّا** كالصخورِ الطينيّةِ مثلِ صخرِ الغضارِ، إلى **متوسّطةِ الحجمِ** كالصخورِ الرمليّةِ، إلى **كبيرةِ الحجمِ** كالكونغلوميراتِ. وكلّما ازدادتْ سرعةُ التيّارِ النّاقلِ ازدادتْ قدرتُهُ على حملِ الفتاتِ ذي الحجمِ الأكبرِ.

ب- **الصخورُ الرسوبيّةُ الكيميائيّةُ** (Chemical Sedimentary Rocks): مرَّ بكَ في صفوفٍ سابقةٍ أنَّ نزولَ المطرِ لا يحدثُ إلّا عندَما تُصبحُ الغيمةُ مشبعةً ببخارِ الماءِ، وذلكَ لأنَّ هذهِ الغيمةَ المشبعةَ لا تقدرُ على استيعابِ مزيدٍ منْ قطراتِ الماءِ، الأمرُ الذي يؤدّي إلى سقوطِها. وكذلكَ الأمرُ بالنسبةِ إلى الصخورِ الرسوبيّةِ الكيميائيّةِ التي تتكوّنُ نتيجةَ الترسيبِ الكيميائيِّ للموادِّ المذابةِ في المحاليلِ المائيّةِ (مياهِ البحارِ أوِ البحيراتِ أوِ المستنقعاتِ) عندَما تصبحُ مشبعةً بالموادِّ المذابةِ فتكونُ غيرَ قادرةٍ على استيعابِ مزيدٍ منَ الموادِّ المذابةِ، الأمرُ الذي يؤدّي إلى ترسيبِها. تأمّلْ كلًّا منَ الشكلِ (١-٣٤) والجدولِ (١-٧)، وأجبْ عنِ السؤالينِ بعدَهُما:

(أ): الملحُ الصخريُّ.

(ب): صخرُ الجبسِ.

(جـ): الصخرُ الجيريُّ.

الشكلُ (١-٣٤): بعض أنواعُ الصخورِ الرسوبيّةِ الكيميائيّةِ.

الجدولُ (١-٧): أمثلةٌ على الصخورِ الرسوبيّةِ الكيميائيّةِ.

الصخرُ الرسوبيُّ	التركيبُ الكيميائيُّ
الملحُ الصخريُّ	NaCl
صخرُ الجبسِ	$CaSO_4.2H_2O$
الصخرُ الجيريُّ	$CaCO_3$

- فيمَ يختلفُ بعضُ هذهِ الصخورِ عنْ بعضٍ؟
- هلْ يمكنُ تصنيفُ الصخورِ المبيّنةِ في الشكلِ (١-٣٤) تبعًا لحجمِ حبّاتِها؟ وضّح إجابتك.

استنتجتَ أنَّ **عمليةَ تصنيفِ الصخورِ الرسوبيّةِ الكيميائيّةِ تعتمدُ على التركيبِ الكيميائيِّ للمعادنِ**، إذْ إنّ لكلِّ صخرٍ رسوبيٍّ كيميائيٍّ مكوّناتٍ معدنيّةً خاصةً بهِ، مثلَ الملحِ الصخريِّ الذي يتكوّنُ بشكلٍ رئيسٍ منْ معدنِ الهاليتِ.

جـ- الصخورُ الرسوبيّةُ العضويّةُ (Organic Sedimentary Rocks): تنشأُ الصخورُ الرسوبيّةُ العضويّةُ نتيجةَ تراكمِ بقايا الكائناتِ الحيّةِ؛ الحيوانيةِ أوِ النباتيّةِ، وتصخّرِها. انظرِ الشكلَ (١-٣٥).

(أ): صخرُ الكوكينا.

(ب): صخرٌ جيريٌّ أحفوريٌّ.

(جـ): فحمٌ حجريٌّ يظهرُ بقايا نباتاتٍ.

الشكلُ (١-٣٥): بعضُ أنواعِ الصخورِ الرسوبيّةِ العضويّةِ.

يُظهرُ الشكلُ (١-٣٥) **صخورًا رسوبيّةً عضويّةً مختلفةً في مكوّناتِها الأحفوريّةِ**. إذْ يتكوّنُ صخرُ الكوكينا (وهوَ صخرٌ جيريٌّ) منْ بقايا أصدافٍ بحريّةٍ متراصّةٍ يمكنُ تمييزُها بالعينِ المجرّدةِ، أمّا الصخرُ الجيريُّ الأحفوريُّ، فيتكوّنُ منْ هياكلِ كائناتٍ حيّةٍ بحريّةٍ، ومادّةٍ لاحمةٍ منَ الكالسيتِ، بينَما يتكوّنُ الفحمُ الحجريُّ منْ بقايا نباتيّةٍ. والآنَ، كيفَ يمكنُ أنْ نفرّقَ بينَ صخرِ الكوكينا والصخرِ الجيريِّ الأحفوريِّ؟

الصخورُ وَالحياةُ

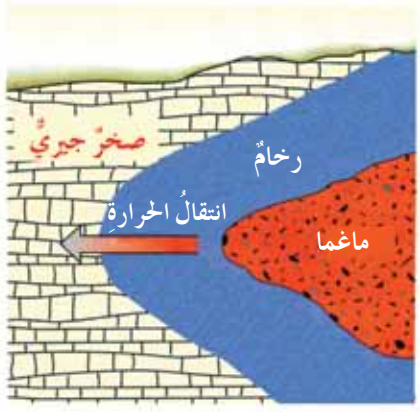
بعدَ أنْ تعرّفتَ على أنواعِ الصخورِ الرسوبيّةِ، برأيكَ أيُّ أنواعِ الصخورِ الثلاثةِ هوَ الأهمُّ بالنسبةِ إلى الأردنِّ؟ ناقشْ إجابتَكَ معَ زملائِكَ مقدّمًا تفسيرًا منطقيًّا.

ثانيًا: الصخورُ المتحوّلةُ Metamorphic Rocks

توصّلتَ خلالَ دراستِكَ لدورةِ الصخورِ في الطبيعةِ إلى أنَّ الصخورَ ثلاثةُ أنواعٍ، هيَ: الصخورُ النّاريّةُ، والرسوبيّةُ، والمتحوّلةُ. والآنَ، ماذا سيحدثُ للصخورِ– أيًّا كانَ نوعُها– إذا تعرّضتْ لحرارةٍ وضغطٍ مرتفعينِ دونَ أنْ يحدثَ لها انصهارٌ؟

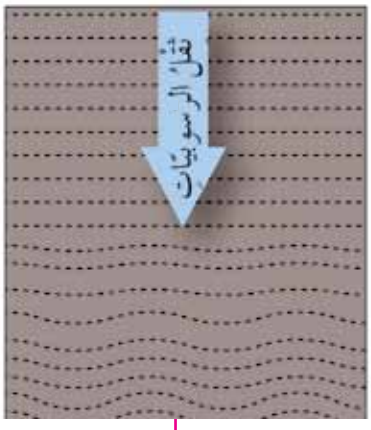
1 نشأةُ الصخورِ المتحوّلةِ

لفهمِ نشأةِ الصخورِ المتحوّلةِ، ادرسِ الشكلَ (١–٣٦)، وأجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



تسخينٌ بسببِ تماسٍ حراريٍّ معَ الماغما دونَ حدوثِ انصهارٍ للصخرِ الأصليِّ.

ضغطٌ وحرارةٌ نتيجةَ تصادمِ الصفائحِ الأرضيّةِ مثلُ سلسلةِ جبالِ الهيملايا.



بازديادِ ثقلِ الرسوبيّاتِ (عمقُ الدفنِ) يزدادُ الضغطُ وتزدادُ درجةُ الحرارةِ بسببِ الممالِ الحراريِّ الأرضيِّ.

الشكلُ (١–٣٦): عواملُ تحوّلِ الصخورِ.

- ما عواملُ التحوّلِ الواردةُ في الشكلِ (١–٣٦)؟
- ما مصادرُ الحرارةِ في الشكلِ السابقِ؟ وما مصادرُ الضغطِ؟
- ما أثرُ كلٍّ منَ الضغطِ والحرارةِ في الصخورِ الأصليّةِ؟
- ما الحالةُ الفيزيائيّةُ للصخورِ في أثناءِ عمليّةِ التحوّلِ؟
- في ضوءِ إجابتِكَ عنِ الأسئلةِ السابقةِ، وضّحِ المقصودَ بالتحوّلِ.

إنَّ **عمليةَ التحوّلِ** تحدثُ بفعلِ عاملِ الحرارةِ أوْ عاملِ الضغطِ أوْ كليهما، ففي حالةِ اندساسِ

الماغما في باطنِ الأرضِ وملامستِها للصخورِ، ستعملُ درجةُ الحرارةِ العاليةِ على تكوينِ معادنَ جديدةٍ ناتجةٍ منَ المعادنِ الأصليّةِ في **منطقةِ التماسِّ**، وتتكوّنُ الصخورُ المتحوّلةُ أيضًا عندَ تصادمِ الصفائحِ الأرضيّةِ، فتولّدُ هذهِ العمليّةُ حرارةً وضغطًا كبيرين، ويعملُ الضغطُ على تغيير نسيجِ الصخرِ الأصليِّ، ومثالُ ذلكَ جبالُ الهيملايا. كما يحدثُ التحوّلُ بازديادِ درجةِ الحرارةِ والضغطِ بفعلِ عمقِ الدفنِ. وتحدثُ جميعُ هذهِ العمليّاتِ والصخرُ الأصليُّ في الحالةِ الصُّلبةِ. يُوضّحُ الجدولُ (١–٨) أمثلةً على الصخورِ المتحوّلةِ ونوعِ التغيّرِ الحاصلِ في كلٍّ منها.

الجدولُ (١–٨): أمثلةٌ على الصخورِ المتحوّلةِ ونوعِ التغيّرِ الحاصلِ في كلٍّ منها.

الصخرُ الأصليُّ	الصخرُ المتحوّلُ	نوعُ التحوّلِ
الصخرُ الجيريُّ	صخرُ الرخامِ	تغيّرٌ في نسيجِ الصخرِ
صخرُ الغضارِ	صخرُ الشيستِ	تغيّرٌ في المكوّناتِ المعدنيّةِ والنسيجِ
صخرُ الغرانيتِ	صخرُ النايسِ	تغيّرٌ في المكوّناتِ المعدنيّةِ والنسيجِ

سؤالٌ

صفِ التغيّرَ في نسيجِ صخرِ الغضارِ عندَما يتحوّلُ إلى شيستٍ.

٢ أنواعُ الصخورِ المتحوّلةِ

ما أنواعُ الصخورِ المتحوّلةِ؟ وعلى أيِّ أساسٍ يمكنُ تصنيفُها؟ وبمَ تمتازُ الصخورُ المتحوّلةُ عن غيرِها منَ الصخورِ؟ للإجابةِ عنْ هذهِ الأسئلةِ؛ نفِّذِ النشاطَ (١–٦):

نشاطٌ تجريبيٌّ (١–٦): أنواعُ الصخورِ المتحوّلةِ

الهدفُ منَ النشاطِ: دراسةُ أنواعِ الصخورِ المتحوّلةِ.

المواد والأدوات اللّازمة

عيّناتٌ منْ صخورٍ متحوّلةٍ، منْ مثلِ: كوارتزيت، ورخامٍ، ونايس، وشيست، وعدسةٌ مكبِّرةٌ.

نفِّذِ النشاطَ وفقَ الخطواتِ الموضّحةِ أدناهُ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

- تفحّصْ عيّناتِ الصخورِ بالعدسةِ المكبِّرةِ، ثمَّ حدّدْ أيُّ الصخورِ تَظهرُ على هيئةِ رقائقَ أوْ أشرطةٍ (شريطٌ غامقٌ يليهِ شريطٌ فاتحٌ)، وأيُّها لا تَظهرُ كذلكَ.
- نظِّمْ إجابَتَكَ في جدولٍ.

الأسئلةُ

١– ما الأساسُ الذي اعتُمدَ عليهِ في تصنيفِ الصخورِ المتحوّلةِ؟

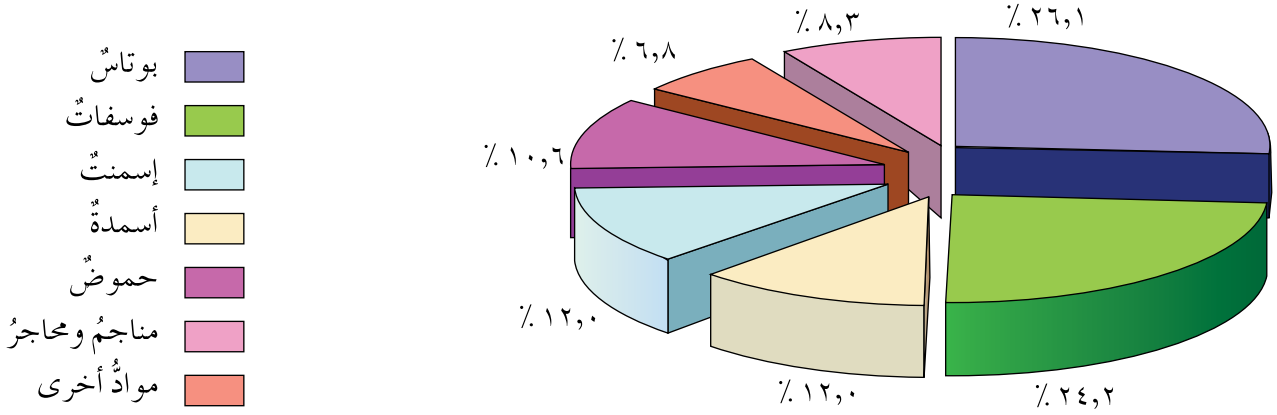
٢– أيُّ عواملِ التحوّلِ السببُ في حدوثِ التورّقِ؟

إنَّ **وجودَ التورّقِ أوْ عدَمَهُ يُعدُّ الأساسَ في تصنيفِ الصخورِ المتحوّلةِ**؛ فصخورُ النايس والشيست **صخورٌ متورّقةٌ**، أمّا صخورُ الرخامِ والكوارتزيتِ فهيَ **صخورٌ غيرُ متورّقةٍ**. ويُعرّفُ **التورّقُ** بأنّهُ نسيجٌ منْ أنسجةِ الصخورِ المتحوّلةِ يُكسِبُ الصخرَ مظهرًا طبقيًّا، ناتجًا منْ ترتيبِ المعادنِ عموديًّا على اتّجاهِ الضغطِ المؤثّرِ في الصخرِ.

أضِفْ إلى معلوماتِكَ...

لقدْ أصبحتْ كلمةُ رخامٍ شائعةً – كاسمٍ تجاريٍّ– بينَ الناسِ لكلِّ ما يُقصُّ منَ الصخورِ ويُصقلُ؛ ولكنّها تدلُّ علميًّا على الصخورِ الجيريّةِ التي تتحوّلُ بالتماسِ الحراريِّ.

ما أهمّيّةُ المعادنِ والصخورِ في حياتِنا؟ لوْ نظرتَ حولَكَ لوجدتَ معظمَ الموادِّ المحيطةِ بكَ يدخلُ في صناعتِها معادنُ وصخورٌ. يعرّفُ **الخامُ** بأنّهُ تجمّعٌ معدنيٌّ طبيعيٌّ يتكوّنُ منْ معدنٍ أوْ مجموعةِ معادنَ ذاتِ قيمةٍ اقتصاديّةٍ. ويوجدُ في الأردنِّ العديدُ منَ **الخاماتِ المعدنيّةِ والصخورِ الصناعيّةِ** (الصخورُ التي تدخلُ في الصناعةِ)، ومنْ أهمّها: النحاسُ، والفوسفاتُ، والصخرُ الزيتيُّ، والرملُ الزجاجيُّ، وصخرُ البناءِ. ولتتعرّفَ المجالاتِ الصناعيّةَ والتعدينيّةَ التي تُستثمرُ فيها تلكَ الخاماتُ، انظرِ الشكلَ (١-٣٧):



الشكلُ (١-٣٧): منتجاتُ قطاعِ التعدينِ في الأردنِّ لعامِ (٢٠١٢) م.

تُقسّمُ الخاماتُ المعدنيّةُ إلى نوعينِ: خاماتٍ فلزّيّةٍ، وخاماتٍ لا فلزّيّةٍ، ولتتعرّفَ الفروقاتِ بينَ نوعَي الخاماتِ تلكَ، ادرسِ الجدولَ (١-٩)، وأجبْ عنِ السؤالينِ بَعْدَهُ:

الجدولُ (١-٩): أنواعُ الخاماتِ واستخداماتُها.

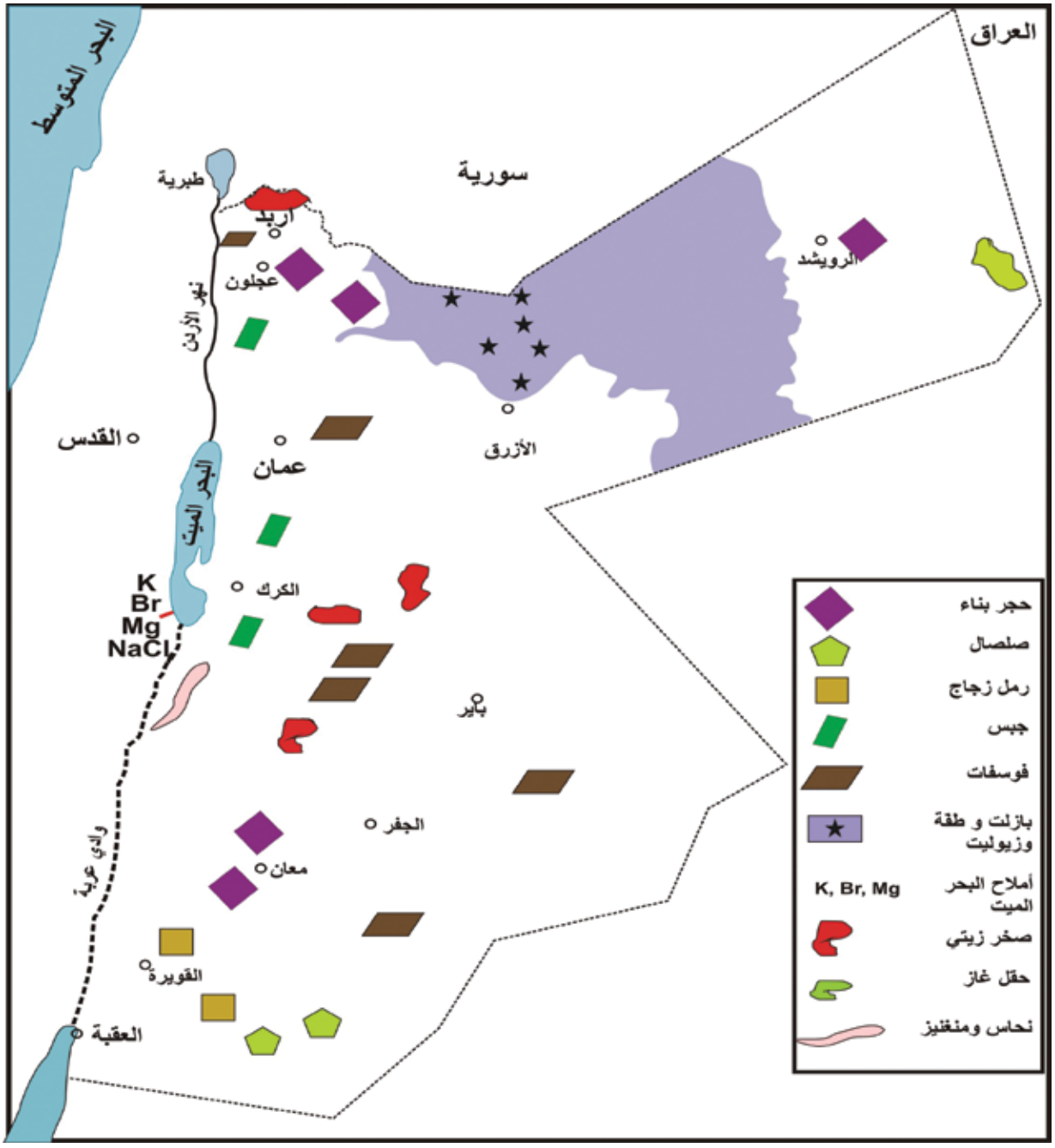
الخاماتُ المعدنيّةُ	
الخاماتُ اللّافلزّيّةُ	الخاماتُ الفلزّيّةُ
الفلسبارُ	النحاسُ
الجبسُ	المنغنيزُ

- ماذا نسمّي الخاماتِ التي تُستخدمُ مباشرةً في الصناعةِ والبناءِ؟
- ماذا نسمّي الخاماتِ التي تتمُّ معالجتُها لاستخراجِ الفلزّاتِ منها؛ كالصهرِ مثلًا؟

توصّلتَ إلى أنّ **الخاماتِ الفلزّيّةَ** هيَ التي يتمُّ معالجتُها لاستخلاصِ الفلزّاتِ منها كالنحاسِ، وأنّ **الخاماتِ اللّافلزّيّةَ** هيَ التي تُستخدمُ مباشرةً في الصناعةِ كالفلسبارِ.

١ توزّعُ الخاماتِ المعدنيّةِ والصخورِ الصناعيّةِ في الأردنِّ

لتتعرّفَ مواقعَ الخاماتِ في الأردنِّ ، تأمّل الشكلَ (١–٣٨)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١–٣٨): توزّعُ الخاماتِ المعدنيّةِ والصخورِ الصناعيّةِ في الأردنِّ.

- حدّدْ أمكنةَ وجودِ النحاسِ، والجبسِ، والفوسفاتِ، وحجرِ البناءِ في الأردنِّ.
- سمِّ بعضَ الخاماتِ المعدنيّةِ القريبةِ منْ منطقةِ سكنِكَ.
- ناقشْ معلمكَ وزملاءَكَ حولَ السُّبُلِ التي يمكنُ عنْ طريقِها الاستفادةُ منْ هذهِ الخاماتِ المعدنيةِ والصخورِ الصناعيةِ في الأردنِّ.

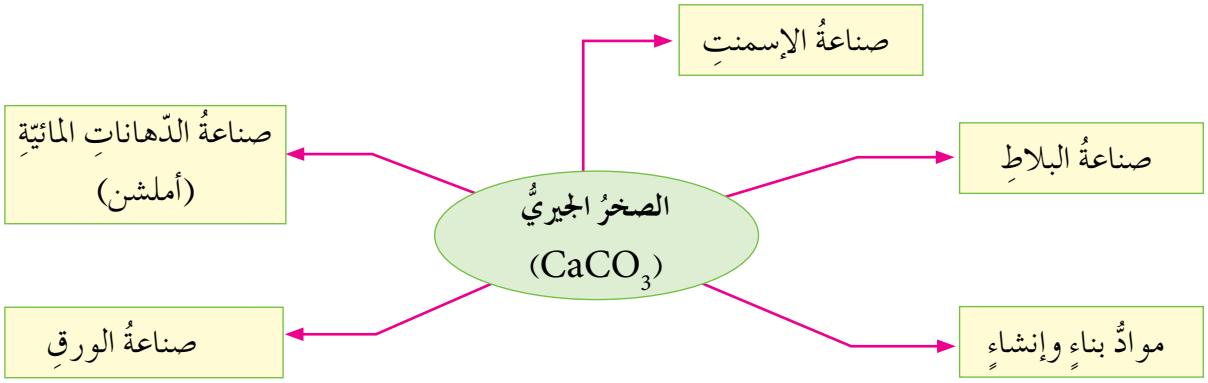
يوجدُ **الصخرُ الزيتيُّ** في وسطِ الأردنِّ وجنوبِهِ بكمّيّاتٍ تقدّرُ بأكثرَ منْ أربعينَ مليارِ طنٍّ في مناطقَ منْ مثلِ: اللّجونِ، وأمِّ العطاراتِ، ووادي المغارِ، والسّلطانةِ، وجرفِ الدّراويشِ. وقدْ عملتْ عدّةُ شركاتٍ في الأردنِّ لاستخراجِ النفطِ منْهُ، ومنْ هذهِ الشركاتِ:

- شركةُ (Shell)، التي تعتمدُ على استخراجِ النفطِ منَ الصخرِ الزيتيِّ في باطنِ الأرضِ وهوَ في مكانِهِ دونَ استخراجِهِ وتعدينِهِ.
- الشركةُ الأستونيّةُ التي تعملُ على استثمارِ الصخرِ الزيتيِّ عنْ طريقِ الحرقِ المباشرِ، وذلكَ لتوليدِ الطاقةِ الكهربائيّةِ.

لاحظتَ أيضًا منَ الشكلِ (١–٣٨) أنَّ الصخرَ الجيريَّ يتوزّعُ في: معانَ، والكركِ، والأزرقِ، وعجلونَ، والحلّاباتِ، وغربِ إربدَ، والموقّرِ.

٢ الأهمّيّةُ الاقتصاديّةُ للخاماتِ المعدنيّةِ والصخورِ الصناعيّةِ

تأمّلِ الشكلَ (١–٣٩)، ثمَّ حاولْ أنْ تُبيّنَ أهمّيّةَ خامِ الصخرِ الجيريِّ في التقدّمِ الصناعيِّ، ودورَهُ في التنميةِ، وذلكَ بعدَ الإجابةِ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ.



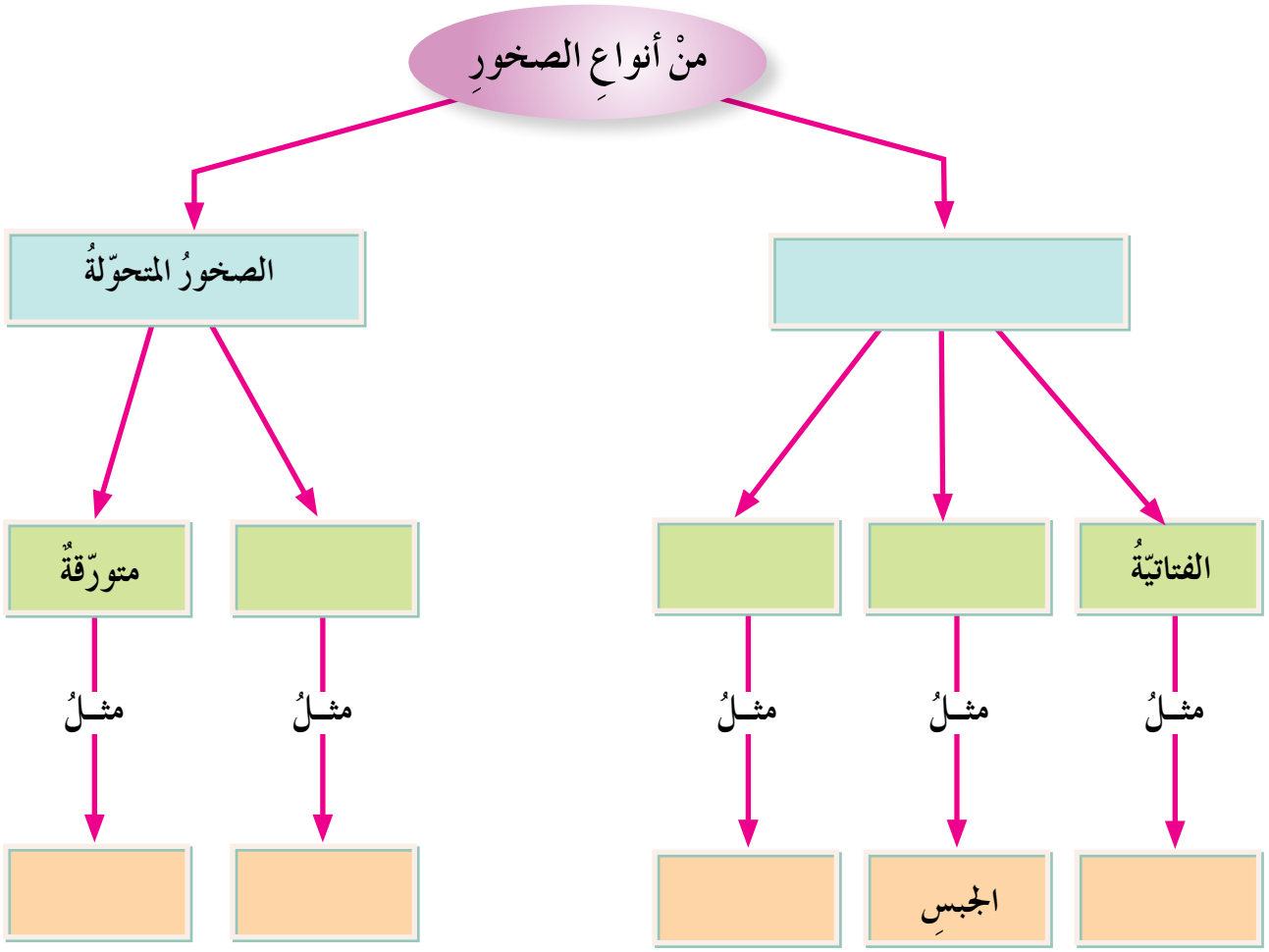
الشكلُ (١–٣٩): بعضُ استخداماتِ الصخرِ الجيريِّ.

- ما أهمُّ الصناعاتِ التي يدخلُ فيها الصخرُ الجيريُّ؟
- لماذا يُستخدَمُ الصخرُ الجيريُّ في العديدِ منَ الصناعاتِ؟
- تحدّثْ عنِ استخداماتٍ أخرى للصخرِ الجيريِّ.

ابحثْ في أحدِ مصادرِ التعلّمِ المتوافرةِ لديكَ في استخداماتِ الخاماتِ المعدنيّةِ الموجودةِ في الأردنِّ ودورِها في دعمِ الاقتصادِ الأردنيِّ، ثمَّ قدِّمْ تقريرًا عنْ ذلكَ، واعرضْهُ أمامَ زملائِكَ.

أُقوّمُ ذاتي

بعدَ دراستِكَ لفصلِ الصخورِ الرسوبيّةِ والمتحوّلةِ، لخّصْ ما تعلّمتَهُ خلالَ دراسةِ المخطَّطِ المفاهيميِّ الآتي الذي يوضّحُ تصنيفَ الصخورِ الرسوبيّةِ والصخورِ المتحوّلةِ، واملأ الفراغاتِ بما يناسبُها.



العبْ وتعلّمْ

هناكَ كلمةٌ مفقودةٌ لنوعٍ منْ أنواعِ الصخورِ الرسوبيّةِ الفتاتيّةِ التي درستَها، حاولْ أنْ تمضيَ وقتًا منَ المتعةِ والفائدةِ في إيجادِ الكلمةِ المفقودةِ:

ن	ف	ا	ر	ا	هـ	ص	ن	ا	ا
ا	ح	ل	ط	ا	ر	ا	ت	ل	ف
ي	م	س	ب	ل	ق	ن	ت	ا	ل
س	ح	م	ق	ي	م	ح	ت	ل	س
ن	ج	ن	ا	و	و	ر	ح	ص	ب
ح	ر	ت	ت	ل	م	م	و	غ	ا
ا	ي	هـ	خ	ل	ل	ل	ل	ط	ر
س	و	ا	ن	غ	ح	ق	ر	و	ت
ك	م	هـ	ي	ت	ا	ت	ف	ل	ا
ص	ر	ت	ي	ز	ت	ر	ا	و	ك

١– تجمّعٌ معدنيٌّ ذو قيمةٍ اقتصاديّةٍ.

٢– إحدى الخاماتِ اللّافلزّيّةِ .

٣– نسيجٌ تمتازُ بهِ الصخورُ المتحوّلةُ.

٤– صخرٌ غيرُ متورّقٍ متحوّلٌ منَ الصخرِ الرمليِّ.

٥– عمليّةٌ تقلّلُ منْ حجمِ الفراغاتِ بينَ الفتاتِ الصخريِّ.

٦– يسبّبُ تورّقَ الصخورِ عندَ تأثيرِهِ في الصخرِ الأصليِّ.

٧– عمليّةٌ تُغيّرُ منَ التركيبِ المعدنيِّ والنسيجِ للصخرِ الأصليِّ.

٨– صخرٌ ناريٌّ باطنيٌّ.

٩– دخولُ الكالسيتِ بينَ الفراغاتِ ممّا يؤدّي لتصخّرِ الفتاتِ.

١٠–صخرٌ يتكوّنُ بفعلِ التبخيرِ منَ البحيراتِ.

١١–صخرٌ أصلُهُ نباتيٌّ.

١٢–وصفٌ لكيفيّةِ ترسيبِ الفتاتِ الصخريِّ في حوضِ الترسيبِ.

١٣–تصنيفُ الغضارِ حسَبَ حجمِ حبّاتِهِ.

١٤–رسوبيّاتٌ متوسّطةُ حجمِ الحبّاتِ.

١٥–صخرٌ ذو شرائطَ فاتحةٍ وغامقةٍ.

١٦–خامٌ موجودٌ في الأردنِّ بكمّياتٍ مُبَشِّرةٍ.

١٧–عمليّةٌ يمكنُ أنْ تحدثَ للصخرِ إذا ارتفعتْ درجةُ حرارتِهِ بشكلٍ كبيرٍ جدًّا.

١٨–صخرٌ يُستخدمُ في أعمالِ الديكورِ والزينةِ.

١٩–عمليّةٌ تؤدّي إلى تكوينِ الصخورِ الرسوبيّةِ.

أملاحُ البحرِ الميّتِ

يُعدُّ البحرُ الميّتُ أكثرَ المسطّحاتِ المائيّةِ ملوحةً على سطحِ الأرضِ، إذْ تفيدُ الدراساتُ التي أُجريتْ على مياهِ هذا البحرِ أنّ اللّترَ الواحدَ منها يحتوي (٣٤٠) غم منَ الأملاحِ تقريبًا، وأنَّ المجموعَ الكليَّ لما تحتويهِ هذه المياهُ منْ أملاحٍ يَصِلُ إلى (٤٣,٠٠٠) مليونَ طنٍّ. وأكثرُ أملاحِهِ شيوعًا هو ملحُ كُلوريدِ المغنيسيومِ، يلي ذلكَ في الشيوعِ كلوريداتُ الصوديومِ، والكالسيومُ، والبوتاسيومُ (البوتاسُ)، وبروميدُ المغنيسيومِ.

ويتميّزُ البحرُ الميّتُ منْ غيرهِ منْ بحارِ العالمِ باحتوائِهِ على تراكيزٍ عاليةٍ منْ عناصرِ الكالسيومِ، والكلورِ، والبرومِ. والاعتقادُ السائدُ عنْ أصلِ هذهِ الأملاحِ ومصادرِها أنّها قدْ نُقلتْ معَ مياهِ نهرِ الأردنِّ وروافدِهِ، وأنّ الأنشطةَ البركانيّةَ والموادَّ الإسفلتيّةَ الموجودةَ بالقربِ منهُ قدْ أدّتْ إلى تركيزِ بعضِ العناصرِ مثلِ البرومِ.

وتقدّرُ كمّيّةُ البرومِ في البحرِ الميّتِ بـ (٨٥٠) مليونَ طنٍّ، تُستخدمُ في تحضيرِ البنزينِ الخاصِّ، وفي صناعةِ السبائكِ، ومعالجةِ خاماتِ المعادنِ منْ أجلِ تنقيتِها، وصناعةِ بعضِ الموادِّ منها. كما تُستخدمُ أملاحُ البوتاسِ في صناعةِ الأسمدةِ، والأدويةِ، وغيرِ ذلكَ منَ الاستخداماتِ. انظرِ الشكلَ (١-٤٠).

الشكلُ (١-٤٠): أملاحُ البحرِ الميّتِ.

أسئلةُ الفصلِ

١- اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

(١) الصخرُ غيرُ المتورّقِ الذي ينتجُ من تحوّلِ الصخرِ الجيريِّ، هوَ:

أ -الشيستُ. ب- الكوارتزيتُ. جـ- الرخامُ. د- النايسُ.

(٢) أيُّ زوجٍ من الصخورِ الآتيةِ يُعدُّ صخورًا متحوّلةً:

أ -الغرانيتُ والنايسُ. ب- الرخامُ والنايسُ.

جـ-الصخرُ الرمليُّ والرخامُ. د- الصخرُ الرمليُّ والكوارتزيتُ.

(٣) إحدى الصخورِ الآتيةِ ليستْ صخرًا رسوبيًّا فتاتيًّا:

أ -الكونغلوميراتُ. ب- الصخرُ الرمليُّ. جـ- الغضارُ. د- الفحمُ.

(٤) إحدى العمليّاتِ الآتيةِ تؤدّي إلى تحوّلِ الراسبِ إلى صخرٍ رسوبيٍّ:

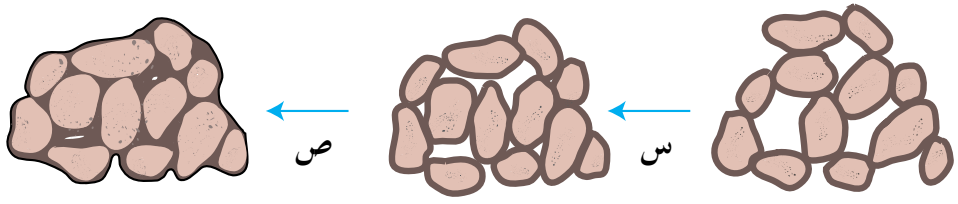
أ -التجويةُ. ب- التعريةُ. جـ- التراصُّ. د -الترسيبُ.

٢- فسّرْ كلًّا ممّا يأتي:

أ - وجودُ التورّقِ في الصخورِ المتحوّلةِ.

ب- وجودُ معدنِ الكوارتزِ في صخرٍ رسوبيٍّ، وصخرٍ ناريٍّ أيضًا.

٣- يوضّحُ الشكلُ الآتي عمليّاتٍ تحدثُ للصخرِ الرمليِّ في أثناءِ تكوُّنِهِ:



أ - ما الذي حدثَ في العمليّةِ (س)؟ وماذا نسمّي هذهِ العمليّةَ؟

ب- ما الذي حدثَ في العمليّةِ (ص)؟ وماذا نسمّي هذهِ العمليّةَ؟

قائمةُ المصطلحاتِ

نسيجٌ غيرُ مرئيٍّ (Aphanetic Texture)

نوعٌ منْ أنسجةِ الصخورِ الناريّةِ، تكونُ البلّوراتُ فيهِ صغيرةً ولا تُرى بالعينِ المجرّدةِ.

التجويةُ الكيميائيّةُ (Chemical Weathering)

مجموعُ التغيّراتِ الكيميائيّةِ التي تطرأُ على المعادنِ في الصخورِ، منْ مثلِ: التأكسدِ، أوِ التميّهِ، أوِ الذوبانِ.

السمنتةُ (Cementation)

دخولُ مادّةٍ لاحمةٍ بينَ حبيباتِ الرسوبيّاتِ تعملُ على تماسكِها وتصخّرِها، ومنْ أمثلتِها: كربوناتُ الكالسيومِ، والسليكا، وأكاسيدِ الحديدِ.

لونُ المعدنِ (Color)

اللّونُ الذي تراهُ بالعينِ المجرّدةِ لسطحٍ حديثٍ منَ المعادنِ.

التحوّلُ التماسيُّ (Contact Metamorphism)

التحوّلُ الذي يحدثُ للصخورِ الملامسةِ للماغما أوِ القريبةِ منها.

التراصُّ (Compaction)

اقترابُ الفتاتِ الصخريِّ بعضِهِ من بعضٍ بفعلِ الثقلِ الواقعِ عليهِ.

الترسيبُ (Deposition)

توضّعُ الفتاتِ الصخريِّ أوِ الموادِّ المذابةِ في البحارِ أوِ المنخفضاتِ.

التعريةُ (Erosion)

مجموعُ العمليّاتِ التي تفتّتُ صخورَ سطحِ الأرضِ وتحلّلُها، وتنقلُها إلى أمكنةٍ بعيدةٍ بفعلِ المياهِ الجاريةِ، والأمطارِ، والجليدِ، والرياحِ، والأمواجِ البحريّةِ.

التورّقُ (Foliation)

نسيجٌ منْ أنسجةِ الصخورِ المتحوّلةِ، يُكسبُ الصخرَ مظهرًا متورّقًا.

الجليديّاتُ (Glaciers)

تراكماتٌ منَ الجليدِ ذاتُ تركيبٍ متراصٍّ، تغطّي مساحاتٍ واسعةً، وتدومُ لمدّةٍ زمنيّةٍ طويلةٍ، وتتحرّكُ ببطءٍ شديدٍ بفعلِ قوّةِ الجاذبيّةِ، تحتَّ في أثناءِ حركتِها الصخورَ التي تنزلقُ عليها. ولا يُعدُّ كلُّ ثلجٍ في بقعةٍ ما منَ الجليديّاتِ.

الممالُ الحراريُّ الأرضيُّ (Geothermal Gradient)

معدّلُ زيادةِ درجةِ حرارةِ الصخورِ معَ العمقِ في باطنِ الأرضِ، وللممالِ الحراريِّ الأرضيِّ قيمةٌ متغيّرةٌ وليستْ ثابتةً، إذْ قدْ تصلُ إلى (٤٤)° س لكلِّ (١) كم عمقًا حسبَ موقعِنا منْ سطحِ الأرضِ، ولكنْ كمتوسطٍ لهذهِ القيمةِ للجزءِ العلويِّ منَ القشرةِ الأرضيةِ، وبناءً على آبارٍ تمَّ حفرُها لهذهِ القيمةِ، فإنَّ درجةَ الحرارةِ تزدادُ بمتوسطِ (٣٠)° س لكلِّ (١) كم عمقًا.

القساوةُ (Hardness)

مقاومةُ المعدنِ للخدشِ وهيَ منَ الخصائصِ الفيزيائيّةِ المميّزةِ للمعدنِ، ويمكنُ عنْ طريقِها تمييزُ المعادنِ بعضِها منْ بعضٍ.

الصخورُ الناريّةُ (Igneous Rocks)

صخورٌ تتكوّنُ منْ تبلورِ الماغما، وقدْ تتبلورُ على السطحِ منتجةً الصخورَ الناريّةَ السطحيّةَ كالبازلتِ، أوْ تتبلورُ في باطنِ الأرضِ منتجةً الصخورَ الناريّةَ الباطنيّةَ كالغرانيتِ.

اللّابةُ (Lava)

صهَيرٌ صخريٌّ يخرجُ إلى سطحِ الأرضِ عندَ حدوثِ الأنشطةِ البركانيّةِ.

التصخّرُ (Lithification)

عمليّةُ تُحوّلِ الرسوبيّاتِ غيرِ المتماسكةِ إلى صخرٍ رسوبيٍّ، وتتضمّنُ عمليّاتٍ عدّةً؛ كالتراصِّ والسمنتةِ.

التجويةُ الفيزيائيّةُ (الميكانيكيّةُ) (Physical Weathering)

عمليّةُ تكسيرِ الصخورِ وتفتيتِها دونَ حدوثِ تغييرٍ في تركيبِها الكيميائيِّ، وتحدثُ بفعلِ تغيّرِ درجاتِ الحرارةِ، وتجمّدِ الماءِ، وتقشّرِ الصخورِ، ونموِّ جذورِ النباتاتِ.

الرخامُ (Marble)

صخرٌ متحوّلٌ منْ أصلٍ رسوبيٍّ جيريٍّ.

الصخورُ المتحوّلةُ (Metamorphic Rocks)

صخورٌ تنتجُ منْ تعرّضِ الصخورِ الناريةِ، أوِ الرسوبيّةِ، أوِ المتحوّلةِ لعواملِ التحوّلِ المختلفةِ كالضغطِ، أوِ الحرارةِ، أوْ كليهما، الأمرُ الذي يسبّبُ تغيّرًا في النسيجِ، أوْ تغيّرًا في التركيبِ المعدنيِّ، أوْ كليهما معًا، ومنْ أمثلتِها: الرخامُ، والشيستُ.

المعدنُ (Mineral)

مادّةٌ صُلبةٌ غيرُ عضويّةٍ متجانسةُ التّركيبِ، ذاتُ تركيبٍ كيميائيٍّ محدّدٍ، وبناءٍ داخليٍّ منتظمٍ، ويوجدُ في الأرضِ بصورةٍ طبيعيّةٍ، وغالبًا ما يتكوّنُ بطرائقَ غيرِ عضويّةٍ.

مقياسُ موس (Mohs Scale)

مجموعةٌ منْ عشرةِ معادنَ مرتّبةٍ منَ الأقلِّ قساوةً إلى الأكثرِ قساوةً، وتُستخدمُ في قياسِ قساوةِ المعادنِ.

الماغما (Magma)

صهيرٌ صخريٌّ يتكوّنُ بفعلِ الانصهارِ في أسفلِ القشرةِ وأعلى الستارِ. وينشأُ منْ تبريدِها وتصلّبِها الصخورُ الناريّةُ.

خاماتُ المعادنِ الفلزّيّةِ (Metallic Minerals Ores)

رواسبُ تحتوي مَعْدِنًا أوْ أكثرَ، سواءٌ أكانتْ هذهِ المعادنُ في حالةٍ حرّةٍ أمْ على شكلِ مركّباتٍ كيميائيّةٍ.

الخامُ (Ore)

صخرٌ يحتوي كمّيّةً كافيةً منْ معدنٍ معيّنٍ، ولذا يكونُ استخلاصُ هذا المعدنِ مجديًا منَ الناحيةِ الاقتصاديّةِ.

نسيجٌ مرئيٌّ (Phaneritic Texture)

نوعٌ منْ أنسجةِ الصخورِ الناريّةِ، بلوراتُها كبيرةُ الحجمِ، ويمكنُ مشاهدتُها بالعينِ المجرّدةِ.

الصخرُ (Rock)

خليطٌ منْ معادنَ، أوْ معدنٍ واحدٍ فقطْ.

الصخورُ الرسوبيّةُ (Sedimentary Rocks)

صخورٌ تنتجُ منْ توضّعِ الفتاتِ الصخريِّ في المنخفضاتِ، ومنْ بقايا الكائناتِ الحيّةِ، ومنْ ترسّبِ الأملاحِ الذّائبةِ في البحارِ. ومنْ أمثلتِها: الصخورُ الرمليّةُ، والصخرُ الجيريُّ، والفحمُ الحَجريُّ.

الحُكاكةُ (Streak)

خصيصةٌ منْ خصائصِ المعدنِ؛ وهيَ لونُ مسحوقِ المعدنِ. ويتمُّ تحديدُها بحكِّ المعدنِ بلوحٍ ذي قساوةٍ عاليةٍ يُسمّى لَوْحَ الحكاكةِ.

الطبقةُ (Stratum)

وَحْدةٌ منَ الصخورِ الرسوبيّةِ، لها تركيبٌ معدنيٌّ ونسيجٌ وتراكيبُ داخليّةٌ محدّدةٌ تميّزُها منَ الطبقاتِ فوقَها وتحتَها. ولكلِّ طبقةٍ سطحانِ (علويٌّ، وسفليٌّ) يفصلانِها عنْ غيرِها.

نسيجُ الصخرِ (Texture of Rock)

حجمُ حبّاتِ المعادنِ المكوّنةِ للصخرِ، وشَكْلُها، والعلاقاتُ المتبادَلةُ بينَها.

البركانُ (Volcano)

فوّهةٌ (أوْ صدعٌ) على سطحِ الأرضِ، تنبعثُ منها موادُّ البركانيّةُ بأشكالِها المختلفةِ؛ الصُّلبةِ، والسائلةِ، والغازيّةِ.

التجويةُ (Weathering)

أولى العمليّاتِ الخارجيّةِ التي تحدثُ للصخورِ، وتشملُ التفتّتَ الفيزيائيَّ، والتحلّلَ الكيميائيَّ للصخورِ وهيَ في موقعِها؛ بسببِ تفاعلِها معَ غُلُفِ الأرضِ المائيّةِ، والهوائيّةِ، والحيويّةِ.

تمَّ بحمدِ اللّٰهِ تعالى