دليل المعلم

علوم الأرض والبيئة

الصف العاشر

الفصل الدراسي الأول

10

الناشر

المركز الوطني لتطوير المناهج

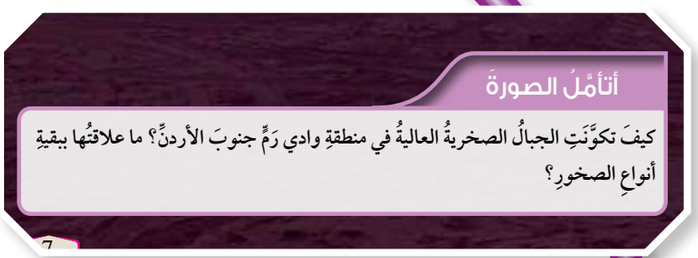
يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، ووزارة التربية والتعليم – إدارة المناهج والكتب المدرسية، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية: هاتف: 8-5/4617304، فاكس: 4637569، ص. ب: 1930، الرمز البريدي: 11118، أو بوساطة البريد الإلكتروني: scientific.division@moe.gov.jo

بِنية كتاب الطالب: دورة التعلُّم الخماسية

صممت وحدات كتاب الطالب وفق دورة التعلم الخماسية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر لهم فرصًا عديدة للاستقصاء، وحل المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا. وتتضمن ما يأتي:

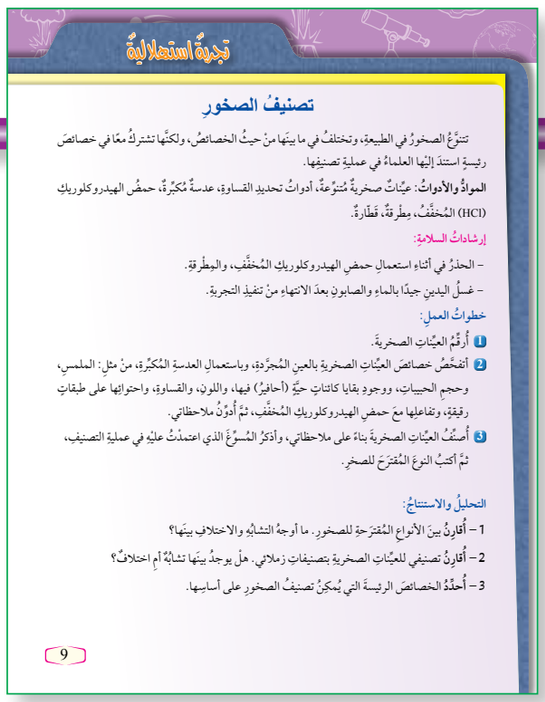
1 التهيئة Engagement:

إثارة فضول الطلبة الطبيعي ودافعيتهم إلى البحث والاستكشاف، وتنشيط المعرفة السابقة بالموضوع.



2 الاستكشاف Exploration:

مشاركة الطلبة في الموضوع؛ ما يمنحهم فرصةً لبناء فهمهم الخاص. ويجمع الطلبة في هذه المرحلة بيانات مباشرة تتعلق بالمفهوم الذي يدرسونه عن طريق إجراء أنشطة عملية متنوعة وجاذبة، يعتمد بعضها المنحى التكاملي (STEAM) الذي يساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم.


تجربةٌ استهلاليةٌ

تصنيفُ الصخورِ

تتنوَّعُ الصخورُ في الطبيعةِ، وتختلفُ في ما بينَها منْ حيثُ الخصائصُ، ولكنَّها تشتركُ معًا في خصائصَ رئيسةٍ استندَ إليْها العلماءُ في عمليةِ تصنيفِها.

الموادُّ والأدواتُ: عيِّناتٌ صخريةٌ مُتنوِّعةٌ، أدواتُ تحديدِ القساوةِ، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، حمضُ الهيدروكلوريكِ (HCl) المُخفَّفُ، مِطرَقةٌ، قطَّارةٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ في أثناءِ استعمالِ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، والمِطرَقةِ.
- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ الانتهاءِ منْ تنفيذِ التجربةِ.

خطواتُ العملِ:

1. أرقِّمُ العيِّناتِ الصخريةَ.
2. أتفحَّصُ خصائصَ العيِّناتِ الصخريةِ بالعينِ المُجرَّدةِ، وباستعمالِ العدسةِ المُكبِّرةِ، منْ مثلِ: الملمسِ، وحجمِ الحبيباتِ، ووجودِ بقايا كائناتٍ حيَّةٍ (أحافيرُ) فيها، واللونِ، والقساوةِ، واحتوائِها على طبقاتٍ رقيقةٍ، وتفاعلِها معَ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، ثمَّ أدوِّنُ ملاحظاتي.
3. أصنِّفُ العيِّناتِ الصخريةَ بناءً على ملاحظاتي، وأذكرُ المُسوِّغَ الذي اعتمدتُ عليْهِ في عمليةِ التصنيفِ، ثمَّ أكتبُ النوعَ المُقترَحَ للصخرِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أُقارِنُ بينَ الأنواعِ المُقترَحةِ للصخورِ. ما أوجهُ التشابُهِ والاختلافِ بينَها؟

2 – أُقارِنُ تصنيفي للعيِّناتِ الصخريةِ بتصنيفاتِ زملائي. هلْ يوجدُ بينَها تشابُهٌ أم اختلافٌ؟

3 – أُحدِّدُ الخصائصَ الرئيسةَ التي يُمكِنُ تصنيفُ الصخورِ على أساسِها.

9

5 التقويم Evaluation:

التحقُّق من تعلُّم الطلبة وفهمهم للموضوع، ومنح المُعلِّم فرصة لتعرُّف نقاط القوة والضعف لدى طلبته.

مراجعةُ الوحدةِ

السؤال الأول:
أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:
1. من الصخورِ النارية الجوفية:
أ - الأنديزيتُ. ب- البازلتُ.
ج- الريوليتُ. د - الغرانيتُ.
2. أقلُّ الصخورِ وفرةً بالسليكا هي الصخورُ:
أ - الفلسيةُ. ب- المتوسطةُ.
ج- العاليةُ. د - فوقَ العاليةِ.
3. الصخرُ الذي يتفاعلُ بشدَّةٍ مع حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ هو:
أ - الصخرُ الجيريُّ. ب- الجبسُ.
ج- الملحُ الصخريُّ. د - الدولوميتُ.
4. الصخرُ الرسوبيُّ الذي يقلُّ حجمُ حبيباتِهِ عنْ (1/256 mm) هو:
أ - الصخرُ الرمليُّ. ب- الكونغلوميريتُ.
ج- البريشيا. د - الغضارُ.
5. من الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ الحيويةِ:
أ - الصخرُ الرمليُّ. ب- الصخرُ الجيريُّ.
ج- صخرُ الكوركيا. د - صخرُ الغضارِ.
6. من الصخورِ المتحوِّلةِ غيرِ المتورِّقةِ صخرُ:
أ - الفايس. ب- الشيست.
ج- الأردواز. د - الرخام.

السؤال الثاني:
أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ منَ المصطلحاتِ:
أ - .....: صَهْيَرٌ سليكاتيٌّ يتكوَّنُ معظمُهُ من السليكا، ومنْ غازاتٍ أهمُّها بخارُ الماءِ.
ب- .....: أحدُ أشكالِ الصخورِ النارية، يوجدُ قربَ سطحِ الأرضِ، وهوَ مُتبايِنُ الشكلِ منَ الأعلى.
ج- .....: عمليةٌ يتمُّ فيها ترابطُ الحبيباتِ، وتتشبَّعُ منْ ترسُّبِ الموادِّ المعدنيةِ التي تحملُها المحاليلُ المائيةُ في الفراغاتِ الموجودةِ في الرسوباتِ.
د - .....: تُرْجِعاتٌ صغيرةٌ تنتجُ بفعلِ مياهِ الأنهارِ، أو الأمواجِ البحريةِ، أو الرياحِ، وتكونُ محفوظةً على سطحِ طبقةِ الصخرِ الرسوبيِّ.
هـ- .....: صخورٌ تتشكَّلُ نتيجةَ تبريدِ الماغما ببطءٍ في باطنِ الأرضِ.

السؤال الثالث:
ما الفرقُ بينَ القواطعِ النارية والمتفتتاتِ النارية؟

السؤال الرابع:
أفسِّرُ كلًّا مما يأتي تفسيرًا علميًّا دقيقًا:
أ - تمتلكُ الصخورُ النارية السطحيةُ بلوراتِها صغيرةَ الحجمِ التي لا تُرى بالعينِ المجرَّدةِ.

ب- لا يُعدُّ نسيجُ صخرِ الأوبسيديانِ نسيجًا ناعمًا.
ج - تمتازُ الصخورُ الطفليةُ بلونِها الداكنِ، في حينِ تمتازُ الصخورُ الحامضيةُ بلونِها الفاتحِ.
هـ- لا يوجدُ نسيجٌ متورِّقٌ في صخورِ الكوارتزيتِ.

السؤال الخامس:
أقارنُ بينَ كلِّ زوجٍ مما يأتي:
أ - الماغما واللابةُ من حيثُ اماكنُ وجودِهما، ومكوناتُهما.
ب- التحوُّلُ الإقليميُّ والتحوُّلُ التماسيُّ منْ حيثُ عاملُ التحوُّلِ المؤثِّرِ، ومساحةُ الصخورِ المتحوِّلةِ.

35

مراجعةُ الوحدةِ

السؤال السادس:
أوضِّحُ كيفيةَ تكوُّنِ النسيجِ الفقاعيِّ.

السؤال السابع:
أُصنِّفُ الصخورَ النارية الآتيةَ تبعًا لمحتواها منَ السليكا، منَ الأكثرِ إلى الأقلِّ:
الغابرو، البيريدوتيتُ، الغرانيتُ، الديوريتُ.

السؤال الثامن:
أقوِّمُ العبارةَ الآتيةَ:
"يحتوي الصخرُ الرمليُّ على معادنَ تختلفُ عنِ المعادنِ المكوِّنةِ للصخرِ الأصليِّ بسببِ حدوثِ تجويةٍ كيميائيةٍ للصخرِ الأصليِّ."

السؤال التاسع:
أستنتجُ: ما الذي يُمكِنُ استخلاصُهُ عنِ البيئاتِ الرسوبيةِ عندَ دراسةِ تتابعٍ طبقيٍّ مُكوَّنٍ منْ صخرِ الكونغلوميراتِ؟

السؤال العاشرُ:
أوضِّحُ: كيفَ تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ؟

السؤال الحادي عشرَ:
عثرَ أحدُ الجيولوجيينَ على آثارٍ لتشقُّقاتٍ طينيةٍ على سطحِ إحدى الطبقاتِ، علامَ يُمكِنُ أنْ يستدلَّ منْ وجودِها؟

السؤال الثاني عشرَ:
أرتِّبُ الصخورَ المتحوِّلةَ الآتيةَ من الأكثرِ درجةَ تحوُّلٍ إلى الأقلِّ منها:
الشيست، الفيليتُ، الفايس، الأردوازُ.

السؤال الثالث عشرَ:
أستنتجُ: لماذا يُمكِنُ رؤيةُ البلوراتِ المكوِّنةِ لصخرِ الفايسِ بالعينِ المجرَّدةِ، ولا يُمكِنُ تمييزُها في صخرِ الأردوازِ؟

السؤال الرابعَ عشرَ:
أذكرُ أسماءَ ثلاثةِ صخورٍ توجدُ في الأردنِّ، محدِّدًا استخدامَ كلٍّ منْها.

36

3 الشرح والتفسير Explanation:

تقديم محتوى يتسم بالتنوع في أساليب العرض، ويضم العديد من الصور والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية المرتبطة بالموضوع؛ ما يمنح الطلبة فرصةً لبناء المفهوم.

الدرس 1

الصخورُ النارية
Igneous Rocks

الفكرةُ الرئيسة:
تتكوّنُ الصخورُ الناريةُ نتيجةَ تبريدِ الماغما أو اللّابة وتبلوُرِها، وتُصنَّفُ بناءً على مكانِ تبلوُرِها إلى صخورٍ ناريةٍ جوفيةٍ، وصخورٍ ناريةٍ سطحيةٍ.

نتاجاتُ التعلُّم:
- أبيّنُ وجودَ ثلاثةِ أنواعٍ منَ الصخورِ تتكوّنُ منها القشرةُ الأرضيةُ.
- أتعرّفُ أنواعَ الصخورِ الناريةِ.
- أصنّفُ الصخورَ الناريةَ وأشكالَها في الطبيعةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

دورةُ الصخورِ	Rock Cycle
الماغما	Magma
اللّابة	Lava
الصخورُ الناريةُ الجوفيةُ	Intrusive Igneous Rocks
الصخورُ الناريةُ السطحيةُ	Extrusive Igneous Rocks
النسيج	Texture
نسيجٌ خشنُ الحبيبات	Coarse Grained Texture
نسيجٌ ناعمُ الحبيبات	Fine Grained Texture
النسيجُ الزجاجيُّ	Glassy Texture
النسيجُ الساقيُّ (البورفيريُّ)	Porphyritic Texture
النسيجُ الفقاعيُّ	Vesicular Texture

دورةُ الصخورِ Rock Cycle

استفادَ الإنسانُ منَ الصخورِ ومُكوِّناتِها المعدنيةِ على مرِّ العصورِ؛ إذ استخدمَها في بناءِ مسكنِه، وصنعِ أسلحتِه، واستخراجِ منها العديدَ منَ العناصرِ، مثلَ: الحديدِ، والنحاسِ. وقد 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 المتحوِّلةُ Metamorphic Rocks.

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

الشكلُ (1): دورةُ الصخورِ في الطبيعةِ.
أحدِّدُ ما المرحلةَ التي يجبُ أنْ تمرَّ بها الصخورُ جميعُ الأشكالِ الصخورِ النارية؟

تنشأُ بعضُ أنواعِ الصخورِ الناريةِ في باطنِ الأرضِ منْ تبلوُرِ الماغما Magma، وهيَ مُصْهَرٌ يتكوَّنُ معظمُهُ منَ السليكا، ومنْ غازاتٍ أهمُّها بخارُ الماءِ. عندما تتعرَّضُ الصخورُ الناريةُ المتكوِّنةُ في باطنِ الأرضِ لعملياتٍ جيولوجيةٍ تعملُ على رفعِها، فإنَّها تتكشَّفُ على سطحِ الأرضِ، وتَحدُثُ عليها عمليّاتُ التجويةِ والتعريةِ، انظرِ الشكلَ (2)؛ ما يؤدي إلى تفتُّتِ الصخورِ، وتكوُّنِ الفتاتِ الصخريِّ الذي قدْ يُنقَلُ بفعلِ الرياحِ أو الماءِ إلى أماكنَ أخرى تُسمّى أماكنَ الترسيبِ، فيستقرُّ فيها، ويتراكمُ مُشكِّلًا الرسوباتِ بعمليةٍ تُسمّى الترسيبَ. وحينَ تُدفَنُ الرسوباتُ، وتتراكمُ، فإنَّها تتصلَّبُ مُكوِّنةً الصخورَ الرسوبيةَ.

عندَ تعرُّضِ الصخورِ الرسوبيةِ المتكوِّنةِ لضغطٍ وحرارةٍ عاليَيْنِ دونَ درجةِ الانصهارِ، فإنَّها تصبحُ صخورًا مُتحوِّلةً. وقدْ تتصهَرُ هذهِ الأنواعُ الثلاثةُ عندَ دفنِها في أعماقٍ كبيرةٍ بباطنِ الأرضِ نتيجةَ الحرارةِ العاليةِ، فتتشكَّلُ الماغما مرَّةً أخرى.

الشكلُ (2): صخورٌ تعرَّضَتْ لعملياتِ تجويةٍ وتعريةٍ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما الفرقُ بينَ الفُتاتِ الصخريِّ والرسوبيات؟

تكوُّنُ الصخورِ النارية Igneous Rocks Formation

تنشأُ الصخورُ الناريةُ منْ تبريدِ الماغما وتبلوُرِها في باطنِ الأرضِ. تتراوحُ درجاتُ حرارةِ الماغما بينَ (700 °C ، 1300 °C). وعندما تخرجُ الماغما منْ باطنِ الأرضِ إلى سطحِها، فإنَّها تُسمّى اللّابة Lava، وهيَ تمتازُ عنِ الماغما بفقدانِها كميةً كبيرةً منَ الغازاتِ التي كانتْ ذائبةً فيها.

تختلفُ أنواعُ الصخورِ الناريةِ المتكوِّنةِ باختلافِ نوعِ الماغما المتكوِّنةِ لها، علمًا بأنَّ أكثرَ العناصرِ الرئيسةِ شيوعًا في الماغما هيَ العناصرُ الشائعةُ نفسُها في صخورِ القشرةِ الأرضيةِ: الأكسجينُ، والسليكون، والألومنيوم، والحديدُ، والكالسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم. ونظرًا إلى وفرةِ عنصرِ السليكا في الماغما؛ فإنَّ أكسيدَ السليكا SiO_2 هوَ أكثرُ المُركَّباتِ المتكوِّنةِ للصخورِ الناريةِ.

فما أنواعُ الصخورِ الناريةِ؟ كيفَ صنَّفَها العلماءُ؟

تعلَّمْتُ تتكوَّنُ الماغما والقشرةُ الأرضيةُ منْ عناصرَ رئيسةٍ كما فيها.

أتذكَّرُ: ما العلاقةُ بينَ نسبةِ عنصرَيِ الأكسجينِ والسليكونِ في الماغما ووفرةِ المعادنِ السليكاتيةِ في صخورِ القشرةِ الأرضيةِ؟ أناقشُ معلِّمي وزملائي في النتائجِ التي أتوصَّلُ إليها.

4 التوسُّع Elaboration:

تزويد الطلبة بخبرات إضافية لإثارة مهارات الاستقصاء لديهم، عن طريق إشراكهم في تجارب وأنشطة جديدة تكون أشبه بتحدٍّ يُفضي إلى التوسُّع في الموضوع، أو تعميق فهمه.

الإثراءُ والتوسعُ

الصوفُ الصخريُّ Rockwool

تدخلُ الصخورُ في صناعةِ العديدِ منَ المُنتَجاتِ التي يستعملُها الإنسانُ في حياتِهِ اليوميةِ. ومنْ هذهِ المنتجاتِ الصوفُ الصخريُّ، وهوَ مادةٌ عازلةٌ تمتازُ بمقاومتِها الحرائقَ بسببِ درجةِ انصهارِها العاليةِ، وبقدرتِها على العزلِ الحراريِّ والعزلِ الصوتيِّ؛ لذا تُستخدَمُ في عزلِ جدرانِ المباني، وفي صناعةِ بعضِ الأدواتِ الكهربائيةِ، مثلِ المكيِّفاتِ والثلّاجاتِ، فضلًا عنِ استخدامِها في الزراعةِ.

يُصنَعُ الصوفُ الصخريُّ عنْ طريقِ صهرِ صخرِ البازلتِ في أفرانٍ خاصةٍ تصلُ فيها درجةُ الحرارةِ إلى (1600 °C)، ثمَّ تُحرَّكُ الصهارةُ على نحوٍ دائريٍّ في عجلةِ الغزلِ بسرعةٍ كبيرةٍ. وفي أثناءِ ذلكَ يُسلَّطُ عليها تيارٌ هوائيٌّ شبيهٌ بما في آلةِ غزلِ الحلوى، فتنتجُ خيوطٌ رفيعةٌ متشابكةٌ، ثمَّ تُجمَّعُ بأشكالٍ مختلفةٍ.

تشيرُ الدراساتُ إلى أنَّ الصوفَ الصخريَّ آمنٌ، وغيرُ مُضِرٍّ بصحةِ الإنسانِ. وصناعةُ الصوفِ الصخريِّ هيَ منَ الصناعاتِ الواعدةِ المُجدِيةِ اقتصاديًّا، ويوجدُ في الأردنِّ عددٌ منْ مصانعِ الصوفِ الصخريِّ التي تُنتِجُ أنواعًا مختلفةً منهُ.

الكتابةُ في الجيولوجيا
أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ عنِ استخداماتٍ أُخرى لصخرِ البازلتِ، مُبيِّنًا فوائدَهُ الاقتصاديةَ، ثمَّ أكتبُ مقالةً عنْ ذلكَ.

عناصر محتوى الدرس

يشمل الدرس عناصر متنوعة، عرضت بتسلسل بنائي واضح؛ ما يسهل تعلم الطلبة المفاهيم والمعارف والأفكار الواردة في الدرس.

الفكرة الرئيسة

تتضمَّن تلخيص المفاهيم والأفكار والمعارف التي سيتعلَّمها الطلبة في أثناء الحصة.

الفكرةُ الرئيسةُ:

تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ نتيجةَ تصخُّرِ الرسوبياتِ على شكلِ طبقاتٍ متتاليةٍ.

شرح محتوى الدرس

شرح محتوى الدرس بعبارات بسيطة تراعي الفئة العمرية وخصائص الطلبة النمائية، وتنظيم عملية الشرح بحيث تشتمل على عناوين رئيسة، يتفرَّع منها عناوين ثانوية، وتندرج أحيانًا عناوين فرعية من العناوين الثانوية، وتظهر بألوان مختلفة.

الصخورُ الرسوبيةُ
Sedimentary Rocks

تكوُّنُ الصخورِ الرسوبيةِ Sedimentary Rocks Formation

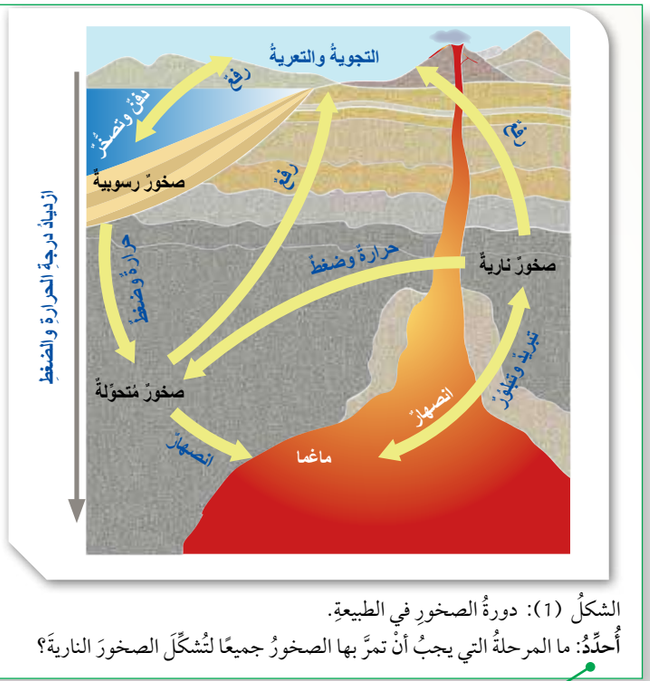
تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ الصخورَ الرسوبيةَ هيَ أحدُ أنواعِ الصخورِ التي تتشكَّلُ منْها القشرةُ الأرضيةُ.

تغطّي الصخورُ الرسوبيةُ ثلاثةَ أرباعِ سطحِ اليابسةِ تقريبًا، وتُشكِّلُ نحوَ 5 % منْ حجمِ الصخورِ الكليِّ في القشرةِ الأرضيةِ، ويُمثِّلُ وجودُها أهميةً كبيرةً في حياتِنا. ولكنْ، كيفَ يتكوَّنُ هذا النوعُ منَ الصخورِ؟

يبدأُ تكوُّنُ الصخورِ الرسوبيةِ منْ عمليةِ التجويةِ التي تعملُ على تكسيرِ الصخورِ والمعادنِ المُكوِّنةِ لها، وتفتيتِها، وتحليلِها، أنظرُ الشكلَ (12). يُمكِنُ تقسيمُ التجويةِ إلى نوعيْنِ رئيسيْنِ، هما: التجويةُ الفيزيائيةُ (الميكانيكيةُ) التي ينتجُ منْها فُتاتٌ صخريٌّ مُشابهٌ في خصائصِهِ للصخورِ الأصليةِ، وتحدثُ غالبًا في المناطقِ الصحراويةِ الجافةِ، والتجويةُ الكيميائيةُ التي تؤدي إلى تكوُّنِ معادنَ جديدةٍ تختلفُ في خصائصِها عنِ المعادنِ المُكوِّنةِ للصخرِ الأصليِّ، وهيَ تحدثُ غالبًا في المناطقِ الرطبةِ ذاتِ درجاتِ الحرارةِ المرتفعةِ.

الصور والأشكال

صور واضحة ومتنوعة تُحقِّق الغرض العلمي.



الشكلُ (1): دورةُ الصخورِ في الطبيعةِ.

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

أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها من الصورة؛ لتدريب الطلبة على التحليل.

تصنيفُ الصخورِ الرسوبيةِ Classification of Sedimentary Rocks

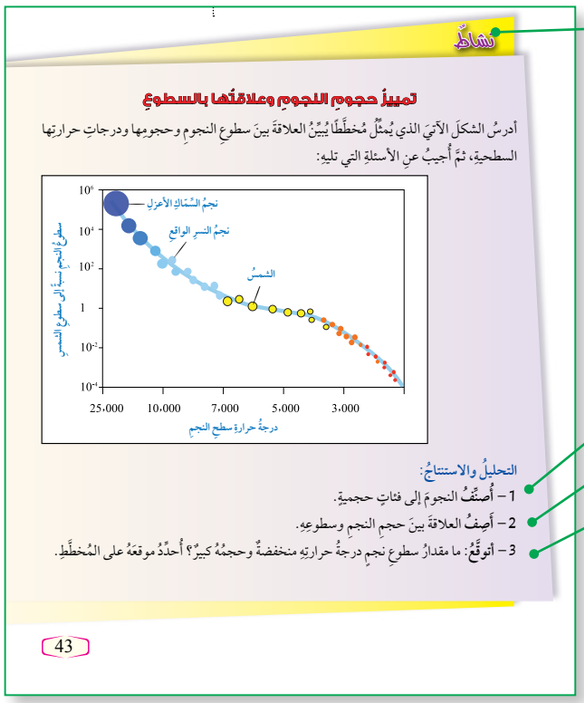
تُصنَّفُ الصخورُ الرسوبيةُ تبعًا لكيفيةِ تكوُّنِها إلى ثلاثةِ أنواعٍ رئيسةٍ، هيَ: الصخورُ الرسوبيةُ الفُتاتيةُ Clastic Sedimentary Rocks التي تنشأُ منْ ترسُّبِ الفُتاتِ الصخريِّ الناتجِ منَ التجويةِ الفيزيائيةِ. والصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ Chemical Sedimentary Rocks التي تنشأُ منْ ترسُّبِ الموادِّ الذائبةِ في أحواضِ الترسيبِ، مثلِ البحارِ، بعدَ زيادةِ تركيزِها. والصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ الحيويةُ Biochemical Sedimentary Rocks التي تنشأُ منْ تراكُمِ بقايا الكائناتِ الحيةِ الصُّلْبةِ؛ الحيوانيةِ أوِ النباتيةِ، وتصخُّرِها.

المفاهيم والمصطلحات

تظهر مُظلَّلة وبخط غامق؛ للتركيز عليها، وجذب انتباه الطلبة إليها.

نشاط

خبرات عملية تُكسِب الطلبة مهارات ومعارف متنوعة، بعضها وفق المنحى التكاملي STEAM.


نشاط

تمييزُ حجومِ النجومِ وعلاقتُها بالسطوعِ

أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثِّلُ مُخطَّطًا يُبيِّنُ العلاقةَ بينَ سطوعِ النجومِ وحجومِها ودرجاتِ حرارتِها السطحيةِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أُصنِّفُ النجومَ إلى فئاتٍ حجميةٍ.

2 – أَصِفُ العلاقةَ بينَ حجمِ النجمِ وسطوعِهِ.

3 – أتوقَّعُ: ما مقدارُ سطوعِ نجمٍ درجةُ حرارتِهِ منخفضةٌ وحجمُهُ كبيرٌ؟ أُحدِّدُ موقعَهُ على المُخطَّطِ.

43

المهارات

تحدّي قدرات الطلبة في مجال التفسير، والتحليل، ومعالجة المعلومات؛ لذا فهي تُنّمي قدراتهم على التأمُّل، والتفكير، والاستقصاء؛ لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة.

الربط بـ

تقديم معلومات بغرض التكامل مع المباحث الأُخرى، أو ربط تعلُّم الطلبة بمجالات الحياة؛ ليصبح تعلُّمهم ذا معنى.

الربط بالكيمياء

* تتفاعلُ أيوناتُ الكالسيومِ (Ca^{2+}) معَ مجموعةِ الهيدروكسيدِ الأيونيةِ (OH^-) لتكوينِ مُركَّبِ هيدروكسيدِ الكالسيومِ ($Ca(OH)_2$)؛ إذْ يتفاعلُ مُركَّبُ هيدروكسيدِ الكالسيومِ وثاني أكسيدِ الكربونِ (CO_2) لتكوينِ كربوناتِ الكالسيومِ ($CaCO_3$) والماءِ (H_2O) وفقَ المعادلتيْنِ الآتيتيْنِ:

توظيف التكنولوجيا

إسهام التكنولوجيا الفاعل في تعلُّم العلوم، والمساعدة على استكشاف المفاهيم الجديدة، وتحفيز أدوات التكنولوجيا الطلبة على التأمَّل، والتحليل، والتفكير.

أبحثُ:

تُعَدُّ المحاليلُ المائيةُ الحارةُ (الحرمائيةُ) أحدَ عواملِ التحوُّلِ المُؤثِّرةِ في الصخورِ. مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أُحدِّدُ كيفَ تعملُ هذهِ المحاليلُ على تحوُّلِ الصخورِ، مُبيِّنًا علاقتَها بأنواعِ التحوُّلِ الأُخرى.

أُفكِّر

تنمية مهارات التفكير.

أفكِّرُ تتكوَّنُ الماغما والقشرةُ الأرضيةُ منْ عناصرَ رئيسةٍ كما في النصِّ المجاورِ.

أسئلة مراجعة الدرس

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة، والمفاهيم، والمصطلحات، والمهارات.

مراجعةُ الدرسِ

1. أذكرُ العواملَ التي تُسهِمُ في تحوُّلِ الصخورِ.
2. **أُفسِّرُ**: لماذا لا يُعَدُّ صخرُ الرخامِ صخرًا مُتورِّقًا؟
3. **أُقارِنُ** بينَ التحوُّلِ بالدفنِ والتحوُّلِ التَّماسيِّ منْ حيثُ العواملُ المُؤثِّرةُ في كلٍّ منْهُما.
4. **أستنتجُ**: إذا تعرَّضَتِ الصخورُ لمحاليلَ مائيةٍ حارَّةٍ جدًّا، فماذا يحدثُ لها؟
5. **أتوقَّعُ**: إذا تعرَّضَتْ صخورُ الشيستِ لضغطٍ وحرارةٍ إضافيْنِ، فماذا يحدثُ لها؟

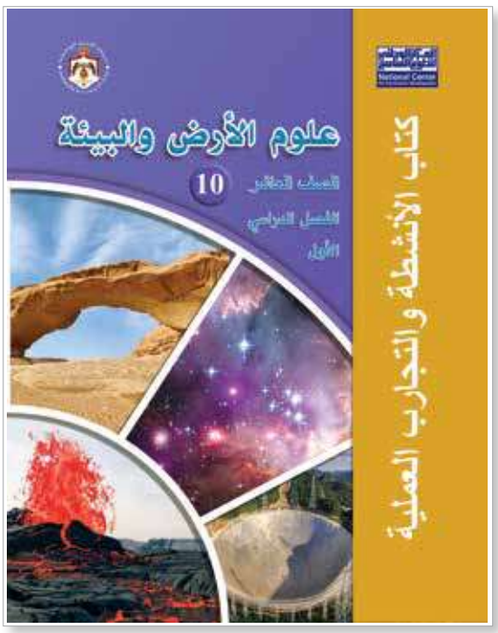
التقويم التكويني

أسئلة تهدف إلى التحقُّق من مدى فهم الطلبة في أثناء عملية التعلُّم.

أتحقَّقُ: أذكرُ أسماءَ ثلاثةِ معادنَ تتوافرُ في الأردنِّ، مُحدِّدًا استخدامًا واحدًا لكلٍّ منْها.

بِنية كتاب الأنشطة والتجارب العملية

أُفرِدُ كتاب الأنشطة والتجارب العملية لتدوين الملاحظات ونتائج الأنشطة والتمارين التي يُنفِّذها الطلبة، وما يتعلَّمونه بصورة رئيسة في الدروس. وهو يتضمَّن توجيهات للطلبة بخصوص ما يجب القيام به، ويُسهِم في تقديم تغذية راجعة مكتوبة عن تعلُّمهم وأدائهم.



أوراق عمل خاصة بالأنشطة الموجودة في كتاب الطالب

تتضمَّن أوراق العمل المواد والأدوات اللازمة لإجراء النشاط، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها في أثناء تنفيذ النشاط. وهي تشمل خطوات العمل والأماكن المخصصة لتدوين الملاحظات والنتائج التي توصَّل إليها الطلبة. وتتضمَّن بعض أوراق العمل صورًا توضيحية لبعض الإجراءات التي توجِب ذلك.

التجربة 1
علاقةُ معدَّلِ التبريدِ بحجمِ البلّورات
الخلفيةُ العلميةُ:
تمتازُ الصخورُ الناريةُ الجوفيةُ بكبرِ حجمِ بلّوراتِها خلافًا للصخورِ الناريةِ السطحيةِ التي تمتازُ بصغرِ حجمِ بلّوراتِها، وذلكَ اعتمادًا على سرعةِ تبريدِ الماغما أوِ اللّابةِ.
الهدفُ:
تحديدُ العلاقةِ بينَ سرعةِ تبريدِ الماغما أوِ اللّابةِ وحجمِ البلّوراتِ الناتجةِ في الصخورِ
المواد والأدوات:
كبريتاتُ النحاسِ ($CuSO_4$)، ماءٌ ساخنٌ، خيطٌ قطنيٌّ، قلمُ رصاصٍ، وعاءانِ زجاجيانِ
ثلّاجةٌ أوْ حافظةُ حرارةٍ، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، ساعةُ توقيتٍ، ميزانُ حرارةٍ، نظّاراتٌ واقيةٌ، قفاز
إرشاداتُ السلامةِ:
- ارتداءُ النظّارةِ الواقيةِ والقُفّازيْنِ قبلَ البدءِ بتنفيذِ التجربةِ.
- الحذرُ منَ انسكابِ الماءِ الساخنِ على الجسمِ.
- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ استخدامِ مادةِ كبريتاتِ النحاسِ.
- الحذرُ عندَ استخدامِ الوعاءيْنِ الزجاجيّيْنِ؛ خشيةَ الإصابةِ بجروحٍ في حالِ كـ
خطواتُ العملِ:
1. بالتعاونِ معَ زملائي، أُحضِّرُ محلولًا مشبعًا منْ كبريتاتِ النحاسِ في الوعاءيْنِ
2. أضعُ أولًا في كلِّ وعاءٍ ml (100) منَ الماءِ الساخنِ، ثمَّ أُضيفُ تدريجيًّا كم النحاسِ في الوعاءيْنِ.
3. أُحرِّكُ المحلولَ في الوعاءيْنِ بالملعقةِ حتّى يصبحَ المحلولُ في الوعاءيْنِ م
الوحدةُ 1:

تجربة استهلالية
تصنيفُ الصخورِ
الخلفيةُ العلميةُ:
تتنوَّعُ الصخورُ في الطبيعةِ، وتختلفُ في ما بينَها منْ حيثُ الخصائصُ، ولكنَّها تشتركُ معًا في خصائصَ رئيسةٍ استندَ إليْها العلماءُ في عمليةِ تصنيفِها.
الهدفُ:
تصنيفُ عيِّناتٍ صخريةٍ إلى مجموعاتٍ رئيسةٍ بناءً على الخصائصِ المتشابهةِ بينَها.
المواد والأدوات:
عيِّناتٌ صخريةٌ مُتنوِّعةٌ، أدواتُ تحديدِ القساوةِ، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، حمضُ الهيدروكلوريكِ (HCl) المُخفَّفُ، مِطرقةٌ، قطّارةٌ.
إرشاداتُ السلامةِ:
- الحذرُ في أثناءِ استعمالِ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، والمِطرقةِ.
- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ الانتهاءِ منْ تنفيذِ التجربةِ.
خطواتُ العملِ:
1. أُرقِّمُ العيِّناتِ الصخريةَ.
2. أتفحَّصُ خصائصَ العيِّناتِ الصخريةِ بالعينِ المُجرَّدةِ، وباستعمالِ العدسةِ المُكبِّرةِ، منْ مثلِ: الملمس، وحجمِ الحبيباتِ، ووجودِ بقايا كائناتٍ حيَّةٍ (أحافيرُ) فيها، واللونِ، والقساوةِ، واحتوائِها على طبقاتٍ رقيقةٍ، وتفاعلِها معَ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي في الجدولِ (1).
4 الوحدةُ 1: الصخورُ.

تجربة إثرائية

نمذجةُ مبدأ عملِ الثقبِ الأسودِ

الخلفيةُ العلميةُ:

تولّدُ الثقوبُ السوداءُ منِ احتضارِ النجومِ الضخمةِ
الأقلّ- كتلةَ الشمسِ أضعافًا
ا صغيرًا. غيرَ أنّهُ توجدُ ثقوبٌ
ل حجمُها حجمَ النظامِ الشمسيّ
اذيةِ هذهِ الأجرامِ حدًّا هائلًا لا
شكالِ المادةِ أوِ الطاقةِ بالإفلاتِ

الأسود.

جيتانِ كبيرتا الحجمِ، كرتانِ زجاجيتانِ صغيرتا الحجمِ، مِقَصٌّ.

لمِقَصّ.
رةِ الزجاجيةِ الكبيرةِ أرضًا؛ تجنُّبًا لإصابةِ القَدمِ.

طعةِ القماشِ.
ضاءَ الخارجيَّ بمَدِّ قطعةِ القماشِ أفقيًّا حتّى تصبحَ مشدودةً منْ جميعِ الاتجاهاتِ،
ثنائيةَ الأبعادِ.
كرةٍ زجاجيةٍ، ثمَّ أضعْ الكرةَ الزجاجيةَ الكبيرةَ على أحدِ أطرافِ قطعةِ القماشِ، ثمَّ
سطحِ قطعةِ القماشِ في مسارٍ مستقيمٍ حتّى تستقرَّ في المنتصفِ، مُلاحِظًا انحناءَ
الكرةِ.

الوحدةُ 2: النجومُ. 25

تجربة إثرائية

تعرُّفُ الصخورِ

الخلفيةُ العلميةُ:

تُصنَّفُ الصخورُ إلى ثلاثةِ أنواعٍ رئيسةٍ، هيَ: الناريةُ، والرسوبيةُ، والمُتحوِّلةُ. ولكلِّ نوعٍ منْها خصائصُ تُميِّزُهُ عنْ غيرِهِ منَ الأنواعِ الأُخرى بناءً على طريقةِ تكوُّنِهِ؛ فالصخورُ الناريةُ تتكوَّنُ نتيجةَ تبريدِ الماغما أوِ اللّابةِ وتبلوُرِ معادِنِها، والصخورُ الرسوبيةُ تنتجُ منْ تجمُّعِ الفتاتِ الناجمِ عنْ عملياتِ التجويةِ الفيزيائيةِ، أوْ تجمُّعِ بقايا الكائناتِ الحيَّةِ، أوْ ترسُّبِ المعادنِ منَ المحاليلِ المشبعةِ على شكلِ طبقاتٍ، وهذهِ المعادنُ تتكوَّنُ منْ تفاعلِ الأيوناتِ الناتجةِ منَ التجويةِ الكيميائيةِ للصخورِ التي تنقلُها المياهُ إلى أحواضِ الترسيبِ. أمّا الصخورُ المُتحوِّلةُ فتنتجُ عندما تتعرَّضُ الصخورُ للحرارةِ، أوِ الضغطِ، أوِ الاثنيْنِ معًا
الانصهارِ.

ريةِ إلى أنواعِها الثلاثةِ بناءً على خصائصِها المشتركةِ.

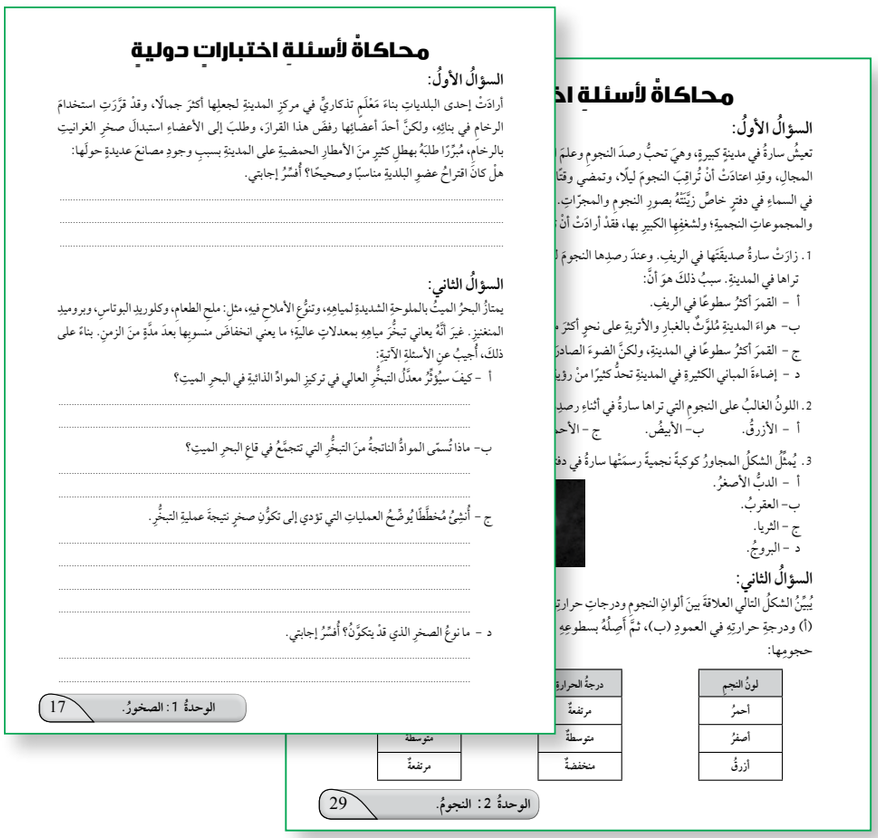
ت، بازلتُ، ريوليتُ، غابرو، شيستُ، نايسُ، رخامُ، صخرٌ رمليٌّ، صخرٌ جيريٌّ،
إلى10، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، حمضُ الهيدروكلوريكِ (HCl) المُخفَّفُ، مِطرقةٌ، قَطّارةٌ
صخريةٍ منَ البيئةِ المحليةِ إنْ لمْ تتوافرِ العيِّناتُ الصخريةُ المُشارُ إليْها)، جدولُ

مالِ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، والمِطرقةِ.
لماءِ والصابونِ بعدَ الانتهاءِ منْ تنفيذِ التجربةِ.

الوحدةُ 1: الصخورُ. 12

تجارب إثرائية

يشتمل كتاب الأنشطة والتجارب العملية على تجارب إثرائية، منها ما يُعمِّق فهم الطلبة لموضوع الدرس، ومنها ما يمنحهم فرصة التوسُّع في المعرفة المُتعلِّقة بموضوع ما.



محاكاةُ أسئلةِ اختباراتٍ دولية

السؤالُ الأولُ:

أرادَتْ إحدى البلدياتِ بناءَ مَعْلَمٍ تذكاريٍّ في مركزِ المدينةِ لجعلِها أكثرَ جمالًا، وقدْ قرَّرَتِ استخدامَ الرخامِ في بنائِهِ، ولكنَّ أحدَ أعضائِها رفضَ هذا القرارَ، وطلبَ إلى الأعضاءِ استبدالَ صخرِ الغرانيتِ بالرخامِ، مُبرِّرًا طلبَهُ بهطولِ كثيرٍ منَ الأمطارِ الحمضيةِ على المدينةِ بسببِ وجودِ مصانعَ عديدةٍ حولَها:
هلْ كانَ اقتراحُ عضوِ البلديةِ مناسبًا وصحيحًا؟ أُفسِّرُ إجابتي.

السؤالُ الثاني:

يمتازُ البحرُ الميتُ بالملوحةِ الشديدةِ لمياهِهِ، وتنوُّعِ الأملاحِ فيهِ، مثلِ: ملحِ الطعامِ، وكلوريدِ البوتاسِ، وبروميدِ المغنيزِ. غيرَ أنَّهُ يعاني تبخُّرَ مياهِهِ بمعدلاتٍ عاليةٍ؛ ما يعني انخفاضَ منسوبِها بعدَ مدَّةٍ منَ الزمنِ. بناءً على ذلكَ، أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ - كيفَ سيؤثِّرُ معدَّلُ التبخُّرِ العالي في تركيزِ موادِّ الذائبةِ في البحرِ الميتِ؟

ب- ماذا تُسمّى الموادُّ الناتجةُ منَ التبخُّرِ التي تتجمَّعُ في قاعِ البحرِ الميتِ؟

ج - أُنشِئُ مُخطَّطًا يُوضِّحُ العملياتِ التي تؤدي إلى تكوُّنِ صخرٍ نتيجةَ عمليةِ التبخُّرِ.

د - ما نوعُ الصخرِ الذي قدْ يتكوَّنُ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

الوحدةُ 1: الصخورُ. 17

محاكاةُ لأسئلةِ اخ

السؤالُ الأولُ:

تعيشُ سارةُ في مدينةٍ كبيرةٍ، وهيَ تحبُّ رصدَ النجومِ وعلمَ
المجالِ، وقدِ اعتادَتْ أنْ تُراقِبَ النجومَ ليلًا، وتمضي وقتًا
في السماءِ في دفترٍ خاصٍّ زيَّنَتْهُ بصورِ النجومِ والمجرّاتِ.
والمجموعاتِ النجميةِ؛ ولشغفِها الكبيرِ بها، فقدْ أرادَتْ أنْ

1. زارَتْ سارةُ صديقَتَها في الريفِ. وعندَ رصدِها النجومَ
تراها في المدينةِ. سببُ ذلكَ هوَ أنَّ:
أ - القمرَ أكثرُ سطوعًا في الريفِ.
ب- هواءَ المدينةِ مُلوَّثٌ بالغبارِ والأتربةِ على نحوٍ أكثرَ
ج - القمرَ أكثرُ سطوعًا في المدينةِ، ولكنَّ الضوءَ الصادرَ
د - إضاءةَ المباني الكثيرةِ في المدينةِ تحدُّ كثيرًا منْ رؤيةِ

2. اللونُ الغالبُ على النجومِ التي تراها سارةُ في أثناءِ رصدِ
أ - الأزرقُ. ب- الأبيضُ. ج - الأحـ

3. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ كوكبةً نجميةً رسمَتْها سارةُ في دف
أ - الدبُّ الأصغرُ.
ب- العقربُ.
ج - الثريا.
د - البروجُ.

السؤالُ الثاني:

يُبيِّنُ الشكلُ التالي العلاقةَ بينَ ألوانِ النجومِ ودرجاتِ حرارتِ
(أ) ودرجةِ حرارتِهِ في العمودِ (ب)، ثمَّ أصِلُهُ بسطوعِهِ
حجومِها:

لونُ النجمِ	درجةُ الحرارةِ
أحمرُ	مرتفعةٌ
أصفرُ	متوسطةٌ
أزرقُ	منخفضةٌ

متوسطة
مرتفعةٌ

الوحدةُ 2: النجومُ. 29

أسئلة اختبارات دولية أو على نمطها.

يتضمَّن كتاب الأنشطة والتجارب العملية عددًا من أسئلة الاختبارات الدولية أو على نمطها، لأنها تُركِّز على إتقان العمليات واستيعاب المفاهيم، والقدرة على توظيفها في مواقف حياتية واقعية، ولتشجيع المعلِّم على بناء نماذج اختبارات تحاكي هذه الأسئلة؛ لما لها من أثر في إثارة تفكير الطلبة، ما قد يُسهِم في جعل التفكير العلمي المنطقي نمط تفكير للطلبة في حياتهم اليومية.

دليل المُعلِّم

يُقدّم الدليل نظرة عامة عن كل وحدة في كتاب الطالب والدروس التي فيها. ويُعرَض الدرس وفق نموذج تدريس من ثلاث مراحل، يُنفَّذ كلٌّ منها باستعمال عناصر مُحدَّدة. تبدأ كل وحدة بمصفوفة نتاجات تتضمَّن نتاجات الوحدة، والنتاجات السابقة، والنتاجات اللاحقة المرتبطة بها؛ لتعين المُعلِّم على الترابط الرأسي للمفاهيم والأفكار، وتساعده على تصميم أنشطة التعلُّم والتعليم في الوحدة وتنفيذها.

مراحل نموذج التدريس

1 تقديم الدرس

تقديم الدرس يشمل ما يأتي:

- **الفكرة الرئيسة:**
  التوضيح للمُعلِّم كيفية عرض فكرة الدرس الرئيسة.
- **الربط بالمعرفة السابقة**
  يُقصَدُ به تنشيط التعلُّم السابق للطالب، الذي يُعَدُّ أساسًا لتعرُّف تنظيم المعلومات، وطرائق ترابطها. ويُقدِّم الدليل مقترحات عدَّةٍ لهذا الربط، وينتهج أساليب متنوعة تختلف باختلاف موضوع الدرس.

2 التدريس

التدريس يشمل ما يأتي:

- **المناقشة**
  يُقدِّم الدليل للمُعلِّم مقترحات لمناقشة الطلبة في موضوع الدرس، مثل الأسئلة التي تُمهِّد للحوار بينه وبين طلبته، والإجابات المقترحة لها. تمنح المناقشة الطلبة فرصةً للتعبير عن آرائهم، وتُعلِّمهم تنظيم أفكارهم، وحسن الإصغاء، واحترام الرأي الآخر، وتزيد من ثقتهم بأنفسهم.
- **بناء المفهوم**
  تنوَّعت طرائق بناء المفهوم بالدليل، وذلك بحسب طبيعة المفهوم. يُقدِّم الدليل أفكارًا مقترحة لبناء المفاهيم الواردة في كتاب الطالب.
- **استخدام الصور والأشكال**
  تُنمّي الصور والأشكال الثقافة البصرية، وتُوضِّح المفاهيم الواردة في الدرس.
  يُبيِّن الدليل للمُعلِّم كيفية توظيفه الصور والأشكال في عملية التدريس، ويُرشِده إلى كيفية الإفادة منها في تحفيزهم على التفكير.
- **إضاءة للمعلِّم**
  معلومة للمُعلِّم تُسهِم في إعطائه تفصيلات مُحدَّدة عن موضوع ما. وقد تُسهِم في تقديم إجابات لأسئلة الطلبة التي تكون غالبًا خارج نطاق المعلومة الواردة في الكتاب.

---

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:
- اعرض أمام الطلبة صورة لتتابع طبقي من الصخور الجيرية أو الرملية (بحسب الصخور الشائعة في المنطقة)، ثم اسألهم:
  – ماذا تشاهدون في الصورة؟ نشاهد في الصورة طبقات من الصخور.

الربط بالمعرفة السابقة
- ذكِّر الطلبة بدورة الصخور التي تعرَّفوها في الدرس السابق، بطرح الأسئلة الآتية عليهم:
  – ما الأنواع الثلاثة للصخور؟ الأنواع الثلاثة للصخور، هي: النارية، والرسوبية، والمُتحوِّلة.

مناقشة:
تصنيف الصخور الرسوبية:
- ناقِش الطلبة في العلاقة بين التجوية وأنواع الصخور الرسوبية، بطرح الأسئلة الآتية عليهم:
  – ما الخصائص التي تشترك فيها الصخور الرسوبية جميعها؟
  الخصائص التي تشترك فيها الصخور الرسوبية جميعها: الترسُّب على شكل طبقات، واحتواؤها على أحافير.

بناء المفهوم:
التحوُّل الإقليمي:
- اعرض أمام الطلبة صورة أو مقطع فيديو يُمثِّل صفائح أرضية متقاربة عند نطاق الطرح، ثم اسألهم:
  – أيُّ المناطق يُمكِن أنْ يحدث فيها تحوُّل؟
  ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد. إجابة مُحتَمَلة:
  من المناطق التي قد يحدث فيها تحوُّل: مناطق احتكاك طرف الصفيحة الغاطسة مع الصفيحة الأخرى، أو المناطق القريبة من انصهار الصفيحة الغاطسة.

استخدام الصور والأشكال:
تكوّن الصخور الرسوبية:
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:
  – ما تأثير تراكم الرسوبيات بعضها فوق بعض في الأحواض الرسوبية؟
  يؤدي تراكم الرسوبيات بعضها فوق بعض في الأحواض الرسوبية إلى حدوث تراصٍّ لها، وتقليل حجم الفراغات بين الحبيبات.

إضاءة للمُعلِّم

الصخور الجيرية:
تُصنَّف الصخور الجيرية، بحسب آلية تكوُّنها، إلى نوعين:
- صخور رسوبية كيميائية تترسَّب بطرائق مختلفة؛ فمنها ما يترسَّب في مياه البحار الاستوائية والمدارية الحارة نسبيًّا، ومنها ما يترسَّب بسبب خروج المياه الحارة من باطن الأرض، ومنها ما يترسَّب في الكهوف في صورة صواعد وهوابط.
- صخور رسوبية كيميائية حيوية تتكوَّن من تراكم أصداف الكائنات الحية الميتة في البحار، ثم ترتبط ببلّورات من كربونات الكالسيوم التي ترسَّبت في أثناء تراكم أصداف الكائنات الحية والتصخُّر.

أخطاء شائعة

قد يكون البناء المعرفي لدى بعض الطلبة غير صحيح.
فيُنبِّه الدليل إلى دلك، مُبيِّنًا الخطأ والصواب.

أخطاء شائعة

الطبقات الصخرية: يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ الصخور الرسوبية هي الصخور الوحيدة التي توجد على شكل طبقات.

- اعرض على الطلبة صورًا لصخور نارية سطحية، مثل: البازلت، والرماد البركاني، ثم اطلب إليهم ملاحظة الطبقات المُتشكِّلة.
- بيِّن للطلبة أنَّ الرماد البركاني – مثلًا– يخرج من البراكين، ويتراكم على شكل طبقة، ثم تتشكَّل طبقات متنوعة عند تكرار الأمر.

طريقة أخرى للتدريس

يُقدِّم الدليل مقترحات لتدريس المفهوم بأكثر من طريقة. ويمكن للمُعلِّم الاستفادة من تنوُّع الطرائق المُقدَّمة لتدريس مفهوم ما في خططه العلاجية؛ لمعالجة ضعف بعض الطلبة، إضافةً إلى إمكانية الإفادة منها في تقديم المفهوم بطرائق تنسجم مع خصائص الطلبة وذكاءاتهم المختلفة.

طريقة أخرى للتدريس أشكال الصخور النارية

- اعرض أمام الطلبة مقطع فيديو يُمثِّل أشكال الصخور النارية في الطبيعة.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة اختيار أحد هذه الأشكال، ثم البحث عن خصائصه في كتاب الطالب وشبكة الإنترنت.
- وجِّه أفراد كل مجموعة إلى عرض ما يتوصَّلون إليه على زملائهم في المجموعات الأُخرى.
- اعرض أمام الطلبة الشكل (5)؛ لربط المعلومات بعضها ببعض.

نشاط سريع

يُسهم هذا النشاط في التنسيق بين الموقف التعليمي وأحد المواقف في الحياة العملية، واستثارة قدرات الطلبة، وتشويقهم.

نشاط سريع الصخور النارية في الأردن:

وجِّه الطلبة – ضمن مجموعات– إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أنواع الصخور النارية المُتكشِّفة في الأردن، ثم إعداد عرض تقديمي عنها، مُعزَّزًا بالصور، ثم عرضه أمام الزملاء في الصف.

معلومة إضافية

تُسهِم المعلومة الإضافية في توسيع مدارك الطلبة.

معلومة إضافية

الصخور النارية.

وجِّه الطلبة إلى البحث في شبكة الإنترنت عن توزيع الصخور النارية في العالَم، ونسبة المُتكشِّف منها على سطح الأرض.

- تُمثِّل الصخور النارية والصخور المُتحوِّلة ما نسبته 95٪ من مجمل صخور القشرة الأرضية.

تعزيز

معلومات تُعزِّز فهم موضوع الدرس، فضلًا عن اقتراح طرائق متنوعة لتعزيز المفهوم.

تعزيز: تكوُّن النايس:

- أحضِر عيِّنتين صخريتين تُمثِّلان صخر الغرانيت وصخر النايس، ثم أخبِر الطلبة أنَّ صخر الغرانيت يتحوَّل إلى صخر النايس عندما يتعرَّض لضغط وحرارة عاليين.
- اطلب إلى الطلبة ملاحظة نسيج الصخرين، ثم اسألهم:

– صِفْ ترتيب بلّورات المعادن في الصخرين.

البلّورات في صخر الغرانيت تكون مبعثرة في الصخر، أمّا البلّورات في صخر النايس فتكون على شكل أشرطة للمعادن الفاتحة والغامقة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية

يُبيِّن الدليل للمُعلِّم القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية والموضوع المرتبط بها، وأهمية كل مفهوم في حياة الطلبة، وفي بناء شخصية متكاملة متوازنة لكلٍّ منهم.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الإتصال**

وضح للطلبة في أثناء تنفيذ بند أفكر إلى أن مهارة الإتصال تتحقق عندما يناقشون معلمهم وزملائهم في النتائج التي يتوصلون إليها، حيث يتم من خلالها تبادل الآراء والأفكار والقناعات والمشاعر للوصول من خلالها إلى فهم مشترك للمفهوم أو القضية المراد دراستها.

3 التقويم

يشمل التقويم ما يأتي:

- إجابات أسئلة مراجعة الدرس.
- إجابات أسئلة الوحدة.

التقويم في كتاب الطالب

روعي التقويم في كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية، ودليل المُعلِّم؛ للتحقُّق من فهم الطلبة، وتعزيز إنجازاتهم الفردية، ومنحهم فرصة التأمُّل في تعلُّمهم، ووضع أهداف لأنفسهم، وتقديم التغذية الراجعة والتحفيز والتشجيع لهم، فضلًا عن تضمينه استراتيجيات تلبي حاجات الطلبة المتنوعة، وفق ما:

أتحقق

أسئلة للتحقق من مدى فهم الطلبة أثناء سير التعلم (تقويم تكويني).

✓ **أتحقَّقُ:** أذكرُ أسماءَ ثلاثةِ معادنَ تتوافرُ في الأردنِّ، مُحدِّدًا استخدامًا واحدًا لكلٍّ منْها.

مراجعة الدرس

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة للدرس والمفاهيم والمصطلحات والمهارات المتنوعة.

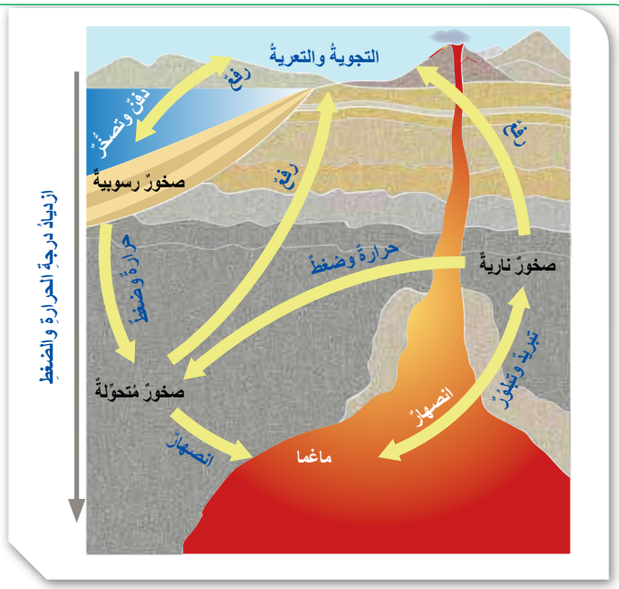
مراجعةُ الدرسِ

1. أذكرُ العواملَ التي تُسهِمُ في تحوُّلِ الصخورِ.
2. **أُفسِّرُ:** لماذا لا يُعَدُّ صخرُ الرخامِ صخرًا مُتورِّقًا؟
3. **أُقارِنُ** بينَ التحوُّلِ بالدفنِ والتحوُّلِ التَّماسيِّ منْ حيثُ العواملُ المُؤثِّرةُ في كلٍّ منْهُما.
4. **أستنتجُ:** إذا تعرَّضَتِ الصخورُ لمحاليلَ مائيةٍ حارَّةٍ جدًّا، فماذا يحدثُ لها؟
5. **أتوقَّعُ:** إذا تعرَّضَتْ صخورُ الشيستِ لضغطٍ وحرارةٍ إضافيَيْنِ، فماذا يحدثُ لها؟

33

أسئلة الأشكال:

أسئلة إجاباتها من الصورة؛ لتدريب الطلبة على التحليل.



الشكلُ (1): دورةُ الصخورِ في الطبيعةِ.

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

مراجعة الوحدة:

أسئلة متنوعة مرتبطة بالمفاهيم، والمصطلحات، والمهارات، والأفكار العلمية الواردة في الوحدة.

مراجعةُ الوحدةِ

السؤال السادسُ:

أُوضِّحُ كيفيةَ تكوُّنِ النسيجِ الفقاعيِّ.

السؤال السابعُ:

أُصنِّفُ الصخورَ الناريةَ الآتيةَ تبعًا لمحتواها منَ السليكا، منَ الأكثرِ إلى الأقلِّ:

الغابرو، البيريدوتيتُ، الغرانيتُ، الديوريتُ.

السؤال الثامنُ:

أُقوِّمُ العبارةَ الآتيةَ:

"يحتوي الصخرُ الرمليُّ على معادنَ تختلفُ عنِ المعادنِ المُكوِّنةِ للصخرِ الأصليِّ بسببِ حدوثِ تجويةٍ كيميائيةٍ للصخرِ الأصليِّ."

السؤال التاسعُ:

أستنتجُ: ما الذي يُمكِنُ استخلاصُهُ عنِ البيئاتِ الرسوبيةِ عندَ دراسةِ تتابعٍ طبقيٍّ مُكوَّنٍ منْ صخرِ الكونغلوميراتِ؟

السؤال العاشرُ:

أُوضِّحُ: كيفَ تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ؟

السؤال الحادي عشرَ:

عثرَ أحدُ الجيولوجيينَ على آثارِ لتشقُّقاتٍ طينيةٍ على سطحِ إحدى الطبقاتِ، علامَ يُمكِنُ أنْ يستدلَّ منْ وجودِها؟

السؤال الثاني عشرَ:

أُرتِّبُ الصخورَ المُتحوِّلةَ الآتيةَ منَ الأكثرِ درجةَ تحوُّلٍ إلى الأقلِّ منْها:

الشيستُ، الفيليتُ، النايسُ، الأردوازُ.

السؤال الثالثَ عشرَ:

أستنتجُ: لماذا يُمكِنُ رؤيةُ البلّوراتِ المُكوِّنةِ لصخرِ النايسِ بالعينِ المُجرَّدةِ، ولا يُمكِنُ تمييزُها في صخرِ الأردوازِ؟

السؤال الرابعَ عشرَ:

أذكرُ أسماءَ ثلاثةِ صخورٍ توجدُ في الأردنِّ، مُحدِّدًا استخدامَ كلٍّ منْها.

التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

يشمل التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية ما يأتي:

أسئلة الاختبارات الدولية

محاكاةٌ لأسئلةِ اختباراتٍ دوليةٍ

السؤالُ الأولُ:

أرادَتْ إحدى البلدياتِ بناءَ مَعْلَمٍ تذكاريٍّ في مركزِ المدينةِ لجعلِها أكثرَ جمالًا، وقدْ قرَّرَتِ استخدامَ الرخامِ في بنائِهِ، ولكنَّ أحدَ أعضائِها رفضَ هذا القرارَ، وطلبَ إلى الأعضاءِ استبدالَ صخرِ الغرانيتِ بالرخامِ، مُبرِّرًا طلبَهُ بهطلِ كثيرٍ منَ الأمطارِ الحمضيةِ على المدينةِ بسببِ وجودِ مصانعَ عديدةٍ حولَها.

هلْ كانَ اقتراحُ عضوِ البلديةِ مناسبًا وصحيحًا؟ أُفسِّرُ إجابتي.

.....

.....

.....

السؤالُ الثاني:

يمتازُ البحرُ الميتُ بالملوحةِ الشديدةِ لمياهِهِ، وتنوُّعِ الأملاحِ فيهِ، مثلِ: ملحِ الطعامِ، وكلوريدِ البوتاسِ، والمغنيزِ. غيرَ أنَّهُ يعاني تبخُّرَ مياهِهِ بمعدلاتٍ عاليةٍ؛ ما يعني انخفاضَ منسوبِها بعدَ مدَّةٍ منَ الزمنِ. لذلكَ، أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ - كيفَ سيُؤثِّرُ معدَّلُ التبخُّرِ العالي في تركيزِ الموادِّ الذائبةِ في البحرِ الميتِ؟

.....

.....

ب- ماذا تُسمّى الموادُّ الناتجةُ منَ التبخُّرِ التي تتجمَّعُ في قاعِ البحرِ الميتِ؟

.....

.....

ج - أُنشِئُ مُخطَّطًا يُوضِّحُ العملياتِ التي تؤدي إلى تكوُّنِ صخرٍ نتيجةَ عمليةِ التبخُّرِ.

.....

.....

.....

.....

د - ما نوعُ الصخرِ الذي قدْ يتكوَّنُ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

.....

.....

أسئلة التحليل والاستنتاج

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أُقارِنُ بينَ الأنواعِ المُقترَحةِ للصخورِ. ما أوجهُ التشابُهِ والاختلافِ بينَها؟

أوجهُ التشابُهِ:.....

.....

أوجهُ الاختلافِ:.....

.....

2. أُقارِنُ تصنيفي للعيِّناتِ الصخريةِ بتصنيفاتِ زملائي. هلْ يوجدُ بينَها تشابُهٌ أمِ اختلافٌ؟

أوجهُ التشابُهِ:.....

.....

أوجهُ الاختلافِ:.....

.....

3. أُحدِّدُ الخصائصَ الرئيسةَ التي يُمكِنُ تصنيفُ الصخورِ على أساسِها.

.....

.....

.....

التقويم في دليل المُعلِّم

الربط مع المعرفة السابقة.

1 تقديم الدرس

◄ **الربط بالمعرفة السابقة:**

التجوية والتعرية:

راجِع الطلبة في مفهومي التجوية والتعرية قبل البدء بشرح دورة الصخور، وذلك بعرض صورتين لنوع من الصخور؛ إحداهما تُمثِّل تعرُّض الصخر للتجوية، والأُخرى لم تتعرض لعوامل التجوية، ثم اسألهم:

- لماذا يختلف الصخر في الصورتين؟
- ما تأثير عوامل الجو في الصخر؟
- ماذا يُقصَد بالتجوية؟
- ماذا يحصل للفتات الصخري بعد تكوُّنه نتيجة التجوية؟
- ما الفرق بين التجوية والتعرية؟

استراتيجيات التقويم:

التقويم المعتمد على الأداء

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- التقديم: عرض مُنظَّم مُخطَّط يقوم به الطالب.
- العرض التوضيحي: عرض شفوي أو عملي يقوم به الطالب.
- الأداء العملي: أداء الطالب مهام مُحدَّدة بصورة عملية.
- الحديث: تحدُّث الطالب عن موضوع معين في مُدَّة مُحدَّدة.
- المعرض: عرض الطالب إنتاجه الفكري والعملي.
- المحاكاة/ لعب الأدوار: تنفيذ الطالب حوارًا بكل ما يرافقه من حركات.
- المناقشة/ المناظرة: لقاء بين فريقين من الطلبة يناقشون فيه قضية ما، بحيث يتبّنى كل فريق وجهة نظر مختلفة.

الورقة والقلم

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الاختبار: طريقة مُنظَّمة لتحديد مستوى تحصيل الطالب معلومات ومهارات في مادة دراسية تعلَّمها قبلًا.

التواصل

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- المؤتمر: لقاء مُخطَّط يُعقَد بين الـمُعلّم والطالب.
- المقابلة: لقاء بين المعلّم والطالب.
- الأسئلة والأجوبة: أسئلة مباشرة من الـمُعلّم إلى الطالب.

الملاحظة

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الملاحظة الـمُنظَّمة: ملاحظة يُخطَّط لها من قبل، ويُحدَّد فيها ظروف مضبوطة، مثل: الزمان، والمكان، والمعايير الخاصة بكلٍّ منهما.

مراجعة الذات

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- يوميات الطالب: كتابة الطالب ما قرأه، أو شاهده، أو سمعه.
- ملف الطالب: ملف يضم أفضل أعمال الطالب.
- تقويم الذات: قدرة الطالب على تقييم أدائه، والحكم عليه.

أدوات التقويم:

- قائمة الرصد.
- سُلَّم التقدير العددي.
- سُلَّم التقدير اللفظي.
- سجل وصف سير التعلُّم.
- السجل القصصي.

المهارات

يشتمل كتاب الطالب على مهارات متنوعة:

مهارات القرن الحادي والعشرين:

يشهد العالم تطوُّرات وتغُيرات هائلة؛ ما يتطلَّب مستويات مُتقدِّمة من الأداء والمهارة، والتحوُّل من ثقافة المستوى الأدنى إلى ثقافة الجودة والإتقان، ومن ثقافة الاستهلاك إلى ثقافة الإنتاج. يُعدُّ إكساب الطالب مهارات القرن الحادي والعشرين ركيزة أساسية لتحقيق مفهوم التعلُّم مدى الحياة.

- التعلُّم الذاتي.
- التفكير الابتكاري.
- التفكير والعمل التعاوني.
- التفكير الناقد.
- التواصل.
- المعرفة المعلوماتية والتكنولوجية.
- المرونة.
- القيادة.
- المبادرة.
- الإنتاجية.

مهارات العلم

العمليات التي يقوم بها الطلبة في أثناء التوصُّل إلى النتائج والحكم والتحقق من صدقها. وتُسهِم ممارسة هذه المهارات في إثارة الاهتمامات العلمية للطلبة؛ ما يدفعهم إلى مزيد من البحث والاكتشاف.

- الأرقام والحسابات.
- استعمال المتغيرات.
- الاستنتاج.
- التجريب.
- تفسير البيانات.
- التواصل.
- التوقُّع.
- طرح الاسئلة.
- القياس.
- الملاحظة.

مهارات القراءة:

تُعدُّ القراءة عملية عقلية يمارس فيها الفرد عِدَّة مهارات. وبوجه عام، تهدف مهارات القراءة إلى تنمية البنى المعرفية وحصيلة المفردات العلمية والذكاءات المتعددة، وتعزيز الجوانب الوجدانية والثقة بالنفس والقدرة على التواصل الفاعل، وتنمية التفكير العلمي والإبداعي.

- الاستنتاج.
- التسلسل والتتابع.
- التصنيف.
- التلخيص.
- التوقُّع.
- الحقيقة والرأي.
- السبب والنتيجة.
- الفكرة الرئيسة والتفاصيل.
- المشكلة والحل.
- المقارنة.

المهارات العلمية والهندسية:

تُنمّي هذه المهارات قدرات الطالب على عرض أعماله وأفكاره بدقة وموضوعية، وتبريرها والبرهنة على صدقها، وعرضها بطرائق وأشكال مختلفة، وتبادلها مع الآخرين، واحترام الرأي الآخر. وهي تُؤكِّد أهمية إحداث الترابط المرغوب فيه بين المواد الدراسيّة المختلفة، ومتطلَّبات التفكير الناقد والإبداعي.

- استخدام الرياضيات.
- الاعتماد على الحجة والدليل العلمي.
- بناء التفسيرات العلمية، وتصميم الحلول الهندسية.
- تحليل البيانات وتفسيرها.
- التخطيط، وإجراء الاستقصاءات.
- تطوير النماذج واستخدامها.
- الحصول على المعلومات، وتقييمها وإيصالها.
- طرح الأسئلة، وتحديد المشكلات.

استراتيجيات التدريس وأساليب داعمة في التعلُّم

يعتمد اختيار استراتيجية التدريس أو الأسلوب الداعم على عوامل عِدَّة، منها: النتاجات، وخصائص الطلبة النمائية والمعرفية، والإمكانات المتاحة، والزمن المتاح.

التعلُّم التعاوني Collaborative Learning:

عمل الطلبة ضمن مجموعات لمساعدة بعضهم بعضًا في التعلُّم؛ تحقيقًا لهدف مشترك أو واجب ما؛ على أنْ يبدي كل طالب مسؤولية في التعلُّم، ويتولّى العديد من الأدوار داخل المجموعة.

التفكير الناقد critical thinking:

نشاط ذهني عملي للحكم على صحة رأي أو اعتقاد عن طريق تحليل المعلومات، وفرزها، واختبارها بهدف التمييز بين الأفكار الإيجابية والأفكار السلبية.

حل المشكلات Problem Solving:

استراتيجية تقوم على تقديم قضايا ومسائل حقيقية واقعية للطلبة، ثم الطلب إليهم تمحيصها ومعالجتها بأسلوب مُنظَّم.

أكواب إشارة المرور Cups| Traffic Light:

يُستخدَم هذا الأسلوب للتدريس والمتابعة باستعمال أكواب مُتعدِّدة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بوصف ذلك إشارة للمُعلِّم في حال احتاج الطلبة إلى المساعدة. يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه على المُعلِّم من دون أنْ يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

فكِّر، انتقِ زميلًا، شارِك Think- Pair- Share:

أسلوب يُستخدَم لعرض أفكار الطلبة، وفيه يطرح المُعلِّم سؤالًا على الطلبة، ثم يمنحهم الوقت الكافي للتفكير في الإجابة وكتابة أفكارهم في ورقة، ثم يطلب إلى كل طالبين مشاركة بعضهما بعضًا في الأفكار، ثم عرضها على أفراد المجموعات.

الطاولة المستديرة Round Table:

يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة؛ إذ يكتب المُعلِّم أو أحد أفراد المجموعة سؤالًا في أعلى ورقة فارغة، ثم يُمرِّر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل طالب فقرة جديدة تُمثِّل إسهامًا في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى يطلب المُعلِّم إنهاء ذلك. بعدئذٍ، يُنظِّم أفراد المجموعة مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات.

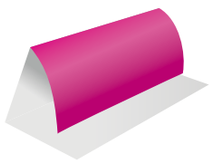
دراسة الحالة:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إثارة موضوع أو مفهوم ما للنقاش، ثم يعمل الطلبة في مجموعات على جمع البيانات وتنظيمها، وتحليلها للوصول إلى إيضاحٍ كافٍ للموضوع، أو تحديد أبعاد المشكلة، واقتراح حلول مناسبة لها.

بطاقة الخروج Exit Ticket:

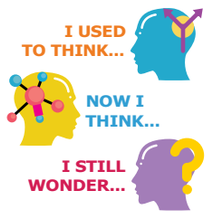
يُمثِّل هذا الأسلوب مهمة قصيرة يُنفِّذها الطلبة قبل خروج المُعلِّم من الصف. وفيها يجيبون عن أسئلة قصيرة مُحدَّدة مكتوبة في بطاقة صغيرة، ثم يجمع المُعلِّم البطاقات ليقرأ الإجابات، ثم يُعلِّق في الحصة التالية على إجابات الطلبة التي تُمثِّل تغذية راجعة يستند إليها في الحصة اللاحقة.

اثنِ ومرِّر Fold and Pass:



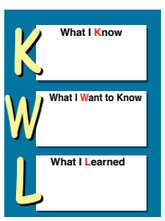
أسلوب يجيب فيه الطلبة أو أفراد المجموعات عن سؤال في ورقة؛ إذ تُمرَّر الورقة على طلبة الصف بعد ثنيها، وتستمر العملية حتى يصدر المُعلِّم لهم إشارة بالتوقُّف، ثم يقرأ أحد أفراد المجموعة ما كُتِب في الورقة بصوت عالٍ. وبهذا يُمكِن للمُعلِّم جمع معلومات عن إجابات الطلبة، ويُمكِن للطلبة المشاركة بحرية أكبر، وتقديم التغذية الراجعة، وتقويم الآخرين عندما يقرأون إجابات غيرهم.

كنت أعتقد، والآن أعرف I Used to Think, But Now I know:



أسلوب يقارن فيه الطلبة (لفظًا، أو كتابةً) أفكارهم في بداية الدرس بما توصَّلوا إليه عند نهايته، ومن الممكن استخدامه تقويمًا ذاتيًّا يتيح للمُعلِّم الاطِّلاع على مدى تحسُّن التعلُّم لدى الطلبة، وتصحيح المفاهيم البديلة لديهم، وتخطيط الدرس التالي، وتصميم خبرات جديدة تناسب تعلُّمهم بصورة أفضل.

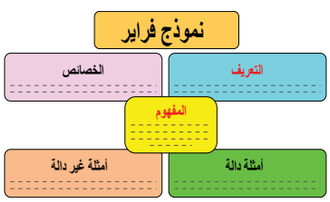
جدول التعلُّم What I already Know/ What I Want to Learn / What I Learned):



يعتمد هذا الجدول على ثلاثة محاور أساسية، هي:

- ماذا أعرف؟ هي خُطوة مهمة لفهم الموضوع الجديد وإنجاز المهام؛ فالمتعلِّم يُحدِّد إمكاناته ليستفيد منها على أحسن وجه.
- ماذا أريد أنْ أتعلَّم؟ هي مرحلة تحديد المهمة المُتوقَّع إنجازها، أو المشكلة التي ينبغي حلها.
- ماذا تعلَّمت؟ وهي مرحلة تقويم لما تعلَّمه الطالب من معارف ومهام وأنشطة.

طريقة فراير Frayer Method:



يتطلَّب هذا الأسلوب إكمال الطلبة (فرادى، أو ضمن مجموعات) المنظم التصويري المجاور.

الطلاقة اللفظية:

يُستخدَم هذا الأسلوب لتعزيز عمليتي المناقشة والتأمُّل. وفيه يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدُّث عن الموضوع المطروح، والاستماع لبعضهم بعضًا مدَّة مُحدَّدة من الوقت.

التعلم بالتعاقد:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إشراك الطلبة إشراكًا فعليًّا في تحمُّل مسؤولية تعلُّمهم، بدءًا بتحديد ما سيتعلَّمونه في مدَّة زمنية محددة. وتتضمَّن هذه الاستراتيجية عقد اتفاق محدد بين المُعلِّم وطلبته يشمل المصادر التعليمية التي سيستعين بها الطلبة في أثناء عملية بحثهم، وطبيعة الأنشطة التي سيجرونها، وأسلوب التقويم وتوقيته.

السقالات التعليمية Instructional Scaffolding:

يُقصدُ بها تجزئة موضوع الدرس إلى أجزاء صغيرة؛ ما يساعد الطلبة على استيعابه، أو استخدام الوسائط السمعية والبصرية، أو الخرائط الذهنية، أو الخطوط العريضة، أو إيماءات الجسد، أو الروابط الإلكترونية، وغير ذلك من الوسائل التي تُعدُّ بمنزلة السقالات التعليمية التي تهدف إلى مساعدة الطالب تحقيق التعلُّم المقصود .

التعلُّم المقلوب Flipped Learning:

استعمال التقنيات الحديثة وشبكة الإنترنت على نحوٍ يسمح للمُعلِّم بإعداد الدرس عن طريق مقاطع الفيديو، أو الملفات الصوتية، أو غير ذلك من الوسائط؛ ليطَّلِع عليها الطلبة في منازلهم (تظلُّ متاحة لهم على مدار الوقت)، باستعمال حواسيبهم، أو هواتفهم الذكية، أو أجهزتهم اللوحية قبل الحضور إلى غرفة الصف. في حين يُخصَّص وقت اللقاء الصفي في اليوم التالي لتطبيق المفاهيم والمحتوى العام الذي شاهدوه، وذلك في صورة سلسلة من أنشطة التعلُّم النشط، والأنشطة الاستقصائية، والتجريبية، والعمل بروح الفريق، وتقييم التقدُّم في سير العمل.

تمايُز التدريس والتعلُّم

Differentiation of Teaching and Learning

يهدف التمايُز إلى الوفاء بحاجات الطلبة الفردية، ويكون في المحتوى، أو في بيئة التعلُّم، أو في العملية التعليمية التعلُّمية، ويُسهِم التقييم المستمر والتجميع المرن في نجاح هذا النهج من التعليم.

يكون التمايُز في أبسط مستوياته عندما يلجأ المعلِّم إلى تغيير طريقة تدريسه؛ بُغْيَةَ إيجاد فرص تعلُّم لطالب، أو مجموعة صغيرة من الطلبة.

يُمكِن للمعلِّم تحقيق التمايُز عن طريق أربعة عناصر رئيسة، هي:

1. **المحتوى Content:** ما يحتاج الطالب إلى تعلُّمه، وكيفية حصوله على المعلومة.
2. **الأنشطة Activities:** الفعاليات التي يشارك فيها الطالب؛ لفهم المحتوى، أو إتقان المهارة.
3. **المُنتَجات Products:** المشاريع التي يتعيَّن على الطالب تنفيذها؛ للتدرُّب على ما تعلَّمه في الوحدة، وتوظيفه في حياته، والتوسُّع فيه.
4. **بيئة التعلُّم Learning environment:** عناصر البيئة الصفية جميعها.

أمثلة على التمايُز في المحتوى:

- تقديم الأفكار باستعمال الوسائل السمعية والبصرية.
- الاجتماع مع مجموعات صغيرة من الطلبة الذين يعانون صعوبات؛ لإعادة تدريسهم فكرةً، أو تدريبهم على مهارة؛ أو توسيع دائرة التفكير ومستوياته لدى أقرانهم المُتقدِّمين Advanced students.

أمثلة على التمايُز في الأنشطة:

- الإفادة من الأنشطة المُتدرِّجة التي يمارسها الطلبة كافةً، ولكنَّهم يُظهِرون فيها تقدُّمًا حتى مستويات معينة. وهذا النوع من الأنشطة يُسهِم في تحسُّن أداء الطلبة، ويتيح لهم الاستمرار في التقدُّم، مراعيًا الفروق الفردية بينهم؛ إذ تتباين درجة التعقيد في المستويات التي يصلها الطلبة في هذه الأنشطة.
- تطوير جداول الأعمال الشخصية (قوائم مهام يكتبها المعلِّم، وهي تتضمَّن المهام المشتركة التي يتعيَّن على الطلبة كافةً إنجازها، وتلك التي تفي بحاجات الطلبة الفردية).
- تقديم أشكال من الدعم العملي للطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة.
- منح الطلبة وقتًا إضافيًا لإنجاز المهام؛ بُغْيَةَ دعم الطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة، وإفساح المجال أمام الطلبة المُتقدِّمين Advanced students للخوض في الموضوع على نحوٍ أعمق.

أمثلة على التمايُز في الأعمال التي يؤديها الطلبة:

- السماح للطلبة بالعمل فرادى أو ضمن مجموعات صغيرة؛ لتنفيذ المهام المنوطة بهم، وتحفيزهم على ذلك.

أمثلة على التمايُز في بيئة التعلُّم:

- تطوير إجراءات تسمح للطلبة بالحصول على المساعدة عند انشغال المعلِّمين بطلبة آخرين، وعدم تمكُّنهم من تقديم المساعدة المباشرة لهم.
- التحقُّق من وجود أماكن في غرفة الصف، يُمكِن للطلبة العمل فيها بهدوء، ومن دون إلهاء، وكذلك أماكن أُخرى تُسهِّل العمل التعاوني بين الطلبة.

ملحوظة: يعتمد التمايُز في التعليم على مدى استعداد الطلبة، ومناحي اهتماماتهم، وسجلّات تعلُّمهم.

- طريقة أخرى للتدريس.

طريقة أُخرى للتدريس — التحوُّل بالدفن

- وضِّح للطلبة مفهوم التحوُّل بالدفن، والفرق بينه وبين التحوُّل الاقليمي، مُستعمِلًا استراتيجية لعب الأدوار.
- اطلب إلى اثنين من الطلبة محاكاة نوعي التحوُّل، بحيث يعرض كلٌّ منهما خصائص كل نوع، وأوجه التشابه والاختلاف بينهما.
- ساعِد الطالبينِ على كتابة سيناريو عن الموضوع.

- نشاط سريع.

نشاط سريع الصخور النارية في الأردن:

وجِّه الطلبة – ضمن مجموعات– إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أنواع الصخور النارية المُتكشِّفة في الأردن، ثم إعداد عرض تقديمي عنها، مُعزِّزًا بالصور، ثم عرضه أمام الزملاء في الصف.

- مشروع الوحدة.

مشروع الوحدة

صخور الأردن:

- وجِّه الطلبة إلى عمل جدارية فسيفسائية على مدخل المدرسة، أو أحد جدرانها الرئيسة، بحيث تُمثِّل توزُّع الصخور الرئيسة في الأردن، مستخدمين فيها منحى STEAM في التدريس، ذلك بربط العلوم بالتكنولوجيا و الهندسة والفن و الرياضيات.
- وزِّع الطلبة إلى أربع مجموعات، ثم حدِّد مهام كلٍّ منها على النحو الآتي:

المجموعة الأولى: البحث في شبكة الإنترنت عن أماكن تكشُّف الصخور الرئيسة في الأردن، وعمل عرض تقديمي يتضمَّن أنواعها، وأماكن تكشُّفها، وأهميتها الاقتصادية.

المجموعة الثانية: جمع العيِّنات الصخرية المطلوبة من البيئة الأردنية، وذلك بالبحث عنها في منطقة سكنهم، أو زيارة قسم الجيولوجيا في إحدى الجامعات الأردنية القريبة منهم، أو مصانع بيع الرخام والحجر المجاورة لهم.

المجموعة الثالثة: تصميم خريطة الأردن باستعمال جهاز الحاسوب، وتحديد أماكن تكشُّف الصخور الرئيسة عليها.

توظيف التكنولوجيا:

في ظل التسارع الملحوظ الذي يشهده العالم في مجال التكنولوجيا، والتوجهات العالمية لمواكبة مختلف القطاعات والمجالات، بما في ذلك قطاع التعليم، فقد تضمَّن كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتمارين دروسًا تعتمد على التعلُّم المتمازج (Blended Learning) الذي يربط بين التكنولوجيا وطرائق التعلُّم المختلفة، وأنشطةً وفق المنحى التكاملي (STEAM) تُعدُّ التكنولوجيا المحور الرئيس فيها .

عند توظيف المعلِّم للتكنولوجيا، يتعيَّن عليه مراعاة ما يأتي:

- التحقُّق من موثوقية المواقع الإلكترونية التي يقترحها على الطلبة؛ يوجد العديد من المواقع التي تحتوي على معلومات علمية غير دقيقة.
- زيارة الموقع الإلكتروني قبل وضعه ضمن قائمة المواقع الإلكترونية المقترحة؛ إذ تتعرَّض بعض المواقع الإلكترونية أحيانًا إلى القرصنة الإلكترونية واستبدال الموضوعات المعروضة.
- إرشاد الطلبة إلى المواقع الإلكترونية الموثوقة التي تنتهي عادة بأحد الاختصارات الآتية: (org .edu .gov.).

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن نظرية بور لذرة الهيدروجين، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

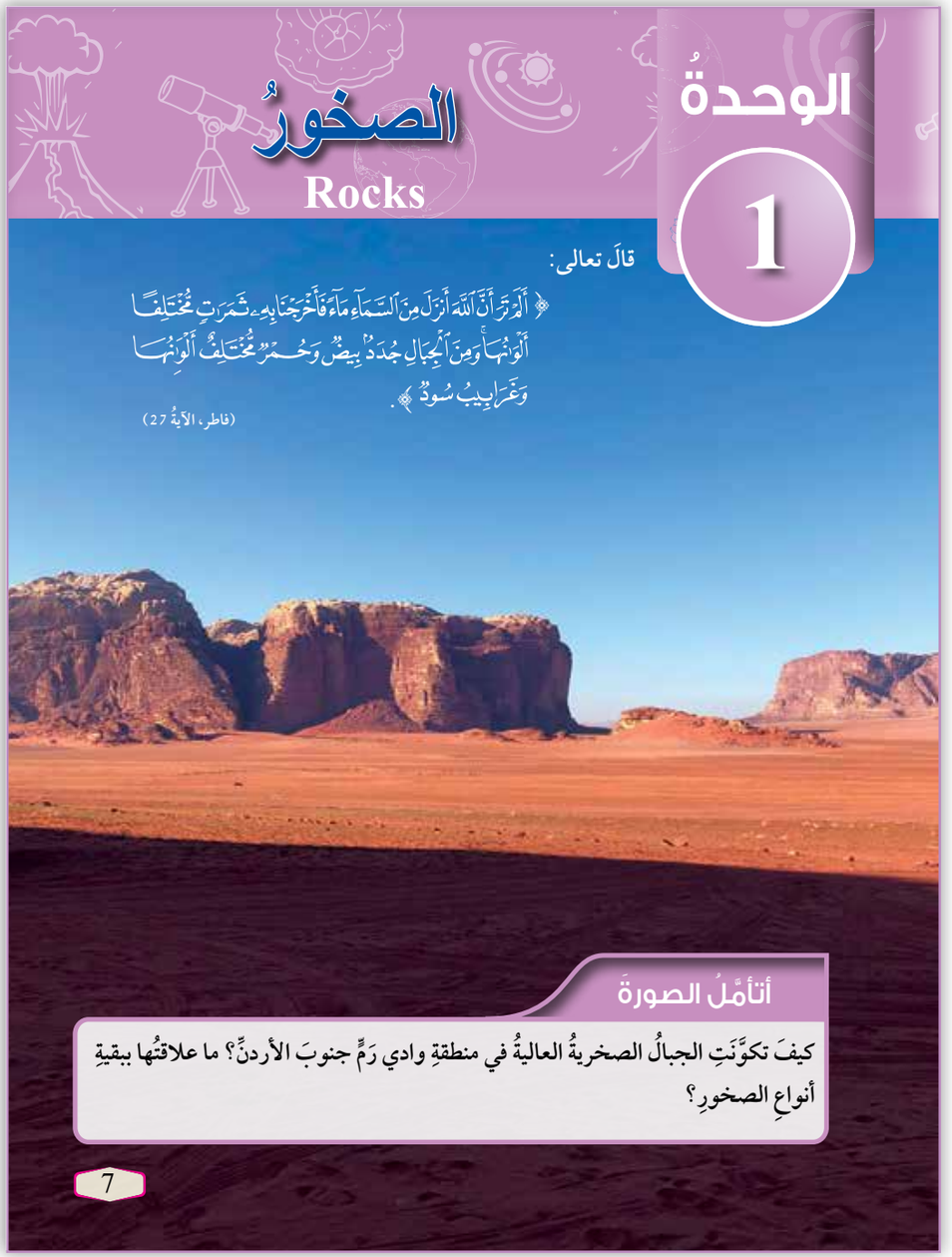
شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الوحدة الأولى: الصخور Rocks.

تجربة استهلالية: تصنيف الصخور.

الدرس	النتاجات	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: الصخور النارية.	• يُبيِّن وجود ثلاثة أنواع من الصخور تتكوَّن منها القشرة الأرضية. • يتعرَّف أنواع الصخور النارية. • يُصنِّف الصخور النارية وأشكالها في الطبيعة.	○ تصنيف الصخور. ○ علاقة معدَّل التبريد بحجم البلّورات.	3
الثاني: الصخور الرسوبية.	• يتعرَّف كيف تتكوَّن الصخور الرسوبية. • يُصنِّف الصخور الرسوبية. • يُوضِّح معالم الصخور الرسوبية.	○ الصخور الرسوبية الكيميائية.	2
الثالث: الصخور المُتحوِّلة.	• يُتقِن تحديد العوامل التي تؤدي إلى تكوُّن الصخور المُتحوِّلة. • يُصنِّف الصخور المُتحوِّلة. • يُقارِن بين أنواع الصخور المُتحوِّلة من حيث الخصائص. • يُبيِّن دور الصخور في دعم الاقتصاد المحلي.		2

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• يتعرَّف مفهوم الصخر. • يذكر أمثلة على معادن وصخور شائعة.	الرابع	• يُبيِّن أصل النفط، والغاز الطبيعي، والصخر الزيتي (الصخور المُولِّدة لها)، وخطوات تكوُّنها. • يشرح المجال الحراري للأرض، وعلاقته بتشكُّل النفط، والغاز، والصخر الزيتي.	الأول الثانوي
• يُعدِّد بعض أنواع الموارد المعدنية.	الخامس	• يُتقِن قراءة خريطة جيولوجية لمنطقة، مُستخدِمًا الرموز، ومقياس الرسم.	الثاني الثانوي
• يُفسِّر كيف تُغيِّر العمليات الجيولوجية الخارجية سطح الأرض. • يربط بين العمليات الجيولوجية والترسيب. • يُناقِش كيفية تنوُّع الصخور الرسوبية. • يُناقِش بالدليل بطء حدوث عمليتي التعرية والترسيب.	السادس		
• يُحدِّد مفهوم الطبقة، وتتابع الطبقات الرسوبية رأسيًّا.	السابع		
• يفهم دور العمليات الجيولوجية في توزيع الموارد المعدنية في الماضي والحاضر. • يربط بين تكوُّن الموارد المعدنية وبيئات تكوُّن الصخور المختلفة.	الثامن		
• يُصنِّف المعادن إلى مجموعاتها الرئيسة. • يتعرَّف مفهوم التبلور. • يربط وجود المعادن في الطبيعة مع الصخور التي توجد فيها. • يُوضِّح بالبيانات عالميًّا القيمة الاقتصادية للمعادن؛ كالذهب، والماس، والياقوت، وغيرها.	التاسع		



إضاءة للمُعلِّم

جبال رم.

يقع وادي رم على على بُعْد 60 km شمال شرق مدينة العقبة. وهو يمتاز بوجود جبال عِدَّة، منها: جبل رم، وجبل أم عشرين. تتكشَّف في جبال وادي رم العديد من الصخور؛ ففي الأسفل تتكشَّف صخور الغرانيت التي تتبع معقد العقبة (Aqaba Complex) من حقبة ما قبل الكامبري ويقع فوقها صخور تكوين أم عشرين التي قدَّر الجيولوجين أعمارها في العصر الكامبري ويفصل بين صخور الغرانيت وصخور تكوين أم عشرين سطح لا توافق.

تتكوَّن صخور تكوين أم عشرين من صخور رملية بنية محمرة تعلوها صخور بيضاء اللون، ترجع إلى تكوين الديسي التي تتألَّف من معدن الكوارتز. وقد توصَّل الباحثون الذين درسوا الصخور الرملية في جنوب الأردن، ومنها صخور وادي رم، إلى أنَّ بيئة الترسيب التي سادت المنطقة في أثناء ترسيب الصخور الرملية، هي بيئة نهرية متشعبة، مع تقدُّم البحر في بعض الأوقات، وبخاصة في أثناء ترسيب رمال الديسي البيضاء؛ ما أدّى إلى وجود بيئة بحرية ضحلة.

أتأمَّل الصورة

صخور جبال رم.

وجِّه الطلبة إلى تأمُّل الصورة في مقدمة الوحدة، وإجابة السؤال الآتي في بند (أتأمَّل الصورة):

كيف تكوَّنت الجبال الصخرية العالية في منطقة وادي رم في جنوب الأردن؟

- الاستماع إلى إجابات الطلبة، ومناقشتها لاستنتاج أنَّ جبال رم العالية قد ترسَّبت قبل ملايين السنين على شكل طبقات رسوبية تعاقبت عليها البيئات الرسوبية بين البيئة الانتقالية الشاطئية والبيئة القارية النهرية التي كانت سائدة في العصر الكامبري والعصر الأردوفيسي الأسفل.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

ما علاقة صخور وادي رم الرسوبية ببقية أنواع الصخور؟

- أخبر الطلبة أنَّه توجد صخور نارية غرانيتية أسفل الصخور الرسوبية، وأنَّهم سيتعرَّفون في هذه الوحدة العلاقة بين أنواع الصخور المختلفة.

◄ المناقشة:

غرابيب سود.

- اطلب إلى الطلبة قراءة الآية الكريمة في بداية الوحدة، ثم ناقِشهم في معناها المُتعلِّق بالجبال ومُكوِّناتها.
- أخبر الطلبة أنَّ المُفسِّرين، ومنهم ابن كثير والقرطبي، بيَّنوا أنَّ هذه الآية ترينا قدرة الله في النبات والجماد، وأنَّ الله تعالى يُخبِرنا فيها بقدرته المُتمثِّلة في خَلْق الجبال بألوان مختلفة، واحتواء بعضها على طرائق؛ أيْ خطوط واضحة منفصل بعضها عن بعض، وأنَّ الجبال ذات ألوان مختلفة؛ بِيض وحُمْر، فضلًا عن خَلْق جبال شديدة السواد.

الفكرة العامـة:

أنواع الصخور.

- اعرض أمام الطلبة عيِّنات صخرية متنوعة، ثم اسألهم:

– ما هذه العيِّنات؟

إنَّها عيِّنات صخرية.

– مِمَّ تتكوَّن الصخور؟

تتكوَّن الصخور من معادن.

– هل تتشابه المعادن في خصائصها؟

لا، لا تتشابه المعادن في خصائصها؛ فهي متنوعة.

- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الصخور متنوعة في خصائصها، وأنَّ العلماء صنَّفوها إلى ثلاثة أنواع بناءً على آليَّة تكوُّنها.
- أخبر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون في هذه الوحدة أنواع الصخور المختلفة.

مشروع الوحدة

صخور الأردن.

- وجِّه الطلبة إلى عمل جدارية فسيفسائية على مدخل المدرسة، أو أحد جدرانها الرئيسة، بحيث تُمثِّل توزُّع الصخور الرئيسة في الأردن، مستخدمين فيها منحى STEAM في التدريس، بربط العلوم بالتكنولوجيا و الهندسة والفن و الرياضيات.
- وزِّع الطلبة إلى أربع مجموعات، ثم حدِّد مهام كلٍّ منها على النحو الآتي:

المجموعة الأولى: البحث في شبكة الإنترنت عن أماكن تكشُّف الصخور الرئيسة في الأردن، وعمل عرض تقديمي يتضمَّن أنواعها، وأماكن تكشُّفها، وأهميتها الاقتصادية.

المجموعة الثانية: جمع العيِّنات الصخرية المطلوبة من البيئة الأردنية، وذلك بالبحث عنها في منطقة سكنهم، أو زيارة قسم الجيولوجيا في إحدى الجامعات الأردنية القريبة منهم، أو مصانع بيع الرخام والحجر المجاورة لهم.

المجموعة الثالثة: تصميم خريطة الأردن باستعمال جهاز الحاسوب، وتحديد أماكن تكشُّف الصخور الرئيسة عليها.

الفكرةُ العامةُ:

تُصنَّفُ الصخورُ تبعًا لآليةِ تكوُّنِها إلى صخورٍ ناريةٍ، وصخورٍ رسوبيةٍ، وصخورٍ مُتحوِّلةٍ.

الدرسُ الأولُ: الصخورُ الناريةُ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تتكوَّنُ الصخورُ الناريةُ نتيجةً لتبريدِ الماغما أو اللّابةِ وتبلوُرِهما، وتُصنَّفُ بناءً على مكانِ تبلوُرِها إلى صخورٍ ناريةٍ جوفيةٍ، وصخورٍ ناريةٍ سطحيةٍ.

الدرسُ الثاني: الصخورُ الرسوبيةُ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ نتيجةَ تصخُّرِ الرسوبياتِ على شكلِ طبقاتٍ متتاليةٍ.

الدرسُ الثالثُ: الصخورُ المُتحوِّلةُ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تتكوَّنُ الصخورُ المُتحوِّلةُ منْ صخورٍ ناريةٍ، أوْ رسوبيةٍ، أوْ مُتحوِّلةٍ تـعرَّضَتْ لِعواملَ عِـدَّةٍ، منْـهـا: الضغـطُ، والحرارةُ، والمحاليلُ الحرمائيةُ.

8

المجموعة الرابعة: رسم خريطة الأردن في المكان المختار، بناءً على تصميم المجموعة الثالثة.

- بعد إنجاز هذه المهام، اطلب إلى الطلبة البدء بتنفيذ الجدارية باستعمال العيِّنات الصخرية، وتثبيتها على الخريطة.
- بعد الانتهاء من عمل الجدارية، اطلب إلى الطلبة تقديم العرض التقديمي أمام زملائهم في المدرسة؛ لتعريفهم بالصخور الموجودة في الأردن.

تجربةٌ استهلاليةٌ

تصنيفُ الصخورِ

تتنوَّعُ الصخورُ في الطبيعةِ، وتختلفُ في ما بينَها منْ حيثُ الخصائصُ، ولكنَّها تشتركُ معًا في خصائصَ رئيسةٍ استندَ إليْها العلماءُ في عمليةِ تصنيفِها.

الموادُّ والأدواتُ: عيِّناتٌ صخريةٌ مُتنوِّعةٌ، أدواتُ تحديدِ القساوةِ، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، حمضُ الهيدروكلوريكِ (HCl) المُخفَّفُ، مِطرقةٌ، قَطّارةٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ في أثناءِ استعمالِ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، والمِطرقةِ.
- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ الانتهاءِ منْ تنفيذِ التجربةِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُرقِّمُ العيِّناتِ الصخريةَ.
2. أتفحَّصُ خصائصَ العيِّناتِ الصخريةِ بالعينِ المُجرَّدةِ، وباستعمالِ العدسةِ المُكبِّرةِ، منْ مثلِ: الملمسِ، وحجمِ الحبيباتِ، ووجودِ بقايا كائناتٍ حيَّةٍ (أحافيرُ) فيها، واللونِ، والقساوةِ، واحتوائِها على طبقاتٍ رقيقةٍ، وتفاعلِها معَ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي.
3. أُصنِّفُ العيِّناتِ الصخريةَ بناءً على ملاحظاتي، وأذكرُ المُسوِّغَ الذي اعتمدْتُ عليْهِ في عمليةِ التصنيفِ، ثمَّ أكتبُ النوعَ المُقترَحَ للصخرِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أُقارِنُ بينَ الأنواعِ المُقترَحةِ للصخورِ. ما أوجهُ التشابُهِ والاختلافِ بينَها؟

2 – أُقارِنُ تصنيفي للعيِّناتِ الصخريةِ بتصنيفاتِ زملائي. هلْ يوجدُ بينَها تشابُهٌ أمِ اختلافٌ؟

3 – أُحدِّدُ الخصائصَ الرئيسةَ التي يُمكِنُ تصنيفُ الصخورِ على أساسِها.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

***التفكير: الأدلة والبراهين.**

أخبرِ الطلبة – في أثناء تنفيذ الخطوة الثالثة من التجربة الاستهلالية– أنَّه يتعيَّن عليهم ذكر الدليل الذي اعتمدوه في التصنيف؛ لأنَّ تقديم الدليل يضفي قوة ومصداقية على التصنيف، ويُؤكِّد صحة اختيارهم.

التحليل والاستنتاج:

1. ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد بناءً على العيِّنات المستخدمة، ولكن قد يجد الطلبة أنَّ جميع العيِّنات صلبة، وأنَّها تتكوَّن من معادن، وأنَّ بعض الصخور تتشابه في ما بينها، وأنَّ بعضها الآخر يختلف في الخصائص المدروسة، مثل: اللون، والملمس، والتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المُخفَّف.
2. ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد بحسب تصنيفات كل مجموعة.
3. قد يُحدِّد الطلبة بعض الخصائص (مثل وجود الأحافير في بعض الصخور أو النسيج) على أساس أنَّها من الخصائص الرئيسة التي تستخدم في التصنيف.

تجربة استهلالية

زمن التنفيذ: 15 دقيقة.

الهدف: تصنيف عيِّنات صخرية إلى مجموعات رئيسة بناءً على الخصائص المتشابهة بينها.

المهارات العلمية:

الملاحظة، المقارنة، التصنيف، التواصل.

إرشادات السلامة:

- اطلب إلى الطلبة توخي الحذر في أثناء استعمالهم حمض الهيدروكلوريك المخفف والمطرقة. اطلب أيضًا إليهم غسل أيديهم جيدًا بالماء والصابون . بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة.

الإجراءات والتوجيهات:

- أحضر عيِّنات صخرية تُمثِّل أنواع الصخور الثلاثة (النارية، والرسوبية، والمُتحوِّلة)، أو عيِّنات من الصخور الآتية من المنطقة التي يسكن فيها الطلبة: الغرانيت، البازلت، الرخام، الصخر الجيري، الصخر الرملي (يُمكِنك استعمال عيِّنات صخرية أُخرى بحسب المتوافر منها في مختبر المدرسة).
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم وزِّع العيِّنات على كلٍّ منها؛ على أنْ تكون العيِّنات جميعها متشابهة، ومُمثِّلة لأنواع الصخور الثلاثة.
- ساعِد الطلبة – في الخطوة الأولى– على ترقيم العيِّنات، بحيث يُعطى نوع الصخر نفسه رقمًا واحدًا في المجموعات كلها.
- أخبِر الطلبة أنَّه يتعيَّن عليهم دراسة العيِّنات، وكتابة ملاحظاتهم ونتائجهم في الصفحة الرابعة من كتاب الأنشطة والتجارب العملية، ثم تصنيف هذه العيِّنات بناءً على ملاحظاتهم، والمعيار الذي يقترحونه.

إذا صنَّف الطلبة العيِّنات إلى مجموعات الصخور المعروفة بناءً على خبراتهم السابقة، فوافِقهم على ذلك، وناقِشهم في المعيار الذي اعتمدوه في هذا التصنيف.

- تابع الطلبة في أثناء تنفيذ النشاط، وساعِدهم على تحديد الخصائص، ومقارنتها.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	المعيار	التقدير 1	2	3	4
1	يُطبِّق إرشادات السلامة في أثناء إجراء التجربة.				
2	يتفحَّص العيِّنات الصخرية بصورة صحيحة.				
3	يُصنِّف العيِّنات الصخرية وفق المعيار الذي اختاره.				
4	يُقارِن بين العيِّنات المُصنَّفة.				
5	يُحدِّد الخصائص الرئيسة للصخور التي تُصنَّف على أساسها.				

الدرس 1

الصخور النارية
Igneous Rocks

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

تكوُّن الصخور النارية.

- اعرض أمام الطلبة فِلْمًا عن بركان ثائر، وإنْ لم يتوافر فاعرض صورة لبركان، ثم اسألهم:

– ماذا يخرج من البركان؟

يخرج من البركان لابة (صخور مصهورة).

– ماذا سوف يحدث للماغما (اللابة) التي خرجت من باطن الأرض؟

سوف تبرد، وتتصلَّب، ثم تتحوَّل إلى صخر.

– ماذا تُسمّى هذه الصخور؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل:

تُسمّى هذه الصخور الصخور النارية، أو الصخور البركانية.

– هل تتكوَّن جميع الصخور النارية من تبريد اللابة على سطح الأرض؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

– أخبر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون أنواع الصخور النارية وآليَّة تكوُّنها في هذا الدرس.

ملحوظة: يُمكِن عرض فكرة الدرس الرئيسة بعد تدريس مفهوم دورة الصخور، والمفاهيم المُتعلِّقة بها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

التجوية والتعرية.

راجِع الطلبة في مفهومي التجوية والتعرية قبل البدء بشرح دورة الصخور، وذلك بعرض صورتين لنوع من الصخور؛ إحداهما تُمثِّل تعرُّض الصخر لعوامل التجوية، والأُخرى تُمثِّل عدم تعرُّضه لعوامل التجوية، ثم اسألهم:

- لماذا يختلف الصخر في الصورتين؟
- ما تأثير عوامل الجو في الصخر؟
- ماذا يُقصَد بالتجوية؟
- ماذا يحصل للفتات الصخري بعد تكوُّنه نتيجة التجوية؟
- ما الفرق بين التجوية والتعرية؟

◄ الفكرة الرئيسة:

تتكوَّنُ الصخورُ النارية نتيجةً لتبريدِ الماغما أو اللّابةِ وتبلوُرِهما، وتُصنَّفُ بناءً على مكانِ تبلوُرِها إلى صخورٍ ناريةٍ جوفيةٍ، وصخورٍ ناريةٍ سطحيةٍ.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:

- أُبيِّنُ وجودَ ثلاثةِ أنواعٍ منَ الصخورِ تتكوَّنُ منْها القشرةُ الأرضيةُ.
- أتعرَّفُ أنواعَ الصخورِ النارية.
- أُصنِّفُ الصخورَ النارية وأشكالَها في الطبيعةِ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

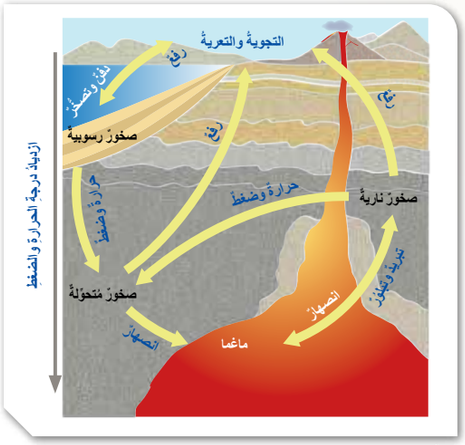
دورةُ الصخورِ	Rock Cycle
الماغما	Magma
اللّابةُ	Lava
الصخورُ الناريةُ الجوفيةُ	Intrusive Igneous Rocks
الصخورُ الناريةُ السطحيةُ	Extrusive Igneous Rocks
النسيجُ	Texture
نسيجٌ خشنُ الحبيباتِ	Coarse Grained Texture
نسيجٌ ناعمُ الحبيباتِ	Fine Grained Texture
النسيجُ الزجاجيُّ	Glassy Texture
النسيجُ السماقيُّ (البورفيريُّ)	Porphyritic Texture
النسيجُ الفقاعيُّ	Vesicular Texture

دورةُ الصخورِ Rock Cycle

استفادَ الإنسانُ منَ الصخورِ ومُكوِّناتِها المعدنيةِ على مَرِّ العصورِ؛ إذْ استخدمَها في بناءِ مسكنِهِ، وصنعِ أسلحتِهِ، واستخرجَ منْها العديدَ 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.

أُحدِّدُ: ما المرحلةُ التي يجبُ أنْ تمرَّ بها الصخورُ جميعًا لتُشكِّلَ الصخورَ النارية؟

2 التدريس

◄ بناء المفهوم:

دورة الصخور.

- اعرض أمام الطلبة مُخطَّط دورة الصخور، أو الشكل (1) من كتاب الطالب، ثم اسألهم:

– ما أنواع الصخور التي تظهر في الشكل؟ الصخور النارية، والرسوبية، والمُتحوِّلة.

– ماذا تُمثِّل الأسهم في الصورة؟ تُمثِّل الأسهم في الصورة عمليات متنوعة تعمل على تغيير الصخور فيها من شكل إلى آخر، مثل: التجوية، والتعرية، والتصخُّر، والانصهار.

– كيف تتحوَّل الصخور النارية إلى صخور رسوبية؟ تتعرَّض الصخور النارية إلى عمليات تجوية وتعرية. وعندما تنتقل إلى أحواض الترسيب تترسَّب، ثم تتصلَّب بمرور الزمن، فتصبح صخورًا رسوبيةً.

- أخبر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون في هذا الدرس أنواع الصخور الثلاثة، وكيفية تكوُّن كل منها.

حل سؤال الشكل (1):

يجب أنْ تمر الصخور بمرحلة الانصهار حتى تصبح صخورًا ناريةً بعد تبريدها وتبلورها مرَّةً أُخرى.

تنشأُ بعضُ أنواعِ الصخورِ الناريةِ في باطنِ الأرضِ منْ تبلوُرِ الماغما Magma، وهيَ صُهَيْرٌ يتكوَّنُ معظمُهُ منَ السليكا، ومنْ غازاتٍ أهمُّها بخارُ الماءِ. عندما تتعرَّضُ الصخورُ الناريةُ المُتكوِّنةُ في باطنِ الأرضِ لعملياتٍ جيولوجيةٍ تعملُ على رفعِها، فإنَّها تتكشَّفُ على سطحِ الأرضِ، وتَحْدُثُ عليْها عملياتُ التجويةِ والتعريةِ، أنظرُ الشكلَ (2)؛ ما يؤدي إلى تفتُّتِ الصخورِ، وتكوُّنِ الفُتاتِ الصخريِّ الذي قدْ يُنقَلُ بفعلِ الرياحِ أوِ الماءِ إلى أماكنَ أُخرى تُسمّى أماكنَ الترسيبِ، فيستقرُّ فيها، ويتراكمُ مُشكِّلًا الرسوبياتِ بعمليةٍ تُسمّى الترسيبَ. وحينَ تُدفَنُ الرسوبياتُ، وتتراكمُ، فإنَّها تتصلَّبُ مُكوِّنةً الصخورَ الرسوبيةَ.

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 العاليةِ، فتتشكَّلُ الماغما مَرَّةً أُخرى.

الشكلُ (2): صخورٌ تعرَّضَتْ لعملياتِ تجويةٍ وتعريةٍ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما الفرقُ بينَ الفُتاتِ الصخريِّ والرسوبياتِ؟

تكوُّنُ الصخورِ الناريةِ Igneous Rocks Formation

تنشأُ الصخورُ الناريةُ منْ تبريدِ الماغما وتبلوُرِها في باطنِ الأرضِ. تتراوحُ درجاتُ حرارةِ الماغما بينَ (700 °C - 1300 °C). وعندما تخرجُ الماغما منْ باطنِ الأرضِ إلى سطحِها، فإنَّها تُسمّى اللّابةَ Lava، وهيَ تمتازُ عنِ الماغما بفقدانِها كميَّةً كبيرةً منَ الغازاتِ التي كانَتْ ذائبةً فيها.

تختلفُ أنواعُ الصخورِ الناريةِ المُتكوِّنةِ باختلافِ نوعِ الماغما المُكوِّنةِ لها، علمًا بأنَّ أكثرَ العناصرِ الرئيسةِ شيوعًا في الماغما هيَ العناصرُ الشائعةُ نفسُها في صخورِ القشرةِ الأرضيةِ: الأكسجينُ، والسليكون، والألومنيومُ، والحديدُ، والكالسيومُ، والصوديومُ، والبوتاسيومُ، والمغنيسيومُ. ونظرًا إلى وفرةِ عنصرِ السليكا في الماغما؛ فإنَّ أكسيدَ السليكا SiO_2 هوَ أكثرُ المُركَّباتِ المُكوِّنةِ للصخورِ الناريةِ.

فما أنواعُ الصخورِ الناريةِ؟ كيفَ صنَّفَها العلماءُ؟

أفكِّرُ تتكوَّنُ الماغما والقشرةُ الأرضيةُ منْ عناصرَ رئيسةٍ كما في النصِّ المجاورِ.

أُفكِّرُ:
ما العلاقةُ بينَ نسبةِ عنصرَيِ الأكسجينِ والسليكونِ في الماغما ووفرةِ المعادنِ السليكاتيةِ في صخورِ القشرةِ الأرضيةِ؟ أُناقِشُ مُعلِّمي وزملائي في النتائجِ التي أتوصَّلُ إليْها.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الاتصال.**

أخبر الطلبة -في أثناء تنفيذ بند (أفكر)- أنَّ مهارة الاتصال تتمثَّل في مناقشة المُعلِّم والزملاء في النتائجِ التي يتوصلون إليها؛ إذ تتضمَّن تبادل الآراء والأفكار للتوصل إلى فهم مشترك للمفهوم، أو القضية المراد دراستها.

✓ **أتحقَّق:**

الفتات الصخري: نواتج عمليات التجوية والتعرية قبل وصولها إلى عمليات الترسيب وتراكمه.

الرسوبيات: تجمُّع الفتات الصخري، وتراكمه في أحواض الترسيب، بعد نقله عن طريق عوامل التعرية المختلفة.

◄ **بناء المفهوم:**

الماغما واللابة.

اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الفرق بين الماغما واللابة؟

الماغما تحتوي على نسبة أكبر من الغازات، ودرجة حرارتها أكبر من درجة حرارة اللابة، وهي توجد في باطن الأرض، في حين توجد اللابة على سطح الأرض.

معلومة إضافية

نسب العناصر المُكوِّنة للقشرة الأرضية.

وجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن نسب العناصر المُكوِّنة للقشرة الأرضية، ثم عمل جدول يُحدِّد هذه النسب من الأكثر إلى الأقل.

الأكسجين: 46 ٪، السليكون: 27.7٪، الألومنيوم: 8.1٪، الحديد: 5٪، الكالسيوم: 3.6٪، الصوديوم: 2.8٪، البوتاسيوم: 2.6٪، المغنيسيوم: 2.1٪، عناصر أُخرى: 1.5٪.

أفكِّرُ

المعادن السليكاتية.

- اطرح السؤال الآتي على الطلبة بعد تنفيذ الإثراء السابق:

- ما العلاقة بين نسبة عنصري الأكسجين والسليكون في الماغما ووفرة المعادن السليكاتية في صخور القشرة الأرضية؟

- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقشهم فيها لاستنتاج أن عنصري الأكسجين والسليكون يُمثِّلان نحو 73.7 ٪ من نسبة العناصر في الماغما؛ لذا، فإنَّ معظم القشرة الأرضية تتكوَّن من معادن سليكاتية، تُمثِّل 92 ٪ تقريبًا من المعادن، علمًا بأنَّ أكثر المعادن السليكاتية وفرة في الأرض هي الفلسبار والكوارتز.

الشكلُ (3): صخورٌ ناريةٌ سطحيةٌ تكوَّنَتْ منْ تبلوُرِ اللّابةِ على سطحِ الأرضِ.

الشكلُ (4): صخرُ البازلتِ الذي يُعَدُّ أحدَ الصخورِ الناريةِ السطحيةِ المُتكشِّفةِ في الأردنِّ.

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

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

✓ **أتحقَّقُ:** **أُفسِّرُ** سببَ اختلافِ اللّابةِ عنِ الماغما بالرغمِ منْ أنَّهُما يُمثِّلانِ صخورًا مصهورةً.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

التبلور.

ذكِّر الطلبة أنَّ الصخور تتكوَّن من معادن، وأنَّ المعادن تتشكَّل نتيجة تبلورها من الماغما، أو من المحاليل، ثم اسألهم: ماذا يعني التبلور؟

التبلور: عملية تترتَّب فيها الذرات والجزيئات في بناء هندسي منتظم ومتكرر صُلْب يُسمّى البلورة.

◄ المناقشة:

تصنيف الصخور.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3) والشكل (5)، ثم وضِّح لهم الفرق بين الصخور النارية الجوفية والصخور النارية السطحية، مُركِّزًا على أنَّ اللابة تتدفق من البراكين، وتتحرك على السطح، وأنَّ الماغما توجد في باطن الأرض.
- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– في رأيكم، أيُّهما سوف تبرد بصورة أسرع: الماغما أم اللابة؟

اللابة.

– لماذا؟

لأنَّها ستتعرَّض لعوامل الجو، وقد تُلامِس المياه السطحية.

– ماذا يحدث عندما تبرد الماغما أو اللابة؟

تتبلور، وتتشكَّل بلّورات المعادن.

– في رأيكم، أيُّ بلّورات المعادن تختلف في الحجم: البلّورات المُتكوِّنة في باطن الأرض أم تلك التي تتبلور من اللابة على السطح؟ لماذا؟

- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقشهم فيها لاستنتاج أنَّ البلّورات التي تتكوَّن في باطن الأرض تكون أكبر حجمًا من تلك التي تتبلور من اللابة على السطح.
- أخبِر الطلبة أنَّهم سيُصنِّفون لاحقًا الصخور النارية بحسب حجم الحبيبات.

معلومة إضافية

الصخور النارية.

وجِّه الطلبة إلى البحث في شبكة الإنترنت عن توزيع الصخور النارية في العالَم، ونسبة المُتكشِّف منها على سطح الأرض.

- تُمثِّل الصخور النارية والصخور المُتحوِّلة ما نسبته 95٪ من مجمل صخور القشرة الأرضية. أمّا الصخور المُتكشِّفة على سطح الأرض فمعظمها رسوبية، ونسبتها تبلغ نحو 75٪ من الصخور المُتكشِّفة، في حين تُمثِّل الصخور النارية المُتكشِّفة على سطح الأرض ما نسبته 15٪ فقط.

نشاط سريع **الصخور النارية في الأردن.**

وجِّه الطلبة – ضمن مجموعات– إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أنواع الصخور النارية المُتكشِّفة في الأردن، ثم إعداد عرض تقديمي عنها، مُعزِّزًا بالصور، ثم عرضه أمام الزملاء في الصف.

✓ **أتحقَّق:** لأن الصخور المصهورة (الماغما) تفقد جزءًا من الغازات الذائبة فيها، وتقل درجة حرارتها عندما تخرج من باطن الأرض إلى سطح الأرض، في ما يُعرَف باللابة.

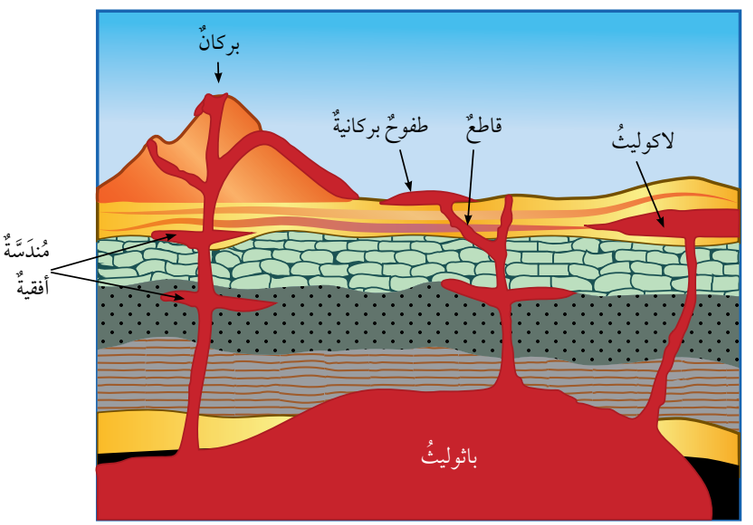
95٪

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. ومنْها أيضًا القواطعُ الناريةُ Dykes، وهيَ صخورٌ ناريةٌ تتبلورُ في الشقوقِ الصخريةِ أوِ الصدوعِ، وتقطعُ الصخورَ بشكلٍ عموديٍّ أوْ مائلٍ، ويُطلَقُ عليْها اسمُ المُندَسَّةِ الناريةِ Sill إذا كانَتْ أفقيةً مُوازيةً للطبقاتِ.

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

الشكلُ (5): أشكالُ الصخورِ الناريةِ السطحيةِ والجوفيةِ في الطبيعةِ. أُقارِنُ بينَ الباثوليثِ واللاكوليثِ منْ حيثُ الحجمُ.



حل سؤال الشكل (5):

الباثوليث أكبر حجمًا من اللاكوليث.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع أشكال الصخور النارية، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

◄ استخدام الصور والأشكال: أشكال الصخور النارية.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (5)، ثم اسألهم:

– ما أشكال الصخور النارية التي تتكوَّن في باطن الأرض؟

أشكال الصخور النارية التي تتكوَّن في باطن الأرض: الباثوليث، واللاكوليث، والقاطع، والمندسة النارية.

– ما أشكال الصخور النارية التي تتكوَّن على سطح الأرض؟

أشكال الصخور النارية التي تتكوَّن على سطح الأرض: البراكين، والطفوح البركانية.

– ما أكبر أشكال الصخور النارية؟

أكبر أشكال الصخور النارية: الباثوليث.

– ما الفرق بين القاطع والمندسة النارية؟

القاطع: صخور نارية تملأ الشقوق، وتكون بشكل مائل أو رأسي.

المندسة النارية: صخور أفقية موازية للطبقات.

عمل نموذج

أشكال الصخور النارية.

وجِّه الطلبة إلى عمل نموذج يُمثِّل أحد أشكال الصخور النارية باستعمال مواد من البيئة المحلية، مثل: الإسفنج والصلصال، ثم عرضه أمام الزملاء في الصف.

طريقة أخرى للتدريس — أشكال الصخور النارية

- اعرض أمام الطلبة مقطع فيديو يُمثِّل أشكال الصخور النارية في الطبيعة.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة اختيار أحد هذه الأشكال، ثم البحث عن خصائصه في كتاب الطالب وشبكة الإنترنت.
- وجِّه أفراد كل مجموعة إلى عرض ما يتوصَّلون إليه على زملائهم في المجموعات الأُخرى.
- اعرض أمام الطلبة الشكل (5)؛ لربط المعلومات بعضها ببعض.

التجربة 1

زمن التنفيذ: 10 دقائق (تستغرق مراقبتها يومًا).

الهدف: تحديد العلاقة بين سرعة تبريد الماغما أو اللابة وحجم البلّورات الناتجة في الصخور النارية الجوفية والسطحية.

المهارات العلمية:

الملاحظة، المقارنة، الاستنتاج، التفسير.

إرشادات السلامة:

اطلب إلى الطلبة ارتداء النظارات الواقية والقفافيز قبلَ البدء بتنفيذ التجربة، والحذر من انسكاب الماء الساخن على الجسم، وغسل الأيدي جيدًا بالماء والصابون بعد استخدام مادة كبريتات النحاس، وإستعمال الوعاءين الزجاجيين بحذر؛ خشية الإصابة بجروح في حال كسر أحدهما أوْ كليهما.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة للرجوع إلى كتاب الأنشطة والتجارب العملية في أثناء تنفيذ التجربة.
- وضِّح للطلبة في الخطوة الأولى أنَّ كمية المادة التي يُمكِن إذابتها تزداد بزيادة درجة الحرارة، وذكِّرهم بمفهوم المحلول المشبع.
- نفِّذ التجربة سلفًا، لأنَّ تبلور كبريتات النحاس يستغرق أكثر من يوم.
- يُمكِنك عرض نتائج التجربة على الطلبة؛ ليتمكنوا من إجابة أسئلة بند (التحليل والاستنتاج).

النتائج المتوقعة:

- تبلور كبريتات النحاس.
- اختلاف حجم البلورات في الوعاء نتيجة اختلاف درجات الحرارة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** بناء الشخصية: إدارة الوقت.**

– الفت انتباه الطلبة – في أثناء تنفيذ الخطوة السادسة من التجربة– إلى أهمية إدارة الوقت، والإفادة منه على أفضل وجه.

التجربة 1

علاقةُ معدَّلِ التبريدِ بحجمِ البلّوراتِ

تمتازُ الصخورُ الناريةُ الجوفيةُ بكبرِ حجمِ بلّوراتِها، خلافًا للصخورِ الناريةِ السطحيةِ التي تمتازُ بصغرِ حجمِ بلّوراتِها، وذلكَ اعتمادًا على سرعةِ تبريدِ الماغما أوِ اللّابةِ.

الموادُّ والأدواتُ:

كبريتاتُ النحاسِ ($CuSO_4$)، ماءٌ ساخنٌ، خيطٌ قطنيٌّ، قلمُ رصاصٍ، وعاءانِ زجاجيانِ سعةُ كلٍّ منْهُما (300 ml)، ثلّاجةٌ أوْ حافظةُ حرارةٍ، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، ساعةُ توقيتٍ، ميزانُ حرارةٍ، نظّاراتٌ واقيةٌ، قفافيزُ حراريةٌ، ملعقةٌ فلزّيةٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- ارتداءُ النظّارةِ الواقيةِ والقُفّازيْنِ قبلَ البدءِ بتنفيذِ التجربةِ.
- الحذرُ منَ انسكابِ الماءِ الساخنِ على الجسمِ.
- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ استخدامِ مادةِ كبريتاتِ النحاسِ.
- الحذرُ عندَ استخدامِ الوعاءيْنِ الزجاجيّيْنِ؛ خشيةَ الإصابةِ بجروحٍ في حالِ كسرِ أحدِهما أوْ كليْهما.

خطواتُ العملِ:

1. بالتعاونِ معَ زملائي، أُحضِّرُ محلولًا مشبعًا منْ كبريتاتِ النحاسِ في الوعاءيْنِ باستخدامِ الماءِ الساخنِ.
2. أضعُ أولًا في كلِّ وعاءٍ (100 ml) منَ الماءِ الساخنِ، ثمَّ أُضيفُ تدريجيًّا كميّاتٍ متساويةً منْ كبريتاتِ النحاسِ في الوعاءيْنِ.
3. أُحرِّكُ المحلولَ في الوعاءيْنِ بالملعقةِ حتّى يصبحَ المحلولُ في الوعاءيْنِ مشبعًا.
4. أضعُ في كلِّ وعاءٍ خيطًا مربوطًا بقلمٍ، وأجعلُ الخيطَ يتدلّى في الوعاءِ، بحيثُ ينغمرُ كلا الخيطيْنِ في المحلولِ المشبعِ، ثمَّ أطلبُ إلى زميلي تدوينَ الوقتِ ودرجةِ الحرارةِ في غرفةِ المختبرِ.

5. أتركُ أحدَ الوعاءيْنِ يبردُ في درجةِ حرارةِ الغرفةِ، وأضعُ الوعاءَ الآخرَ في الثلّاجةِ، أوْ في الحافظةِ الحراريةِ.
6. أُراقِبُ تشكُّلَ البلّوراتِ على جوانبِ الوعاءيْنِ، وعلى الخيطِ في كلٍّ منْهُما، ثمَّ أُدوِّنُ الوقتَ الذي بدأتْ فيهِ البلّوراتُ تتشكّلُ، وأحرصُ على مراقبةِ عمليةِ تبريدِ الوعاءيْنِ في مُدَدٍ مُحدَّدةٍ.
7. ألاحِظُ المحلولَ الذي بردَ على نحوٍ أسرعَ، ثمَّ أُدوِّنُ نتائجي.
8. أرسمُ شكلَ البلّوراتِ التي أُشاهِدُها، ثمَّ أكتبُ وصفًا لها.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أُقارِنُ** بينَ حجمِ البلّوراتِ في الوعاءيْنِ.
2. أحسُبُ الوقتَ الذي استغرقَهُ تبلوُرُ كبريتاتِ النحاسِ في الوعاءيْنِ.
3. **أستنتجُ** العلاقةَ بينَ حجمِ البلّوراتِ وسرعةِ التبلوُرِ.
4. **أُفسِّرُ:** لماذا تمتازُ البلّوراتُ التي تبردُ سريعًا بصغرِ حجمِها؟

التحليل والاستنتاج:

1. حجم البلّورات في الوعاء الذي برد في درجة حرارة الغرفة أكبر من حجم البلّورات التي بردت في الثلاجة.
2. ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، ولكنَّ تبلور كبريتات النحاس في الوعاء الموجود في درجة حرارة الغرفة سيستغرق وقتًا أكبرَ.
3. كلما زادت سرعة التبلور قلَّ حجم البلّورات الناتجة.
4. تكون البلّورات التي تبرد سريعًا صغيرة الحجم؛ لأنَّها لا تحصل على الوقت الكافي لنموها.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	المعيار	التقدير			
		1	2	3	5
1	يُطبِّق إرشادات السلامة في أثناء إجراء التجربة.				
2	يُحضِّر محلولًا مشبعًا من كبريتات النحاس في الوعاءين، مُتتبِّعًا خطوات التجربة بدقةٍ.				
3	يُدوِّن بدقةٍ ملاحظاته على الوعاءين ضمن مُدَدٍ مُحدَّدة.				
4	يرسم البلّورات في الوعاءين رسمًا صحيحًا.				
5	يستنتج العلاقة بين سرعة التبلور وحجم البلّورات.				
6	يُفسِّر سبب التغيُّر في حجم البلّورات تبعًا لسرعة التبريد.				

صخرُ الغرانيتِ. صخرُ الريوليتِ.

تصنيفُ الصخورِ الناريةِ Classification of Igneous Rocks

أشرْنا سابقًا إلى أنَّ الصخورَ الناريةَ تُصنَّفُ بحسبِ مكانِ تبلوُرِها إلى صخورٍ ناريةٍ جوفيةٍ تنشأُ في باطنِ الأرضِ، وصخورٍ ناريةٍ سطحيةٍ تنشأُ على سطحِ الأرضِ، ولكنَّ 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 بكبرِ 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 سريعٍ 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 الخشنةِ، وصخرُ الريوليتِ الذي يمتازُ بحبيباتِهِ الناعمةِ.

أُفسِّرُ: لماذا يُعَدُّ نسيجُ الريوليتِ نسيجًا ناعمَ الحبيباتِ؟

الشكلُ (7): النسيجُ الزجاجيُّ في صخرِ الأوبسيديانِ.

حل سؤال الشكل (6):

لأنَّ بلّورات الريوليت صغيرة الحجم، ولا تُرى بالعين المُجرَّدة، ونتجت من التبريد السريع للابة على سطح الأرض.

إحاطة للمُعلِّم

الأوبسيديان:

الأوبسيديان صخر بركاني يمتاز بنسيجه الزجاجي، ولونه الأسود. وهو يتكوَّن بسبب التبريد السريع جدًّا؛ ما يؤدي إلى تشكُّله بسرعة قبل أنْ تتبلور المعادن داخله. وقد يعتقد بعض الطلبة أنَّ لونه يدل على احتوائه على نسبة عالية من الحديد والمغنيسيوم، ولكنَّ دراسة تركيبه الكيميائي أظهرت أنَّه غني بالسليكا، وهو يوجد على حواف اللابة الريوليتية المتدفقة على سطح الأرض.

◄ بناء المفهوم: استراتيجية التعلُّم التعاوني، وجدول التعلُّم.

النسيج الناعم، والنسيج الخشن.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات صغيرة.
- وزِّع على أفراد كل مجموعة جدول التعلُّم، ثم اطلب إليهم ملء العمود الأول بإجابتي السؤالين الآتيين:
  - ماذا أعرف عن طرائق تصنيف الصخور النارية؟
  - ما المقصود بالنسيج؟
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة ملء العمود الثاني من جدول التعلُّم (ماذا أريد أنْ أتعلَّم عن طرائق تصنيف الصخور النارية؟).
- استمع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، ثم اكتب على اللوح الأفكار الرئيسة المُتعلِّقة بالعمودين: الأول، والثاني.
- وزِّع على أفراد كل مجموعة عيِّنتين صخريتين تُمثِّلان صخر الغرانيت والريوليت، وورقة عمل تحوي الأسئلة الآتية:
  - في أيِّ هاتين العيِّنتين يُمكِن رؤية المعادن المُكوِّنة لها؟
  - أين يتبلور صخر الغرانيت وصخر الريوليت؟
  - أيُّ العيِّنتين ملمسها خشن؟ أيُّهما ملمسها ناعم؟
- أَدِرْ نقاشًا مع أفراد المجموعات للتوصُّل إلى أنَّ الصخور النارية تُصنَّف بحسب النسيج إلى نسيج خشن، ونسيج ناعم، وأنَّ نسيج الصخور ذوات بلّورات المعادن المرئية يكون خشنًا، وأنَّ نسيج الصخور ذوات بلّورات المعادن غير المرئية يكون ناعمًا.
- اطلب إلى الطلبة ملء العمود الثالث من جدول التعلُّم؛ بتلخيص ما درسوه في هذه الحصة.

◄ بناء المفهوم:

النسيج السماقي.

- اعرض أمام الطلبة عيِّنة صخرية نارية تحوي نسيجًا سماقيًّا، أو صورةً تُمثِّله، ثم اسألهم:

– قارِن بين بلّورات هذا الصخر من حيث الحجم.

توجد بلّورات كبيرة مرئية منه، وأُخرى صغيرة غير مرئية.

– بناءً على معرفتك بكيفية تكوُّن النسيج الخشن والنسيج الناعم، أين تكوَّنت البلّورات الصغيرة والكبيرة في هذا الصخر في رأيك؟

تكوَّنت البلّورات الصغيرة على سطح الأرض، وتكوَّنت البلّورات الكبيرة في باطن الأرض.

- وضِّح للطلبة أنَّ هذا النسيج يُسمّى نسيجًا سماقيًّا، وأنَّه يتكوَّن في باطن الأرض، وعلى سطحها.

معلومة إضافية

صخر الخفاف.

- أخبِر الطلبة أنَّه يوجد نوعان من صخر الخفاف، هما: صخر البيومس (pumice rock)، وصخر السكوريا (scoria rocks).
- وجِّه الطلبة إلى البحث عنهما في مصادر المعرفة المناسبة، ثم كتابة تقرير عنهما يُبيِّن الفرق بينهما.

صخرا البيومس والسكوريا هما من الصخور النارية، ولهما نسيج فقاعي، ويُسمَّيان صخر الخفاف بسبب كتلتهما القليلة نسبةً إلى بقية الصخور النارية. يمتاز صخر البيومس بلونه الفاتح، واحتوائه على نسبة أكبر من السليكا؛ لأنَّ تركيبه الكيميائي مشابه لتركيب صخر الريوليت، في حين يمتاز صخر السكوريا بلونه الغامق، وهو يُشبِه في تركيبه الكيميائي صخر البازلت.

نشاط سريع أنسجة الصخور النارية.

- أحضِر للطلبة مجموعة من عيِّنات صخور نارية، تُمثِّل نسيجًا خشنًا، وناعمًا، وزجاجيًّا، وفقاعيًّا، وسماقيًّا، ثم اطلب إليهم – ضمن مجموعات– تحديد النسيج، وتعريفه في كلٍّ منها.

✓ **أتحقَّقُ:** عندما يحدث تبريد سريع جدًّا للابة، فإنَّ الذرات المُكوِّنة لها لا تُشكِّل بلّورات لعدم توافر الوقت الكافي لذلك؛ ما يؤدي إلى ارتباط الذرات بعضها ببعض عشوائيًّا، مُكوِّنةً نسيجًا زجاجيًّا.

الشكلُ (8): النسيجُ السماقيُّ الذي يمتازُ بوجودِ بلّوراتٍ كبيرةِ الحجمِ محاطةٍ ببلّوراتٍ صغيرةِ الحجمِ.

الشكلُ (9): النسيجُ الفقاعيُّ الذي يمتازُ بوجودِ ثقوبٍ في الصخرِ الناريِّ نتيجةَ خروجِ الغازاتِ.

مِنَ الأنسجةِ الأُخرى المشهورةِ في الصخورِ النارية **النسيجُ السماقيُّ (البورفيريُّ)** Porphyritic Texture، الذي يظهُر نسيجُ الصخرِ فيهِ على شكلِ بلّوراتٍ كبيرةٍ مرئيةٍ محاطةٍ ببلّوراتٍ صغيرةٍ غيرِ مرئيةٍ. وقدْ عزا الجيولوجيونَ سببَ تكوُّنِ هذا النسيجِ إلى تبريدِ الماغما على مرحلتيْنِ؛ 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 المُتشكِّلةَ سابقًا، أنظرُ الشكلَ (8).

أمّا **النسيجُ الفقاعيُّ** Vesicular Texture فيتكوَّنُ نتيجةً لخروجِ الغازاتِ مِنَ اللّابةِ وهيَ على سطحِ الأرضِ، فتتكوَّنُ مجموعةٌ مِنَ الفجواتِ أوِ 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 السليكا 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 التبلوُرِ.

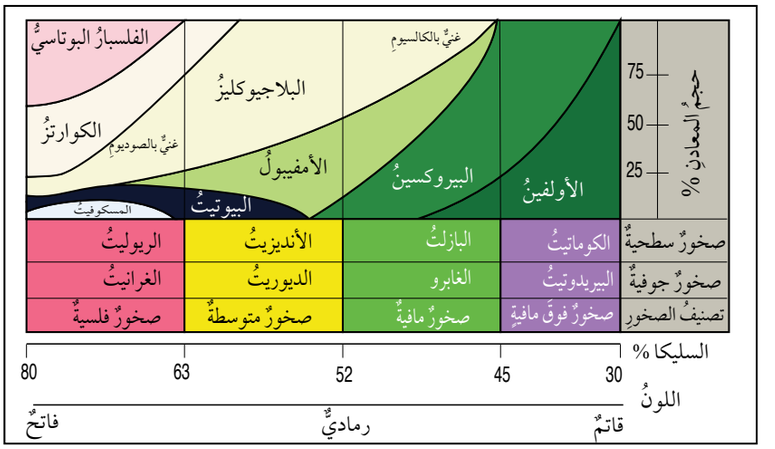
أمّا **الصخورُ الفلسيةُ** فهيَ صخورٌ ناريةٌ تحتوي على معادنَ غنيةٍ بالسليكا، مثلِ: الفلسبارِ البوتاسيِّ، والمسكوفيتِ، والكوارتزِ. وهيَ تمتازُ بألوانِها الفاتحةِ، ومنْ أشهرِ صخورِها: الغرانيتُ، والريوليتُ.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

المعادن السيليكاتية.

- ذكِّر الطلبة بمجموعات المعادن السليكاتية التي درسوها سابقًا، مُبيِّنًا لهم ما يأتي:

مجموعتا الأوليفين والبيروكسين غنيتان بعنصري الحديد والمغنيسيوم. أمّا مجموعة **الأمفيبول** فهي مجموعة سليكاتية غنية أيضًا بالحديد والمغنيسيوم، ولكن قد يدخل عنصر الكالسيوم في تركيب معادنها التي أشهرها معدن الهورنبلند. في حين تحتوي مجموعة **المايكا** على عنصر الحديد، والمغنيسيوم، والبوتاسيوم، والصوديوم. ومن أمثلتها: معدن البيوتيت، ومعدن المسكوفيت. وأمّا مجموعة معادن **الفلسبار** فتُصنَّف إلى نوعين رئيسين، هما: الفلسبار البوتاسي مثل الأرثوكليز (Orthoclase)، والفلسبار الصودي الكلسي مثل: البلاجيوكليز (Plagioclase)، والألبيت (Albite) الغني بالصوديوم، والأنورثيت (Anorthite) الغني بالكالسيوم، والكوارتز الذي يتكوَّن من ثاني أكسيد السليكون (SiO_2).



الشكلُ (10): تصنيفُ الصخورِ النارية بحسبِ تركيبِها المعدنيِّ، ونسبِ السليكا فيها، وأمثلةٌ على كلِّ نوعٍ منَ الصخورِ الجوفيةِ والصخورِ السطحيةِ.

وأمّا **الصخورُ المتوسطةُ** فهيَ صخورٌ ناريةٌ تحتوي على معادنَ سليكاتيةٍ متوسطةِ الغنى بالسليكا، وتكونُ ألوانُها بينَ الفاتحِ والغامقِ. وهيَ تتكوَّنُ منْ معادنِ البلاجيوكليزِ الصوديِّ، والبيوتيتِ، والأمفيبولِ. ومنَ الأمثلةِ على هذهِ الصخورِ: صخورُ الديوريتِ، وصخورُ الأنديزيتِ.

وأمّا **الصخورُ المافيةُ** فهيَ صخورٌ غامقةُ اللونِ بسببِ احتوائِها على معادنَ غنيةٍ بالحديدِ والمغنيسيومِ، مثلِ: معادنِ البلاجيوكليزِ الكلسيِّ الصوديِّ، ومعادنِ البيروكسينِ، والأمفيبولِ. ومنَ الأمثلةِ على هذهِ الصخورِ: صخورُ الغابرو، وصخورُ البازلتِ.

وأمّا **الصخورُ فوقَ المافيةِ** فهيَ صخورٌ قاتمةٌ (شديدةُ الاسودادِ) تحتوي على نسبةٍ منخفضةٍ منَ السليكا، وتتكوَّنُ في مجملِها منْ معادنِ الأوليفينِ، والبيروكسينِ. ومنْ أشهرِ الأمثلةِ عليْها: صخورُ البيريدوتيتِ، وصخورُ الكوماتيتِ، أنظرُ الشكلَ (11) الذي يُمثِّلُ صخرَ البيريدوتيتِ.

الشكلُ (11): صخرُ البيريدوتيتِ الذي يُعَدُّ أحدَ الصخورِ فوقَ المافيةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أُصنِّفُ صخرَ الديوريتِ بناءً على تركيبِهِ المعدنيِّ، مُبيِّنًا المعادنَ المُكوِّنةَ لهُ.

◄ استخدام الصور والأشكال:
تصنيف الصخور النارية.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10)، ثم اسألهم:

– ما أنواع الصخور النارية اعتمادًا على تركيبها المعدني؟

أنواع الصخور النارية اعتمادًا على تركيبها المعدني: الصخور الفلسية، والصخور المتوسطة، والصخور المافية، والصخور فوق المافية.

- عيِّن على الشكل هذه الأنواع، ثم اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما نوع الصخر الجوفي المُمثِّل للصخور الفلسية؟

نوع الصخر الجوفي المُمثِّل للصخور الفلسية هو الغرانيت.

– مِمَّ يتكوَّن صخر الغرانيت؟

يتكوَّن صخر الغرانيت من الفلسبار البوتاسي (الأرثوكليز)، والكوارتز، والبلاجيوكليز الغني بالصوديوم، ومعدني البيوتيت والمسكوفيت.

– هل لون الصخور فوق المافية فاتح أم غامق؟

لون الصخور فوق المافية غامق.

– لماذا؟

لأنَّها تحتوي على معدني الأوليفين والبيروكسين الغنيين بعنصري الحديد والمغنيسيوم.

ملحوظة: يُمكِن للمُعلِّم طرح أسئلة متنوعة عن الصخور التي في الشكل لاستنتاج خصائص كل نوع منها.

نشاط سريع أنواع الصخور النارية.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة عيِّنات صخرية نارية تشمل الأنواع الأربعة ما أمكن، ثم اطلب إلى أفراد المجموعات تصنيف هذه العيِّنات، بحسب لونها والمعادن المُكوِّنة لها، إلى أنواعها الرئيسة: الفلسية، والمتوسطة، والمافية، وفوق المافية.
- اطلب إلى أفراد المجموعات التأكُّد من تصنيفهم بالرجوع إلى الشكل (10)، ومقارنة اسم الصخر بالمجموعة التي ينتمي إليها.

✓ **أتحقَّقُ:** يُصنَّف صخر الديوريت بحسب تركيبه المعدني إلى صخور متوسطة، ويتكوَّن من معدني البلاجيوكليز والأمفيبول، وقد يحتوي على البيوتيت، أو البيروكسين، أو الكوارتز.

إضاءة للمُعلِّم

الصخور الفلسية والصخور المافية.

كلمة (Felsic) تعني الماغما، أو الصخور النارية الغنية بالسليكا والبوتاسيوم، وهي تتألَّف من مقطعين: (Fel) الذي هو اختصار لمعدن الفلسبار (Feldspar)، و(sic) الذي هو اختصار لمعدن الكوارتز أو السليكا (Silica). أمّا كلمة (Mafic) فتعني الماغما، أو الصخور النارية الغنية بالحديد والمغنيسيوم، وهي تتألَّف من مقطعين: (Ma) الذي هو اختصار للمغنيسيوم (Magnesium)، و (fic) الذي هو اختصار للحديد.

مراجعة الدرس

3 التقويم

1. صخور نارية جوفية، وصخور نارية سطحية.
2. عندما يتعرَّض الصخر الناري لعمليات تجوية وتعرية، ثم يترسَّب الفتات الصخري الناتج في أحواض الترسيب، ثم يتصخَّر، فإنَّه يتحوَّل إلى صخر رسوبي.
3. يكون صخر البازلت في باطن الأرض على شكل ماغما، وما إنْ تصعد إلى السطح، وتتعرَّض لعوامل الجو، حتى تبدأ اللابة المتدفقة على السطح بالتبريد السريع، وتتبلور المعادن المُكوِّنة لها، وتتصلَّب، مُشكِّلة صخر البازلت.
4. حبيبات صخر الغرانيت كبيرة مرئية، ونسبة السليكا فيه عالية، ولونه فاتح. أمّا صخر الأنديزيت فحبيباته صغيرة غير مرئية، ونسبة السليكا فيه متوسطة، ولونه بين الفاتح والغامق.
5. يُصنَّف صخر البيريدوتيت بأنه فوق مافي؛ لذا، فإنَّ الصخر المكافئ له داكن اللون. وهو يتكوَّن من معدني الأوليفين والبيروكسين، ونسبة السليكا فيه قليلة، ولكنَّه يختلف عنه بأنَّ نسيجه غير مرئي؛ لأنَّه تكوَّن على سطح الأرض.
6. ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، ولكن يجب أنْ يحتوي النموذج على ما يأتي:

لابة على سطح الأرض، وعمليات تبريد سريعة، وتبلور للمعادن، ثم تكوُّن الصخر السطحي.

مراجعةُ الدرسِ

1. **أُصنِّفُ** الصخورَ النارية بحسبِ مكانِ تبلوُرِها.
2. **أُوضِّحُ** كيفَ يُمكِنُ أنْ يصبحَ الصخرُ الناريُّ صخرًا رسوبيًّا.
3. **أَتتبَّعُ** مراحلَ تكوُّنِ صخرِ البازلتِ منْ لحظةِ وجودِهِ في باطنِ الأرضِ حتّى تصلُّبِهِ على سطحِ الأرضِ.
4. **أُقارِنُ** بينَ صخريِ الغرانيتِ والأنديزيتِ منْ حيثُ: حجمُ الحبيباتِ، ونسبةُ السليكا، واللونُ.
5. **أستنتجُ** خصائصَ صخرٍ تكوَّنَ على سطحِ الأرضِ، وكافأَ في تركيبِهِ تركيبَ صخرِ البيريدوتيتِ.
6. **أُصمِّمُ** نموذجًا يُوضِّحُ كيفيةَ تكوُّنِ الصخورِ النارية السطحيةِ على سطحِ الأرضِ.

*** التفكير: التحليل.**

الفت انتباه الطلبة – في أثناء حل أسئلة التحليل والاستنتاج– إلى أنَّ مهارة المقارنة هي إحدى مهارات التفكير التي تستخدم في التحليل، وأنَّه يتعيَّن عليهم في أثناء التحليل تفحُّص المعلومات، وتفكيكها إلى أجزائها الرئيسة، ثم تحديد أوجه التشابه والاختلاف بينها؛ للتوصُّل إلى استنتاجات منطقية صحيحة.

الدرس 2
الصخور الرسوبية
Sedimentary Rocks

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:
الصخور الرسوبية.

- اعرض أمام الطلبة صورة لتتابع طبقي من الصخور الجيرية أو الرملية (بحسب الصخور الشائعة في المنطقة)، ثم اسألهم:
  - ماذا تشاهدون في الصورة؟ نشاهد في الصورة طبقات من الصخور.
  - هل توجد الصخور جميعها على شكل طبقات؟ ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.
- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج أنَّ الصخور الرسوبية توجد على شكل طبقات متتالية.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:
تكوُّن الصخور الرسوبية.

- ذكِّر الطلبة بدورة الصخور التي تعرَّفوها في الدرس السابق، بطرح الأسئلة الآتية عليهم:
  - ما الأنواع الثلاثة للصخور؟ الأنواع الثلاثة للصخور، هي: النارية، والرسوبية، والمُتحوِّلة.
  - ما العمليات التي تتعرَّض لها الصخور قبل أنْ تصبح صخورًا رسوبيةً؟ العمليات التي تتعرَّض لها الصخور قبل أنْ تصبح صخورًا رسوبيةً، هي: التجوية، والتعرية، والنقل، والترسيب.
  - ماذا نعني بالتجوية؟
    التجوية: عملية جيولوجية خارجية تتفتَّت فيها الصخور وتتحلَّل على سطح الأرض؛ نتيجةً لتأثير العوامل الجوية السائدة، من دون حدوث نقل للفتات الصخري من مكانه.
  - ما المقصود بالتعرية؟ **التعرية**: عملية جيولوجية خارجية تُنقَل فيها نواتج التجوية من مكانها إلى أحواض الترسيب بفعل عوامل التعرية، مثل: الرياح، والمياه الجارية.
  - ماذا يُقصَد بالترسيب؟ **الترسيب**: عملية جيولوجية يتراكم فيها الفتات الصخري أو المعادن الذائبة وبقايا الكائنات الحية في أحواض الترسيب بفعل الجاذبية.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:
الصخور الرسوبية.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12)، ثم تتبَّع معهم مراحل تكوُّن الصخور الرسوبية، بدءًا بمرحلة تجوية الصخور الأصلية، ومرورًا بتعريتها ونقلها، وانتهاءً بترسيبها في حوض الترسيب.

الفكرة الرئيسة:
تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ نتيجةَ تصخُّرِ الرسوباتِ على شكلِ طبقاتٍ متتاليةٍ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أتعرَّفُ كيفَ تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ.
- أُصنِّفُ الصخورَ الرسوبيةَ.
- أُوضِّحُ معالمَ الصخورِ الرسوبيةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

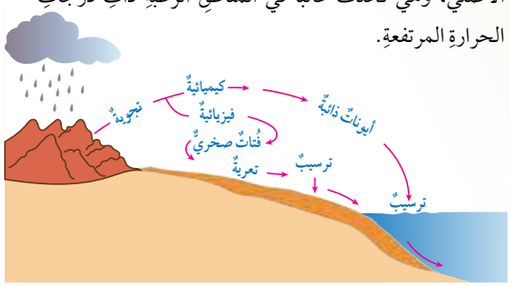
الرسوباتُ	Sediments
التصخُّرُ	Lithification
التراصُّ	Compaction
الالتحامُ	Cementation
الصخورُ الرسوبيةُ الفُتاتيةُ	Clastic Sedimentary Rocks
الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ	Chemical Sedimentary Rocks
الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ الحيويةُ	Biochemical Sedimentary Rocks
الطبقيةُ المُتدرِّجةُ	Graded-Bedding
علاماتُ النيمِ	Ripple Marks
التشقُّقاتُ الطينيةُ	Mud Cracks

تكوُّنُ الصخورِ الرسوبيةِ Sedimentary Rocks Formation

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ الصخورَ الرسوبيةَ هيَ أحدُ أنواعِ الصخورِ التي تتشكَّلُ منْها القشرةُ الأرضيةُ.

تغطّي الصخورُ الرسوبيةُ ثلاثةَ أرباعِ سطحِ اليابسةِ تقريبًا، وتُشكِّلُ نحوَ 5 % منْ حجمِ الصخورِ الكليِّ في القشرةِ الأرضيةِ، ويُمثِّلُ وجودُها أهميةً كبيرةً في حياتِنا. ولكنْ، كيفَ يتكوَّنُ هذا النوعُ منَ الصخورِ؟

يبدأُ تكوُّنُ الصخورِ الرسوبيةِ منْ عمليةِ التجويةِ التي تعملُ على تكسيرِ الصخورِ والمعادنِ المُكوِّنةِ لها، وتفتيتها، وتحليلِها، أنظرُ الشكلَ (12). يُمكِنُ تقسيمُ التجويةِ إلى نوعيْنِ رئيسيْنِ، هما: التجويةُ الفيزيائيةُ (الميكانيكيةُ) التي ينتجُ منْها فُتاتٌ صخريٌّ مُشابهٌ في خصائصِهِ للصخورِ الأصليةِ، وتحدثُ غالبًا في المناطقِ الصحراويةِ الجافةِ، والتجويةُ الكيميائيةُ التي تؤدي إلى تكوُّنِ معادنَ جديدةٍ تختلفُ في خصائصِها عنِ المعادنِ المُكوِّنةِ للصخرِ الأصليِّ، وهيَ تحدثُ غالبًا في المناطقِ الرطبةِ ذاتِ درجاتِ الحرارةِ المرتفعةِ.



الشكلُ (12): مراحلُ تكوُّنِ الصخورِ الرسوبيةِ بفعلِ عملياتِ التجويةِ، والتعريةِ، والترسيبِ.
أُحدِّدُ: أينَ تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ؟

نشاط سريع التجوية الفيزيائية والتجوية الكيميائية.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة مطرقة، وحمض الهيدروكلوريك المُخفَّف، وعيِّنتين صخريتين تُمثِّلان صخري الرمل والجير.
- اطلب إلى أفراد المجموعات إضافة حمض الهيدروكلوريك المُخفَّف إلى العيِّنتين، وملاحظة تفاعله معهما، ثم استخدام المطرقة في تفتيت جزء من العيِّنتين.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - ما نوع التجوية التي تمَّت محاكاتها في الحالتين؟
    تمَّت محاكاة التجوية الفيزيائية باستعمال المطرقة، ومحاكاة التجوية الكيميائية باستعمال حمض الهيدروكلوريك المُخفَّف.
  - هل تتأثَّر الصخور جميعها بدرجة التجوية نفسها؟
    لا، لا تتأثَّر الصخور جميعها بدرجة التجوية نفسها؛ فالصخور الجيرية - مثلًا- تتأثَّر بالتجوية الكيميائية، في حين لا يتأثَّر بها الصخر الرملي.

حل سؤال الشكل (12):
تتكوَّن الصخور الرسوبية في أماكن الترسيب، مثل: البحار، والبحيرات.

✓ **أتحقَّقُ:** التجوية الفيزيائية تعمل على تفتيت الصخر من دون حدوث تغيُّر في التركيب الكيميائي للصخر، أمّا التجوية الكيميائية فتعمل على تحلُّل المعادن المُكوِّنة للصخور، وإنتاج معادن جديدة.

أفكّرُ التجوية بفعل الكائنات الحية.

- وجِّه كل طالب إلى الإجابة عن السؤال الآتي وحده، ثم مشاركة زملائه في إجابته:

– ما علاقة الكائنات الحية بالتجوية الكيميائية، والتجوية الفيزيائية؟

تُؤثِّر الكائنات الحية في الصخور، وتعمل على تجويتها تجوية فيزيائية؛ إذ تُؤثِّر جذور النباتات – مثلًا– في أثناء نموها في تفتُّت الصخور، وكذلك تفعل الحيوانات في أثناء بناء جحورها. وبالمثل، تعمل بعض الكائنات الحية على تجوية الصخور تجوية كيميائية، مثل إفراز جذور النباتات مواد حمضية تذيب الصخور الجيرية في أثناء نموها. ويؤدي تحلُّل بقايا الكائنات الحية إلى إنتاج غاز الميثان الذي يذوب في الماء مُكوِّنًا حمض الكربونيك الذي يعمل على إذابة الصخور وتحلُّلها.

استخدام الصور والأشكال:

تكوّن الصخور الرسوبية:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما تأثير تراكم الرسوبيات بعضها فوق بعض في الأحواض الرسوبية؟

يؤدي تراكم الرسوبيات بعضها فوق بعض في الأحواض الرسوبية إلى حدوث تراصٍّ لها، وتقليل حجم الفراغات بين الحبيبات.

– ما تأثير ترسُّب المواد الذائبة في الفراغات الموجودة بين الحبيبات؟

يؤدي ترسُّب المواد الذائبة في الفراغات الموجودة بين الحبيبات إلى ترابط هذه الحبيبات بعضها ببعض.

– ما تأثير هذه العمليات في الرسوبيات؟

تتسبَّب هذه العمليات في تصلُّب الرسوبيات وترابطها.

– ماذا تُسمّى هذه العمليات؟

تُسمّى هذه العمليات عمليات التصخُّر.

أفكّرُ يُقسِّمُ بعضُ الجيولوجيينَ التجويةَ إلى ثلاثةِ أنواعٍ: كيميائيةٍ، وفيزيائيةٍ، وحيويةٍ؛ إذْ تُسهِمُ الكائناتُ الحيةُ في تجويةِ الصخرِ.

ما علاقةُ الكائناتِ الحيةِ بالتجويةِ الكيميائيةِ، والتجويةِ الفيزيائيةِ؟

أُناقِشُ مُعلِّمي وزملائي في النتائجِ التي أتوصَّلُ إليْها.

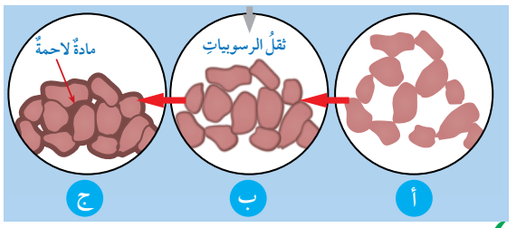
يُؤثِّرُ نوعُ التجويةِ في نوعِ الصخرِ الرسوبيِّ المُتكوِّنِ، ولا تبقى الموادُّ الناتجةُ منْ عملياتِ التجويةِ في مكانِها غالبًا؛ إذْ تُحرِّكُها عمليةُ التعريةِ عنْ طريقِ أحدِ عواملِ التعريةِ، مثلِ: المياهِ الجاريةِ، والرياحِ، والجليدياتِ، وتنقلُها إلى أماكنِ الترسيبِ (حوضُ الترسيبِ)، حيثُ تُلقي حمولتَها بعمليةِ الترسيبِ، ثمَّ تتراكمُ الرسوبياتُ Sediments، وتتصلَّبُ مُكوِّنةً الصخورَ الرسوبيةَ بمرورِ الزمنِ.

✓ **أتحقَّقُ:** فيمَ يختلفُ أثرُ التجويةِ الفيزيائيةِ في الصخورِ عنْها في التجويةِ الكيميائيةِ؟

تحوُّلُ الرسوبياتِ إلى صخورٍ رسوبيةٍ

Transform of Sediments into Sedimentary Rocks

قدْ يتوارِدُ إلى الذهنِ السؤالُ الآتي: كيفَ تتحوَّلُ الرسوبياتُ إلى صخورٍ رسوبيةٍ؟ فيجابُ عنِ السؤالِ المطروحِ بالقولِ: تتعرَّضُ الرسوبياتُ إلى مجموعةٍ منَ العملياتِ، تعملُ على تكوينِ الصخورِ الرسوبيةِ، في ما يُعرَفُ بعملياتِ التصخُّرِ Lithification . فعندما تتراكمُ الرسوبياتُ فوقَ بعضِها على شكلِ طبقاتٍ، وبعدَ مُضِيِّ آلافِ السنينَ أوْ ملايينَ منْها، يعملُ الضغطُ الناتجُ منْ ثقلِ الرسوبياتِ على تقليصِ الفراغاتِ بينَ الحبيباتِ، فتصبحُ أقلَّ حجمًا، ويقلُّ سُمْكُ الطبقاتِ، في ما يُعرَفُ باسمِ التراصِّ Compaction. وقدْ تتخلَّلُ المحاليلُ المائيةُ الفراغاتِ الموجودةَ في الرسوبياتِ، فترسِّبُ بعضُ الموادِّ المعدنيةِ التي تحملُها بينَ الفراغاتِ؛ ما يؤدي إلى ترابطِ الحبيباتِ، والتحامِ بعضِها ببعضٍ، فتتحوَّلُ إلى مادةٍ صخريةٍ. وتُسمّى هذهِ العمليةُ الالتحامَ Cementation، أنظرُ الشكلَ (13) الذي يُمثِّلُ عملياتِ التصخُّرِ.



الشكلُ (13): عملياتُ التصخُّرِ في الصخورِ الرسوبيةِ.
أ - الرسوبياتُ الأصليةُ.
ب- الرسوبياتُ بعدَ تعرُّضِها للتراصِّ.
ج- الرسوبياتُ بعدَ تعرُّضِها للالتحامِ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بعملياتِ التصخُّرِ؟

معلومة إضافية

المادة اللاحمة.

- وجِّه كل طالب إلى البحث في شبكة الإنترنت عن أنواع المواد اللاحمة التي تربط الحبيبات في الصخور الرسوبية، ثم كتابة تقرير مُعزَّز بالصور عنها، ثم قراءته أمام الزملاء في الصف.

تتكوَّن المواد اللاحمة من عِدَّة مواد ذائبة، مثل: السليكا، وكربونات الكالسيوم، وأكاسيد الحديد.

✓ **أتحقَّقُ:** عمليات التصخُّر: عمليات تعمل على تحوُّل الرسوبيات إلى صخر رسوبي، وهي تشمل عمليتي التراصِّ، والالتحام.

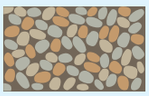
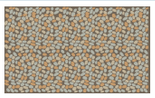
تصنيفُ الصخورِ الرسوبيةِ Classification of Sedimentary Rocks

تُصنَّفُ الصخورُ الرسوبيةُ تبعًا لكيفيةِ تكوُّنِها إلى ثلاثةِ أنواعٍ رئيسةٍ، هيَ: الصخورُ الرسوبيةُ الفُتاتيةُ Clastic Sedimentary Rocks التي تنشأُ منْ ترسُّبِ الفُتاتِ الصخريِّ الناتجِ منَ التجويةِ الفيزيائيةِ. والصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ Chemical Sedimentary Rocks التي تنشأُ منْ ترسُّبِ الموادِّ الذائبةِ في أحواضِ الترسيبِ، مثلِ البحارِ، بعدَ زيادةِ تركيزِها. والصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ الحيويةُ Biochemical Sedimentary Rocks التي تنشأُ منْ تراكُمِ بقايا الكائناتِ الحيةِ الصُّلْبةِ؛ الحيوانيةِ أوِ النباتيةِ، وتصخُّرِها.

الصخورُ الرسوبيةُ الفُتاتيةُ Clastic Sedimentary Rocks

تنشأُ الصخورُ الرسوبيةُ الفُتاتيةُ بفعلِ تراكُمِ الفُتاتِ الصخريِّ الناتجِ منْ عملياتِ التجويةِ الفيزيائيةِ للصخورِ المختلفةِ المُتكشِّفةِ على سطحِ الأرضِ، وهيَ تُصنَّفُ تبعًا لحجمِ حبيباتِها إلى أنواعٍ منَ الصخورِ، أشهرُها الصخرُ الرمليُّ. ويُبيِّنُ الجدولُ (1) العلاقةَ بينَ حجمِ الحبيباتِ ونوعِ الصخرِ الرسوبيِّ الفُتاتيِّ.

الجدول (1): العلاقةُ بينَ حجمِ الحبيباتِ ونوعِ الصخرِ الرسوبيِّ الفُتاتيِّ.

حجمُ الحبيباتِ	اسمُ الراسبِ	النسيجُ	اسمُ الصخرِ
2 mm <	الحصباءُ.		صخرُ الكونغلوميريتِ Conglomerate، أو البريشيا Breccia.
1/16 mm – 2 mm	الرملُ.		الصخرُ الرمليُّ Sandstone.
1/256 mm - 1/16 mm	الغرينُ.		الصخرُ الغرينيُّ Siltstone.
< 1/256 mm	الطينُ.		صخرُ الغضارِ Shale. الصخرُ الطينيُّ Mudstone.

نشاط سريع صخور البترا.

- وجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن مدينة البترا، وتحديد موقعها، ونوع صخورها.

تقع البترا جنوب مدينة عمّان، وتبعد عنها 225 km، وتتكوَّن من صخور رملية فتاتية مُلوَّنة تكوَّنت في بيئة قارية بالعصر الكامبري، وتعلوها صخور بيضاء تشكَّلت في العصر الأردوفيسي الأسفل.

طريقة أخرى للتدريس تصنيف الصخور النارية

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة عيِّنة من صخر الغرانيت الذي تعرَّض للتجوية، وعيِّنة من الصخر الرملي، ومطرقة.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة تفتيت صخر الغرانيت إلى قطع صغيرة بالمطرقة (مراعين تعليمات السلامة العامة)، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:
  - ما نوع التجوية التي تعرَّض لها صخر الغرانيت؟

المناقشة:

تصنيف الصخور الرسوبية.

- ناقِش الطلبة في العلاقة بين التجوية وأنواع الصخور الرسوبية، بطرح الأسئلة الآتية عليهم:

– ما الخصائص التي تشترك فيها الصخور الرسوبية جميعها؟

الخصائص التي تشترك فيها الصخور الرسوبية جميعها: الترسُّب على شكل طبقات، واحتواؤها على أحافير.

– ما علاقة نوع التجوية بنوع الصخر الرسوبي؟

يؤدي تراكم نواتج أحد أنواع التجوية إلى تكوُّن نوع مُحدَّد من الصخور الرسوبية.

– ما نوع الصخور التي تنشأ بفعل تراكم الفتات الصخري الناتج من التجوية الفيزيائية؟

نوع الصخور التي تنشأ بفعل تراكم الفتات الصخري الناتج من التجوية الفيزيائية: الصخور الرسوبية الفتاتية.

تفسير الجدول:

الصخور الرسوبية الفتاتية.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ثم أخبرهم أنَّه يُستخدَم في تصنيف الصخور الرسوبية الفتاتية، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما معيار تصنيف الصخور الفتاتية؟

معيار تصنيف الصخور الفتاتية هو حجم الحبيبات.

– ما نوع الصخر الذي ينتج من تراكم حبيبات يتراوح حجمها بين (1/16 mm) و (1/256 mm)؟

نوع الصخر الذي ينتج من تراكم حبيبات يتراوح حجمها بين (1/16 mm) و (1/256 mm) هو صخر الغرين.

– كيف يُمكِن تمييز صخر الغضار من الصخر الرملي؟

يُمكِن تمييز صخر الغضار من الصخر الرملي بما يأتي:

- مشاهدة الحبيبات في الصخر الرملي بالعين المُجرَّدة، في حين لا يُمكِن تمييز الحبيبات في صخر الغضار.
- نعومة ملمس الغضار لصغر حجم حبيباته.

نشاط سريع البريشيا والكونغلوميرات.

وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة عيِّنتين تُمثِّلان صخري البريشيا والكونغلوميرات، أو صور لهما، ثم اطلب إلى أفراد المجموعات تفحُّص العيِّنتين، وتحديد أوجه التشابه والاختلاف بينهما.

أوجه التشابه:

كلا الصخرين يتكوَّن من حبيبات كبيرة الحجم (أكبر من 2 mm).

أوجه الاختلاف:

صخر البريشيا حبيباته مزواة، أمّا صخر الكونغلوميرات فحبيباته مستديرة، وليس لها حواف.

إضاءة للمُعلِّم

تبلور المعادن وتجويتها.

تتبلور المعادن في الماغما في درجات حرارة مختلفة اعتمادًا على درجات انصهارها؛ إذ تتبلور أولًا المعادن ذات درجات الانصهار العالية. وأول المعادن تبلورًا هو الأوليفين، ثم البيروكسين، وآخرها تبلورًا هو الفلسبار البوتاسي والكوارتز.

وجد العلماء أنَّ المعادن التي تتبلور في درجات الحرارة العالية هي أكثر تأثُّرًا بالتجوية الكيميائية من المعادن التي تتبلور في درجات الحرارة المنخفضة؛ لذا يُعَدُّ معدن الأوليفين من أقلِّ المعادن استقرارًا على سطح الأرض، في حين يُعَدُّ معدنا الكوارتز والفلسبار البوتاسي من أكثر المعادن استقرارًا على سطح الأرض. وهذا يُفسِّر سبب تكوُّن معظم الصخور الرسوبية الفتاتية (مثل الصخر الرملي) من الكوارتز والفلسبار البوتاسي.

أ- الكونغلوميريتُ. ب- البريشيا.

الشكلُ (14): صخرُ الكونغلوميريتِ، وصخرُ البريشيا اللذانِ يزيدُ حجمُ حبيباتِ كلٍّ منْهُما على (2mm).

منَ الأمثلةِ على الصخورِ الرسوبيةِ الفُتاتيةِ التي يزيدُ حجمُ الحبيباتِ فيها على (2mm): صخرُ الكونغلوميريتِ Conglomerate، وصخرُ البريشيا Breccia. يمتازُ صخرُ الكونغلوميريتِ منْ صخرِ البريشيا باستدارةِ حبيباتِهِ، ويعزو الجيولوجيونَ سببَ ذلكَ إلى نقلِ الفتاتِ الصخريِّ المُكوِّنِ لهُ مسافةً طويلةً منْ مكانِ تجويةِ الصخرِ الأصليِّ حتّى مكانِ الترسيبِ؛ ما يؤدي إلى حَتِّ حوافِ الحبيباتِ كما في الشكلِ (14/ أ)، خلافًا لصخرِ البريشيا ذي الحبيباتِ المزواةِ الذي لمْ تُنقَلْ حبيباتُهُ، أنظرُ الشكلَ (14/ ب).

أ- الصخرُ الرمليُّ. ب- صخرُ الغضارِ.

الشكلُ (15): الصخرُ الرمليُّ، وصخرُ الغضارِ اللذانِ يقلُّ حجمُ حبيباتِ كلٍّ منْهُما عنْ (2mm).
أُقارِنُ بينَ الصخرِ الرمليِّ وصخرِ الغضارِ منْ حيثُ حجمُ الحبيباتِ.

أمّا الصخرُ الرمليُّ فيمتازُ بحبيباتِهِ جيدةِ الاستدارةِ، التي يُمكِنُ رؤيتُها بالعينِ المُجرَّدةِ كما في الشكلِ (15/ أ)، خلافًا لحبيباتِ صخرِ الغضارِ التي لا يُمكِنُ تمييزُها بسببِ صِغرِ حجمِها، أنظرُ الشكلَ (15/ ب).

22

حل سؤال الشكل (15):

حجم حبيبات الصخر الرملي أكبر من حجم حبيبات صخر الغضار؛ إذ يتراوح حجم حبيبات الصخر الرملي بين (1/16 mm) و (1/256 mm)، في حين يقل حجم حبيبات صخر الغضار عن 1/256 mm.

الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ Chemical Sedimentary Rocks

تعرَّفْتُ في صفوفٍ سابقةٍ أنَّ منْ نواتجِ التجويةِ الكيميائيةِ إذابةَ بعضِ المعادنِ التي تُكوِّنُ الصخورَ، وتأخذُ شكلَ أيوناتٍ تُنقَلُ معَ الماءِ إلى حوضِ الترسيبِ، حيثُ تتفاعلُ معَ بعضِها مُكوِّنةً موادَّ جديدةً، مثلَ كربوناتِ الكالسيومِ. وعندما يزدادُ تركيزُ هذهِ الموادِّ، ويصبحُ الماءُ مشبعًا بها، فإنَّها تترسَّبُ، وتتراكمُ. وبمرورِ الزمنِ تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ، التي منْها بعضُ أنواعِ الصخورِ الجيريةِ، مثلُ: الترافرتينِ؛ والملحِ الصخريِّ، وصخرِ الجبسِ، أنظرُ الشكلَ (16).

الشكلُ (16): صخرُ الجبسِ الذي يُعَدُّ أحدَ الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ.

الربطُ بالكيمياءِ

* تتفاعلُ أيوناتُ الكالسيومِ (Ca^{2+}) معَ مجموعةِ الهيدروكسيدِ الأيونيةِ (OH^-) لتكوينِ مُركَّبِ هيدروكسيدِ الكالسيومِ ($Ca(OH)_2$)؛ إذْ يتفاعلُ مُركَّبُ هيدروكسيدِ الكالسيومِ وثاني أكسيدِ الكربونِ (CO_2) لتكوينِ كربوناتِ الكالسيومِ ($CaCO_3$) والماءِ (H_2O) وفقَ المعادلتيْنِ الآتيتيْنِ:

$$Ca^{2+} + 2(OH^-) \longrightarrow Ca(OH)_2$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

تترسَّبُ كربوناتُ الكالسيومِ الناتجةُ في حوضِ الترسيبِ (البحرُ). وبمرورِ الزمنِ تتراكمُ هذهِ الرسوباتُ، وتتصلَّبُ مُكوِّنةً صخورًا جيريةً، أنظرُ الشكلَ (17).

يُمكِنُ تعرُّفُ خصائصِ الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ بتنفيذِ التجربةِ الآتيةِ.

* المعادلتانِ للاطِّلاعِ فقطْ.

الشكلُ (17): الصخورُ الجيريةُ التي تتكوَّنُ نتيجةَ ترسُّبِ كربوناتِ الكالسيومِ وتصلُّبِها في البحارِ.

الربط بالكيمياء

تفاعل الأيونات.

راجِع الطلبة في بعض المفاهيم الكيميائية (مثل: الأيون، والمُركَّب الأيوني) عند الحديث عن تكوُّن كربونات الكالسيوم التي يؤدي تراكمها وتراصُّها إلى تكوُّن الصخور الجيرية.

يُطلَق على الذرة أو الجزيء المشحون كهربائيًّا اسم الأيون، ويكون عدد الإلكترونات والبروتونات فيه غير متساوٍ. وبناءً على ذلك، تُقسَّم الأيونات إلى أيونات سالبة، وأُخرى موجبة.

عندما ترتبط الأيونات بعضها ببعض بروابط أيونية تتشكَّل مُركَّبات أيونية متعادلة الشحنة، مثل تفاعل أيون الصوديوم الموجب مع أيون الكلوريد السالب، فينتج مُركَّب أيوني هو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) المتعادل:

$$Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$$

◄ تعزيز:

الترسيب الكيميائي.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– كيف تتكوَّن الصخور الرسوبية الكيميائية؟

تتكوَّن الصخور الرسوبية الكيميائية نتيجة انتقال أيونات المعادن الناتجة من التجوية الكيميائية إلى أحواض الترسيب، ومنها المحيطات، وينتج من تفاعلها مواد جديدة، مثل كربونات الكالسيوم. وعندما يزداد تركيزها، ويصبح الماء مشبعًا بها، فإنَّها تترسَّب، ثم تتصلَّب بمرور الزمن، وتتحوَّل إلى صخور.

– ما العامل الذي يُسبِّب ترسُّب كربونات الكالسيوم في الماء؟

العامل الذي يُسبِّب ترسُّب كربونات الكالسيوم في الماء هو زيادة درجة الحرارة؛ إذ إنَّها تعمل على تحرير ثاني أكسيد الكربون، ثم زيادة قاعدية الماء، فتترسَّب كربونات الكالسيوم.

– ما العوامل الأُخرى التي قد تؤدي إلى زيادة تركيز الأيونات الذائبة في الماء ثم إشباعها وترسُّبها؟

العوامل الأُخرى التي قد تؤدي إلى زيادة تركيز الأيونات الذائبة في الماء ثم إشباعها وترسُّبها: التبخُّر.

– اذكر أمثلة على صخور رسوبية كيميائية تتكوَّن نتيجة التبخُّر.

من الأمثلة على الصخور الرسوبية الكيميائية التي تتكوَّن نتيجة التبخُّر: الملح الصخري، والجبس.

التجربة 2

زمن التنفيذ: 25 دقيقة.

الهدف: تعرُّف خصائص الصخور الرسوبية الكيميائية.

المهارات العلمية:

الملاحظة، المقارنة، الاستنتاج، التفسير.

إرشادات السلامة:

اطلب إلى الطلبة توخي الحذر في أثناء استعمالهم حمض الهيدروكلوريك المخفف والمطرقة. اطلب إليهم أيضًا غسل أيديهم جيدًا بالماء والصابون بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى كتابة ملاحظاتهم ونتائجهم في الصفحة العاشرة من كتاب الأنشطة والتجارب العملية في أثناء تنفيذ التجربة.
- أخبر الطلبة أنَّه يتعيَّن عليهم في الخطوة الرابعة استخدام اللغة الإنجليزية في البحث عن صور المعادن تحت المجهر، واستخدام اسم المعدن باللغة الإنجليزية مع جمل أُخرى، مثل: (under cross-polarized light)؛ أي تحت الضوء المستقطب المتقاطع، و(under plane-polarized light)؛ أي تحت الضوء المستقطب المستوي.
- الفت انتباه الطلبة – في الخطوة الخامسة– إلى اختلاف لون المعدن عند دراسته تحت المجهر باستعمال الضوء المستقطب المستوي عنه في حال استخدام الضوء المستقطب المتقاطع، وأنَّ العديد من المعادن لا تظهر خصائصها عند استخدام الضوء المستقطب المستوي، وإنَّما تظهر بلا ألوان.
- تجوَّل بين الطلبة في أثناء تفحُّص العيِّنات، وبخاصة عند استخدام حمض الهيدروكلوريك المُخفَّف، ثم ناقِشهم في ما كتبوه من ملاحظات، واشرح لهم كيفية الحصول على صور للعيِّنات تحت المجهر.

التحليل والاستنتاج:

1. من الصعب تصنيف الصخور الرسوبية الكيميائية بناءً على حجم الحبيبات باستعمال العدسة المُكبِّرة والعين المُجرَّدة؛ لأنَّ حجم الحبيبات صغير جدًّا.
2. يتفاعل الصخر الجيري مع حمض الهدروكلويك المُخفَّف بصورة كبيرة، يليه صخر الدولومين الذي يتفاعل معه بصورة أقل، ثم صخر الجبس، في حين لا يتفاعل الملح الصخري مع حمض الهدروكلويك المُخفَّف.
3. صخر الدولوميت هو الأكثر قساوة، يليه الصخر الجيري، فالملح الصخري، فالجبس.
4. تصنيف الصخور بعد دراستها تحت المجهر هو أكثر دقة؛ لأنَّ حبيبات الصخور الرسوبية الكيميائية دقيقة من حيث الحجم، فلا يُمكِن تمييزها بالعين المُجرَّدة أو العدسة المُكبِّرة. أمّا تحت المجهر فتظهر البلّورات كبيرة الحجم، وتظهر لها خصائص أُخرى جديدة؛ ما يتيح تصنيف الصخر بدقة أكبر.

التجربة 2

الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ

الموادُّ والأدوات:

صخورٌ رسوبيةٌ كيميائيةٌ مختلفةٌ (ملحٌ صخريٌّ، جبسٌ، دولوميتُ، صخرٌ جيريٌّ)، حمضُ الهيدروكلوريكِ (HCl) المُخفَّفُ، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، مِطرقةٌ، قَطّارةٌ، أدواتُ تحديدِ القساوةِ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ في أثناءِ استعمالِ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، والمِطرقةِ.
- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ الانتهاءِ منْ تنفيذِ التجربةِ.

خطواتُ العملِ:

1 - أتفحَّصُ العيِّناتِ الصخريةَ بالعينِ المُجرَّدةِ، وباستعمالِ العدسةِ المُكبِّرةِ، ثمَّ أُدوِّنُ لونَ الصخرِ ونسيجَهُ.

2 - أضعُ قطرةً منْ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ على كلِّ عيِّنةٍ صخريةٍ، مُلاحِظًا ما يحدثُ، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي.

3 - أفحصُ قساوةَ العيِّناتِ الصخريةِ (أيُّها قاسٍ؟ أيُّها ليِّنٌ؟)، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي.

4 - أستخدمُ شبكةَ الإنترنتْ في الحصولِ على صورٍ لشرائحَ رقيقةٍ (Thin Sections) تظهرُ تحتَ المِجْهرِ المستقطبِ، وتُمثِّلُ كلَّ صخرٍ منَ الصخورِ التي فُحِصَتْ.

5 - أُلاحِظُ المعادنَ المُكوِّنةَ للصخورِ في هذهِ الصورِ منْ حيثُ حجومُها وألوانُها، ثمَّ أُدوِّنُ ذلكَ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 - **أستنتجُ**: باستعمالِ العينِ المُجرَّدةِ أو العدسةِ المُكبِّرةِ، هلْ يُمكِنُ تصنيفُ الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ بناءً على حجمِ الحبيباتِ؟ أذكرُ السببَ.

2 - **أُقارنُ** بينَ العيِّناتِ الصخريةِ؛ أيُّها تفاعلَتْ معَ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ بصورةٍ كبيرةٍ؟ أيُّها لمْ تتفاعلْ معَ هذا الحمضِ؟

3 - **أُقارنُ** بينَ العيِّناتِ الصخريةِ منْ حيثُ القساوةُ.

4 - **أُفسِّرُ**: أيُّهما أكثرُ دقَّةً: تصنيفُ الصخورِ بعدَ دراستِها تحتَ المِجْهرِ أَمْ بالعينِ المُجرَّدةِ والعدسةِ المُكبِّرةِ؟

تُصنَّفُ الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ تبعًا لتركيبِها الكيميائيِّ منَ المعادنِ؛ إذْ إنَّ لكلِّ صخرٍ رسوبيٍّ كيميائيٍّ مُكوِّناتٍ معدنيةً خاصةً بهِ، مثلَ الملحِ الصخريِّ الذي يتكوَّنُ بصورةٍ رئيسةٍ منْ معدنِ الهاليتِ. تمتازُ الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ بحبيباتِها الناعمةِ التي لا يُمكِنُ تمييزُها بالعينِ المُجرَّدةِ، وهيَ تختلفُ في خصائصِها، مثلِ: القساوةِ، واللونِ، وشِدَّةِ التفاعلِ معَ الحموضِ.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	المعيار	التقدير			
		1	2	3	5
1	يُطبِّق إرشادات السلامة في أثناء إجراء التجربة.				
2	يتفحَّص العيِّنات الصخرية بصورة صحيحة.				
3	يُحضِر من شبكة الإنترنت صورًا لشرائح رقيقة تحت المجهر المستقطب تُمثِّل العيِّنات الصخرية المدروسة.				
4	يُدوِّن بدقةٍ ملاحظاته على المعادن الظاهرة تحت المجهر.				
5	يتوصَّل إلى التصنيف الصحيح للصخور الرسوبية الكيميائية.				

الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ الحيويةُ

Biochemical Sedimentary Rocks

تتكوَّنُ هذهِ الصخورُ منْ رسوباتٍ نتجَتْ بفعلِ عملياتٍ حيويةٍ؛ إذْ تأخذُ الكائناتُ الحيةُ البحريةُ المعادنَ الذائبةَ في الماءِ لتُكوِّنَ الجزءَ الصُّلْبَ منْ أجسامِها. وعندَ موتِ هذهِ الكائناتِ، فإنَّ هياكلَها الصُّلْبةَ ترسَّبُ في قاعِ حوضِ الترسيبِ. وبمرورِ الزمنِ تتراكمُ هذهِ الرسوباتُ، وتتصخَّرُ مُكوِّنةً صخورًا رسوبيةً كيميائيةً حيويةً.

منْ أهمِّ أنواعِ هذهِ الصخورِ: صخرُ الفوسفاتِ الذي يتكوَّنُ منْ تراكمِ بقايا عظامِ الكائناتِ البحريةِ، وصخرُ الفحمِ الحجريِّ الذي يتكوَّنُ منْ تحوُّلِ بقايا النباتاتِ نتيجةَ دفنِها في أعماقٍ كبيرةٍ، وصخرُ الطباشيرِ الذي يتكوَّنُ في معظمِهِ منْ بقايا أصدافٍ مجهريةٍ لكائناتٍ حيةٍ مُكوِّنةٍ منْ كربوناتِ الكالسيومِ، وصخرُ الكوكينا الذي يتكوَّنُ منْ بقايا أصدافِ الكائناتِ الحيةِ، وصخرُ الصُّوّانُ الذي ينتجُ منْ تجمُّعِ أصدافٍ سليكاتيةٍ لكائناتٍ حيةٍ دقيقةٍ مثلِ الدياتومِ في البيئاتِ البحريةِ، أنظرُ الشكلَ (18) الذي يُبيِّنُ بعضَ أنواعِ الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ الحيويةِ.

الشكلُ (18): بعضُ أنواعِ الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ الحيويةِ.

أ- الكوكينا.

ب- الصُّوّانُ.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع أنواع الصخور الرسوبية، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الربط بالمعرفة السابقة:

الأحافير.

- راجِع الطلبة في مفهوم الأحفورة، بطرح السؤالين الآتيين عليهم:

– ما الأحفورة؟

الأحفورة: بقايا أو آثار لكائنات حية عاشت قديمًا، وحُفِظت في الصخور الرسوبية.

– كيف تتكوَّن الأحفورة في الصخور الرسوبية؟

عندما يموت الكائن الحي ذو الهيكل الصُّلْب، ويسقط في قاع حوض الترسيب بفعل الجاذبية، تتراكم عليه الرسوبيات، وتتحلَّل فيه المادة الرخوة بفعل عوامل التحلُّل (الأكسجين، والبكتيريا الهوائية). ومع استمرار عملية الترسيب، تتصلَّب الرسوبيات، ويتكوَّن الصخر الرسوبي، مُحتفِظًا في داخله بالجزء الصُّلْب للكائن الحي في صورة أحفورة.

إضاءة للمُعلِّم

الصخور الجيرية.

تُصنَّف الصخور الجيرية، بحسب آليَّة تكوُّنها، إلى نوعين:

- صخور رسوبية كيميائية ترسَّب بطرائق مختلفة؛ فمنها ما يترسَّب في مياه البحار الاستوائية والمدارية الحارة نسبيًّا، ومنها ما يترسَّب بسبب خروج المياه الحارة من باطن الأرض، ومنها ما يترسَّب في الكهوف في صورة صواعد وهوابط.
- صخور رسوبية كيميائية حيوية تتكوَّن من تراكم أصداف الكائنات الحية الميتة في البحار، ثم ترتبط ببلّورات من كربونات الكالسيوم التي ترسَّبت في أثناء تراكم أصداف الكائنات الحية والتصخُّر.

معلومة إضافية

الفوسفات.

وجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن صخور الفوسفات، وكيفية تكوُّنها، وأماكن وجودها في الأردن.

الفوسفات: صخور رسوبية كيميائية حيوية، تتكوَّن من بقايا عظام الكائنات البحرية، وتتكوَّن صخور الفوسفات من معدن الأباتيت (فوسفات الكالسيوم). يُستخرَج الفوسفات في الأردن من مناجم عِدَّة، مثل: الشيدية، والحسا، والوادي الأبيض.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الطبقات الصخرية: يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ الصخور الرسوبية هي الصخور الوحيدة التي توجد على شكل طبقات.

- اعرض على الطلبة صورًا لصخور نارية سطحية، مثل: البازلت، والرماد البركاني، ثم اطلب إليهم ملاحظة الطبقات المُتشكِّلة.
- بيِّن للطلبة أنَّ الرماد البركاني – مثلًا– يخرج من البراكين، ويتراكم على شكل طبقة، ثم تتشكَّل طبقات متنوعة عند تكرار الأمر.
- وضِّح للطلبة أنَّ آليَّة تكوُّن الطبقات في الصخور الرسوبية تختلف عنها في الصخور النارية السطحية.

◄ تقويم المعرفة الجديدة:

وجِّه الطلبة إلى البحث في شبكة الإنترنت عن صور لصخور نارية سطحية، مثل: البازلت، والرماد البركاني، وملاحظة الطبقات المُتشكِّلة منها.

معلومة إضافية

التطبُّق المتقاطع.

- اطلب إلى الطلبة البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أنواع التطبُّق، وبخاصة التطبُّق المتقاطع (cross bedding)، ثم إعداد عرض تقديمي عنه.

التطبُّق المتقاطع: أحد أنواع التطبُّق الذي تكون فيه الطبقات مائلة نسبةً إلى بعضها، وهو ينتج من الترسيب بفعل التيارات المائية أو الهوائية متغيرة الاتجاه عند مصابِّ الأنهار، أو في الكثبان الرملية. يستفاد من دراسة هذا التطبُّق في معرفة بيئة الترسيب، واتجاه التيارات المائية والهوائية.

◄ بناء المفهوم: استراتيجية التعلُّم المتمازج والتعلُّم التعاوني.

معالم الصخور الرسوبية.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اعرض عليهم فِلْمًا أو صورًا تُمثِّل بعض معالم الصخور الرسوبية باستعمال جهاز العرض (الداتا شو).
- وزِّع على كل مجموعة نسخة من ورقة العمل، ثم اطلب إلى أفرادها حلَّ أسئلتها الآتية:

– ما التطبُّق المُتدرِّج؟

معالمُ الصخورِ الرسوبيةِ Features of Sedimentary Rocks

تنفردُ الصخورُ الرسوبيةُ بمعالمَ عِدَّةٍ تُميِّزُها عنْ غيرِها منَ الصخورِ، ويستفيدُ منْها الجيولوجيونَ في تعرُّفِ بيئةِ تكوينِها. منْ أهمِّ هذهِ المعالمِ:

التطبُّقُ Bedding

تمتازُ الصخورُ الرسوبيةُ بوجودِها على شكلِ طبقاتٍ متتاليةٍ مختلفةِ السُّمْكِ. ومنْ أشهرِ أنواعِ التطبُّقِ التطبُّقُ المُتدرِّجُ Graded Bedding؛ فكلَّما اتَّجهْنا إلى أسفلِ الطبقةِ ازدادَ حجمُ الحبيباتِ المُكوِّنةِ لها.

المحتوى الأحفوريُّ Fossil Content

تمتازُ الصخورُ الرسوبيةُ منْ بقيةِ أنواعِ الصخورِ الأُخرى بقدرتِها على الاحتفاظِ بالأحافيرِ، وهيَ بقايا وآثارٌ لكائناتٍ حيةٍ عاشَتْ في ما مضى، وقدِ استفادَ منْها العلماءُ في تعرُّفِ تاريخِ الطبقاتِ الجيولوجيِّ، والبيئاتِ، والمناخِ السائدِ وقتَ تكوُّنِها.

علاماتُ النيمِ Ripple Marks

تُعرَّفُ علاماتُ النيمِ Ripple Marks بأنَّها تموُّجاتٌ صغيرةٌ تكوَّنَتْ بفعلِ مياهِ الأنهارِ، أوِ الأمواجِ البحريةِ، أوِ الرياحِ، وحُفِظَتْ على بعضِ سطوحِ طبقاتِ الصخورِ الرسوبيةِ. وقدِ استدلَّ الجيولوجيونَ منْ توافرِ علاماتِ النيمِ في الصخورِ الرسوبيةِ على بيئةِ الترسيبِ التي سادَتِ المنطقةَ (هلْ هيَ نهريةٌ أمْ بحريةٌ شاطئيةٌ ضحلةٌ؟)، وعلى اتجاهِ التيارِ الناقلِ.

التشقُّقاتُ الطينيةُ Mud Cracks

تنتجُ التشقُّقاتُ الطينيةُ Mud Cracks عندما تجفُّ الرسوباتُ الطينيةُ، فتنكمشُ المعادنُ المُكوِّنةُ لها مُسبِّبةً وجودَ تشقُّقاتٍ. وعندَ ترسُّبِ موادَّ مختلفةٍ عنْها تمتلئُ الشقوقُ بتلكَ الموادِّ، وتحتفظُ بشكلِها. تشيرُ هذهِ التشقُّقاتُ إلى تعرُّضِ الرسوباتِ للجفافِ، أنظرُ الشكلَ (19) الذي يُمثِّلُ بعضَ المعالمِ المُميِّزةِ للصخورِ الرسوبيةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما أكثرُ المعالمِ المُميِّزةِ للصخورِ الرسوبيةِ؟

أ- التطبُّقُ المُتدرِّجُ.

ب- علاماتُ النيمِ.

ج- التشقُّقاتُ الطينيةُ.

الشكلُ (19): بعضُ المعالمِ المُميِّزةِ للصخورِ الرسوبيةِ.

– كيف يتشكَّل التطبُّق المُتدرِّج؟

– أين تتشكَّل علامات النيم وتشقُّقات الطين؟

- تجوَّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا، واطلب إليهم الاستعانة بالشكل (19) في أثناء الإجابة.
- أَدِرْ نقاشًا مع أفراد المجموعات للتوصُّل إلى ما يأتي:

التطبُّق المُتدرِّج يمتاز بوجود حبيبات كبيرة في الأسفل، وحبيبات صغيرة في الأعلى. وهو يتشكَّل بترسُّب الحبيبات الكبيرة بفعل الجاذبية أولًا، ثم تترسَّب فوقها أصغر الحبيبات، فأصغرها. أمّا علامات النيم فتتشكَّل في البيئات النهرية، أو في المناطق الشاطئية، في حين تتشكَّل تشقُّقات الطين عند جفاف الرسوبيات الطينية.

✓ **أتحقَّقُ:** تكوُّنها على شكل طبقات، واحتواؤها على أحافير.

مراجعةُ الدرسِ

1. أُوضِّحُ كيفَ تُصنَّفُ الصخورُ الرسوبيةُ الفُتاتيةُ، ثمَّ أذكرُ مثالًا على صخرٍ رسوبيٍّ فُتاتيٍّ.
2. **أُقارِنُ** بينَ الصخورِ الرسوبيةِ الفُتاتيةِ والصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ منْ حيثُ طريقةُ التكوُّنِ.
3. أُوضِّحُ العلاقةَ بينَ التعريةِ وتكوُّنِ الصخورِ الرسوبيةِ الفُتاتيةِ.
4. **أستنتجُ**: ماذا يُمكِنُ أنْ يستخلصَ الجيولوجيونَ منْ وجودِ التطبُّقِ المُتدرِّجِ في إحدى الطبقاتِ الرسوبيةِ؟
5. **أُفسِّرُ** العبارةَ الآتيةَ:

"تُسهِمُ عمليةُ الالتحامِ في زيادةِ قوَّةِ الصخرِ الرسوبيِّ."

مراجعة الدرس

3 التقويم

1. تُصنَّف الصخور الرسوبية الفتاتية بناءً على حجم الحبيبات، ومن أمثلتها الصخر الرملي.
2. تتكوَّن الصخور الرسوبية الفتاتية نتيجة تراكم الفتات الصخري الناتج من عمليات التجوية الفيزيائية والتعرية في أحواض الترسيب، في حين تتشكَّل الصخور الرسوبية الكيميائية من ترسُّب المعادن الذائبة في الماء التي تنتج بفعل التجوية الكيميائية للصخور عند وصولها إلى حالة الإشباع.
3. تعمل التعرية على نقل الفتات الصخري الناتج من التجوية من أماكن تجويته إلى أحواض الترسيب بفعل عوامل التعرية (النقل)، مثل: المياه الجارية، والرياح، والجليديات. ونتيجةً لتراكم الفتات الصخري وتصخُّره بمرور الزمن؛ تنتج الصخور الرسوبية الفتاتية.
4. قد يستخلص الجيولوجيون من وجود التطبُّق المُتدرِّج في إحدى الطبقات الرسوبية حدوث انخفاض لسرعة التيار المائي؛ ما أدّى إلى فقدانه الحبيبات الكبيرة، فالأصغر، فالأصغر كما يحدث عند مصابِّ الأنهار. أيضًا قد يستخلص الجيولوجيون حدوث قلب للطبقات عندما تكون الحبيبات الكبيرة في الأعلى والحبيبات الصغيرة في الأسفل.
5. تُسهِم عملية الالتحام في زيادة قوة الصخر الرسوبي؛ لأنَّ المواد اللاحمة تملأ الفراغات بين الحبيبات، وتربط بعضها ببعض؛ ما يزيد من قوة الصخر، ومن تماسكه.

الدرس 3

الصخور المُتحوِّلة
Metamorphic Rocks

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:
الصخور المُتحوِّلة.

- اعرض على الطلبة عيِّنتين صخريتين؛ إحداهما لصخر جيري، والأُخرى لرخام، ثم اسألهم:

– ما اسم هذين الصخرين؟

اسم هذين الصخرين: الصخر الجيري، والرخام.

– ما نوع الصخر الجيري؟

نوع الصخر الجيري: صخر رسوبي.

– ما نوع صخر الرخام؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد. وقد يجيب بعض الطلبة بأنَّه صخر مُتحوِّل.

- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج أنَّ الصخر الجيري يتحوَّل إلى صخر الرخام عند تعرُّضه لعوامل التحوُّل، ثم أخبِرهم أنَّهم سيتعرَّفون الصخور المُتحوِّلة في هذا الدرس.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:
تكوُّن الصخور.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تتكوَّن الصخور النارية والصخور الرسوبية؟

تتكوَّن الصخور النارية نتيجة تبريد المعادن وتبلورها من الماغما، أمّا الصخور الرسوبية فتتكوَّن نتيجة ترسُّب الفتات الصخري، أو بقايا الكائنات الحية، أو ترسُّب المواد الذائبة في أحواض الترسيب.

2 التدريس

◄ المناقشة:
التحوُّل والانصهار.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– تُعَدُّ الحرارة أحد العوامل المُؤثِّرة في تكوُّن الصخور النارية والصخور المُتحوِّلة، ما الاختلاف في تأثيرها في كلٍّ منهما؟

لتكوُّن الصخور النارية، يجب أنْ تكون الحرارة أعلى من درجة انصهار المعادن المُكوِّنة للصخور الأصلية، بحيث يحدث انصهار ثم تبريد وتبلور. ولتكوُّن الصخور المُتحوِّلة، يجب أنْ تكون الحرارة أقلَّ من درجة انصهار المعادن المُكوِّنة للصخور الأصلية، بحيث تُؤثِّر في ترتيب معادن الصخور وإعادة تبلورها، أو نمو بلّوراتها.

◄ تعزيز:
عوامل التحوُّل.

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما العوامل التي قد تؤدي إلى تحوُّل الصخر؟

العوامل التي قد تؤدي إلى تحوُّل الصخر: الحرارة، والضغط، والمحاليل الحارة.

– ما العمليات الجيولوجية الأرضية التي تُنتِج عوامل التحوُّل؟

الحرارة: تنشأ الحرارة عن ملامسة الماغما للصخور في أثناء اندفاعها، أو دفن الصخور إلى أعماق كبيرة في باطن الأرض. **الضغط:** ينشأ الضغط عن حركة الصفائح المتقاربة، أو الدفن في أعماق كبيرة بباطن الأرض. **المحاليل الحارة:** تنشأ المحاليل الحارة عن السوائل الموجودة في الماغما، أو المياه الجوفية القريبة من الماغما.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:
تتكوَّنُ الصخورُ المُتحوِّلةُ منْ صخورٍ ناريةٍ، أوْ رسوبيةٍ، أوْ مُتحوِّلةٍ تعرَّضَتْ لعواملَ عِدَّةٍ، منْها: الضغطُ، والحرارةُ، والمحاليلُ الحرمائيةُ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُحدِّدُ العواملَ التي تؤدي إلى تكوُّنِ الصخورِ المُتحوِّلةِ.
- أُصنِّفُ الصخورَ المُتحوِّلةَ.
- أُقارِنُ بينَ أنواعِ الصخورِ المُتحوِّلةِ منْ حيثُ الخصائصُ.
- أُبيِّنُ دورَ الصخورِ في دعمِ الاقتصادِ المحليِّ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
التحوُّلُ Metamorphism
تحوُّلٌ بالدفنِ Burial Metamorphism
تحوُّلٌ إقليميٌّ Regional Metamorphism
تحوُّلٌ بالتَّماسِّ Contact Metamorphism
تورُّقٌ Foliation
غيرُ مُتورِّقٍ Non-Foliated

أنواعُ التحوُّلِ Types of Metamorphism

درسْتُ سابقًا في موضوعِ (دورةُ الصخورِ) أنَّ الصخورَ تنصهرُ، ثمَّ تتحوَّلُ إلى ماغما عندَ تعرُّضِها لدرجاتِ حرارةٍ عاليةٍ أكبرَ منْ درجةِ انصهارِ المعادنِ المُكوِّنةِ لها. ولكنْ، إذا كانَتْ درجةُ الحرارةِ التي تتعرَّضُ لها الصخورُ أقلَّ منْ درجةِ الانصهارِ، فإنَّها تتحوَّلُ إلى صخورٍ منْ نوعٍ آخرَ.

يُعرَّفُ التحوُّلُ Metamorphism بأنَّهُ التغيُّرُ الذي يطرأُ على نسيجِ الصخرِ، أوْ تركيبِهِ المعدنيِّ، أوْ كليْهِما وهوَ في الحالةِ الصُّلْبةِ، مُنتِجًا بذلكَ صخورًا جديدةً تُعرَفُ باسمِ الصخورِ المُتحوِّلةِ Metamorphic Rocks. فما عواملُ التحوُّلِ؟ ما أنواعُ التحوُّلِ؟

تُعَدُّ الحرارةُ أحدَ أهمِّ عواملِ التحوُّلِ، وهيَ تنشأُ نتيجةَ دفنِ الصخرِ الأصليِّ في أعماقٍ كبيرةٍ بباطنِ الأرضِ، أوْ بسببِ ملامسةِ الصخرِ ماغما مُندفِعةً منْ باطنِ الأرضِ، حيثُ تعملُ الحرارةُ على إضعافِ الروابطِ الكيميائيةِ بينَ الأيوناتِ والذرّاتِ المُكوِّنةِ للمعادنِ، ثمَّ تسهيلِ حركةِ الأيوناتِ وانتقالِها منْ معدنٍ إلى آخرَ، فتتكوَّنُ معادنُ جديدةٌ؛ ما يتسبَّبُ في تكوُّنِ صخرٍ مُتحوِّلٍ جديدٍ.

أمّا العاملُ الثاني فهوَ الضغطُ الذي ينشأُ إمّا بسببِ الدفنِ في باطنِ الأرضِ، (كلَّما ازدادَ العمقُ ازدادَ الضغطُ بفعلِ وزنِ الصخورِ الواقعةِ فوقَها)، وإمّا بسببِ تصادُمِ الصفائحِ الأرضيةِ المُتقارِبةِ التي تتسبَّبُ في تكوُّنِ السلاسلِ الجبليةِ. تُسهِمُ المحاليلُ المائيةُ الحارةُ (الحرمائيةُ) أيضًا بفاعليةٍ في عملياتِ التحوُّلِ؛ إذْ تساعدُ على إعادةِ تبلوُرِ المعادنِ المُكوِّنةِ للصخرِ.

توجدُ أنواعٌ مُتعدِّدةٌ منَ التحوُّلِ، يعتمدُ كلٌّ منْها على عاملٍ التحوُّلِ المُؤثِّرِ فيها. ومنْ هذهِ الأنواعِ: التحوُّلُ بالدفنِ، والتحوُّلُ الإقليميُّ، والتحوُّلُ التَّماسيُّ، والتحوُّلُ الحرمائيُّ.

التحوُّلُ بالدفنِ Burial Metamorphism

يحدثُ التحوُّلُ بالدفنِ Burial Metamorphism نتيجةَ دفنِ الصخورِ الرسوبيةِ في أعماقٍ كبيرةٍ بباطنِ الأرضِ، حيثُ تتعرَّضُ الصخورُ لدرجاتِ حرارةٍ وضغطٍ مرتفعيْنِ؛ ما يتسبَّبُ في بدءِ عمليةِ التحوُّلِ، ثمَّ إنتاجِ صخورٍ مُتحوِّلةٍ.

التحوُّلُ الإقليميُّ Regional Metamorphism

يحدثُ التحوُّلُ الإقليميُّ Regional Metamorphism مصاحبًا لحدودِ الصفائحِ الأرضيةِ المُتقاربةِ؛ إذْ يُؤثِّرُ الضغطُ والحرارةُ المرتفعانِ في مساحةٍ واسعةٍ منَ الصخورِ، ما يتسبَّبُ في إعادةِ تبلوُرِ المعادنِ المُكوِّنةِ لها، وتكوينِ معادنَ جديدةٍ، فتنتجُ صخورٌ جديدةٌ تمتازُ بنسيجِها الذي يكونُ على شكلِ طبقاتٍ رقيقةٍ بسببِ تأثيرِ الضغطِ والحرارةِ.

منْ أشهرِ الصخورِ المُتحوِّلةِ التي تنجمُ عنِ التحوُّلِ الإقليميِّ: صخورُ الشيستِ، وصخورُ النايسِ، أنظرُ الشكلَ (20) الذي يُمثِّلُ أحدَ هذهِ الصخورِ.

الشكلُ (20): صخرُ الشيستِ الذي يتكوَّنُ نتيجةَ التحوُّلِ الإقليميِّ.

التحوُّلُ التَّماسيُّ Contact Metamorphism

يحدثُ التحوُّلُ بالتَّماسِّ Contact Metamorphism عندما تُلامِسُ الماغما المُندفِعةُ منْ باطنِ الأرضِ - في أثناءِ حركتِها- صخورًا قديمةً تكونُ قريبةً منْها، أوْ تمرُّ خلالَها، فترتفعُ درجةُ حرارةِ الصخورِ؛ ما يؤدي إلى حدوثِ تغيُّرٍ في تركيبِها المعدنيِّ، فتتحوَّلُ إلى صخورٍ منْ نوعٍ آخرَ.

يكونُ التحوُّلُ التَّماسيُّ محدودًا مقارنةً بالتحوُّلِ الإقليميِّ، ومنْ أمثلتِهِ الرخامُ الذي ينتجُ منْ تحوُّلِ الصخرِ الجيريِّ كما في الشكلِ (21).

✓ **أتحقَّقُ:** كيفَ يحدثُ التحوُّلُ التَّماسيُّ؟

الشكلُ (21): صخرُ الرخامِ الذي يتكوَّنُ نتيجةَ التحوُّلِ التَّماسيِّ.

نشاط سريع الضغط الموجه والتحوُّل.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة صلصالًا (معجونةً)، وورقًا شفّافًا بلاستيكيًّا؛ لتوضيح تأثير الضغط في تحوُّل الصخور.
- اطلب إلى أفراد المجموعات عمل كرات صغيرة متساوية من الصلصال، ثم ترتيبها فوق الورقة، ثم وضع ورقة ثانية فوق كرات الصلصال، ثم وضع كتب فوق الكرات بالتدريج، وملاحظة التغيُّر في شكل الصلصال.
- وضِّح لهم أنَّ كرات الصلصال تُمثِّل صخرًا، وأنَّ ثقل الكتب يُمثِّل الضغط الموجه المشابه لضغط طبقات الصخور؛ ما يؤدي إلى ترتيب معادن الصخر، وتحوُّله.

✓ **أتحقَّقُ:** عندما تلامس الماغما صخورًا في أثناء حركتها، فإنَّها ترفع درجة حرارة تلك الصخور. وإذا كانت درجة الحرارة المُؤثِّرة أقلَّ من درجة انصهار المعادن المُكوِّنة للصخور، فإنَّه يحدث تغيُّر في التركيب المعدني لتلك الصخور، فتتحوَّل إلى صخور من نوع آخر.

◄ بناء المفهوم:
التحوُّل الإقليمي.

- اعرض أمام الطلبة صورة أو مقطع فيديو يُمثِّل صفائح أرضية متقاربة عند نطاق الطرح، ثم اسألهم:

– أيُّ المناطق يُمكِن أنْ يحدث فيها تحوُّل؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد. إجابة مُحتمَلة: من المناطق التي قد يحدث فيها تحوُّل: مناطق احتكاك طرف الصفيحة الغاطسة مع الصفيحة الأُخرى، أو المناطق القريبة من انصهار الصفيحة الغاطسة.

– ما عوامل التحوُّل الناتجة في كلٍّ منها؟ الضغط والحرارة ينتجان من احتكاك الصفيحة الغاطسة بالصفيحة الثانية، وتنتج الحرارة قرب انصهار الصفيحة الغاطسة في الأسفل.

– هل المناطق التي ستتأثَّر بالتحوُّل صغيرة أم كبيرة؟ المناطق التي ستتأثَّر بالتحوُّل كبيرة.

– لماذا يُطلَق على هذا النوع من التحوُّل اسم التحوُّل الإقليمي؟ يُطلَق على هذا النوع من التحوُّل اسم التحوُّل الإقليمي؛ لأنَّه يمتد إلى مساحات كبيرة.

◄ بناء المفهوم: استراتيجية الطاولة المستديرة، التحوُّل بالدفن.

- اكتب السؤال الآتي في رأس ورقة فارغة:

– لماذا يختلف التحوُّل بالدفن عن التحوُّل الإقليمي، بالرغم من أنَّ كليهما يتأثَّر بعاملي التحوُّل (الضغط، والحرارة)؟

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة ورقة تحوي السؤال المذكور آنفًا.
- اطلب إلى كل فرد في المجموعة الاطِّلاع على السؤال، ثم إضافة جزء من إجابة السؤال.
- بعد أنْ ينتهي أفراد المجموعة من ذلك، اطلب إليهم التوقُّف.
- وجِّه أفراد كل مجموعة إلى مناقشة إجابتهم فيما بينهم.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة عرض نتائجهم أمام أفراد المجموعات الأُخرى، ثم مناقشتهم فيها؛ للتوصُّل إلى ما يأتي:

الضغط والحرارة يُؤثِّران في نوعي التحوُّل. وبالرغم من اختلافهما، فأن كمية الضغط والحرارة في التحوُّل الإقليمي أكبر، وهو يمتد على مساحات واسعة. أمّا التحوُّل بالدفن فتكون فيه درجة الحرارة والضغط أقلَّ نسبيًّا، فيحدث تحوُّل بسيط محدود للمعادن المُكوِّنة للصخر.

أبحث:

المحاليل المائية الحارة (الحرمائية).

وجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن التحوُّل الحرمائي (Hydrothermal Metamorphism) الذي ينتج من تأثير المحاليل المائية الحارة، ثم كتابة تقرير عنه، أو إعداد عرض تقديمي بسيط يُوضِّح المفهوم.

تتفاعل المياه الساخنة المصاحبة للماغما مع الصخور القريبة، فتُغيِّر من التركيب الكيميائي والمعدني للصخور، وينتج من ذلك خامات اقتصادية مصاحبة لهذا النوع من التحوُّل، مثل الذهب.

استخدام الصور والأشكال:

درجات التحوُّل.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (22) الذي يُمثِّل تأثير التغيُّر في درجة الحرارة والضغط في الصخور، ثم وضِّح لهم أنَّه يُمثِّل العلاقة بين درجة الحرارة (المحور السيني) والضغط والعمق (المحور الصادي)، ثم اسألهم:

– ماذا يحدث للصخر إذا دُفِن على عمق 10 km، وتعرَّض لدرجة حرارة 200 °C؟

إذا دُفِن الصخر على عمق 10 km، وتعرَّض لدرجة حرارة 200 °C، فإنَّه يتحوَّل إلى صخر منخفض درجة التحوُّل.

– ماذا يحدث إذا بقي الصخر في العمق نفسه، وتعرَّض لدرجة حرارة تصل إلى 400 °C؟

إذا بقي الصخر في العمق نفسه، وتعرَّض لدرجة حرارة تصل إلى 400 °C، فإنَّه سيتحوَّل إلى صخر جديد متوسط درجة التحوُّل.

– رأيك، ما نوع الصخر المُتكوِّن عند درجة حرارة 400 °C، وضغط أقلّ من 200 ميغاباسكال؟

نوع الصخر المُتكوِّن عند درجة حرارة 100 °C، وضغط أقلّ من 200 ميغاباسكال: صخر الغضار الرسوبي.

- اختر أكثر من نقطة على الشكل، ثم ناقِش الطلبة فيها لاستنتاج أنَّ التغيُّر في درجة الحرارة والضغط يُؤثِّر في درجة تحوُّل الصخور.

إضاءة للمُعلِّم

المعادن الدالة:

يُطلَق على المعادن التي تدل على درجة تحوُّل الصخور الأصلية اسم المعادن الدالة (Index Minerals)، مثل: الكلوريت، والإبيدوت، والجارنت، والإستوروليت، والكاينيت، والسلمنيت.

تمتاز كل درجة من درجات التحوُّل بنوع معين من المعادن. فمثلًا، في درجة التحوُّل المنخفضة يكون معدن الكلوريت الأخضر اللون هو المعدن الدال؛ لذا يغلب على لون صخر الأردواز اللون الأخضر. أمّا وجود الجارنت فيدل على درجة تحوُّل بين المتوسطة والعالية، في حين يدل وجود معدن السلمنيت على درجة تحوُّل عالية.

أبحثُ:

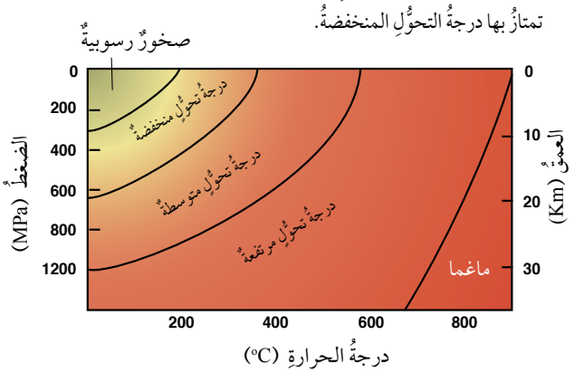
تُعَدُّ المحاليلُ المائيةُ الحارةُ (الحرمائيةُ) أحدَ عواملِ التحوُّلِ المُؤثِّرةِ في الصخورِ. مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أُحدِّدُ كيفَ تعملُ هذهِ المحاليلُ على تحوُّلِ الصخورِ، مُبيِّنًا علاقتَها بأنواعِ التحوُّلِ الأُخرى.

درجاتُ التحوُّلِ Grades of Metamorphism

تتعرَّضُ الصخورُ المُتحوِّلةُ لدرجاتٍ مختلفةٍ منَ الحرارةِ، أوِ الضغطِ، أوْ كليْهما معًا؛ ما يؤدي إلى تكوُّنِ صخورٍ مُتنوِّعةٍ تختلفُ عنْ بعضِها في التركيبِ المعدنيِّ والنسيجِ، ويُسمّى هذا الاختلافُ درجاتِ التحوُّلِ. فمثلًا، عندما يتعرَّضُ صخرُ الغضارِ Shale الرسوبيُّ إلى ضغطٍ وحرارةٍ قليلَيْنِ نسبيًّا، بحيثُ تتراوحُ درجةُ الحرارةِ بينَ (200 °C - 320 °C)، ويكونُ الضغطُ منخفضًا، فإنَّهُ يتحوَّلُ إلى صخرٍ آخرَ يُسمّى الأردوازَ Slate، وتكونُ درجةُ التحوُّلِ في هذهِ الحالةِ منخفضةً، أنظرُ الشكلَ (22) الذي يُبيِّنُ درجاتِ التحوُّلِ المختلفةَ وعلاقتَها بالحرارةِ والضغطِ.

عندَ زيادةِ درجةِ التحوُّلِ يتكوَّنُ صخرٌ جديدٌ يُسمّى الفيليتَ Phyllite، وهوَ يختلفُ عنْ صخرِ الأردوازِ بزيادةِ حجمِ بلّوراتِ المعادنِ المُكوِّنةِ لهُ. وعندما تكونُ درجةُ التحوُّلِ متوسطةً يتكوَّنُ صخرُ الشيستِ Schist الذي يمتازُ بنسيجِهِ المُتورِّقِ، وتصبحُ المعادنُ المُكوِّنةُ لهُ أكبرَ حجمًا، ويُمكِنُ رؤيتُها بالعينِ المُجرَّدةِ. أمّا في درجاتِ التحوُّلِ العليا فإنَّ المعادنَ تتمايزُ على شكلِ تتابعاتٍ لشرائطَ غامقةٍ وفاتحةِ اللونِ، ويتكوَّنُ صخرُ النايسِ Gneiss، وتتكوَّنُ فيهِ معادنُ جديدةٌ مثلُ الأمفيبولِ.

أتحقَّقُ: أَصِفُ منَ الشكلِ الآتي درجاتِ الحرارةِ والضغطِ التي تمتازُ بها درجةُ التحوُّلِ المنخفضةُ.



الشكلُ (22): درجاتُ التحوُّلِ في الصخورِ المُتحوِّلةِ.
أستنتجُ: أيُّ الصخورِ تتكوَّنُ في أعلى درجةِ تحوُّلٍ؟

نشاط سريع

درجات التحوُّل.

- وجِّه الطلبة إلى البحث في شبكة الإنترنت عن خصائص صخور الأردواز، والفيليت، والشيست، والنايس، ولا سيما ما يتعلَّق بحجم حبيباتها. ثم اطلب إليهم تصنيفها بحسب حجم حبيباتها، ودرجات تحوُّلها.
- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج أنَّ حجم حبيبات الصخور المُتحوِّلة يزداد بزيادة درجة التحوُّل؛ نتيجة زيادة درجة حرارتها.

أتحقَّقُ: درجة التحوُّل المنخفضة عند درجات حرارة وضغط تتراوح قيمها بين (200 -350) °C و (300-620) MPa على الترتيب. وقد يحدث تحوُّل للصخور عند ضغط أقل بزيادة درجة الحرارة، وعند درجة حرارة أقل بزيادة الضغط.

حل سؤال الشكل (22): صخور النايس.

تصنيفُ الصخورِ المُتحوِّلةِ Classification of Metamorphic Rocks

تُصنَّفُ الصخورُ المُتحوِّلةُ تبعًا لنسيجِها ومُكوِّناتِها المعدنيةِ إلى مجموعتيْنِ رئيستيْنِ، هما: الصخورُ المُتحوِّلةُ المُتورِّقةُ Foliated Metamorphic Rocks، والصخورُ المُتحوِّلةُ غيرُ المُتورِّقةِ Non-Foliated Metamorphic Rocks.

الصخورُ المُتحوِّلةُ المُتورِّقةُ Foliated Metamorphic Rocks

صخورٌ تتكوَّنُ بتأثيرِ الحرارةِ المرتفعةِ والضغطِ المُوجَّهِ Directed Pressure، وهوَ الضغطُ الذي لا يكونُ متساويًا في الاتجاهاتِ جميعِها، ويُرافِقُ عادةً عمليةَ التحوُّلِ الإقليميِّ Regional Metamorphism. في هذا النوعِ منَ التحوُّلِ تترتَّبُ بلّوراتُ بعضِ المعادنِ المُكوِّنةِ للصخرِ بشكلٍ مُتعامِدٍ معَ اتجاهِ الضغطِ المُؤثِّرِ فيهِ، فتظهرُ المعادنُ على شكلِ طبقاتٍ رقيقةٍ، ويُعرَفُ هذا النسيجُ باسمِ التورُّقِ Foliation، ويُعَدُّ صخرُ الشيستِ واحدًا منَ الصخورِ المُتورِّقةِ.

عندَ زيادةِ الضغطِ والحرارةِ تنفصلُ المعادنُ الغامقةُ عنِ المعادنِ الفاتحةِ، فيظهرُ الصخرُ على شكلِ شرائطَ مُميَّزةٍ فاتحةٍ وغامقةِ اللونِ، ومنْ أمثلتِهِ صخرُ النايسِ، أنظرُ الشكلَ (23).

الشكلُ (23): عندَ تعرُّضِ الصخورِ، مثلِ الغرانيتِ، لضغطٍ مُوجَّهٍ كبيرٍ في التحوُّلِ الإقليميِّ، يعادُ ترتيبُ المعادنِ المُكوِّنةِ للصخرِ الأصليِّ، فيتحوَّلُ إلى نوعٍ جديدٍ منَ الصخورِ هو النايسُ.

الصخورُ المُتحوِّلةُ غيرُ المُتورِّقةِ Non- Foliated Metamorphic Rocks

صخورٌ تتكوَّنُ بتأثيرِ الحرارةِ المرتفعةِ والضغطِ المنخفضِ، أوِ الضغطِ المحصورِ Uniform Pressure، وهوَ الضغطُ المتساوي في الاتجاهاتِ جميعِها، وهيَ تنشأُ عادةً منَ التحوُّلِ التَّماسيِّ قربَ اندفاعاتِ الماغما، أوِ التحوُّلِ الإقليميِّ. يمتازُ هذا النوعُ منَ الصخورِ باحتوائِهِ على معادنَ ذاتِ بلّوراتٍ متساويةٍ في الحجمِ، مثلِ بلّوراتِ الكوارتزِ والكالسيتِ، ولها نسيجٌ غيرُ مُتورِّقٍ Non-Foliated.

بوجهٍ عامٍّ، يتكوَّنُ هذا النوعُ منَ الصخورِ المُتحوِّلةِ منْ معدنٍ واحدٍ فقطْ، ومنْ أمثلتِهِ صخرُ الرخامِ الناتجُ منْ تحوُّلِ الصخرِ الجيريِّ الذي يتكوَّنُ منْ معدنِ الكالسيتِ، وصخرُ الكوارتزيتِ الناتجُ منْ تحوُّلِ الصخرِ الرمليِّ الذي يتكوَّنُ منْ معدنِ الكوارتزِ، أنظرُ الشكلَ (24).

الشكلُ (24): صخرُ الكوارتزيتِ الذي ينتجُ منْ تحوُّلِ الصخرِ الرمليِّ عندَ تعرُّضِهِ لحرارةٍ مرتفعةٍ في التحوُّلِ التَّماسيِّ.

✓ **أتحقَّقُ:** لماذا يُعَدُّ صخرُ الشيستِ صخرًا مُتورِّقًا؟

نشاط سريع الصخور المُتحوِّلة المُتورِّقة.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة صلصالًا (معجونةً)، وورقًا شفّافًا بلاستيكيًّا، وحبيبات من الأرز الأمريكي طويل الحبة.
- اطلب إلى الطلبة خلط الصلصال بالأرز، ثم صنع كرات صغيرة متساوية في الحجم، ثم ترتيبها فوق الورقة، ثم وضع ورقة ثانية فوق كرات الصلصال، ثم وضع كتب فوق الكرات تدريجيًّا، وملاحظة التغيُّر في اتجاه حبيبات الأرز. سيُلاحِظ الطلبة أنَّ امتداد حبات الأرز سيكون متعامدًا مع اتجاه الضغط.
- وضِّح للطلبة أنَّ الأرز في كرات الصلصال يُمثِّل ترتيب المعادن في الصخر؛ نتيجة الضغط الموجه، وأنَّه يُمثِّل نسيج التورُّق.

✓ **أتحقَّقُ:** لأنَّ المعادن المُكوِّنة لصخر الشيست تترتَّب على شكل طبقات رقيقة؛ لذا، فهو يُعَدُّ صخرًا مُتورِّقًا.

◄ تعزيز:

تكوُّن النايس.

- أحضِر عيِّنتين صخريتين تُمثِّلان صخر الغرانيت وصخر النايس، ثم أخبِر الطلبة أنَّ صخر الغرانيت يتحوَّل إلى صخر النايس عندما يتعرَّض لضغط وحرارة عاليين.
- اطلب إلى الطلبة ملاحظة نسيج الصخرين، ثم اسألهم:

– صِفْ ترتيب بلّورات المعادن في الصخرين.

البلّورات في صخر الغرانيت تكون مبعثرة في الصخر، أمّا البلّورات في صخر النايس فتكون على شكل أشرطة للمعادن الفاتحة والغامقة.

– ما أثر الضغط والحرارة في صخر الغرانيت؟

يعمل الضغط والحرارة على إعادة ترتيب البلّورات في صخر الغرانيت، بحيث تنفصل المعادن الغامقة عن المعادن الفاتحة، فيتكوَّن صخر النايس على شكل شرائط مُميَّزة فاتحة وغامقة اللون.

◄ بناء المفهوم:

الصخور المُتحوِّلة غير المُتورِّقة.

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– لماذا سُمِّي هذا النوع من التحوُّل بهذا الاسم؟

سُمِّي هذا النوع من التحوُّل بهذا الاسم؛ لأنَّ النسيج فيه لا يظهر على شكل طبقات رقيقة.

– ما نوع التحوُّل الذي يُشكِّل النسيج غير المُتورِّق؟

نوع التحوُّل الذي يُشكِّل النسيج غير المُتورِّق: التحوُّل التماسي.

– ما عامل التحوُّل المُؤثِّر في هذا النوع من التحوُّل؟

عامل التحوُّل المُؤثِّر في هذا النوع من التحوُّل هو الحرارة.

– كيف تُؤثِّر الحرارة في الصخر؟

تعمل الحرارة على إضعاف الروابط بين الذرات، ونمو بلّورات المعادن.

– اذكر مثالًا على هذا النوع.

من الأمثلة على هذا النوع: الصخر الرملي الذي يتحوَّل إلى كوارتزيت.

نشاط سريع استعمالات الصخور.

- اكتب على اللوح مجالات عِدَّة لاستعمالات الصخور، مثل: البناء، والزراعة، والمواد الإلكترونية، والدواء، والطاقة، ثم اطلب إلى الطلبة قراءة النص في الصفحة (32) من كتاب الطالب، وتصنيف الصخور بحسب مجالات استعمالاتها.
- ناقِش الطلبة في ما تُوصِّل إليه، مُؤكِّدًا أنَّ الأردن يزخر بالعديد من الصخور ذات القيمة الاقتصادية التي يُمكِن استغلالها.

الربط بالتاريخ:

استعمالات الصخور قديمًا.

وجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن استعمالات الشعوب القديمة للصخور، ثم إعداد عرض تقديمي، أو تقرير مُعزَّز بالصور، ثم مناقشته أمام الزملاء.

يمكن أنْ تتضمَّن الصخور التي استُعمِلت قديمًا صخور الصوان (الأوبسيديان) التي صنع منها الإنسان أسلحته المختلفة.

الربطُ بالتاريخ

استخدمَ الإنسانُ قديمًا الصخورَ بطرائقَ مختلفةٍ. أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ عنْ أنواعِ هذهِ الصخورِ، وكيفيةِ معالجتِهِ إيّاها، ومجالاتِ استعمالِهِ لها.

الشكلُ (25): الصخرُ الزيتيُّ الذي يتوافرُ بكمياتٍ اقتصاديةٍ في وسطِ الأردنِّ وشمالِهِ.

الأهميةُ الاقتصاديةُ للصخورِ

The Economic Importance of Rocks

تُمثِّلُ الصخورُ وما تحويهِ منْ معادنَ أهميةً كبيرةً للإنسانِ في حياتِهِ اليوميةِ، وكلَّما حدثَ تطوُّرٌ تكنولوجيٌّ زادَتِ الحاجةُ إلى الصخورِ؛ إذْ يستفادُ منْها في العديدِ منْ مناحي الحياةِ، مثلُ استخدامِ الصخرِ الجيريِّ والغرانيتِ في مجالِ البناءِ، واستخدامِ الصخرِ الرمليِّ في صناعةِ الزجاجِ، واستخدامِ السليكون في الصناعاتِ التكنولوجيةِ الحديثةِ، ولا سيما الحواسيبُ، وهوَ عنصرٌ يُستخرَجُ منَ المعادنِ السليكاتيةِ (المُكوِّنُ الرئيسُ للصخورِ الناريةِ)، ومنَ الصخورِ الرمليةِ الرسوبيةِ.

أمّا الصخورُ التي تحوي المعادنَ والفلزّاتِ ففيها كثيرٌ منَ الخاماتِ الطبيعيةِ، مثلُ: خاماتِ الحديدِ، والنحاسِ، والذهبِ، وكذلكَ النفطُ، والغازُ الطبيعيُّ، والصخرُ الزيتيُّ.

يوجدُ في الأردنِّ العديدُ منْ أنواعِ الصخورِ والخاماتِ المعدنيةِ، مثلُ: صخرِ الفوسفاتِ الذي يُستخدَمُ في صناعةِ الأسمدةِ الزراعيةِ، وفي صناعةِ حمضِ الفسفوريكِ، ويوجدُ في مناطقَ عِدَّةٍ منَ المملكةِ، منْها: الحسا، والشيديةُ؛ والصخرِ الزيتيِّ الذي يُستخدَمُ في إنتاجِ الطاقةِ، ويوجدُ في العديدِ منَ المناطقِ، مثلِ: اللجونِ، وعطاراتِ أُمِّ غدرانَ، أنظرُ الشكلَ (25)؛ والرملِ الزجاجيِّ الذي يُستخدَمُ في صناعةِ الزجاجِ والصناعاتِ الإلكترونيةِ، ويوجدُ في مناطقَ عِدَّةٍ منْ جنوبِ المملكةِ، مثلِ رأسِ النقبِ؛ وصخورِ البازلتِ التي تُستخدَمُ في صناعةِ الصوفِ الصخريِّ، وفي البناءِ، وتوجدُ في مناطقَ مُتعدِّدةٍ، مثلِ تلِّ بورما جنوبَ عمّانَ؛ والصخرِ الجيريِّ الذي يُستخدَمُ في البناءِ، وفي صناعاتٍ عِدَّةٍ مثلِ صناعةِ الأسمنتِ؛ وصخورِ الجبسِ التي تُستخدَمُ في عملِ التصاميمِ (الديكورُ)، وفي صناعةِ الأسمنتِ، وتوجدُ في مناطقَ عِدَّةٍ، مثلِ الأزرقِ شرقيَّ المملكةِ.

يوجدُ في الأردنِّ أيضًا العديدُ منَ المعادنِ التي تحويها الصخورُ، مثلُ: معدنِ الكوارتزِ الذي يُستخدَمُ في الصناعاتِ الإلكترونيةِ؛ ومعدنِ الزركونِ (يوجدُ في الصخورِ الرمليةِ) الذي يُستخدَمُ في صناعةِ قوالبِ

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **القضايا البيئية: التنمية المستدامة.**

أخبِر الطلبة -في أثناء الحديث عن الأهمية الاقتصادية للصخور- أنَّ مفهوم التنمية المستدامة يعني استغلال الموارد الطبيعية (مثل: الصخور، والمعادن)، بحيث تلبّي حاجات الحاضر؛ شرط عدم المساس بقدرة الأجيال القادمة على الوفاء بحاجاتها.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع الصخر الزيتي، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الصَّبِّ ومعاجينِ الأسنانِ؛ والنحاسِ (يوجدُ في معدنِ الملاكيتِ، ومعدنِ الأزوريتِ) الذي يُستخدَمُ في صناعةِ الأسلاكِ الكهربائيةِ، ويوجدُ في منطقةِ فينانَ، وخربةِ النحاسِ ، أنظرُ الشكلَ (26)؛ ومعدنِ الكاؤلينِ الذي يُستخدَمُ في صناعةِ السيراميكِ، ويوجدُ في الصخورِ الطينيةِ المُتكشِّفةِ جنوبَ المملكةِ، مثلَ منطقةِ بطنِ الغولِ؛ والذهبِ الذي يُستخدَمُ في الصناعاتِ الإلكترونيةِ، ويوجدُ في وادي أبي خشيبةَ جنوبَ المملكةِ، معَ صخورٍ بركانيةٍ تُسمّى الكوارتزَ بورفيري.

الشكلُ (26): معدنُ الملاكيتِ أحدُ خاماتِ النحاسِ في منطقةِ فينانَ جنوبَ الأردنِّ.

✓ **أتحقَّقُ**: أذكرُ أسماءَ ثلاثةِ معادنَ تتوافرُ في الأردنِّ، مُحدِّدًا استخدامًا واحدًا لكلٍّ منْها.

مراجعةُ الدرسِ

1. أذكرُ العواملَ التي تُسهِمُ في تحوُّلِ الصخورِ.
2. **أُفسِّرُ**: لماذا لا يُعَدُّ صخرُ الرخامِ صخرًا مُتورِّقًا؟
3. **أُقارِنُ** بينَ التحوُّلِ بالدفنِ والتحوُّلِ التَّماسيِّ منْ حيثُ العواملُ المُؤثِّرةُ في كلٍّ منْهُما.
4. **أستنتجُ**: إذا تعرَّضَتِ الصخورُ لمحاليلَ مائيةٍ حارَّةٍ جدًّا، فماذا يحدثُ لها؟
5. **أتوقَّعُ**: إذا تعرَّضَتْ صخورُ الشيستِ لضغطٍ وحرارةٍ إضافيينِ، فماذا يحدثُ لها؟

✓ **أتحقَّقُ:**

معدن الكوارتز: يُستعمَل في الصناعات الإلكترونية.

معدن الزركون: يُستعمَل في صناعة قوالب الصَّبِّ.

معدن النحاس: يُستعمَل في صناعة الأسلاك الكهربائية.

نشاط سريع

الصخور الصناعية.

وجِّه الطلبة – ضمن مجموعات– إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أحد الصخور المُتكشِّفة في الأردن، ثم إعداد عرض تقديمي يتضمَّن معلومات عن نوع الصخر، وخصائصه، واستعمالاته، وأماكن وجوده في الأردن مُعزَّزًا بالصور، ثم عرضه أمام الزملاء.

مراجعة الدرس

3 التقويم

1. الحرارة، الضغط، المحاليل المائية الحارة.
2. لأنَّ نسيج الرخام غير مُتورِّق (لا تترتَّب معادنه على شكل طبقات رقيقة)؛ إذ تكون بلّورات معدن الكالسيت المُكوِّنة له متساوية في الحجم ومتداخلة.
3. يُؤثِّر الضغط والحرارة في الصخور المُتحوِّلة الناتجة بفعل التحوُّل بالدفن، في حين تُؤثِّر الحرارة في الصخور الناتجة من التحوُّل التماسي.
4. قد يحدث تفاعل بين الصخر والأيونات المُكوِّنة للمحاليل المائية الحارة؛ ما يؤدي إلى تغيُّر التركيب الكيميائي والمعدني للصخور، وتحوُّلها.
5. سيحدث انفصال للمعادن الغامقة عن المعادن الفاتحة على شكل أشرطة، وتتحوَّل صخور الشيست إلى صخور النايس.

الإثراء والتوسع

الصوف الصخري Rockwool

الجيولوجيا والصناعة

الهدف:

تعرُّف بعض الاستعمالات الصناعية للصخور النارية، مثل صخر البازلت.

إضاءة للمُعلِّم

البازلت.

تتكشَّف صخور البازلت في شمال شرق الأردن، وتغطي مساحة $12000\ km^2$، وهي جزء من الهضبة البازلتية (حرَّة الشامة) التي تمتد من شمال غرب المملكة العربية السعودية إلى جنوب شرق سوريا. وتتراوح أعمار حرَّة الشام بين (25) مليون عام و(4) آلاف عام تقريبًا.

تمتاز صخور البازلت في الأردن بالانسيابات البركانية، وبوجود أنفاق بركانية (Lava Tunnels) وبراكين مخروطية (Volcanic Cones)، وهي توجد في أماكن متنوعة، مثل: جبل عنيزة، وجرف الدراويش، وجبل رماح، والأرتين.

يتكوَّن البازلت الموجود في الأردن من معادن رئيسة، هي: الأوليفين، والفلسبار البلاجيوكليزي، والبيروكسين؛ ومن معادن ثانوية، مثل: الزيوليت، والكالسيت.

الإجراءات والتوجيهات:

- وزِّع على الطلبة موضوعات متنوعة للبحث (مثل: المواد التي تُصنَع منها العوازل، وفوائد عزل المباني، وأنواع المواد العازلة) قبل شرح بند الإثراء والتوسع (الصوف الصخري).
- ناقِش الطلبة – بعد الشرح – في ما تعرَّفوه عن الصوف الصخري، مُبيِّنين معًا أهمية صخر البازلت والصوف الصخري في عمليات العزل، وبخاصة عزل المباني.

الصوفُ الصخريُّ Rockwool

تدخلُ الصخورُ في صناعةِ العديدِ منَ المُنتَجاتِ التي يستعملُها الإنسانُ في حياتِهِ اليوميةِ. ومنْ هذهِ المنتجاتِ الصوفُ الصخريُّ، وهوَ مادةٌ عازلةٌ تمتازُ بمقاومَتِها الحرائقَ بسببِ درجةِ انصهارِها العاليةِ، وبقدرتِها على العزلِ الحراريِّ والعزلِ الصوتيِّ؛ لذا تُستخدَمُ في عزلِ جدرانِ المباني، وفي صناعةِ بعضِ الأدواتِ الكهربائيةِ، مثلِ المكيِّفاتِ والثلّاجاتِ، فضلًا عنِ استخدامِها في الزراعةِ.

يُصنَعُ الصوفُ الصخريُّ عنْ طريقِ صهرِ صخرِ البازلتِ في أفرانٍ خاصةٍ تصلُ فيها درجةُ الحرارةِ إلى (1600 °C)، ثمَّ تُحرَّكُ الصهارةُ على نحوٍ دائريٍّ في عجلةِ الغزلِ بسرعةٍ كبيرةٍ. وفي أثناءِ ذلكَ يُسلَّطُ عليْها تيارٌ هوائيٌّ شبيهٌ بما في آلةِ غزلِ الحلوى، فتنتجُ خيوطٌ رفيعةٌ متشابكةٌ، ثمَّ تُجمَّعُ بأشكالٍ مختلفةٍ.

تشيرُ الدراساتُ إلى أنَّ الصوفَ الصخريَّ آمنٌ، وغيرُ مُضِرٍّ بصحةِ الإنسانِ. وصناعةُ الصوفِ الصخريِّ هيَ منَ الصناعاتِ الواعدةِ المُجدِيةِ اقتصاديًّا، ويوجدُ في الأردنِّ عددٌ منْ مصانعِ الصوفِ الصخريِّ التي تُنتِجُ أنواعًا مختلفةً منْهُ.

الكتابةُ في الجيولوجيا

أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ عنِ استخداماتٍ أُخرى لصخرِ البازلتِ، مُبيِّنًا فوائدَهُ الاقتصاديةَ، ثمَّ أكتبُ مقالةً عنْ ذلكَ.

الكتابة في الجيولوجيا

وجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن كميات إنتاج الصوف الصخري في الأردن؛ لتحديد فوائده الاقتصادية للدولة، ثم ناقِشهم في ما يتوصَّلون إليه عن استعمالات البازلت وفوائده الاقتصادية، واربط ذلك بموضوع الدرس.

مراجعةُ الوحدةِ

السؤالُ الأولُ:

أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

1. منَ الصخورِ الناريةِ الجوفيةِ:
   أ - الأنديزيتُ. ب- البازلتُ.
   ج- الريوليتُ. د - الغرانيتُ.
2. أقلُّ الصخورِ وفرةً بالسليكا هيَ الصخورُ:
   أ - الفلسيةُ. ب- المتوسطةُ.
   ج- المافيةُ. د - فوقَ المافيةِ.
3. الصخرُ الذي يتفاعلُ بشِدَّةٍ معَ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ هوَ:
   أ - الصخرُ الجيريُّ. ب- الجبسُ.
   ج- الملحُ الصخريُّ. د - الدولوميتُ.
4. الصخرُ الرسوبيُّ الذي يقلُّ حجمُ حبيباتِهِ عنْ (1/256 mm) هوَ:
   أ - الصخرُ الرمليُّ ب- الكونغلوميريتُ.
   ج- البريشيا. د - الغضارُ.
5. منَ الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ الحيويةِ:
   أ - الصخرُ الرمليُّ. ب- الصخرُ الجيريُّ.
   ج- صخرُ الكوكينا. د - صخرُ الغضارِ.
6. منَ الصخورِ المُتحوِّلةِ غيرِ المُتورِّقةِ صخرُ:
   أ - النايسِ. ب- الشيستِ.
   ج- الأردوازِ. د - الرخامِ.

السؤالُ الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هوَ مناسبٌ منَ المصطلحاتِ:

أ - .....: صُهَيْرٌ سليكاتيٌّ يتكوَّنُ معظمُهُ منَ السليكا، ومنْ غازاتٍ أهمُّها بخارُ الماءِ.

ب-.....: أحدُ أشكالِ الصخورِ الناريةِ، يوجدُ قربَ سطحِ الأرضِ، وهوَ مُدبَّبُ الشكلِ منَ الأعلى.

ج-.....: عمليةٌ يتمُّ فيها ترابطُ الحبيباتِ، وتنتجُ منْ ترسُّبِ الموادِّ المعدنيةِ التي تحملُها المحاليلُ المائيةُ في الفراغاتِ الموجودةِ في الرسوبياتِ.

د - .....: تموُّجاتٌ صغيرةٌ تنتجُ بفعلِ مياهِ الأنهارِ، أوِ الأمواجِ البحريةِ، أوِ الرياحِ، وتكونُ محفوظةً على سطحِ طبقةِ الصخرِ الرسوبيِّ.

هـ- .....: صخورٌ تنشأُ نتيجةَ تبريدِ الماغما ببطءٍ في باطنِ الأرضِ.

السؤالُ الثالثُ:

ما الفرقُ بينَ القواطعِ الناريةِ والمُندَسّاتِ الناريةِ؟

السؤالُ الرابعُ:

أُفسِّرُ كلًّا ممّا يأتي تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

أ - تمتازُ الصخورُ الناريةُ السطحيةُ ببلّوراتِها صغيرةِ الحجمِ التي لا تُرى بالعينِ المُجرَّدةِ.

ب- لا يُعدُّ نسيجُ صخرِ الأوبسيديانِ نسيجًا ناعمًا.

ج - تمتازُ الصخورُ الفلسيةُ بلونِها الفاتحِ، في حينِ تمتازُ الصخورُ المافيةُ بلونِها الغامقِ.

هـ- لا يوجدُ نسيجٌ مُتورِّقٌ في صخورِ الكوارتزيتِ.

السؤالُ الخامسُ:

أُقارنُ بينَ كلِّ زوجٍ ممّا يأتي:

أ - الماغما واللّابةُ منْ حيثُ أماكنُ وجودِها، ومُكوِّناتُها .

ب- التحوُّلُ الإقليميُّ والتحوُّلُ التَّماسيُّ منْ حيثُ عاملُ التحوُّلِ المُؤثِّرِ، ومساحةُ الصخورِ المُتحوِّلةِ.

السؤال الأول

1. د. الغرانيت.
2. د. فوق المافية.
3. أ. الصخر الجيري.
4. د. الغضار
5. ج. صخرالكوكينا.
6. د. الرخام.

السؤال الثاني

أ. الماغما.

ب. اللاكوليث.

ج. الالتحام.

د. علامات النيم.

هـ. الصخور النارية الجوفية.

السؤال الثالث:

القواطع النارية تكون مائلة أو عمودية، في حين تكون المندسات النارية أفقية.

السؤال الرابع:

أ. بسبب تبريدها السريع؛ فلا يتوافر الوقت الكافي لنمو البلّورات.

ب. لأنَّ نسيج صخر الأوبسيديان نسيج زجاجي لا يحتوي على بلّورات، في حين يتكوَّن النسيج الناعم من بلّورات صغيرة الحجم لا تُرى بالعين المُجرَّدة.

ج. لأنَّ الصخور الفلسية تحتوي - في معظمها- على معادن غنية بالسليكا، مثل معدني الكوارتز والفلسبار، وهما من المعادن ذوات الألوان الفاتحة، في حين تحتوي الصخور المافية على نسبة عالية من المعادن الغنية بالحديد والمغنيسيوم، مثل الأوليفين، فيصبح لونها غامقًا.

د. لأنَّ صخر الكوارتزيت يتكوَّن نتيجة التحوُّل التماسي، الذي يكون فيه عامل التحوُّل هو الحرارة، لا الضغط؛ فلا يؤدي إلى تكوُّن النسيج المُتورِّق.

السؤال الخامس:

أ. الماغما صخور مصهورة موجودة في باطن الأرض، وهي تحوي نسبة عالية من الغازات، وبخاصة بخار الماء. أمّا اللابة فهي صخور مصهورة موجودة على سطح الأرض، وقد فقدت كميات كبيرة من الغازات التي كانت محصورة فيها.

ب. الضغط والحرارة يُمثِّلان عامل التحوُّل في التحوُّل الإقليمي الذي يحدث على مساحات واسعة من سطح الأرض. أمّا عامل التحوُّل الرئيس المُؤثِّر في التحوُّل التماسي فهو الحرارة. وهذا التحوُّل يُؤثِّر في مساحات قليلة من سطح الأرض.

السؤال السادس:
أُوضّحُ كيفيةَ تكوُّنِ النسيجِ الفقاعيِّ.

السؤال السابعُ:
أُصنِّفُ الصخورَ الناريةَ الآتيةَ تبعًا لمحتواها منَ السليكا، منَ الأكثرِ إلى الأقلِّ:
الغابرو، البيريدوتيتُ، الغرانيتُ، الديوريتُ.

السؤال الثامنُ:
أُقوِّمُ العبارةَ الآتيةَ:
"يحتوي الصخرُ الرمليُّ على معادنَ تختلفُ عنِ المعادنِ المُكوِّنةِ للصخرِ الأصليِّ بسببِ حدوثِ تجويةٍ كيميائيةٍ للصخرِ الأصليِّ."

السؤال التاسعُ:
أستنتجُ: ما الذي يُمكِنُ استخلاصُهُ عنِ البيئاتِ الرسوبيةِ عندَ دراسةِ تتابعٍ طبقيٍّ مُكوَّنٍ منْ صخرِ الكونغلوميراتِ؟

السؤال العاشرُ:
أُوضّحُ: كيفَ تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ؟

السؤال الحادي عشرَ:
عثرَ أحدُ الجيولوجيينَ على آثارِ لتشقُّقاتٍ طينيةٍ على سطحِ إحدى الطبقاتِ، علامَ يُمكِنُ أنْ يستدلَّ منْ وجودِها؟

السؤال الثاني عشرَ:
أُرتِّبُ الصخورَ المُتحوِّلةَ الآتيةَ منَ الأكثرِ درجةَ تحوُّلٍ إلى الأقلِّ منْها:
الشيستُ، الفيليتُ، النايسُ، الأردوازُ.

السؤال الثالثَ عشرَ:
أستنتجُ: لماذا يُمكِنُ رؤيةُ البلّوراتِ المُكوِّنةِ لصخرِ النايسِ بالعينِ المُجرَّدةِ، ولا يُمكِنُ تمييزُها في صخرِ الأردوازِ؟

السؤال الرابعَ عشرَ:
أذكرُ أسماءَ ثلاثةِ صخورٍ توجدُ في الأردنِّ، مُحدِّدًا استخدامَ كلٍّ منْها.

مراجعة الوحدة

السؤال السادس:
يتكوَّن النسيج الفقاعي بسبب خروج الغازات من اللابة وهي على سطح الأرض، فتتكوَّن فيه مجموعة من الفجوات أو الثقوب نتيجةً ذلك.

السؤال السابع:
الغرانيت، الديوريت، الغابرو، البيريدوتيت.

السؤال الثامن:
عبارة غير صحيحة؛ إذ يحتوي الصخر الرملي على معادن مشابهة للمعادن المكونة للصخر الأصلي؛ لأنَّه تكوَّن بفعل تراكم الفتات الصخري الناتج من عمليات التجوية الفيزيائية على الصخر الأصلي، لا التجوية الكيميائية.

السؤال التاسع:
تعرُّض الصخر قبل تصلُّبه لعمليات تجوية فيزيائية، ثم نقل الفتات الصخري مسافات طويلة قبل ترسُّبه وتصلُّبه في حوض الترسيب.

السؤال العاشر:
تنتقل أيونات المعادن الناتجة من التجوية الكيميائية إلى أحواض الترسيب، مثل المحيطات، وينتج من تفاعلها مواد جديدة. وعندما يزداد تركيز تلك المواد، ويصبح الماء مشبعًا بها، فإنَّها تترسَّب، وتتصلَّب بمرور الزمن، وتتحوَّل إلى صخور.

السؤال الحادي عشر:
يُستدَل من وجودها على أنَّ المنطقة قد تعرَّضت للجفاف؛ ما أدّى إلى حدوث تشقُّقات في الرسوبيات الطينية.

السؤال الثاني عشر:
النايس، الشيست، الفيليت، الأردواز.

السؤال الثالث عشر:
لأنَّ صخر النايس يتكوَّن في درجات تحوُّل عالية تسمح لنمو المعادن بحيث تُرى بالعين المُجرَّدة، خلافًا لصخر الأردواز الذي يتكوَّن في درجة تحوُّل منخفضة مقارنةً بصخر الغضار، فتكون بلّوراته صغيرة.

السؤال الرابع عشر:
الغرانيت: يُستعمَل في البناء.
الصخر الرملي: يُستعمَل في صناعة الزجاج.
الصخر الجيري: يُستعمَل في صناعة الأسمنت.

الوحدة الثانية: النجوم (STARS)

تجربة استهلالية: النجوم من حولنا.

الدرس	النتاجات	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: ماهية النجوم.	• يُوضِّح المقصود بكلٍّ من: النجم، والاندماجات النووية، والسطوع. • يُبيِّن مصدر الطاقة في قلب النجم. • يربط بين درجة حرارة النجم ولونه. • يذكر أمثلة على نجوم مختلفة الألوان والحجوم. • يستنتج العلاقة بين حجم النجم ودرجة حرارته من جهة، وسطوعه من جهة أُخرى.	◦ الكشف عن ألوان النجوم. ◦ تمييز حجوم النجوم وعلاقتها بالسطوع.	2
الثاني: الأنظمة النجمية والكوكبات.	• يُوضِّح المقصود بكلٍّ من: الأنظمة النجمية، والنجوم الثنائية، والعناقيد النجمية، والمجموعات النجمية (الكوكبات)، ودائرة البروج. • يُميِّز بين أنواع الأنظمة النجمية. • يرسم أشكالًا هندسية تُمثِّل مجموعة من الكوكبات النجمية، ويذكر أسماءها.	◦ كوكبات البروج.	2
الثالث: دورة حياة النجوم.	• يتتبَّع دورة حياة النجوم بحسب كتلتها منذ ولادتها حتى موتها. • يُبيِّن أنَّ النجوم لا تحيا إلّا بوجود الاندماجات النووية في قلب النجم. • يُحدِّد عمر الشمس بناءً على ما مضى من عمرها، وما تبقّى منه. • يُفرِّق بين الأشكال النجمية التي تنشأ عند انفجار النجوم في أثناء موتها، مثل: النجوم النيوترونية، والثقوب السوداء، والنجوم القزمة. • يُوضِّح أنَّ النجوم هي أصل العناصر الكيميائية المُكوِّنة للأرض. • يُقارِن بين أعمار النجوم وأعمار الكائنات الحية.		2

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• يُوضِّح أنَّ النجوم هي أبرز مُكوِّنات المجرات. • يتعرَّف معنى المجرة، وبعض صفاتها.	السادس	• يشرح مفهوم المجرة. • يصف بدقة شكل مجرة درب التبانة بوصفه مثالًا على مُكوِّنات المجرات.	الحادي عشر
• يستقرئ صورًا تفصيلية لمجرتنا تُبرِز تنوع النجوم في صفاتها.	التاسع		
• يتتبَّع تكوُّن الشمس والكواكب من السديم.	التاسع	• يفهم نظريات أُخرى عن نشأة الكون.	الثاني عشر
• يتعرَّف مُكوِّنات النظام الشمسي.	السابع		
• يتتبَّع تكوُّن الشمس والكواكب من السديم.	التاسع	• يتعرَّف نظرية الانفجار الأعظم في توسُّع الكون.	الثاني عشر

إضاءة للمُعلِّم

سحابة ماجلان الصغرى (Small Cloud Magellanic).

بالرغم من أنَّ سحابة ماجلان الصغرى مجرة، فإنَّها تُسمّى سحابة؛ لأنَّها مجرة غير منتظمة الشكل تُشبِه السحابة، وقد اكتشفها الرحّالة البرتغالي فرناندو ماجلان. وهي تقع على بُعْد 200,000 سنة ضوئية من مجرة درب التبانة تقريبًا. ولأنَّ النجوم الموجودة في هذه المجموعة تقع على نفس البُعد (المسافة) تقريبًا من مجرة درب التبانة؛ فإنَّ الاختلاف في سطوعها يتوافق مع لمعانها الذي يبدو لنا، وكذلك فإنَّ اختلافها في درجة حرارتها يتوافق مع اختلافها في ألوانها.

تظهر مجرة سحابة ماجلان الصغرى على نحوٍ لافت ومُميَّز في السماء الجنوبية، وهي واحدة من المجرات التي يُمكِن رؤيتها بالعين المُجرَّدة، وتُعَدُّ هذه السحابة مجرة قزمة، وهي التوأم الأصغر لسحابة ماجلان الكبرى، وهما اثنتان من أقرب المجرات إلى مجرة درب التبانة.

أتأمَّل الصورة

النجوم.

وجِّه الطلبة إلى تأمُّل الصورة في مقدمة الوحدة، وإجابة السؤال الآتي في بند (أتأمَّل الصورة):

فيمَ تختلف النجوم عن بعضها؟

- الاستماع إلى إجابات الطلبة، ومناقشتها لاستنتاج أنَّ سحابة ماجلان الصغرى تحوي عددًا هائلًا من النجوم المختلفة في ألوانها، ولمعانها، ودرجات حرارتها، وحجومها.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

ماذا تلاحظ على نجوم مجرة ماجلان الصغرى؟

هل تتشابه هذه النجوم مع بقية النجوم التي تراها أمامك؟

- أخبِر الطلبة أنَّ الاختلاف في النجوم المُكوِّنة لسحابة ماجلان الصغرى يُمثِّل الاختلاف في النجوم المُكوِّنة لبقية مجرات الكون من حولنا، وأنَّهم سيتعرَّفون في هذه الوحدة المزيد عن النجوم، من حيث: ماهيتها، والأنظمة النجمية، والكوكبات، ودورة حياة النجوم.

◄ المناقشة:

مواقع النجوم.

- اطلب إلى الطلبة قراءة الآية الكريمة في بداية الوحدة، ثم ناقِشهم في معناها، مُبيِّنًا لهم أنَّ مواقع النجوم هي الأماكن التي تمر بها النجوم في أثناء حركتها بالسماء، وأنَّها تحتفظ بعلاقاتها المُحدَّدة بغيرها من الأجرام في المجرة الواحدة، وبسرعات جريها ودورانها، وأنَّ هذا القَسم القرآني العظيم يشير إلى إحدى حقائق الكون المبهرة، وهي تعذُّر مشاهدة النجوم نفسها؛ نظرًا إلى بُعْدها الشاسع عن الأرض، فإنَّ ما نراه هو المواقع التي مرَّت بها النجوم، وانعكاسات الضوء الواصل منها إلى الأرض.

الفكرة العامة:

النجوم أجرام سماوية يختلف بعضها عن بعض في الصفات، ولكلٍّ منها دورة حياة.

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– هل تتشابه النجوم التي تظهر في السماء في ما بينها؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

– كيف نستدل على وجود تشابه أو اختلاف بين النجوم التي تظهر في السماء؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل:

تتشابه النجوم في ما بينها من حيث إنَّها أجسام مضيئة ولامعة، ولكنَّها تختلف في لونها وحجمها.

– ما الذي يجعل النجوم أجسامًا لامعة؟

– هل يُمكِن للنجوم أنْ تظل لامعة طوال حياتها؟

استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، مُذكِّرًا إيّاهم بما درسوه عن النجوم في الصفوف السابقة، وأنَّ النجوم أجرام سماوية كروية تتكوَّن من غاز ساخن مُتأيِّن يغلب على مُكوِّناته نوى عناصر الهيدروجين والهيليوم، ونسب قليلة من عناصر أُخرى.

أخبِر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون في هذه الوحدة السبب الذي يجعل النجوم تُصدِر طاقة حرارية وضوئية، مُبيِّنًا لهم أنَّ النجوم لا يُمكِن أنْ تظلَّ لامعة طوال حياتها، وأنَّهم سيتعرَّفون سبب ذلك في دروس هذه الوحدة.

مشروع الوحدة

- اطلب إلى الطلبة تصميم نموذج للمقراب (التلسكوب) باستعمال مواد من البيئة المحلية، مُحدِّدين هدف المشروع، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها عند تنفيذه، والمواد والأدوات اللازمة لتنفيذه، والخطوات الواجب اتباعها لتنفيذ المشروع، وسُبُل تقويمه

الفكرةُ العامةُ:

النجومُ أجرامٌ سماويةٌ يختلفُ بعضُها عنْ بعضٍ في الصفاتِ، ولكلٍّ منْها دورةُ حياةٍ.

الدرسُ الأولُ: ماهيةُ النجومِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: النجومُ أجرامٌ سماويةٌ مضيئةٌ يختلفُ بعضُها عنْ بعضٍ في الصفاتِ، مثلِ: اللونِ، والكتلةِ، والحجمِ.

الدرسُ الثاني: الأنظمةُ النجميةُ والكوكباتُ.

الفكرةُ الرئيسةُ: توجدُ النجومُ ضمنَ أنظمةٍ مختلفةٍ في السماءِ، وترتبطُ في ما بينَها ارتباطًا جذبيًّا، وقدْ توجدُ في مجموعاتٍ لا ترتبطُ فيها ارتباطًا جذبيًّا، وقدْ تكونُ منفردةً مثلَ الشمسِ.

الدرسُ الثالثُ: دورةُ حياةِ النجومِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تمرُّ النجومُ بمراحلَ عمريةٍ مختلفةٍ طويلةٍ جدًّا قدْ تبلغُ مليارات السنينَ اعتمادًا على كتلتِها.

إضاءة للمُعلِّم

العلاقات التكاملية في التجربة الاستهلالية (العلوم Science، التكنولوجيا Technology، الهندسة Engineering، الفن والعلوم الإنسانية Arts، الرياضيات Mathematic)؛ منحى ستيم STEAM:

يستند التعليم وفق منحى ستيم STEAM إلى النظرية البنائية؛ فليس الهدف هو المُنتَج فحسب، بل العمليات والمراحل التي يمر بها المُتعلِّم، وما يتطلَّبه ذلك من توظيف للخبرات والمعلومات والاستراتيجيات والتعاون ضمن الفريق للوصول إلى المُنتَج، وما يُحقِّقه من اكتشاف للميول المهنية والمهارية للطلبة، وتنمية المهارات اللازمة للنجاح في سوق العمل مستقبلًا.

تُدمَج في هذا المنحى خمسة مجالات مختلفة، مُشكِّلة منظومة تعليمية متكاملة للمناهج الدراسية، هي: العلوم Science، والتكنولوجيا Technology، والهندسة Engineering، والفن والعلوم الإنسانية Arts، والرياضيات Mathematic. وقد ظهرت هذه المجالات في التجربة الاستهلالية كالآتي:

- **العلوم Science:** استنتاج سبب اختلاف ألوان النجوم وحجومها، وربط ذلك بدورة حياتها، وتوضيح أشكال وجود النجوم في السماء، وتصميم دارة كهربائية موصولة على التوالي.
- **التكنولوجيا Technology:** استعمال أدوات قياس (مثل المسطرة) لتحديد أبعاد المستطيل (الشكل الهندسي).
- **الهندسة Engineering:** التصميم الهندسي للنموذج.
- **الفن والعلوم الإنسانية Arts:** تكوين خلفية تُمثِّل السماء باستعمال الألوان المختلفة.
- **الرياضيات Mathematics:** أخذ قياسات قطعة الكرتون، واستعمال مقياس رسم مناسب في أثناء رسم النجوم على قطعة الكرتون كما في النموذج المرفق.

تجربةٌ استهلاليةٌ

النجومُ منْ حولنا

النجومُ أجرامٌ سماويةٌ مضيئةٌ بنفسِها، وهيَ تختلفُ عنْ بعضِها في الصفاتِ، مثلِ: اللونِ، والكتلةِ، والحجمِ.

الموادُّ والأدواتُ: صورةٌ تُمثِّلُ جزءًا منَ السماءِ يحوي مجموعةً منَ النجومِ، (3) بطّارياتٍ، أسلاكٌ، (6) مصابيحَ مختلفةِ الألوانِ والحجومِ، مفتاحٌ، كرتونٌ مُقوًّى، ألوانٌ، مِقصٌّ، مِسطرةٌ، قلمٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ في أثناءِ استخدامِ المِقصِّ.
- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ استخدامِ الألوانِ.

خطواتُ العملِ:

1. مُستخدِمًا القلمَ والمِسطرةَ، أرسمُ على قطعةِ الكرتونِ مستطيلًا أبعادُهُ (40 cm × 30 cm). (يُمكِنُ رسمُ أيِّ شكلٍ هندسيٍّ).
2. أقصُّ المستطيلَ (الشكلَ الهندسيَّ) الذي رسمْتُهُ باستخدامِ المِقصِّ.
3. أرسمُ على المستطيلِ النجومَ الظاهرةَ في الصورةِ، التي تُمثِّلُ جزءًا منَ السماءِ، مراعيًا الأبعادَ المناسبةَ لهُ، ومُنتبِهًا للنجومِ المُرقَّمةِ.
4. أثقبُ النجومَ المُرقَّمةَ التي رسمْتُها.
5. أُلوِّنُ المستطيلَ باللونِ الأسودِ، وأستخدمُ الألوانَ المختلفةَ في عملِ خلفيةٍ تُمثِّلُ الفضاءَ.
6. على الجهةِ الخلفيةِ منَ المستطيلِ، أُصمِّمُ دارةً كهربائيةً، ثمَّ أُثبِّتُ المصابيحَ في الثقوبِ التي صنعْتُها، ثمَّ أعملُ على توصيلِها جميعًا على التوالي.
7. أُلاحِظُ النجومَ في الدارةِ الكهربائيةِ عندَ إغلاقِها.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أَصِفُ كيفَ تبدو النجومُ (مُتفرِّقةً، أمْ مُتجمِّعةً).
2. أتنبَّأُ: لماذا تختلفُ ألوانُ النجومِ وحجومُها في السماءِ؟
3. أُحدِّدُ: ما الشكلُ الذي تَظهرُ عليْهِ النجومُ التي تقعُ أقصى اليسارِ منْ نموذجي؟
4. أكتبُ فقرةً تتضمَّنُ المعلوماتِ التي توصَّلْتُ إليْها عنِ النجومِ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التحليل:** أخبِر الطلبة أنَّ التحليل هو إحدى المهارات المرتبطة بالتفكير، وأنَّه يعمل على تقسيم الموضوع المُعقَّد إلى أجزاء صغيرة، وصولًا إلى فهم أكثر واستيعاب أفضل لهذا الموضوع المطروح للدراسة.
* **التنبُّؤ:** وضِّح للطلبة – في أثناء حلِّ السؤال الثاني من أسئلة التحليل والاستنتاج– أنَّ التنبؤ هو إحدى المهارات المرتبطة بالتفكير الذي نعتمد فيه على أساس علمي مدروس ومعلومات وبيانات متوافرة علمية سابقة؛ للتوصُّل إلى نتائج مُحدَّدة، وتحليل ظواهر معينة.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير عددي.

الرقم	المعيار	التقدير			
		1	2	3	4
1	يلتزم بإرشادات السلامة في أثناء تنفيذ التجربة.				
2	يراعي دقة الأبعاد في أثناء رسم النجوم الظاهرة في الصورة.				
3	يُصمِّم دارة كهربائية موصولة على التوالي.				
4	يصف النجوم في الدارة الكهربائية التي أَعَدَّها.				
5	يُلخِّص – في فقرة– الاستنتاجات التي توصَّل إليها من التجربة.				

تجربة استهلالية

زمن التنفيذ: 30 دقيقة.

الهدف: تعرُّف أوجه الاختلاف بين النجوم التي تظهر في السماء من حولنا.

المهارات العلمية: الملاحظة، التنبُّؤ، الاستنتاج.

إرشادات السلامة: اطلب إلى الطلبة توخّي الحذر في أثناء استعمال المقص، وذكِّرهم بضرورة غسل الأيدي جيدًا بالماء والصابون بعد الانتهاء من استعمال الألوان.

النتائج المُتوقَّعة:

1. يُتوقَّع من الطلبة تصميم دارة كهربائية توصَل جميع مصابيحها على التوالي، و تضيء عند غلقهم الدارة الكهربائية، وتظهر لوحة تشبه صورة من السماء؛ إذ تُمثِّل المصابيح مختلفة الألوان والحجوم النجوم.
2. يُتوقَّع من الطلبة أيضًا بيان أشكال وجود النجوم، مثل: الشكل المنفرد كما في النجم (4)، وشكل المثلث الذي يختلف فيه ترتيب النجوم كما في مجموعة النجوم (3،2،1)، فضلًا عن تجاذب النجوم على شكل عناقيد كما في مجموعة النجوم المحصورة بين النجمين (4) و (5).

الإجراءات والتوجيهات:

- وفِّر لمجموعات الطلبة الأدوات اللازمة لتنفيذ التجربة.
- راجِع الطلبة في مفهوم الدارة الكهربائية وكيفية تصميمها.
- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ التجربة الواردة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- استعمل استراتيجية التعلُّم التعاوني (Collaborative Learning)، وذلك بتوزيع الطلبة إلى مجموعات؛ لمساعدة بعضهم في أثناء تنفيذ خطوات التجربة؛ على أنْ يُظهِر كل طالب في المجموعة مسؤولية في التعلُّم.
- تابع الطلبة في أثناء تنفيذ التجربة باستعمال استراتيجية أكواب إشارة المرور (Traffic Light Cups)، وذلك باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بحيث يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه من دون أنْ يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

التحليل والاستنتاج:

1. ظهرت بعض النجوم مُتفرِّقة، وظهر بعضها الآخر مُتجمِّعًا.
2. يشير الاختلاف في ألوان النجوم إلى اختلاف تركيبها؛ إذ تولد جميع النجوم من السديم الكوني الذي يتكوَّن من الغاز والغبار الكوني. وتختلف السدم في ما بينها، ويشير اختلاف ألوان النجوم إلى اختلاف درجات حرارتها السطحية، وهي تتفاوت في حجومها؛ لأنَّ لها دورة حياة تمر بها، فيتغيَّر حجم النجم وفقًا لها.
3. تظهر النجوم في أقصى اليسار على شكل مثلث.
4. ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، وتتباين قدراتهم على الكتابة ولكنَّ الإجابة الصحيحة يجب أنْ تتضمَّن أنَّ النجوم قد تبدو في السماء مُتفرِّقة، وأنَّ العديد منها يوجد على شكل مجموعات، وأنَّها قد تظهر بأشكال مختلفة وفقًا لما يتخيَّله الراصد، وأنَّها تختلف في ألوانها وحجومها لأنَّ لها دورة حياة تمر بها.

الدرسُ 1

ماهية النجوم
What Are The Stars?

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

فيمَ تختلف النجوم بعضها عن بعض؟

- مهِّد لموضوع الدرس بعرض فِلْم قصير عن النجوم، يُوضِّح اختلاف بعضها عن بعض في الصفات، مثل: اللون، والكتلة، والحجم، واللمعان، والمُكوِّنات. وإنْ لم يتوافر فاعرض أمام الطلبة صورًا لمجموعة من النجوم المختلفة في صفاتها، ثم اسألهم:

– ما النجوم؟

النجوم أجسام لامعة.

– لماذا تبدو النجوم كأنَّها أجرام مضيئة؟

تبدو النجوم كأنَّها أجرام مضيئة؛ لأنَّها تُشِعُّ طاقة.

– ما الذي يُسبِّب إضاءتها؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

– كيف تختلف النجوم فيما بينها؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل:

تختلف النجوم في حجومها، وألوانها.

- أخبر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون الكثير عن ماهية النجوم في هذا الدرس.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

النظام الشمسي.

ذكِّر الطلبة بما درسوه عن النظام الشمسي، ومُكوِّناته، ونشأته.

2 التدريس

◄ بناء المفهوم.

اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الفرق بين مفهوم النجم ومفهوم أيِّ جرم سماوي آخر في السماء مثل الكواكب؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل:

– النجوم أجرام لامعة.

– النجوم أجرام سماوية تتبع النظام الشمسي، وتمتاز عن الأجرام السماوية الأُخرى بأنَّها لامعة، وتضيء من تلقاء نفسها.

- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ العلماء لم يتمكَّنوا من الوصول إلى النجوم، ولكنَّهم توصَّلوا إلى معرفة صفاتها المختلفة عن طريق تحليل أطياف الأشعة المنبعثة منها.

◄ الفكرة الرئيسة:

النجومُ أجرامٌ سماويةٌ مضيئةٌ يختلفُ بعضُها عنْ بعضٍ في الصفاتِ، مثلِ: اللونِ، والكتلةِ، والحجمِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أُوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ: النجمِ، والاندماجاتِ النوويةِ، والسطوعِ.
- أُبيِّنُ مصدرَ الطاقةِ في قلبِ النجمِ.
- أربطُ بينَ درجةِ حرارةِ النجمِ ولونِهِ.
- أذكرُ أمثلةً على نجومٍ مختلفةِ الألوانِ والحجومِ.
- أستنتجُ العلاقةَ بينَ حجمِ النجمِ ودرجةِ حرارتِهِ منْ جهةٍ، وسطوعِهِ منْ جهةٍ أُخرى.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

النجمُ	Star
الاندماجُ النوويُّ	Nuclear Fusion
سطوعُ النجومِ	Luminosity

✓ **أتحقَّقُ:** أُوضِّحُ المقصودَ بالنجمِ.

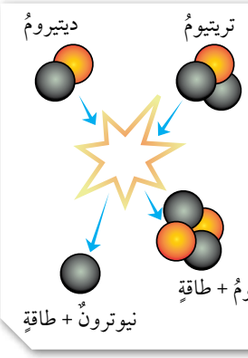
ما النجمُ؟ What Is The Star?

يُعرَّفُ النجمُ Star بأنَّهُ جِرمٌ سماويٌّ كرويٌّ يتكوَّنُ منْ غازٍ ساخنٍ مُتأيِّنٍ، يغلبُ على مُكوِّناتِهِ نَوى عناصرِ الهيدروجينِ والهيليومِ، ونسبٍ قليلةٍ منْ عناصرَ أُخرى، مثلِ: الكربونِ، والنيتروجينِ، والأكسجينِ، والحديدِ، وهوَ يُصدِرُ طاقةً حراريةً وضوئيةً.

لمْ يتمكَّنِ العلماءُ منَ الوصولِ إلى النجومِ، ولكنَّهُمْ توصَّلوا إلى معرفةِ صفاتِها المختلفةِ، مثلِ: لونِها، وكتلتِها، وحجومِها، ودرجاتِ حرارتِها، وذلكَ بتحليلِ أطيافِ الأشعةِ المُنبعِثةِ منْها، وسنتحدَّثُ عنْ بعضِ هذهِ الخصائصِ في درسِنا هذا.

ولكنْ، ما مصدرُ الطاقةِ في النجومِ؟

تنشأُ هذهِ الطاقةُ عنِ الاندماجاتِ النوويةِ Nuclear Fusions التي تحدثُ في قلبِ النجمِ؛ إذْ تتَّحِدُ النَّوى الخفيفةُ لنظائرِ الهيدروجينِ (الديتيريومُ ($_1H^2$)، والتريتيومُ ($_1H^3$)) لإنتاجِ نواةٍ أثقلَ، هيَ نواةُ الهيليومِ. ونظرًا إلى فرقِ الكتلةِ بينَ الموادِّ المتفاعلةِ والمادةِ الناتجةِ منَ التفاعلِ؛ تنتجُ كميّاتٌ كبيرةٌ منَ الطاقةِ تصلُ الأرضَ في صورةِ حرارةٍ وضوءٍ. يحدثُ هذا الاندماجُ تحتَ ضغوطٍ هائلةٍ، ودرجاتِ حرارةٍ مرتفعةٍ جدًّا في قلبِ النجمِ، أنظرُ الشكلَ (1) الذي يُمثِّلُ تفاعلاتِ الاندماجِ النوويِّ في قلبِ النجمِ.



الشكلُ (1): تفاعلاتُ الاندماجِ النوويِّ في قلبِ النجمِ التي تُمثِّلُ مصدرَ الطاقةِ فيها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

تفاعلات الاندماج النووي.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (1)، ثم اسألهم:

– أيُّكم يصف لنا تفاعلات الاندماج النووي التي تحدث في قلب النجم من حيث: المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة، ومكان حدوثها، وأهميتها؟

المواد المتفاعلة: نظائر الهيدروجين: الديتيريوم ($_1H^2$)، والتريتيوم ($_1H^3$).

المواد الناتجة: الهيليوم، وطاقة هائلة.

مكان حدوثها: قلب النجم.

أهميتها: توفير الحرارة والضوء اللازمين للحياة.

- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج مفهوم الاندماج النووي.

✓ **أتحقَّقُ:** يُعرَّف النجم بأنَّه جِرم سماوي كروي يتكوَّن من غاز ساخن مُتأيِّن، يغلب على مُكوِّناته نوى عناصر الهيدروجين والهيليوم، ونسب قليلة من عناصر أُخرى، مثل: الكربون، والنتروجين، والأكسجين، والحديد، وهو يُصدِر طاقة حرارية وضوئية.

سطوعُ النجومِ Luminosity

عندَ النظرِ إلى السماءِ ليلًا نجدُ أنَّ النجومَ تتفاوتُ في صفاتِها، مثلِ: الحجمِ، واللونِ؛ فمنْها ما يُمكِنُ تمييزُهُ، ومنْها ما هوَ خافتٌ لا يكادُ يُرى بالعينِ المُجرَّدةِ.

تتفاوتُ أيضًا كميَّةُ الطاقةِ التي يَشِعُّها النجمُ فعليًّا في الثانيةِ الواحدةِ، في ما يُعرَفُ بسطوعِ النجمِ Luminosity. يعتمدُ سطوعُ أيِّ نجمٍ على عامليْنِ، هما: درجةُ حرارةِ سطحِ النجمِ، وحجمُهُ، ويتناسبُ السطوعُ معَ كليْهِما طرديًّا.

درجةُ حرارةِ سطوحِ النجومِ وألوانُها

Surface Temperature of Stars and their Colors

قدْ تبدو جميعُ النجومِ أولَ نظرةٍ نقاطًا لامعةً مضيئةً في السماءِ. ولكنْ، إنْ نظرْنا إليْها باستخدامِ المِقرابِ سنجدُها مختلفةً في ألوانِها كما في الشكلِ (2)؛ إذْ إنَّها تلمعُ مثلَ الجواهرِ الملونةِ على خلفيةٍ مخمليةٍ سوداءَ.

تختلفُ ألوانُ النجومِ بسببِ اختلافِ درجاتِ حرارتِها السطحيةِ؛ فالنجومُ الحمراءُ والبرتقاليةُ تُمثِّلُ أقلَّ النجومِ درجةً منْ حيثُ الحرارةُ والسطوعُ. أمّا النجومُ ذاتُ اللونِ الأصفرِ فتكونُ متوسطةَ درجةِ الحرارةِ والسطوعِ، في حينِ يشيرُ اللونُ الأبيضُ المُزْرَقُّ إلى أكثرِ النجومِ حرارةً وسطوعًا.

الشكلُ (2): نجومٌ مختلفةُ الألوانِ التُقِطَتْ صورتُها باستخدامِ مِقرابِ هابلَ الفضائيِّ.
أُوضِّحُ: ما الألوانُ التي تظهرُ بها النجومُ؟

حل سؤال الشكل (2):

تتنوَّع ألوان النجوم، مثل: اللون الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأبيض، والأزرق.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية المناسبة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع سطوع النجوم، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

نجوم مختلفة الألوان.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، ثم اسألهم:
  - هل تبدو النجوم جميعها متشابهة؟
  - ما وجه الاختلاف بينها؟
  - لماذا تختلف النجوم في ألوانها؟
- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ النجوم تختلف في ما بينها من حيث: السطوع، واللون، ودرجة الحرارة، والحجم.

◄ بناء المفهوم:

سطوع النجوم.

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - ما المقصود بسطوع النجوم؟
  - ما العوامل التي يعتمد عليها ذلك؟
- استعمل استراتيجية اثنِ ومرِّر (Fold and Pass)، بالطلب إلى كل طالب أنْ يجيب عن السؤال في ورقة، ثم يُمرِّرها على زملائه بعد ثنيها، ليكتب كلٌّ منهم إجابة يتوقعها، مُحدِّدًا الزمن المُخصَّص لذلك.
- بعد انتهاء الزمن المُحدَّد، ورفع إشارة التوقف، اطلب إلى طالب قراءة الإجابات المختلفة في الورقة، ثم ناقِش الطلبة في إجاباتهم لاستنتاج مفهوم السطوع، مُبيِّنًا لهم أنَّ السطوع يعتمد على عاملي درجة الحرارة والحجم.

◄ تعزيز:

لون النجم ودرجة حرارته.

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - لعلَّك شاهدت كيف يظهر لهب النار أو شعلة غاز المطبخ خلال طهيك الطعام، أو مساعد والدتك على عملية الطهي؛ فأحيانًا تراه باللون الأحمر عندما تكون درجة حرارته منخفضة، وقد يظهر باللون الأزرق عندما تكون درجة حرارته مرتفعة، فهل يوجد وجه شبه بين ألوان اللهب وألوان النجوم في الشكل (2)؟
  - ما وجه الشبه (إنْ وُجِدَ)؟

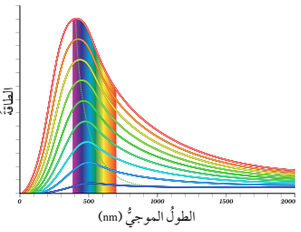
ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل:

- لا يوجد شبه.
- نعم، يوجد شبه؛ فاللون الأحمر يشير إلى أنَّ درجة الحرارة منخفضة ... .

العلاقة بين طاقة الإشعاع وطول موجة الذروة:

- استعمل استراتيجية التعلُّم التعاوني (Collaborative Learning)، بتوزيع الطلبة إلى مجموعات، ثم الطلب إلى أفراد كل مجموعة دراسة الشكل (3) الذي يُبيِّن العلاقة بين طاقة الإشعاع وطول موجة الذروة لإشعاع النجم بوحدة النانومتر (nm) لتسعة نجوم مختلفة.

✓ **أتحقَّقُ:** يعتمد سطوع النجم على عاملين، هما: درجة حرارة سطح النجم، وحجمه.



الشكلُ (3): العلاقةُ بينَ طاقةِ الإشعاعِ وطولِ موجةِ الذروةِ لإشعاعِ النجمِ بوحدةِ النانومترِ (nm) لتسعةِ نجومٍ مختلفةٍ. يتَّضحُ منَ الشكلِ أنَّ طولَ موجةِ الذروةِ يقلُّ عندَ ارتفاعِ درجةِ حرارةِ سطحِ النجمِ مقيسةً بوحدةِ كلفن (K).

الربط بالفيزياء

يَشِعُّ النجمُ عندَ درجةِ حرارةٍ مُعيَّنةٍ حزمةً منَ الموجاتِ المُتقاربةِ في طولِها الموجيِّ، تتمركزُ حولَ موجةٍ محوريةٍ تحملُ أكبرَ كميَّةٍ منَ الطاقةِ، وتُسمّى موجةَ الذروةِ λ ذ، حيثُ تتناسبُ درجةُ الحرارةِ عكسيًّا معَ الطولِ الموجيِّ؛ فكلَّما زادَتْ درجةُ حرارةِ سطحِ النجمِ قَصُرَ الطولُ الموجيُّ لأشعَّتِهِ (يميلُ لونُهُ إلى الأزرقِ)، وكلَّما انخفضَتْ درجةُ حرارةِ سطحِ النجمِ زادَ الطولُ الموجيُّ لأشعَّتِهِ (يميلُ لونُهُ إلى الأحمرِ)، أنظرُ الشكلَ (3).

✓ **أتحقَّقُ:** أذكرُ العواملَ التي يعتمدُ عليْها سطوعُ النجومِ.

لتعرُّفِ المعلوماتِ التي يُمكِنُ استنتاجُها منْ ألوانِ النجومِ، سنُنفِّذُ التجربةَ الآتيةَ.

التجربة 1

زمن التنفيذ: 25 دقيقة.

الهدف: وصف العلاقة بين درجة حرارة النجم، ولونه، وسطوعه.

المهارات العلمية: الملاحظة، المقارنة، التوقُّع، التواصل.

إرشادات السلامة:

- نبِّه الطلبة إلى عدم لمس المصباح الكهربائي باليد مباشرة عند تسخينه.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ تجربة (الكشف عن ألوان النجوم) الواردة في كتاب التجارب والأنشطة العملية.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات غير متجانسة، بحيث تحوي كل مجموعة (4–6) طلبة.
- وزِّع على أفراد كل مجموعة المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ التجربة.
- تابع الطلبة في أثناء تنفيذ التجربة باستعمال استراتيجية أكواب إشارة المرور (Traffic Light Cups)، وذلك باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر).
- اطلب إلى كل مجموعة عرض نتائج عملها في منشور أمام المجموعات الأُخرى، ثم مناقشته.
- ناقِش أفراد المجموعات في النتائج التي توصَّلوا إليها، وقدِّم لهم التغذية الراجعة، مُبيِّنًا أنَّ المصابيح في التجربة تُشبِه النجوم في السماء؛ فالمصابيح ذات اللون الأحمر لها درجة حرارة منخفضة، والمصابيح ذات اللون الأزرق لها درجة حرارة مرتفعة.

النتائج المُتوقَّعة:

النتائج التي يُتوقَّع أنْ يتوصَّل إليها الطلبة بعد تنفيذ هذه التجربة: اختلاف لون سلك المصباح ودرجة حرارته لاختلاف قوة البطارية المستخدمة في الحالات الثلاث، مُسترشِدين إلى معرفة ذلك بتغيُّر لون سلك المصباح بين الأحمر والأحمر المائل إلى الزُّرقة واللون الأزرق.

التحليل والاستنتاج:

1.

الحالة	لون سلك المصباح	درجة الحرارة (مرتفعة، متوسطة، منخفضة)
باستخدام بطارية ضعيفة:	أحمر.	منخفضة.
باستخدام بطارية جديدة:	مائل إلى الزُّرقة.	ما بين متوسطة ومرتفعة.
باستخدام بطاريتين جديدتين:	أزرق.	مرتفعة.

التجربة 1

الكشفُ عنْ ألوانِ النجومِ

المواد والأدوات:

شريطٌ كهربائيٌّ، سلكانِ موصلانِ، بطّاريةٌ جافّةٌ ضعيفةٌ (قديمةٌ)، مصباحٌ كهربائيٌّ، بطّاريتانِ جافّتانِ جديدتانِ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ عندَ لمسِ المصباحِ الكهربائيِّ باليدِ في أثناءِ تسخينِهِ.

- خطواتُ العملِ:

1. أربطُ أحدَ طرفَي السلكيْنِ بالقطبِ الموجبِ للبطّاريةِ الضعيفةِ، ثمَّ أربطُ طرفَ السلكِ الثاني بقطبِها السالبِ، وأتركُ نهايةَ السلكيْنِ حُرَّةً.
2. ألمِسُ الطرفَ الآخرَ منْ كلِّ سلكٍ بمصباحٍ منْ أسفلِهِ، ومنَ الجزءِ المعدنيِّ، بحيثُ يُضيءُ المصباحُ.
3. أكتبُ لونَ سلكِ المصباحِ بعدَ مرورِ (8) ثوانٍ، ثمَّ ألمِسُ بحذرٍ المصباحَ بيديَّ لوصفِ درجةِ حرارتِهِ.
4. أكرِّرُ الخطواتِ السابقةَ، ولكنْ باستخدامِ بطّاريةٍ جديدةٍ.
5. أُثبِّتُ البطّاريتيْنِ الجديدتيْنِ باستخدامِ شريطٍ كهربائيٍّ، ثمَّ أكرِّرُ الخطواتِ السابقةَ.

التحليل والاستنتاج:

1. **أقارنُ** لونَ سلكِ المصباحِ في الحالاتِ الثلاثِ السابقةِ، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي.
2. **أصِفُ** كيفَ يتغيَّرُ لونُ سلكِ المصباحِ، ودرجةُ حرارتِهِ في الحالاتِ الثلاثِ السابقةِ، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي.
3. أُناقِشُ سببَ تغيُّرِ درجةِ حرارةِ المصباحِ في الحالاتِ الثلاثِ السابقةِ.
4. **أتوقَّعُ** لونَ النجومِ عندَ درجاتِ حرارةِ سطحٍ مرتفعةٍ نسبيًّا، ولونَها عندَ درجاتِ حرارةِ سطحٍ منخفضةٍ نسبيًّا.

2. عند استخدام بطارية ضعيفة، ظهر لون سلك المصباح باللون الأحمر، وكانت درجة حرارته منخفضة. وعند استخدام بطارية جديدة، تغيَّر لون سلك المصباح، فأصبح يميل إلى الزُّرقة، وكانت درجة حرارته تتراوح بين المتوسطة والمرتفعة، ولكنْ عند استخدام بطاريتين جديدتين تغيَّر لون سلك المصباح ليصبح أزرق اللون، وكانت درجة حرارته مرتفعة.
3. يُحوِّل المصباح الكهربائي الطاقة الكهربائية الناشئة عن البطارية إلى طاقة حرارية؛ لذا، فإنَّ اختلاف درجة حرارة المصباح مردُّه إلى اختلاف كمية التيار الكهربائي التي تضخُّها (تُمرِّرها) البطارية في كل خطوة.
4. لون النجوم عند درجات حرارة سطح مرتفعة نسبيًّا أزرق، ولون النجوم عند درجات حرارة سطح منخفضة نسبيًّا أحمر.

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير لفظي.

الرقم	المعيار	مقبول	جيد	جيد جدًّا	ممتاز
1	يُدوِّن الملاحظات التي يتوصَّل إليها في كل خطوة من خطوات تنفيذ التجربة.				
2	يقارن لون سلك المصباح عند استخدام بطارية ضعيفة، وبطارية جديدة، وبطاريتين جديدتين.				
3	يصف كيف يتغيَّر لون سلك المصباح، ودرجة حرارته عند استخدام بطارية ضعيفة، وبطارية جديدة، وبطاريتين جديدتين، ويناقش سبب ذلك.				
4	يتوقَّع لون النجوم عند درجات حرارة سطح مرتفعة نسبيًّا، ولونها عند درجات حرارة سطح منخفضة نسبيًّا.				

حجومُ النجومِ Star Sizes

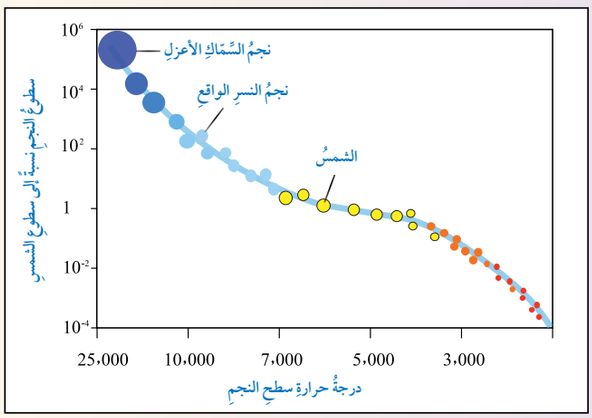
عندَ النظرِ إلى النجومِ في السماءِ، فإنَّها تبدو جميعًا كنقاطِ ضوءٍ منَ الحجمِ نفسِهِ. فهلْ تبدو لَنا النجومُ بحجومِها الحقيقيِّ؟

يُمكِنُ تعرُّفُ حجومِ النجومِ وعلاقتِها بالسطوعِ بتنفيذِ النشاطِ الآتي.

نشاطٌ

تمييزُ حجومِ النجومِ وعلاقتُها بالسطوعِ

أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثِّلُ مُخطَّطًا يُبيِّنُ العلاقةَ بينَ سطوعِ النجومِ وحجومِها ودرجاتِ حرارتِها السطحيةِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – **أُصنِّفُ** النجومَ إلى فئاتٍ حجميةٍ.

2 – **أَصِفُ** العلاقةَ بينَ حجمِ النجمِ وسطوعِهِ.

3 – **أتوقَّعُ**: ما مقدارُ سطوعِ نجمٍ درجةُ حرارتِهِ منخفضةٌ وحجمُهُ كبيرٌ؟ أُحدِّدُ موقعَهُ على المُخطَّطِ.

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** قائمة شطب.

الرقم	المعيار	نعم	لا
1	يُصنِّف النجوم إلى فئات حجمية بصورة صحيحة.		
2	يصف العلاقة بين حجم النجم وسطوعه.		
3	يتوقَّع كم سيكون مقدار سطوع نجم درجة حرارته منخفضة وحجمه كبير.		
4	يُحدِّد موقع نجم درجة حرارته منخفضة وحجمه كبير على المخطط الذي يُبيِّن العلاقة بين سطوع النجوم وحجومها ودرجات حرارتها السطحية.		

التحليل والاستنتاج:

1. نجوم كبيرة الحجم، ونجوم متوسطة الحجم، ونجوم صغيرة الحجم.
2. العلاقة طردية؛ أيْ إنَّه كلَّما ازداد حجم النجم زاد سطوعه.
3. سطوعه سيكون مرتفعًا، وسيكون أعلى يمين المخطط.

◄ بناء المفهوم:

حجوم النجوم.

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– هل تتساوى النجوم في حجومها؟

– هل توجد علاقة بين حجوم النجوم وسطوعها؟

– إذا افترضنا وجود نجمين متساويين في حجميهما، فهل يعني ذلك أنَّ لهما السطوع نفسه؟

- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم اكتبها على اللوح، ولا تُناقِشهم فيها. أخبِرهم أنَّك ستُناقِشهم في إجاباتهم بعد تنفيذ نشاط (تمييز حجوم النجوم وعلاقتها بالسطوع).

نشاط: تمييز حجوم النجوم وعلاقتها بالسطوع

زمن التنفيذ: 15 دقيقة.

الهدف:

وصف العلاقة بين حجم النجم وسطوعه.

المهارات العلمية:

الملاحظة، التصنيف، التوقُّع، الاستنتاج، التواصل.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ نشاط (تمييز حجوم النجوم وعلاقتها بالسطوع) الوارد في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات ثنائية.
- اطلب إلى أفراد المجموعات دراسة الشكل الذي يُمثِّل مُخطَّطًا يُبيِّن العلاقة بين سطوع النجوم وحجومها ودرجات حرارتها السطحية، ثم إجابة الأسئلة التي تلي الشكل.

– استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ النجوم تختلف في حجومها، وأنَّه كلما ازداد حجم النجم ازداد سطوعه.

- استعمل استراتيجية كنت أعتقد، والآن أعرف (I Used to Think, But Now I know)، بالطلب إلى الطلبة أنْ يكتبوا في ورقة (كنت أعتقد والآن أعرف) ما كان يعتقدونه عن حجوم النجوم، وما تعرَّفوه من معلومات جديدة عن ذلك.

✓ **أتحقَّقُ:** لا توجد علاقة بين حجم النجم وبُعْده عن الأرض. فبعض النجوم ذات الحجم الكبير تبدو صغيرة؛ لأنَّها بعيدة جدًّا عنَّا، وقد تبدو نجوم أُخرى كبيرة الحجم بالرغم من أنَّها متوسطة الحجم أو صغيرة الحجم؛ لأنَّها قريبة منّا، مثل الشمس.

أفكّرُ سطوع النجوم: بما أنَّ النجم سيريوس أكثر سطوعًا بمقدار ضعفين من النجم ريجل، فهذا يعني أنَّ كمية الطاقة التي يُشِعُّها النجم سيريوس (المنبعثة منه) فعليًّا في الثانية الواحدة ستكون أعلى من كمية الطاقة التي يُشِعُّها النجم ريجل في الثانية الواحدة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير.**

أخبر الطلبة أنَّ تعلُّم مهارات التفكير وتنميتها مهم جدًّا؛ لأنَّها تجعل الإنسان ناجحًا في حياته أكاديميًّا، واجتماعيًّا، ومهنيًّا، إضافةً إلى أنَّها تصنع الإنسان المُفكِّر، والإنسان العالِم والباحث عن الحقيقة.

3 التقويم

مراجعة الدرس

1. توصَّل العلماء إلى معرفة صفات النجوم المختلفة، مثل: اللون، والكتلة، ودرجة الحرارة، وذلك بتحليل أطياف الأشعة المنبعثة منها.

2. يعتمد سطوع النجم على عاملين، هما: درجة حرارته، وحجمه. وبما أنَّ سطوع النجم عالٍ، فإنَّه يُعوِّض انخفاض درجة حرارة سطحه بزيادة حجمه.

3. تنشأ هذه الطاقة عن الاندماجات النووية التي تحدث في قلب النجم.

4. بما أنَّ لون النجم أزرق، فهذا يعني أنَّ درجة حرارة سطحه ستكون مرتفعة، وأنَّ سطوعه سيكون عاليًا.

أفكّرُ النجمُ سيريوس Sirius أكثرُ سطوعًا بمقدارِ ضعفَيْنِ منَ النجمِ ريجل Rigel، ولكنَّ النجمَ ريجل أبعدُ عنّا بمسافةٍ تـزيدُ (100) مَرَّةٍ على النجمِ سيريوس.

أتنبَّأُ: أيُّ النجميْنِ تنبعثُ منْهُ كميَّةُ طاقةٍ أكبرُ؟ لماذا؟

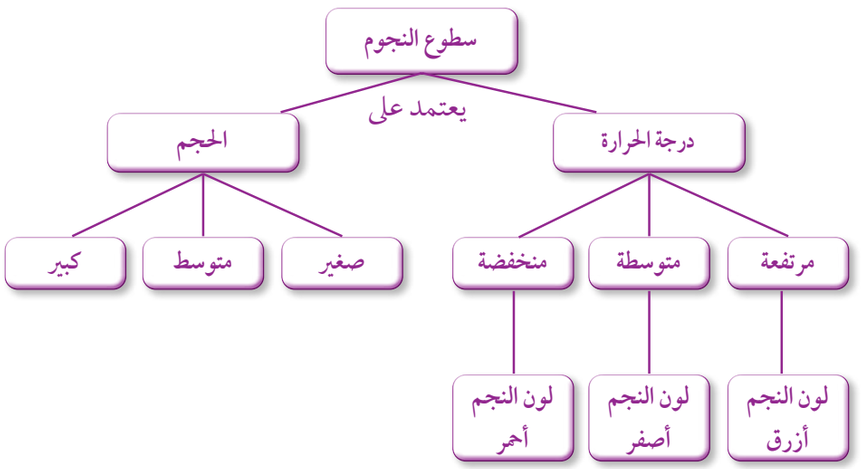
يَتبيَّنُ ممّا سبقَ أنَّ النجومَ تختلفُ في حجومِها؛ فبعضُها كبيرٌ جدًّا مثلُ نجمِ السِّمّاكِ الأعزلِ (Spica)، وبعضُها كبيرٌ مثلُ نجمِ النسرِ الواقعِ (Vega)، وبعضُها متوسطُ الحجمِ مثلُ الشمسِ، وبعضٌ آخرُ أصغرُ كثيرًا منَ الشمسِ. ومنَ المُلاحَظِ أنَّهُ كلَّما زادَ حجمُ النجمِ ودرجةُ حرارتِهِ زادَ مقدارُ سطوعِهِ.

✓ **أتحقَّقُ:** هلْ توجدُ علاقةٌ بينَ حجمِ النجمِ وبُعْدِهِ عنِ الأرضِ؟ أستقصي العلاقةَ (إنْ وُجِدَتْ).

مراجعةُ الدرسِ

1. **أُفسِّرُ** كيفَ توصَّلَ العلماءُ إلى معرفةِ خصائصِ النجومِ بالرغمِ منْ عدمِ وصولِهِمْ إليْها.
2. أبحثُ في الأسبابِ التي تجعلُ سطوعَ نجمٍ ما عاليًا بالرغمِ منِ انخفاضِ درجةِ حرارةِ سطحِهِ.
3. **أُبيِّنُ** مصدرَ الطاقةِ في النجومِ.
4. **أستنتجُ:** إذا صعدْتُ إلى سطحِ المنزلِ، ثمَّ نظرْتُ إلى السماءِ مستعينًا بالمِقرابِ، فلاحظْتُ وجودَ نجمٍ أزرقَ ساطعٍ في السماءِ، فما المعلوماتُ التي يُمكِنُ أنْ أستخلصَها عنْ خصائصِ هذا النجمِ؟
5. **أُنشِئُ** مُخطَّطًا مفاهيميًّا أُنظِّمُ فيهِ العواملَ التي تَحْكُمُ سطوعَ النجومِ.

5 ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل:



الدرس 2
الأنظمة النجمية والكوكبات
Stellar Systems and Constellation

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:
كيف تبدو النجوم في السماء؟

- اعرض على اللوح الجدول التالي الذي يُبيِّن بعض الأنظمة والمجموعات النجمية، وعدد النجوم التقديري في كلٍّ منها، وشكل وجودها؛ والأسئلة التي تليه.
- استعمل استراتيجية التعلُّم التعاوني (Collaborative Learning)، بتوزيع الطلبة إلى مجموعات لمساعدة بعضهم في مناقشة المعلومات الواردة في الجدول، والإجابة عن الأسئلة المطروحة؛ على أنْ يُظهِر كل طالب في المجموعة مسؤولية في التعلُّم.

الأنظمة والمجموعات النجمية	عدد النجوم فيها (تقريبًا)	شكل وجودها
عنقود الثريا	500	نجومها مرتبط بعضها ببعض جذبيًّا.
نجما المئزر والسهى	2	نجومها مرتبط بعضها ببعض جذبيًّا.
بنات نعش الكبرى	7	نجومها غير مرتبط بعضها ببعض جذبيًّا.
الجدي	31	نجومها غير مرتبط بعضها ببعض جذبيًّا.
العقرب	35	نجومها غير مرتبط بعضها ببعض جذبيًّا.

- كم عدد النجوم في عنقود الثريا؟ عدد النجوم في عنقود الثريا 500 نجم.
- هل ترتبط نجوم بنات نعش الكبرى جذبيًّا بعضها ببعض؟ لا، لا ترتبط نجوم بنات نعش الكبرى جذبيًّا بعضها ببعض.
- أيُّ هذه النجوم يُعَدُّ من الأنظمة النجمية الثنائية؟ نجما المئزر والسهى.
- ما الفرق بين عنقود الثريا والعقرب؟ ترتبط نجوم عنقود الثريا جذبيًّا بعضها ببعض، في حين لا ترتبط نجوم العقرب جذبيًّا بعضها ببعض.
- فسِّر، هل يُمكِن أنْ نَعُدَّ الشمس أحد الأنظمة النجمية؟ لا، لا يُمكِن ذلك؛ لأنَّها توجد بشكل منفرد في السماء من دون أنْ ترتبط مع نجوم أُخرى بقوى جذبية.

الربط بالمعرفة السابقة:
النجوم. ذكِّر الطلبة أنَّ النجوم تختلف في سطوعها، وألوانها، ودرجات حرارتها، وحجومها.

✓ **أتحقَّقُ:** توجد النجوم بأشكال متنوعة، منها المنفرد مثل الشمس، ومنها ما يكون غالبًا في صورة مجموعات يرتبط بعضها ببعض بقوى جذبية يُطلَق عليها اسم الأنظمة النجمية، غير أنَّ بعض النجوم قد تبدو لنا وكأنَّها مُنجذِبة إلى بعضها، وهي في الحقيقة غير ذلك كما هو حال المجموعات النجمية (الكوكبات).

الفكرةُ الرئيسةُ:
توجدُ النجومُ ضمنَ أنظمةٍ مختلفةٍ في السماءِ، وترتبطُ في ما بينَها ارتباطًا جذبيًّا، وقدْ توجدُ في مجموعاتٍ لا ترتبطُ فيها ارتباطًا جذبيًّا، وقدْ تكونُ منفردةً مثلَ الشمسِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ: الأنظمةِ النجميةِ، والنجومِ الثنائيةِ، والعناقيدِ النجميةِ، والمجموعاتِ النجميةِ (الكوكباتُ)، ودائرةِ البروجِ.
- أُميِّزُ بينَ أنواعِ الأنظمةِ النجميةِ.
- أرسمُ أشكالًا هندسيةً تُمثِّلُ مجموعةً منَ الكوكباتِ النجميةِ، وأذكرُ أسماءَها.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الأنظمةُ النجميةُ	Stellar Systems
النجومُ الثنائيةُ	Binary Stars
النجومُ المتعدِّدةُ	Multiple-Stars
العناقيدُ النجميةُ	Star Clusters
الكوكباتُ	Constellation
دائرةُ البروجِ	Ecliptic
كوكباتُ البروجِ	Zodiac

كيفَ تبدو النجومُ في السماءِ؟
How Do The Stars Look Like In The Sky?

نُشاهِدُ النجومَ ليلًا في السماءِ كنقاطٍ صغيرةٍ كثيرةٍ مضيئةٍ بسببِ بُعْدِها الهائلِ عنِ الأرضِ، ونُلاحِظُ اختلافًا في لمعانِها وسطوعِها. وإذا أنعمْنا النظرَ في السماءِ، فإنَّنا سنُشاهِدُ نجومًا مُتفرِّقةً، وأُخرى مُتجمِّعةً؛ فالنجومُ في السماءِ توجدُ بأشكالٍ متنوعةٍ، منْها المنفردُ مثلُ الشمسِ، ومنْها ما يكونُ غالبًا في صورةِ مجموعاتٍ يرتبطُ بعضُها ببعضٍ بقوًى جذبيةٍ يُطلَقُ عليْها اسمُ الأنظمةِ النجميةِ، مثلِ: النجومِ الثنائيةِ، والنجومِ المُتعدِّدةِ. غيرَ أنَّ بعضَ النجومِ قدْ تبدو لنا وكأنَّها مُنجذِبةٌ إلى بعضِها، وهيَ في الحقيقةِ غيرُ ذلكَ كما هوَ حالُ المجموعاتِ النجميةِ (الكوكباتُ)، أنظرُ الشكلَ (4).

الشكلُ (4): الأشكالُ المختلفةُ للنجومِ في السماءِ.
أَصِفُ الشكلَ الذي تظهرُ بهِ العناقيدُ النجميةُ.

✓ **أتحقَّقُ:** كيفَ توجدُ النجومُ في السماءِ؟

2 التدريس

المناقشة:
اطرح على الطلبة السؤال الآتي: كيف تبدو النجوم في السماء؟

- تعرَّف المعلومات والأفكار التي يمتلكها الطلبة باستعمال استراتيجية الطاولة المستديرة (Round Table)؛ إذ يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة.
- مرِّر ورقة إلى كل طالب؛ ليكتب فيها معلو مة جديدة عن أشكال وجود النجوم في السماء، إسهامًا منه في إجابة السؤال. وفي حال تعذَّر عليه ذلك، فاطلب إليه أنْ يُمرِّر الورقة إلى زميله، وهكذا. أعلن للطلبة انتهاء المهمة، ثم ناقِشهم في الإجابات التي كتبوها في الورقة.

استخدام الصور والأشكال :
الأشكال المختلفة للنجوم في السماء:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (4) الذي يُوضِّح أشكال وجود النجوم في السماء.

حل سؤال الشكل (4):
تظهر العناقيد النجمية على شكل كتلة مستديرة متراصة.

◄ المناقشة:

الأنظمة النجمية.

- ذكر الطلبة بأشكال وجود النجوم في السماء.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما أقسام الأنظمة النجمية؟

أقسام الأنظمة النجمية هي: النجوم الثنائية، والنجوم المُتعدِّدة.

- بيِّن للطلبة أنَّ النجوم الثنائية تتكوَّن من نجمين يدور أحدهما حول الآخر، وأنَّ النجوم المُتعدِّدة تتكوَّن من (3–7) نجوم، ومنها ما يحوي مئات الآلاف من النجوم.

أبحث:

النجوم الثنائية.

من النتائج التي سيتوصَّل إليها الطلبة أنَّ للنجوم الثنائية أنواعًا عِدَّةً، أشهرها: النجوم الثنائية المرئية، والنجوم الثنائية الطيفية، والنجوم الثنائية الكسوفية.

– النجوم الثنائية المرئية: نجمان ثنائيان يدور أحدهما حول الآخر، ويُمكِن رؤية النجمين على نحوٍ منفصل بكل سهولة باستعمال المقاريب (التلسكوبات).

– النجوم الثنائية الطيفية: نجمان ثنائيان قريبان جدًّا من بعضهما، ويدور أحدهما حول الآخر بسرعة كبيرة جدًّا، بحيث يصعب تمييزهما بالمقاريب (التلسكوبات)، ولا يُمكِن تمييزهما إلّا عن طريق تحليل أطياف كلٍّ منهما.

– النجوم الثنائية الكسوفية: نجمان ثنائيان يدور أحدهما حول الآخر، وقد عبر أحدهما أمام الآخر، وحجبه في أثناء دورانه.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** المشاركة.**

أخبِر الطلبة أنَّ من أبرز العوامل التي تُبْنى بها الشخصية، وتزداد بها الثقة بالنفس المشاركة، وتبادل الخبرات ووجهات النظر والآراء في أثناء مناقشة القضايا المختلفة.

الأنظمةُ النجميةُ Stellar Systems

ترتبطُ النجومُ في ما بينَها بقوى جذبٍ تجعلُها تدورُ حولَ بعضِها، وتُسمّى هذهِ النجومُ الأنظمةَ النجميةَ Stellar Systems، وهيَ تنقسمُ إلى أقسامٍ عِدَّةٍ، منْها: النجومُ الثنائيةُ Binary Stars، والنجومُ المُتعدِّدةُ Multiple– Star Systems.

تتكوَّنُ النجومُ الثنائيةُ Binary Stars منْ نجميْنِ اثنيْنِ فقطْ يرتبطانِ بقوًى تجاذبيةٍ متبادلةٍ في ما بينَهُما، تجعلُ أحدَهُما يدورُ حولَ الآخرِ خلالَ حركتِهما في الفضاءِ، ومنْ أمثلتِها نجما المئزرِ والسهى الموجودانِ عندَ انحناءِ مقبضِ كوكبةِ الدبِّ الأكبرِ. وقدِ استُخدِمَ هذانِ النجمانِ في ما مضى لفحصِ النظرِ؛ فهُما يُشاهَدانِ بالعينِ المُجرَّدةِ بوصفِهما مجموعةً ثنائيةً، إذْ إنَّ كلًّا منْهُما قريبٌ جدًّا منَ الآخرِ، ومنَ الصعبِ التفريقُ بينَهُما، أنظرُ الشكلَ (5).

الشكلُ (5): نجما المئزرِ والسهى.

أمّا النجومُ المُتعدِّدةُ Multiple-Stars؛ فمنْها ما يتراوحُ عددُهُ بينَ ثلاثةِ نجومٍ وسبعةِ نجومٍ، يرتبطُ بعضُها ببعضٍ بقوى تجاذبٍ، فتدورُ حولَ بعضِها أيضًا، ومنْها ما يحوي أعدادًا كبيرةً نسبيًّا، بحيثُ يتراوحُ عددُ النجومِ فيها بينَ مئةِ نجمٍ ومئاتِ الآلافِ منَ النجومِ، وهيَ ترتبطُ جذبيًّا ببعضِها؛ ما يجعلُها تتحرَّكُ بوصفِها وحدةً واحدةً في اتجاهٍ واحدٍ، في ما يُعرَفُ باسمِ العناقيدِ النجميةِ Star Clusters، التي منْ أشهرِها عنقودُ الثريا الذي يُمكِنُ تمييزُ عددٍ منَ نجومِهِ بالعينِ المُجرَّدةِ، أنظرُ الشكلَ (6).

الشكلُ (6): عنقودُ الثريا.

سُمِّيَتِ العناقيدُ النجميةُ بهذا الاسمِ؛ لأنَّ لها شكلًا يُشْبِهُ عنقودَ العنبِ، وهيَ تنقسمُ إلى مجموعتيْنِ، تبعًا للمسافةِ التي تفصلُ بينَ نجومِها، هما: العناقيدُ النجميةُ المفتوحةُ التي تفصلُ بينَ نجومِها مسافاتٌ كبيرةٌ، فتبدو نجومُها مُبعثَرةً غيرَ متراصَّةٍ؛ والعناقيدُ النجميةُ المغلقةُ التي تكونُ فيها النجومُ متراصَّةً، فتبدو كأنَّها كتلةٌ مستديرةٌ متراصَّةٌ.

أتحقَّقُ: أوضِّحُ المقصودَ بالنجومِ المُتعدِّدةِ.

أبحثُ: للنجومِ الثنائيةِ أنواعٌ عِدَّةٌ، مثلُ: النجومِ الثنائيةِ المرئيةِ، والنجومِ الثنائيةِ الطيفيةِ، والنجومِ الثنائيةِ الكسوفيةِ. مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أبحثُ عنْ هذهِ الأنواعِ الثلاثةِ، ثمَّ أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عنْها، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي في الصفِّ.

أتحقَّقُ:

نجوم يتراوح عددها بين ثلاثة نجوم وسبعة نجوم، ومنها ما يحوي أعدادًا كبيرة نسبيًّا، بحيث يتراوح عدد النجوم بين مئة نجم ومئات الآلاف من النجوم، ويرتبط بعضها ببعض بقوى تجاذب، فتدور حول بعضها أيضًا؛ ما يجعلها تتحرَّك بوصفها وحدةً واحدةً في اتجاه واحد.

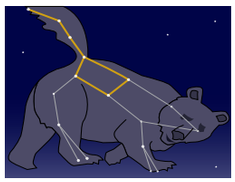
طريقة أُخرى للتدريس — **الأنظمة النجمية والكوكبات**

- أُعِدُّ (5) مطويات مختلفة تحوي الموضوعات الآتية: النجوم الثنائية، العناقيد النجمية، الكوكبات، كوكبات البروج، النجوم في حياتنا.
- استعمل استراتيجية التعلُّم التعاوني (Collaborative Learning)، بتوزيع الطلبة إلى (5) مجموعات، ثم وزِّع المطويات عليها.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة دراسة المعلومات المختلفة عن النجوم فيها، ثم تصميم منشور، ثم عرضه على اللوح لمناقشته أمام أفراد المجموعات الأُخرى.
- تابع أفراد المجموعات في هذه الأثناء، مُقدِّمًا لهم المساعدة، ومجيبًا عن استفساراتهم، باستعمال استراتيجية أكواب إشارة المرور (Traffic Light Cups)، وذلك باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر).

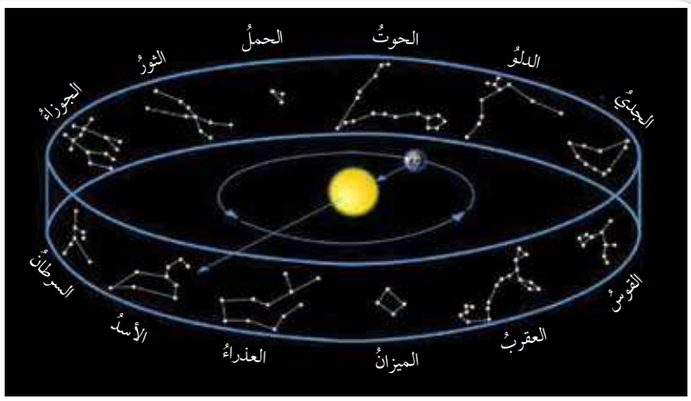
الكوكباتُ وكوكباتُ البروج Constellation and Zodiac

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ الكوكباتِ Constellation هيَ مجموعاتٌ نجميةٌ لا ترتبطُ نجومُها بقوًى جذبيةٍ في ما بينَها؛ لذا تُسمّى المجموعاتِ النجميةَ الظاهريةَ؛ إذْ تظهرُ بأشكالِها المختلفةِ نتيجةَ انعكاسِ الأشعةِ الواصلةِ منْها إلى الأرضِ. وقدْ أطلقَ عليْها القدماءُ منَ الإغريقِ والمصريينَ أسماءً مُحدَّدةً كما تخيّلوها نسبةً إلى أسماءِ شخصياتٍ أسطوريةٍ، أوْ حيواناتٍ، أوْ أشكالٍ هندسيةٍ، أنظرُ الشكلَ (7).

قسَّمَ الاتحادُ الدوليُّ الفلكيُّ السماءَ إلى 88 كوكبةً نجميةً، منْها 48 كوكبةً قديمةً، إضافةً إلى 40 كوكبةً نجميةً جديدةً، وذلكَ لتوحيدِ أشكالِ الكوكباتِ النجميةِ وعددِها. بناءً على ذلكَ، أصبحَ كلُّ جرمٍ في السماءِ (النجومُ، المجرّاتُ، السديمُ الكونيُّ) تابعًا لكوكبةٍ ما. أمّا أشْهرُ الكوكباتِ النجميةِ فتلكَ التي ارتبطَ اسمُها بدائرةِ البروجِ Ecliptic، وهيَ دائرةٌ تصنعُها الشمسُ في أثناءِ حركتِها الظاهريةِ حولَ الأرضِ؛ إذْ تقطعُ الشمسُ عددًا منَ الكوكباتِ في أثناءِ مسارِها الظاهريِّ حولَ الأرضِ؛ لذا أُطلِقَ على هذهِ الكوكباتِ اسمُ كوكباتِ البروجِ Zodiac التي تُعرَفُ بالأبراجِ الفلكيةِ، ويبلغُ عددُها 13 كوكبةً تُشاهَدُ على مدارِ العامِ، أنظرُ الشكلَ (8).



الشكلُ (7): كوكبةُ الدبِّ الأكبرِ.



الشكلُ (8): كوكباتُ البروجِ.

أُوضِّحُ: ما البرجُ الذي تقطعُهُ الشمسُ في أثناءِ مسارِها الظاهريِّ حولَ الأرضِ، ويُمكِنُ للراصدِ أنْ يُشاهِدَهُ منَ الأرضِ؟

حل سؤال الشكل (8):

برج الأسد.

نشاط سريع : الكوكبات

- ارسم على اللوح مجموعة من النجوم بشكل عشوائي، ثم وجِّه الطلبة إلى رسم خطوط تصل بعضها ببعض بحيث تنتج أشكال مختلفة، ثم اطلب إليهم ذكر اسم تخيلي يصفها.
- استعمل استراتيجية بطاقة الخروج (Exit Ticket)، بالطلب إلى الطلبة الإجابة عن السؤال الآتي:

– ما الفرق بين الكوكبات وكوكبات البروج؟

في بطاقة صغيرة تجمعها قبل خروجك من الصف؛ لتأخذ انطباعًا سريعًا عمّا تعلَّموه؛ كلٌّ على حِدَة، ثم علِّق في الحصة التالية على إجاباتهم التي تُمثِّل تغذية راجعة يستندون إليها في الحصة اللاحقة.

◄ المناقشة:

الكوكبات النجمية.

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما الكوكبة النجمية؟

الكوكبات: مجموعات نجمية لا يرتبط بعضها ببعض بقوى جذبية كما في الأنظمة النجمية.

– هل النجوم المُكوِّنة للكوكبات النجمية قريبة من بعضها؟

لا، ليس بالضرورة أنْ تكون قريبة من بعضها في الواقع؛ فهي تظهر في السماء نتيجة انعكاسات الأشعة الواصلة منها إلى الأرض.

– كيف تُسمّى الكوكبات النجمية؟

أُعطِيت الكوكبات النجمية أسماء تخيلية كما رآها الراصد من الأرض.

– لماذا وُحِّدت أسماء الكوكبات؟

وُحِّدت أسماء الكوكبات؛ لتسهيل دراسة السماء.

إضاءة للمُعلِّم

دائرة البروج والحركة الظاهرية.

تُعَدُّ دائرة البروج دائرة عظمى تقع على القبة السماوية التي تحيط بالأرض، وهي دائرة وهمية ناتجة من دوران الأرض حول الشمس؛ فبدوران الأرض حول الشمس، من الغرب إلى الشرق، تبدو الشمس كأنَّها تتحرَّك حول الأرض من الشرق إلى الغرب. وحركة الشمس في هذه الحالة هي حركة ظاهرية ناجمة عن دوران الأرض الحقيقي حولها. تميل دائرة البروج بزاوية مقدارها تقريبًا (23.4°) عن دائرة استواء السماء، وتتقاطع معها في نقطتين، هما: الاعتدال الربيعي، والاعتدال الخريفي. وفي أثناء هذه الحركة الظاهرية للشمس حول الأرض، فإنَّها تمرُّ عبر مجموعة من الكوكبات، أُطلِق عليها اسم كوكبات البروج، وتُعرَف أيضًا بالأبراج الفلكية، وهي: الجدي، والدلو، والحوت، والحمل، والثور، والجوزاء، والسرطان، والأسد، والعذراء، والميزان، والعقرب، والقوس.

نشاط: كوكبات البروج.

مدة التنفيذ: 15 دقيقة.

الهدف: تشكيل كوكبات نجمية، ثم إطلاق اسم تخيُّلي عليها.

المهارات العلمية: التواصل، المقارنة، التنبُّؤ.

الإجراءات والتوجيهات:

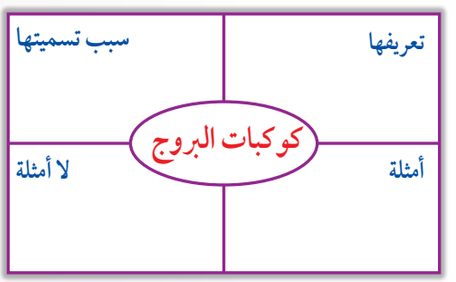
- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ نشاط (كوكبات البروج) الوارد في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى كل طالب في المجموعة تنفيذ النشاط بصورة منفردة، ثم مناقشة أسماء الكوكبات التي تخيَّلوها معًا.
- تابع الطلبة في أثناء تنفيذ التجربة باستعمال استراتيجية أكواب إشارة المرور (Traffic Light Cups)، وذلك باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بحيث يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه من دون أنْ يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.
- في هذه الأثناء، وجِّه الطلبة إلى كيفية إتقان العمل، وساعِدهم بتقديم المعلومات التي قد تلزمهم، وشجِّعهم على إتمام المهمة بنجاح، وذكِّرهم بضرورة التفاعل فيما بينهم.
- اطلب إلى أفراد المجموعات التحقُّق من صحة الأسماء المقترحة عن طريق البحث في مصادر المعرفة المتوافرة (شبكة الإنترنت، مكتبة المدرسة).

النتائج المُتوقَّعة:

- يُتوقَّع أنْ يرسم الطلبة مجموعات نجمية.
- ستختلف الأسماء التي يقترحونها اعتمادًا على تخيُّلاتهم.

استراتيجية التقويم: الورقة والقلم.

أداة التقويم: نموذج فراير.

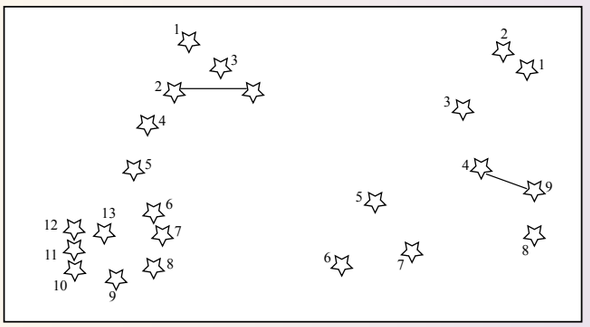


يُمكِنُ تعرُّفُ كيفيةِ تشكيلِ الكوكباتِ النجميةِ (البروجُ) بتنفيذِ النشاطِ الآتي.

نشاطٌ

كوكباتُ البروجِ

يُمثِّلُ الشكلُ الآتي مجموعةً منْ كوكباتِ البروجِ التي تعرَّفَها القدماءُ، وأطلقوا عليْها أسماءً مختلفةً كما تخيَّلوها:



خطواتُ العملِ:

1- أَصِلُ بخطوطٍ بينَ النجومِ في المجموعاتِ النجميةِ، مُتتبِّعًا تسلسلَ الأرقامِ فيها.

2- أقترحُ اسمًا لكوكبَتَيِ البروجِ السابقةِ كما تظهرُ لديَّ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أتواصلُ** معَ زملائي لتعرُّفِ أسماءِ كوكباتِ البروجِ التي اقترحوها، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي.

2- **أتحقَّقُ** - مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ- منْ صحَّةِ اسمَيْ كوكبَتَيِ البروجِ المُقترَحتيْنِ؛ في أيِّ أوقاتِ السنةِ تظهرُ في السماءِ؟

3- أرصدُ السماءَ ليلًا، ثمَّ أرسمُ ما يُمكِّنُني مشاهدتُهُ منْ مجموعاتٍ نجميةٍ، ثمَّ أعرضُ الرسومَ أمامَ زملائي.

4- **أُقارِنُ** ما رصدْتُهُ منْ مجموعاتٍ نجميةٍ في السماءِ بالمجموعاتِ التي رسمْتُها في الخطوةِ (١) سابقًا؛ ما أوجهُ التشابُهِ والاختلافِ بينَهُما؟

التحليل والاستنتاج:

1. يتناقش الطلبة في المجموعة الواحدة ليتعرَّفوا أسماء الكوكبات المقترحة. ستتنوَّع الملاحظات اعتمادًا على المناقشات بين مجموعات الطلبة.
2.
كوكبة الأسد تظهر في فصل الربيع.

كوكبة العقرب تظهر في بداية فصل الشتاء.

3. يرسم الطلبة ما يشاهدونه من مجموعات نجمية. ستتنوَّع رسوم الطلبة اعتمادًا على ما تخيَّلوه، ولكنَّ جزءًا من المجموعات النجمية المرصودة سيكون متشابهًا؛ لأنَّ جميع الطلبة يرصدون النجوم في نفس الفترة ونفس الموقع من السماء.
4. تتشابه المجموعات النجمية في أنَّها تخيلية كما تظهر لنا، وتختلف في أشكالها، وعدد نجومها، وموقعها في السماء.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية المناسبة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع الكوكبات والأنظمة النجمية، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

النجومُ في حياتِنا Stars in our Life

خلقَ اللهُ تعالى النجومَ، وأبدعَ في صُنْعِها، وقدْ حدَّدَ اللهُ سبحانَهُ مواقعَ النجومِ، فظهرَتْ في صورةِ مجموعاتٍ يهتدي بها الإنسانُ في ظلمةِ الليلِ الحالكةِ. قالَ تعالى: ﴿وَهُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلنُّجُومَ لِتَهْتَدُوا۟ بِهَا فِى ظُلُمَٰتِ ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ ۗ قَدْ فَصَّلْنَا ٱلْءَايَٰتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ﴾ (الأنعام، الآية ٩٧).

فعنْ طريقِ معرفةِ كوكبةِ الدبِّ الأكبرِ يُمكِنُ تحديدُ النجمِ القطبيِّ الذي يدلُّ على جهةِ الشمالِ. وقدِ استخدمَ القدماءُ الكوكباتِ النجميةَ في معرفةِ الفصولِ الأربعةِ في المناطقِ التي لا تتعاقبُ عليْها الفصولُ؛ إذْ إنَّ موقعَ الكوكباتِ النجميةِ يتغيَّرُ في أثناءِ الحركةِ الظاهريةِ للشمسِ حولَ الأرضِ، فتظهرُ كوكباتٌ نجميةٌ، وتختفي أُخرى. وبمعرفةِ الفصولِ الأربعةِ تَمكَّنَ القدماءُ منْ تحديدِ أوقاتِ الزراعةِ.

فاللهُ تعالى لمْ يخلقِ النجومَ لمعرفةِ أقدارِ البشرِ عنْ طريقِها؛ فهوَ وحدَهُ عالِمُ الغيبِ. قالَ سبحانَهُ: ﴿قُل لَّا يَعْلَمُ مَن فِى ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ ٱلْغَيْبَ إِلَّا ٱللَّهُ ۚ وَمَا يَشْعُرُونَ أَيَّانَ يُبْعَثُونَ﴾ (النمل، الآية ٦٥).

فالإيمانُ بالأبراجِ، وتوقُّعُ ما سيحدثُ مستقبلًا هوَ منَ المعتقداتِ غيرِ الصحيحةِ؛ لذا يجبُ التفريقُ بينَ التنجيمِ الذي يعتمدُ على التخمينِ وعلمِ الفَلَكِ الذي يقومُ على الحقائقِ العلميةِ.

الربطُ بالأدبِ

استخدمَ العربُ قديمًا النجومَ في حياتِهِمُ اليوميةِ، فكانَتْ دليلَهُمْ في أثناءِ ترحالِهِمْ في الصحراءِ، وعنْ طريقِها عرفوا الوقتَ والفصولَ. أبحثُ في مصادرِ الأدبِ والشعرِ عمّا كتبَهُ العربُ قديمًا عنِ النجومِ، وفائدتِها لهُمْ في الصحراءِ.

أتحقَّقُ:

ما الفرقُ بينَ الكوكباتِ والعناقيدِ النجميةِ؟

مراجعةُ الدرسِ

1. أُقارِنُ بينَ العناقيدِ النجميةِ والنجومِ الثنائيةِ.
2. أذكرُ أسماءَ بعضِ الكوكباتِ النجميةِ.
3. أشرحُ المقصودَ بالعبارةِ الآتيةِ بناءً على ما تعلَّمْتُهُ في هذا الدرسِ:
"تبدو الكوكباتُ النجميةُ كأنَّها تتحرَّكُ في السماءِ."
4. أُناقِشُ العبارةَ الآتيةَ بناءً على ما تعلَّمْتُهُ في هذا الدرسِ:
"يعتقدُ الكثيرونَ أنَّ المُنجِّمَ لا يختلفُ في حديثِهِ عنْ عالِمِ الفَلَكِ."

3 التقويم

مراجعة الدرس

1. **العناقيد النجمية**: أحد أنواع الأنظمة النجمية التي يتراوح عدد النجوم فيها بين مئة نجم ومئات الآلاف من النجوم، وهي ترتبط جذبيًّا ببعضها؛ ما يجعلها تتحرَّك بوصفها وحدة واحدة في اتجاه واحد، وهي تُشبِه عنقود العنب في شكلها.

النجوم الثنائية: أحد أنواع الأنظمة النجمية التي تتكوَّن من نجمين اثنين فقط يرتبطان بقوى تجاذبية متبادلة فيما بينهما، تجعل أحدهما يدور حول الآخر خلال حركتهما في الفضاء.

2. كوكبة الدب الأكبر، كوكبة الجدي، كوكبة القوس، كوكبة ذات الكرسي.
3. تتحرَّك الكوكبات النجمية في السماء ظاهريًّا نتيجة حركة الأرض الحقيقية حول محورها، وحول الشمس، فتتغيَّر مواقعها في أثناء السنة، ويختفي بعضها، ويظهر بعضها الآخر.
4. يختلف علم الفَلَك في طبيعته عن التنجيم؛ فعلم الفَلَك يدرس الأجرام السماوية باستعمال الرياضيات والقوانين الفيزيائية لفهم نشأتها وتكوُّنها، ونشأة الكون، وتعرُّف الظواهر المختلفة التي تحدث فيه، خلافًا للتنجيم الذي لا يعتمد على أيِّ حقائق علمية؛ فهو يُمثِّل اعتقادات بأنَّ حركة النجوم والكواكب تُؤثِّر في حياة الإنسان، وتُحدِّد مصيره ومستقبله، ولهذا نجد أنَّ آراء المُنجِّمين تختلف في القضية نفسها.

◄ المناقشة:

النجوم في حياتنا.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- ما أهمية النجوم في حياتنا؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل:

- النجوم تضيء السماء ليلًا.
- يستفاد من النجوم في معرفة الاتجاهات الجغرافية بواسطة النجم القطبي.
- تسرُّ الناظر إلى السماء.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ تحديد اتجاه الشمال الجغرافي يتمثَّل في رفع اليد إلى أعلى الرأس، ثم إلى الأسفل للإشارة إلى الجنوب، كما تعلَّمنا أنْ نرسم الاتجاهات الجغرافية على الورقة، ولكنَّ الأمر ليس كذلك في واقع الحياة.

نشاط سريع **تحديد الاتجاهات الجغرافية.**

- اطلب إلى أحد الطلبة تحديد الاتجاهات الجغرافية الأربعة اعتمادًا على موقع شروق الشمس في المنطقة.
- تذكَّر أنَّه يتعيَّن على الطالب أنْ يقف مقابل موقع شروق الشمس لتحديد اتجاه الشرق، فيكون الشرق أمامه، والغرب خلفه، والشمال على يساره، والجنوب على يمينه.

الربط بالأدب

النجوم في الأدب والشعر العربي قديمًا:

- اطلب إلى الطلبة البحث في مصادر الأدب والشعر العربي القديم عمّا كتبه العرب قديمًا عن النجوم وفائدتها لهم في الصحراء، ثم تصميم عرض تقديمي عنها لمناقشته أمام الزملاء في الصف.
- سيُقدِّم الطلبة كتابات متنوعة من الشعر، والمقالات، والنصوص الأدبية المختلفة؛ إذ تفنَّن الأدباء العرب في وصف الشمس والنجوم.

أتحقَّقُ:

العناقيد النجمية: مجموعات نجمية ترتبط فيما بينها بقوى جذب تجعلها تدور حول بعضها، وقد سُمِّيت بهذا الاسم؛ لأنَّ شكلها يُشبِه عنقود العنب.

الكوكبات: مجموعات نجمية ظاهرية لا ترتبط نجومها بقوى جذبية فيما بينها، وقد أطلق عليها قدماء الإغريق والمصريين أسماء مُحدَّدة كما تخيَّلوها نسبةً إلى أسماء شخصيات أسطورية، أو حيوانات، أو أشكال هندسية.

الدرس 3

دورة حياة النجوم
The Life Cycle Of Stars

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

المراحل العمرية للنجوم.

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - ما المرحلة العمرية التي تعيشونها حاليًّا؟ مرحلة المراهقة.
  - هل ستُشبِه سِماتكم في هذه المرحلة سِماتكم في حال أصبحتم من فئة كبار السن؟ ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، مثل: لا، تختلف صفات مرحلة الطفولة عن صفات مرحلة كبار السن.

الربط بالمعرفة السابقة:

- يُمكِنك الاستدلال على معرفة الطلبة السابقة عن موضوع الدرس، بطرح بعض الأسئلة عليهم، مثل:
  - مَن يصف لنا كيف نشأ النظام الشمسي؟
  - مِمَّ يتكوَّن النظام الشمسي؟
- ذكِّر الطلبة بما درسوه في صفوف سابقة عن نشأة الشمس والنظام الشمسي وفق النظرية السديمية، ثم اسألهم: كيف نشأت الشمس؟

نشأت الشمس نتيجة الانكماش الجذبي للسديم الذي ينشأ عنه تجمُّع غالبية الكتلة الناتجة في مركز السديم، مُشكِّلة الشمس بحسب النظرية السديمية.

- ماذا نعني بالنظرية السديمية؟

النظرية السديمية: إحدى النظريات التي فسَّرت نشأة النظام الشمسي، وهي أكثر النظريات قبولًا لدى علماء الفَلك والكونيات لتفسير نشأة النظام الشمسي.

- وضِّح للطلبة أنَّ الشمس نجم مثل بقية النجوم، وأنَّ لها دورة حياة تمرُّ بها، وأنَّها سوف تموت في نهاية المطاف، ولكنَّ ذلك سيستغرق وقتًا طويلًا جدًّا.

2 التدريس

المناقشة: خصائص النجوم.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية التي تثير تفكيرهم:

- هل تختلف النجوم في خصائصها؟ أعطِ أمثلة على ذلك.

نعم، تختلف النجوم في درجات حرارتها، وحجومها، وسطوعها، وألوانها.

- علامَ يدلُّ اختلاف النجوم في خصائصها؟

يدلُّ على أنَّها تمرُّ بدورة حياة مثل البشر.

الفكرةُ الرئيسةُ:

تمرُّ النجومُ بمراحلَ عمريةٍ مختلفةٍ طويلةٍ جدًّا قدْ تبلغُ مليارات السنينَ اعتمادًا على كتلتِها.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أتتبَّعُ دورةَ حياةِ النجومِ بحسبِ كتلتِها منذُ ولادتِها حتّى موتِها.
- أُبيِّنُ أنَّ النجومَ لا تحيا إلّا بوجودِ الاندماجاتِ النوويةِ في قلبِ النجمِ.
- أُحدِّدُ عمرَ الشمسِ بناءً على ما مضى، وما تبقّى منْ عمرِها.
- أُفرِّقُ بينَ الأشكالِ النجميةِ التي تنشأُ عندَ انفجارِ النجومِ في أثناءِ موتِها، مثلِ: النجومِ النيوترونيةِ، والثقوبِ السوداءِ، والنجومِ القزمةِ.
- أُوضِّحُ أنَّ النجومَ هيَ أصلُ العناصرِ الكيميائيةِ المُكوِّنةِ للأرضِ.
- أُقارِنُ بينَ أعمارِ النجومِ وأعمارِ الكائناتِ الحيةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

السديمُ	Nebula
النجمُ الأوليُّ	Protostar
نجومُ التتابعِ الرئيسِ	Main Sequence Stars
العملاقُ الأحمرُ	Red Giant
السديمُ الكوكبيُّ	Planetary Nebula
القزمُ الأبيضُ	White Dwarf
النجمُ فوقَ المُستعِرِ	Supernova
النجمُ النيوترونيُّ	Neutron Star
الثقبُ الأسودُ	Black Hole

حياةُ النجومِ The Life Of Stars

إذا أردْنا دراسةَ التغيُّرِ في سماتِ شخصٍ يبلغُ منَ العمرِ (60) عامًا منذُ لحظةِ ولادتِهِ حتّى بلوغِهِ هذهِ السنَّ؛ بُغْيَةَ تصنيفِ الأفرادِ إلى فئاتٍ عمريةٍ مختلفةٍ، فلا شكَّ في أنَّنا سنعتمدُ التصنيفَ الآتيَ أساسًا لهذهِ الدراسةِ: فئةُ الأطفالِ، فئةُ الصغارِ، فئةُ الشبابِ، فئةُ كبارِ السنِّ. بيدَ أنَّنا سنُواجِهُ حتمًا مشكلةً تتمثَّلُ في استحالةِ تتبُّعِ المراحلِ العمريةِ التي مرَّ بها هذا الشخصُ في أثناءِ دراستِنا إيّاها، بالرغمِ منْ علمِنا المُؤكَّدِ بوجودِها، أنظرُ الشكلَ (9). وبالمثلِ، فإنَّهُ يصعبُ تتبُّعُ دورةِ حياةِ نجمٍ ما؛ لأنَّ ذلكَ يستغرقُ مليارات السنينَ. وقدِ اهتدى العلماءُ إلى دراسةِ خصائصِ النجومِ المختلفةِ لتقريرِ أنَّ النجومَ تولَدُ وتمرُّ بدورةِ حياةٍ منَ البدايةِ إلى النهايةِ.

تعلَّمْتُ في صفوفٍ سابقةٍ أنَّ نظامَنا الشمسيَّ قدْ نشأَ نتيجةَ الانكماشِ الجذبيِّ للسديمِ، وهوَ سحابةٌ كبيرةٌ منَ الغبارِ الكونيِّ والغازِ الذي يتكوَّنُ معظمُهُ منْ عنصريِ الهيدروجينِ والهيليومِ بحسبِ النظريةِ السديميةِ. وقدْ نشأَ عنْ هذا الانكماشِ تجمُّعُ غالبيةِ الكتلةِ الناتجةِ في مركزِ السديمِ مُشكِّلةً الشمسَ، وتراكمُ بقيةِ الكتلةِ حولَهُ على شكلِ قرصٍ تكوَّنَتْ منْهُ كواكبُ المجموعةِ الشمسيةِ، ومنْها الأرضُ. فهلْ تتشابهُ النجومُ في نشأتِها معَ الشمسِ بحسبِ هذهِ النظريةِ؟

الشكلُ (9): المراحلُ العمريةُ المختلفةُ التي قدْ يمرُّ بها الإنسانُ.

- هل التغيُّرات التي تمرُّ بها النجوم تحدث في مُدَد زمنية قصيرة؟

لا؛ لا تحدث في مُدَد زمنية قصيرة، وإنَّما تستغرق مدَّة زمنية طويلة جدًّا قد تبلغ مليارات السنين.

- ما الذي يحكم انتقال النجوم من مرحلة عمرية إلى مرحلة عمرية أُخرى؟

كتلة النجم نفسه.

أخبِر الطلبة أنَّ النجوم تولَد، ثم تقضي معظم حياتها في مرحلة الشباب كالبشر تمامًا،ولكنَّها تموت بعد أنْ ينتهي وقودها النووي. أخبِرهم أيضًا أنَّ عمر النجم يعتمد على عامل رئيس هو كتلته.

بناء المفهوم:

مقارنة أعمار النجوم بأعمار الكائنات الحية.

مهِّد لموضوع الدرس بطرح السؤالين الآتيين على الطلبة:

- هبْ أنَّك تريد دراسة التغيُّرات في سِمات شخص يبلغ من العمر (60) عامًا منذ لحظة ولادته حتى بلوغه هذه السن، ما الفئات العمرية التي مرَّ بها؟
- ما التغيُّرات التي حدثت له في كل مرحلة؟

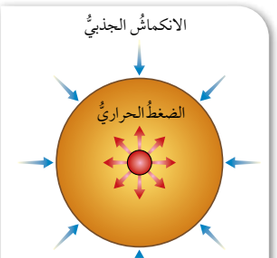
استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج الفئات العمرية التي يمرُّ بها الإنسان كما هي مُوضَّحة في الشكل (9)، مُبيِّنًا لهم أنَّ النجوم تمرُّ بدورة حياة مُماثِلة لدورة حياة الإنسان.

تبدأُ حياةُ النجومِ جميعًا منَ السديمِ Nebula، ويُعَدُّ اكتشافُهُ أحدَ أهمِّ الأدلةِ على وجودِ دورةِ حياةٍ للنجومِ؛ إذْ تُمثِّلُ السُّدُمُ الحاضناتِ التي تولَدُ فيها النجومُ. وفي الجزءِ الأكثرِ كثافةً منَ السديمِ يبدأُ انكماشُ مادةِ السديمِ نحوَ قلبِ النجمِ بفعلِ تأثيرِ الجاذبيةِ، وتزدادُ الطاقةُ الحركيةُ بصورةٍ كبيرةٍ. نتيجةً لذلكَ؛ تزدادُ درجةُ حرارةِ قلبِ النجمِ، فيتولَّدُ ضغطٌ حراريٌّ يُعاكِسُ الانكماشَ الجذبيَّ، ويتكوَّنُ النجمُ الأوليُّ Protostar الذي يُشْبِهُ الطفلَ حديثَ الولادةِ في حياةِ الإنسانِ، مُعلِنًا بدءَ أولِ مرحلةٍ منْ مراحلِ حياةِ النجمِ، أنظرُ الشكلَ (10).

عندما ترتفعُ درجةُ حرارةِ قلبِ النجمِ الأوليِّ إلى (1.5) مليونِ كلفن، تبدأُ الاندماجاتُ النوويةُ في قلبِ النجمِ، وتُطلَقُ كميّاتٌ هائلةٌ منَ الطاقةِ، مُعْلِنَةً بدءَ حياةِ النجمِ ليصبحَ منْ نجومِ التتابعِ الرئيسِ Main Sequence Stars. ويقضي النجمُ معظمَ حياتِهِ في هذهِ المرحلةِ بسببِ تساوي قوَّةِ الانكماشِ الجذبيِّ نحوَ الداخلِ والضغطِ الحراريِّ نحوَ الخارجِ، أنظرُ الشكلَ (11)، وهيَ بذلكَ تُشْبِهُ مرحلةَ الشبابِ في حياةِ الإنسانِ التي تُعَدُّ أطولَ مراحلِ حياتِهِ.

تجدرُ الإشارةُ إلى أنَّ دورةَ حياةِ النجمِ تعتمدُ على كتلةِ النجمِ الأوليِّ. وقدْ يعتقدُ بعضُ الأشخاصِ أنَّ النجومَ التي كتلتُها أكبرُ تبقى مدَّةً أطولَ منْ تلكَ التي كتلتُها أقلُّ، ولكنَّ العلماءَ أثبتوا عكسَ ذلكَ؛ إذْ تتناسبُ كتلةُ النجمِ عكسيًّا معَ مدَّةِ حياتِهِ. فالنجومُ ذاتُ الكتلةِ الصغيرةِ (أيِ الأقلُّ كتلةً منَ الشمسِ) تستنفدُ وَقودَها النوويَّ على نحوٍ أبطأَ منَ النجومِ ذاتِ الكتلةِ الكبيرةِ؛ ما يعني أنَّ حياتَها تستمرُّ مدَّةً أطولَ بكثيرٍ.

الشكلُ (10): ولادةُ النجمِ الأوليِّ منَ السديمِ.



الشكلُ (11): تساوي قوَّةُ الانكماشِ الجذبيِّ نحوَ الداخلِ معَ الضغطِ الحراريِّ نحوَ الخارجِ، في مرحلةِ التتابعِ الرئيسِ.

- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، مُعزِّزًا الصحيح منها، ومُصحِّحًا الخطأ إنْ وُجِدَ.
- اطلب إلى الطلبة دراسة الشكل (11)، ثم اسألهم:

– علامَ تعتمد دورة حياة النجم؟

تعتمد دورة حياة النجم على كتلة النجم الأولي.

– أيُّ النجوم يُمكِن أنْ تستنفد وقودها النووي على نحوٍ أسرع؟

النجوم ذات الكتلة الكبيرة.

– أيُّ النجوم يُمكِن أنْ تستمر حياتها مدَّة أطول؟

النجوم ذات الكتلة الصغيرة.

– ماذا تستنتج؟

العلاقة عكسية بين كتلة النجم ومدَّة حياته.

اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

- بماذا استدل العلماء على وجود دورة حياة للنجوم؟

استدل العلماء على وجود دورة حياة للنجوم بالسدم.

- ماذا تُمثِّل السدم؟

تُمثِّل السدم الحاضنات التي تولَد فيها النجوم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

النجم الأولي.

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10) الذي يُمثِّل ولادة النجم الأولي من السديم، ثم اسألهم:

- من أين تبدأ حياة النجوم؟

تبدأ حياة النجوم من السديم.

- كيف يتكوَّن النجم الأولي؟

يبدأ انكماش مادة السديم نحو قلب النجم بفعل تأثير الجاذبية، فتزداد الطاقة الحركية بصورة كبيرة. ونتيجة لذلك؛ تزداد درجة حرارة قلب النجم، فيتولَّد ضغط كبير يُعاكِس الانكماش الجذبي، فيتكوَّن النجم الأولي.

◄ المناقشة:

قوة الانكماش الجذبي والضغط الحراري.

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– هل يظلُّ النجم طوال مدَّة حياته نجمًا أوليًّا؟

لا.

– ما الذي يسمح ببدء الاندماجات النووية؟

ارتفاع درجة حرارة قلب النجم الأولي إلى (1.5) مليون كلفن.

– ماذا ينتج من الاندماجات النووية؟

كميات هائلة من الطاقة.

– ما المرحلة العمرية للنجوم التي تلي مرحلة النجم الأولي؟

مرحلة نجوم التتابع الرئيس.

– لماذا يعتقد العلماء أنَّ النجم يقضي معظم حياته في مرحلة التتابع الرئيس؟

بسبب تساوي قوة الانكماش الجذبي نحو الداخل والضغط الحراري نحو الخارج.

– ما المرحلة العمرية في حياة الإنسان التي تُشبِه مرحلة نجوم التتابع الرئيس؟

مرحلة الشباب.

◄ استخدام الصور والأشكال:

العملاق الأحمر.

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12)، ثم اسألهم:

- ما الذي يُوضِّحه هذا الشكل؟

العملاق الأحمر.

- ماذا يُمثِّل العملاق الأحمر؟

نجم عملاق ناتج من نجم تتابع رئيس في حالة احتضار؛ بسبب بدء نفاد الوقود النووي من قلب نجم التتابع الرئيس.

- هل تتوقَّع أنْ يظلَّ الوقود النووي في قلب النجم طوال مدَّة حياته؟

لا.

- ماذا يحدث عندما يبدأ الوقود النووي بالنفاد من قلب نجم التتابع الرئيس؟

يسخن الغلاف الهيدروجيني الذي يحيط به حتى تصبح درجة الحرارة فيه كافية لبدء اندماج الهيدروجين، فتنتج طاقة أكثر ممّا كانت عليه عندما كان نجمًا من فئة التتابع الرئيس.

- ماذا يحدث لحجم النجم ودرجة حرارته في حال استمر نفاد الوقود النووي من قلب نجم التتابع الرئيس؟

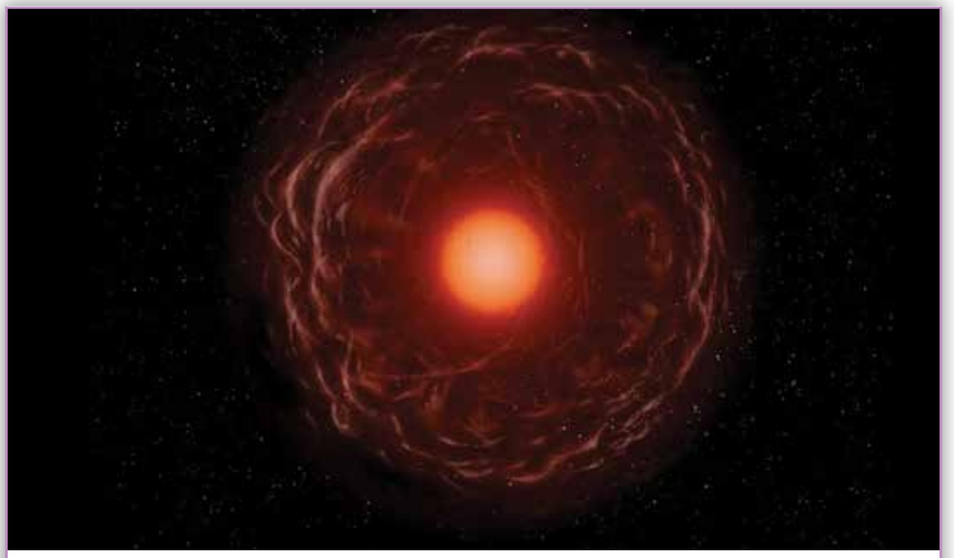
يزداد حجمه بسبب زيادة قوة الضغط الحراري نحو الخارج على الانكماش الجذبي نحو الداخل، وتنخفض درجة حرارته السطحية نتيجة انتشار الطاقة على مساحة سطح أكبر.

- ماذا يُسمّى النجم الناتج؟

العملاق الأحمر، أو فوق العملاق الأحمر.

- ما الأساس الذي يُحدِّد تكوُّن العملاق الأحمر، وفوق العملاق الأحمر؟

كتلة نجم التتابع الرئيس.



الشكلُ (12): العملاقُ الأحمرُ.

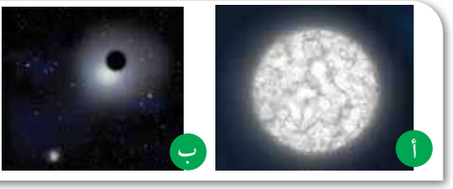
حينَ يبدأُ الوَقودُ النوويُّ بالنفادِ منْ قلبِ نجمِ التتابعِ الرئيسِ، يُسخَّنُ الغلافُ الهيدروجينيُّ الذي يحيطُ بِهِ حتّى تصبحَ درجةُ الحرارةِ فيهِ كافيةً لبدءِ اندماجِ الهيدروجينِ؛ ما يُنتِجُ طاقةً أكثرَ ممّا كانَتْ عليْهِ عندما كانَ نجمًا منْ فئةِ التتابعِ الرئيسِ، فيزدادُ حجمُهُ بسببِ زيادةِ قوَّةِ الضغطِ الحراريِّ نحوَ الخارجِ على الانكماشِ الجذبيِّ نحوَ الداخلِ. ونظرًا إلى انتشارِ الطاقةِ على مساحةِ سطحٍ أكبرَ؛ تنخفضُ درجاتُ الحرارةِ السطحيةِ، فيبدو النجمُ باللونِ الأحمرِ، عندئذٍ يصبحُ النجمُ عملاقًا أحمرَ Red Giant، أوْ نجمًا فوقَ عملاقٍ أحمرَ Super Red Giant، اعتمادًا على كتلةِ نجمِ التتابعِ الرئيسِ، أنظرُ الشكلَ (12).

أبحثُ: مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أبحثُ في الأسبابِ التي تجعلُ مدَّةَ حياةِ النجومِ ذاتِ الكتلِ الصغيرةِ أطولَ كثيرًا منْ مدَّةِ حياةِ النجومِ ذاتِ الكتلِ الكبيرةِ.

أبحث:

- وجِّه الطلبة إلى استعمال الكلمات المفتاحية ذات العلاقة بموضوع البحث، ومنها: النجم، دورة حياة النجوم، الاندماج النووي، الوقود الهيدروجيني.
- من النتائج التي قد يتوصَّل إليها الطلبة:

النجوم ذات الكتل الصغيرة تكون مدَّة حياتها أطول؛ لأنَّ معدَّل حدوث الاندماجات النووية فيها بطيء. ولهذا، فهي لن تستنفد وقودها النووي من الهيدروجين خلال مدَّة زمنية قصيرة.



الشكلُ (13):
أ- قزمٌ أبيضُ. ب- قزمٌ أسودُ.
أُقارِنُ بينَ القزمِ الأبيضِ والقزمِ الأسودِ منْ حيثُ العمرُ والتوهُّجُ الصادرُ عنْ كلٍّ منْهما.

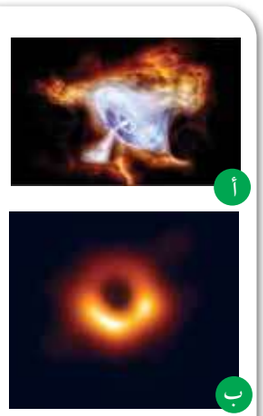
موتُ النجومِ The Deaths of Stars

تموتُ النجومُ (بالمفهومِ الفَلكيِّ) عندما يفقدُ العملاقُ الأحمرُ الوَقودَ النوويَّ، فيُكوِّنُ سديمًا كوكبيًّا Planetary Nebula، وهوَ سديمٌ يمتازُ بشكلِهِ الكرويِّ، وكثافتِهِ الكبيرةِ جدًّا. أمّا مادةُ قلبِ السديمِ الكوكبيِّ المُتبقِّيةُ فتُكوِّنُ نجمًا يُسمّى القزمَ الأبيضَ White Dwarf كما في الشكلِ (13/ أ). تمتازُ هذهِ الأقزامُ بكثافتِها الكبيرةِ جدًّا، وحجمِها الذي يساوي حجمَ الأرضِ تقريبًا، وكتلتِها التي تُقارِبُ كتلةَ الشمسِ. واللافتُ أنَّها تتوهَّجُ بصورةٍ ضعيفةٍ بالرغمِ منْ عدمِ احتوائِها على وَقودٍ نوويٍّ، ومصدرُ هذا التوهُّجِ هوَ الطاقةُ المُتبقِّيةُ في قلبِ النجمِ. ومنَ المُتوقَّعِ أنْ تتوقَّفَ هذهِ الأقزامُ عنِ التوهُّجِ بعدَ مليارات السنينَ، عندئذٍ يُطلَقُ عليْها اسمُ الأقزامِ السودِ Black Dwarfs ، أنظرُ الشكلَ (13/ ب).

أمّا النجمُ فوقَ العملاقِ الأحمرِ فينفجرُ انفجارًا عظيمًا خلالَ زمنٍ قصيرٍ عندما يفقدُ وَقودَهُ النوويَّ، مُكوِّنًا نجمًا فوقَ مُستعِرٍ Supernova، وهوَ نجمٌ شديدُ السطوعِ، يُطلِقُ طاقةً تُعادِلُ الطاقةَ التي تُصدِرُها الشمسُ خلالَ مدَّةِ حياتِها. وما تبقّى منْ مادةِ القلبِ فإنَّهُ يُكوِّنُ نجمًا نيوترونيًّا Neutron Star ، أوْ ثقبًا أسودَ Black Hole، تبعًا لكتلةِ مادةِ قلبِ النجمِ، أنظرُ الشكلَ (14/ أ، ب).

تمتازُ النجومُ النيوترونيةُ بأنَّها أصغرُ حجمًا منَ الأقزامِ البيضِ؛ إذْ يبلغُ قُطْرُها (25 km) تقريبًا، وتزيدُ كثافتُها مليونَ مَرَّةٍ على كثافةِ الأقزامِ البيضِ. وفي حالِ زادَتِ الكتلةُ المُتبقِّيةُ في قلبِ النجمِ على كتلةِ الشمسِ بنحوِ ثلاثِ مَرّاتٍ، فإنَّهُ ينتهي على صورةِ ثقبٍ أسودَ. والثقبُ الأسودُ جِرمٌ سماويٌّ ذو كثافةٍ وجاذبيةٍ كبيرةٍ جدًّا؛ فهوَ يجذبُ جميعَ أشكالِ الطاقةِ أوِ المادةِ التي تقتربُ منْهُ، ولا يسمحُ لها بالإفلاتِ منْهُ؛ لذا لا يُمكِنُ رؤيةُ الثقوبِ السوداءِ واكتشافُها مباشرةً.

✓ أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالثقبِ الأسودِ؟



الشكلُ (14):
أ- انبعاثاتُ الأشعةِ السينيةِ منْ سديمِ السرطانِ (السلطعونُ).
ب- أولُ صورةٍ التُقِطَتْ للثقبِ الأسودِ الهائلِ في شهرِ نيسانَ منْ عامِ 2019م.

حل سؤال الشكل (13):

- الأقزام البيض: تمتاز بكثافتها الكبيرة جدًّا، وحجمها الذي يساوي حجم كوكب الأرض تقريبًا، وكتلتها التي تقارب كتلة الشمس، وتتوهَّج بدرجة ضعيفة بالرغم من عدم احتوائها على وقود نووي، ومصدر هذا التوهُّج هو الطاقة المتبقية في قلب النجم، وهي أقل حرًا.
- الأقزام السود: تتكوَّن نتيجة توقُّف الأقزام البيض عن التوهُّج بعد مليارات السنين.

✓ أتحقَّقُ:

الثقب الأسود: جرم سماوي ذو كثافة وجاذبية كبيرة جدًّا، فهو يجذب جميع أشكال الطاقة أو المادة التي تقترب منه، ولا يسمح لها بالإفلات منه؛ لذا لا يُمكِن رؤية الثقوب السوداء وكتشافها مباشرة. والثقب الأسود يُمثِّل إحدى مراحل موت النجوم.

◄ المناقشة:

موت النجوم.

- استعمل استراتيجية جدول التعلُّم (What I already Know/ What I Want to Learn / What I Learned)، بالطلب إلى الطلبة تصميم جدول التعلُّم الآتي في ورقة:

ماذا أعرف؟	ماذا أريد أنْ أتعلَّم؟	ماذا تعلَّمْتُ؟

- اطلب إليهم تدوين إجابة السؤالين الآتيين:
  - ماذا أعرف عن موت النجوم؟
  - ماذا أريد أنْ أتعلَّم عن موت النجوم؟
- وجِّه الطلبة إلى تدوين ما تعلَّموه في عمود (ماذا تعلَّمْتُ؟) بعد الانتهاء من شرح الموضوع (موت النجوم).
- مهِّد للموضوع بطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:
  - هل تستمر النجوم في حياتها الفلكية أم أنَّها تموت؟
  - إنْ كانت تموت، فكيف يحدث ذلك؟
  - ما أشكال موتها؟
  - هل تتشابه النجوم في أشكال موتها؟
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، والشكل (14)؛ للتمكُّن من إجابة هذه الأسئلة.

نشاط سريع الثقوب السوداء.

أَدِرْ جلسة حوارية مع الطلبة لمناقشة مدى صحة تنبُّؤ علماء الفَلك من أنَّ الثقوب السوداء ستُعَدُّ مصدرًا هائلًا للطاقة مستقبلًا، وبخاصة في ظلِّ اقتراب مصادر الطاقة التقليدية من النفاد.

توظيف التكنولوجيا

اطلب إلى الطلبة إعداد فِلْم وثائقي قصير (لا تتجاوز مدَّته 5 دقائق) عن موت النجوم، يصفون فيه أشكال موت النجوم المختلفة، وحقائق حولها، مستعينين بمصادر المعرفة المتوافرة، ومُستعمِلين إحدى البرمجيات المناسبة لذلك.

◄ استخدام الصور والأشكال:
دورة حياة النجوم.

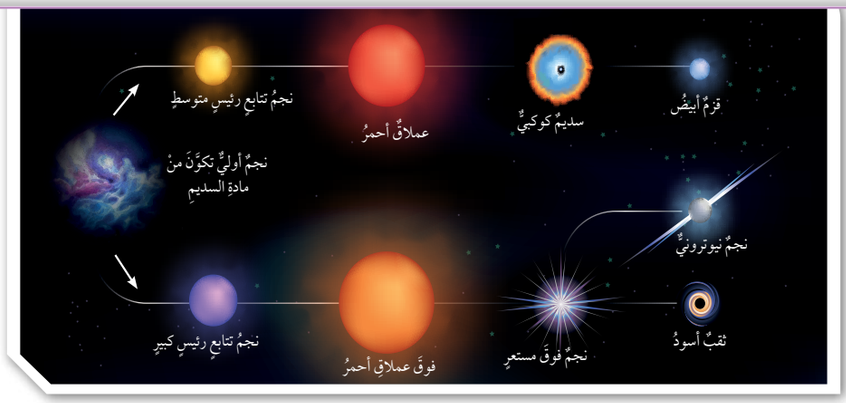
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (15)، ثم اسألهم:
  - ماذا يصف هذا الشكل؟
    يصف مُلخَّصًا لمراحل دورة حياة النجوم.
  - من أين تبدأ دورة حياة النجوم؟
    تبدأ دورة حياة النجوم من النجم الأولي.
  - مِمَّ يتكوَّن النجم الأولي؟
    يتكوَّن النجم الأولي من مادة السديم الكوني.
  - ما المرحلة التي يتطوَّر إليها نجم تتابع رئيس متوسط؟
    مرحلة العملاق الأحمر.
  - ما المرحلة التي يتطوَّر إليها فوق العملاق الأحمر؟
    مرحلة النجم فوق المستعر.
  - ما الأشكال التي قد تموت عليها النجوم؟
    القزم الأبيض، النجم النيوتروني، الثقب الأسود.
  - هل تتوقَّع أنْ يكون للنجوم دورة حياة لو لم تتوافر مادة السديم الكوني؟ لا.

◄ المناقشة:
دورة حياة الشمس.

- مهِّد للموضوع بطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:
  - كيف تُصنَّف الشمس من حيث الحجم؟
    متوسطة الحجم.
  - ما الذي يُميِّز الشمس عن بقية النجوم؟
    أقرب النجوم إلينا، وهي من النجوم الشابة، وفي أكثر مراحل حياتها استقرارًا.
  - هل ستستمر الشمس في إشراقها ولمعانها؟ لا.
  - ما العمر الذي قدَّره العلماء للشمس؟
    (4.6) مليارات سنة.
  - متى يُتوقَّع أنْ تنتهي حياتها؟
    العمر الذي قدَّره العلماء لموت الشمس هو (12) مليار سنة.
  - كيف ستموت الشمس؟ في صورة قزم أبيض.
- يُمكِنك توجيه المزيد من الأسئلة إلى الطلبة عن دورة حياة الشمس.

◄ استخدام الصور والأشكال:
دورة حياة الشمس.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (16) الذي يتناول دورة حياة الشمس، وإجابة الأسئلة التي طُرِحت عليهم سابقًا.
- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، مُعزِّزًا الصحيح منها، ومُصحِّحًا الخطأ إنْ وُجِدَ.



الشكلُ (15): دورةُ حياةِ النجومِ التي تبدأُ بالنجمِ الأوليِّ الذي تكوَّنَ منْ مادةِ السديمِ الكونيِّ، وتنتهي بموتِ النجمِ في صورةِ قزمٍ أبيضَ، أوْ نجمٍ نيوترونيٍّ، أوْ ثقبٍ أسودَ.

أتتبَّعُ دورةَ حياةِ نجمِ تتابعِ رئيسٍ كبيرٍ.

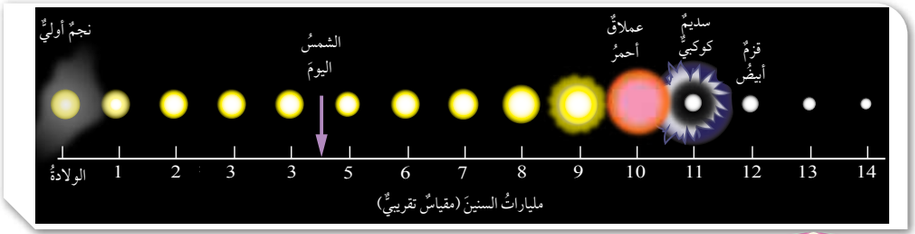
يُمثِّلُ الشكلُ (15) مُلخَّصًا لمراحلِ دورةِ حياةِ النجومِ.

دورةُ حياةِ الشمسِ Life Cycle of the Sun

تُعَدُّ الشمسُ أحدَ النجومِ متوسطةِ الحجمِ، ويُقدِّرُ العلماءُ عمرَها الآنَ بنحوِ(4.6) مليارات سنةٍ؛ أيْ إنَّها ما تزالُ شابَّةً، وفي أكثرِ مراحلِ حياتِها استقرارًا. ولكنْ، كمْ سنةً يُتوقَّعُ أنْ يستمرَّ إشراقُ الشمسِ ولمعانُها؟ متى يُتوقَّعُ أنْ تنتهيَ حياتُها؟ أنظرُ الشكلَ (16) الذي يُمثِّلُ دورةَ حياةِ الشمسِ.

توقَّعَ العلماءُ أنْ يستمرَّ إشراقُ الشمسِ مدَّةَ (5.5) مليارات سنةٍ أُخرى، وبيَّنوا أنَّها الآنَ في مرحلةِ التتابعِ الرئيسِ التي تُولِّدُ الشمسُ فيها الطاقةَ، وأنَّها ستتطوَّرُ إلى عملاقٍ أحمرَ عندَ نفادِ مخزونِ الهيدروجينِ والهيليومِ منْها. توقَّعَ العلماءُ أيضًا أنَّ الحرارةَ الناتجةَ منَ العملاقِ الأحمرِ ستجتاحُ كوكبَ الأرضِ، وتجعلُ الحياةَ مستحيلةً على سطحِهِ، وأنَّ حياةَ الشمسِ ستنتهي، وتموتُ في صورةِ قزمٍ أبيضَ بعدَ مرورِ مليارَيْ سنةٍ أُخرى.

✓ **أتحقَّقُ:** أتتبَّعُ المراحلَ التي تمرُّ بها الشمسُ.



الشكلُ (16): دورةُ حياةِ الشمسِ.
أُبيِّنُ: ما العمرُ الذي قدَّرَهُ العلماءُ لموتِ الشمسِ؟

حل سؤال الشكل (15):

سديم كوني ← نجم أولي ← تتابع رئيس كبير ← فوق عملاق أحمر ← نجم فوق مستعر

بحسب كتلة مادة القلب المُتبقِّية

نجم نيوتروني ، ثقب أسود

حل سؤال الشكل (16):

العمر الذي قدَّره العلماء لموت الشمس هو (12) مليار سنة.

✓ **أتحقَّقُ:**

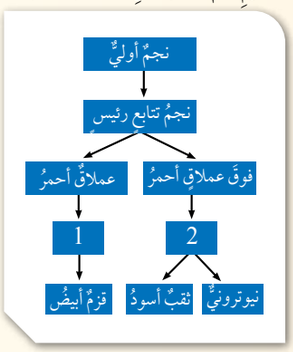
سديم كوني ، نجم أولي، نجم تتابع رئيس متوسط، عملاق أحمر، سديم كوكبي ، قزم أبيض.

أفكّرُ 1. "يرتبطُ وجودُنا على سطحِ الأرضِ بالاندماجاتِ النوويةِ في قلبِ النجمِ." أذكرُ الأدلةَ التي يُمكِنُ أنْ تُثبِتَ صحَّةَ هذهِ العبارةِ، مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ.

2. أفترضُ أنَّنا بحاجةٍ إلى نجومٍ أُخرى (غيرِ الشمسِ) قادرةٍ على دعمِ الحياةِ على سطحِ الأرضِ. ما أفضلُ أنواعِ النجومِ التي يجبُ أخْذُها بالاعتبارِ؟ لماذا؟

مراجعةُ الدرسِ

1. أُوضِّحُ المقصودَ بالسديمِ.
2. **أُفسِّرُ** كيفَ يتكوَّنُ النجمُ الأوليُّ منَ السديمِ.
3. **أُقارِنُ** بينَ النجمِ النيوترونيِّ والقزمِ الأبيضِ منْ حيثُ: الكثافةُ، والكتلةُ، والحجمُ. ثمَّ أُدَوِّنُ إجابتي في جدولٍ.
4. أُحدِّدُ العاملَ المُؤثِّرَ في مدَّةِ بقاءِ النجمِ قبلَ موتِهِ.
5. لماذا تتطوَّرُ بعضُ النجومِ إلى أقزامٍ بيضٍ، ويتطوَّرُ غيرُها إلى ثقبٍ أسودَ، أوْ نجمٍ نيوترونيٍّ؟
6. **أستنتجُ** سببَ تسميةِ الثقوبِ السوداءِ بهذا الاسمِ.
7. أُنشِئُ مُخطَّطًا مفاهيميًّا يُبيِّنُ مراحلَ حياةِ الشمسِ، وأكتبُ كلَّ عبارةٍ تُمثِّلُ مرحلةً منْ هذهِ المراحلِ في مربعٍ منفصلٍ ضمنَ المُخطَّطِ الانسيابيِّ بالترتيبِ.
8. أدرسُ الشكلَ المجاورَ الذي يُمثِّلُ مُخطَّطًا لدورةِ حياةِ النجومِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



أ- أكتبُ ما يُمثِّلُهُ الرقمُ (1)، والرقمُ (2).

ب- ما أولُ مرحلةٍ منْ مراحلِ حياةِ النجمِ؟

ج- إذا علمْتُ أنَّ يدَ الجوزاءِ هيَ منَ النجومِ الحمراءِ العملاقةِ، وأنَّ قلبَ العقربِ هوَ منَ النجومِ فوقَ العملاقةِ الحمراءِ، فأيُّهُما تنتهي حياتُهُ بصورةٍ أسرعَ؟

د- أيُّ الآتيةِ اكتملَتْ دورةُ حياتِهِ: النجمُ النيوترونيُّ، نجمُ العملاقِ الأحمرِ، نجمُ التتابعِ الرئيسِ؟

4 كتلة النجم الأولي.

5 بحسب كتلة مادة قلب النجم.

6 لأنَّ كثافة الثقوب السوداء وجاذبيتها كبيرة جدًّا؛ فهي تجذب جميع أشكال الطاقة، أو المادة التي تقترب منها، ولا تسمح لها بالإفلات منها.

7 سديم كوني ← نجم أولي ← نجم تتابع رئيس متوسط ← عملاق أحمر ← سديم كوكبي ← قزم أبيض

8 أ. 1. سديم كوكبي.
2. نجم فوق مستعر.

ب. نجم أولي.

جـ. قلب العقرب؛ لأنَّ كتلته أكبر.

د. النجم النيوتروني.

أفكّرُ :النجوم والحياة.

اطلب إلى الطلبة قراءة بند (أُفكِّرُ)، ثم البحث في مصادر المعرفة المتوافرة لديهم عن إجابة شاملة مُفسِّرة للسؤالين الواردين فيه.

- ستتنوَّع إجابات الطلبة عن السؤال الأول، مثل: الاندماجات النووية مصدر الطاقة الشمسية اللازمة لعملية البناء الضوئي، وهي العملية التي تقوم بها النباتات، وبها يُصنَع الغذاء على سطح الأرض. والطاقة الشمسية ضرورية أيضًا لإكمال دورة الماء في الطبيعة. ووجود الماء سبب رئيس لاستمرار الحياة على الأرض. وكذلك تعمل الطاقة الشمسية على تزويد أجسامنا بالطاقة اللازمة لإتمام العمليات الحيوية المختلفة، مثل: التنفُّس، والهضم.
- ستتنوَّع إجابات الطلبة عن السؤال الثاني، مثل: نجوم التتابع الرئيس المتوسطة التي لها عمر قريب من عمر الشمس؛ لأنَّ محتواها من الطاقة يُماثِل محتوى الشمس، ما يعني أنَّ كمية الطاقة التي تصل سطح الأرض ستكون ملائمة لدعم الحياة.

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 السديم: سحابة من الغبار الكوني والغازات التي تتكوَّن معظمها من غازي الهيدروجين والهيليوم، ويُعَدُّ اكتشافها أحد أهم الأدلة على وجود دورة حياة للنجوم. وتُمثِّل السدم الحاضنات التي تولَد فيها النجوم.

2 في الجزء الأكثر كثافة من السديم يبدأ انكماش مادة السديم نحو قلب النجم بفعل تأثير الجاذبية، وتزداد الطاقة الحركية بصورة كبيرة. ونتيجةً لذلك؛ تزداد درجة حرارة قلب النجم، فيتولَّد ضغط حراري يعاكس الانكماش الجذبي، ويتكوَّن النجم الأولي.

3

شكل موت النجم / وجه المقارنة	النجم النيوتروني	القزم الأبيض
الكثافة	أعلى	أقل
الكتلة	أكبر	أصغر
الحجم	أصغر (قُطْره 20 كم)	أكبر (حجمه يُماثِل حجم الأرض)

مقراب الكوة الدائرية الصيني (فاست)

Five - hundred - meter Aperture Spherical Telescope (FAST)

الهدف:

تعرُّف الطلبة بعض الوسائل الحديثة المُستخدَمة في رصد النجوم وفهم الكون.

الخلفية العلمية:

يُطلَق على مقراب فاست اسم عين السماء؛ لأنَّ حساسيته تبلغ (2.5) ضعف حساسية ثاني أكبر مقراب (تلسكوب) في العالَم تقريبًا، ولأنَّه قادر على استقبال (38) غيغابايت من المعلومات في الثانية. أمّا النجوم النابضة (Pulsars) التي رصدها هذا المقراب فتُعرَّف بأنَّها نجوم نيوترونية بيضاوية تدور حول نفسها بسرعة كبيرة جدًّا، مُصدِرة موجات راديوية وإشعاعات، ويُقدَّر حجمها بحجم مدينة كبيرة، وكتلتها أكبر من كتلة الشمس.

الكتابة في الجيولوجيا

اطلب إلى الطلبة البحث في شبكة الإنترنت، أو مصادر المعرفة المتوافرة الأُخرى، عن مقراب الكُوَّة الدائرية الصيني (فاست)، ثم كتابة مقالة عن مبدأ عمل هذا المقراب، والاكتشافات التي استُخدِم في التوصُّل إليها، ومزاياه.

ستتباين المقالات التي يُقدِّمها الطلبة، ولكنَّها في المجمل قد تتضمَّن ما يأتي:

يقوم مبدأ عمل هذا المقراب على استخدام سطح نشط مصنوع من ألواح معدنية يُمكِن إمالتها بواسطة جهاز حاسوب؛ للمساعدة على تغيير درجة التركيز في مناطق مختلفة من السماء، وتجميع أمواج الراديو التي تتدفَّق على الأرض من الفضاء السحيق، فتتوافر معلومات عن سحب غاز الهيدروجين القديمة، أو الثقوب السوداء البعيدة، أو النجوم النابضة.

يُؤكِّد صنع هذا المقراب أنَّ الصين أحرزت تقدُّمًا سريعًا في مجال تقنيات الفضاء، وأنَّه سيكون من أقوى الأدوات المُستعمَلة للبحث عن حياة ذكية مُحتمَلة خارج الكرة الأرضية. أمّا أهم مزاياه فتتمثَّل في أنَّه المقراب الراديوي الأكبر حجمًا في العالَم، وأنَّه يتفرَّد بتصميم مُبتكَر؛ إذ يبلغ قُطْره (500 m)، ويتكوَّن من (4450)لوحًا؛ ما يعطيه مساحة تجميع تقرب من ($196000\ m^2$)، وهذا يُعادِل مساحة (30) ملعب كرة قدم.

مِقرابُ الكُوَّةِ الدائريةِ الصينيُّ (فاست)

Five - hundred - meter Aperture Spherical Telescope (FAST)

يُعَدُّ هذا المِقرابُ الأكبرَ حجمًا بينَ المقاريبِ (التلسكوباتُ) الراديويةِ في العالَمِ، وهوَ يمتازُ بتصميمٍ مُبتكَرٍ؛ إذْ يبلغُ قُطْرُهُ (500m)، ويتكوَّنُ منْ (4450) لوحًا؛ ما يعطيهِ مساحةَ تجميعٍ تَقْربُ منْ ($196000m^2$)، وهذا يُعادِلُ مساحةَ (30) ملعبَ كرةِ قدمٍ. بدأَ تنفيذُ مشروعِ FAST عامَ 2011م، وقدْ رأى النورَ أولَ مَرَّةٍ في شهرِ أيلولَ منْ عامِ 2016م. وبعدَ مرحلةِ اختبارٍ استمرَّتْ (3) سنواتٍ، أُعلِنَ عنْ تشغيلِهِ كاملًا عامَ 2020م.

يقومُ مبدأُ عملِ هذا المقرابِ على استخدامِ سطحٍ نشطٍ مصنوعٍ منْ ألواحٍ معدنيةٍ يُمكِنُ إمالتُها بواسطةِ جهازِ حاسوبٍ؛ للمساعدةِ على تغييرِ درجةِ التركيزِ في مناطقَ مختلفةٍ منَ السماءِ، وتجميعِ أمواجِ الراديو التي تتدفَّقُ على الأرضِ منَ الفضاءِ السحيقِ، فتتوافرُ معلوماتٌ عنْ سحبِ غازِ الهيدروجينِ القديمةِ، أوِ الثقوبِ السوداءِ البعيدةِ، أوِ النجومِ النابضةِ.

في شهرِ آبَ منْ عامِ 2017م، استعملَ علماءُ الفَلَكِ هذا المِقرابَ الضخمَ لاكتشافِ زوجٍ منَ النجومِ النابضةِ، يبعدانِ عنّا آلافَ السنينَ الضوئيةِ. والنجمانِ المُكتشَفانِ عاليا الكثافةِ، ومحاطانِ بمجالاتٍ مغناطيسيةٍ قويَّةٍ، ويدورانِ حولَ محورِهِما بسرعةٍ كبيرةٍ. يبدو هذانِ النجمانِ كأنَّهُما ينبضانِ عندَ النظرِ إليْهِما منَ الأرضِ؛ لذا يُطلَقُ عليْهِما وعلى النجومِ المماثلةِ لهُما اسمُ النجومِ النابضةِ. تُستخدَمُ مواقعُ هذهِ النجومِ وتوقيتاتُها نقاطًا مرجعيةً في الفضاءِ، وهيَ تساعدُنا على فهمِ نظريةِ الانفجارِ العظيمِ. ومنَ المُنتظَرِ استخدامُ هذا التلسكوبِ العملاقِ في تتبُّعِ مركبةِ الفضاءِ التي ستسافرُ إلى كوكبِ المريخِ، بوصفِها جزءًا منْ برنامجِ الفضاءِ الصينيِّ.

الكتابةُ في الجيولوجيا

أبحثُ في شبكةِ الإنترنتْ أوْ في مصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ عنْ مِقرابِ الكُوَّةِ الدائريةِ الصينيِّ، ثمَّ أكتبُ مقالةً عنْ مبدأِ عملِ هذا المِقرابِ، والاكتشافاتِ التي استُخدِمَ في التوصُّلِ إليْها، ومزاياهُ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

القضايا البيئية: سلامة البيئة، التلوُّث، العلاقة بالبيئة، التوازن البيئي.

وجِّه الطلبة في أثناء بحثهم في شبكة الإنترنت، وفي مصادر المعرفة المتوافرة الأُخرى عن مقراب الكُوَّة الدائرية الصيني، إلى تأمُّل المعلومات التي سيجمعونهاعن المقراب، ومبدأ عمله، والاكتشافات التي استُخدِم في التوصُّل إليها، ومزاياه.

التفكير: التحليل، والتأمُّل، والتساؤل، والتنبُّؤ.

وجِّه الطلبة إلى التفكير في المعلومات التي سيحصلون عليها عن مقراب الكُوَّة الدائرية الصيني، ثم كتابة مقالة تتضمَّن ما توصَّلوا إليه من معلومات، ثم قراءتها أمام المُعلِّم والزملاء في الصف والمدرسة. أخبِرهم أنَّه في أثناء كتابتهم المقالة وترتيب فقراتها بصورة متسلسلة شائقة، فإنَّهم يُنمّون لديهم مهارات التحليل، والتأمُّل، والتساؤل، والتنبُّؤ بمستقبل هذا المقراب، وهي جميعها من مهارات التفكير الأساسية في حياة الطالب. أخبِرهم أيضًا أنَّ قيام بعضهم بالتنبُّؤ بالآثار البيئية التي قد يتسبَّب فيها هذا المقراب يعني اهتمامهم بالقضايا البيئية، وهي من أهم القضايا المرتبطة بصحة الإنسان وغيره من الكائنات الحية، بل بصحة كوكب الأرض كله؛ سواء على المستوى المحلي، أو الإقليمي، أو الدولي.

المهارات الحياتية: الاتصال، والحوار.

أخبِر الطلبة أنَّ مشاركة بعضهم في كتابة المقالة يعني أنَّهم يتواصلون مع المُعلِّم والزملاء بخصوص المعلومات والأفكار التي توصَّلوا إليها في أثناء البحث عن مقراب الكُوَّة الدائرية الصيني، وأنَّ ذلك من المهارات الأساسية التي تتضمَّنها المهارات الحياتية، وهي المهارات الشخصية والاجتماعية التي تلزمهم للتعامل بثقة وكفاءة مع أنفسهم، ومع الآخرين، والمجتمع المحلي، فضلًا عن مساعدتهم على التكيُّف مع المجتمع الذي يعيشون فيه وتنمية قدراتهم.

السؤال الأول:

أوضّحُ المقصودَ بكلٍّ ممّا يأتي:

سطوعُ النجومِ، النجومُ النيوترونيةُ، النجومُ المُتعدِّدةُ.

السؤال الثاني:

أُرتِّبُ النجومَ الآتيةَ تنازليًّا بحسبِ درجاتِ حرارتِها السطحيةِ: النجومُ البرتقاليةُ، النجومُ الصفراءُ، النجومُ الزرقاءُ.

السؤال الثالث:

أتنبَّأُ بما سيحدثُ لسطوعِ الشمسِ إذا زادَ حجمُها أضعافَ ما كانَتْ عليْهِ، وأربطُ ذلكَ بإمكانيةِ الحياةِ على سطحِ الأرضِ.

السؤال الرابع:

أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثِّلُ مجموعةً منَ الكوكباتِ النجميةِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

أ - أذكرُ أسماءَ الكوكباتِ النجميةِ الواردةِ في الشكلِ.

ب- أُوضّحُ المقصودَ بالكوكبةِ النجميةِ.

ج- **أُفسّرُ** سببَ عدمِ تصنيفِ العلماءِ المجموعاتِ النجميةَ الواردةَ في الشكلِ ضمنَ كوكباتِ البروجِ.

د- **أُقارنُ**: ما أوجهُ التشابهِ والاختلافِ بينَ الكوكباتِ النجميةِ؟

السؤال الخامس:

أبحثُ في صحّةِ العبارةِ الآتيةِ:

"يُعتقَدُ أنَّ تكوينَ نظامِ الأرضِ هوَ نتيجةٌ طبيعيةٌ لتكوينِ النجومِ."

السؤال السادس:

أُفسّرُ: يُعَدُّ اكتشافُ السُّدُمِ الكونيةِ أحدَ أهمِّ الأدلةِ على وجودِ دورةِ حياةٍ للنجومِ.

السؤال السابع:

أُبيِّنُ كيفَ يتكوَّنُ نجمُ التتابعِ الرئيسِ.

السؤال الثامن:

أُفسّرُ: لماذا سُمِّيَتِ النجومُ العملاقةُ الحمراءُ بهذا الاسمِ؟

السؤال التاسع:

أستخلصُ الأسبابَ التي تجعلُ قزمًا أبيضَ يتطوَّرُ إلى قزمٍ أسودَ.

السؤال العاشر:

أُعلِّلُ:

أ - تتناسبُ كتلةُ النجمِ عكسيًّا معَ مدَّةِ حياتِهِ.

ب- يقتصرُ ظهورُ بعضِ المجموعاتِ النجميةِ على فصولٍ مُحدَّدةٍ.

السؤال الحادي عشر:

أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

1. تعتمدُ دورةُ حياةِ النجومِ على:
   أ - شكلِها. ب- حجمِها.
   ج- كتلتِها. د- عمرِها.
2. يتكوَّنُ النجمُ في معظمِهِ من عنصرَيْ:
   أ - الهيدروجينِ والكربونِ.
   ب- الهيدروجينِ والأكسجينِ.
   ج- الهيليومِ والكربونِ.
   د - الهيدروجينِ والهيليومِ.
3. نجما المنزرِ والسهى هما مثالانِ على نظامٍ:
   أ - النجومِ المُتعدِّدةِ. ب- النجومِ الثنائيةِ.
   ج- العناقيدِ النجميةِ. د- الكوكباتِ.

السؤال الأول:

- **سطوع النجوم**: كمية الطاقة التي يُشِعُّها النجم فعليًّا في الثانية الواحدة. يعتمد سطوع أيِّ نجم على عاملين، هما: درجة حرارة سطح النجم، وحجمه. ويتناسب السطوع مع كليهما طرديًّا.
- **النجوم النيوترونية**: إحدى مراحل موت النجوم، وهي أصغر حجمًا من القزم الأبيض؛ إذ يبلغ قُطْرها (25) كم تقريبًا، وتزيد كثافتها مليون مرة على كثافة القزم الأبيض.
- **النجوم المُتعدِّدة**: نجوم يتراوح عددها بين ثلاثة نجوم وسبعة نجوم، ومنها ما يحوي أعدادًا كبيرة نسبيًّا، بحيث يتراوح عدد النجوم بين مئة نجم ومئات الآلاف من النجوم التي يرتبط بعضها ببعض بقوى تجاذب، فتدور حول بعضها أيضًا؛ ما يجعلها تتحرَّك بوصفها وحدةً واحدةً في اتجاه واحد.

السؤال الثاني:

النجوم الزرقاء، النجوم الصفراء، النجوم البرتقالية.

السؤال الثالث:

سيزداد سطوع الشمس بصورة كبيرة، وسوف تصبح الحياة مستحيلة على سطح الأرض في ظلِّ درجات الحرارة المرتفعة جدًّا.

السؤال الرابع:

أ) الدب الأكبر، الدب الأصغر، ذات الكرسي، سيفوس.

ب) الكوكبة النجمية: مجموعات نجمية ظاهرية لا ترتبط نجومها بقوى جذبية فيما بينها، وقد أطلق عليها قدماء الإغريق والمصريين أسماء مُحدَّدة كما تخيَّلوها نسبةً إلى أسماء شخصيات أسطورية، أو حيوانات، أو أشكال هندسية.

جـ) لأنَّ هذه الكوكبات لا تقع ضمن دائرة البروج؛ أيْ لا تقطعها الشمس في أثناء حركتها.

د) تختلف الكوكبات النجمية في أشكالها، وأعداد النجوم فيها، وحجومها، وبُعْدها عن الأرض، وموقعها بالنسبة إلى مسار الشمس الظاهري حول الأرض. وتتشابه هذه الكوكبات في أنَّها مجموعات نجمية ظاهرية لا ترتبط نجومها بقوى جذبية في ما بينها.

السؤال الخامس:

وفق النظرية السديمية، فإنَّ الأرض والنجوم وجميع مُكوِّنات النظام الشمسي الأُخرى نشأت من الانكماش الجذبي للسديم، وهو سحابة يتكوَّن معظمها من عنصري الهيدروجين والهيليوم، والغبار الكوني وقد نشأ عن هذا الانكماش تجمُّع غالبية الكتلة الناتجة في مركز السديم مُشكِّلة الشمس، وتراكم الكتلة الباقية حوله على شكل قرص تشكَّلت منه كواكب المجموعة الشمسية، ومنها الأرض.

السؤال السادس:

لأنَّها تُعَدُّ الحاضنات التي تولَد فيها النجوم.

السؤال السابع:

عند ارتفاع درجة حرارة قلب النجم الأولي لتصل إلى (1.5) مليون كلفن، تبدأ الاندماجات النووية في قلب النجم، وتُطلَق كميات هائلة من الطاقة تؤدي إلى بدء حياة النجم ليصبح من نجوم التتابع الرئيس.

السؤال الثامن:

سُمِّيت النجوم العملاقة الحمراء بهذا الاسم؛ لأنَّه عندما يبدأ الوقود النووي بالنفاد من قلب نجم التتابع الرئيس، يُسخَّن الغلاف الهيدروجيني الذي يحيط به حتى تصبح درجة الحرارة فيه كافية لبدء اندماج الهيدروجين؛ ما يُنتِج طاقة أكثر ممّا كانت عليه عندما كان نجمًا من فئة التتابع الرئيس، فيزداد حجمه بسبب زيادة قوة الضغط الحراري نحو الخارج على الانكماش الجذبي نحو الداخل. أمّا سبب تسميته بالأحمر فمردُّه إلى أنَّ الطاقة تنتشر عبر مساحة سطح أكبر، وتكون درجات الحرارة السطحية منخفضة، فتبدو النجوم باللون الأحمر.

السؤال التاسع:

لأنَّه يُتوقَّع بعد مليارات السنين أنْ تتوقَّف الأقزام البيض عن التوهُّج، فتتحوَّل عندئذٍ إلى أقزام سود.

السؤال العاشر:

أ - النجوم ذات الكتلة الصغيرة تستنفد وقودها النووي بصورة أبطأ مقارنةً بالنجوم ذات الكتلة الكبيرة؛ لذا تكون حياتها أطول كثيرًا، والعكس صحيح.

ب- بسبب دوران الأرض حول الشمس، وموقع المجموعات النجمية بالنسبة إلى دائرة البروج.

السؤال الحادي عشر:

1. جـ
2. د
3. ب

4. جـ
5. ب
6. ب
7. ب

السؤال الثاني عشر:

أ - **A**: نجم أولي.
B: نجم تتابع رئيس كبير.

ب- ثقب أسود، أو نجم نيوتروني.

جـ- **B**.

د - عند ارتفاع درجة حرارة قلب النجم الأولي لتصل إلى (1.5) مليون كلفن، تبدأ الاندماجات النووية في قلب النجم، وتُطلَق كميات هائلة من الطاقة تؤدي إلى بدء حياة النجم ليصبح من نجوم التتابع الرئيس.

السؤال الثالث عشر:

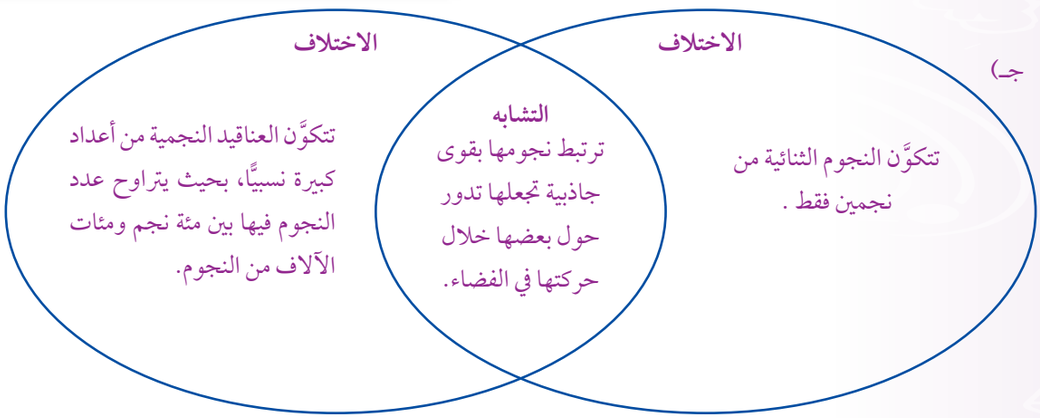
1. يهتدي بها الإنسان في ظلمة الليل الحالكة.
2. استخدم القدماء الكوكبات النجمية في معرفة الفصول الأربعة في تلك المناطق التي لا تتعاقب عليها الفصول.
3. تحديد أوقات الزراعة.

السؤال الرابع عشر

أ) **النجوم الثنائية**: أحد أنواع الأنظمة النجمية التي تتكوَّن من نجمين اثنين فقط يرتبطان بقوى تجاذبية متبادلة فيما بينهما، تجعل أحدهما يدور حول الآخر خلال حركتهما في الفضاء.

ب) نجما المئزر والسهى.

جـ)



محاكاة لأسئلة اختبارات دولية

أ. 2.5 بليون سنة.

ب. 1 بليون سنة تقريبًا.

جـ. أول وهلة يُعتقَد أنَّ النجوم ذات الكتلة الكبرى ستكون مدَّة حياتها أطول، ولكنَّ هذا ليس صحيحًا؛ لأنَّ مدَّة حياة النجم تتناسب عكسيًّا مع كتلته. فالنجوم ذات الكتلة الصغيرة؛ أي الأقل كتلة من الشمس تستنفد وقودها النووي بصورة أبطأ مقارنةً بالنجوم ذات الكتلة الكبيرة؛ لذا تكون حياتها أطول كثيرًا، والعكس صحيح.

4. عددُ كوكباتِ البروج هوَ:
أ - 15. ب- 100000.
ج- 13. د - 2.

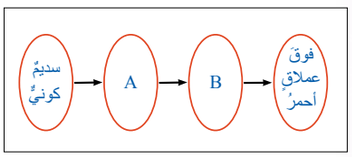
5. المرحلةُ العمريةُ التي يقضي فيها النجمُ معظمَ حياتِهِ هيَ:
أ- العملاقُ الأحمرُ. ب- التتابعُ الرئيسُ.
ج- النجمُ الأوليُّ. د - الثقبُ الأسودُ.

6. اسمُ الجِرمِ السماويِّ الذي كتلتُهُ تُقارِبُ كتلةَ الشمسِ:
أ - الثقبُ الأسودُ. ب- القزمُ الأبيضُ.
ج- النجمُ النيوترونيُّ. د - النجمُ فوقَ المُستعِرِ.

7. الدائرةُ التي تصنعُها الشمسُ في أثناءِ حركتِها الظاهريةِ حولَ الأرضِ تُسمّى:
أ - الكوكباتِ. ب- البروجَ.
ج- الدبَّ الأكبرَ. د - الثريا.

السؤالُ الثاني عشرَ:

أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثِّلُ دورةَ حياةِ نجمٍ كتلتُهُ (5) أضعافِ كتلةِ الشمسِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



أ - أُسمّي كُلًّا منَ النجمِ A، والنجمِ B.

ب- ما شكلُ موتِ النجمِ B؟

ج- ما الرمزُ الذي يُمثِّلُ أطولَ مرحلةٍ في حياةِ النجمِ؟

د- متى يتحوَّلُ النجمُ منَ المرحلةِ A إلى المرحلةِ B؟

السؤالُ الثالثَ عشرَ:

أُوضِّحُ أهميةَ الكوكباتِ النجميةِ في حياتِنا.

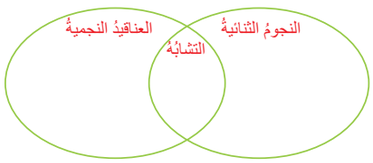
السؤالُ الرابعَ عشرَ:

تُعَدُّ النجومُ الثنائيةُ أحدَ الأنظمةِ النجميةِ في السماءِ. بناءً على ما تعلَّمْتُهُ، أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ- أُوضِّحُ المقصودَ بالنجومِ الثنائيةِ.

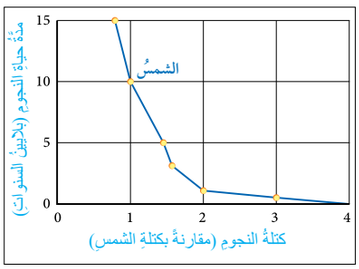
ب- أذكرُ مثالًا على النجومِ الثنائيةِ.

ج- **أُقارِنُ** بينَ النجومِ الثنائيةِ والعناقيدِ النجميةِ كما في المُخطَّطِ الآتي:



محاكاةٌ لأسئلةِ اختباراتٍ دوليةٍ

أدرسُ الرسمَ البيانيَّ الآتيَ الذي يُمثِّلُ العلاقةَ بينَ كتلةِ النجمِ (مقارنةً بكتلةِ الشمسِ)، ومدَّةِ حياتِهِ قبلَ نفادِ الوَقودِ النوويِّ منْ داخلِهِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



أ- كمْ سيعيشُ نجمٌ كتلتُهُ أكبرُ منْ كتلةِ الشمسِ بـ (0.75) مَرَّةً؟

ب- كمْ سيعيشُ نجمٌ كتلتُهُ تساوي (3) أضعافِ كتلةِ الشمسِ؟

ج- أكتبُ فقرةً منْ سطرينِ أُوضِّحُ فيها العلاقةَ بينَ كتلةِ النجمِ ومدَّةِ حياتِهِ.

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتمارين

تجربة إثرائية

الصفحة 11 من كتاب الأنشطة والتجارب العملية زمن التنفيذ: 40 دقيقة.

تعرُّف الصخور.

الهدف: تصنيف عيِّنات صخرية إلى أنواعها الثلاثة بناءً على خصائصها المشتركة.

المهارات العلمية الملاحظة، المقارنة، التصنيف.

إرشادات السلامة:

- اطلب إلى الطلبة توخي الحذر في أثناء استعمالهم لحمض الهيدروكلوريك المخفف والمطرقة.

واطلب إليهم أيضًا غسل يديهم جيدًا بالماء والصابون بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى كتابة ملاحظاتهم ونتائجهم في الصفحة الثانية عشرة من كتاب الأنشطة والتجارب العملية في أثناء تنفيذ التجربة.
- وفِّر للطلبة عيِّنات تتوافق مع العيِّنات الموجودة في جدول تصنيف الصخور المرفق، أو من ضمنها، واحرص على توفير عيِّنة واحدة – على الأقل – لكل نوع من الصخور.
- تجوَّل بين الطلبة في أثناء تفحُّص العيِّنات، وناقِشهم في ما كتبوه من ملاحظات، وساعِدهم على تعرُّف العيِّنات المختارة.
- وجِّه الطلبة – بعد تحديدهم أسماء صخور العيِّنات الصخرية، وتحديد أنواعها– إلى البحث في شبكة الإنترنت عن خصائص تلك الصخور، وجمع صور لها؛ للتحقُّق من صحة ما توصَّلوا إليه، وكتابة أيِّ إضافات تتعلَّق بخصائص الصخر في جدول التصنيف.

التحليل والاستنتاج:

١. • من حيث القساوة:
- الرخام: أكثر قساوة. - الصخر الجيري: قاسٍ.
- صخر الطباشير: لين.

• من حيث التفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المُخفَّف:
- جميع العينات تتفاعل مع الحمض بصورة جيدة.

2. النايس: المعادن المُكوِّنة له أكبر حجمًا، وهو يوجد على شكل أشرطة غامقة وفاتحة، ويصعب كسره.

الشيست: المعادن المُكوِّنة له أقلُّ حجمًا، وهو يمتلك نسيجًا مُتورِّقًا، ويُمكِن كسره على امتداد معادنه غامقة اللون مثل المايكا.

3. بسبب الاختلاف في مُكوِّناتها المعدنية، وطرائق نشأتها.

4. اللون؛ فقد تمتلك مجموعة من الصخور اللون والملمس نفسيهما، وقد تتشابه العديد من الصخور في ملمسها الناعم، أو ملمسها الخشن.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	المعيار	التقدير			
		1	2	3	4
1	يُطبِّق إرشادات السلامة في أثناء إجراء التجربة.				
2	يتفحَّص خصائص العيِّنات الصخرية (مثل: اللون، والقساوة) بصورة صحيحة.				
3	يتوصَّل إلى اسم الصخر ونوعه باستعمال جدول تصنيف الصخور.				
4	يتعاون مع زملائه في المجموعة.				
5	يتوصَّل إلى أقل الخصائص الصخرية تمييزًا للصخور.				

محاكاة لأسئلة اختبارات دولية

السؤال الأول:

نعم، اقتراح عضو البلدية مناسب وصحيح؛ لأنَّ صخر الرخام يتكوَّن من كربونات الكالسيوم التي تتفاعل مع الحموض. ولأنَّ المنطقة تمتاز بكثرة الأمطار الحمضية فيها؛ فإنَّ التمثال سيتأثَّر بتلك الحموض بمرور الزمن، خلافًا لصخر الغرانيت الذي لا يتأثَّر بها، فيكون استعماله أفضل.

السؤال الثاني:

أ . سيزيد من تركيز المواد الذائبة في مياه البحر الميت.

ب. رواسب ملحية .

جـ. زيادة درجة الحرارة ← تبخُّر ← زيادة تركيز المواد الذائبة ← إشباع ← ترسيب للمواد الناتجة وتراكمها ← تصلُّبها وتحوُّلها إلى صخور رسوبية.

د . صخر رسوبي كيميائي؛ لأنَّه يتكوَّن من تراكم المواد الناتجة من تفاعل الأيونات في المياه، وزيادة إشباع المياه بها.

تجربة إثرائية

نمذجة مبدأ عمل الثقب الأسود.

الهدف: نمذجة مبدأ عمل الثقب الأسود.

المهارات العلمية: الملاحظة، المقارنة، الاستنتاج، التواصل.

إرشادات السلامة:

- اطلب إلى الطلبة توخّي الحذر في أثناء استعمال المقص.
- نبِّه الطلبة إلى خطر سقوط الكرة الزجاجية الكبيرة أرضًا؛ تجنُّبًا لإصابة القدم.

استراتيجية التدريس: التعلُّم التعاوني.

الإجراءات والتوجيهات:

1. وجِّه الطلبة إلى تنفيذ التجربة الإثرائية (نمذجة مبدأ عمل الثقب الأسود) الواردة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
2. وزِّع الطلبة إلى مجموعات رباعية أو خماسية.
3. أخبِر الطلبة أنَّهم سيُمثِّلون الفضاء الخارجي بمدِّ قطعة القماش أفقيًّا حتى تصبح مشدودة من جميع الاتجاهات، بحيث تُمثِّل مساحة ثنائية الأبعاد.
4. اطلب إلى أفراد كل مجموعة تمثيل الثقب الأسود باستعمال كرة زجاجية، ثم وضعهاعلى أحد أطراف قطعة القماش، ثم تركها تتدحرج على سطح القطعة في مسار مستقيم حتى تستقر في المنتصف.
5. اطلب إلى أفراد كل مجموعة ملاحظة انحناء قطعة القماش حول الكرة.
6. اطلب إلى أفراد كل مجموعة إحضار كرة زجاجية أُخرى صغيرة الحجم لتُمثِّل جرمًا سماويًّا، ثم وضعها على أحد أطراف قطعة القماش، ثم تركها تتدحرج نحو الكرة الزجاجية الكبيرة.
7. اطلب إلى أفراد كل مجموعة ملاحظة ما سيحدث للكرة الصغيرة، ووصف سرعتها.
8. اطلب إلى أفراد كل مجموعة تكرار ما قاموا به في الخطوة الثالثة باستعمال كرة زجاجية أكبر كتلة، ثم ملاحظة ما سيحدث للانحناء حول الكرة الجديدة.
9. اطلب إلى أفراد كل مجموعة وضع كرة زجاجية صغيرة على طرف قطعة القماش، ثم ملاحظة ماسيحدث للكرة، ووصف سرعتها مقارنةً بسرعة الكرة السابقة.

التحليل والاستنتاج:

1. ستتنوَّع إجابات الطلبة، مثل:
   * ستنحني قطعة القماش حول الكرة.
   * ستُغيِّر الكرة مسارها المستقيم، وتستقر في منتصف قطعة القماش.
2. جاذبية الثقب الأسود كبيرة جدًّا، بحيث تجذب جميع أشكال الطاقة أو المادة التي تقترب منها، ولا تسمح لها بالإفلات منها.كما تعمل الكرة الزجاجية عند استقرارها في منتصف قطعة القماش.
3. الأثقل وزنًا؛ لأنَّ جاذبيتها أكبر.

النتائج المُتوقَّعة:

من النتائج التي سيتوصَّل إليها الطلبة:

- انحناء قطعة القماش حول الكرة الزجاجية عند وضع الكرة في منتصفها في الخطوة الثالثة من التجربة، وتغيير الكرة مسارها المستقيم، واستقرارها في منتصف قطعة القماش.
- جاذبية الثقب الأسود كبيرة جدًّا، بحيث تجذب جميع أشكال الطاقة أو المادة التي تقترب منها، ولا تسمح لها بالإفلات منها.
- الكرة الزجاجية الأثقل وزنًا هي التي ستُسبِّب انحناء قطعة القماش بصورة أكبر.
- تدحرج الكرة الزجاجية الصغيرة المُمثِّلة للكرة السماوية في الخطوة السادسة بسرعة أكبر منها في الخطوة الخامسة؛ لأنَّ جاذبية الكرة الزجاجية الكبيرة المُمثِّلة للثقب الأسود ستكون أكبر في هذه الخطوة.
- كلَّما كانت جاذبية الثقب الأسود (الكرة الزجاجية الكبيرة) أكبر، انجذبت الأجرام السماوية (الكرات الصغيرة) بسرعة أكبر، والعكس صحيح.
- فقدان بعض الأجرام السماوية في مكان ما من الفضاء يدل على وجود ثقب أسود جاذبيته كبيرة،وسحبه هذه الأجرام إلى داخله.
- كلَّما زادت كثافة الثقب الأسود زادتكتلته.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير لفظي.

الرقم	المعيار	التقدير			
		مقبول	جيد	جيد جدًا	ممتاز
1	يلتزم بإرشادات السلامة في أثناء تنفيذ التجربة.				
2	يُدوِّن الملاحظات التي يتوصَّل إليها في كل خطوة من خطوات تنفيذ التجربة.				
3	يحاور زملاءه في مسألة الجزم بوجود ثقب أسود في مكان ما، بمراقبة حركة الأجرام السماوية حوله.				
4	يستنتج العلاقة بين كتلة الثقب الأسود وكثافته.				
5	يجمع الحقائق والمرتكزات التي تُعِينه على تفسير حقيقة وجود الثقوب السوداء في الكون،وتحليلها.				
6	يتنبَّأ بما قد يحدث لو أنَّ ثقبًا أسود اندفع إلى الأرض بسرعة أقل من سرعة الإفلات (السرعة اللازمة للإفلات من جاذبية الأرض).				

4. أُحضِرُ كرةً زجاجيةً أُخرى صغيرةَ الحجمِ لتُمثِّلَ جِرمًا سماويًّا، ثمَّ أضعُها على أحدِ أطرافِ قطعةِ القماشِ، ثمَّ أتركُها تتدحرجُ نحوَ الكرةِ الزجاجيةِ الكبيرةِ، وأُلاحِظُ ما سيحدثُ للكرةِ الصغيرةِ، واصفًا سرعتَها.
5. أُكرِّرُ الخطوةَ الثالثةَ باستعمالِ كرةٍ زجاجيةٍ ذاتِ كتلةٍ أكبرَ، مُلاحِظًا ما سيحدثُ للانحناءِ حولَ الكرةِ الجديدةِ.
6. أضعُ كرةً زجاجيةً صغيرةً على طرفِ قطعةِ القماشِ، ثمَّ أُلاحِظُ ما سيحدثُ للكرةِ، واصفًا سرعتَها مقارنةً بسرعةِ الكرةِ السابقةِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أُلاحِظُ** ما حدثَ لقطعةِ القماشِ عندَ وضعِ الكرةِ الزجاجيةِ في منتصفِها في الخطوةِ الثالثةِ.

2. **أستنتجُ** العلاقةَ بينَ ما حدثَ في الخطوةِ الثالثةِ وجاذبيةِ الثقبِ الأسودِ.

3. **أُفسِّرُ:** أيُّ الكراتِ الزجاجيةِ تُسبِّبُ انحناءَ قطعةِ القماشِ بصورةٍ أكبرَ: الأخفُّ وزنًا أمِ الأثقلُ وزنًا؟

4. **أُفسِّرُ** سببَ اختلافِ سرعةِ الكرةِ الزجاجيةِ الصغيرةِ المُمثِّلةِ للجِرمِ السماويِّ في الخطوتَيْنِ: الرابعةِ، والسادسةِ.

5. **أُقارِنُ** بينَ ما يحدثُ للكراتِ الصغيرةِ عندَ اقترابِها منَ الكرةِ الكبيرةِ وما يحدثُ للأجرامِ السماويةِ والضوءِ عندَ اقترابِها منَ الثقبِ الأسودِ.

6. **أتواصلُ:** كيفَ يُمكِنُ الجزمُ بوجودِ ثقبٍ أسودَ في مكانٍ ما بمراقبةِ حركةِ الأجرامِ السماويةِ حولَهُ؟

7. **أستنتجُ** العلاقةَ بينَ كتلةِ الثقبِ الأسودِ وكثافتِهِ.

4. ستتدحرج الكرة الزجاجية الصغيرة المُمثِّلة للكرة السماوية في الخطوة السادسة بسرعة أكبر منها في الخطوة الخامسة؛ لأنَّ جاذبية الكرة الزجاجية الكبيرة المُمثِّلة للثقب الأسود ستكون أكبر في هذه الخطوة.
5. كلَّما كانت جاذبية الثقب الأسود (الكرة الزجاجية الكبيرة) أكبر، انجذبت الأجرام السماوية (الكرات الصغيرة) بسرعة أكبر، كما هو الحال في الخطوة السادسة.وكلَّما كانت جاذبية الثقب الأسود أقل، انجذبت الأجرام السماوية بسرعة أقل، كما هو الحال في الخطوة الرابعة.
6. عند فقدان بعض الأجرام السماوية في مكان ما من الفضاء، فهذا يدل على وجود ثقب أسود جاذبيته كبيرة،وسحبه هذه الأجرام إلى داخله.
7. كلَّما زادت كتلة الثقب الأسود زادت كثافته (علاقة طردية).

التفسيرُ والتحليلُ:

يعتقدُ بعضُ الأشخاصِ أنَّ الثقوبَ السوداءَ هيَ ضربٌ منْ ضروبِ الخيالِ. إذا أردْتُ تنظيمَ لقاءٍ معَ هؤلاءِ الأشخاصِ لمناقشتِهِمْ في ذلكَ، وربَّما تطلَّبَ الأمرُ عقدَ ندوةٍ علميةٍ مُتخصِّصةٍ عنِ الثقوبِ السوداءِ، فما الحقائقُ والمرتكزاتُ التي سأتبنّاها في هذهِ الندوةِ ليتمكَّنوا منْ تفسيرِ حقيقةِ وجودِ الثقوبِ السوداءِ في الكونِ وتحليلِها؟ (يُمكِنُ الاستعانةُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ).

.....

.....

.....

التنبُّؤُ:

أتنبَّأُ بما قدْ يحدثُ لوْ أنَّ ثقبًا أسودَ اندفعَ إلى الأرضِ بسرعةٍ أقلَّ منْ سرعةِ الإفلاتِ (أيِ السرعةِ اللازمةِ للإفلاتِ منْ جاذبيةِ الأرضِ).

.....

.....

.....

نشاطٌ تطبيقيٌّ تكامليٌّ:

بناءً على ما تعلَّمْتُهُ في هذهِ التجربةِ، ومستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أُعِدُّ فيلمًا وثائقيًّا عنِ الثقوبِ السوداءِ باستعمالِ إحدى البرمجياتِ المناسبةِ، مُضمِّنًا إيّاهُ حقائقَ ومعلوماتٍ حديثةً منْ مصادرِ معرفةٍ موثوقةٍ، وصورًا مناسبةً، واستعراضًا لجميعِ مراحلِ تشكُّلِ الثقبِ الأسودِ، وبعضِ الطرائقِ التي يُمكِنُ الاستدلالُ بها للكشفِ عنِ الثقوبِ السوداءِ في الكونِ، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ المُعلِّمِ لتقييمِهِ، ثمَّ أعرضُهُ على زملائي في الصفِّ.

التفسير والتحليل:

ستتنوَّع إجابات الطلبة، مثل:

* تحديد مكان بعض الأجرام في السماء، ومراقبتها مدَّة طويلة من الزمن؛ للتحقُّق من وجود ثقب أسود قادر على جذب أحد هذه الأجرام.
* اختلاف النجوم في حجومها وكثافتها وكتلها، عن طريق عرض دورة حياة النجوم، والعديد من الصور ومقاطع الفيديو.

التنبُّؤ:

ستتنوَّع إجابات الطلبة، مثل:

* اصطدامه بالأرض،وتدميرها.
* جذب الأرض، وسحبها إلى داخله؛ لأنَّ جاذبيته كبيرة جدًّا.
* انعدام الحياة على سطح الأرض.

نشاط تطبيقي تكاملي:

تابع أداء الطلبة في هذا النشاط التطبيقي التكاملي،وقيِّمه.

محاكاةٌ لأسئلةِ اختباراتٍ دوليةٍ

السؤالُ الأولُ:

تعيشُ سارةُ في مدينةٍ كبيرةٍ، وهيَ تحبُّ رصدَ النجومِ وعلمَ الفَلكِ، وترغبُ أنْ تُكمِلَ دراستَها الجامعيةَ في هذا المجالِ، وقدِ اعتادَتْ أنْ تُراقِبَ النجومَ ليلًا، وتمضي وقتًا ممتعًا في كتابةِ ملاحظاتِها على كلِّ شيءٍ ترصدُهُ في السماءِ في دفترٍ خاصٍّ زيَّنَتْهُ بصورِ النجومِ والمجرّاتِ. منَ الملاحظاتِ التي رصدَتْها سارةُ ألوانُ النجومِ والمجموعاتِ النجميةِ؛ ولشغفِها الكبيرِ بها، فقدْ أرادَتْ أنْ تشتريَ مِقْرابًا فلكيًّا (مِنْظارًا)، لكنَّها لا تملكُ ثمنَهُ.

1. زارَتْ سارةُ صديقَتَها في الريفِ. وعندَ رصدِها النجومَ ليلًا تفاجأَتْ برؤيةِ عددٍ أكثرَ منْها مقارنةً بتلكَ التي تراها في المدينةِ. سببُ ذلكَ هوَ أنَّ:
   أ - القمرَ أكثرُ سطوعًا في الريفِ.
   ب- هواءَ المدينةِ مُلوَّثٌ بالغبارِ والأتربةِ على نحوٍ أكثرَ منهُ في الريفِ.
   ج - القمرَ أكثرُ سطوعًا في المدينةِ، ولكنَّ الضوءَ الصادرَ عنْهُ يحجبُ رؤيةَ النجومِ.
   د - إضاءةَ المباني الكثيرةِ في المدينةِ تحدُّ كثيرًا منْ رؤيةِ النجومِ بصورةٍ واضحةٍ.

2. اللونُ الغالبُ على النجومِ التي تراها سارةُ في أثناءِ رصدِها إيّاها هوَ:
   أ - الأزرقُ. ب- الأبيضُ. ج - الأحمرُ. د - الأصفرُ.

3. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ كوكبةً نجميةً رسمَتْها سارةُ في دفترِ ملاحظاتِها. اسمُ هذهِ الكوكبةِ هوَ:
   أ - الدبُّ الأصغرُ.
   ب- العقربُ.
   ج - الثريا.
   د - البروجُ.

السؤالُ الثاني:

يُبيِّنُ الشكلُ التالي العلاقةَ بينَ ألوانِ النجومِ ودرجاتِ حرارتِها وسطوعِها. أَصِلُ بخطٍّ بينَ لونِ النجمِ في العمودِ (أ) ودرجةِ حرارتِهِ في العمودِ (ب)، ثمَّ أَصِلُهُ بسطوعِهِ في العمودِ (جـ)، علمًا بأنَّ النجومَ متساويةٌ في حجومِها:

لونُ النجمِ
أحمرُ
أصفرُ
أزرقُ

درجةُ الحرارةِ
مرتفعةٌ
متوسطةٌ
منخفضةٌ

شِدَّةُ السطوعِ
منخفضةٌ
متوسطةٌ
مرتفعةٌ

محاكاة لأسئلة اختبارات دولية

السؤال الأول:

1- ب- هواء المدينة مُلوَّث بالغبار والأتربة على نحو أكثر منه في الريف.

2- د - الأصفر.

3- أ - الدب الأصغر.

السؤال الثاني: