علوم الأرض والبيئة

الصف العاشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

10

فريـق التأليـف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

د. محمود عبد اللطيف حبوش د. مروة خميس عبد الفتاح سكينة محي الدين جبر

روناهي «محمد صالح» الكردي (منسقًا)

إضافة إلى جهود فريق التأليف، فقد جاء هذا الكتاب ثمرة جهود وطنية مشتركة من لجان مراجعة وتقييم علمية وتربوية ولغوية، ومجموعات مُركَّزة من المعلِّمين والمشرفين التربويين، وملاحظات مجتمعية من وسائل التواصل الاجتماعي، وإسهامات أساسية دقيقة من اللجنة الاستشارية والمجلس التنفيذي والمجلس الأعلى في المركز، ومجلس التربية والتعليم ولجانه المتخصِّصة.

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: 8-4617304/5، فاكس: 4637569، ص. ب: 1930، الرمز البريدي: 11118، أو بوساطة البريد الإلكتروني: scientific.division@moe.gov.jo

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطويـر المناهـج في جلسـته رقـم (2020/3)، تاريـخ 2020/6/2 م، وقرار مجلـس التربيـة والتعليم رقـم (2020/45) تاريـخ 2020/6/18 م بـدءًا من العـام الـدراسي 2020 / 2021 م.

© Harper Collins Publishers Limited 2020.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 058 - 5

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2020/8/2989)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

علوم الارض والبيئة: كتاب الطالب (الصف العاشر)/ المركز الوطني لتطوير المناهج.- عمان: المركز، 2020

ج1(68) ص.

ر.إ.: 2020/8/2989

الواصفات: علوم الارض/ البيئة/ / التعليم الاعدادي/ / المناهج/

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Lecensing Agency Ltd, Barnard›s Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1441 هـ – 2020 م

قائمةُ المحتوياتِ

المقدمةُ 5

الوحدةُ الأولى: الصخورُ 7

الدرسُ 1: الصخورُ الناريةُ 10

الدرسُ 2: الصخورُ الرسوبيةُ 19

الدرسُ 3: الصخورُ المُتحوِّلةُ 28

الإثراءُ والتوسعُ: الصوفُ الصخريُّ 34

مراجعةُ الوحدةِ 35

الوحدةُ الثانيةُ: النجومُ 37

الدرسُ 1: ماهيةُ النجومِ 40

الدرسُ 2: الأنظمةُ النجميةُ والكوكباتُ 45

الدرسُ 3: دورةُ حياةِ النجومِ 50

الإثراءُ والتوسعُ: مِقرابُ الكُوَّةِ الدائريةِ الصينيُّ (فاست) 56

مراجعةُ الوحدةِ 57

مسردُ المصطلحاتِ 59

قائمةُ المراجعِ 64

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها، لتكون معينًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة.

يُعَدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعْنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحَلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفق أفضل الطرائق المُتَّبَعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات أبنائنا الطلبة والمعلِّمين.

جاء هذا الكتاب مُحقِّقًا لمضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومُؤشِّرات أدائها المُتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومُعتَزٍّ – في الوقت نفسه– بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتُمِدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطالب الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر له فرصًا عديدةً للاستقصاء، وحَلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمَل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يحتوي الجزء الأول من كتاب علوم الأرض والبيئة على وحدتين دراسيتين، هما: الصخور، والنجوم. وتحتوي كل وحدة منهما على تجربة استهلالية، وتجارب وأنشطة استقصائية مُتضمَّنة في الدروس، وقضايا البحث، والموضوع الإثرائي في نهاية كل وحدة. يضاف إلى ذلك الأسئلة التقويمية، بدءًا بالتقويم التمهيدي المُتمثِّل في طرح سؤال ببداية كل وحدة ضمن بند (أتأمَّل الصورة)، وانتهاءً بالأسئلة التكوينية المتنوعة في نهاية كل موضوع من موضوعات الدروس، فضلًا عن الأسئلة التقويمية في نهاية كل درس، والتقويم الختامي في نهاية كل وحدة، التي تتضمَّن أسئلة تثير التفكير، وأُخرى تحاكي أسئلة الاختبارات الدولية (TIMSS)، و(PISA). وقد أُلحِقَ بالكتاب كتاب الأنشطة والتجارب العملية، الذي يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة.

ونحن إذ نُقدِّم الطبعة الأولى (التجريبية) من هذا الكتاب، فإنّا نأمل أنْ يُسهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية لبناء شخصية المُتعلِّم، وتنمية اتجاهات حُبِّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمر، فضلًا عن تحسين الكتاب؛ بإضافة الجديد إلى المحتوى، والأخذ بملاحظات المعلِّمين، وإثراء أنشطته المتنوعة.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدةُ 1

الصخورُ
Rocks

قالَ تعالى:

﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِۦ ثَمَرَٰتٍ مُّخْتَلِفًا أَلْوَٰنُهَا ۚ وَمِنَ ٱلْجِبَالِ جُدَدٌۢ بِيضٌ وَحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَٰنُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ ﴾.

(فاطر، الآيةُ 27)

أتأمَّلُ الصورةَ

كيفَ تكوَّنَتِ الجبالُ الصخريةُ العاليةُ في منطقةِ وادي رَمٍّ جنوبَ الأردنِّ؟ ما علاقتُها ببقيةِ أنواعِ الصخورِ؟

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 تعرَّضَتْ لِعواملَ عِدَّةٍ، منْها: الضغطُ، والحرارةُ، والمحاليلُ الحرمائيةُ.

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، مِطْرقةٌ، قَطّارةٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ في أثناءِ استعمالِ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، والمِطْرقةِ.
- 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.

الدرسُ 1

الصخورُ الناريةُ
Igneous Rocks

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

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُبيِّنُ وجودَ ثلاثةِ أنواعٍ منَ الصخورِ تتكوَّنُ منْها القشرةُ الأرضيةُ.
- أتعرَّفُ أنواعَ الصخورِ الناريةِ.
- أُصنِّفُ الصخورَ الناريةَ وأشكالَها في الطبيعةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

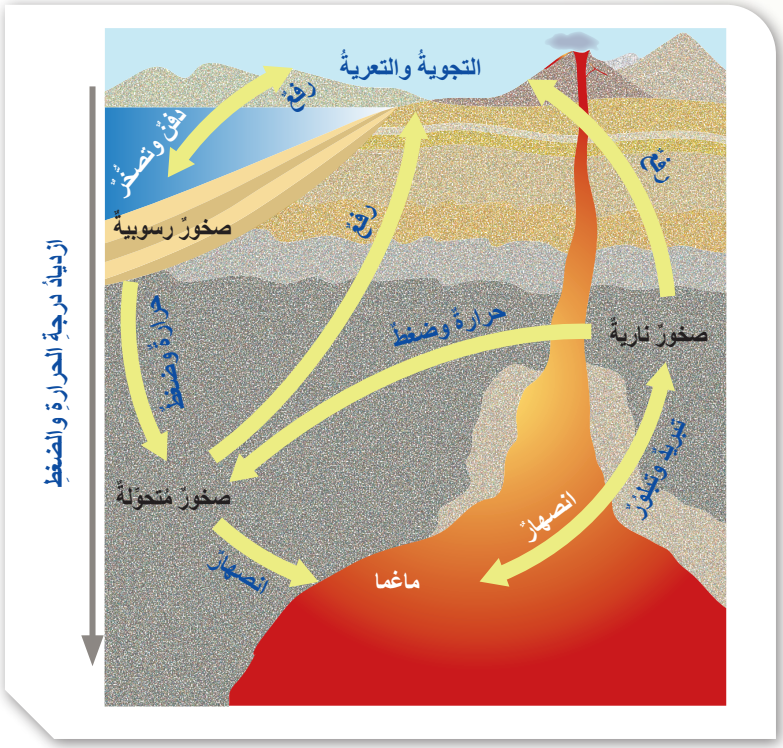
دورةُ الصخورِ	Rock Cycle
الماغما	Magma
اللّابةُ	Lava
الصخورُ الناريةُ الجوفيةُ	Intrusive Igneous Rocks
الصخورُ الناريةُ السطحيةُ	Extrusive Igneous Rocks
النسيجُ	Texture
نسيجٌ خشنُ الحبيباتِ	Coarse Grained Texture
نسيجٌ ناعمُ الحبيباتِ	Fine Grained Texture
النسيجُ الزجاجيُّ	Glassy Texture
النسيجُ السماقيُّ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

دورةُ الصخورِ Rock Cycle

استفادَ الإنسانُ منَ الصخورِ ومُكوِّناتِها المعدنيةِ على مَرِّ العصورِ؛ إذِ 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 الناريةَ؟

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 لعملياتٍ 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؟

أُفكِّرُ 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.

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

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.

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

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).

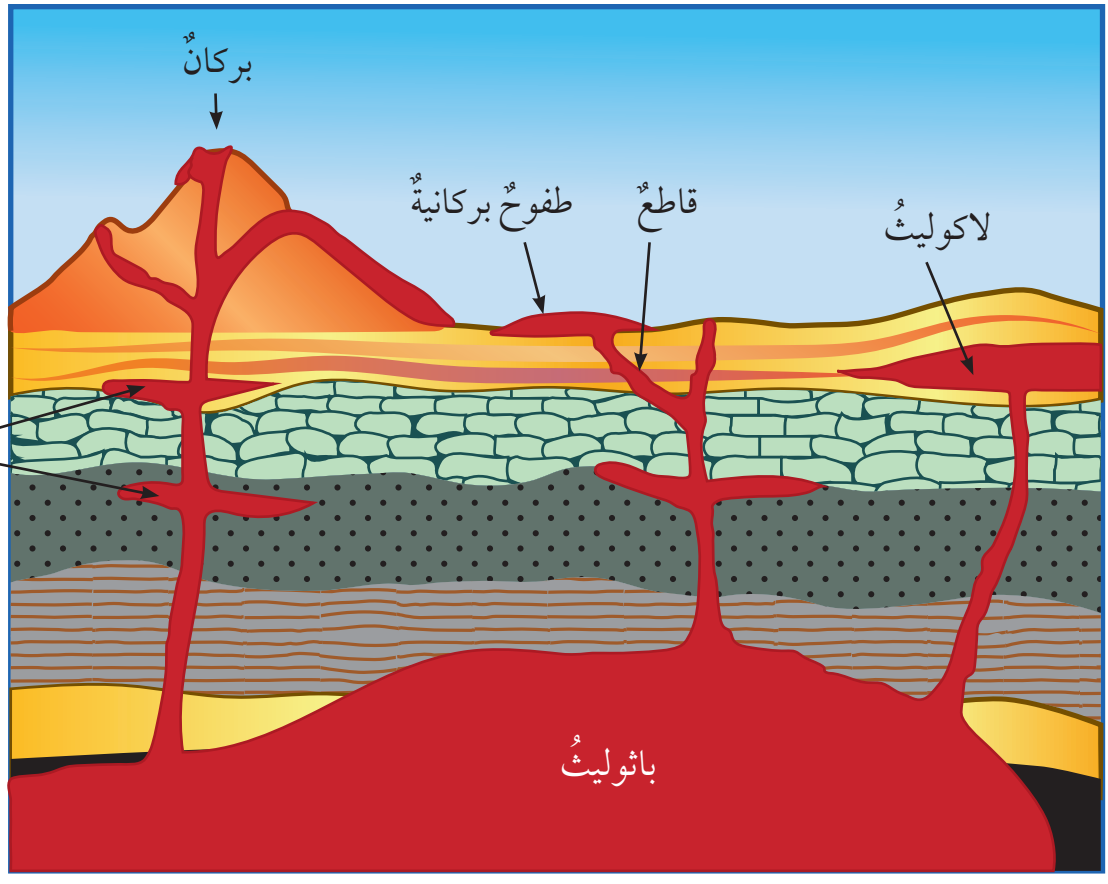
✓ **أتحقَّقُ:** **أُفسِّرُ** سببَ اختلافِ اللّابةِ عنِ الماغما بالرغمِ منْ أنَّهُما يُمثِّلانِ صخورًا مصهورةً.

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.



التجربةُ 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:

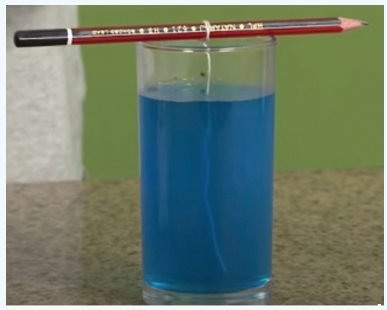
كبريتاتُ النحاسِ ($CuSO_4$)، ماءٌ ساخنٌ، خيطٌ قطنيٌّ، قلمُ رصاصٍ، وعاءانِ زجاجيانِ سعةُ كلٍّ منْهُما (300 ml)، ثلّاجةٌ أوْ حافظةُ حرارةٍ، عدسةٌ مُكبِّرةٌ، ساعةُ توقيتٍ، ميزانُ حرارةٍ، نظّاراتٌ واقيةٌ، قفافيزُ حراريةٌ، ملعقةٌ فلزِّيةٌ.

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 الزجاجييْنِ؛ 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. أُراقبُ تشكُّلَ البلّوراتِ على جوانبِ الوعاءيْنِ، وعلى الخيطِ في كلٍّ منْهُما، ثمَّ أُدوِّنُ الوقتَ الذي بدأتْ فيهِ البلّوراتُ تتشكَّلُ، وأحرصُ على مراقبةِ عمليةِ تبريدِ الوعاءيْنِ في مُدَدٍ مُحدَّدةٍ.
7. أُلاحِظُ 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 بصِغرِ حجمِها؟

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 بكِبرِ حجمِ بلّوراتِها، لذلكَ يكونُ نسيجُها خشنَ الحبيباتِ Coarse Grained Texture، في حينِ تمتازُ الصخورُ الناريةُ السطحيةُ ببلّوراتٍ صغيرةِ الحجمِ لا تُرى بالعينِ المُجرَّدةِ، فيكونُ نسيجُها ناعمَ الحبيباتِ Fine Grained Texture، أنظرُ الشكلَ (6).

عندَ تعرُّضِ اللّابةِ المنسابةِ على سطحِ الأرضِ لتبريدٍ 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.

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.

منَ الأنسجةِ الأُخرى المشهورةِ في الصخورِ الناريةِ **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).

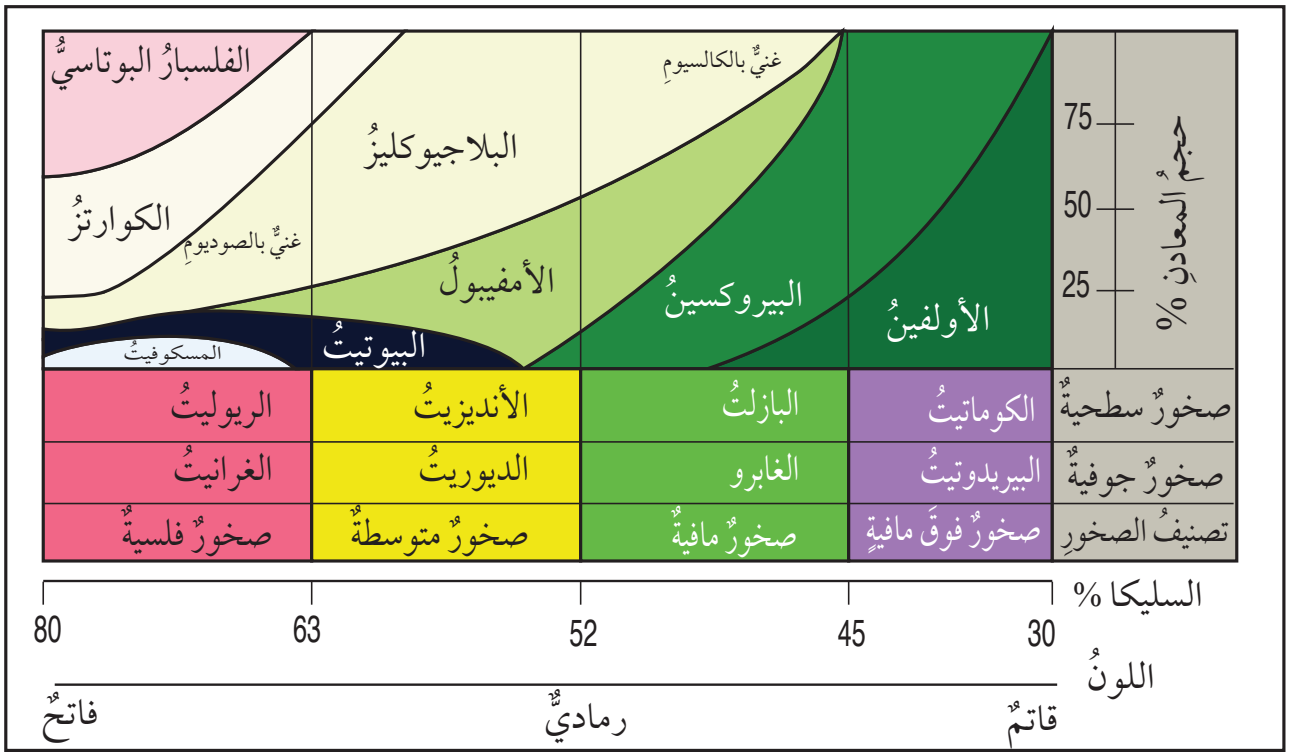
أمّا **النسيجُ الفقاعيُّ** Vesicular Texture فيتكوَّنُ نتيجةً لخروجِ الغازاتِ منَ اللّابةِ وهيَ على سطحِ الأرضِ، فتتكوَّنُ مجموعةٌ منَ الفجواتِ أوِ الثقوبِ التي تُميِّزُ هذا النسيجَ، وهوَ ما يُمكِنُ أنْ نَلحظَهُ في صخرِ الخفافِ، أنظرُ الشكلَ (9).

✓ **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.



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 الاسوادِ) 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.

مراجعةُ الدرسِ

1. **أُصنِّفُ** الصخورَ الناريةَ 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 الناريةِ السطحيةِ على سطحِ الأرضِ.

الصخورُ الرسوبيةُ

Sedimentary Rocks

الدرسُ 2

الفكرةُ الرئيسةُ:

تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ نتيجةَ تصخُّرِ الرسوبياتِ على شكلِ طبقاتٍ متتاليةٍ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

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

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

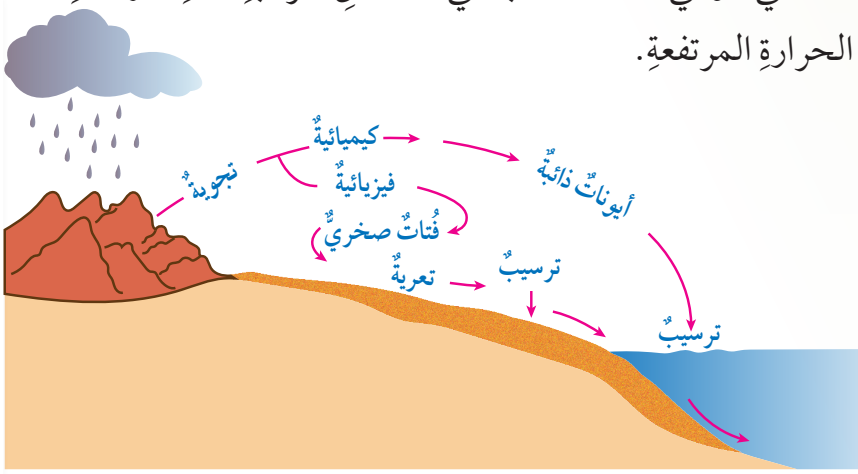
الرسوبياتُ	Sediments
التصخُّرُ	Lithification
التراصُّ	Compaction
الالتحامُ	Cementation
الصخورُ الرسوبيةُ الفُتاتيةُ	Clastic Sedimentary Rocks
الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ	Chemical Sedimentary Rocks
الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ الحيويةُ	Biochemical Sedimentary Rocks
الطبقيةُ المُتدرِّجةُ	Graded-Bedding
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؟

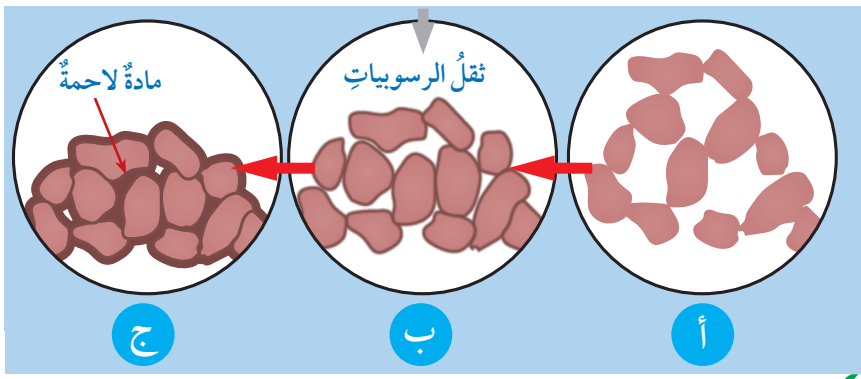
يُؤثِّرُ نوعُ التجويةِ في نوعِ الصخرِ الرسوبيِّ المُتكوِّنِ، ولا تبقى الموادُ الناتجةُ منْ عملياتِ التجويةِ في مكانِها غالبًا؛ إذْ تُحرِّكُها عمليةُ التعريةِ عنْ طريقِ أحدِ عواملِ التعريةِ، مثلِ: المياهِ الجاريةِ، والرياحِ، والجليدياتِ، وتنقلُها إلى أماكنِ الترسيبِ (حوضُ الترسيبِ)، حيثُ تُلقي حمولتَها 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 يتواردُ 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، فترسَّبُ 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؟

أفكِّرُ 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.

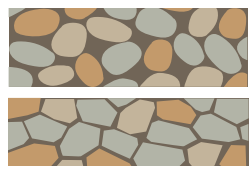
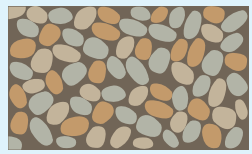
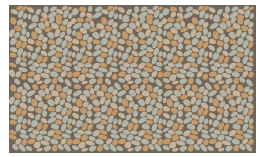
تصنيفُ الصخورِ الرسوبيةِ Classification of Sedimentary Rocks

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.

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

حجمُ الحبيباتِ	اسمُ الراسبِ	النسيجُ	اسمُ الصخرِ
2 mm <	الحصباءُ.		صخرُ الكونغلوميريتِ Conglomerate، أوِ 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.

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).

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).

أ- الصخرُ الرمليُّ.

ب- صخرُ الغضارِ.

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 الرسوبياتُ، وتتصلَّبُ مُكوِّنةً صخورًا جيريةً، أنظرُ الشكلَ (17).

يُمكِنُ تعرُّفُ خصائصِ الصخورِ الرسوبيةِ الكيميائيةِ بتنفيذِ التجربةِ الآتيةِ.

* المعادلتانِ للاطِّلاعِ فقطْ.

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

التجربةُ 2

الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ

الموادُّ والأدواتُ:

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

إرشاداتُ السلامةِ:

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

خطواتُ العملِ:

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

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

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

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

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

4 - **أُفسِّرُ**: أيُّهُما 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.

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 تترسَّبُ 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 أصدافِ مجهريةٍ لكائناتٍ حيةٍ مُكوَّنةٍ 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.

أ- الكوكينا.

ب- الصُّوّانُ.

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

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.

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."

الدرسُ 3

الصخورُ المُتحوِّلةُ
Metamorphic Rocks

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 المُتقاربةِ 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 عاملِ 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.

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

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

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؟

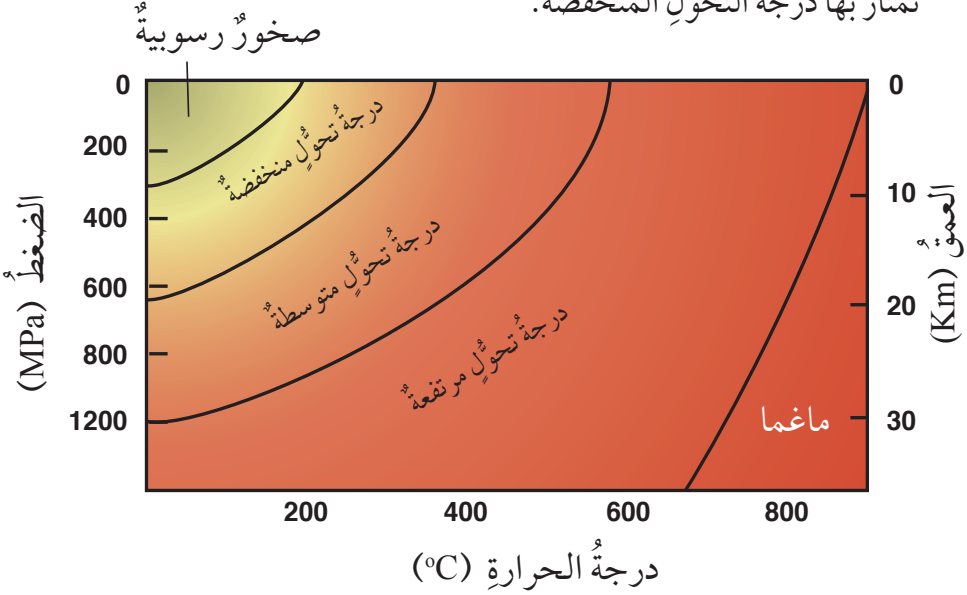
الشكلُ (21): صخرُ الرخامِ الذي يتكوَّنُ نتيجةَ التحوُّلِ التَّماسيِّ.

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 قليليْنِ 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؟

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.

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؟

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

الربطُ بالتاريخِ

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 بكميّاتٍ اقتصاديةٍ في وسطِ الأردنِّ وشمالِهِ.

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 إضافيَيْنِ، فماذا يحدثُ لها؟

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.

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 والمُنْدَسّاتِ 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 يُعَدُّ 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:

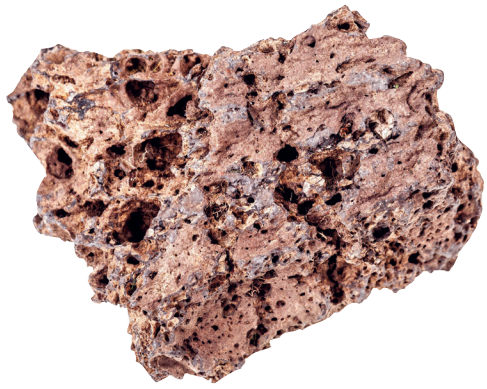
أُقارِنُ بينَ كلِّ زوجٍ ممّا يأتي:

أ - الماغما واللّابةُ منْ حيثُ أماكنُ وجودِها، ومُكوِّناتُها .

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

السؤالُ السادسُ:

أُوضِّحُ كيفيةَ تكوُّنِ النسيجِ الفقاعيِّ.



السؤالُ السابعُ:

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

الغابرو، البيريدوتيتُ، الغرانيتُ، الديوريتُ.

السؤالُ الثامنُ:

أُقوِّمُ العبارةَ الآتيةَ:

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

السؤالُ التاسعُ:

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

السؤالُ العاشرُ:

أُوضِّحُ: كيفَ تتكوَّنُ الصخورُ الرسوبيةُ الكيميائيةُ؟

السؤالُ الحادي عشرَ:

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

السؤالُ الثاني عشرَ:

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

الشيستُ، الفيليتُ، النايسُ، الأردوازُ.

السؤالُ الثالثَ عشرَ:

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

السؤالُ الرابعَ عشرَ:

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

الوحدةُ 2

النجومُ
Stars

قالَ تعالى:

﴿ فَلَآ أُقۡسِمُ بِمَوَٰقِعِ ٱلنُّجُومِ ٧٥ وَإِنَّهُۥ لَقَسَمٞ لَّوۡ تَعۡلَمُونَ عَظِيمٌ ٧٦ ﴾

(الواقعة، الآيتانِ: 75– 76).

أتأمَّلُ الصورةَ

تُمثِّلُ الصورةُ سحابةَ ماجلّانَ الصغرى Small Cloud Magellanic التي تحوي عددًا هائلًا منَ النجومِ المختلفةِ. فيمَ تختلفُ النجومُ عنْ بعضِها؟

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.

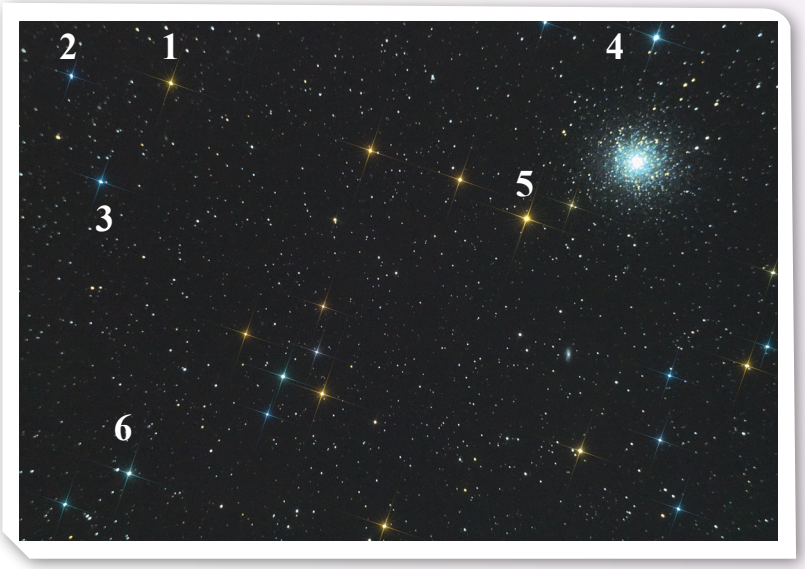
الدرسُ الثالثُ: دورةُ حياةِ النجومِ.

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

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.

الدرسُ 1

ماهيةُ النجومِ

What Are The Stars?

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.

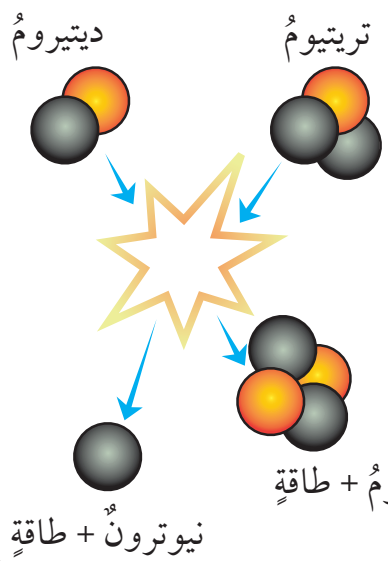
ما النجمُ؟ What Is The Star?

يُعرَّفُ النجمُ Star بأنَّهُ جرمٌ 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، وحجمِها، ودرجاتِ حرارتِها، وذلكَ بتحليلِ أطيافِ الأشعةِ المُنبعثةِ 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.

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

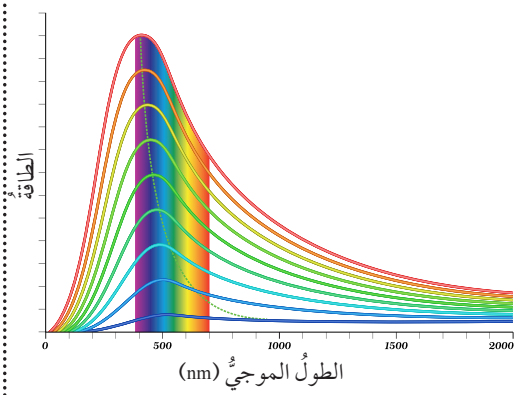
قدْ تبدو جميعُ النجومِ أولَ نظرةٍ نقاطًا لامعةً مضيئةً في السماءِ. ولكنْ، إنْ نظرْنا إليْها باستخدامِ المِقرابِ سنجدُها مختلفةً في ألوانِها كما في الشكلِ (2)؛ إذْ إنَّها تلمعُ مثلَ الجواهرِ الملونةِ على خلفيةٍ مخمليةٍ سوداءَ.

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؟

الربطُ بالفيزياءِ

يَشِعُّ النجمُ عندَ درجةِ حرارةٍ مُعيَّنةٍ حزمةً منَ الموجاتِ المُتقارِبةِ 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).



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).

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

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

التجربةُ 1

الكشفُ عنْ ألوانِ النجومِ

الموادُّ والأدواتُ:

شريطٌ كهربائيٌّ، سلكانِ موصلانِ، بطّاريةٌ جافَّةٌ ضعيفةٌ (قديمةٌ)، مصباحٌ كهربائيٌّ، بطّاريتانِ جافَّتانِ جديدتانِ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ عندَ لمسِ المصباحِ الكهربائيِّ باليدِ في أثناءِ تسخينِهِ.

- خطواتُ العملِ:

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

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أقارنُ** لونَ سلكِ المصباحِ في الحالاتِ الثلاثِ السابقةِ، ثمَّ أُدوِّنُ ملاحظاتي.
2. **أصفُ** 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.

حجومُ النجومِ Star Sizes

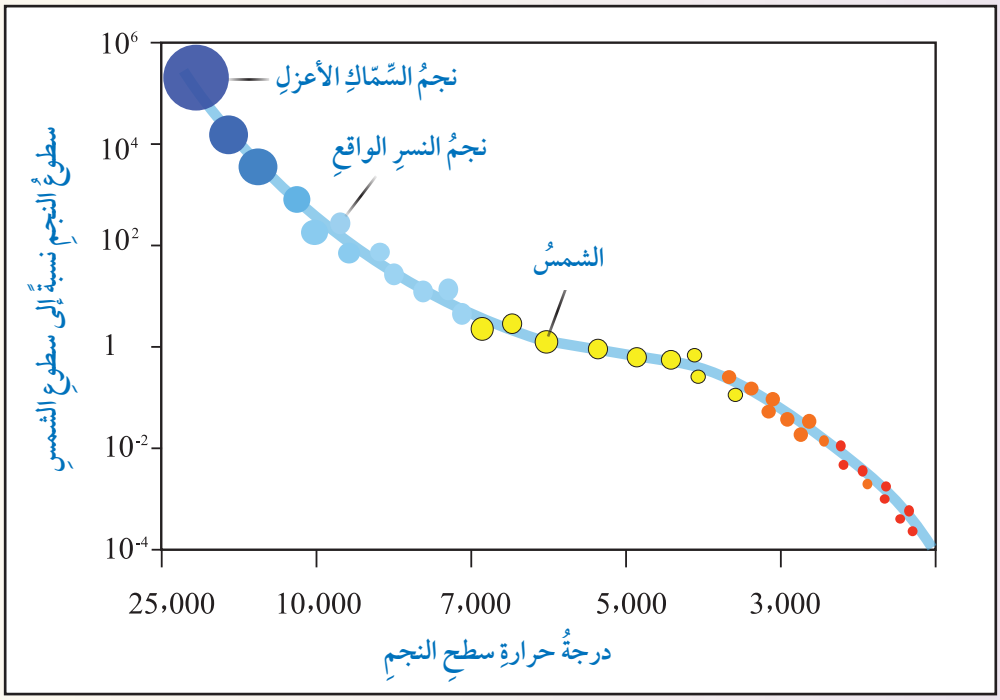
عندَ النظرِ إلى النجومِ في السماءِ، فإنَّها تبدو جميعًا كنقاطِ ضوءٍ منَ الحجمِ نفسِهِ. فهلْ تبدو لَنا النجومُ بحجمِها الحقيقيِّ؟

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.

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).

أُفكّرُ النجمُ سيريوس Sirius أكثرُ سطوعًا بمقدارِ ضعفيْنِ 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؟

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.

الدرسُ 2 الأنظمةُ النجميةُ والكوكباتُ
Stellar Systems and Constellation

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.

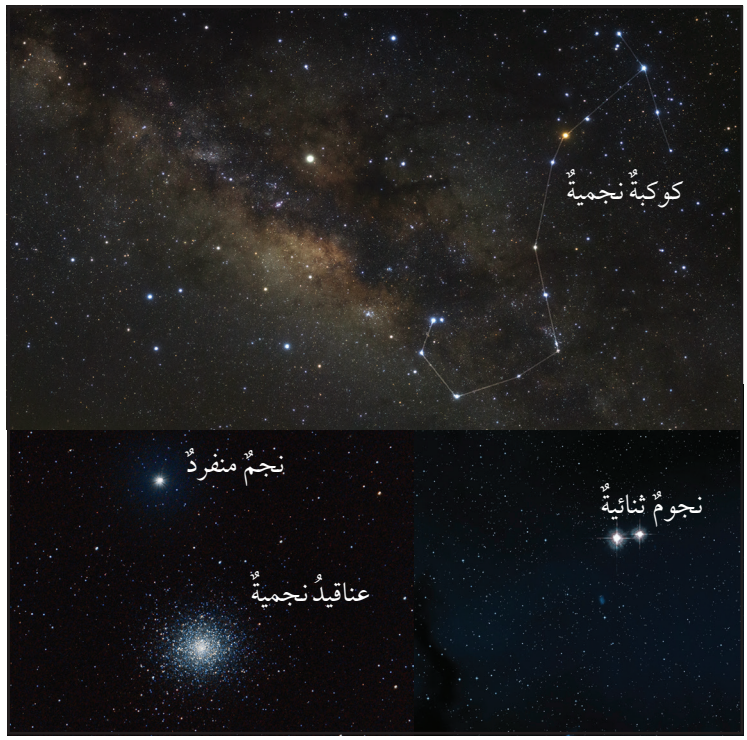
المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

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).



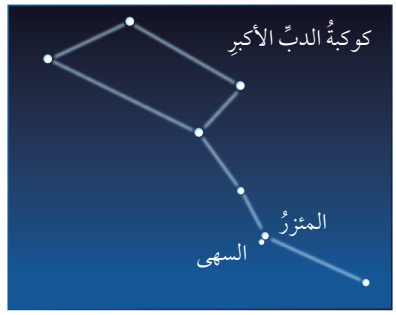
الشكلُ (4): الأشكالُ المختلفةُ للنجومِ في السماءِ.
أَصِفُ الشكلَ الذي تظهرُ بهِ العناقيدُ النجميةُ.

أتحقَّقُ: كيفَ توجدُ النجومُ في السماءِ؟

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.

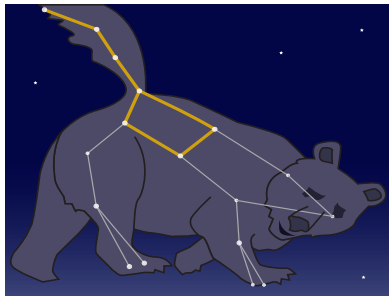
سُمِّيَتِ العناقيدُ النجميةُ بهذا الاسمِ؛ لأنَّ لها شكلًا يُشْبِهُ عنقودَ العنبِ، وهيَ تنقسمُ إلى مجموعتيْنِ، تبعًا للمسافةِ التي تفصلُ بينَ نجومِها، هما: العناقيدُ النجميةُ المفتوحةُ التي تفصلُ بينَ نجومِها مسافاتٌ كبيرةٌ، فتبدو نجومُها مُبعثَرةً غيرَ متراصَّةٍ؛ والعناقيدُ النجميةُ المغلقةُ التي تكونُ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

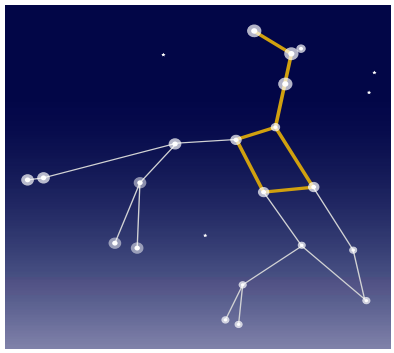
✓ **أتحقَّقُ:** أُوضِّحُ المقصودَ بالنجومِ المُتعدِّدةِ.

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.

الكوكباتُ وكوكباتُ البروجِ Constellation and Zodiac

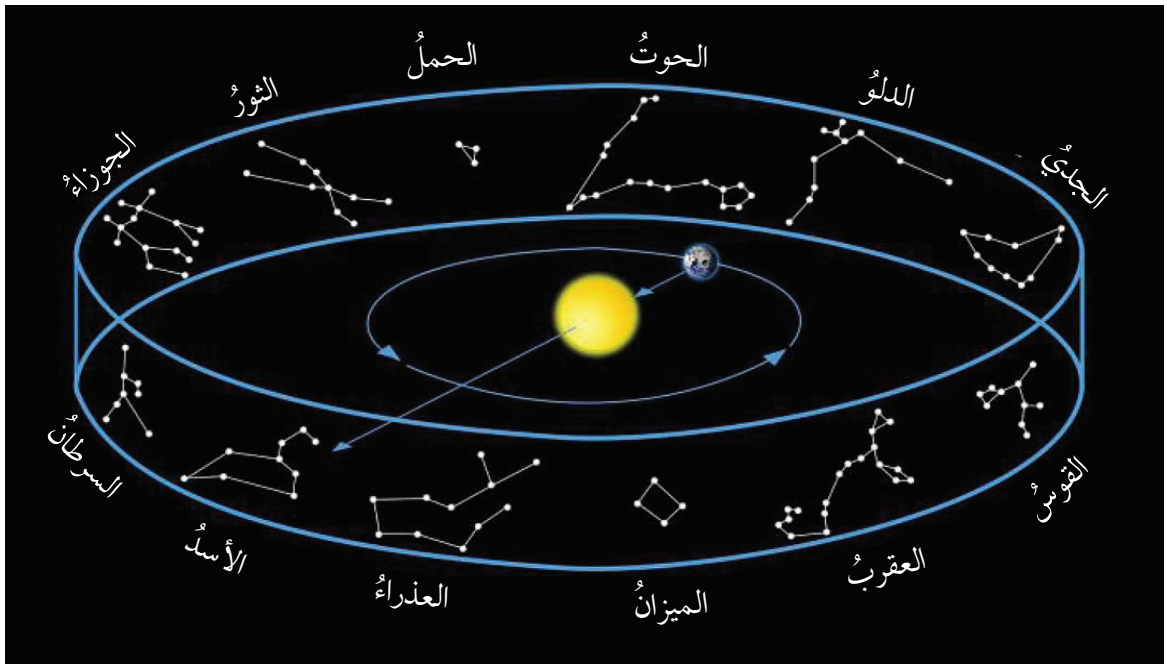
تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ الكوكباتِ Constellation هيَ مجموعاتٌ نجميةٌ لا ترتبطُ نجومُها بقوًى جذبيةٍ في ما بينَها؛ لذا تُسمّى المجموعاتِ النجميةَ الظاهريةَ؛ إذْ تظهرُ بأشكالِها المختلفةِ نتيجةَ انعكاسِ الأشعةِ الواصلةِ منْها إلى الأرضِ. وقدْ أطلقَ عليْها القدماءُ منَ الإغريقِ والمصريينَ أسماءً مُحدَّدةً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





الشكلُ (7): كوكبةُ الدبِّ الأكبرِ.

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 جِرمٍ في السماءِ (النجومُ، المجرّاتُ، السديمُ الكونيُّ) تابعًا لكوكبةٍ ما. أمّا أشهرُ 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 (8): كوكباتُ البروجِ.

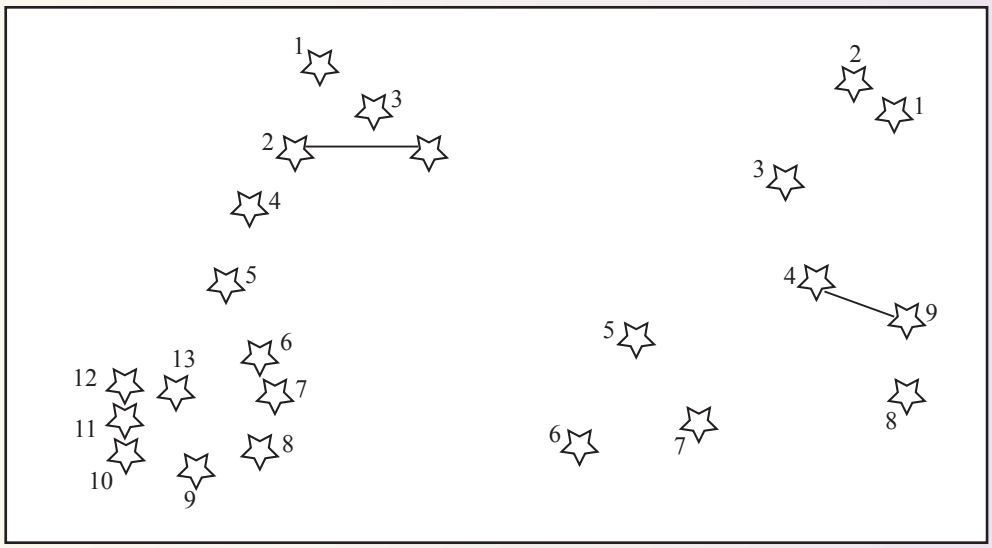
أُوضِّحُ: ما البرجُ الذي تقطعُهُ الشمسُ في أثناءِ مسارِها الظاهريِّ حولَ الأرضِ، ويُمكِنُ للراصدِ أنْ يُشاهِدَهُ منَ الأرضِ؟

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 لكوكبَتَي البروجِ السابقةِ كما تظهرُ لديَّ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

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

3- أرصدُ السماءَ ليلًا، ثمَّ أرسمُ ما يُمكِنُني 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؟

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، الآيةُ 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، الآيةُ ٦٥).

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

الربطُ بالأدبِ

استخدمَ العربُ قديمًا النجومَ في حياتِهمُ 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 الفَلكِ."

الدرس 3

دورةُ حياةِ النجومِ
The Life Cycle Of Stars

الفكرةُ الرئيسةُ :

تمرُّ النجومُ بمراحلَ عمريةٍ مختلفةٍ طويلةٍ جدًّا قدْ تبلغُ لملياراتِ 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.

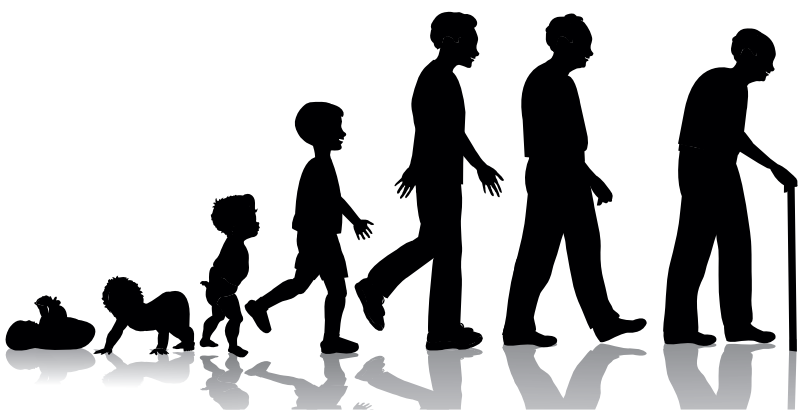
المفاهيمُ والمصطلحاتُ :

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 ملياراتِ 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؟



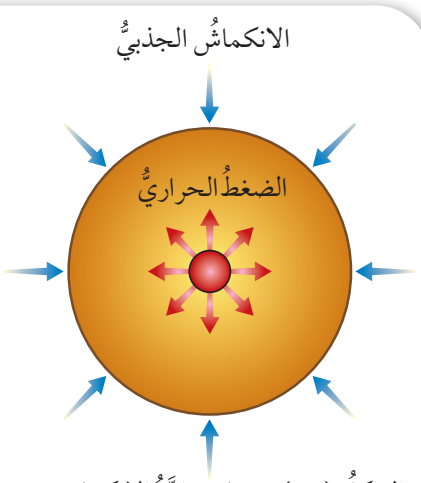
الشكلُ (9): المراحلُ العمريةُ المختلفةُ التي قدْ يمرُّ بها الإنسانُ.

الشكلُ (10): ولادةُ النجمِ الأوليِّ منَ السديمِ.

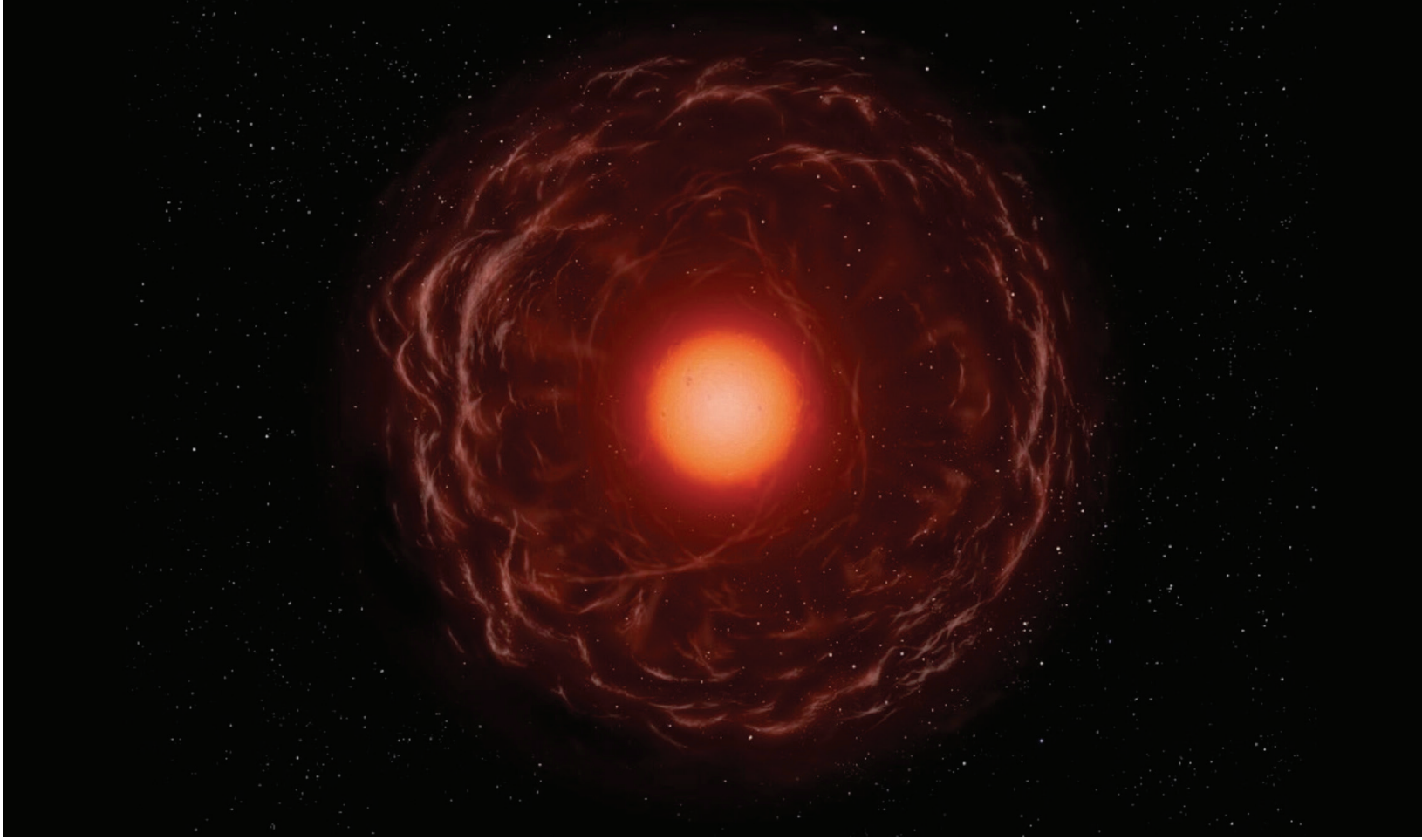
تبدأُ حياةُ النجومِ جميعًا منَ السديمِ Nebula، ويُعَدُّ اكتشافُهُ أحدَ أهمِّ الأدلةِ على وجودِ دورةِ حياةٍ للنجومِ؛ إذْ تُمثِّلُ السُّدُمُ الحاضناتِ التي تولَدُ فيها النجومُ. وفي الجزءِ الأكثرِ كثافةً منَ السديمِ يبدأُ انكماشُ مادةِ السديمِ نحوَ قلبِ النجمِ بفعلِ تأثيرِ الجاذبيةِ، وتزدادُ الطاقةُ الحركيةُ 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.



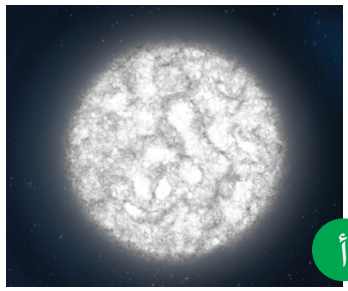
الشكلُ (11): تتساوى قوَّةُ الانكماشِ الجذبيِّ نحوَ الداخلِ معَ الضغطِ الحراريِّ نحوَ الخارجِ، في مرحلةِ التتابعِ الرئيسِ.

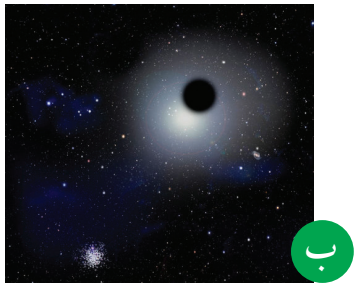


الشكلُ (12): العملاقُ الأحمرُ.

حينَ يبدأُ الوَقودُ النوويُّ بالنفادِ منْ قلبِ نجمِ التتابعِ الرئيسِ، يُسخَّنُ الغلافُ الهيدروجينيُّ الذي يحيطُ بهِ 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.





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

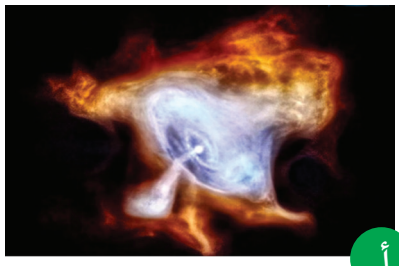
موتُ النجومِ The Deaths of Stars

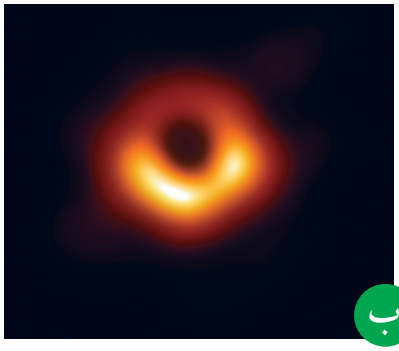
تموتُ النجومُ (بالمفهومِ الفَلكيِّ) عندما يفقدُ العملاقُ الأحمرُ الوَقودَ النوويَّ، فيُكوِّنُ سديمًا كوكبيًّا Planetary Nebula، وهوَ سديمٌ يمتازُ بشكلِهِ الكرويِّ، وكثافتِهِ الكبيرةِ جدًّا. أمّا مادةُ قلبِ السديمِ الكوكبيِّ المُتبقِّيةُ فتُكوِّنُ نجمًا يُسمّى القزمَ الأبيضَ White Dwarf كما في الشكلِ (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).

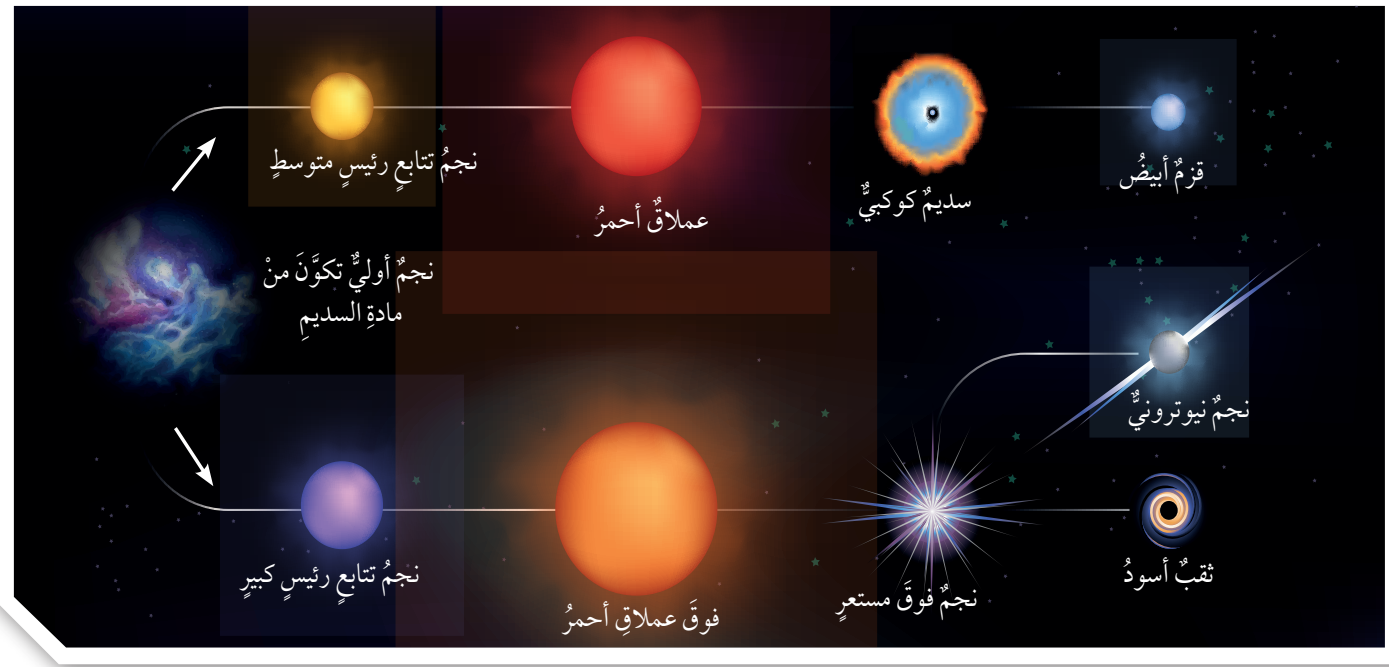
تمتازُ النجومُ النيوترونيةُ بأنَّها أصغرُ حجمًا منَ الأقزامِ البيضِ؛ إذْ يبلغُ قُطْرُها (25 km) تقريبًا، وتزيدُ كثافتُها مليونَ مَرَّةٍ على كثافةِ الأقزامِ البيضِ. وفي حالِ زادَتِ الكتلةُ المُتبقِّيةُ في قلبِ النجمِ على كتلةِ الشمسِ بنحوِ ثلاثِ مَرّاتٍ، فإنَّهُ ينتهي على صورةِ ثقبٍ أسودَ. والثقبُ الأسودُ 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.



الشكلُ (15): دورةُ حياةِ النجومِ التي تبدأُ بالنجمِ الأوليِّ الذي تَكوَّنَ منْ مادةِ السديمِ الكونيِّ، وتنتهي بموتِ النجمِ في صورةِ قزمٍ أبيضَ، أوْ نجمٍ نيوترونيٍّ، أوْ ثقبٍ أسودَ.

أتتبَّعُ دورةَ حياةِ نجمِ تتابعٍ رئيسٍ كبيرٍ.

يُمثِّلُ الشكلُ (15) مُلخَّصًا لمراحلِ دورةِ حياةِ النجومِ.

دورةُ حياةِ الشمسِ Life Cycle of the Sun

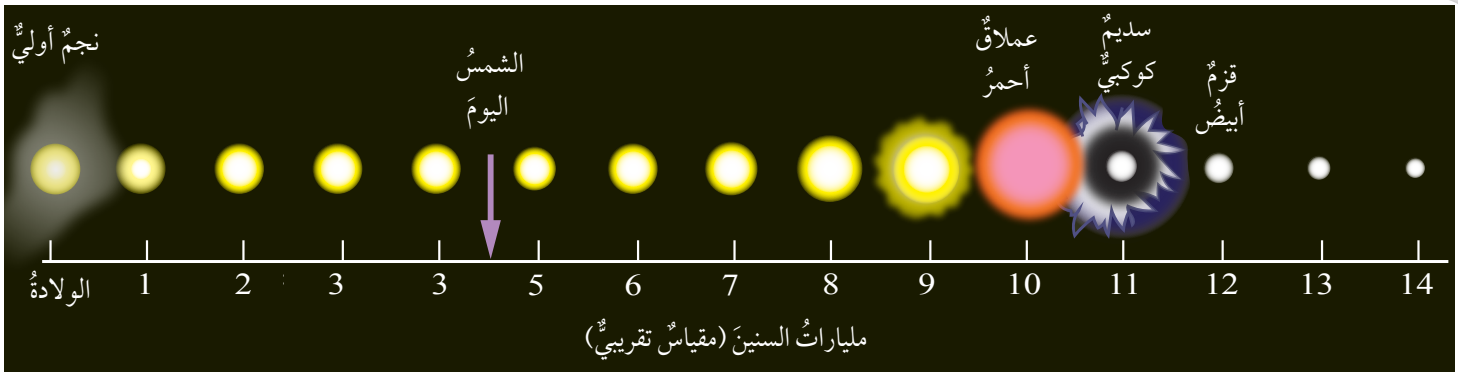
تُعَدُّ الشمسُ أحدَ النجومِ متوسطةِ الحجمِ، ويُقدِّرُ العلماءُ عمرَها الآنَ بـنحوِ (4.6) مليارات سنةٍ؛ أيْ إنَّها ما تزالُ شابَّةً، وفي أكثرِ مراحلِ حياتِها استقرارًا. ولكنْ، كمْ سنةً يُتوقَّعُ أنْ يستمرَّ إشراقُ الشمسِ ولمعانُها؟ متى يُتوقَّعُ أنْ تنتهيَ حياتُها؟ أنظرُ الشكلَ (16) الذي يُمثِّلُ دورةَ 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 ملياريْ سنةٍ أُخرى.

أتحقَّقُ: أتتبَّعُ المراحلَ التي تمرُّ بها الشمسُ.

الشكلُ (16): دورةُ حياةِ الشمسِ.

أُبيِّنُ: ما العمرُ الذي قدَّرَهُ العلماءُ لموتِ الشمسِ؟

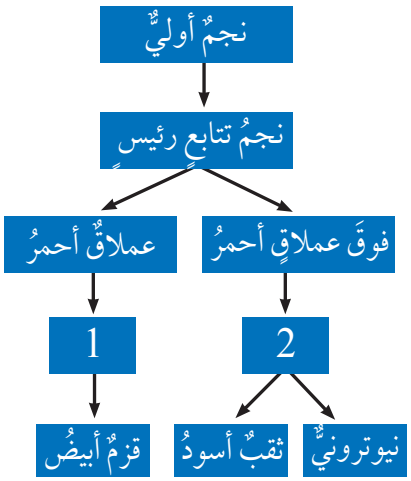


أُفكّرُ

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؟

مِقرابُ الكُوَّةِ الدائريةِ الصينيُّ (فاست)

Five - hundred - meter Aperture Spherical Telescope (FAST)

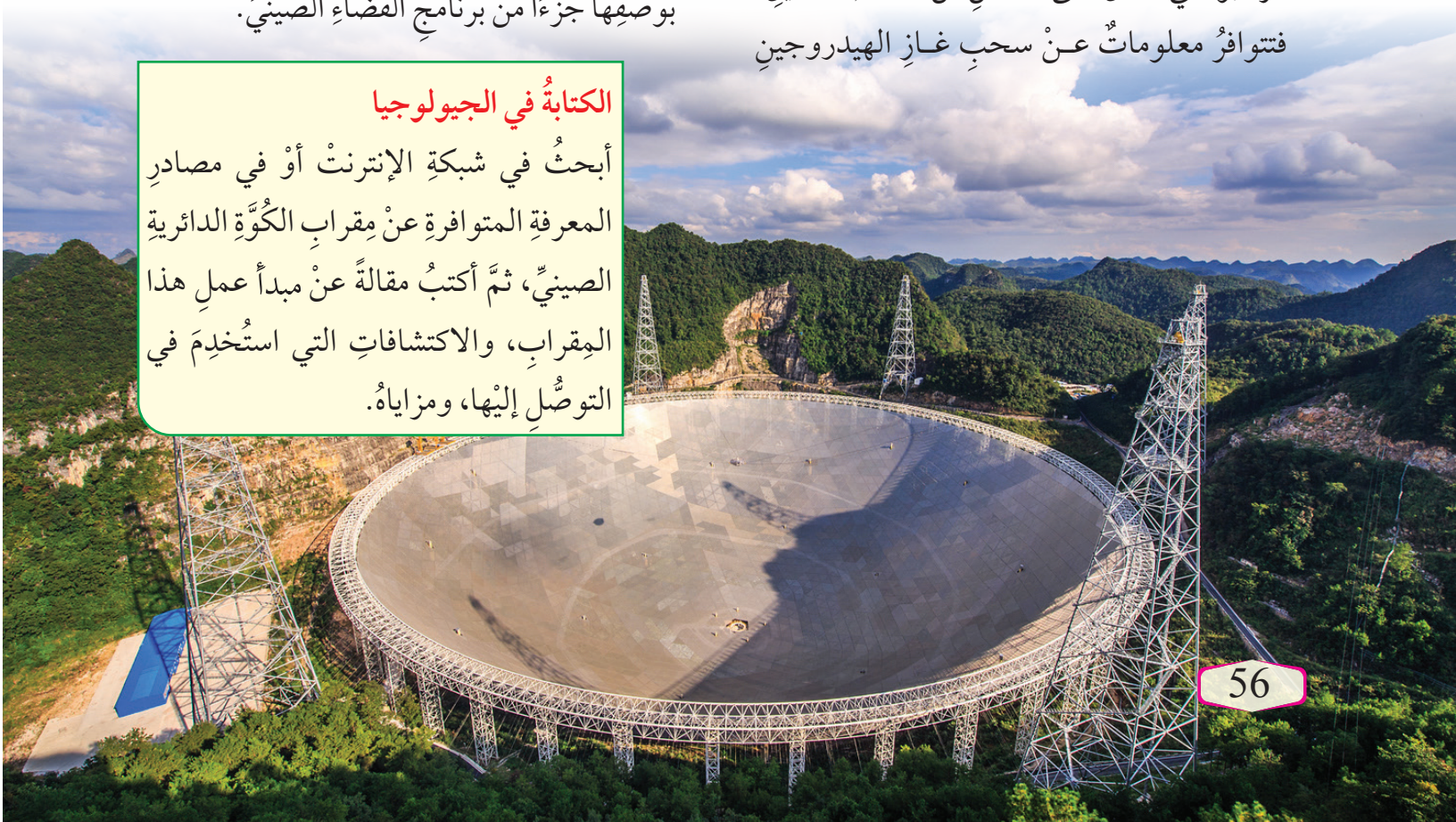
يُعَدُّ هذا المِقرابُ الأكبرَ حجمًا بينَ المقاريبِ (التلسكوباتُ) الراديويةِ في العالَمِ، وهوَ يمتازُ بتصميمٍ مُبتكَرٍ؛ إذْ يبلغُ قُطْرُهُ (500m)، ويتكوَّنُ منْ (4450) لوحًا؛ ما يعطيهِ مساحةَ تجميعٍ تَقْربُ منْ ($196000m^2$)، وهذا يُعادِلُ مساحةَ (30) ملعبَ كرةِ قدمٍ. بدأَ تنفيذُ مشروعِ FAST عامَ 2011م، 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.



السؤالُ الأولُ:

أوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ ممّا يأتي:

سطوعُ النجومِ، النجومُ النيوترونيةُ، النجومُ المُتعدِّدةُ.

السؤالُ الثاني:

أُرتِّبُ النجومَ الآتيةَ تنازليًّا بحسبِ درجاتِ حرارتِها السطحيةِ: النجومُ البرتقاليةُ، النجومُ الصفراءُ، النجومُ الزرقاءُ.

السؤالُ الثالثُ:

أتنبَّأُ بما سيحدثُ لسطوعِ الشمسِ إذا زادَ حجمُها أضعافَ ما كانَتْ عليْهِ، وأربطُ ذلكَ بإمكانيةِ الحياةِ على سطحِ الأرضِ.

السؤالُ الرابعُ:

أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثِّلُ مجموعةً منَ الكوكباتِ النجميةِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

أ - أذكرُ أسماءَ الكوكباتِ النجميةِ الواردةِ في الشكلِ.

ب- أُوضِّحُ المقصودَ بالكوكبةِ النجميةِ.

ج- **أُفسِّرُ** سببَ عدمِ تصنيفِ العلماءِ المجموعاتِ النجميةَ الواردةَ في الشكلِ ضمنَ كوكباتِ البروجِ.

د- **أُقارِنُ**: ما أوجهُ التشابُهِ والاختلافِ بينَ الكوكباتِ النجميةِ؟

السؤالُ الخامسُ:

أبحثُ في صحَّةِ العبارةِ الآتيةِ:

"يُعتقَدُ أنَّ تكوينَ نظامِ الأرضِ هوَ نتيجةٌ طبيعيةٌ لتكوينِ النجومِ."

السؤالُ السادسُ:

أُفسِّرُ: يُعَدُّ اكتشافُ السُّدُمِ الكونيةِ أحدَ أهمِّ الأدلةِ على وجودِ دورةِ حياةٍ للنجومِ.

السؤالُ السابعُ:

أُبيِّنُ كيفَ يتكوَّنُ نجمُ التتابعِ الرئيسِ.

السؤالُ الثامنُ:

أُفسِّرُ: لماذا سُمِّيَتِ النجومُ العملاقةُ الحمراءُ بهذا الاسمِ؟

السؤالُ التاسعُ:

أستخلصُ الأسبابَ التي تجعلُ قزمًا أبيضَ يتطوَّرُ إلى قزمٍ أسودَ.

السؤالُ العاشرُ:

أُعلِّلُ:

أ - تتناسبُ كتلةُ النجمِ عكسيًّا معَ مدَّةِ حياتِهِ.

ب- يقتصرُ ظهورُ بعضِ المجموعاتِ النجميةِ على فصولٍ مُحدَّدةٍ.

السؤالُ الحادي عشرَ:

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 المئزرِ والسهى هما مثالانِ على نظامٍ:

أ - النجومِ المُتعدِّدةِ. ب- النجومِ الثنائيةِ.

ج- العناقيدِ النجميةِ. د- الكوكباتِ.

4. عددُ كوكباتِ البروجِ 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.

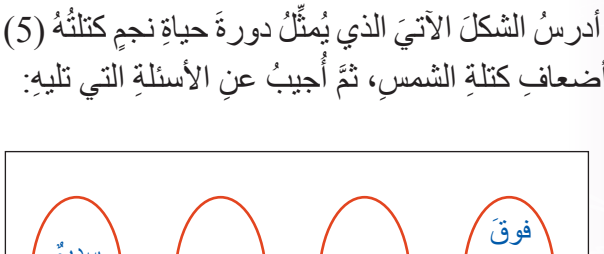
7. الدائرةُ التي تصنعُها الشمسُ في أثناءِ حركتِها الظاهريةِ حولَ الأرضِ تُسمّى:

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.

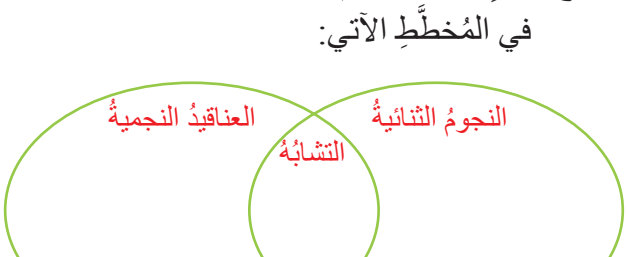
السؤالُ الرابعَ عشرَ:

تُعَدُّ النجومُ الثنائيةُ أحدَ الأنظمةِ النجميةِ في السماءِ. بناءً على ما تعلَّمْتُهُ، أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ- أُوضِّحُ المقصودَ بالنجومِ الثنائيةِ.

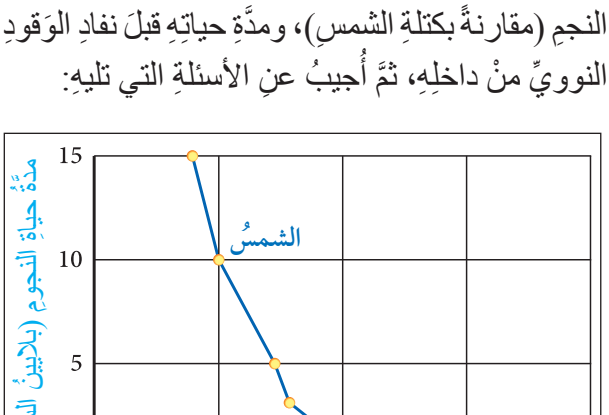
ب- أذكرُ مثالًا على النجومِ الثنائيةِ.

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) مَرَّةٍ؟

ب- كمْ سيعيشُ نجمٌ كتلتُهُ تساوي (3) أضعافِ كتلةِ الشمسِ؟

ج- أكتبُ فقرةً منْ سطريْنِ أُوضِّحُ فيها العلاقةَ بينَ كتلةِ النجمِ ومدَّةِ حياتِهِ.

(أ)

التحامٌ Cementation: تخلُّلُ المحاليلِ المائيةِ الفراغاتَ الموجودةَ في الرسوبياتِ؛ ما يؤدي إلى ترسُّبِ بعضِ الموادِّ المعدنيةِ التي تحملُها في تلكَ الفراغاتِ. وعندما تتصلَّبُ، فإنَّها تربطُ حبيباتِ الصخرِ ببعضِها.

اندماجاتٌ نوويةٌ Nuclear Fusions: اندماجاتٌ تحدثُ في قلبِ النجمِ؛ إذْ تَتَّحِدُ 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.

أنظمةٌ نجميةٌ Stellar Systems: مجموعةُ نجومٍ ترتبطُ فيما بينَها بقوى جذبٍ تجعلُها تدورُ حولَ بعضِها. وهيَ تنقسمُ إلى أقسامٍ عِدَّةٍ، مثلِ: النجومِ الثنائيةِ، والنجومِ المُتعدِّدةِ.

(ت)

تحوُّلٌ Metamorphism: عمليةٌ تحدثُ في الصخورِ نتيجةَ تعرُّضِها لعواملِ التحوُّلِ (الحرارةُ، الضغطُ، المحاليلُ المائيةُ الحارةُ)؛ ما يؤدي إلى تغيُّرِ نسيجِ الصخرِ، أوْ تركيبِهِ المعدنيِّ، أوْ كليْهِما وهوَ في الحالةِ الصُّلْبةِ، مُنتِجًا بذلكَ صخورًا جديدةً.

تحوُّلٌ إقليميٌّ Regional Metamorphism: أحدُ أنواعِ التحوُّلِ الذي يحدثُ على مساحةٍ واسعةٍ منَ الصخورِ نتيجةَ الحرارةِ والضغطِ المرتفعيْنِ عندَ حدودِ الصفائحِ الأرضيةِ؛ ما يتسبَّبُ في إعادةِ تبلوُرِ المعادنِ المُكوِّنةِ لها، وتكوينِ معادنَ جديدةٍ، فتنتجُ صخورٌ جديدةٌ تمتازُ بنسيجِها المُتورِّقِ.

تحوُّلٌ بالدفنِ Burial Metamorphism: أحدُ أنواعِ التحوُّلِ الذي يحدثُ نتيجةَ دفنِ الصخورِ الرسوبيةِ في أعماقٍ كبيرةٍ بباطنِ الأرضِ، حيثُ تتعرَّضُ الصخورُ لدرجاتِ حرارةٍ وضغطٍ مرتفعيْنِ، وتتحوَّلُ الصخورُ الأصليةُ وهيَ في الحالةِ الصُّلْبةِ إلى صخورٍ جديدةٍ.

تحوُّلٌ تماسيٌّ Contact Metamorphism: أحدُ أنواعِ التحوُّلِ الذي يحدثُ عندما تلامسُ 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.

تراصٌّ Compaction: عمليةٌ تحدثُ بسببِ الضغطِ الناتجِ منْ تراكمِ الرسوبياتِ فوقَ بعضِها على شكلِ طبقاتٍ، ويعملُ الضغطُ الناتجُ منْ ثقلِ الرسوبياتِ على تقليصِ الفراغاتِ بينَ الحبيباتِ، فتصبحُ أقلَّ حجمًا، ويقلُّ سُمْكُ الطبقاتِ الناتجةِ.

تشقُّقاتٌ طينيةٌ Mud Cracks: أحدُ معالمِ الصخورِ الرسوبيةِ الذي يظهرُ على شكلِ شقوقٍ في الصخورِ الطينيةِ، تنتجُ عندما تجفُّ الرسوباتُ الطينيةُ، فتنكمشُ المعادنُ المُكوِّنةُ لها مُسبِّبةً وجودَ تشقُّقاتٍ. وعندَ ترسُّبِ موادَّ مختلفةٍ منْها تمتلئُ الشقوقُ بتلكَ الموادِّ، وتحتفظُ بشكلِها.

(ث)

ثقبٌ أسودُ Black Hole: جِرمٌ سماويٌّ ذوكثافةٍ 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. والثقبُ الأسودُ يُمثِّلُ إحدى مراحلِ موتِ النجومِ.

(د)

دائرةُ البروجِ Ecliptic: دائرةٌ تصنعُها الشمسُ في أثناءِ حركتِها الظاهريةِ حولَ الأرضِ.

دورةُ الصخورِ Rock Cycle: علاقةٌ تبادليةٌ ترتبطُ فيها الأنواعُ الثلاثةُ للصخورِ بعضُها ببعضٍ عنْ طريقِ العملياتِ الجيولوجيةِ المختلفةِ، بحيثُ يتغيَّرُ كلُّ نوعٍ منْها إلى الآخرِ.

(ر)

رسوبياتٌ Sediments: تجمُّعُ الفُتاتِ الصخريِّ، وتراكمُهُ في أحواضِ الترسيبِ، بعدَ نقلِهِ عنْ طريقِ عواملِ التعريةِ المختلفةِ.

(س)

سديمٌ Nebula: سحابةٌ منَ الغبارِ والغازاتِ التي تتكوَّنُ معظمُها منْ غازيِ الهيدروجينِ والهيليومِ، ويُعَدُّ اكتشافُها أحدَ أهمِّ الأدلةِ على وجودِ دورةِ حياةٍ للنجومِ، وتُمثِّلُ السُّدُمُ الحاضناتِ التي تولَدُ فيها النجومُ.

سديمٌ كوكبيٌّ Planetary Nebula: سديمٌ يمتازُ بشكلِهِ الكرويِّ، وكثافتِهِ الكبيرةِ جدًّا، وهوَ ينشأُ عندما تموتُ النجومُ؛ أيْ حينَ يفقدُ العملاقُ الأحمرُ الوَقودَ النوويَّ، وتُكوِّنُ مادةُ قلبِ السديمِ الكوكبيِّ المُتبقِّيةُ نجمًا يُسمّى القزمَ الأبيضَ.

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

(ص)

صخورٌ رسوبيةٌ فُتاتيةٌ Clastic Sedimentary Rocks: صخورٌ تنشأُ منْ ترسُّبِ الفُتاتِ الصخريِّ الناتجِ منَ التجويةِ الفيزيائيةِ في أحواضِ الترسيبِ، ثمَّ تصلُّبِهِ، وهيَ تُصنَّفُ اعتمادًا على حجومِها.

صخورٌ رسوبيةٌ كيميائيةٌ Chemical Sedimentary Rocks: صخورٌ تنشأُ منْ ترسُّبِ الموادِّ الذائبةِ في أحواضِ الترسيبِ، مثلِ البحارِ، بعدَ زيادةِ تركيزِها، ووصولِها إلى حالةِ الإشباعِ.

صخورٌ رسوبيةٌ كيميائيةٌ حيويةٌ Biochemical Sedimentary Rocks: صخورٌ تنشأُ من تراكُمِ بقايا الكائناتِ الحيةِ الصُّلْبةِ؛ الحيوانيةِ أوِ النباتيةِ، وتصخُّرِها في أحواضِ الترسيبِ.

صخورٌ ناريةٌ جوفيةٌ Intrusive Igneous Rocks: صخورٌ تنشأُ نتيجةَ تبريدِ الماغما ببطءٍ في باطنِ الأرضِ، وهيَ تمتازُ بكِبرِ حجمِ بلّوراتِها، بحيثُ يُمكِنُ رؤيتُها بالعينِ المُجرَّدةِ.

صخورٌ ناريةٌ سطحيةٌ Extrusive Igneous Rocks: صخورٌ تنشأُ نتيجةَ تبريدِ اللّابةِ بصورةٍ سريعةٍ على سطحِ الأرضِ، فتتكوَّنُ فيها بلّوراتٌ صغيرةُ الحجمِ لا تُرى بالعينِ المُجرَّدةِ.

(ط)

طبقيةٌ مُتدرِّجةٌ Graded-Bedding: اختلافُ حجمِ الحبيباتِ في الطبقةِ الرسوبيةِ الواحدةِ، بحيثُ يزدادُ حجمُ الحبيباتِ كلَّما اتَّجهْنا منَ الأعلى إلى أسفلِ الطبقةِ.

(ع)

علاماتُ النيمِ Ripple Marks: أحدُ معالمِ الصخورِ الرسوبيةِ التي تظهرُ على شكلِ تموُّجاتٍ صغيرةٍ تكوَّنَتْ بفعلِ مياهِ الأنهارِ، أوِ الأمواجِ البحريةِ، أوِ الرياحِ، وحُفِظَتْ على بعضِ سطوحِ طبقاتِ الصخورِ الرسوبيةِ.

عملاقٌ أحمرُ Red Giant: نجمٌ عملاقٌ ناتجٌ منْ نجمٍ تتابعٍ رئيسٍ في حالةِ احتضارٍ؛ بسببِ بدءِ نفادِ الوَقودِ النوويِّ منْ قلبِ نجمِ التتابعِ الرئيسِ، فيُسخَّنُ الغلافُ الهيدروجينيُّ الذي يحيطُ بهِ 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. ونظرًا إلى انتشارِ الطاقةِ على مساحةِ سطحٍ أكبرَ؛ تنخفضُ درجاتُ الحرارةِ السطحيةِ، فيبدو النجمُ باللونِ الأحمرِ.

عناقيدُ نجميةٌ Star Clusters: أحدُ الأنظمةِ النجميةِ المُتعدِّدةِ التي تتكوَّنُ منْ نجومٍ يرتبطُ بعضُها ببعضٍ بقوى تجاذبٍ، فتدورُ حولَ بعضِها، وتحوي أعدادًا كبيرةً نسبيًّا منَ النجومِ، يتراوحُ عددُها بينَ مئةِ نجمٍ ومئاتِ الآلافِ منَ النجومِ، وهيَ ترتبطُ جذبيًّا ببعضِها؛ ما يجعلُها تتحرَّكُ بوصفِها وحدةً واحدةً في اتجاهٍ واحدٍ.

(ق)

قزمٌ أبيضُ White Dwarfs: إحدى مراحلِ موتِ النجمِ، وهيَ تمتازُ 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.

قزمٌ أسودُ Black Dwarfs: إحدى مراحلِ موتِ النجمِ، وهيَ تتكوَّنُ بعدَ أنْ تتوقَّفَ الأقزامُ البيضُ عنِ التوهُّجِ مُدَدًا تُقدَّرُ بملياراتِ السنينَ.

(ك)

كوكباتٌ Constellation: 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.

كوكباتُ البروجِ Zodiac: أكثرُالكوكباتِ النجميةِ شيوعًا، وهيَ تُعرَفُ بالأبراجِ الفلكيةِ، ويرتبطُ اسمُها بدائرةِ البروجِ، وتقطعُها الشمسُ في أثناءِ مسارِها الظاهريِّ حولَ الأرضِ، ويبلغُ عددُها (13) كوكبةً تُشاهَدُ على مدارِ العامِ.

(ل)

لابةٌ Lava: صخورٌ مصهورةٌ تتدفَّقُ على سطحِ الأرضِ، وتختلفُ عنِ الماغما باحتوائِها على نسبةٍ أقلَّ منَ الغازاتِ.

(م)

ماغما Magma: صُهَيْرٌ صَخريٌّ يتكوَّنُ معظمُهُ منَ السليكا، ومنْ غازاتٍ أهمُّها بخارُ الماءِ، وهوَ يوجدُ في باطنِ الأرضِ.

(ن)

نجمٌ Star: 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.

نجمٌ أوليٌّ Protestor: المرحلةُ الأولى منْ مراحلِ حياةِ النجمِ، وهيَ تبدأُ نتيجةَ انكماشِ 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.

نجومُ تتابعٍ رئيسٍ Main Sequence Stars: المرحلةُ التي يقضي فيها النجمُ معظمَ حياتِهِ بسببِ تساوي قوَّةِ الانكماشِ الجذبيِّ نحوَ الداخلِ والضغطِ الحراريِّ نحوَ الخارجِ، وهيَ بذلكَ تُشْبِهُ مرحلةَ الشبابِ في حياةِ الإنسانِ التي تُعَدُّ أطولَ مراحلِ حياتِهِ.

نجومٌ ثنائيةٌ Binary Stars: نظامٌ نجميٌّ يتكوَّنُ فقطْ منْ نجميْنِ اثنيْنِ يرتبطانِ بقوًى تجاذبيةٍ في ما بينَهُما، تجعلُ أحدَهُما يدورُ حولَ الآخرِ.

نجمٌ فوقَ مُستعرٍ Supernova: نجمٌ شديدُ السطوعِ، يُطلِقُ طاقةً تُعادِلُ الطاقةَ التي تُصدِرُها الشمسُ خلالَ مدَّةِ حياتِها. وهوَ يتكوَّنُ نتيجةَ الانفجارِ العظيمِ للنجومِ فوقِ العملاقةِ الحمراءِ عندما تفقدُ وَقودَها النوويَّ خلالَ مُدَدٍ قصيرةٍ.

نجمٌ نيوترونيٌّ Neutron Star: إحدى مراحلِ موتِ النجومِ، وهوَأصغرُحجمًا منَ القزمِ الأبيضِ؛ إذْ يبلغُ قُطْرُهُ (25) كم تقريبًا، وتزيدُ كثافتُهُ مليونَ مَرَّةٍ على كثافةِ القزمِ الأبيضِ.

نسيجٌ Texture: وصفٌ لحجمِ البلّوراتِ، وشكلِها، وترتيبِها في داخلِ الصخرِ.

نسيجٌ خشنُ الحبيباتِ Coarse Grained Texture: نسيجٌ يُميِّزُ الصخورَ الناريةَ الجوفيةَ، وهوَ يمتازُ بكِبرِحجمِ بلّوراتِ الصخرِ، بحيثُ يُمكِنُ رؤيتُها بالعينِ المُجرَّدةِ.

نسيجٌ زجاجيٌّ Glassy Texture: أحدُ أنسجةِ الصخورِ الناريةِ السطحيةِ الذي يتكوَّنُ عندما تتعرَّضُ اللّابةُ المنسابةُ على سطحِ الأرضِ لتبريدٍ سريعٍ جدًّا، فلا يحدثُ تكوُّنٌ للبلّوراتِ، وترتبطُ الذرّاتُ بعضُها ببعضٍ عشوائيًّا، فيصبحُ النسيجُ زجاجيَّ الملمسِ.

نسيجٌ سماقيٌّ (بورفيريٌّ) Porphyritic Texture: نسيجٌ يُميِّزُ الصخورَ الناريةَ، وهوَ يتكوَّنُ منْ بلّوراتٍ كبيرةٍ مرئيةٍ محاطةٍ ببلّوراتٍ صغيرةٍ غيرِمرئيةٍ.

نسيجٌ غيرُ مُتورِّقٍ Non foliation Texture: نسيجٌ يُميِّزُبعضَ أنواعِ الصخورِ المُتحوِّلةِ، التي تحتوي على معادنَ ذاتِ بلّوراتٍ متساويةٍ في الحجمِ، مثلِ بلّوراتِ الكوارتزِ والكالسيتِ، ولا يوجدُ فيها أيُّ تطبُّقٍ، وهيَ تنتجُ بفعلِ التحوُّلِ التَّماسيِّ.

نسيجٌ فقاعيٌّ Vesicular Texture: نسيجٌ يُميِّزُ الصخورَ الناريةَ السطحيةَ، ويحتوي على فجواتٍ وثقوبٍ في الصخورِ، ويتكوَّنُ نتيجةَ خروجِ الغازاتِ منَ اللّابةِ وهيَ تتدفَّقُ على سطحِ الأرضِ.

نسيجٌ مُتورِّقٌ Foliated Texture: نسيجٌ يُميِّزُ بعضَ أنواعِ الصخورِ المُتحوِّلةِ، التي تحوي معادنَ على شكلِ طبقاتٍ رقيقةٍ؛ نتيجةً لترتيبِ بلّوراتِ بعضِ المعادنِ بشكلٍ مُتعامِدٍ معَ اتجاهِ الضغطِ المُؤثِّرِ في الصخرِ.

نسيجٌ ناعمُ الحبيباتِ Fine Grained Texture: نسيجٌ يُميِّزُ الصخورَ الناريةَ السطحيةَ، وهوَ يمتازُ ببلّوراتٍ صغيرةِ الحجمِ لا تُرى بالعينِ المُجرَّدةِ.

قائمةُ المراجعِ

أولًا- المراجعُ العربيةُ:

1. عبد القادر عابد، جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه، دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع، 2016م.
2. محمد عبد الغني عثمان مشرف، أسس علم الرسوبيات، جامعة الملك سعود، الرياض، 1997م.
3. حسن بن محمد باصرة، الاستدلال بالنجوم، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية،2013م.

ثانيًا- المراجعُ الأجنبيةُ:

1. Lutgens, K. and Tarbuck, **Foundations of Earth Science**,Pearson; 7th Edition, 2014
2. Myron G. Best,**Igneous and Metamorphic Petrology**,Wiley-Blackwell; 2 edition, 2002
3. Earle, S. **Physical Geology**. Victoria, B.C.: BCcampus. 2015. Retrieved from https://open-textbc.ca/geology/
4. Prentice Hall Science Explorer, **Astronomy**, Astronomy Resourse Material, Boston, Massachusetts; Glenview, Illinois; Shoreview, Minnesota; Upper Saddle River, New Jersey, pearson. Available at the following Url: (https://1.cdn.edl.io/dzeXRtsWp1sOFxpMa1eBJy-qHUzsb0yDAMUaxqaesfJpyrMZm.pdf).
5. Scott., W., J., (2010). **Introduction to Astronomy from Darkness to Blazing Glory**, Astronomy Textbook, part 1; 2nd Edition, JAS Educational Publications, Printing by Minuteman Press, Berkley, California.
6. KachelrieB, M., (2011). **A Concise Introduction to Astrophysics**, Lecture Notes for FY 2450, 2nd Edition, Institute for Fysikk, NTNU, Trondheim, Norway. Available at the following URL: (http://web.phys.ntnu.no/~mika/skript_astro.pdf).
7. Basu, B.; Chattopadhyay, T., &Biswas, S., N., (2010). **An Introduction to Astrophysics**, 2nd Edition, PHI Learning Private Limited, New Delhi. Available at the following URL:

(https://books.google.jo/books?id=WG-HkqCXhKgC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).

8. Tran, H.; Russo, P., and Russell, T., (2005). **Black Hole Activities– aquick reference guide**. Leiden University, University of Amsterdam ,Pearson Education Inc., publishing as Addison-Wesley.

9. Hawking, S., (2001). **A Brief History of Time**, available at the following URL: (https://www.fisica.net/relatividade/stephen_hawking_a_brief_history_of_time.pdf).

10. Liddle, A., (2003). **An Introduction to Modern Cosmology**, 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England.

11. Vidana, I., (2014). **A three Hours Walk through the Physics of Neutron Star**s, 26th Indian- Summer School & SPHERE School of Physics Low Energy Hadron Physics, September 3-7, 2014, Prague, Czech Republic.

12. National Science Foundation, (2005).**Astrobiology** -An Integrated Science Approach, TERC, 2067 Massachusetts Avenue, Ambit Press, Cambridge, Center, available at the following URL: (https://www.lpi.usra.edu/education/step2012/participant/TERC.pdf).

13. Johnston, H., (2018). **Modern Astronomy: An Introduction to Astronomy**, School of Physics , The University of Sydney, available at the following URL: (http://www.physics.usyd.edu.au/~helenj/IAST/IA1-intro.pdf).

14. Fraknoi, A.; Morrison, D.; and Wolff, S., (2017). **Astronomy**, OpenStax, Rice Univeristy, Houston, Texas.

ثالثًا- المواقعُ الإلكترونيةُ:

1. www.starrynight.com
2. http://nightsky.jpl.nasa.gov
3. http://www.seasky.org/astronomy/astronomy.html
4. http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SKYCAL/SKYCAL.html
5. https://hubblesite.org/science
6. https://chandra.harvard.edu/edu/formal/stellar_ev/
7. http://www.jwst.nasa.gov/
8. https://astroedu.iau.org/en/activities/1304/model-of-a-black-hole/
9. https://medium.com/@iauastroedu/black-hole-classroom-activities-quick-reference-guide-chapter-2-56f4513cf92
10. http://www.minsocam.org/