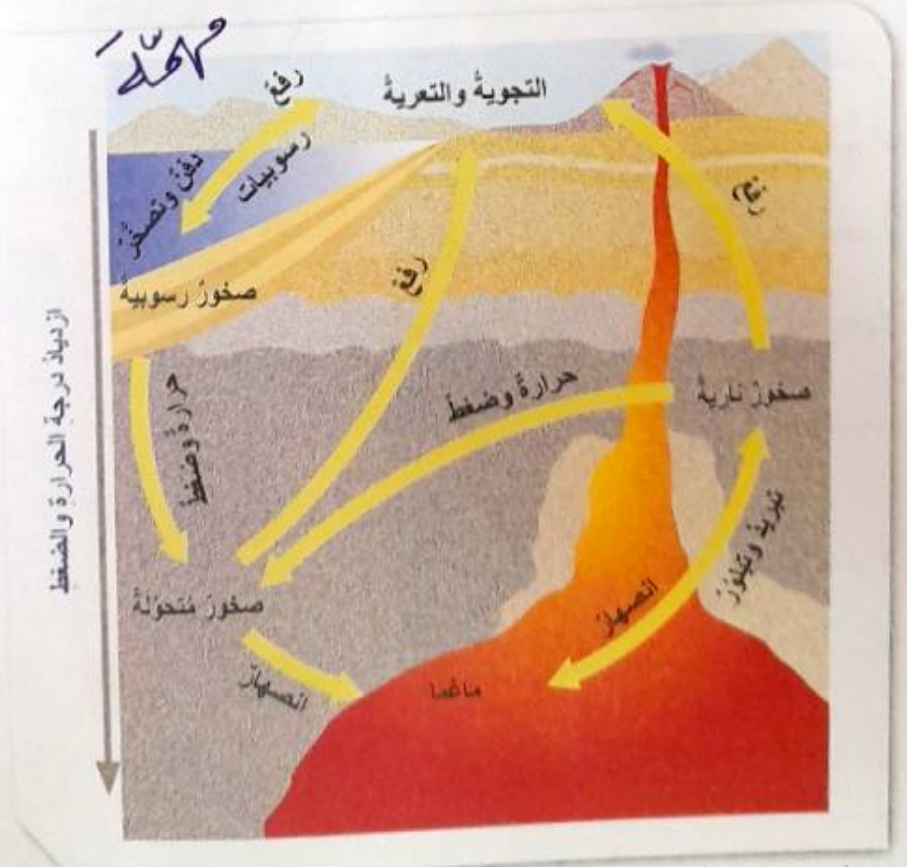
دورةُ الصخورِ Rock Cycle

ماذا استفادَ الإنسانُ منَ الصخورِ ومُكوِّناتِها المعدنيةِ على مَرِّ العصورِ؟ إذِ استخدمَها في بناءِ مسكنِه، وصنعِ أسلحتِه، واستخرجَ منْها عديدًا منَ العناصرِ، مثلَ: الحديدِ، والنحاسِ. وقدِ اهتمَّ العلماءُ قديمًا وحديثًا بدراسةِ الصخورِ والمعادنِ، وبحثوا في خصائصِها، وأماكنِ وجودِها، وكيفيةِ نشأتِها. وزادَ هذا الاهتمامُ في ظلِّ التقدُّمِ العلميِّ.

بوجهٍ عامٍّ، صنَّفَ العلماءُ صخورَ القشرةِ الأرضيةِ بحسبِ طريقةِ نشأتِها وتكوُّنِها إلى ثلاثةِ أنواعٍ رئيسةٍ، هيَ: الصخورُ الناريةُ Igneous Rocks، والصخورُ الرسوبيةُ Sedimentary Rocks، والصخورُ المُتحوِّلةُ Metamorphic Rocks.

ترتبطُ هذهِ الأنواعُ الثلاثةُ بعلاقاتٍ متبادلةٍ عنْ طريقِ العملياتِ الجيولوجيةِ المختلفةِ؛ إذْ يتغيَّرُ كلُّ نوعٍ منْها إلى الآخرِ في دورةٍ تُسمّى دورةَ الصخورِ Rock Cycle، أنظرُ الشكلَ (1) الذي يُمثِّلُ هذهِ الدورةَ.



الشكلُ (1): دورةُ الصخورِ في الطبيعةِ.

أحدِّدُ: ما المرحلةُ التي يجبُ أنْ تمرَّ بها الصخورُ جميعًا لتُشكِّلَ الصخورَ الناريةَ؟

دورة الصخور: علاقة تبادلية ترتبط فيها الأنواع الثلاثة من الصخور بعضها ببعض عن طريق العمليات الجيولوجية المختلفة

تنشأ بعض أنواع الصخور النارية في باطن الأرض من تبريد الماغما وتبلورها، والماغما Magma صُهَير يتكوَّن معظمُهُ من السيليكا، ومن غازاتٍ أهمُّها بخارُ الماء. عندما تتعرَّضُ الصخورُ النارية المُتكوِّنةُ في باطن الأرض لعملياتٍ جيولوجية تعملُ على رفعِها، فإنَّها تتكشَّفُ على سطح الأرض، وتَحدُثُ عليها عملياتُ التجوية والتعرية، أنظرُ الشكلَ (2)؛ ما يؤدي إلى تفتُّتِ الصخور، وتكوُّنِ الفُتاتِ الصخريِّ الذي قدْ يُنقَلُ بفعلِ الرياحِ أو الماءِ إلى أماكنَ أُخرى تُسمّى أماكنَ الترسيب، فيستقرُّ فيها، ويتراكمُ مُشكِّلًا الرسوباتِ بعمليةٍ تُسمّى الترسيبَ. وحينَ تتراكمُ الرسوباتُ، وتدفنُ، فإنَّها تتصخرُ مُكوِّنةً الصخورَ الرسوبية.

عندَ تعرُّضِ الصخورِ الرسوبيةِ المُتكوِّنةِ لضغطٍ وحرارةٍ عاليَيْنِ دونَ درجةِ الانصهارِ، فإنَّها تصبحُ صخورًا مُتحوِّلةً. وقدْ تنصهرُ هذهِ الأنواعُ الثلاثةُ عندَ دفنِها في أعماقٍ كبيرةٍ بباطنِ الأرضِ نتيجةَ الحرارةِ العالية، فتتشكَّلُ الماغما مرَّةً أُخرى.

الشكلُ (2): صخورٌ تعرَّضَتْ لعملياتٍ تجويةٍ وتعريةٍ.

فهم

الفتاتُ الصخريُّ: ناتجُ تفتُّتِ الصخورِ بفعلِ عواملِ التجويةِ والتعريةِ

✓ أتحقَّقُ: ما الفرقُ بينَ الفُتاتِ الصخريِّ والرسوباتِ؟

الرسوباتُ: تجمعُ الفتاتِ الصخريِّ في أماكنِ الترسيبِ بفعلِ عواملِ النقلِ

لماذا؟ تتكوَّنُ الماغما والقشرةُ الأرضيةُ من عناصرَ رئيسةٍ كما في النصِّ المجاورِ.

أُفكِّرُ:
ما العلاقةُ بينَ نسبةِ عنصرَيِ الأكسجينِ والسيليكون في الماغما، ووفرةِ المعادنِ السيليكاتيةِ في صخورِ القشرةِ الأرضية؟ أُناقِشُ زملائي/ زميلاتي في النتائجِ التي أتوصَّلُ إليها.

تكوُّنُ الصخورِ النارية Igneous Rocks Formation

كيف تنشأُ الصخورُ النارية؟ من تبريدِ الماغما وتبلورِها في باطنِ الأرض.

تتراوحُ درجاتُ حرارةِ الماغما بينَ (700 °C - 1300 °C). وعندما تخرجُ الماغما من باطنِ الأرضِ إلى سطحِها، فإنَّها تُسمّى اللابة Lava، وهيَ تمتازُ عنِ الماغما بفقدانِها كميةً كبيرةً منَ الغازاتِ التي كانتْ ذائبةً فيها.

سبب اختلاف اللابة عن الماغما

تختلفُ أنواعُ الصخورِ النارية المُتكوِّنة باختلافِ نوعِ الماغما المُكوِّنةِ لها، علمًا بأنَّ أكثرَ العناصرِ الرئيسةِ شيوعًا في الماغما هيَ العناصرُ الشائعةُ نفسُها في صخورِ القشرةِ الأرضية: الأكسجينُ، السيليكونُ، والألمنيومُ، والحديدُ، والكالسيومُ، والصوديومُ، والبوتاسيومُ، والمغنيسيومُ. ونظرًا إلى وفرةِ عنصرَيِ السيليكون والأكسجين في الماغما، فإنَّ ثاني أكسيدِ السيليكون SiO_2 هوَ أكثرُ المُركَّباتِ المُكوِّنةِ للمعادنِ في الصخورِ النارية.

فما أنواعُ الصخورِ النارية؟ كيفَ صنَّفَها العلماءُ؟

ما هو أكثر المركبات المكونه للمعادن في الصخور النارية؟ ثاني أكسيد السيليكون

تُصنَّفُ الصخورُ الناريةُ بحسبِ أماكنِ تبلوُرِها إلى صخورٍ ناريةٍ جوفيةٍ وصخورٍ ناريةٍ سطحيةٍ. فالصخورُ التي تنشأُ نتيجةَ تبريدِ الماغما وتبلورِها ببطءٍ في باطنِ الأرضِ تُسمّى **الصخورَ الناريةَ الجوفيةَ Intrusive Igneous Rocks**، ومنْ أمثلتِها صخرُ الغرانيتِ. أمّا الصخورُ التي تنشأُ بفعلِ تبريدِ اللّابةِ وتبلورِها بصورةٍ سريعةٍ على سطحِ الأرضِ، فتُسمّى **الصخورَ الناريةَ السطحيةَ Extrusive Igneous Rocks**، أنظرُ الشكلَ (3)، ومنْ أمثلتِها صخرُ البازلتِ.

تتكشَّفُ الصخورُ الناريةُ الجوفيةُ في جنوبِ الأردنِّ، وبخاصةٍ الصخورُ الغرانيتيةُ. أمّا الصخورُ الناريةُ السطحيةُ، ولا سيما الصخورُ البازلتيةُ، فتوجدُ في مناطقَ عدَّةٍ منَ الأردنِّ، مثلِ: المناطقِ الشماليةِ الشرقيةِ، والمناطقِ الوسطى، أنظرُ الشكلَ (4).

✓ **أتحقَّقُ:** أُفسِّرُ سببَ اختلافِ اللّابةِ عنِ الماغما بالرغمِ منْ أنَّهُما يُمثِّلانِ صخورًا مصهورةً. اللابة فقدت نسبة من الغازات الذائبة في الماغما

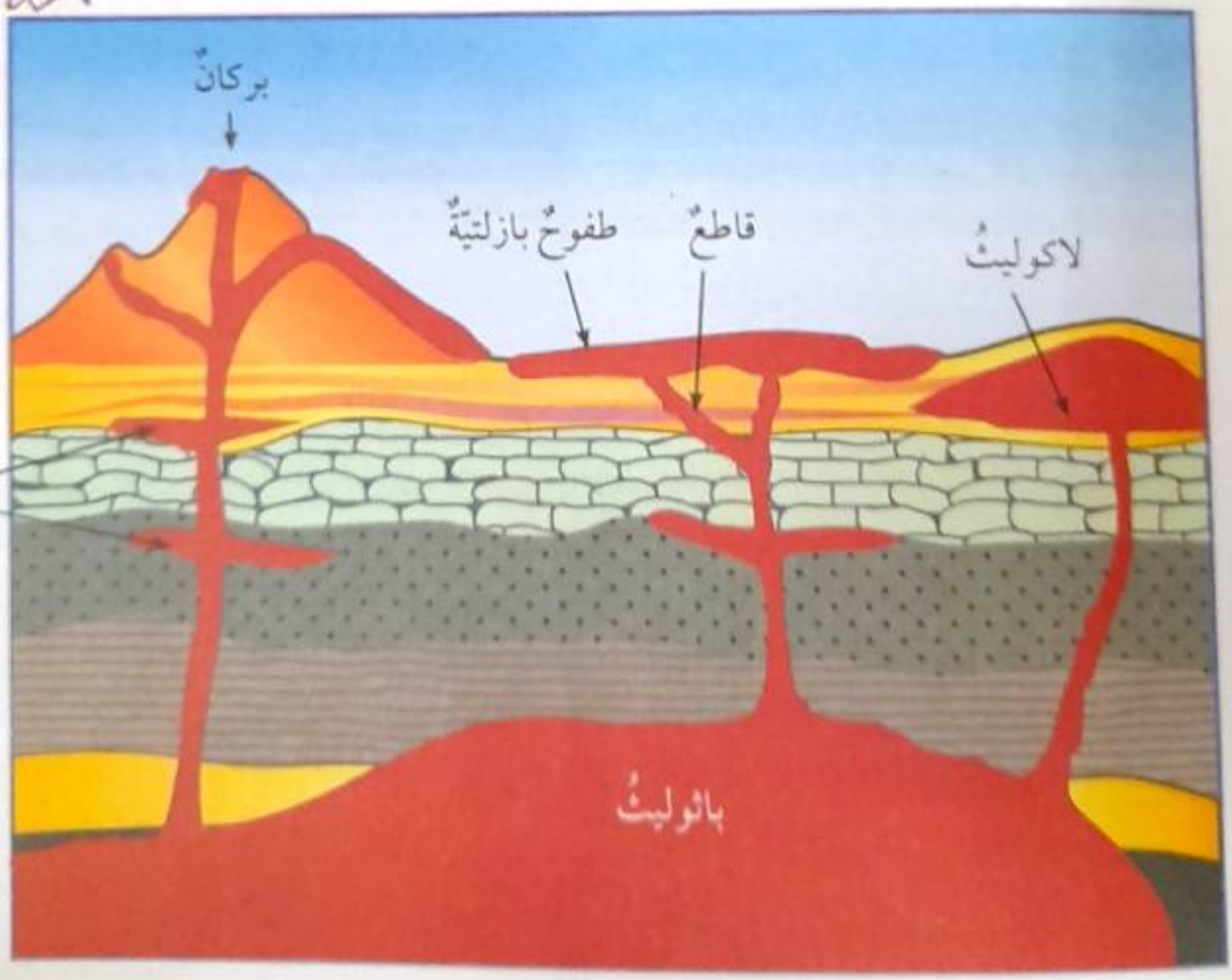
أشكالُ الصخورِ الناريةِ Igneous Rocks Landforms

توجدُ الصخورُ الناريةُ الجوفيةُ بأشكالٍ مختلفةٍ في الطبيعةِ، مثلِ: الباثوليثِ Batholith، وهوَ أكبرُ الأجسامِ الصخريةِ الجوفيةِ، وقدْ يمتدُّ إلى مئاتِ الكيلومتراتِ، واللاكوليثِ Laccolith، وهوَ أحدُ أشكالِ الصخورِ الناريةِ الأصغرُ حجمًا منَ الباثوليثِ، ويوجدُ قربَ سطحِ الأرضِ، ويكونُ مُدبَّبَ الشكلِ منَ الأعلى. ومنها أيضًا القواطعُ الناريةُ Dykes، وهيَ صخورٌ ناريةٌ تتبلورُ في الشقوقِ الصخريةِ أوِ الصدوعِ، وتقطعُ الصخورَ بشكلٍ عموديٍّ أوْ مائلٍ، ويُطلَقُ عليها اسمُ المُنَدَّسَةِ الناريةِ Sill إذا كانَتْ أفقيةً مُوازيةً للطبقاتِ.

أمّا الصخورُ الناريةُ السطحيةُ فتوجدُ في صورةِ براكينَ مختلفةِ الأنواعِ، أوْ في صورةِ طفوحٍ بازلتيةٍ (حرّاتٌ) Flood Basalts، وهيَ صخورٌ تتصلَّبُ منَ اللّابةِ المُتدفِّقةِ منَ الشقوقِ، وتمتدُّ إلى مساحاتٍ واسعةٍ، أنظرُ الشكلَ (5) الذي يُبيِّنُ أشكالَ الصخورِ الناريةِ في الطبيعةِ.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأف (movie maker)، أوضحُ فيـ كيفيةَ تصنيفِ الصخورِ النا اعتمادًا على أنسجتِها في الطبـ وأحرصُ على أنْ يشملَ صـ توضيحيةً، ثمَّ أشاركُ زملا زميلاتي في الصفِّ.

الشكلُ (5): أشكالُ الصخورِ ا السطحيةِ والجوفيةِ في الطبيعةِ. أُقارنُ بينَ الباثوليثِ واللاكوليثِ من الحجمِ.



صخرُ الغرانيتِ.

صخرُ الريوليتِ.

تصنيفُ الصخورِ الناريةِ Classification of Igneous Rocks

أشرْنا سابقًا إلى أنَّ الصخورَ الناريةَ تُصنَّفُ بحسبِ مكانِ تبريدِها وتبلوُرِها إلى صخورٍ ناريةٍ جوفيةٍ، وصخورٍ ناريةٍ سطحيةٍ، لكنَّ العلماءَ يُصنِّفونَ الصخورَ الناريةَ أيضًا بناءً على خصائصَ أُخرى، منْها: النسيجُ، والتركيبُ الكيميائيُّ والمعدنيُّ.

أولًا: النسيجُ Texture

يصفُ النسيجُ Texture حجمَ البلّوراتِ، وشكلَها، وترتيبَها في داخلِ الصخرِ. وهوَ يرتبطُ بسرعةِ تبريدِ الماغما الذي يعتمدُ على مكانِ تبلوُرِ الصخرِ الناريِّ؛ فالصخورُ الناريةُ الجوفيةُ تمتازُ عامةً بكِبرِ حجمِ بلّوراتِها، لذلكَ يكونُ نسيجُها خشنَ الحبيباتِ Coarse Grained Texture، في حينِ تمتازُ الصخورُ الناريةُ السطحيةُ ببلّوراتٍ صغيرةِ الحجمِ لا تُرى بالعينِ المُجرَّدةِ، فيكونُ نسيجُها ناعمَ الحبيباتِ Fine Grained Texture، أنظرُ الشكلَ (6).

عندَ تعرُّضِ اللّابةِ المنسابةِ على سطحِ الأرضِ لتبريدٍ مفاجئٍ وسريعٍ جدًّا، فإنَّ البلّوراتِ لا تتكوَّنُ فيها. وعوضًا عنْ ذلكَ، ترتبطُ ذرّاتُها بعضُها ببعضٍ عشوائيًّا، وتتصلَّبُ مُكوِّنةً نسيجًا زجاجيًّا Glassy Texture، أنظرُ الشكلَ (7).

الشكلُ (6): صخرُ الغرانيتِ الذي يمتازُ بحبيباتِهِ الكبيرةِ، وصخرُ الريوليتِ الذي يمتازُ بحبيباتِهِ الصغيرةِ.

أُفسِّرُ: لماذا يُعَدُّ نسيجُ الريوليتِ نسيجًا ناعمَ الحبيباتِ؟

الشكلُ (7): النسيجُ الزجاجيُّ في صخرِ الأوبسيديانِ.

مِنَ الأنسجةِ الأُخرى المشهورةِ في الصخورِ الناريةِ **النسيجُ السماقيُّ (البورفيريُّ)** Porphyritic Texture، الذي يظهرُ نسيجُ الصخرِ فيهِ على شكلِ بلّوراتٍ كبيرةٍ مرئيةٍ محاطةٍ ببلّوراتٍ صغيرةٍ غيرِ مرئيةٍ. وقدْ عزا الجيولوجيونَ سببَ تكوُّنِ هذا النسيجِ إلى تبريدِ الماغما على مرحلتينِ؛ الأولى يحدثُ فيها تبريدٌ بطيءٌ للماغما في باطنِ الأرضِ، فتتشكَّلُ بلّوراتٌ كبيرةُ الحجمِ. والثانيةُ يحدثُ فيها تبريدٌ سريعٌ للماغما قربَ سطحِ الأرضِ، أوْ تبريدٌ سريعٌ للّابةِ على سطحِ الأرضِ، فتتبلورُ بلّوراتٌ صغيرةٌ تتجمَّعُ حولَ البلّوراتِ الكبيرةِ المُتشكِّلةِ سابقًا، أنظرُ الشكلَ (8).

أمّا **النسيجُ الفقاعيُّ** Vesicular Texture فيتكوَّنُ نتيجةَ لخروجِ الغازاتِ منَ اللّابةِ وهيَ على سطحِ الأرضِ، فتتكوَّنُ مجموعةٌ منَ الفجواتِ أو الثقوبِ التي تُميِّزُ هذا النسيجَ، وهوَ ما يُمكِنُ أنْ نَلحظَهُ في صخرِ الخفافِ، أنظرُ الشكلَ (9).

✓ **أتحقَّقُ**: كيفَ يتكوَّنُ النسيجُ الزجاجيُّ؟

ثانيًا: التركيبُ الكيميائيُّ والمعدنيُّ Chemical and Mineral Composition

تُصنَّفُ الصخورُ الناريةُ بناءً على نسبةِ السيليكا والتركيبِ المعدنيِّ إلى أربعةِ أنواعٍ رئيسةٍ، هيَ: الصخورُ الفلسيةُ Felsic Rocks، والصخورُ المتوسطةُ Intermediate Rocks، والصخورُ المافيةُ Mafic Rocks، والصخورُ فوقَ المافيةِ Ultramafic Rocks، أنظرُ الشكلَ (10) الذي يُبيِّنُ العلاقةَ بينَ التركيبِ المعدنيِّ، ونوعِ الصخورِ، ومكانِ التبلورِ.

أمّا **الصخورُ الفلسيةُ**، فهيَ صخورٌ ناريةٌ تحتوي على معادنَ غنيةٍ بالسيليكا، مثلِ: الفلسبارِ البوتاسيِّ، والمسكوفيتِ، والكوارتزِ. وهيَ تمتازُ بألوانِها الفاتحةِ، ومنْ أشهرِ صخورِها: الغرانيتُ، والريوليتُ.