المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

علوم الأرض والبيئة

الصف الثاني عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب

12

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

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

لؤي أحمد منصور

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرُّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237 06-5376266 P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الكتـاب في مـدارس المملكـة الأردنيـة الهاشـمية جميعهـا، بنـاءً عـلى قرار المجلـس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطويـر المناهج في جلسـته رقم (2025/7)، تاريـخ 2025/9/15 م، وقرار مجلـس التربية والتعليم رقـم (2025/169)، تاريـخ 2025/10/15 م، بـدءًا مـن العام الـدراسي 2025 / 2026 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2025
- 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 - 809 - 3

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2025/1/397)

بيانات الفهرسة الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	علوم الأرض والبيئة، كتاب الطالب: الصف الثاني عشر، المسار الأكاديمي، الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج، 2025
رقم التصنيف	373,19
الواصفات	/ علوم الأرض/ / أساليب التدريس/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/
الطبعة	الطبعة الأولى

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

المراجعة والتعديل
د. محمود عبد اللطيف حبوش
د. خولة يوسف الاطرم
سكينة محي الدين جبر

المراجعة التربوية
أ.د. حسن علي بني دومي

التصميم والإخراج
نايف محمد أمين مراشدة

التحرير اللغوي
د. خليل إبراهيم القعيسي

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 Licensing 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)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1447 هـ / 2025 م

قائمة المحتويات

المقدّمة 5

الوَحْدة الخامسة: المجرات ونشأة الكون 7

الدرس الأول: المجرات وأنواعها 10

الدرس الثاني: توسُّع الكون 21

الدرس الثالث: تسارُع توسُّع الكون 28

الدرس الرابع: نظريات نشأة الكون 36

الإثراء والتوسّع: مِقراب جيمس ويب الفضائي 45

مراجعة الوَحْدة 46

الوَحْدة السادسة: أحوال الطقس القاسية 51

الدرس الأول: قياس عناصر الطقس 54

الدرس الثاني: الأعاصير القِمْعية والأعاصير المدارية 61

الدرس الثالث: التغير المُناخي وأنماط الطقس القاسية 71

الإثراء والتوسّع: إجراءات السلامة عند حدوث الأعاصير القِمْعية والأعاصير المدارية 80

مراجعة الوَحْدة 81

الوَحْدة السابعة: تاريخ الأرض 85

الدرس الأول: التأريخ النسبي للصخور 88

الدرس الثاني: التأريخ المُطلَق للصخور 107

الدرس الثالث: جيولوجية الأردن 126

الإثراء والتوسّع: السياحة الجيولوجية في الأردن 141

مراجعة الوَحْدة 142

مَسْرد المصطلحات 145

نسخة قيد الإعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدّمة

الحمد لله ربّ العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين. وبعدُ، فانطلاقًا 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 تُعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وَفْقًا لأفضل الطرائق المتَّبعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القِيَم الوطنية الراسخة، وتلبيتها حاجات طلبتنا والكوادر التعليمية.

جاء هذا الكتاب محقِّقًا مضامين الإطارين العام والخاص للعلوم، ومعاييرهما ومؤشِّرات أدائهما المتمثِّلة في إعداد جيل مُلمّ بمهارات القرن الحادي والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومعتزٍّ – في الوقت نفسه– بانتمائه الوطني. وعليه، فقد اعتمدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتوفِّر لهم فرصًا عديدة للاستقصاء، وحلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات التعلم، فضلًا عن اعتماد المنحى التكاملي STEAM في التعليم الذي يُستعمل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يحتوي الفصل الدراسي الثاني من كتاب علوم الأرض والبيئة للصف الثاني عشر – المسار الأكاديمي ثلاث وَحدات دراسية، هي: المجرات ونشأة الكون، وأحوال الطقس القاسية، وتاريخ الأرض. وتحتوي كل وَحدة منها تجربة استهلالية، وتجارب وأنشطة استقصائية متضمَّنة في الدروس ، وصور ورسومات وجداول توضيحية تساعد الطلبة على فهم وربط المعلومات معًا، علمًا بأنّ الطلبة ليسوا مطالبين بحفظ القِيَم في الجداول كافّة. والموضوع الإثرائي نهاية كل وَحدة. يضاف إلى ذلك الأسئلة التقويمية، بدءًا بالتقويم التمهيدي المتمثِّل في طرح سؤال بداية كل وَحدة ضمن بند (أتأمَّل الصورة)، وانتهاءً بالأسئلة التكوينية المتنوعة نهاية كل موضوع من موضوعات الدروس، فضلًا عن الأسئلة التقويمية نهاية كل درس، والتقويم الختامي نهاية كل وَحدة، التي تتضمَّن أسئلة تثير التفكير.

وقد أُلحِق بالكتاب كتاب الأنشطة والتجارب العملية، الذي يحتوي جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب وأسئلة مثيرة للتفكير وأسئلة اختيار من متعدد تشمل موضوعات الوحدة.

ونحن إذ نقدم هذه الطبعة من الكتاب، فإنا نأمل أن يسهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية الطالب/ الطالبة، وتنمية اتجاهات حب التعلُّم ومهارات التعلم المستمر، فضلًا عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواه، وإثراء أنشطته المتنوعة، ورَصْد ملاحظات الكوادر التعليمية.

واللّه ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

نسخة قيد الإعداد

الوَحْدة

5

المجرات ونشأة الكون

Galaxies and the Evolution of the Universe

قال تعالى:

﴿ أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا ﴾

(سورة الأنبياء: الآية 30)

أتأمّل الصّورة

تُعَدّ المجرات وحدة البناء الأساسية للكون، وتقع الأرض في إحدى هذه المجرات، وتتحرك المجرات مبتعدة عن بعضها، وهذا يدل على أن الكون يتوسع مع الزمن. فما هي المجرات؟ وكيف نشأ الكون؟ وما الأدلة على توسعه؟

الفكرة العامّة:

يتكون الكون من مجرات متنوعة تختلف في خصائصها، وقد اعتمد العلماء على دراسة هذه الخصائص لوَضْع نظريات تفسِّر نشأته وتوسُّعه، ومن أبرز هذه النظريات نظرية الانفجار العظيم.

الدرس الأول: المجرات وأنواعها

الفكرة الرئيسة: تُعَدُّ المجرات وحدة البناء الأساسية للكون، وتُصنَّف بحسب أشكالها إلى مجرات إهليليجية، ومجرات حلزونية، ومجرات غير مُنتظَمة.

الدرس الثاني: توسُّع الكون

الفكرة الرئيسة: تتباعد المجرات بعضها عن بعض، وتُظهِر أطيافها انزياحًا نحو الأحمر.

الدرس الثالث: تسارُع توسُّع الكون

الفكرة الرئيسة: تمكّن العلماء من حساب عمر الكون التقريبي باستخدام قانون هابل، وإثبات أن الكون يتوسّع متسارعًا بفعل الطاقة المظلِمة التي تملأ الفضاء.

الدرس الرابع: نظريات نشأة الكون

الفكرة الرئيسة: وَضَع العلماء العديد من النظريات لتفسير نشأة الكون، منها نظريتا الكون المستقرّ والانفجار العظيم، وتُعَدّ نظرية الانفجار العظيم أكثر النظريات قَبولًا عند العلماء.

نمذجة توسُّع الكون

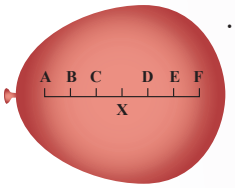
منذ اللحظة الأولى التي نشأ فيها الكون وَفْقًا لنظرية الانفجار العظيم بدأ بالتوسّع، ورافق ذلك زيادةٌ في حجمه ونقصانٌ في كثافته مع بقاء كتلته ثابتةً، في هذه التجربة سيجري استخدام بالون لمحاكاة توسُّع الكون.

الموادّ والأدوات: بالون، قلم تخطيط (فلوماستر)، مسطرة أو شريط قياس متري.

إرشادات السلامة: توخّي الحذر عند نفخ البالون لأكبر حجم تجنُّبًا لانفجاره.

خطوات العمل:

1. أنفخُ البالون (الفضاء) جزئيًّا إلى حجم قبضة يدي تقريبًا من دون أن أغلقه نهائيًّا؛ ليتسنّى لي تَكرار نفخه.
2. أرسمُ على البالون المنفوخ خطًّا بقلم التخطيط، ثم أحدّد عليه سبع نقاط (المجرّات): (A,B,C,X,D,E,F)، تفصل بين كل نقطة وأخرى مسافة 1cm، بحيث تمثّل كل نقطة مجرّة، وأحرص على أن تكون النقطة (X) نقطةً مركزيةً وسط تلك النقاط تمثّل مجرّتنا (مجرّة درب التبّانة). أنظرُ الشكل المجاور.



3. أنفخُ البالون مرة أُخرى لأكبر حجم ممكن، ثمّ أقيسُ المسافة بينَ النقطة (X) وبينَ كلّ نقطة من النقاط الأُخرى.
4. أدوّنُ ملاحظاتي في الجدول الآتي:

المجرّة	المسافة الابتدائية للمجرّة عن مجرّة درب التبّانة (X) بوحدة (cm)	المسافة النهائية للمجرّة عن مجرّة درب التبّانة (X) بوحدة (cm)	الفرق بين المسافتين الابتدائية والنهائية للمجرّة عن مجرّة درب التبّانة (X) بوحدة (cm)
A	3		
B	2		
C	1		
D	1		
E	2		
F	3		

التحليل والاستنتاج

1. **أرسم بيانيًّا** العَلاقة بينَ المسافة الابتدائية للمجرّة عن مجرّة درب التبّانة والفرق بين المسافتين الابتدائية والنهائية للمجرّة عن مجرّة درب التبّانة.
2. أصِف الاتجاه الذي تتحرّك فيه المجرّات جميعها نسبةً إلى مجرّة درب التبّانة.
3. **أستنتج** العَلاقة بين ما توصّلتُ إليه في هذه التجربة وكيفية توسّع الكون.

الدرس 1

المجرات وأنواعها
Galaxies and Their Types

الفكرة الرئيسة:
تعَدُّ المجرات وحدة البناء الأساسية للكون، وتُصنَّف بحسب أشكالها إلى مجرات إهليليجية، ومجرات حلزونية، ومجرات غير مُنتظَمة.

نتاجات التعلُّم:
- أتعرَّف مفهوم المجرة.
- أَصِف وصفًا دقيقًا شكل مجرة درب التَّبّانة بوصفها مثالًا على المجرات.
- أرسم موقع النظام الشمسي في مجرة درب التَّبّانة، مراعيًا أبعادهما.
- أصف المجرات من حيث أنواعها، وأشكالها، ومكوِّناتها.
- أستقصي الأبعاد الكونية ووحدات قياسها.

المفاهيم والمصطلحات:

المجرة	Galaxy
المجرات القزمة	Dwarf Galaxies
المجرات العملاقة	Giant Galaxies
المجرات الإهليليجية	Elliptical Galaxies
المجرات الحلزونية	Spiral Galaxies
المجرات غير المنتظمة	Irregular Galaxies

ما المجرة؟ What is a Galaxy?

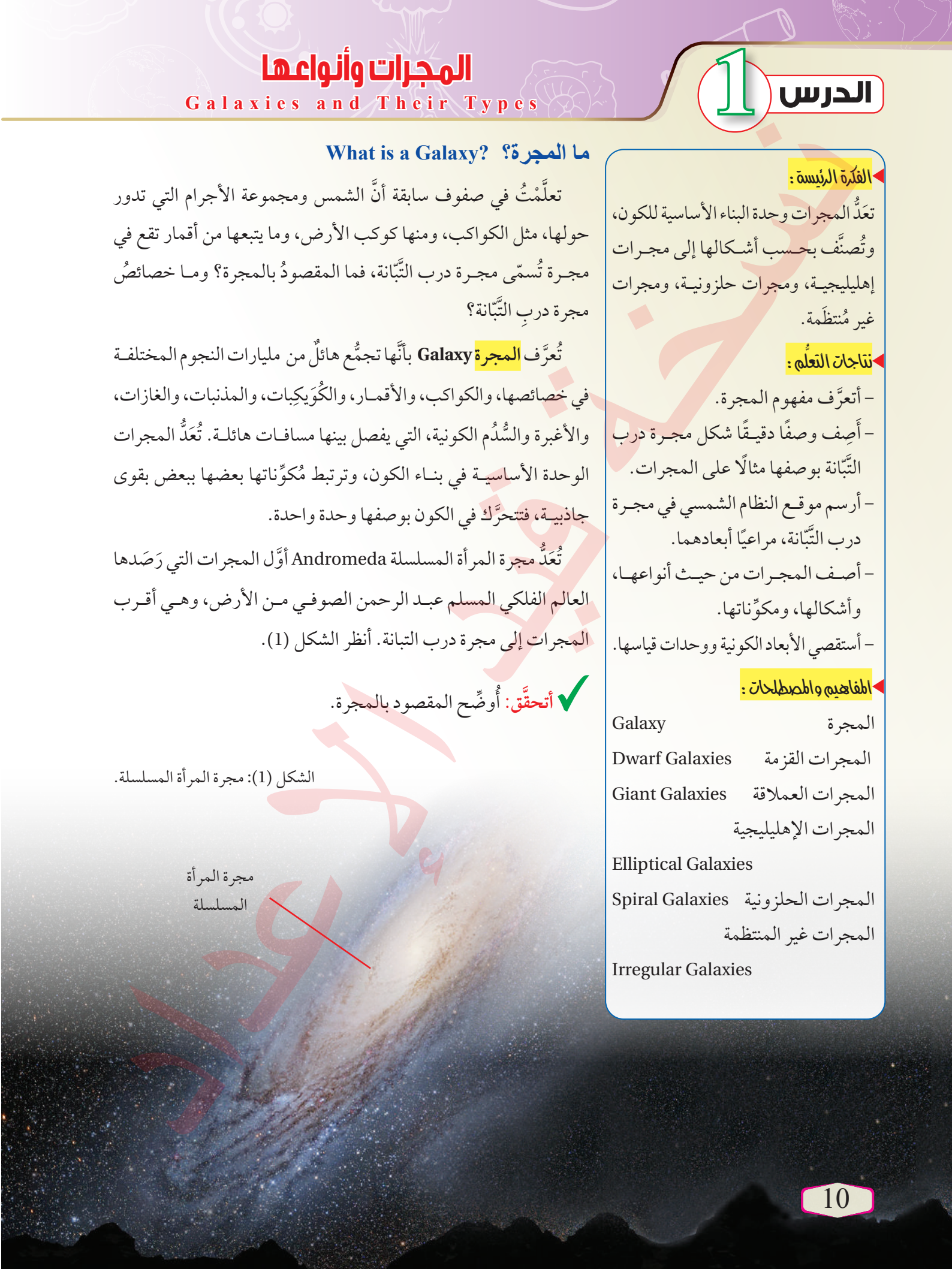
تعلَّمْتُ في صفوف سابقة أنَّ الشمس ومجموعة الأجرام التي تدور حولها، مثل الكواكب، ومنها كوكب الأرض، وما يتبعها من أقمار تقع في مجرة تُسمّى مجرة درب التَّبّانة، فما المقصودُ بالمجرة؟ وما خصائصُ مجرة دربِ التَّبّانة؟

تُعرَّف **المجرة Galaxy** بأنَّها تجمُّع هائلٌ من مليارات النجوم المختلفة في خصائصها، والكواكب، والأقمار، والكُوَيكِبات، والمذنبات، والغازات، والأغبرة والسُّدُم الكونية، التي يفصل بينها مسافات هائلة. تُعَدُّ المجرات الوحدة الأساسية في بناء الكون، وترتبط مُكوِّناتها بعضها ببعض بقوى جاذبية، فتتحرَّك في الكون بوصفها وحدة واحدة.

تُعَدُّ مجرة المرأة المسلسلة Andromeda أوَّل المجرات التي رَصَدها العالم الفلكي المسلم عبد الرحمن الصوفي من الأرض، وهي أقرب المجرات إلى مجرة درب التبانة. أنظر الشكل (1).

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بالمجرة.

الشكل (1): مجرة المرأة المسلسلة.



يُطلِق العلماء على المجرات التي يتراوح عددها بين 1000 نجم وعِدَّة ملايين من النجوم اسم **المجرات القزمة Dwarf Galaxies**، مثل مجرة ماجلان الصغرى. أما المجرات التي تتكون من مليارات النجوم، فيُطلَق عليها اسم **المجرات العملاقة Giant Galaxies**. يُذكَر أنَّ مجرة درب التَّبّانة هي إحدى المجرات العملاقة.

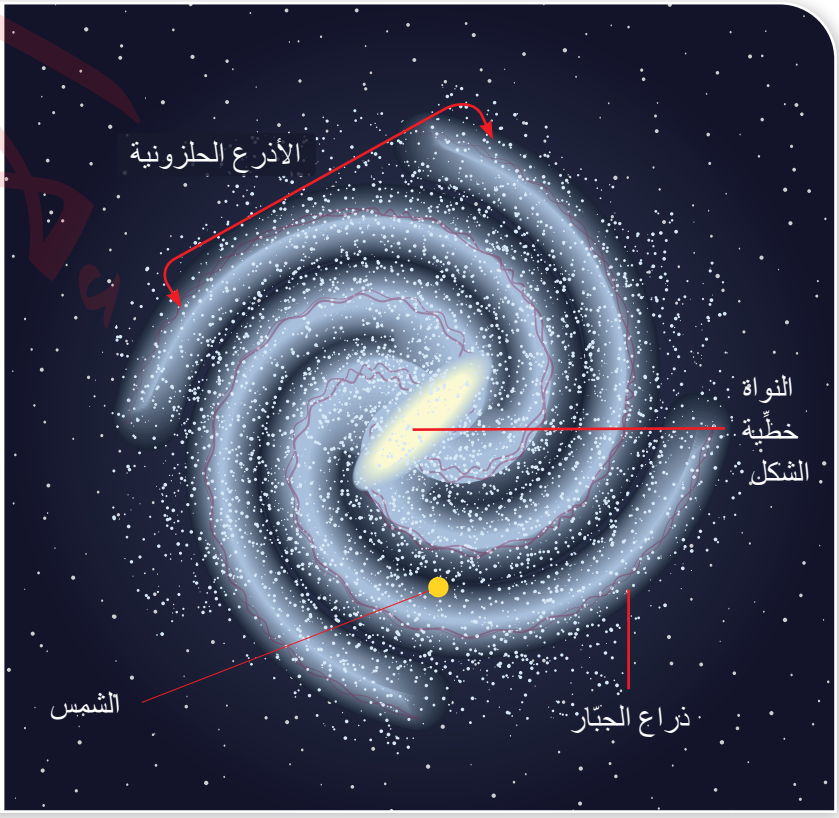
مجرة درب التَّبّانة The Milky Way Galaxy

تُعَدُّ مجرة درب التَّبّانة إحدى المجرات مُتوسِّطة العُمر ذات شكل حلزوني، وتضمُّ نحو (200–400) مليار نجم، وتكون النجوم فيها منفردة مثل الشمس، أو على شكل أنظمة نجمية مثل النجوم الثنائية والعناقيد النجمية، أو على شكل كوكبات نجمية، وتنتشر في أطرافها سُحُب من الغبار والغازات الكونية.

تتكوَّن مجرة درب التَّبّانة من أذرع حلزونية عملاقة تدور من الغرب إلى الشرق حول نواة خطِّية الشكل تقع في مركزها، أنظر الشكل (2). تقع الشمس على إحدى أذرعها، وهو ذراع الجبّار، وتبعد عن نواة المجرة نحو (27,000) light years.

عند رَصْد مجرة درب التَّبّانة، يُلاحَظ أنَّ النجوم تتجمَّع في مركزها، ويعتقد العلماء أنَّ سبب ذلك هو وجود ثقب أسود في المركز.

أُفكِّرُ ما سبب تحرُّك المجرة بما تحويه من أجرام سماوية وسُدُم كونية في الكون الواسع وحدة واحدة؟



الشكل (2): مجرة درب التَّبّانة.

الشكل (3/ أ): مجرة درب التَّبّانة من المسقَط الجانبي.

الشكل (3/ ب): مجرة درب التَّبّانة من المسقَط الرأسي.

أُفكّرُ يُمكِن رصد جزء من مجرة درب التَّبّانة في السماء، من الأماكن غير المُضاءَةِ في الأرض. أُفكِّر كيف يُمكِنني فعل ذلك، والأرض تقع داخل هذه المجرة.

يختلف شكل مجرة درب التَّبّانة، فتظهر من المسقط الجانبي قرصًا ضيِّقًا فيه انتفاخ من الوسط، أنظر الشكل (3/ أ). وتظهر من المسقط الرأسي على شكل حلزوني لولبي، أنظر الشكل(3/ ب).

يعتقد العلماء أنَّ مجرة درب التَّبّانة نشأت من اندماج مجرتين: إحداهما قزمة حديثة، والأُخرى قديمة أكبر حجمًا، وذلك قبل 13 billion years تقريبًا. أنظر الشكل (4). وقد استدلَّ العلماء على صحَّة اعتقادهم بدراسة نجوم المجرة التي أظهرت أنَّ مجرة درب التَّبّانة تضمُّ نوعين من النجوم: نجوم حمراء قديمة، ونجوم زرقاء حديثة.

✓ **أتحقَّق:** أين تقع الشمس في مجرة درب التبانة؟

الشكل (4): اندماج مجرتين حلزونيتين كما حدث في مجرة درب التَّبّانة عند نشأتها.

أُنفِّذُ النشاط الآتي لتعرُّف بعض خصائص مجرة درب التَّبّانة.

نشاط

خصائص مجرة درب التَّبّانة

لم يستطع علماء الفَلَك رؤية شكل مجرة درب التَّبّانة كاملًا؛ لأنَّ الأرض جزء منها، لكنَّهم تعرَّفوا خصائصها باستخدام المقاريب (التلسكوبات) التي تستقبل الأشعّة الراديوية، والأشعة تحت الحمراء المنبعثة عنها، ومقارنتها بأشكال المجرات الأُخرى. يُمثِّل الجدول الآتي بعض البيانات والقِيَم التقريبية التي جُمِعت عن المجرة والتي قد تختلف مع الاكتشافات الحديثة. أدرس الجدول جيِّدًا، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

خصائص مجرة درب التَّبّانة	
نوع المجرة	حلزونية خطِّية النواة
العُمر	13.6 billion years
القُطْر	100000 light years
السُّمْك	12000 light years
الكتلة	5.8×10^{11} ضعف كتلة الشمس
زمن دوران المجرة حول نفسها	250 million years
زمن دوران الشمس حول مركز المجرة	225 million years

* **السنة الضوئية Light Year**: وحدة قياس تُستخدَم لوصف المسافات البعيدة بين الأجرام السماوية، وتُعرَّف بأنَّها المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة، وتُعادِل 9.4×10^{12} km

التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد نوع مجرة درب التَّبّانة.
2. **أحسُب** قُطْر مجرة درب التَّبّانة بوحدة km.
3. **أحسُب** عدد الدورات التي أكملتها الشمس حول مركز مجرة درب التَّبّانة حتى الآن، علمًا بأنَّ عُمر الشمس يُقدِّره علماء الفَلَك 4.7 billion years تقريبًا.
4. **أتوقَّع**: ماذا يُطلَق على المُدَّة الزمنية التي تُكمِل فيها الشمس دورة كاملة حول مركز المجرة؟

تصنيف المجرات Galaxies Classification

تتجمع المجرات كما النجوم في مجموعات تسمّى المجموعات المجرية، وتحتوي المجموعات المجرية في الغالب 100 مجرة أو أقل مرتبطة جذبيًّا مع بعضها البعض، وتوجد مجرتنا درب التبانة في المجموعة المحلية التي تحتوي 50 مجرة مُوثَّقًا وجودها. كذلك تتجمع المجرات على هيئة عناقيد تسمّى العناقيد المجرية، وتتراوح أعداد المجرات التي تحويها بين مئات وآلاف المجرات، ومن أشهر العناقيد المعروفة عنقود العذراء. وقد درس علماء الفَلَك المجرات، ولاحظوا أنَّها تختلف في أشكالها، وحجومها، وأعمارها، وشِدَّة إضاءتها وسطوعها، وصنّفوها تسهيلًا لدراستها، فصُنِّفت المجرات اعتمادًا على أشكالها وخصائصها الفيزيائية ومقدار سطوع مركزها، ومن أشهر تلك التصنيفات تصنيف العالم الفلكي إدوين هابل.

درس هابل المجرات باستخدام مِقْراب فلكي امتاز عن غيره من المقاريب بإتاحته رؤية الكون على نحوٍ أكثر وضوحًا، وكان ذلك باستخدام مَرْصَد جبل ويلسون في الولايات المتحدة الأمريكية، وقد اعتمد هابل اختلاف أشكال المجرات أساسًا في تصنيفها في ثلاثة أنواع، هي: مجرات إهليليجية (بيضوية)، ومجرات حلزونية، ومجرات غير مُنتظَمة، أنظر الشكل (5).

الشكل (5): تظهر المجرات في الكون بأشكال وأحجام مختلفة، فمنها لها شكلٌ منتظَم ومنها ليس لها شكلٌ منتظَم.

أصِف أشكالَ المجرات في الشكل.

نسخة تجريبية

المجرات الإهليليجية Elliptical Galaxies

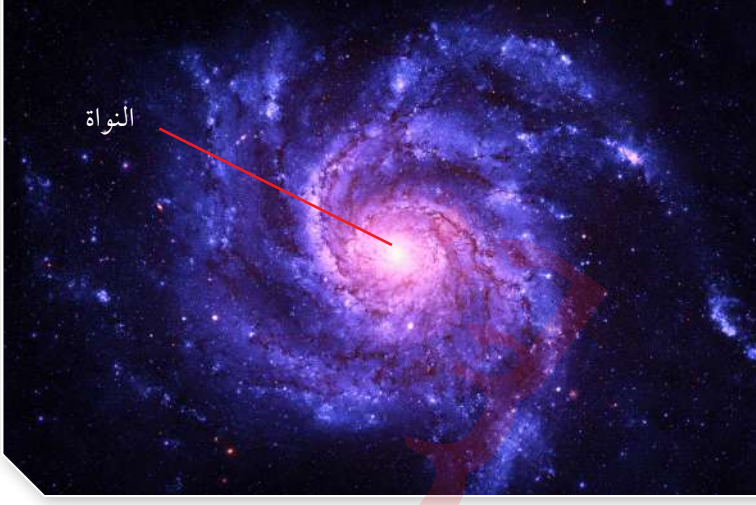
تُعَدُّ **المجرات الإهليليجية Elliptical Galaxies** إحدى أكثر المجرات شيوعًا في الكون، وتمتاز بأنَّها أقدم المجرات وأكبرها عُمرًا، وقد سُمِّيت هذا الاسم؛ لأنَّ شكلها إهليليجي، ومن الأمثلة عليها مجرة مسييه 59 (Messier 59).

تختلف المجرات الإهليليجية في شِدَّة استطالتها، فبعضها شديد الاستطالة وبعضها الآخر قليل الاستطالة وبعضها كرويّ الشكل تقريبًا. واعتمادًا على ذلك، قُسِّمَتِ المجرات الإهليليجية ثماني فئات، هي: (E0, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7). تُعَدُّ المجرة E0 أقلَّ المجرات الإهليليجية استطالةً، وأكثرها ميلًا إلى الشكل الكروي. أمّا المجرة E7 فهي أكثر المجرات الإهليليجية استطالةً، في حين تندرج بينهما الفئات الأُخرى من المجرات الإهليليجية، أنظر الشكل (6).

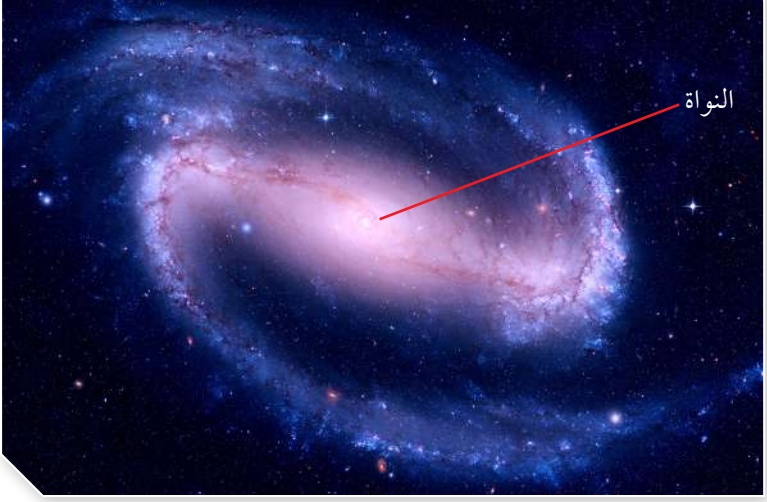
تحتوي معظم المجرات الإهليليجية قليلًا من الغازات والأغبرة الكونية بين نجومها، وهذا يساعد على سهولة رصدها ومشاهدتها.

الشكل (6): اختلاف المجرات الإهليليجية في شِدَّة استطالتها، واقتراب بعضها من الشكل الكروي.

أفكّرُ لماذا يسهل رَصْد المجرات الإهليليجية مقارنة بأنواع المجرات الأخرى؟



(أ)



(ب)

الشكل (7):

أ . مجرة حلزونية كروية النواة.

ب. مجرة حلزونية خطِّية النواة.

الربط بالتكنولوجيا

سُمِّي المِقْراب المُخصَّص لدراسة الفضاء واستكشافه (مِقْراب هابل الفلكي) تقديرًا للعالِم إدوين هابل. يُعَدُّ هذا المِقْراب من أفضل التقنيات العلمية التي تمكَّنت من التقاط صور للفضاء خارج الغلاف الجوي، وقد أُطلِق عام 1990 م على متن المكوك الفضائي Discovery من وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) NASA في مدار حول الأرض، ولا يزال مُستخدَمًا حتى الآن.

المجرات الحلزونية Spiral Galaxies

تمتاز **المجرات الحلزونية Spiral Galaxies** بأنَّ لها أذرعًا تلتفُّ حول نواتها بشكل حلزوني، وهذا يُفسِّر سبب تسميتها المجرات الحلزونية، ويُرمَز إليها بالرمز (S).

تُعَدُّ المجرات الحلزونية من المجرات مُتوسِّطة العُمر، وقد لاحظ العلماء عند رصدها أنَّها تحوي كمّيات كبيرة من الغازات والأغبرة الكونية بين نجومها مقارنة بالمجرات الإهليلجية وهي أكثر شيوعًا منها.

تُصنَّف المجرات الحلزونية إلى نوعين رئيسين بحسب شكل النواة في مركزها، هما:

المجرات الحلزونية كروية النواة Spiral Galaxies التي يُرمَز إليها بالرمز (S)، أنظر الشكل (7/ أ)، والمجرات الحلزونية خطِّية النواة Spiral Barred Galaxies التي يُرمَز إليها بالرمز (SB)، أنظر إلى الشكل (7/ ب).

أمّا التصنيفات الفرعية الأخرى للمجرات الحلزونية، فقد اعتمدت على شِدَّة انفتاح الأذرع حول نواة المجرة. فالحرف (a) يُمثِّل أقلَّ الأذرع انفتاحًا، في حين يُمثِّل الحرف (b) أذرعًا مُتوسِّطةَ الانفتاح. أمّا الحرف (c)، فيُمثِّل أذرعًا شديدةَ الانفتاح.

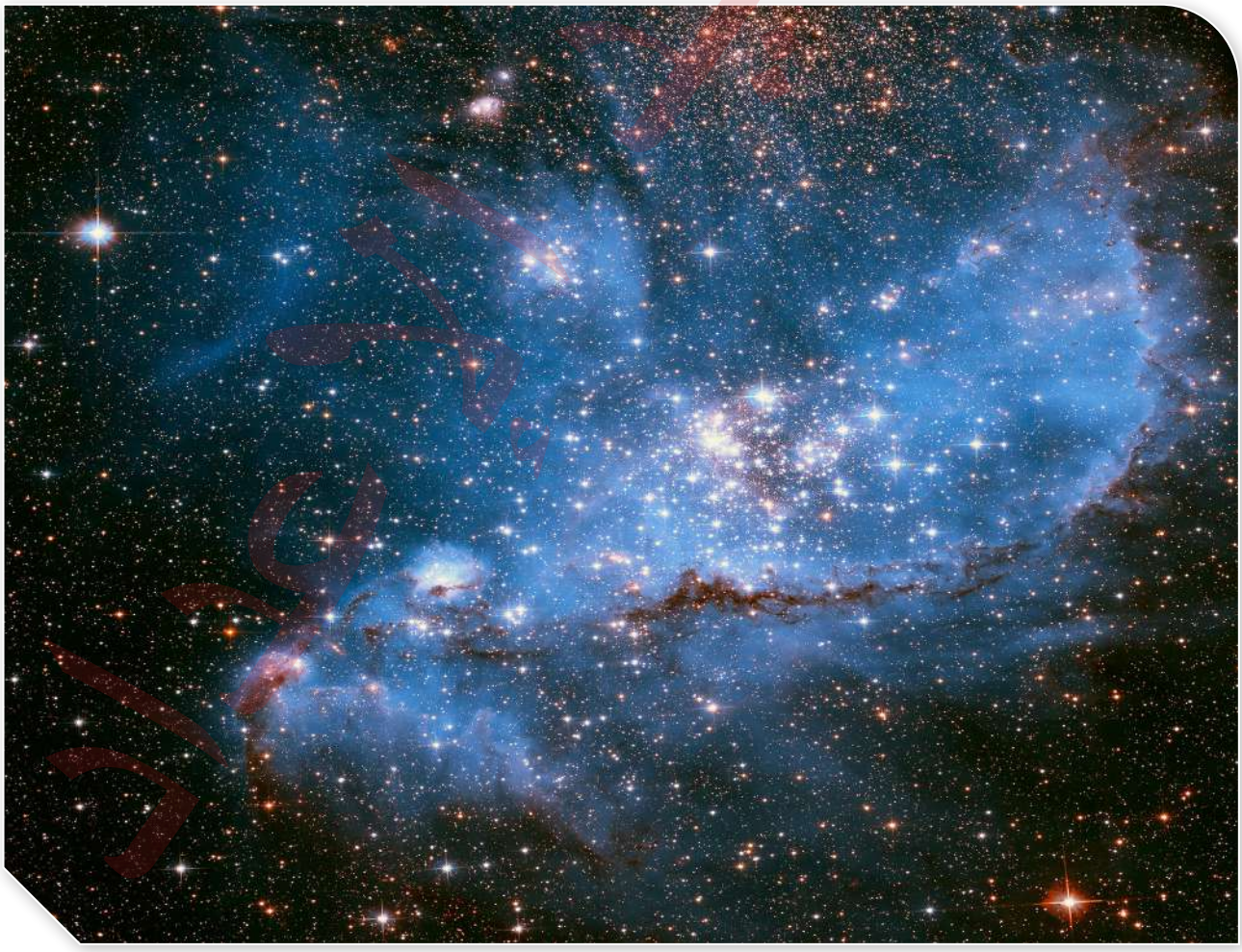
ويصنف العلماء مجرة درب التبانة اعتمادًا على شكلها وشكل نواتها وشدة انفتاح أذرعها بأنها مجرة حلزونية خطية النواة وذات أذرع متوسطة الانفتاح.

المجرات غير المُنتظَمة Irregular Galaxies

تُعَدُّ **المجرات غير المُنتظَمة Irregular Galaxies** مجرات صغيرة باهتة يصعب اكتشافها ورصدها في الغالب؛ لأنَّها تحوي كمِّية من الغازات والأغبرة الكونية بين نجومها أكثر ممّا تحويه أنواع المجرات الأُخرى، ويرى العلماء أنَّها أحدث المجرات عُمرًا، ويُرمَز إليها بالرمز (Irr). وقد سُمِّيت هذا الاسم لعدم وجود شكل مُنتظَم لها مثل بقيَّة المجرات، وتُعَدُّ سحابة ماجلان الكبرى وسحابة ماجلان الصغرى من المجرات غير المُنتظَمة، أنظر الشكل (8).

✓ **أتحقَّق:** أُحدِّد أنواع المجرات الحلزونية تبعًا لشكل النواة في مركزها.

الشكل (8): سحابة ماجلان الصغرى التي تبدو بشكل غير مُنتظَم.



أُفكِّر لماذا تعد المجرات غير المنتظمة أقل المجرات رَصْدًا في الكون؟

أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يُبيِّن أنواع المجرات المختلفة. مُضمِّنًا إيّاه خصيصة الردِّ الصوتي لإضافة الشروح المناسبة لصور هذه المجرات، ثم أشاركه زملائي/ زميلاتي في الصف.

رتَّب العالِم هابل المجرات الإهليليجية والحلزونية وغير المُنتظمَة في مُخطَّط يُبيِّن العلاقة بينها. أُنفِّذ النشاط الآتي لتعرُّف مُخطَّط هابل في تصنيف المجرات.

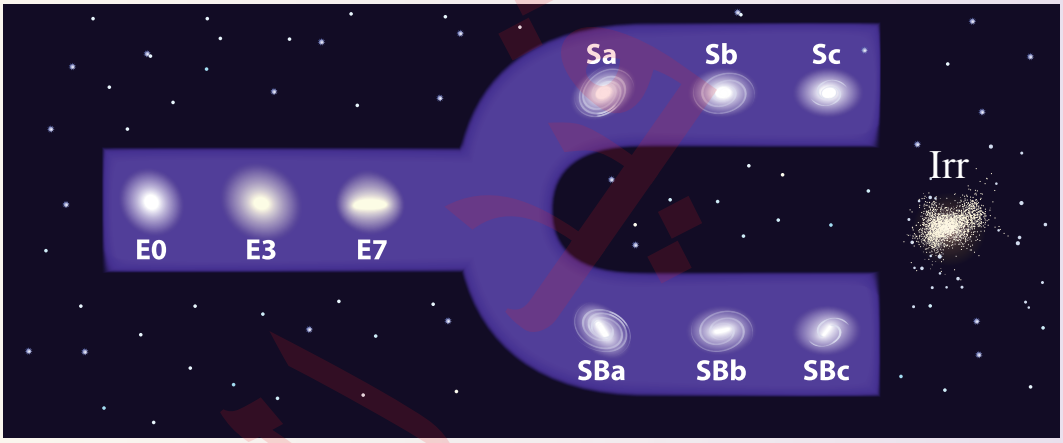
نشاط

تصنيف المجرات

يُمثِّل الشكل الآتي مُخطَّطًا صمَّمه العالِم هابل لدراسة مختلف أنواع المجرات: (الإهليليجية، والحلزونية، وغير المُنتظَمة). أتأمَّل المُخطَّط جيِّدًا، مُلاحِظًا أشكال المجرات فيه، وكيفية ترتيبها، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

تزايد عُمر المجرات.

تناقُص كمِّية الغازات والأغبرة الكونية.



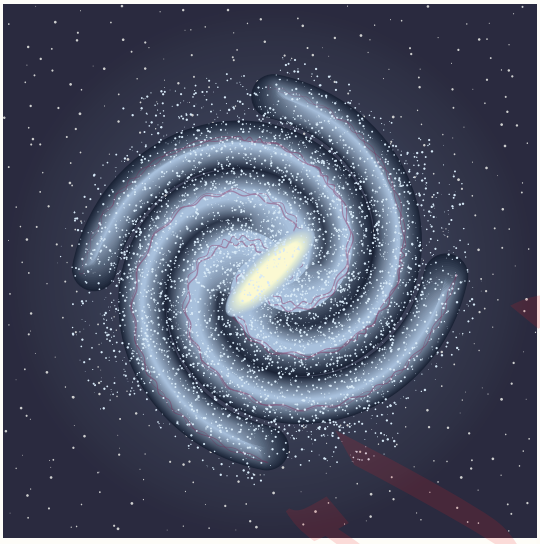
التحليل والاستنتاج:

1. **أتوقَّع** الاسم الذي أطلقه العالِم الفلكي إدوين هابل على المُخطَّط تبعًا لشكله.
2. أُبيِّن رمز المجرة التي لها نواة كروية في المركز، وأذرعها شديدة الانفتاح.
3. **أُقارِن** بين المجرتين: SBa و Sb من حيث شكلها، وكمِّية الغازات فيها، وعُمرها.
4. أَصِف المجرة E0 من حيث العمر، وكمِّية الغازات والأغبرة الكونية التي تحويها.

يُطلَق على مُخطَّط هابل لتصنيف المجرات اسم مُخطَّط الشوكة الرنانة Hubble's Tuning Fork Diagram، ويُبيِّن المُخطَّط أنَّ عُمر المجرات يزداد وأنَّ كمِّية الغازات والأغبرة الكونية فيها تقلُّ كلَّما انتقلنا من المجرات غير المُنتظَمة إلى المجرات الإهليليجية.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أُوضِّح مفهوم المجرة، مُحدِّدًا أنواعها.
2. **أُفسِّر:** لماذا تتجمَّع النجوم في مركز مجرة درب التَّبّانة؟
3. **أُقارِن** بين المجرات القزمة والمجرات العملاقة من حيث عدد النجوم التي تحويها.
4. أَصِف كيف نشأت مجرة درب التَّبّانة بحسب اعتقاد العلماء.
5. أدرس الشكل الآتي الذي يُبيِّن مجرة درب التَّبّانة، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:



أ . أُبيِّن عدد الأذرع في المجرة.

ب . أَصِف شكل النواة في مركز المجرة.

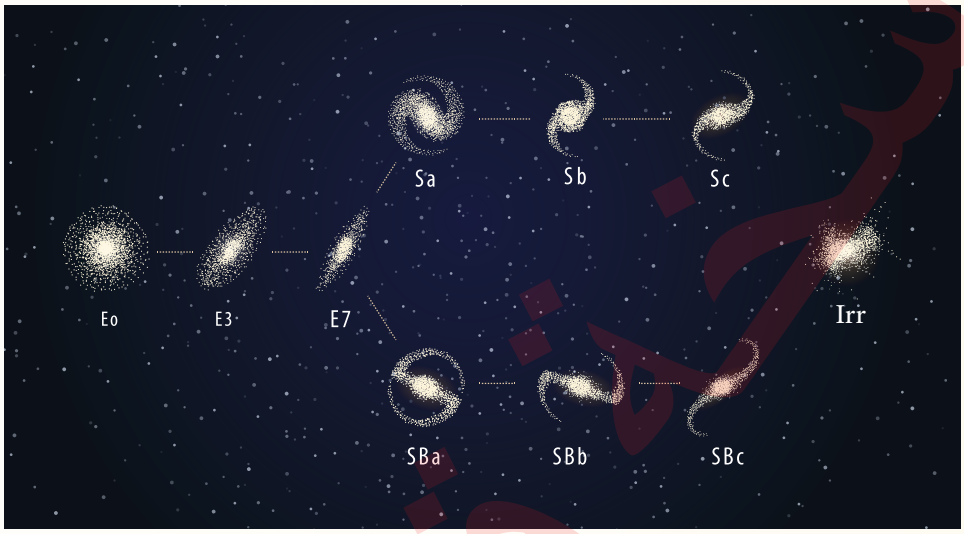
جـ. أرسم الشمس في موقعها في المجرة مراعيًا أبعاد كلٍّ منهما.

د . أَصِف حركة الأذرع الحلزونية حول مركز المجرة.

6. **أُصنِّف** المجرات بحسب أشكالها.
7. أُبيِّن خصائص مجرة درب التَّبّانة من حيث نوعها، وشكل النواة فيها، وشِدَّة انفتاح أذرعها.
8. **أُقارِن** بين أنواع المجرات الثلاث الرئيسة من حيث العُمر، وكمِّية الغازات في كلٍّ منها.
9. أُحدِّد رمز المجرة التي تحوي أكبر كمِّية من الغازات، والأغبرة الكونية.
10. **أُفسِّر:** كمِّية الغازات والأغبرة الكونية في المجرات الحلزونية أقل منها في المجرات غير المنتظمة.
11. أُوضِّح العلاقة بين شِدَّة استطالة المجرة الإهليليجية وعُمرها.

12. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:**

* أتأمّل الشكل الآتي الذي يُبيِّن مُخطَّط الشوكة الرنّانة، ثم أُجيب عن الفِقْرات: (1, 2, 3).



1. رمز المجرة الذي يمثِّل مجرة درب التَّبّانة هو:

أ . E7 ب. Sa جـ. SBb د. Irr

2. الرمز الذي يمثل أكبر المجرات عُمرًا هو:

أ . E3 ب. Sc جـ. SBb د. E0

3. الترتيب الصحيح من الأحدث إلى الأقدم للمجرات: (E3 , SBa , Sc , Irr , E0) من اليسار إلى اليمين هو:

أ . E3 , SBa , Sc , Irr , E0 ب. Irr , SBa , Sc , E3 , E0

جـ. Irr , Sc , SBa , E3 , E0 د . SBa , Sc , E3 , E0 , Irr

4. تُصنَّف مجرة درْب التبانة إلى مجرة:

أ . إهليليجية شديدة الاستطالة. ب. حلزونية كروية النواة.

جـ. إهليليجية قليلة الاستطالة. د . حلزونية خطية النواة.

5. قُسِّمت المجرات الإهليليجية ثماني فئات من (E0 – E7) اعتمادًا على:

أ . مقدار سطوعها. ب. عدد النجوم داخلها.

جـ. درجة استطالتها. د . النسبة بين حجومها إلى حجم مجرة درْب التبانة.

توسُّع الكون
Expansion of the Universe

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:
تتباعد المجرات بعضها عن بعض، وتُظهِر أطيافها انزياحًا نحو الأحمر.

نتاجات التعلُّم:
- أشرح قانون العالِم إدوين هابل لحساب بُعْد الأجسام الكونية.
- أُنفِّذ تجربة تُمثِّل تباعد المجرات في فضاء الكون.
- أشرح مفهوم توسُّع الكون.
- أُقدِّر عظَمة الخالق في خَلْق الكون وتوسُّعه.

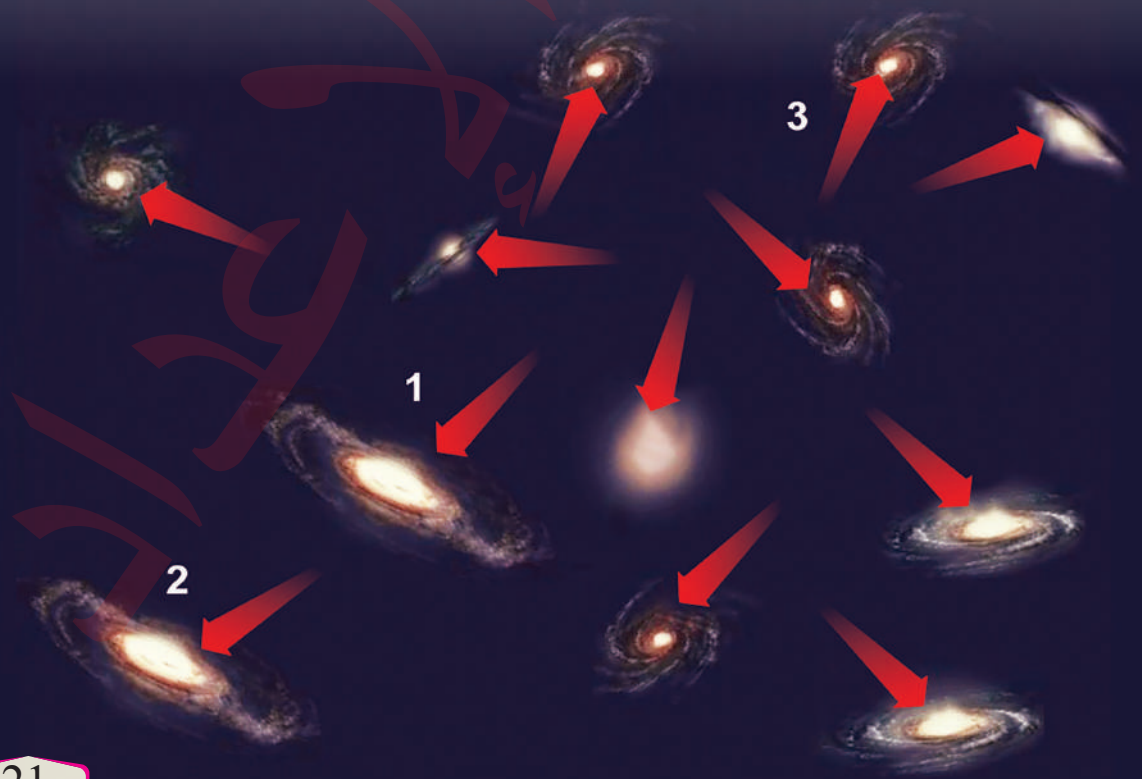
المفاهيم والمصطلحات:

تأثير دوبلر	Doppler Effect
الفرسخ الفلكي	Parsec

تباعُد المجرات Moving Away of Galaxies

تعلَّمْتُ في صفوف سابقة أنَّ الكون يشمل الفضاء، وما يحويه من مادة وطاقة. فهو يتكوَّن من مليارات المجرات، وما فيها من نجوم ، وكواكب، ومُذنَّبات، وكُوَيكِبات، وغير ذلك.

عندما درس العلماء الكون، وقدَّموا تفسيرًا عن كيفية نشأته، وزمن بدايته ونهايته، لاحظوا أنَّ المجرة تتحرَّك فيه بشكل مستقل بوصفها وحدة واحدة، وأنَّ المجرات تبتعد بعضها عن بعض بسرعات مختلفة، أنظر الشكل (9). وقد استدلَّ العلماء بدراسة الأطياف الكهرمغناطيسية المرئية المنبعثة من المجرات على أنّ المجرّات تتحرَّك مُبتعِدة عنّا؛ إذ لاحظوا أنَّ أطيافها تنزاح نحو الأحمر، فما المقصود بالانزياح نحو الأحمر؟



الشكل (9): تحرُّك المجرة في الكون بوصفها وَحْدة واحدة، وابتعاد المجرات بعضها عن بعض.

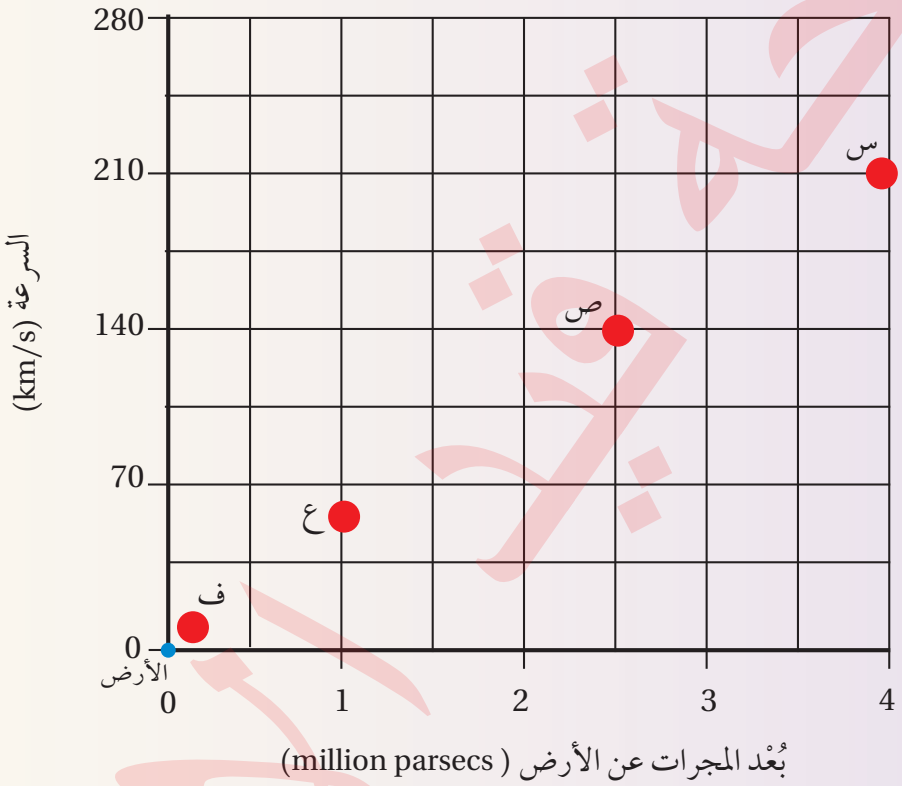
أَصِف كيف تتحرَّك المجرة (1) نسبة إلى حركة المجرة (2) والمجرة (3).

نشاط

تباعُد المجرات

يُمثِّل الشكل الآتي مجموعة من المجرات: (س، ص، ع، ف) التي تبعد مسافات مختلفة عن الأرض.

أدرس الشكل جيِّدًا، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد المسافة التي تبعدها المجرة (ص) عن الأرض.
2. أُبيِّن: أيُّ المجرات تتحرَّك بسرعة أكبر: (س)، أم (ص)، أم (ع)، أم (ف)؟
3. **أتوقَّع:** عند تحليل الطيف الكهرمغناطيسي الصادر عن المجرتين: (س) و(ف)، لوحِظ أنَّ الطيف الكهرمغناطيسي للمجرة (س) ينزاح نحو الطول الموجي الأطول. أُفسِّر ذلك.
4. **أستنتج** العلاقة بين سرعة المجرات وبُعْدها عن الأرض وانزياحها نحو الطول الموجي الأطول (نحو الأحمر).

الربط بالفيزياء

يُلاحَظ من الشكل (10) أنَّه عند اقتراب سيّارة الإسعاف من الشخص عند النقطة (أ) يزداد تردُّد الموجات الصوتية الصادرة منها، ويقلُّ طولها الموجي. وفي الجهة المقابلة، فإنَّ الموجات الصوتية الصادرة عن سيّارة الإسعاف تبتعد عن الشخص عند النقطة (ب)، فيقلُّ تردُّدها، ويزداد طولها الموجي، في ما يُعرَف **بتأثير دوبلر Doppler Effect**.

اعتمد العلماء تأثير دوبلر في دراسة موجات الضوء (الطيف الكهرمغناطيسي المرئي) الصادرة عن الأجسام المختلفة، ولاحظوا أنَّه إذا كان مصدر الضوء يتجه بعيدًا عنّا، فإنَّ الموجات التي تصلنا منه في (1 s) تكون قليلة العدد؛ أيْ ذات تردُّد مُنخفِض وطول موجي طويل. ومن المعلوم أنَّ ألوان الطيف المرئي تتراوح بين اللون الأزرق واللون الأحمر، ويُمثِّل اللون الأحمر الموجات ذات الطول الموجي الطويل (تردُّد مُنخفِض)، في حين يُمثِّل اللون الأزرق الموجات ذات الطول الموجي القصير (تردُّد عالٍ). ولمّا كانت الموجات المرئية (مصدر الضوء) تبتعد عنّا بفعل تأثير دوبلر، وتميل إلى الطول الموجي الطويل، فإنَّها تميل إلى الأحمر.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح المقصود بتأثير دوبلر.

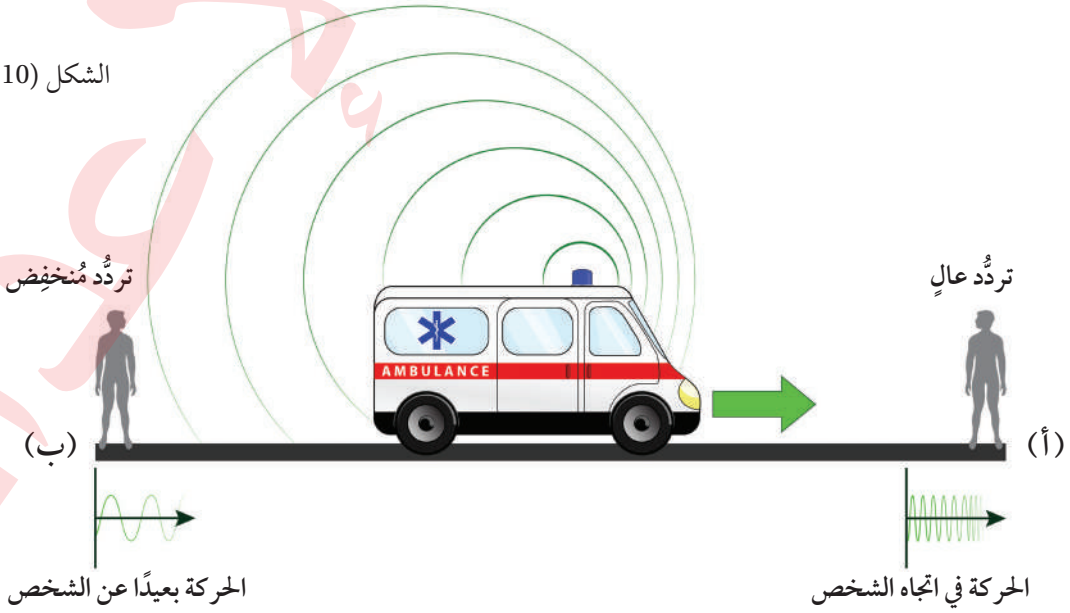
أفكِّرُ أتأمَّل الشكل التالي الذي يُمثِّل ثلاثة أطياف رُصِدت لثلاثة أجرام سماوية (1، 2، 3)، ويُلاحَظ في كل طيف وجود خطوط مُعتِمة تظهر عند أطوال موجية مُعيَّنة تُسمّى طيف الامتصاص، وتنتج من امتصاص الغازات في الفضاء الخارجي للضوء الصادر من الجِرْم السماوي المتجه نحو الأرض. إذا علمْتُ أنَّ الجِرْم (1) يُمثِّل حالة الثبات، فأيُّ الأجرام تتحرَّك مُقتربةً منه؟ وأيُّها تتحرَّك مُبتعِدةً عنه؟ أُبيِّن سبب ذلك.

(2)

(1)

(3)

الشكل (10): تأثير دوبلر.



وفي المقابل، كُلَّما اقتربت منّا الموجات المرئية (مصدر الضوء)، زاد عدد الموجات التي تصلنا منها؛ أيْ أنَّ تردُّدها يزداد، وطولها الموجي يقلُّ؛ هذا يعني أنَّ الموجات المرئية القصيرة تميل إلى الأزرق. لذلك عندما تبتعد المجرات عنّا، فإنَّ تردُّد موجات الطيف الكهرمغناطيسي المرئي الذي سترصده الأجهزة المختلفة سيكون أقلَّ، وسيكون طوله الموجي أكبر؛ أيْ أنَّه ينزاح نحو الأحمر، فنقول إنَّ المجرات التي تبتعد عنّا تنزاح أطيافها نحو الأحمر.

أفكّر لماذا تنزاح أطياف المجرات نحو الأحمر ولا تنزاح أطيافها نحو الأزرق؟

سرعة المجرات Galaxies Velocity

درس العالِم إدوين هابل الأطياف الكهرمغناطيسية المرئية المنبعثة من بعض المجرات التي تبعد عن الأرض مسافات مختلفة، وقد تَبيَّن له أنَّ المجرات تتحرَّك مُبتعِدةً عنّا، وأنَّ بعضها يبتعد عن بعض وَفقًا لتأثير دوبلر، وتوصَّل إلى علاقة تربط بين بُعْد المجرة عنّا وسرعتها، تُعرَف بقانون هابل الذي ينصُّ على أنَّ سرعة تباعد المجرات تتناسب تناسبًا طرديًّا مع بُعْدها عنّا؛ أيْ إنَّه كلَّما كانت المجرة أبعد، زادت سرعة ابتعادها عنّا. وتُكتَب هذه العلاقة رياضيًّا وَفق القانون الآتي:

$$v = H_o \times d$$

حيث:

v: سرعة تباعد المجرة بوحدة (km/s).

H_o: ثابت هابل الذي يُقدَّر مُتوسِّط قيمته بنحو (70 km/s/Mpc).

d: بُعْد المجرة عنّا بوحدة مليون فرسخ فلكي *(Mpc).

*يُعرَّف الفرسخ الفلكي **Parsec** بأنَّه: وحدة قياس المسافات الكبيرة بين النجوم والمجرات، وهو يساوي $3.26 \text{ light years} = 3.1 \times 10^{13} \text{ km}$

✓ **أتحقَّق:** أوضح: كيف استدل العلماء على أن المجرات تبتعد عن الأرض؟

مثال

مجرة تبعد عنّا مسافة (99×10^6 light years)، أحسُب سرعة تباعدها، علمًا بأنَّ ثابت هابل يُقدَّر بنحو (70 km/s/Mpc)، ومُفترِضًا أنَّ الفرسخ الفلكي هو (3.3) light years.

الحل:

أوَّلًا: أُحوِّل المسافة من وحدة السنة الضوئية (light years) إلى وحدة الفرسخ الفلكي (pc).

$$1\ pc = 3.3\ light\ years$$

$$? = 99 \times 10^6\ light\ years$$

$$\frac{99 \times 10^6 \times 1}{3.3} = 30 \times 10^6\ pc$$

ثانيًا: أُحوِّل المسافة من وحدة الفرسخ الفلكي (pc) إلى وحدة مليون فرسخ فلكي (Mpc) بالقسمة على 10^6.

$$\frac{30 \times 10^6}{10^6} = 30\ Mpc$$

ثالثًا: أُعوِّض في القانون الآتي: $v = H_o \times d$

$$(70\ km/s/Mpc) \times 30\ Mpc = 2100\ km/s$$

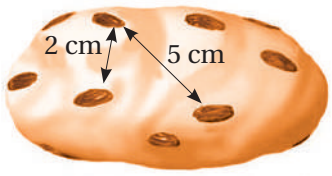
تمرين

إذا كانت سرعة تباعد إحدى المجرات هي 15400 km/s، فأحسُب بُعْدها عنّا بالفرسخ الفلكي، علمًا بأنَّ ثابت هابل هو (70 km/s/Mpc).

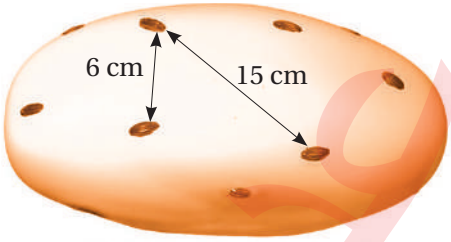
توسُّع الكون Expansion of the Universe

استدلَّ العلماء بحركة المجرات وتباعُد بعضها عن بعض على أنَّ الكون يتوسَّع. وقد يتبادر إلى أذهاننا أحيانًا أنَّ الأرض هي مركز الكون، وأنَّ الكون يبتعد عنّا، لكنَّ هذا ليس صحيحًا؛ فلو وقف راصد في مكان آخر من الكون، أو في مجرة أُخرى، فإنَّه سيُلاحِظ الشيء نفسه، وإنَّ الكون يبتعد عنه. ولنمذجة توسُّع الكون، يُمكِن استخدام عجينة تُمثِّل الفضاء، وحبّات من الزبيب متناثرة عليها تُمثِّل المجرات، أنظر الشكل (11/ أ). إنَّ ما يحدث لحبّات الزبيب عند خَبْزِ العجينة يُشبِه تمامًا توسُّع الكون؛ فحبّات الزبيب يتباعد بعضها عن بعض من دون أنْ تتحرَّك فعليًّا، وإنَّ تمدُّد العجينة وزيادة حجمها عند خَبْزِها هو سبب تباعُدِها، أنظر الشكل (11/ ب)؛ إذ تتباعد جميع الحبّات بعضها عن بعض، وكذلك

(أ)



(ب)



الشكل (11) (أ/ ب): نمذجة توسُّع الكون.

أصِف ما يحدث للمجرات عند تمدُّد الكون وزيادة حجمه وَفْقًا للشكل (ب).

✓ **أتحقَّق:** أَصِف كيف تتحرَّك المجرات في الكون.

المجرات في الكون، يبتعد بعضها عن بعض بوصفها جميعًا وحدة واحدة؛ لأنَّ مادة الكون (الفضاء) تتمدَّد؛ هذا يعني أنَّ المجرات كانت أقرب إلى بعضها يومًا ما، وهذا قاد العلماء إلى تفسير نشأة الكون بنظريات عِدَّة سأتعرَّفها لاحقًا.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** **أُقوِّم** العبارة الآتية: «تُظهِر الأطياف الكهرمغناطيسية المرئية المرصودة من المجرات انزياحًا نحو طول الموجة القصير».

2. أرجِع إلى الشكل (10)، ثم أصوغ المعلومات التي أستنتجها منه بجُمَل علمية دقيقة.

3. أدرس الجدول الآتي الذي يُمثِّل مجموعة المجرات (4، 3، 2، 1)، وشِدَّة انزياح أطيافها نحو الأحمر، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه، علمًا بأنَّ طول السهم يشير إلى شِدَّة الانزياح نحو الأحمر:

رقم المجرة / لون الطيف	أزرق أصفر أحمر
1	←
2	←
3	←
4	←

أ . **أُحدِّد** الرقم الذي يُمثِّل أبعد مجرة.

ب. **أرتِّب** المجرات: (1، 2، 3، 4) في الجدول تصاعديًّا بحسب سرعة تباعدها عنّا.

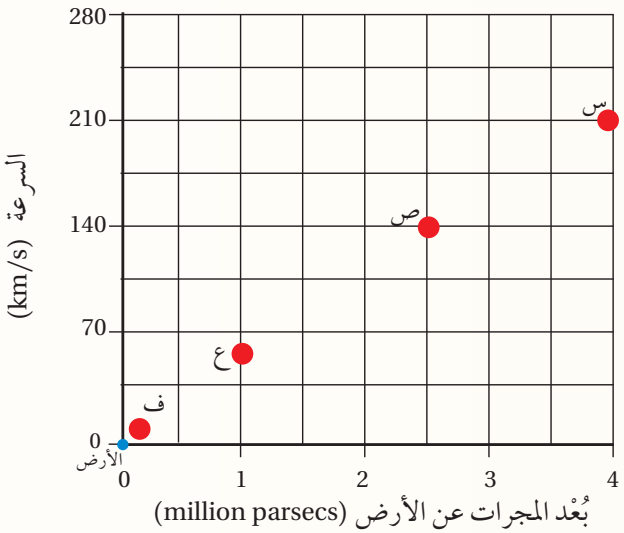
جـ. **أحسُب** بُعْد المجرة (3) عنّا، علمًا بأنَّ سرعة تباعدها هي 46200 km/s، وثابت هابل هو (70 km/s/Mpc).

4. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:**

1. لاحظ العلماء عند دراسة الأطياف الكهرمغناطيسية المرئية للمجرات أنَّ المجرات:

أ . تتحرك مُقترِبة منّا.
ب. تتحرك مبتعدة عنّا.
جـ. ثابتة لا تتحرك.
د . تدور حول مجرة درْب التبانة.

* يُمثِّل الشكل الآتي مجموعة من المجرات: (س، ص، ع، ف) التي تبعد مسافات مختلفة عن الأرض. أدرسه، ثم أُجيب عن الفِقْرات: (2, 3, 4).



2. لوحظ أنَّ الطيف الكهرمغناطيسي المرئي للمجرة (س) ينزاح نحو اللون الأحمر، فذلك يعني أنّها:

أ . تقترب من الأرض.
ب. تبتعد عن الأرض.
جـ. تدور حول الأرض بسرعة ثابتة.
د . ثابتة لا تتحرك.

3. ما العلاقة بين سرعة المجرات وبُعْدها عن الأرض وَفْقًا للمعلومات الواردة في الشكل؟

أ . المجرات الأقرب للأرض تتحرك بسرعة أكبر.
ب. المجرات الأبعد عن الأرض تتحرك بسرعة أكبر.
جـ. لا توجد علاقة بين بُعْد المجرات عن الأرض وسرعتها.
د . كل المجرات تتحرك بالسرعة نفسها بصرف النظر عن بُعْدها عن الأرض.

4. لوحظ أنَّ الطيف الكهرمغناطيسي المرئي للمجرة (س) ينزاح نحو اللون الأحمر، فذلك يعني أنَّ الموجات الكهرمغناطيسية التي تصل إلينا منها تكون:

أ . ذات تردُّد منخفض وطول موجي طويل.
ب. ذات تردُّد منخفض وطول موجي قصير.
جـ. ذات تردُّد عالٍ وطول موجي طويل.
د . ذات تردُّد عالٍ وطول موجي قصير.

5. ما سرعة تباعد مجرة تبعد عنا مسافة (33×10^6 light years)، علمًا أنَّ ثابت هابل = (70 km/s/Mpc)، مُفترِضًا أنَّ الفرسخ الفلكي = (3.3 light years):

أ . 700 km/s
ب. 2310 km/s
جـ. 2310×10^6 km/s
د . 231 km/s

تسارُع توسُّع الكون

Accelerating Expansion of the Universe

الدرس 3

الفكرة الرئيسة:

تمكّن العلماء من حساب عمر الكون التقريبي باستخدام قانون هابل، وإثبات أن الكون يتوسّع متسارعًا بفعل الطاقة المظلِمة التي تملأ الفضاء.

نتاجات التعلّم:

- أُناقش بالأدلة أن الكون يتوسّع متسارعًا.
- أَحسب عمرَ الكون من قانون هابل.

المفاهيم والمصطلحات:

الطاقة المظلِمة (غير المألوفة)

Dark Energy

المادة العادية (المألوفة)

Ordinary Matter

المادة المظلِمة (غير المألوفة)

Dark Matter

تسارُع توسُّع الكون

Accelerating Expansion of the Universe

يعد انزياح الأطياف الكهرمغناطيسية المرئية للمجرات نحو الأحمر دليلًا على تباعدها عنّا وعن بعضها بعضًا، ويُعَدّ أيضًا دليلًا على توسّع الكون. وقد افترض العلماء أن سرعة توسّع الكون ستقلّ مع الزمن بسبب قُوى التجاذب الكبيرة بينَ مكوِّناته المادية من مجرّات ونجوم وسُدُم وغيرها، إلا أن البيانات والمشاهدات التي جُمِعت بمِقراب هابل الفضائي عند رصدِه النجوم فوق المستعرة Supernova، أشارت إلى أن الكون يتوسّع في الوقت الحالي بوتيرة أسرعَ ممّا كان عليه قبل مليارات السنين. ويعرّف النجم المستعر بأنّه نجم شديد السطوعِ يُطلِق طاقةً تُعادِل الطاقة التي تُصدِرها الشمس خلال مدَّة حياتها، يتكون نتيجة انفجار نجم انفجارًا عظيمًا في مرحلة موته. أنظرُ إلى الشكل (12)، فكيف كشفت النجوم فوق المستعرة عن تسارع توسّع الكون؟ وما السبب في ازدياد سرعة توسّعه؟

الشكل (12): نجم فوق مستعر.

الطاقة المظلِمة Dark Energy

تمكّن العلماء من حساب معدل توسُّع الكون، وذلك برصد الأطياف الصادرة عن النجوم فوق المستعرة في عدد من المجرّات البعيدة جدًّا بمِقراب هابل الفضائي، وهذا وفّر لهم بيانات عن شدة انزياح الأطياف الصادرة عنها نحو الأحمر وبُعدها عنّا، واستنادًا إلى تلك البيانات تَبيّن بأن الكون يتوسّع متسارعًا بشكل لم يسبق له مثيل. وقد عزا العلماء سبب تسارع توسّع الكون إلى الطاقة المظلِمة. فما هذه الطاقة؟ وكيف تُسهم في تسارع توسّع الكون؟

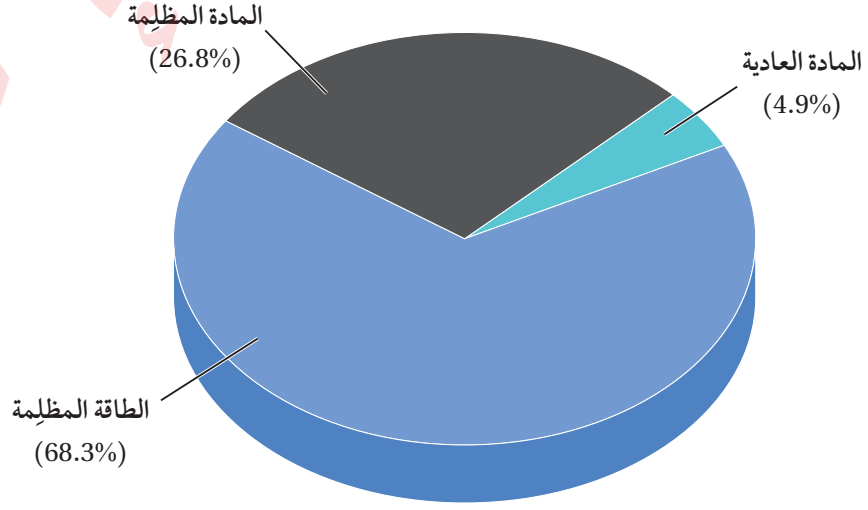
تُعرَّف **الطاقة المظلِمة Dark Energy** بأنّها أحد أشكال الطاقة غير المألوفة "لا نعرف طبيعتها " التي تملأ الفضاء، ويُعزى إليها التمدّد السريع للكون، وتُشكّل هذه الطاقة (68.3%) تقريبًا من مكوّنات الكون، والجزء المتبقي من مكوّنات الكون يتوزّع بين مادّتَين: إحداهما تُسمّى **المادة العادية (المألوفة) Ordinary Matter** وهي المادة التي تتكوّن من غازَي الهيدروجين والهيليوم وبقية العناصر المعروفة، وتُشكّل (4.9%) من مكوّنات الكون، أمّا المادة الأخرى، فيُطلق عليها **المادّة المظلِمة Dark Matter** وهي مادة غير مألوفة "لا نعرف طبيعتها" تشكّل (26.8%) من مكوّنات الكون، أنظر الشكل (13). ويمكن الاستدلالُ على وجود المادة المظلِمة وتعرّفُ خصائصها عن طريق تأثيراتها الجاذبية في المادة العادية.

أفكّرُ ما الذي توصّل إليه العلماء عن سرعة توسّع الكون من تحليل الأطياف الصادرة عن النجوم فوق المستعرة؟

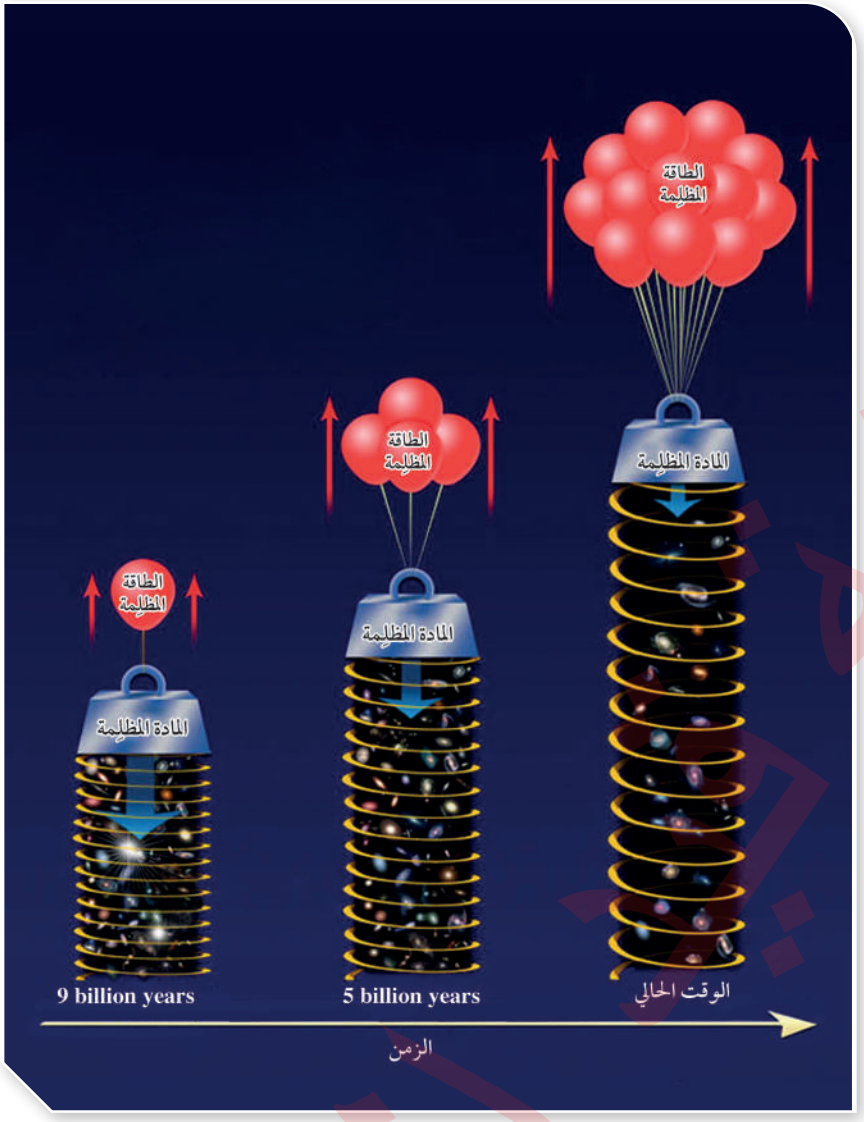
الربط بالتكنولوجيا

مِقراب فيرمي الفضائي هو مِقراب تابع لوكالة (ناسا) NASA أُطلِق عام 2008م، يستخدم في رصد أشعة غاما الصادرة عن النجوم، مثل النجوم فوق المستعرة، ويقع هذا المسبار في مدار منخفض حول الأرض.

أفكّرُ لم يُكشَف عن طبيعة المادة المظلِمة أو الطاقة المظلِمة، فكيف يُستَدلّ على وجودهما؟



الشكل (13): تمثيل بياني (قطاع دائري) يوضّح مكوِّنات الكون من مادةٍ وطاقةٍ ونسبها المئوية.



الشكل (14): تأثير كلّ من المادة المظلِمة والطاقة المظلِمة في توسّع الكون مع الزمن.

أفكّرُ أتوقّع ماذا يمكن أن يحدث لسرعة توسّع الكون لو كان تأثير الطاقة المظلِمة على توسّع الكون مشابهًا لتأثير المادة المظلِمة.

تربط المادة المظلمة عَبْر جاذبيتها مُكوِّنات الكون من نجوم ومجرات معًا، وهذا يبطئ من معدل توسُّع الكون، وفي المقابل، تؤدي الطاقة المظلمة إلى تسارُع هذا التوسُّع، فتعمل على تباعُد المجرات بمرور الزمن، أنظرُ الشكل (14). في المراحل الأولى من عمر الكون، كان تأثير المادة المظلِمة أكبر بكثير من تأثير الطاقة المظلِمة التي كان أثرها قليلًا في توسّع الكون، وبازدياد عمر الكون وتوسّعه قلَّ تأثير المادة المظلِمة وازداد تأثير الطاقة المظلِمة التي تُباعِد بين المجرات بسرعة أكبر، وهذا يفسّر تسارع توسّع الكون.

✓ **أتحقّق:** أوضّح المقصود بالطاقة المظلِمة.

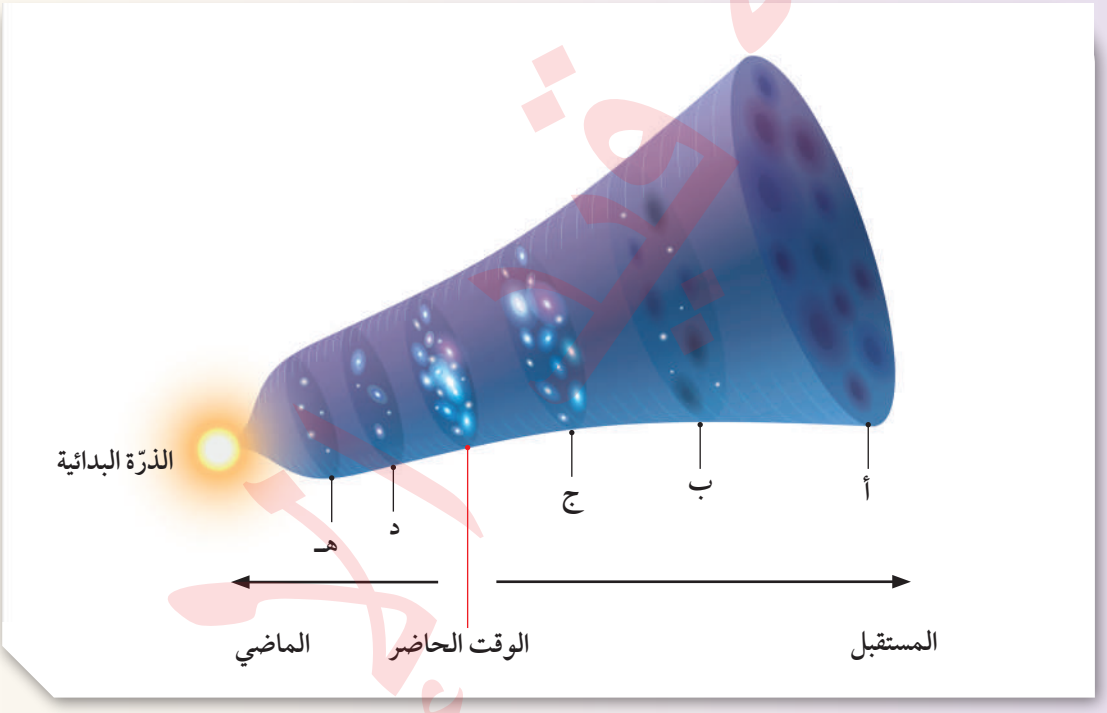
الرّبط بالفيزياء

افترض العالم ألبرت أينشتاين في عام 1917م في نظريته النسبية العامة نوعًا من القوّة الكونية البادئة، وأُطلِق عليها اسم " الثابت الكوني" من أجل مواجهة قوّة الجاذبية وتفسير الكون الذي كان يُفترض أنه ثابت (لا يتوسّع ولا ينكمش). ويتعارض اكتشاف الطاقة المظلِمة مع ما افترضه العالم أينشتاين لأنَّ الكون يتوسّع متسارعًا.

نشاط

دَوْر المادّة المظلِمة والطاقة المظلِمة في توسُّع الكون

تحتوي أغلب المجرّات على مادة مظلمِة لا تعكس الضوء أو تمتصّه مثلما تفعل المادة العادية، وعلى الرغم من أننا لم نكتشف المادة المظلِمة بعد في مختبرات البحوث العلمية، إلّا أن وجودها أصبح معروفًا عن طريق تأثيراتها الجاذبية. لتعرّف الفرق بينَ المادة المظلِمة والطاقة المظلِمة وأثر كلّ منهما في توسّع الكون، أتأمّل الشكل الآتي الذي يوضّح نموذجًا للكون، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أُحدّد أيّ النقاط الآتية: (أ، ب، ج، د) يكون عندها تأثير الطاقة المظلِمة أكبرَ ما يمكن، وأبرّر السبب.
2. **أُقارن** بينَ النقطتين: (هـ) و (ج) من حيث تأثير المادة المظلِمة في كلّ منهما.
3. **أُرتّب** النقاط: (أ، ب، ج، د، هـ) تنازليًّا بحسب تأثير المادة المظلِمة في كلّ منها.
4. أرسم سهمين يدل كل منهما على الاتجاه الذي يزداد به تأثير كلّ من الطاقة المظلِمة والمادة المظلِمة.

عُمُر الكون Age of the Universe

تمكّن العلماء من تقدير عمر الكون التقريبي بحسابِ مقلوبِ ثابتِ هابل، وَفْقًا للعلاقة الرياضية الآتية:

$$T = 1/ H_o$$

حيثُ T هو عمر الكون التقريبي، و H_o هو ثابت هابل وتتراوح قيمته بين (68–80 km/s/Mpc)، وقد قدّر العلماء متوسط قيمته بنحو (70 km/s/Mpc).

ويُحسَب عمر الكون بالسنوات وأجزائها، مع العلم أن: السنة = (3.1×10^7 s)، والفرسخ الفلكي = (3.1×10^{13} km) ويساوي أيضًا (3.26 lights years)، وقد قدّر العلماء عمر الكون بنحو (13.7 billion years)، وقد يكون العمر الفعلي للكون أصغر أو أكثر ببضعة مليارات من السنين.

الربط بالفلك

ثمّة طرائق أُخرى تُستخدَم في حساب عمر الكون، مثل استخدام إشعاع الخلفية الكونية، إذ يفترض علماء الفلك أن هذا الإشعاع ناتج من نشأة الكون، ومن ثَمَّ، يُتوقَّع أنه بوساطة دراسة توزيعه وكثافته ودرجة حرارته وتردّده، وطوله الموجي وغيرها من الخصائص يمكن استنتاج خصائص الكون المبكّر، ومن ضمنها تحديد بداية الكون.

مثال 1

أحسب عمر الكون بوحدة (years) إذا كان ثابت هابل يساوي (70 km/s/Mpc).

الحل:

أكتب قانون عمر الكون، وأبيّن وَحدات ثابت هابل:

$$T = 1/ H_o$$
$$= 1/70 \text{ km/s/Mpc}$$

أحوّل وَحدة (Mpc) إلى (km):

$$\text{Mpc} = 3.1 \times 10^{19} \text{ km}$$

أحوّل وَحدة (s) إلى (years) للحصول على عمر الكون بوَحدة (years):

$$1 \text{ year} = 3.1\times 10^7 \text{ s}$$

أعوّض في القانون:

$$T = \frac{1 \times 3.1 \times 10^{19}}{70 \times 3.1 \times 10^7}$$

$$T = 14.285 \times 10^9 \text{ years}$$

مثال 2

أحسب عمر الكون بوحدة (years) إذا كان ثابت هابل يساوي (77 km/s/Mpc).

الحل:

$T = 1/ H_0$

أحوّل وَحدة (Mpc) إلى (km):

$Mpc = 3.1 \times 10^{19}\ km$

أحوّل وَحدة (s) إلى (years) للحصول على عمر الكون بوَحدة (years):

$1\ year = 3.1 \times 10^{7}\ s$

أعوّض في القانون:

$$T = \frac{1 \times 3.1 \times 10^{19}}{77 \times 3.1 \times 10^{7}}$$

$T = 12.987 \times 10^{9}\ years$

ألاحظ من الأمثلة السابقة أنه كلّما زادت قيمة ثابت هابل قلّ عمر الكون.

تمرين

أحسب ثابت هابل على افتراض أن عمر الكون يساوي (13.5 billion years).

✓ **أتحقّق:** أوضّح كيف تمكّن العلماء من حساب عمر الكون.

نسخة تجريبية

مراجعة الدرس

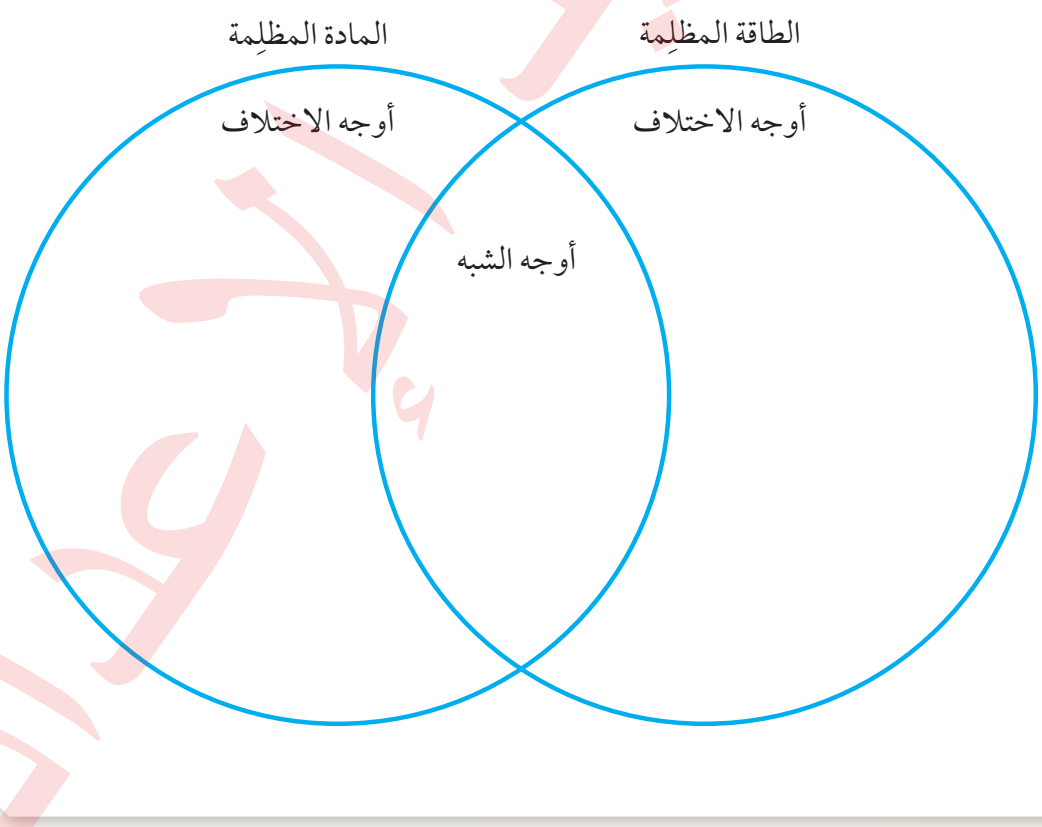
1. **الفكرة الرئيسة:** **أفسّر** ازدياد سرعة توسّع الكون على الرغم من قوة التجاذب الكبيرة بين مكوِّنات الكون المادية.

2. **أرسم مقطعًا بيانيًّا** يوضّح نِسَبَ مكوِّنات الكون من مادة وطاقة.

3. **أتوقّع** ما سيحدث إذا ازدادت الطاقة المظلِمة ازديادًا متسارعًا مع توسّع الكون، وسيطرت في النهاية على المادة المظلِمة.

4. **أحسب** عمر الكون بالسنوات (year) إذا كان ثابت هابل يساوي (80 km/s/Mpc).

5. **أُقارن** بين الطاقة المظلِمة والمادة المظلِمة باستخدام شكل فِن الآتي:



6. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. أشارت البيانات والمشاهدات التي جُمِعت بمِقراب هابل الفضائي من رصْده النجوم فوق المستعرة إلى أنّ الكون:

أ . يتوسَّع في الوقت الحالي بوتيرة أسرعَ ممّا كان عليه قبل مليارات السنين.

ب. يتوسَّع في الوقت الحالي بوتيرة أقل سرعة ممّا كان عليه قبل مليارات السنين.

جـ. يتقلص بتأثير الجاذبية بمرور الوقت.

د . يتمدد ويتقلص دوريًّا.

2. مادة غير مألوفة لا نعرف طبيعتها وتشكِّل ما نسبته (26.8%) من كتلة الكون:

أ . إشعاع الخلفية الكونية.

ب. المادة العادية.

جـ. الطاقة المظلمة.

د. المادة المظلمة.

3. أيّ العبارات الآتية تصف الطاقة المظلمة؟

أ . استدلّ عليها من زيادة قوى التجاذب بين المجرات.

ب. مسؤولة عن التمدُّد السريع للكون.

جـ. تتكون من جسيمات معروفة مثل البروتونات والنيوترونات.

د. تشكِّل جزءًا محدودًا من مُكوِّنات الكون.

4. كيف تَغيّر تأثير المادة المظلمة في توسُّع الكون بمرور الزمن؟

أ . قلَّ تأثيرها تدريجيًّا مع توسُّع الكون.

ب. ازداد تأثيرها وأصبحت تُسرِّع توسُّع الكون.

جـ. ازداد وقلّ تأثيرها بصورة متكررة في مُدَد مختلفة.

د. تحوّلت تدريجيًّا إلى طاقة مظلمة أسهمت في تسارُع توسُّع الكون.

5. كم يبلغ متوسط قيمة ثابت هابل بحَسَب تقديرات العلماء؟

أ . 50 km/s/Mpc

ب. 60 km/s/Mpc

جـ. 70 km/s/Mpc

د . 90 km/s/Mpc

نظريّات نشأة الكون
Evolution of the Universe Theories

الفكرة الرئيسة:

وضع العلماء العديد من النظريات لتفسير نشأة الكون منها نظريتا الكون المستقر والانفجار العظيم، وتُعَدّ نظرية الانفجار العظيم أكثر النظريات قبولًا عند العلماء.

نتاجات التعلّم:

- أتعرّف بعض النظريات التي فسّرت نشأة الكون.
- أوضّح الأدلة التي تدعم نظرية الانفجار العظيم وتوسّع الكون.

المفاهيم والمصطلحات:

نظرية الكون المستقرّ
Steady State Theory
الكوازارات Quasars
نظرية الانفجار العظيم
The Big Bang Theory
إشعاع الخلفية الكونية
Cosmic Background Radiation

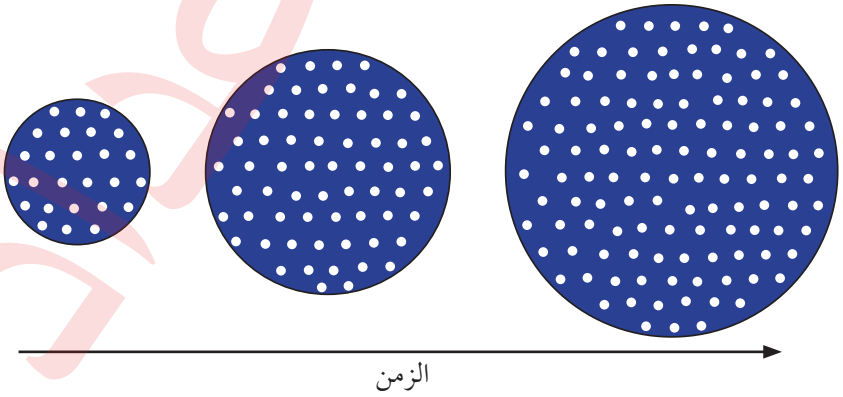
الكون وعلم الكون Universe and Cosmology

تعلمتُ سابقًا أن المجرات هي وحدة بناء الكون الأساسية، ويعرّف الكون على أنه كل ما هو موجود من مادة وطاقة بما في ذلك جميع الأجرام السماوية مثل المجرات والنجوم والكواكب، والفضاء الذي يحوي هذه المكونات جميعها. أما العلم الذي يدرس هذه المكونات ويبحث في نشأة الكون، والفرضيات التي تفسر هذه النشأة فيسمى علم الكون Cosmology.

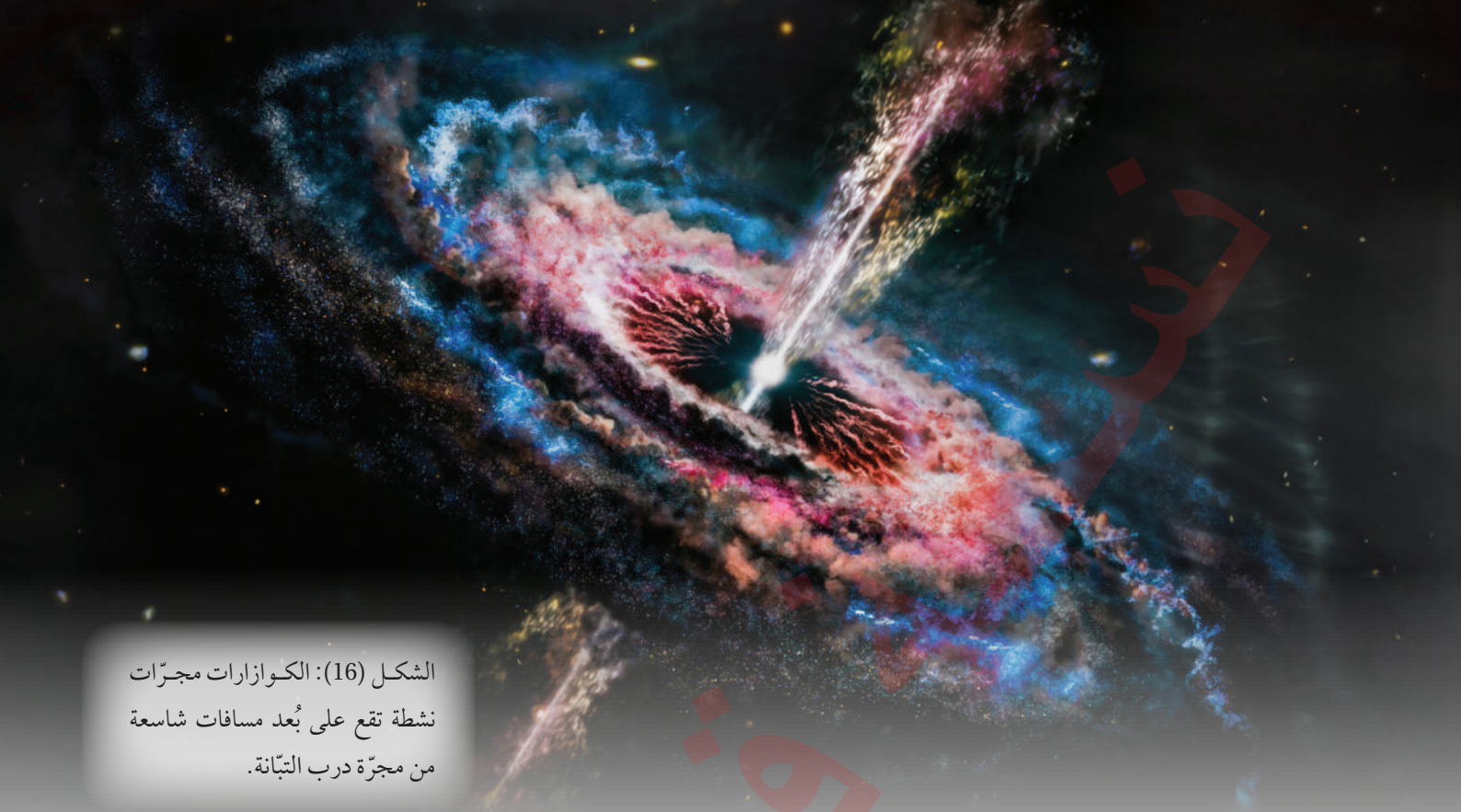
وضع علماء الفلك نظريات عديدة حول أصل الكون وتطوّره، منها: نظرية الكون المستقرّ، ونظرية الانفجار العظيم. فكيف فسّرت كلتا النظريّتين نشأة الكون؟ وأيُّ النظريتين لاقت قَبولًا عند العلماء؟

نظرية الكون المستقرّ Steady State Theory

تنصّ نظرية الكون المستقرّ **Steady State Theory** على أن "الكون أزليّ ليس له بداية أو نهاية، وأن الكون يتوسّع باستمرار مع احتفاظه بمتوسّط كثافة ثابت وخصائص لا تتغير بمرور الوقت". إذ تفترض هذه النظرية بأن هناك مادة جديدة تتشكّل باستمرار مع تمدّد الكون وتوسّعه؛ أي أن كتلة الكون تزداد بنسبة ثابتة مع حجمه، ما يحافظ على متوسط كثافته. لذلك يفترض مؤيدو هذه النظرية بأن الكون ثابت ومتماثل في خصائصه عند النظر إليه الآن أو في الماضي أو في المستقبل "الكون دائمًا يبدو كما هو"، والمادة التي تكوّن مجرّتنا هي المادة نفسها التي تكوّن المجرّات الأُخرى، سواء أكانت هذه المجرات قريبة منّا أم بعيدة عنّا، أنظرُ الشكل (15).



الشكل (15):
نموذج يمثّل نظرية الكون المستقرّ بحيث تمثّل النقاط البيضاء مادة الكون.
أوضّح العَلاقة بينَ حجم الكون وكتلته مع الزمن.



الشكل (16): الكوازارات مجرّات نشطة تقع على بُعد مسافات شاسعة من مجرّة درب التبّانة.

دعم العديد من علماء الفلك نظرية الكون المستقرّ خلال فترة الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي، إلا أن اكتشاف الكوازارات، أنظرُ الشكل (16)، واكتشاف إشعاع الخلفية الكونية كانا سببَين كافيَين لرفضها.

تُعرَّف **الكوازارات** Quasars بأنها أنوية مجرّات نشطة تُصدر كميات هائلة من الطاقة، وتتميز بلمعانها الشديد، وتقع على بُعد مسافات شاسعة من مجرّة درب التبّانة، وتزداد أعدادها كلما ابتعدت عنها باتجاه حافَة الكون المرصود.

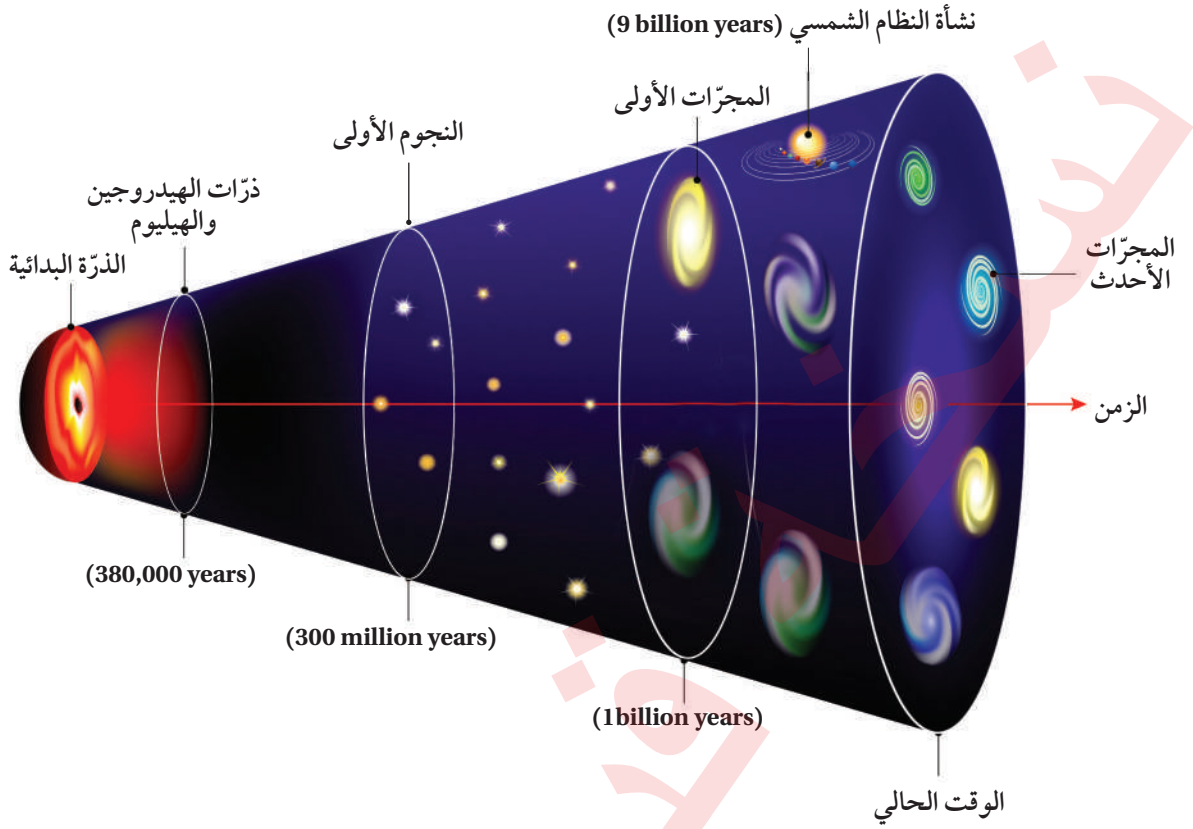
إن اكتشاف الكوازارات ورصدها بعيدًا جدًّا باتجاه حافَة الكون المرصود وعدم رصدها بالقرب منّا يتعارض مع نظرية الكون المستقرّ التي تفترض تماثل الكون في كلّ مكان، ويدلّ توزّع الكوازارات في الكون على أن خصائص الكون سابقًا تختلف عن خصائصه في الوقت الحاضر.

✓ **أتحقّق:** أوضّح الأسباب التي أدت إلى رفض نظرية الكون المستقرّ.

أفكّرُ **أستنتج:** لماذا وصفت نظرية الكون المستقرّ الكونَ بأنّه ثابت ومستقرّ؟

الربط بالتكنولوجيا

استخدم علماء الفلك تقنيات عدّة لرصد الكوازارات، منها تصويرُ مساحات كبيرة من الفضاء عن طريق مرشِّحات مختلفة الألوان، ثم مقارنةُ الصور لتحديد مواقع الأجسام الأكثر زُرقةً التي تمثّل الكوازارات، واستخدامُ تقنية تعتمد على مُسوح الأشعة السينية من الفضاء. ويَعُدّ علماء الفلك ارتفاع مستوى انبعاث الأشعة السينية مؤشِّرًا على وجود الكوازارات.



الشكل (17): تطوّر مادة الكون وَفق نظرية الانفجار العظيم.

أصف ماذا يحدث لحجم الكون مع الزمن.

نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory

تُعَدّ نظرية الانفجار العظيم أكثر النظريات قَبولًا لدى العلماء في تفسير نشأة الكون.

مفهوم نظرية الانفجار العظيم Concept of Big Bang Theory

تنص **نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory** على «أنّ الكون في بداية نشأته كان موجودًا في حيّز صغير يُدعى الذرّة البدائية التي تمتاز بكثافتها اللانهائية وحرارتها العالية جدًّا، وبقدرة الله تعالى انفجرت انفجارًا عظيمًا أدى إلى انتشار أجزائها في الاتّجاهات جميعها، وبدأ تشكُّل الكون وتوسُّعه إلى أن صار على هيئته المعروفة في هذا الوقت» أنظر الشكل (17).

أفكّر أتوقع ماذا سيحدث لدرجة حرارة الكون وكثافته بعد مضيّ (1billion years) من الآن، وفقًا لنظرية الانفجار العظيم.

ويفترض العلماء أنه في اللحظات الأولى من الانفجار في زمن مقداره (10^{-43} s) ارتفعت درجة الحرارة إلى قِيَم عالية جدًّا تصل إلى (10^{32} K)، وتُعَدّ تلك المرحلة مرحلةً مجهولة لم يفسّرها أيّ قانون فيزيائي لغاية الآن.

كانت مادة الكون في بداية نشأته تتكوّن من جسيمات بدائية – غير موجودة الآن – تتفاعل في ما بينها بشكل مستمر، ومع الزمن وباستمرار توسّع الكون وبرودته بدأت العديد من الدقائق بالتكوّن، مثل: الفوتونات، والنيوترونات، والإلكترونات، والبروتونات، وبعد مرور ثلاث دقائق تكوّنت أنوية ذرات الهيدروجين والهيليوم، ولم تتكوّن الذرّات إلا بعد مضيّ (380,000 years) من الانفجار عندما وصلت درجة حرارة الكون إلى (3000 K)، ما سمح بتكوّن ذرّات العناصر الخفيفة مثل الهيدروجين والهيليوم، ومع مرور الوقت تكوّنت النجوم، ونتيجة للاندماج النووي داخل النجوم تكوّنت أغلب العناصر المعروفة حاليًّا، وخلال ذلك انخفضت درجة حرارة الكون تدريجيًّا حتى أصبحت (2.7 K).

✓ **أتحقّق:** أوضّح المقصود بنظرية الانفجار العظيم.

أصمّم باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) عرضًا يبيّن مراحل حدوث الانفجار العظيم، ثمّ أُشاركه وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.

الأدلة المؤيّدة لنظرية الانفجار العظيم

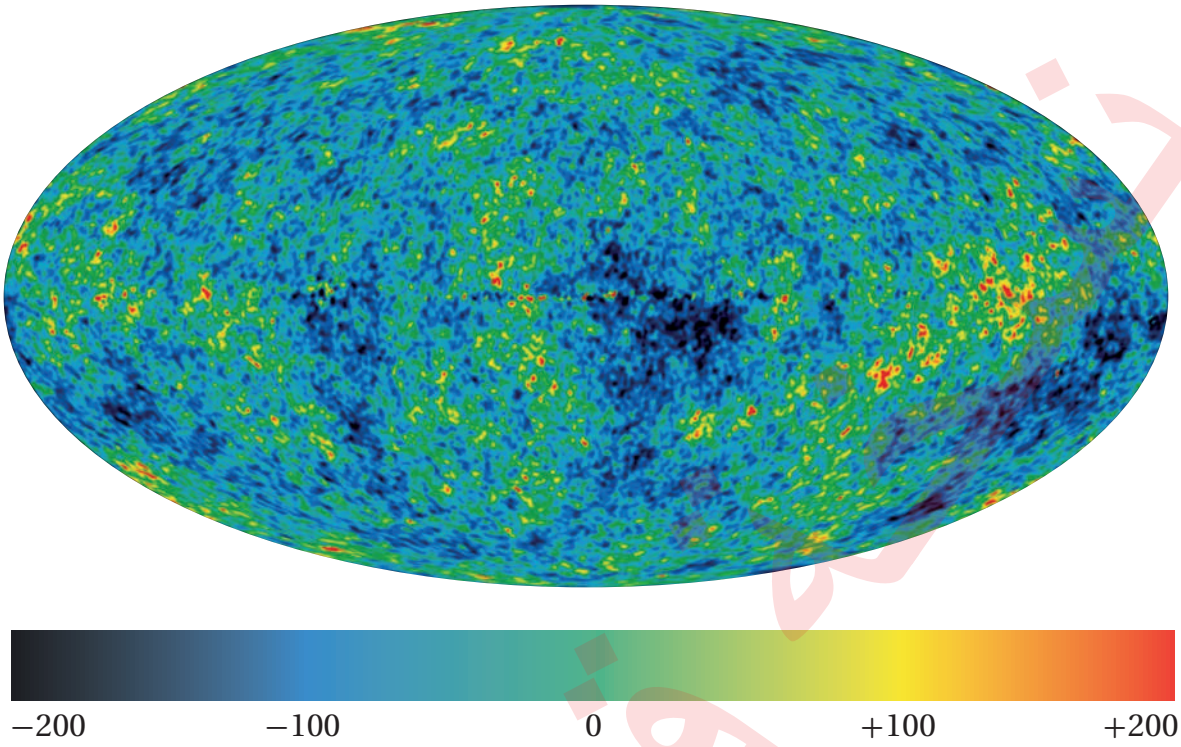
Evidences for the Big Bang Theory

هناك عدد من الظواهر التي تشير إلى حدوث الانفجار العظيم، نذكر منها:

اكتشاف الكوازارات Quasars Exploring على الرغم من أن اكتشاف الكوازارات كان دليلًا معارضًا لنظرية الكون المستقرّ، إلا أنها كانت دليلًا مؤيّدًا لنظرية الانفجار العظيم التي تفترض أن الكون يتطوّر وتتغير خصائصه مع الزمن.

الاتساع المستمر للكون Continuously Expanding of the Universe

لاحظ العلماء حدوث تباعد بين المجرّات في كلّ مكان من الكون بسرعات هائلة جدًّا، ما يدل على اتساع الكون بشكل مستمر، مصداقًا لقوله تعالى: ﴿ وَٱلسَّمَآءَ بَنَيۡنَٰهَا بِأَيۡيْدٖ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ ﴾ (سورة الذاريات: الآية 47).



الشكل (18): صورة لإشعاع الخلفية الكونية التقطت بوساطة مسبار ويلكينسون على مدار سبعة أعوام متتالية.

أصف ماذا يحدث لدرجة حرارة إشعاع الخلفية الكونية مع الزمن.

الربط بالتكنولوجيا

عُدّ مسبار ويلكينسون لتباين الأشعة الكونية Wilkinson Microwave Anisotropy Probe مسبارًا فضائيًّا أُطلق عام 2003م لقياس إشعاع الخلفية الكونية، حيث رُسِمَت خريطة لتوزّع إشعاع الخلفية الكونية، وقدّم هذا المسبار أفضل صورة لمراحل نشأة الكون.

إشعاع الخلفية الكونية Cosmic Background Radiation

اكتُشِف **إشعاع الخلفية الكونية Cosmic Background Radiation** عام 1965م، وهو إشعاع كهرمغناطيسي يمثّل إشارات ميكروية منتظمة الخواصّ قادمة من كافة الاتجاهات في الفضاء، وفي الأوقات كافة وبصورة مستمرة من دون توقف أو تغير، أنظرُ الشكل (18).

وفُسّرت هذه الإشارات الميكروية على أنها بقية الإشعاع الذي نتج من عملية الانفجار الكوني العظيم والذي تكوّن بعد (380,000 years) من الانفجار، أي في الوقت نفسه الذي تشكّلت فيه نوى ذرّات الهيدروجين والهيليوم.

وقد افترض العلماء أن درجة حرارة إشعاع الخلفية الكونية في الوقت الحالي تساوي (2.7 K) تقريبًا، وهي مماثلة للقيمة المَقيسة حاليًّا.

وفرة غازَيِ الهيدروجين والهيليوم في الكون المرئي

Hydrogen–Helium Abundance in the Observable Universe

تُشير البحوث الحديثة ونتائج الرصد لمادة الكون المرئي أو ما يُعرَف باسم المادة العادية Ordinary Matter، إلى أن غاز الهيدروجين يكوّن حوالي (74%) من تلك المادة، يليه غاز الهيليوم بنسبة (24%) تقريبًا منها، أما بقية العناصر مجتمعة فتكوّن (2%) تقريبًا. وهذه النسب تتفق مع توقعات نظرية الانفجار العظيم وتؤكّد أن للكون بداية، إذ يلاحَظ أن غاز الهيدروجين هو الأكثر وفرة في الكون، يليه غاز الهيليوم الذي تشكّل من اندماج ذرّات الهيدروجين.

ورغم الأدلة المؤيِّدة لنظرية الانفجار العظيم، إلا أن كثيرًا من الأسئلة التي طُرحت لم تستطع الإجابة عنها، مثل قُصورها حتى الوقت الحالي عن تفسير الأحداث التي حصلت في اللحظة (0 s) من الانفجار العظيم.

ومع تقدّم معرفتنا للكون ستُطرح مزيدٌ من الأسئلة مستقبَلًا، ستحدّد إجاباتها ما إذا ستبقى هذه النظرية أكثر النظريات قَبولًا في تفسير نشأة الكون، أم ستظهر نظريات أخرى جديدة قد تلقى قَبولًا أكثر لدى العلماء من نظرية الانفجار العظيم.

✓ **أتحقّق:** أَذكر الأدلة المؤيِّدة لنظرية الانفجار العظيم.

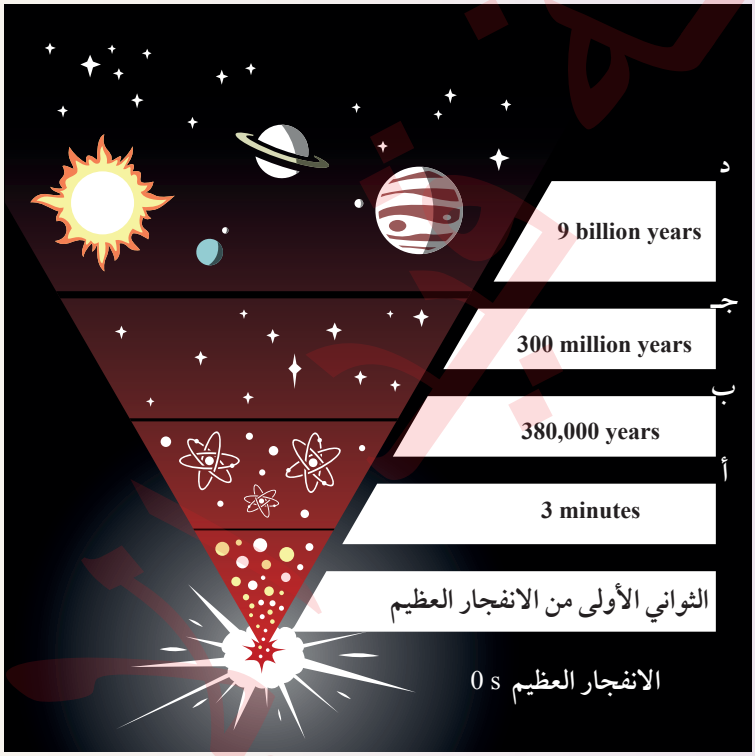
الربط بالفلك

طوّر علماء الفلك نظرية تضخّم الكون Cosmic Inflation Theory بوصفها نظرية مكمّلة لنظرية الانفجار العظيم وتحلّ المشكلات التي اعترضتها، وتنصّ هذه النظرية على "أن زيادة مفاجئة وكبيرة قد حدثت في حجم الكون في المدة الزمنية التي كان فيها عمر الكون يتراوح ما بين (10^{-45} s) و(10^{-35} s)، وقد أدّى هذا التوسّع الكبير إلى جعل الكون مُتجانسًا، وقلّل التفاوت بين درجات الحرارة في مناطق شاسعة من الكون".

نشاط

الأحداث التي مرّ بها الكون منذ بدء الانفجار العظيم

تُعَدّ نشأة الكون من الأمور التي حيّرت العلماء، وعلى الرغم من ذلك فقد بُذِلَت جهود كبيرة في البحث وتطوير أدوات المعرفة من أجل تفسيرها، وتمكّن العلماء من جمع جدول زمني تقريبي للأحداث الرئيسة التي مرّ بها الكون منذ لحظة الانفجار العظيم حتى الآن. ويمثّل المخطط الآتي بعض البيانات التي جُمِعَت عن أهمّ الأحداث التي مرّ بها الكون. أدرسهُ جيدًا، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه.

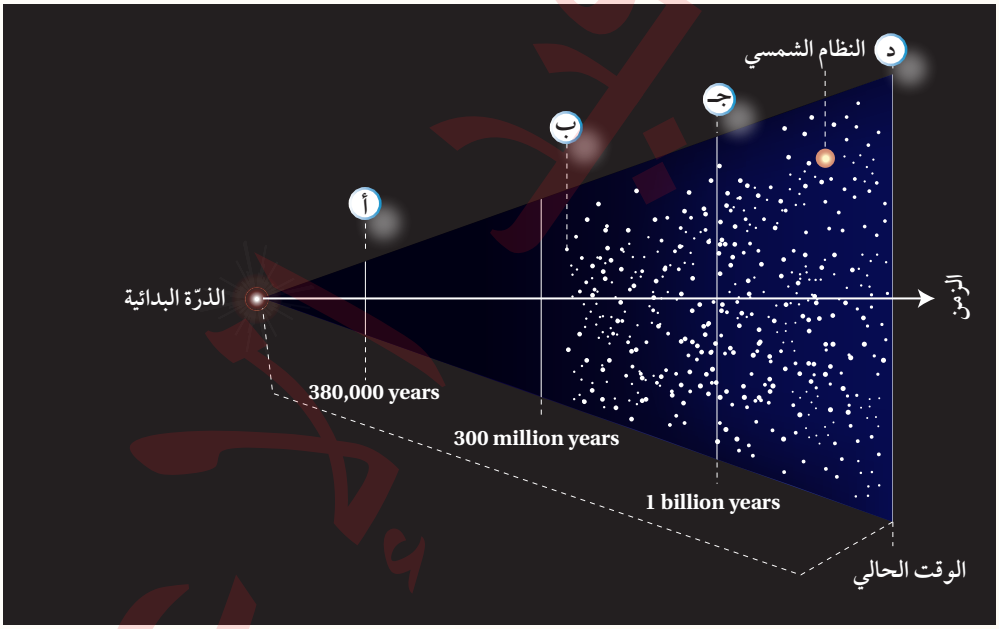


التحليل والاستنتاج:

1. أستنتِج التغيّرات التي حدثت على كلّ من: حجم الكون، وكثافته مع الزمن.
2. أوضّح دلالة الأحداث التي تمثّلها الرموز (أ، ب، جـ، د).
3. أُحدّد الأحداث التي مرّ بها الكون بحسب نظرية الانفجار العظيم منذ الزمن 10^{-43} s حتى الزمن (380,000 years) بعد الانفجار.
4. أتوقّع ما سيحدث لكمّيات غازَيِ الهيدروجين والهيليوم بعد مئات ملايين السنين من الآن.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** **ألخّص** ما أشارت إليه نظرية الانفجار العظيم.
2. **أربطُ** بينَ خصائص إشعاع الخلفية الكونية وبينَ نظرية الانفجار العظيم.
3. **أُقارنُ** حجم الكون وكتلته بينَ اللحظة التي تشكّل فيها إشعاع الخلفية الكونية والوقت الحالي.
4. أصِفُ كيف تدعم كمّيات غازَيِ الهيدروجين والهيليوم المتوافرة في الكون حاليًّا نظريةَ الانفجار العظيم.
5. **أُفسّر** كيف أدّى اكتشاف الكوازارات إلى تأييد صحّة نظرية الانفجار العظيم.
6. أشرح كيف يُعَدّ إشعاع الخلفية الكونية دليلًا معارضًا لنظرية الكون المستقرّ.
7. أدرسُ الشكل الآتي الذي يوضّح نموذجًا للانفجار العظيم، ثم **ألخّص** الأحداث التي تُشير إليها الرموز: (أ، ب، جـ، د).



8. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:**

1. تنصّ نظرية الكون المستقرّ على أنَّ الكون:

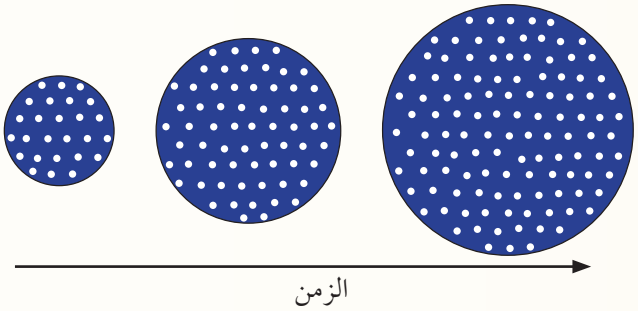
أ . نشَأَ من انفجار عظيم، وسيستمرّ في التوسُّع إلى الأبد.

ب. أزلي ليس له بداية أو نهاية، ويتوسع مع احتفاظه بمتوسط كثافة ثابت.

جـ. سيتوقف عن التوسُّع وسينهار على نفسه في النهاية.

د . يتمدد، ثم ينكمش في دورات متكررة.

2. يمثِّل الشكل نموذجًا لنظرية الكون المستقرّ، وتمثِّل النقاط البيضاء توزيع مادة الكون، فأيّ العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بالنموذج؟



أ . حجم الكون ثابت مع الزمن.

ب. خصائص الكون متماثلة عَبْر الزمن.

جـ. مُكوِّنات المجرات البعيدة تختلف عن المجرات القريبة.

د . كتلة الكون ثابتة ولا تتغير.

3. اكتشاف الكوازارات ورَصْدها بعيدًا جدًّا باتجاه حافّة الكون المرصود وعدم رَصْدها بالقرب منّا يدل على:

أ . تماثُل الكون في الأمكنة والأزمنة جميعها.

ب. التغيُّر في خصائص الكون مع مرور الوقت.

جـ. استقرار الكون استقرارًا كاملًا.

د . تقلُّص الكون في الماضي.

4. أحد العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بالذرّة البدائية في سياق نظرية الانفجار العظيم:

أ . تمتاز بكثافة عالية وحرارة لا نهائية.

ب. تمتاز بكثافة لانهائية وحرارة عالية جدًّا.

جـ. تشكّلت بعد الانفجار العظيم.

د . تنتشر في جميع أجزاء الكون.

* يمثِّل الجدول الآتي مجموعة من الأحداث التي مرّ بها الكون وَفْقًا لنظرية الانفجار العظيم. أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن السؤال الذي يليه.

1	تكوُّن أنوية العناصر الخفيفة مثل الهيدروجين والهيليوم.
2	مادة الكون مُكوَّنة من جسيمات بدائية غير موجودة الآن – تتفاعل في ما بينها باستمرار.
3	انخفاض درجة حرارة الكون إلى حوالي 3000 K وهذا سَمَح بتكوين الذرات.
4	تكوُّن العديد من الدقائق، مثل: الفوتونات، والنيوترونات، والإلكترونات، والبروتونات.
5	انخفاض درجة حرارة الكون تدريجيًّا حتى أصبحت (2.7 K).

5. الترتيب الصحيح لتسلسل الأحداث التي مرّ بها الكون وَفْقًا لنظرية الانفجار العظيم هو:

أ . 5 → 1 → 4 → 3 → 2

ب. 5 → 1 → 3 → 4 → 2

جـ. 5 → 2 → 3 → 4 → 1

د . 2 → 1 → 3 → 4 → 5

مِقراب جيمس ويب الفضائي
James Webb Space Telescope

أُطلق مِقراب جيمس ويب الفضائي (JWST) بتاريخ 2021/12/25م إلى الفضاء نحو نقطة لاغرانج Lagrangian Point (L2) على بُعد (1.5 million kilometers) من الأرض، ويُعدّ هذا المقرابُ أقوى مرصد فضائي حتى الآن، ويوصَف بأنه خليفة مِقراب هابل الفضائي، ويتمتع مقراب جيمس ويب بقدرة كبيرة على رصد وتحليل طيف الأشعة تحت الحمراء القادمة من الأجرام البعيدة، في حين أن مقراب هابل يعمل ضمن مجال مختلف من طول الموجة، إذ إن قدراته الأساسية تقع ضمن طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية وجزء صغير من طيف الأشعة تحت الحمراء. بالإضافة إلى ذلك فإن الصور الملتقطة بمِقراب جيمس ويب أكثر دقّةً من مِقراب هابل. لذلك من المتوقع أن تحدث ثورة في علم الفلك والفيزياء الفلكية عن طريق تسليط الضوء على أقدم النجوم والمجرّات التي تشكّلت بعد الانفجار العظيم.

يتكوّن قلب مِقراب جيمس ويب من مرآة مقعَّرة قُطرها (5.6 m)، تتألف من 18 مرآة سداسية الأضلاع، وهي مصنوعة من عنصر البريليوم المطليّ بالذهب، وقد أضيفت مِجسّات دقيقة إلى المِقراب بهدف التقاط صور للأجرام في الفضاء وتحليل الإشعاع؛ من أجل فهم خصائص المواد الكونية.

الكتابة في الجيولوجيا

أكتبُ فقرة عن المرصد الفضائي جيمس ويب، ودَوره في استكشاف أسرار الكون، ثمّ أعرض ما كتبتُه على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

السؤال الأوّل:

أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. بناءً على دراسة العلماء للأطياف الكهرمغناطيسية المنبعثة من المجرات، استنتج العلماء أنَّ الكون بمرور الزمن:
   أ . يتقلَّص. ب. يتمدَّد.
   جـ. يبقى ثابتًا. د . يتمدَّد ويتقلَّص بشكل ثابت.

2. الوحدة الأساسية في بناء الكون هي:
   أ . السُّدُم الكونية. ب. الكواكب.
   جـ. النجوم. د . المجرات.

3. أحد الرموزِ الآتية يُعبِّر عن أكثر المجرات الإهليليجية استطالة:
   أ . E0. ب. E7.
   جـ. E3. د . E1.

4. تمتاز مجرة درب التَّبّانة بأنَّها:
   أ . حلزونية الشكل، وكروية النواة.
   ب. حلزونية الشكل، وخطِّية النواة.
   جـ. إهليليجية الشكل، وشديدة الاستطالة.
   د . إهليليجية الشكل، وقليلة الاستطالة.

5. ذراعِ مجرة درب التَّبّانة التي تقع عليها الشمس هي:
   أ . القوس. ب. قنطورس.
   جـ. الجبّار. د . برشاوس.

6. أكبر المجرات عُمرًا هي المجرات:
   أ . غير المُنتظَمة.
   ب. الحلزونية كروية النواة.
   جـ. الحلزونية خطِّية النواة.
   د . الإهليليجية.

7. تمتاز المجرة E6 عن المجرة E1 بأنَّها:
   أ . أصغر عُمرًا، وأكثر استطالة.
   ب. أكبر عُمرًا، وأقلّ استطالة.
   جـ. أصغر عُمرًا، وأقلُّ استطالة.
   د . أكبر عُمرًا، وأكثر استطالة.

8. إحدى المجرات الآتيةِ تحوي كمِّية أكبر من الغازات والأغبرة الكونية:
   أ . Sa. ب. E7.
   جـ. SBc. د . E0.

9. إحدى العبارات الآتية تصف العلاقة بين بُعْد المجرات عنّا وسرعتها:
   أ . تزداد سرعة المجرة بازدياد بُعدِها عنّا.
   ب. تقل سرعة المجرات بازدياد بُعدِها عنّا.
   جـ. تبقى سرعة المجرة ثابتة بازدياد بُعدِها عنّا.
   د . لا توجد علاقة تُمثِّل سرعة المجرات وبُعْدها عنّا.

10. تتحرَّك الأذرع الحلزونية في مجرة درب التَّبّانة حول مركزها من:
    أ . الشرق إلى الغرب.
    ب. الغرب إلى الشرق.
    جـ. الشمال إلى الجنوب.
    د . الجنوب إلى الشمال.

11. وَفق نموذج الانفجار العظيم، فإنّ عمر الكون بوحدة (billion years):
    أ . (2.7). ب. (9).
    جـ. (13.7). د . (15).

12 . النِّسَب التي تمثّل الطاقة والمادة المكوِّنة للكون ممّا يأتي هي:

أ . 4.9% طاقة مظلِمة، 26.8% مادة مظلِمة، 68.3% مادة عادية.

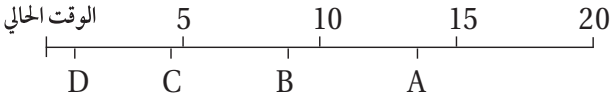
ب. 68.3% طاقة مظلِمة، 26.8% مادة مظلِمة، 4.9% مادة عادية.

جـ. 68.3% مادة عادية، 26.3% مادة مظلِمة، 4.9% طاقة مظلِمة.

د . 26.8% مادة عادية، 68.3% مادة مظلِمة، 4.9% طاقة مظلِمة.

13 . يمثّل الخط الزمني أدناه الوقت من الزمن الحالي إلى (20 billion years) مضت، وتمثّل الرموز (A,B,C,D) أوقاتًا محدّدة. فإن الرمز على الخطّ الزمني الذي يمثّل الوقت الذي قدّر فيه العلماء حدوث الانفجار العظيم هو:

خط زمني (billion years)



أ . A. ب. B.

جـ. C. د . D.

14 . توصّل علماء الفلك عن طريق دراستهم النجومَ فوق المستعرة إلى أنّ الكون:

أ . يتوسّع بشكل متسارع.

ب. يتوسّع ببطء.

جـ. يبقى ثابتًا من دون تحرّك.

د . يتوسّع بنسب متغيرة.

15 . نشأ إشعاع الخلفية الكونية:

أ . بعد (300 million years) من حدوث الانفجار العظيم.

ب. بعد (380,000 years) من حدوث الانفجار العظيم.

جـ. بعد مضيّ ثوانٍ من حدوث الانفجار العظيم.

د . في اللحظة (10^{-43}s) من حدوث الانفجار العظيم.

16 . تفترض نظرية الكون المستقرّ بأن الكون:

أ . ليس له بداية وليس له نهاية.

ب. يتقلص بنسبة ثابتة.

جـ. يتوسّع بنسبة غير ثابتة.

د . لا يتقلص ولا يتوسّع.

17 . نسبة غاز الهيدروجين في مادة الكون المرئي تساوي تقريبًا:

أ . (2%).

ب. (24%).

جـ. (74%).

د . (98%).

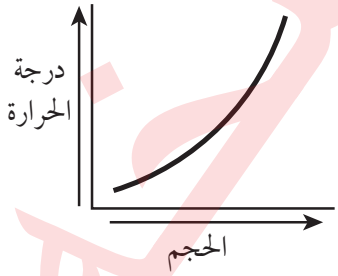
18 . متوسط كثافة الكون بحسب نظرية الكون المستقرّ:

أ . يتغيّر مع الزمن. ب. يقلّ بنسبة ثابتة.

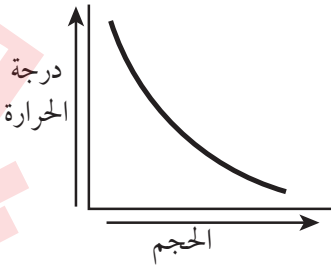
جـ. يزداد بنسبة ثابتة. د . ثابت مع الزمن.

19. الرسم البياني الذي يوضّح العلاقة بينَ حجم الكون ودرجة الحرارة التي يشير إليها إشعاع الخلفية الكونية هو:

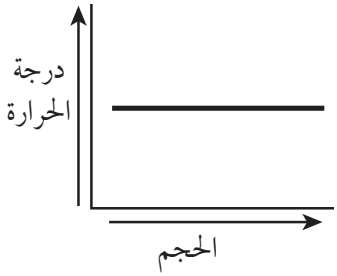
أ.



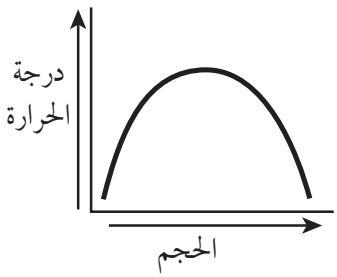
ب.



جـ.



د.



20. وَفق نظرية الكون المستقرّ، تتكوّن مادة جديدة في الكون نتيجة توسّع الكون وتمدّده على شكل:

أ. غاز الهيليوم.

ب. غاز الهيدروجين.

جـ. نجوم صغيرة.

د. مجرّات.

21. تبلغ درجة حرارة الكون الآن (بوحدة K):

أ. (2). ب. (2.7).

جـ. (2.8). د. (3.5).

السؤال الثاني:

أُكمِل الفراغ بما هو مناسب من المصطلحات في ما يأتي:

1. تُسمّى المجرة التي تترتَّب نجومها في أذرع حلزونية تدور حول نواتها.....

2. كل ما هو موجود من طاقة ومادة وفضاء، وما يحويه من مُكوِّنات يُطلَق عليها اسم .....

3. استدلَّ العلماء على تباعد المجرات وتوسُّع الكون بظاهرة .....

4. يُرمَز إلى المجرة غيرِ المُنتظمَة بالرمز .....

5. تختلف المجرات بعضها عن بعض في .....، و.....، و.....

6. رتَّب العالِم إدوين هابل المجرات، وصنَّفها في مُخطَّط عُرِف باسم .....

7. كانت مادة الكون في بداية نشأته تتكوّن من .....

8. يكوّن غازا الهيدروجين والهيليوم ما نسبته (98%) من مادة الكون .....

9. يُقدّر العلماء أن عمر الكون الذي حدث عنده الانفجار العظيم هو .....

10. تعمل المادة المظلِمة في الكون بوصفها قوّة .....

.....

السؤال الثالث:

أُبيِّن الأساس الذي اعتمده إدوين هابل في تقسيم المجرات الإهليليجية إلى ثماني فئات.

السؤال الرابع:

أُفسِّر: تُعَدُّ المجرات الحلزونية من المجرات مُتوسِّطة العمر.

السؤال الخامس:

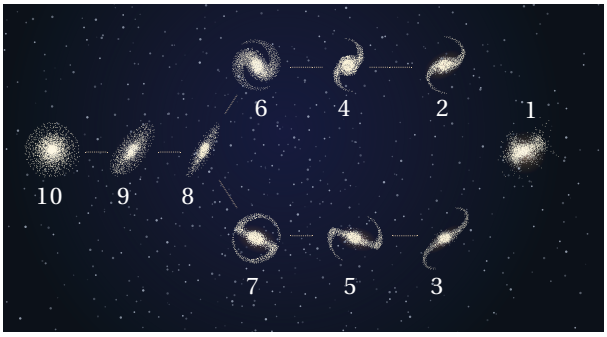
أُناقِش: كيف توصَّل العلماء إلى كيفية نشأة الكون بدراسة سرعة تباعد المجرات عنّا؟

السؤال السادس:

أحسُب سرعة تباعد مجرة عن الأرض، علمًا بأنَّها تبعد مسافة 10^8 pc عنها، وثابت هابل هو 70 km/s/Mpc.

السؤال السابع:

أدرس الشكل الآتي الذي يُبيِّن مُخطَّط هابل لتصنيف المجرات، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ. **أرتّب** المجرات (10، 9، 2) تنازليًّا بحسب العُمر.

ب. أكتب رقم كلٍّ من المجرات الآتية:

- المجرة الأقل عمرًا.
- المجرة الحلزونية خطِّية النواة التي تكون أذرعها الأقلَّ انفتاحًا.
- المجرة التي تحوي أقلَّ كمِّية من الغازات بين نجومها.

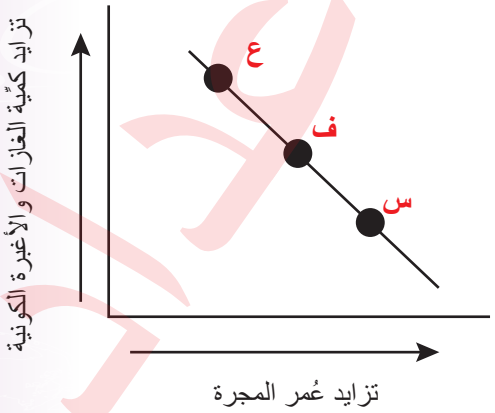
جـ. **أُقارِن** بين المجرتين: (1) و (10) من حيث نوعها، وكمِّية الغازات فيها.

السؤال الثامن:

أدرس الرسم البياني التالي الذي يُوضِّح العلاقة بين كمِّية الغازات والأغبرة الكونية في المجرات وعُمرها، ثم أُجيب عن السؤالين الآتيين:

1. **أَصِف** العلاقة بين عُمر المجرة وكمِّية الغازات والأغبرة فيها.

2. أُبيِّن نوع كلٍّ من المجرات الآتية: (س)، (ف)، (ع).



السؤال التاسع:

أحسب ثابت هابل على افتراض أن عمر الكون يساوي (12.5 billion years).

السؤال العاشر:

أُفسّر العبارات الآتية تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

أ . ثبات كثافة الكون على الرغم من توسّعه وازدياد حجمه وَفق نظرية الكون المستقرّ.

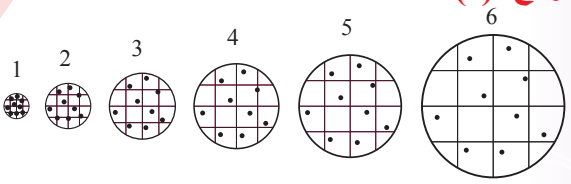
ب. يُعزى توسّع الكون السريع للطاقة المظلِمة.

جـ. يُعَدّ إشعاع الخلفية الكونية دليلًا على صحّة نظرية الانفجار العظيم.

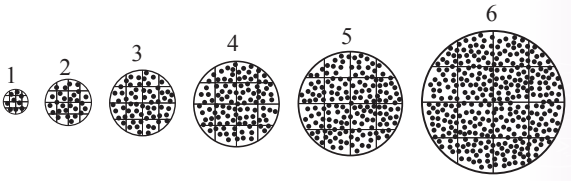
السؤال الحادي عشر:

أَدرسُ الشكل الآتي الذي يمثّل نموذجَينِ للكون (أ، ب) حسب نظريتَي: الانفجار العظيم، والكون المستقرّ، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

النموذج (أ)



النموذج (ب)



1 . أصفُ ماذا يحدث لكثافة الكون وكتلته في كلّ من النموذجَينِ (أ) و (ب).

2 . **أستنتجُ**: أي النموذجَينِ يُمثّل نموذج الانفجار العظيم، وأيّهما يمثّل نموذج الكون المستقرّ؟

3 . أُوضّح كيف تُعَدّ الكوازارات دليلًا معارضًا لأحد النموذجَينِ، في حين تُعَدّ دليلًا مؤيّدًا للنموذج الآخَر.

السؤال الثاني عشر:

أُقارن بين نظريتَي الكون المستقرّ والانفجار العظيم من حيث تغير كتلة الكون وكثافته وحجمه مع الزمن.

السؤال الثالث عشر:

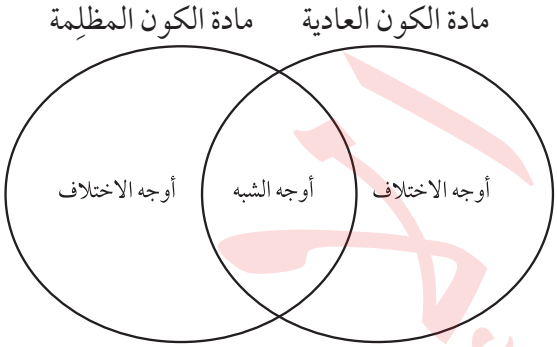
أقوّم صحة ما أشارت إليه العبارة الآتية: «تُعَدّ نظرية الانفجار العظيم مكمّلةً لنظرية الكون المستقرّ».

السؤال الرابع عشر:

أتتبّع مراحل نشأة الكون منذ لحظة الانفجار العظيم حتى تشكّل المجرّات.

السؤال الخامس عشر:

أُقارن بينَ مادة الكون العادية وبين مادة الكون المظلِمة باستخدام شكل فِن الآتي:



السؤال السادس عشر:

أُوضّح أوجه القصور في نظرية الانفجار العظيم.

السؤال السابع عشر:

يفترض بعض علماء الفلك أن الكون ثابت ليس له بداية أو نهاية. **أستنتج** كيف يُثبِت اكتشاف إشعاع الخلفية الكونية بُطلان هذه الفرضية.

الوَحْدة 6

أحوال الطقس القاسية

Extreme Weather Conditions

قال تعالى:

﴿أَوْ كَصَيِّبٍ مِّنَ ٱلسَّمَآءِ فِيهِ ظُلُمَٰتٌ وَرَعْدٌ وَبَرْقٌ يَجْعَلُونَ أَصَٰبِعَهُمْ فِىٓ ءَاذَانِهِم مِّنَ ٱلصَّوَٰعِقِ حَذَرَ ٱلْمَوْتِ ۚ وَٱللَّهُ مُحِيطٌۢ بِٱلْكَٰفِرِينَ﴾

(سورة البقرة : الآية 19)

أتأمّل الصّورة

تشكّل الأعاصير المَدارية خطرًا على الممتلكات والأرواح، نتيجة العواصف والفيضانات والرياح الشديدة المصاحِبة لها. فما الأعاصير المَدارية؟ وكيف نشأت؟ وما الآثار التدميرية الناجمة عنها؟

الفكرة العامّة:

يمكن أن تتسبّب زيادة سرعة الرياح وزيادة كمّية الأمطار في حدوث بعض ظواهر الطقس القاسية، مثل: الأعاصير القِمْعية، والأعاصير المَدارية.

الدرس الأول: قياس عناصر الطقس

الفكرة الرئيسة: يستخدم علماء الأرصاد الجوّية أجهزة خاصة لجمع البيانات المتعلّقة بالأحوال الجوّية والتنبّؤ بحالة الطقس، مثل: سرعة الرياح، وكمّية الأمطار.

الدرس الثاني: الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية

الفكرة الرئيسة: تُعَدُّ الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية من ظواهر الطقس القاسية، وتختلف عن بعضها البعض في خصائص عدّة من حيث: آليةُ نشأتها، وقوّتُها التدميرية.

الدرس الثالث: التغير المناخي وأنماط الطقس القاسية

الفكرة الرئيسة: يؤثر التغير المناخي في شدة أنماط الطقس القاسية وتكرارها، مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف وموجات الحرّ.

توليد إعصار قِمعي

تحدث الأعاصير القِمْعية بصورة رئيسة في الأماكن المعتدلة، إذ تُعَدُّ درجة الحرارة المرتفعة مِن أساسيات تكوين هذا النوع من الأعاصير، وتحدث في أيّ وقتٍ خلال العام، لكنّ أكثر حدوث لها يكون خلال فصلَي الربيع والصيف في أوقات ما بعد الظهر من اليوم. فما شكل الإعصار القِمْعي؟ وكيف يحدث؟

الموادّ والأدوات:

قنينتان بلاستيكيتان شفّافتان سَعة 2 L، ماء، ملوِّن طعام، شريط لاصق شفّاف أو سيليكون.

إرشادات السلامة:

- غَسْل اليدين جيدًا بعد استخدام ملوِّن الطعام.
- التأكّد من لصق الفوّهتين بإحكام خوفًا من انسكاب الماء الملوّن على الطلبة.
- إجراء التجربة فوق صينية أو حوض لاحتواء أيّ انسكاب للماء.

خطوات العمل:

1. أملأ ثُلثَيْ إحدى القنّينتين بالماء، وألوِّنه ببعض قطرات من ملوِّن الطعام، وأترك القنّينة الأُخرى فارغة.
2. أُثبّت فوهة القنّينة الفارغة على فوهة القنّينة التي تحتوي الماء الملوَّن، وأُلصق الفوهتين بإحكام باللاصق الشفّاف أو بالسيليكون حتّى تصبِحا كأنهما قنّينة واحدة.
3. أحمل القنّينتين من عُنقيهما، ثم أقلِبهما رأسًا على عَقبٍ بحيث تصبح القنّينة التي تحتوي على الماءِ الملوَّن في الأعلى.
4. **أُلاحظ** ما يحدث لحركة الماء الملوَّن في القنينة التي تقع في الأعلى.

التحليل والاستنتاج:

1. أصف شكل الماء المتحرّك في الخطوة رقم 4.
2. **أُفسّر** سبب اندفاع الماء من القنّينة التي تحتوي على الماءِ الملوَّن في الأعلى إلى القنّينة الفارغة في الأسفل.
3. **أتوقع** كيف تتغير نتائج التجربة لو وُضعَت القنّينتان أفقيًّا من دون تحريك.
4. **أربط** بين نتائج التجربة وبين حركة الإعصار القِمْعي.

قياس عناصر الطقس
Measuring Weather Elements

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يستخدم علماء الأرصاد الجوّية أجهزة خاصة لجمع البيانات المتعلقة بالأحوال الجوّية والتنبّؤ بحالة الطقس مثل: سرعة الرياح، وكمّية الأمطار.

نتاجات التعلّم:

- أوضّح صفات بعض عناصر الطقس، مثل: سرعة الرياح، وكمّية المطر.
- أقارن بين أنواع الهَطْل من حيث آلية التكوّن.
- أصف سرعة الرياح وشدّة الأمطار وَفقًا للمقاييس المخصَّصة لذلك.

المفاهيم والمصطلحات:

مقياس بيفورت للرياح Beaufort Wind Scale

مقياس المطر Rain Gauge

المطر Rain

الثلج Snow

البرَد Hail

الرياح وكمّيات الهَطْل Wind and Amount of Rainfall

تعلمتُ سابقًا أن الطقس هو وصفٌ للحالة الجوية في منطقةٍ ما خلال يوم أو أكثرَ من حيث درجة الحرارة، والضغط الجوي، والرياح، والهَطْل، والرطوبة، وأنّه يتغير من مكان لآخر. إنّ زيادة كلٍّ من سرعة الرياح وكمّيات الأمطار عن الحدّ الطبيعي لها تؤدي إلى حدوث ظواهر عنيفة للطقس، مثل: العواصف، والأعاصير. وسأتعرّف في هذا الدرس وصف كلٍّ من سرعة الرياح واتجاهها وشكل الهَطْل، وحدودَهما الطبيعية.

الرياح Wind

تعلمتُ سابقًا أن الرياح هي الحركة الأفقية للهواء، وتتشكّل نتيجةً لاختلاف قِيَم الضغط الجوّي على سطح الأرض، إذ تتحرك من مناطق الضغط الجوّي المرتفع إلى مناطق الضغط الجوّي المنخفض، وتزداد حركة الرياح وسرعتها حينما يكون الفرق بين قِيَم الضغط الجوّي في المناطق المتجاورة كبيرًا. توصف الرياح بسرعتها واتجاهها الذي تَهُبّ منه وشدّتها، وتقاس سرعة الرياح بجهازٍ يُسمّى (الأنيمومتر)، ووَحدة قياسها هي العُقدة knot أو km/h، وأمّا اتجاهها فيُستخدَم سهمُ الرياحِ الدوّارُ أو مخروطُ الرياح في تحديد الجهة التي تَهُبّ منها، أنظر الشكل (1). ولوصف شدّة الرياح وقوّتها يُستخدَم مقياس بيفورت، فما هذا المقياس؟

الشكل (1): مخروط الرياح الذي يُصنَع من قُماش خاص بحيث تمرّ الرياح خلاله، وتشير الفتحة الكبيرة فيه إلى الجهة التي تهبّ منها الرياح.

أُحدّد اتجاه الرياح في المنطقة التي أُخذت فيها الصورة.

الجدول (1): مقياس بيفورت للرياح.

قوّة الرياح بحسب مقياس بيفورت	معدَّل سرعة الرياح (km/h)	وصف الرياح
0	<1	هادئةٌ
1	1–5	هواءٌ خفيفٌ
2	6–11	نسيمٌ خفيفٌ
3	12–19	نسيمٌ لطيفٌ
4	20–29	نسيمٌ معتدلٌ
5	30–38	نسيمٌ منعشٌ
6	39–50	رياحٌ قويةٌ
7	51–61	قريبٌ من العاصفة
8	62–74	عاصفةٌ خفيفةٌ جدًّا
9	75–87	عاصفةٌ خفيفةٌ
10	88–101	عاصفةٌ
11	102–117	عاصفةٌ عنيفةٌ
12	>118	إعصارٌ

* معدّل سرعة الرياح غير مطلوب للحفظ.

مقياس بيفورت للرياح Beaufort Wind Scale

ابتكر الأدميرال سير فرانسيس بيفورت Sir Francis Beaufort **مقياس بيفورت للرياح Beaufort Wind Scale** عام 1805م، وصمّمه لوصف الرياح في أثناء حركة السفن الشراعيّة. ويُعَدُّ هذا المقياس وسيلة لتصنيف قوّة الرياح يتراوح من 0 (هادئة) إلى 12 (إعصار)، عبر ملاحظة تأثير الرياح على أجسام موجودة في البحر وعلى اليابسة وبسرعات مختلفة. أنظر الجدول إلى (1) الذي يوضّح مقياس بيفورت للرياح.

ألاحظُ من الجدول السابق أن الرياح توصف بأنّها (رياح هادئة إلى هواء خفيف) إذا كانت قوّتها من (1–0)، وتوصف أنّها (نسيم خفيف إلى نسيم مُنعِش) إذا كانت قوّتها من (5–2)، وتوصَف بأنّها (رياح قويّة إلى عاصفة عنيفة) إذا كانت قوّتها من (11–6)، وتوصف الرياح بأنّها (إعصار) إذا كانت قوّتها (12).

أعملُ فيلمًا

قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضّح حالات رياح قوية أُخرى، وأحرصُ على أنْ يشملَ الفيلمُ صورًا توضيحيةً، ثُمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

أفكّرُ ما العوامل التي تتأثر بها حركة الرياح السطحية؟

أتحقّق: ما الأجهزة المستخدَمة لقياس سرعة الرياح واتجاهها؟

التّجربة 1 ملاحظة قوّة الرياح ومقارنتها مع مقياس بيفورت

مقياس بيفورت هو مقياس وصفي يعتمد على ملاحظة تأثير حركة الرياح في الأشياء، وهو ذو أهمّية كبيرة في تحديد حركة الطائرات والسفن ومزارع الرياح وغيرها من أنشطة الناس، ويمكن تقدير قوّة الرياح بالملاحظة المباشرة لحركة الرياح حولَنا، مثل مراقبة حركة أوراق الأشجار وأغصانها، فهل يمكننا استنتاجُ قوّة الرياح بالملاحظة المباشرة لحركتها من حولنا؟

الموادّ والأدوات:

جهاز قياس سرعة الرياح (أنيمومتر)، ورق، قلم، مقياس بيفورت.

إرشادات السلامة:

توخّي الدقّة والحذر في التعامل مع الموادّ والأدوات، وتجنّب التعرّض للرياح الشديدة.

خطوات العمل:

1. أخرج إلى ساحة المدرسة، ثم أبدأ باكتشاف أيّ حركة للهواء، مثلِ الإحساس بحركتها على وجهي، أو سماع صوت حركة الأشياء التي تؤثر فيها، أو حركة أوراق الأشجار وأغصانها، وأصف الرياح اعتمادًا على ملاحظتي، ثم أدوّن ملاحظاتي في الجدول الآتي.
2. أُقدّر قوّة الرياح بحسب مقياس بيفورت لذلك الوقت اعتمادًا على ملاحظتي، وأدوّن ملاحظاتي في الجدول.
3. أقيس سرعة الرياح باستخدام جهاز (الأنيمومتر) وأدوّنها في الجدول.
4. أقدّر قوّة الرياح بحسب مقياس بيفورت اعتمادًا على قِيَم سرعة الرياح التي حصلت عليها.
5. أكرّر الخطوات (2،3،4) خلال أوقات متعددة من اليوم.

الملاحظات والقياسات / الأوقات	8 صباحًا	10 صباحًا	12 ظهرًا
وصف الرياح اعتمادًا على ملاحظاتي.			
قوّة الرياح بحسب مقياس بيفورت اعتمادًا على الوصف.			
سرعة الرياح (km/h).			
قوّة الرياح بحسب مقياس بيفورت اعتمادًا على قِيَم سرعة الرياح المَقيسة.			

6. أُقارن قِيَم قوّة الرياح التي حصلت عليها بالملاحظة المباشرة بالقِيَم التي حصلت عليها عن طريق قياس سرعة الرياح.

التحليل والاستنتاج:

1. أستنتج إمكانية تقدير قوّة الرياح بناءً على الملاحظة المباشرة.
2. أستنتج العَلاقة بينَ قوّة الرياح وسرعتها بحسب مقياس بيفورت.
3. أُفسّر سبب اختلاف قوّة الرياح من وقت لآخَر.

الهَطْل Precipitation

تعلمتُ سابقًا أن الهَطْل عملية تصل عن طريقها أشكال المياه المختلفة (مطر أو ثلج أو بَرَد) إلى سطح الأرض، حيث تحدّد درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نوعَ الهَطْل الذي يسقط عليه. يستخدم العلماء أدوات متعدّدة لقياس كمّية المطر أو الثلج، مثل: مقياس المطر، ومسطرة القياس.

قياس المطر Rain Measurement

تُقاس كمّية المطر باستخدام **مقياس المطر Rain Gauge**، وهو أنبوب زجاجي مدرَّج بالسنتيمتر والمليمتر، ولزيادة دقّة القياس يحتوي مقياس المطر على قِمْع يجمع عشرة أضعاف كمّية المطر التي يجمعها الأنبوب الزجاجي وحدَه، ويحتوي مقياس المطر أيضًا على اختناقٍ يقلّل من كمّية المياه المتبخِّرة، ويوضع في مكان مكشوف بعيدًا عن المباني والأشجار، أنظر الشكل (2).

قياس تساقط الثلج Snowfall Measurement

تُقاس كمّية الثلج باستخدام مقياس المطر نفسه، ولكن تكون فوهته واسعة ليهوي الثلج إلى القاع مباشرة ثم ينصهر، وتُقاس كمّية المياه الناتجة من انصهار الثلج بالطريقة السابقة نفسها. أمّا سُمك الثلج المتساقط والمتراكم خلال (24 h)، فإنّه يُقاس باستخدام مسطرة مِترية توضع رأسيًّا في الثلج المتراكم على سطح الأرض ، التي تُعرف باسم مسطرة القياس Measuring Stick، أنظر الشكل (2).

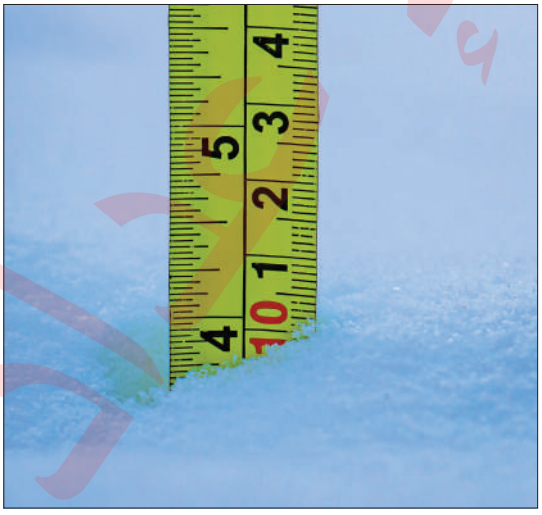
الربط بالتكنولوجيا

هناك تقنيات حديثة عديدة تُستخدَم في قياس كمّية المطر والتنبّؤ بها غير التي وردت في الدرس، مثل: مقياس المطر ذي العوّامة، حيثُ يُجمع ماء المطر في وعاء محدود السَّعة تطفو فوقه عوّامة، وعندما يرتفع منسوب الماء في الوعاء فإنه يدفع العوّامة إلى الأعلى بحيث يُشير المؤشر المرتبط بالعوامة إلى كمية الأمطار الهاطلة، ويُسجّلها على ورقة رسم بياني ملفوفة حول أسطوانة تدور باستمرار. ويمكن التخلص من الكميات الزائدة من المياه في الوعاء عن طريق جمعها في وعاء آخر أكبر ليُستفاد منها في استعمالات عدّة.

الشكل (2): أدوات قياس بعض أشكال الهطول.

أحدّد كلًّا من: كمّية المطر، وسُمك الثلج.

مقياس المطر.



مسطرة القياس.

أشكالُ الهَطْل Forms of Precipitation

حين يتصاعد بخار الماء إلى الأعلى في طبقة التروبوسفير، فإنّه يتكاثف حول نُويّات صُلبة مثل ذرّات الغبار، أو حبوب اللقاح، أو البلّورات الجليدية الصغيرة، ويتحوّل من حالته الغازية إلى الحالة السائلة أو الصُّلبة مكوّنًا الغيومَ. ومن ثمّ يحدث الهَطْل بأشكال عدّة، هي:

المطر Rain: يتشكّل **المطر Rain** عند استمرار عملية التكاثف وزيادة قطرات الماء تدريجيًّا وزيادة حجمها، ومن ثمّ زيادة وزنها داخل الغيمة، حتّى تُصبح مشبَعةً تمامًا بقطرات الماء وثقيلة جدًّا، فتتخلّص من حمولتها على شكل مطر.

الثلج Snow: حين تنخفض درجة حرارة الهواء في الغيمة إلى 0°C أو أقلّ، فإن بخار الماء المتكاثف يكوّن بلورات من الثلج على نوى التكاثف، وتتصادم هذه البلّورات وتتّحد معًا مكوّنة بلّورات أكبرَ حجمًا، تتساقط نحو الأرض على شكل **ثلج Snow** يتراكم على سطح الأرض إذا كانت الظروف مناسبة. ويتكوّن الثلج عند بداية سقوطه على سطح الأرض من رقائق هشّة ذات فراغات تحتوي على الهواء وخفيفة الوزن، ونظرًا لانخفاض درجة حرارة تكوّنها، تتطاير في الجوّ كالقطن المندوف، ثم يتراكم الثلج على السطوح التي يسقط عليها.

البَرَد Hail: تسمّى حبّات الثلج المستديرة التي يبلغ قُطرها 1.5 cm تقريبًا، وقد تزيد على ذلك فيزداد قُطرها إلى أكثر من 10 cm **البَرَد Hail**. يتكوّن البَرَد عندما تحمل التيارات الهوائية الصاعدة قطرات المطر إلى الأعلى وتتجمّد؛ لذا فإن البَرَد حين تساقطه تغلّفه قطرات الماء. ويمكن لتيار هوائي صاعد آخَر أن يحمل البَرَد ويعيده إلى الأعلى، وفي هذه الحالة تتجمّد قطرات الماء التي تجمّعت على حبّات البَرَد لتكوّن طبقة أُخرى من الجليد عليها. ويمكن أن تحدث هذه العملية مرات عدّة، وفي النهاية تصبح حبّات البَرَد أثقلَ وزنًا من قدرة التيارات الصاعدة على حملها، فتتساقط على سطح الأرض.

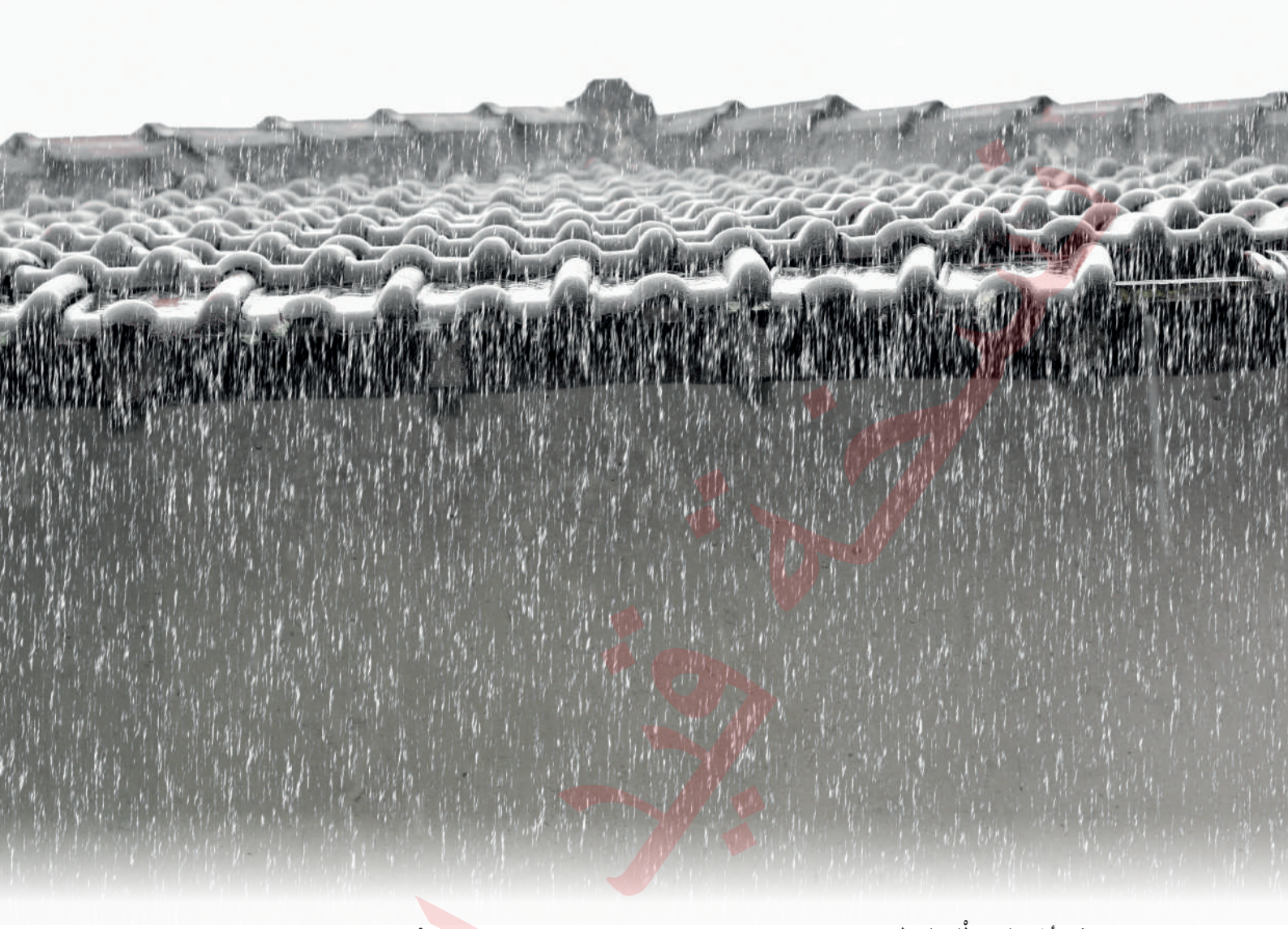
✓ **أتحقّق:** أُوضّح كيف تتكوّن البلّورات الثلجية.

أفكّرُ لماذا لا يسقط البَرَد في المناطق الاستوائية؟

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (moviemaker) يوضّح أشكال الهَطْل، وأحرصُ على أنْ يشملَ الفيلمُ صورًا توضيحيةً، ثُمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

الرّبط بالبيئة

تصل كتلة بعض حبات البَرَد أحيانًا إلى 60 g، ويتسبّب هذا بكثير من المخاطر على البيئة مثل إتلاف المحاصيل الزراعية، وهدم البيوت البلاستيكية، والإضرار بأسقف البنايات والسيارات، وحدوث فيضانات عارمة.



الشكل (3): هطل أمطار غزيرة على أحد أسطح المنازل.

تصنيف أشكال هَطْل المطر Classification of Precipitation Forms

تُصنَّف أشكال هَطْل المطر بناءً على معدّلات هَطْلها وانتظامه، إلى ثلاثة أشكال رئيسة وهي: الرذاذ والمطر المنتظم والزخات.

يكون هَطْل المطر على شكل رَذاذ حينما يتكوّن من قطرات ماء صغيرة جدًّا، وقد يصبح الرذاذ كثيفًا بحيث يُقلّل من وضوح الرؤية. أمّا إذا كان هَطْل المطر مستمرًّا لساعات أو أيام وبشكل ثابت؛ فإنّه يكون على شكل مطر منتظم. فإذا كان معدّل هَطْل الأمطار يقل قليلًا عن (0.5 mm/h) فإنّها تكون على شكل أمطار خفيفة. وإذا زاد معدّل هَطْلها على (8 mm/h) فإنّها تكون على شكل أمطار غزيرة جدًّا، أنظر الشكل (3).

أما إذا كان هطل المطر مفاجئًا وقصير المدّة؛ فإنّه يكون على شكل زخات مطرية. وتكون زخات المطر خفيفة إذا قلّ معدّل هَطْلها عن (2 mm/h) وزخّات مطر شديدة جدًّا إذا زاد معدّل هَطْلها على (50 mm/h).

✓ **أتحقّق:** ما الأساس المعتمد في تصنيف أشكال هَطْل المطر؟

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة**: أذكر بعض الأجهزة والأدوات التي يستعين بها خبراء الأرصاد الجوّية لجمع البيانات المتعلقة بالأحوال الجوّية والتنبّؤ بحالة الطقس.
2. **أقارن** بينَ المطر والثلج، من حيث آليةُ التكوّن.
3. **أتتبّع** مسار تكوُّن البرَد.
4. **أفسّر** سبب تكوُّن الثلج عند بداية سقوطه على سطح الأرض من رقائق هشّة خفيفة الوزن.
5. أحدّد أشكال نُويّات التكاثف.
6. أوضّح كيف توصف الرياح.
7. **أصف** أهمّية مقياس بيفورت للرياح.
8. **أستنتجُ**: كيف تحدد درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نوع الهَطْل الذي يسقط عليه؟
9. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي.**
   1. الأداة التي تُستخدم في تحديد اتجاه الرياح هي:
      أ . مقياس بيفورت. ب. الأنيمومتر. جـ. سهم الرياح الدوار. د . مقياس فوجيتا.
   2. عندما تتراوح قوة الرياح بين (5–2)، فإنها توصف وفقًا لمقياس بيفورت للرياح بأنها:
      أ . رياح هادئة إلى هواء خفيف. ب. نسيم خفيف إلى نسيم منعش.
      جـ. رياح قوية إلى عاصفة عنيفة. د . إعصار.
   3. يقاس سُمْك الثلج المتراكم باستخدام:
      أ . الأنيمومتر. ب. مقياس بيفورت. جـ. مقياس المطر. د . المسطرة المترية.
   4. يعد البرد أحد أشكال الهَطْل، ويتميز بأنه:
      أ . يتطاير في الجو كالقطن المندوف.
      ب. يتكون من حبات مستديرة يبلغ قطرها 1.5 cm تقريبًا.
      جـ. يوجد على شكل رقائق هشة خفيفة الوزن.
      د . يتكون بفعل التيارات الهوائية الهابطة.
   5. يوصف الهطل بأنه أمطار غزيرة جدًّا عندما يزيد معدل هَطْلها عن:
      أ . 0.5 mm/h ب. 4 mm/h جـ. 8 mm/h د . 12 mm/h

الأعاصير القمْعية والأعاصير المَدارية
Tornadoes and Hurricanes

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

تُعَدّ الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية من ظواهر الطقس القاسية، وتختلف عن بعضها البعض في خصائص عدّة من حيث: آليةُ نشأتها، وقوّتُها التدميرية.

نتاجات التعلّم:

- أتعرّفُ مفهوم الأعاصير القِمْعية، والأعاصير المَدارية.
- أوضّح كيف تنشأ كلٌّ من الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية.
- أصف الآثار التدميرية لكلٍّ من الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية.
- أُقارن بينَ الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية من حيث: سرعة الرياح المرافقة لكلٍّ منهما، والحجم، والامتداد، ومكان النشأة، وكيفية قياسها.
- أستقصي الأماكن الأكثر عُرضة لتكوّن الأعاصير المَدارية.
- أستنتج أهمّية تقنية الأقمار الصناعية في تقليل الخسائر الناجمة عن الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية.

المفاهيم والمصطلحات:

الأعاصير القِمْعية (التورنادو) Tornadoes

مقياس فوجيتا Fujita Scale

الأعاصير المَدارية Hurricanes

مقياس سفير- سمبسون للأعاصير المدارية Saffir–Simpson Hurricane Scale

الأعاصير القِمْعية Tornadoes

تعلمتُ سابقًا أن عناصر الطقس، مثل درجة الحرارة والرياح والضغط الجوّي، تتغيّر في خصائصها، وقد يكون هذا التغيّر كبيرًا بحيث يؤدي إلى تكوين بعض ظواهر الطقس القاسية (الخطرة)، مثل الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية التي تُلحِق آثارًا تدميرية كبيرة في المناطق التي تحدث فيها، فما المقصود بالأعاصير القِمْعية والمَدارية؟ وكيف يحدث كلٌّ منهما؟ وما آثارهما التدميرية؟

مفهوم الأعاصير القِمْعية Concept of Tornadoes

تُعرَّف **الأعاصير القِمْعية (التورنادو) Tornadoes** بأنّها تيّارات هوائية صاعدة تدور على هيئة قِمْع عمودي حول منطقة الضغط الجوّي المنخفض، وتمتدّ من سطح الأرض إلى قاعدة السُّحب الرعدية، وتدور الرياح فيها بعكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الأرضية الشمالي، أمّا في نصف الكرة الأرضية الجنوبي فتدور مع اتجاه عقارب الساعة؛ بسبب قوة كوريوليس، أنظر الشكل (4).

الشكل (4): إعصار قِمْعي ضخم ضرب مناطقَ في كندا.
أصفُ شكل الإعصار القِمْعي.

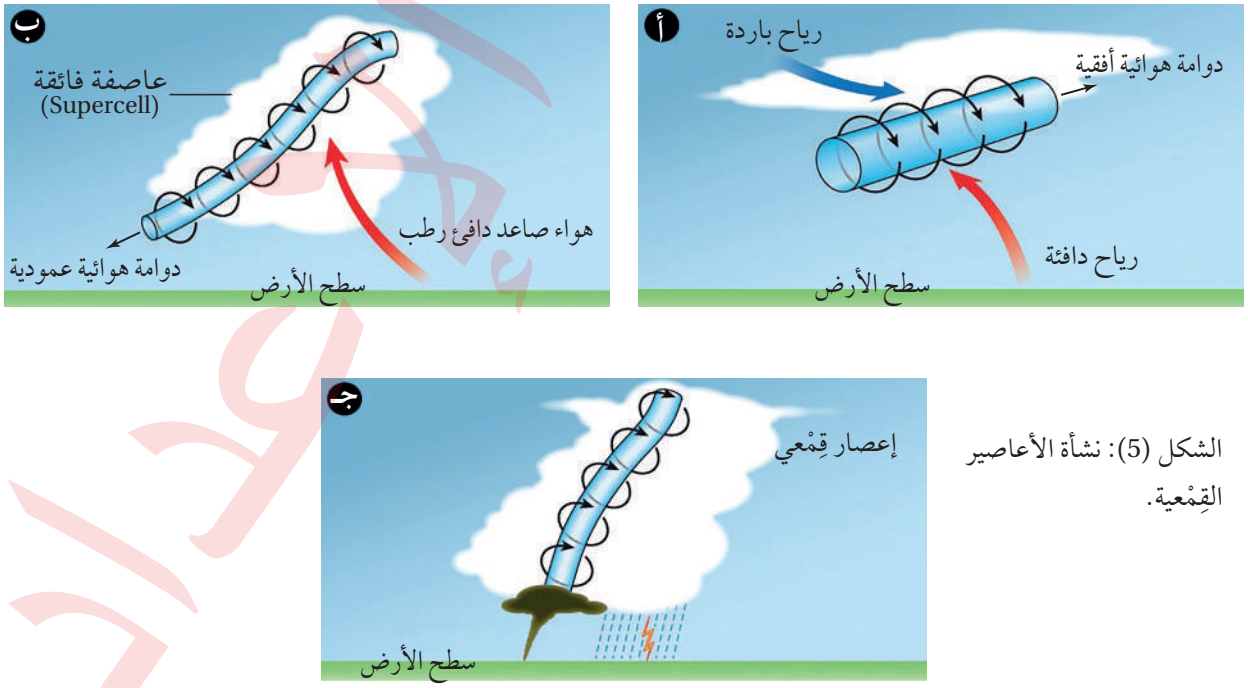
نشأة الأعاصير القِمْعية Formation of Tornadoes

تنشأ الأعاصير القِمْعية فوق اليابسة من العواصف الرعدية، ويصاحب تشكُّل هذه العواصف تكوُّن رياح تُسمّى رياح القصّ Wind Shear وهي نوعان من الرياح، إحداهما تتحرك بالقرب من سطح الأرض، والأخرى في طبقات الجو العليا في اتجاهين مختلفين، فيؤدي ذلك إلى تشكُّل دوامة هوائية أفقية بينهما. أنظر الشكل (5/ أ). ونتيجة صعود الهواء الدافئ الرطب في العواصف الرعدية إلى الأعلى واصطدامه بالدوامة الأفقية، فإنَّها تبدأ بالتحوُّل إلى دوامة هوائية عمودية تعمل على دوران العاصفة الرعدية، ومن ثَمَّ، تتشكّل عواصف رعدية محددة تسمى العواصف الفائقة (Supercell) تنشأ منها الأعاصير القِمْعية، أنظر الشكل (5/ ب). يصعد الهواء الدافئ الرطب من سطح الأرض إلى الأعلى في وسط الإعصار يقابله هواء بارد جافّ هابط نحو الأسفل حَوْل الإعصار، ومع استمرار الدوران، يندفع الهواء البارد الهابط بعيدًا ويصبح الإعصار مخروطيًّا، وعند ملامسة قاعدة الإعصار الأرض، يصبح إعصارًا قِمْعيًّا (تورنادو)، أنظر الشكل (5/ جـ). وغالبًا ما تحدث هذه الأعاصير على اليابسة خلال فصلَي الربيع والصيف في أوقات ما بعد الظهر من اليوم.

الربط بالجغرافيا

تحدث الأعاصير القِمعية في مناطق متعددة من العالم، إلا أن حدوثها يتكرّر في الولايات المتحدة الأمريكية خاصةً ولاية تكساس، كما يتكرّر حدوثها في بريطانيا والهند والأرجنتين وأستراليا وإفريقيا ونيوزلندا.

✓ **أتحقّق:** أُوضح كيف تنشأ الأعاصير القِمْعية.



الشكل (5): نشأة الأعاصير القِمْعية.

الآثار التدميرية للأعاصير القِمْعية
Destructive Effects of Tornadoes

حين تضرب الأعاصير القِمْعية منطقةً ما فإنّها تتسبّب بكثيرٍ من الآثار التدميرية مَعَ أنّ حدوثها يستمرّ عادةً بضعَ دقائقَ فقط، وقُطرها نادرًا ما يتجاوز (200 m)، ويظهر الدمار الذي يخلّفه الإعصار القِمْعي في طريقه على شكل خطّ طويل وضيّق، وهذا يُفسّر سبب تدمير بعض البيوت وقطع الأشجار في شارع معيّن، في حين لم يلحق أيُّ ضرر بالبيوت والأشجار في الشارع المجاور، وتُعزى معظم حالات الوفاة والأضرار الناجمة عن الأعاصير القِمْعية إلى الحطام المتطاير مسافات قد تصل إلى مئات الأمتار، أنظر الشكل (6).

تُقاس شدّة الإعصار القِمْعي بمقياس يُسمّى **مقياسَ فوجيتا Fujita Scale**، أو ما يُعرف باسم **F– Scale** اختصارًا، وهو مقياس يتكوّن من ستّ درجات، ووفقًا لهذا المقياس تُصنَّف الأعاصير القِمْعية بناءً على شدّتها والضرر الذي يمكن أن تسبّبه، أنظر الجدول (2).

الشكل (6): بعض الأضرار الناجمة عن الأعاصير القِمْعية.

أصف الأضرار الناجمة الأعاصير القِمعية؟

أصمّم باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) عرضًا يُبيّن الآثار التدميرية التي أحدثها إعصار "إيان" الذي اجتاح ولاية فلوريدا الأمريكية ثُمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

الجدول (2): مقياس فوجيتا.		
شدة الإعصار القِمْعي	سرعة الرياح (km/h)*	أمثلة على الأضرار الناجمة عن الأعاصير القِمْعية
F0	< 116	أضرار خفيفة في الموجودات؛ وتكسُّر أغصان الأشجار الكبيرة، واقتلاع الشجيرات الصغيرة.
F1	116 – 180	أضرار معتدلة، وإزاحة السيارات المتحرّكة من الطرق، واقتلاع سقوف بعض المنازل الصغيرة.
F2	181 – 253	أضرار كبيرة، واقتلاع الأشجار الكبيرة، وتطاير الأجسام الصغيرة.
F3	254 – 332	أضرار شديدة، واقتلاع بعض سقوف المنازل المشيّدة بشكل جيد وجدرانها، وانقلاب القطارات والسيارات، واقتلاع معظم الأشجار في الغابات.
F4	333 – 419	أضرار مدمرة، وتسوية منازل جيدة البناء بالأرض، وتطاير السيارات والأجسام عشرات الأمتار وتحوّلها إلى قذائف خطرة تهدّد حياة البشر وتصيب المباني الأُخرى.
F5	420 – 511	أضرار غير معقولة؛ وتدمير المباني الكبيرة، وتطاير الأجسام والسيارات مئات الأمتار وتحويلها إلى قذائف خطرة.

* سرعة الرياح ليست مطلوبة للحفظ.

أفكّرُ ماذا سيحدث للأشجار الكبيرة المزروعة على أطراف طرق المدينة إذا تعرّضت هذه المدينة لإعصار شدّتُه (F1) وَفق مقياس فوجيتا؟

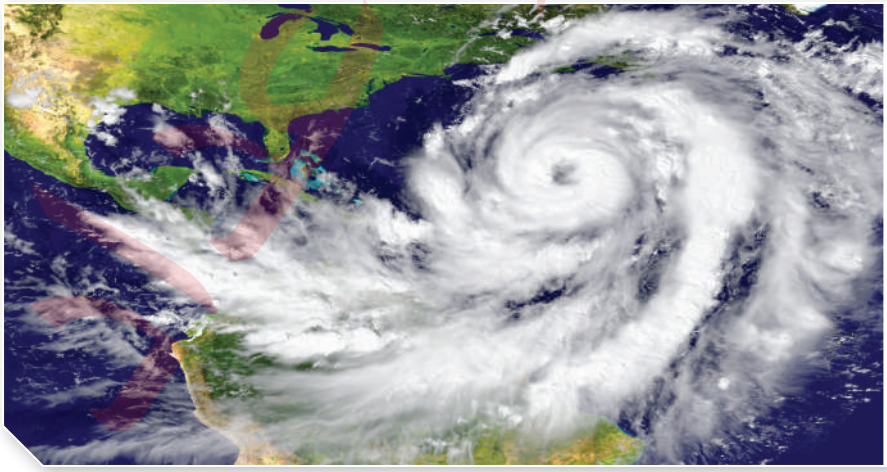
الأعاصير المَدارية (الهوريكان) Hurricanes

تتشابه الأعاصير المَدارية مع الأعاصير القِمْعية في أنّها من ظواهر الطقس القاسية، لكن تتميز الأعاصير المدارية في قدرتها على تدمير مئات الكيلومترات من المناطق الساحلية.

مفهوم الأعاصير المَدارية ونشأتها

Concept of Hurricanes and their Formation

تُعرَّف **الأعاصير المَدارية Hurricanes** بأنّها أعاصيرُ مركزها منخفض جوّي عميق جدًّا، تحيط بها سُحب هائلة وعظيمة ذات شكل حلزوني كما تلتقطها صور الأقمار الصناعية، تحمل بينَ طيّاتها أمطارًا غزيرة ورياحًا شديدة عاتية وعاصفة، أنظر الشكل (7).



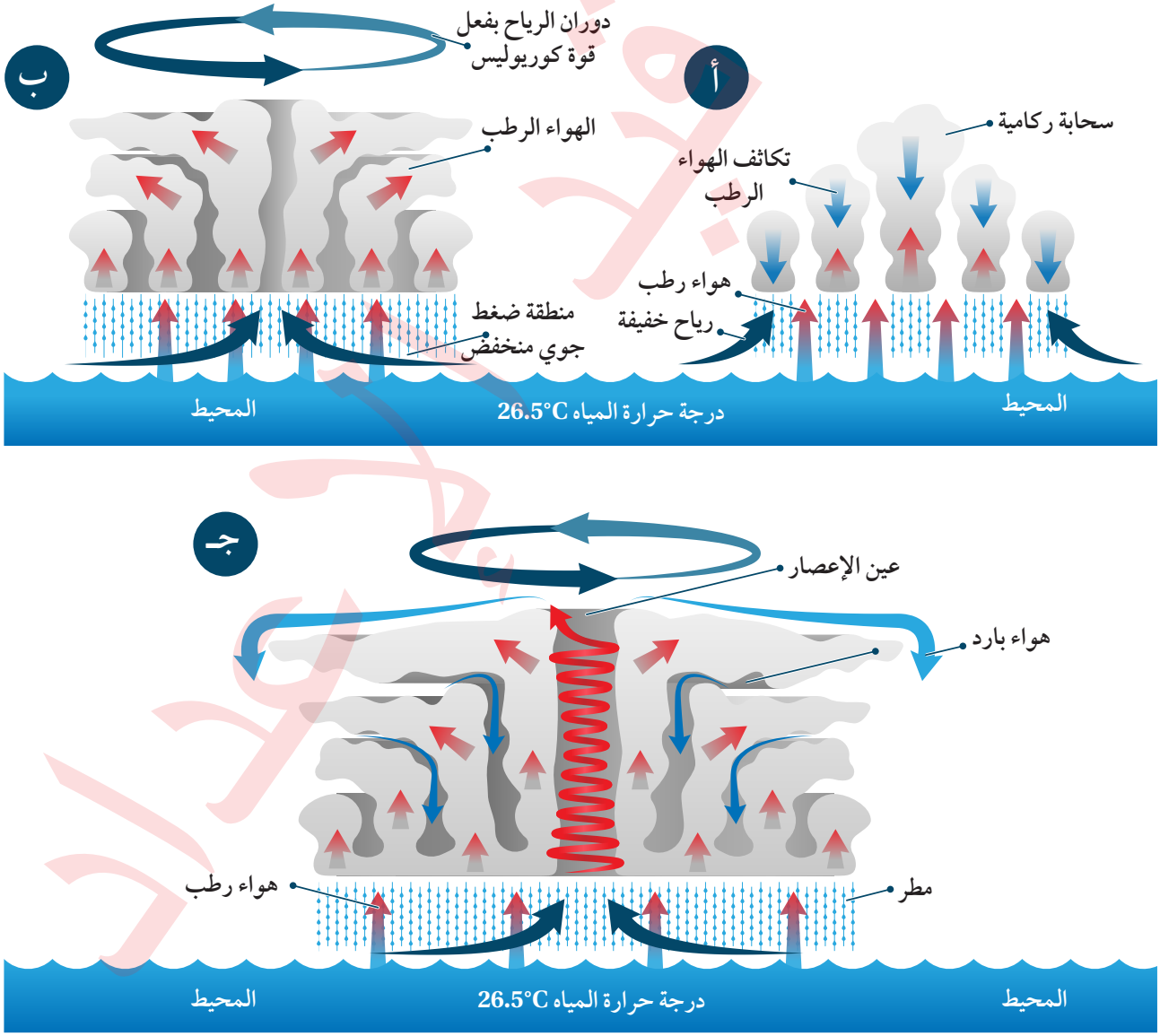
الشكل (7): صورة ملتقطة بوساطة الأقمار الصناعية لإعصار مداري ضخم فوق المحيط الأطلسي.

أصف شكل الأعاصير المَدارية (الهوريكان).

تنشأ الأعاصير المَدارية في فصل الصيف فوق المحيطات الاستوائية، حيث تكون درجة حرارة الماء مرتفعة 26.5°C أو أكثر. ونتيجة ارتفاع الهواء الرطب إلى أعلى وتكاثفه تتشكل السُّحبَ الرُّكاميّةَ، وتتحرر الطاقة الحرارية الكامنة في بخار الماء وباستمرار التبخُّر والتكاثُف، تزداد كمية الطاقة الحرارية المتحررة من بخار الماء، وهذا يزيد سخونة الهواء في السّحُب الركامية، فيدفعه بقوّة إلى الصعود إلى الأعلى، فتنشأ أعمدة أطول وأوسع من السّحُب الركامية، ويؤدي ذلك إلى انخفاض الضغط الجوي في المنطقة، أنظر الشكل (8/ أ). وتبدأ الرياح بالاندفاع بسرعة كبيرة نحو مركز المنخفض الجوي، والدَّوران عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الأرضية الشمالي بفعل تأثير كوروليوس، أنظر الشكل (8/ ب)، وتزداد سرعتها كلّما اقتربت من مركز الإعصار أو ما يُسمّى عينَ الإعصار الذي يمتلك أقلّ ضغط جوّي، ويمتاز بهدوء الرياح فيه، وخلوّه من الغيوم، وتسوده تيارات هوائية هابطة، أنظر الشكل (8/ جـ).

أُفكّرُ لماذا سُميت الأعاصير المَدارية هذا الاسم؟

✓ **أتحقّق:** أوضّح المقصود بالأعاصير المَدارية.



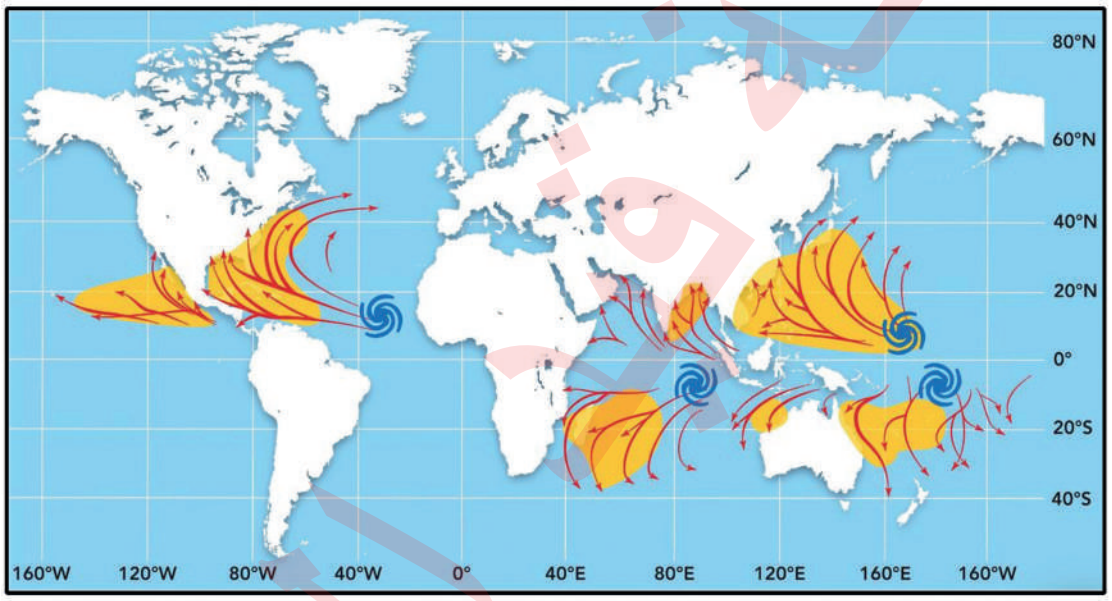
الشكل (8): نشأة الأعاصير المَدارية.

ولكن، ما الأماكن الأكثر عُرضة لحدوث الأعاصير المَدارية في العالم؟ ولماذا تحدث في محيطات دونَ سواها؟ ولتعرّف أماكن حدوث الأعاصير المَدارية في العالم، أُنفّذ النشاط الآتيَ.

نشاطٌ

أماكن حدوث الأعاصير المَدارية في العالم

تجتاح الأعاصير المَدارية مناطقَ محدّدة في العالم وفي أوقات محدّدة. أَدرسُ الشكل الآتي الذي يمثّل أماكن حدوث الأعاصير المَدارية (المشار إليها بالشكل الحلزوني ذي اللون الأزرق) في العالم وأماكن انتشارها (الموضَّحة باللون الأصفر)، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد مناطق حدوث الأعاصير المَدارية وانتشارها على الخريطة.
2. **أستنتج** سبب حدوث الأعاصير المَدارية في المناطقِ المحدَّدةِ في السؤال السابق.
3. **أستنتج** سبب عدم نشأة الأعاصير المَدارية فوق اليابسة.
4. **أُفسّر** لماذا لا تنشأ الأعاصير المَدارية بالقرب من المناطق القطبية.
5. **أتوقعُ** دوائر العرض التي ستكون الأعاصير المَدارية أكثر قوة تدميرية عندها.
6. أتوقّع ماذا سيحدث اذا ارتفعت درجة حرارة مياه المحيطات بمقدار 3 بشكل دائم على توسُّع مناطق تشكّل الأعاصير.

أستنتج من النشاط أن الأعاصير المَدارية تحدث فوق المحيطات في المناطق المَدارية القريبة من خط الاستواء، بسبب ارتفاع درجة حرارتها.

الشكل (9): بعض الآثار التدميرية الناجمة عن الأعاصير المَدارية (الهوريكان).

أصفُ بعض المخاطر الناتجة من الأعاصير المَدارية (الهوريكان).

الآثار المدمّرة للأعاصير المَدارية

Destructive Effects of Hurricanes

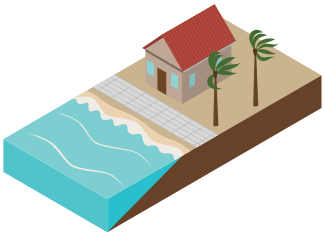
تُعَدُّ الأعاصير المَدارية من أعنف الأعاصير وأكثرها تدميرًا على سطح الأرض، وتكمن خطورتها في قدرتها على توليد مَوجات بحرية عاتية تُسبّب فيضاناتٍ بحريةً تمتدّ داخل اليابسة أحيانًا لمسافات تصل إلى (40 km)، وتتسبّب بأضرار مادية في الممتلكات سواء في عُرض البحر أو على الساحل، وفقدًا للأرواح. ويكمُن خطرها أيضًا في سرعة الرياح الشديدة المرافقة لها؛ فهذه الرياح تتوغّل إلى مئات الكيلومترات في اليابسة بسرعة قد تصل إلى أكثر من (200 km/h) أحيانًا، ويُضاف لما سبق هَطْل الأمطار بغزارة شديدة، إذ يهطل المطر خلال يوم أو يومَينِ بمعدّل يُقارب أحيانًا كمّية الأمطار التي تسقط على مدار السنة، ما ينتج منه فيضانات جارفة ومدمّرة، أنظر الشكل (9).

ويضعُف تأثير الإعصار المَداري (الهوريكان) حين يتوغّل مسافات طويلة فوق اليابسة؛ إذ يقلّ تزويده ببخار الماء من المحيطات، ويتضاءل مصدر الطاقة الكامنة ومن ثمّ يبدأ الإعصار بالتلاشي.

أُفكّرُ يربط كثير من العلماء بين ظاهرة الاحترار العالمي وتَكرار حدوث الأعاصير المَدارية وزيادة قوّتها. أُفكّرُ في العَلاقة بينَ حدوث هذه الظاهرة والأعاصير المَدارية، وتأثير ذلك في شبه الجزيرة العربية.

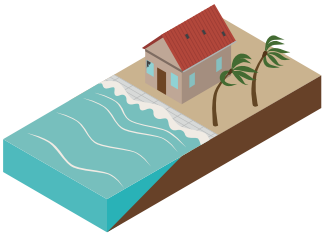
الرّبط بالبيئة

على الرغم من الخسائر الجَمّة التي تتركها الأعاصير المَدارية على البيئة، إلا أنّ لها فوائدَ عديدة، مثل: تقليل ظروف الجفاف في بعض مناطق العالم، وتوزيع بذور بعض أنواع من النباتات ومن ثمَّ تسهيل انتشارها وإحداث توازن في درجة الحرارة بين القطبَينِ وخطّ الاستواء.



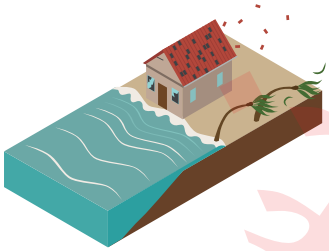
1 ≒ 119-153 km/h

أضرار خفيفة



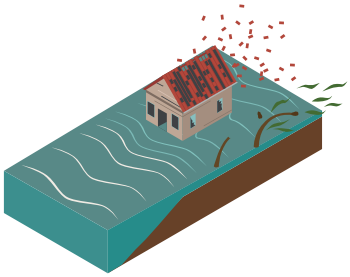
2 ≒ 154-177 km/h

أضرار متوسطة



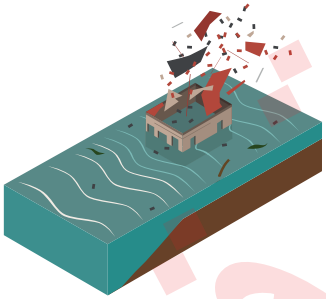
3 ≒ 178-208 km/h

أضرار شديدة



4 ≒ 209-251 km/h

أضرار شديدة جدًّا (واسعة النطاق)



5 ≒ ≥252 km/h

أضرار كارثية

الشكل (10): مقياس سفير-سمبسون للأعاصير المدارية.

أُقارن بين الإعصار المَداري من الفئة الأولى والإعصار المَداري من الفئة الثانية من حيث حجمُ التدمير.

*القِيَم التي تُمثّل سرعة الرياح ليست مطلوبة للحفظ.

الرّبط بالجغرافيا

تتشكّل الأعاصير المَدارية فوق مياه المحيطات المَدارية ضمن منطقة الضغط المنخفض الاستوائي فوق كلٍّ من: المحيط الأطلسي، والمحيط الهادي، والمحيط الهندي. ويُسمّى الإعصار المحيطي "التيفون" Typhoon حين يتشكّل فوق المحيط الهادي، ويسمّى "السايكلون" Cyclone حين يتشكّل فوق المحيط الهندي.

أتحقّق: أُفسّر سبب خطورة الأعاصير المَدارية.

وتُقاس قوة الأعاصير المَدارية بوساطة مقياس يُسمّى **مقياسَ سفير-سمبسون للأعاصير** **Saffir–Simpson Hurricane Scale** الذي يُصنِّف الأعاصير المَدارية إلى خمس فئات بحسب سرعة الرياح فيها، أنظر الشكل (10).

في الفئة الأولى من فئات مقياس سفير- سمبسون للأعاصير المدارية تُلحِق الرياح أضرارًا خفيفة بالمنازل والأشجار وخطوط الكهرباء. وتزداد هذه الأضرار في الفئة الثانية من فئات هذا المقياس، إذ تُلحق الرياح أضرارًا بالأبنية وينقطع التيار الكهربائي أيامًا عدة. واعتبارًا من الفئة الثالثة من فئات مقياس سفير- سمبسون للأعاصير، يُصبح الإعصار مدمِّرًا ويتسبّب بأضرار شديدة، مثل الفيضانات بالقرب من المناطق الساحلية. ويتّسع نطاق الأضرار في الفئة الرابعة من فئات هذا المقياس، فتُهدم المباني وتتكسر الأشجار، ويتطلب الأمر إجلاء مناطق على مسافة عشرات الكيلومترات من السواحل. أما الأعاصير من الفئة الخامسة، فهي الأعنف، إذ تُلحق دمارًا دائمًا بالبِنى التحتية والمناطق السكنية.

وبتطوّر وسائل رصد الأعاصير المَدارية مع الزمن، أمكن التقليل من مخاطرها وآثارها التدميرية؛ فقد استطاع خبراء الرصد عن طريق المعطيات والمعلومات، التي يُحصَلُ عليها من أجهزة القياس المحمولة على الأقمار الصناعية، التنبّؤ بقوّةِ هذه الأعاصير المَدارية، ومواقعِها، والأماكنِ التي يمكن أن تصل إليها، ووَفق هذه المعطيات تُقدَّم توعية للسكان؛ لأخذ احتياطات السلامة المناسبة، وتُعطى الإرشادات لكيفية التعامل مع تلك الأعاصير المَدارية في حال حدوثها.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** **أُقارن** بين الأعاصير المَدارية والأعاصير القِمْعية من حيث: حجمها، ومدّةُ مكوثها، وأماكنُ نشأتها.

2. **أُفسّر** سبب عدم تكوُّن الأعاصير المَدارية جنوب المحيط الهادي.

3. أذكر شروط حدوث إعصار مَداري في منطقةٍ ما.

4. **أستنتج** سبب ظهور الأثر التدميري للأعاصير القِمْعية على شكل خطّ طويل وضيّق.

5. **أتوقّع** الأضرار التي يمكن أن تحدث إذا اجتاح إعصارٌ قِمْعي سرعة الرياح التي ترافقه (500 km/h) وشدته (F5) منطقةً ما.

6. أدرسُ الجدول المجاور الذي يوضّح المناطق (أ، ب، جـ) التي حدثت فيها أعاصيرُ قِمْعية مختلفة الشدّة، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

المنطقة	الشدّة وَفق مقياس فوجيتا
أ	F1
ب	F5
جـ	F3

أ . **أُرتّب** المناطق (أ، ب، جـ) تنازليًّا بحسب سرعة الرياح فيها.

ب. **أُقارن** بينَ المنطقة (ب) وبينَ المنطقة (جـ) من حيث آثارُها التدميرية على المباني والمنشآت.

جـ. **أُفسّر** سبب عدم حدوث أعاصير مَدارية في المناطق (أ، ب، جـ).

7. **أَفترض** حدوث إعصارَين مَداريَّين: أحدهما من الفئة الثانية، والآخر من الفئة الرابعة وَفق مقياس سفير ـ سمبسون للأعاصير المدارية في منطقتَين مختلفتَين، ثم أُجيب عن السؤالين الآتيين:

أ . **أُقارن** بين الإعصارين المَداريَّين من حيث: سرعةُ الرياح، والقوّةُ التدميرية.

ب. **أُفسّر** ماذا يحدث للإعصارين المَداريَّين عند توغّلِهما مسافة طويلة فوق اليابسة.

8. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:**

1. شِدّة الإعصار القِمْعي عندما يحدث اقتلاع للأشجار الكبيرة وتطاير الأجسام الصغيرة وفق مقياس فوجيتا هي:

أ . F1 ب. F2 جـ. F3 د . F4

2. من خصائص الأعاصير القِمْعية:

أ . يستمر حدوثها ساعات عدة.

ب. تولد موجات بحرية عاتية تتسبب في حدوث فيضانات.

جـ. تتوغل مئات الكيلومترات في اليابسة.

د . قطرها نادرًا ما يتجاوز 200 m.

3. توصف الأضرار الناتجة من الإعصار المداري من الفئة الثالثة وفق مقياس سفير- سمبسون للأعاصير المدارية بأنها:

أ . أضرار متوسطة. ب. أضرار شديدة.

جـ. أضرار شديدة جدًّا. د . أضرار كارثية.

4. يسمى الإعصار المداري بالسايكلون عندما يتشكل فوق:

أ . المحيط الهندي. ب. المحيط الهادي.

جـ. المحيط الأطلسي. د . المحيط المتجمد الشمالي.

5. كل العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بعين الإعصار في الأعاصير المدارية ما عدا:

أ . يمتلك أعلى ضغط جوي. ب. يمتاز بهدوء الرياح فيه.

جـ. يخلو من الغيوم. د . تسوده تيارات هوائية هابطة.

الدرس 3

التغير المُناخي وأنماط الطقس القاسية

Climate Change and Extreme Weather Patterns

الفكرة الرئيسة:

يؤثر التغير المناخي في شدة أنماط الطقس القاسية وتكرارها، مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف وموجات الحرّ.

نتاجات التعلّم:

- أوضح المقصود بكل من: الجفاف، والفيضانات، والموجات الحرارية.
- أصف كيفية حدوث كل من: الجفاف، والفيضانات، موجات الحرّ، مُبيِّنًا زمن حدوثها.
- أشرح دَوْر التغير المُناخي على أنماط الطقس القاسية في العالم وشِدّتها.
- أرسم خريطة مفاهيمية توضح مفاهيم أنماط الطقس القاسية والعلاقات في ما بينها.
- أذكر أمثلة على تغير أنماط الطقس القاسية بسبب التغير المُناخي في العالم.
- أشرح دَوْر أنظمة الإنذار المبكر في تجنُّب آثار أحوال الطقس القاسية.

المفاهيم والمصطلحات:

الفيضان	Flood
الجفاف	Droughts
موجات الحر	Heat Waves
أنظمة الإنذار المبكر	Early Warning Systems

المخاطر الطبيعية Natural Hazards

يعيش على كوكب الأرض أكثر من 8 مليارات نسمة، ومن المتوقع أن يتجاوز عدد السكان 9.7 مليار نسمة بحلول عام 2050م. ويواجه كثير من الناس أخطارًا متزايدة من الكوارث الطبيعية في الأماكن التي يعيشون فيها. وتُعرَف المخاطر الطبيعية بأنها حوادث مفاجئة غير متوقعة تحدث حدوثًا طبيعيًّا، تغيّر من نمط الحياة اليومي ويكون لها تأثير سلبي في الإنسان والبيئة التي يعيش فيها؛ إذ تسبب الكوارث الطبيعية خسائر في الأرواح والممتلكات، وقد تُعطِّل الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية. ترتبط العديد من المخاطر الطبيعية بأحوال الطقس والمُناخ، مثل: الأعاصير والفيضانات والجفاف وموجات الحر، وتزيد الأنشطة البشرية شدة المخاطر الطبيعية وتأثيرها في البيئة.

الفيضانات Floods

يعرف **الفيضان Flood** بأنه تدفُّق المياه على سطح اليابسة التي تكون جافة غالبًا، أنظر الشكل (11)، وتُعَدّ الفيضانات من أكثر الكوارث الطبيعية المرتبطة بالطقس والمُناخ انتشارًا، وقد تحدث الفيضانات في مدد زمنية قصيرة أو في مدد زمنية طويلة، وقد تستمر أيامًا أو أسابيع، وتختلف العوامل المؤثرة في حدوث الفيضانات؛ فقد تتسبب الأمطار الغزيرة الناتجة من العواصف الرعدية أو الأعاصير في حدوث الفيضانات، وقد تحدث الفيضانات نتيجة استمرار هَطْل الأمطار الخفيفة على المنطقة نفسها نتيجة تراكم المياه وغَمْرها اليابسة. وتزداد احتمالية حدوث الفيضانات بسبب الأنشطة البشرية.

الشكل (11): تتشكل الفيضانات نتيجة تدفُّق المياه وغَمْرها اليابسة.

ومن الأسباب التي تزيد من احتمالية حدوث الفيضانات قلة الغطاء النباتي؛ فالمناطق التي تتميز بقلة الغطاء النباتي فيها تجري مياه الأمطار على سطحها بسرعة دون وجود ما يُعوِّق حركتها، وكذلك تؤثر طول مدة الهَطْل في احتمالية حدوث الفيضانات، فعند زيادة زمن الهَطْل، تتشبع التربة في المنطقة بمياه الأمطار بسرعة، وهذا يقلِّل من قدرتها على امتصاص المزيد منها، فيزداد الجريان السطحي، فيتسبب بحدوث الفيضانات، تؤثِّر طبيعة تضاريس المنطقة في تعرّضها للفيضانات، إذ تُعَدّ المناطق المنخفضة أكثر عرضة للفيضانات من غيرها، نتيجة ازدياد سرعة جريان المياه وتراكمها فيها. وتؤثر طبيعة الصخور أيضًا في ذلك، فالصخور قليلة النفاذية تتسبب في تراكم المياه فوقها، مما يزيد من جريانها السطحي وبالتالي يزيد من تدفقها على سطح الأرض.

وتعتمد الآثار المدمرة للفيضان على حجمه وموقعه؛ فكلما زادت كميات المياه المُجمَّعة زاد تأثيره، ويزداد تأثير الفيضان عندما يحدث في المناطق السكنية. تُخلّف الفيضانات آثارًا كبيرة على المجتمعات البشرية، فقد تؤدي إلى فقدان الأرواح، وتُسبب أضرارًا جسيمة في الممتلكات والبنية التحتية. وغالبًا ما يَتْبع حدوث الفيضانات أضرار عديدة، مثل صعوبة التخلص من تراكم الكميات الهائلة من الرسوبيات الناتجة من الفيضان، أنظر الشكل (12)، وتدمير المحاصيل النباتية والثروة الحيوانية وانتشار الأمراض المنقولة بالمياه، مثل الكوليرا الناتجة من تلوث المياه، وتُعَدّ الفيضانات المفاجئة Flash Floods من أخطر أنواع الفيضانات؛ لأنها تجمع بين القوة التدميرية للفيضان والسرعة الكبيرة، وتحدث الفيضانات المفاجئة عندما تتجاوز كميات الأمطار الغزيرة قدرة الأرض على امتصاصها، أو عند انصهار الثلوج بكميات كبيرة وفي مُدّة وجيزة.

الشكل (12): تؤدي الفيضانات إلى أضرار كبيرة بالممتلكات وتراكم كميات هائلة من الرسوبيات.

التّجربة 2

نمذجة حدوث الفيضان

كيف يؤدي هَطْل الأمطار الخفيفة إلى حدوث الفيضان؟ وما العوامل المؤثرة في حدوث الفيضان؟

المواد والأدوات:

قالب مكعبات ثلج فارغ، حوض بلاستيكي، قنينة بلاستيكية، ماء.

إرشادات السلامة:

- توخّي الدقّة والحذر في التعامل مع الموادّ والأدوات.
- توخي الحذر في أثناء ثقب الغطاء البلاستيكي.

خطوات العمل:

1. أضع قالب مكعبات الثلج الفارغ في قاع الحوض البلاستيكي.
2. أحدث ثقوبًا متعددة في غطاء القنينة البلاستيكية.
3. أملأ القنينة البلاستيكية في الماء بمقدار ثلثيها وأحكم إغلاقها.
4. أقلب القنينة وأضعها على ارتفاع 8 cm فوق أحد طرفَي قالب مكعبات الثلج، وأحركها ببطء باتجاه الطرف الآخر للقالب مع المحافظة على تدفُّق ثابت للمياه فوق القالب وأكرر ذلك ذهابًا وإيابًا مُدة 30 s .
5. أقيس عمق الماء في كل حجرة من حجرات قالب مكعبات الثلج، ثم أحسُب متوسط العمق لجميع الحجرات.
6. أكرر خطوات التجربة مع تحريك القنينة فوق قالب مكعبات الثلج ولمدة 60 s.

التحليل والاستنتاج:

1. **أقارن** بين متوسط عمق الماء في الحالتين.
2. **أُفسّر:** لماذا يوجد اختلاف بالعمق في الحالتين؟
3. **أستنتجُ:** كيف تؤثر مدة هَطْل الأمطار في حدوث الفيضان؟
4. **أتوقّع:** كيف تُؤثّر غزارة هطل الأمطار في عمق الماء وسرعة جريانه وحدوث الفيضان.

نسخة قيد الإعداد

الجفاف Droughts

يُعرَف **الجفاف Droughts** بأنه نقص في هَطْل الأمطار على مدد زمنية طويلة، وهذا يؤدي إلى نقص في المياه، وينتج الجفاف في الغالب بفعل تحولات في أنماط الرياح العالمية، بحيث تؤدي إلى تشكُّل أنظمة الضغط المرتفع فوق المناطق القارية، وتشكُّل تيارات هابطة قد تستمر أسابيع أو عدة أشهر تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء الهابط، ومَنْع تشكُّل الغيوم وهَطْل الأمطار، فيؤدي إلى حدوث الجفاف، أنظر الشكل (13)، وتقلّ كميات الأمطار المتراكمة في المناطق الجافة دون 250 mm.

وتتنوع أسباب الجفاف، فبعضها أسباب طبيعية، مثل تغيُّر أنماط الطقس وارتفاع درجة الحرارة وطبيعة تضاريس المنطقة وبعضها بشرية، مثل: ضَخّ المياه الجوفية الجائر، وقطع الغابات، وتكرار زراعة الأرض.

يؤدي الجفاف إلى نضوب مصادر المياه المختلفة، مثل الأنهار والبحيرات وكذلك المياه الجوفية، وهذا يتطلب تقنين استخدام المياه في المجالات كلها، وللجفاف آثار محتملة منها: موت الكائنات الحية، وتآكُل التربة والتصحر، والقضاء على المحاصيل الزراعية وحدوث المجاعات.

موجات الحر Heat Waves

تُعرَف **موجات الحر Heat Waves** بأنها ارتفاع درجات الحرارة فوق المعدل الطبيعي في منطقة معينة نحو 5 درجات أيامًا عدة ومتواصلة، لا تقلّ عن ثلاثة أيام على ألّا تقلّ درجات الحرارة العظمى فيها دون 32 °C. وترتبط موجات الحر بحدوث الجفاف؛ حيث تؤدي إلى تقليل معدل الهَطْل وزيادة معدل التبخر في التربة.

الربطُ بالبيئةِ

يؤثر الجفاف تأثيرًا غير مباشر في زيادة كمية غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي نتيجة لحدوث التصحر في الأراضي الزراعية، حيث تقلّ كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المستهلكة في عملية البناء الضوئي، وكذلك تقلّ كميته المُخزَّنة في النباتات، ويؤدي احتراق الغابات وتآكل التربة بفعل الجفاف إلى إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون نَحْو الغلاف الجوي.

الشكل (13): يؤدي نقص هَطْل الأمطار على مُدَد زمنية طويلة إلى حدوث الجفاف.

أصنف أسباب الجفاف.

وتتشكل موجات الحر بكيفية تشكُّل الجفاف نفسها؛ حيث تُكوِّن أنظمة الضغط المرتفع تيارات هابطة تعمل على تضاغط الهواء وتسخينه وارتفاع درجات الحرارة فوق المتوسط، ويؤدي نظام الضغط المرتفع إلى مَنْع الكتل الهوائية الباردة من التحرك نحو المنطقة أو تكاثف بخار الماء وتشكُّل الغيوم فيها، ولموجات الحر آثار محتملة، فهي تزيد حالات الجفاف وتُتْلف المحاصيل الزراعية، وتُهيئ ظروفًا مثالية لحرائق الغابات، خصوصًا في المناطق الجافة. إنَّ الارتفاع المستمر في درجات الحرارة يهدد صحة الإنسان؛ إذ يزيد من احتمالية الإصابة بضربات الشمس، خصوصًا كبار السن والأطفال، وتؤثر في كمية استهلاك الطاقة الكهربائية نتيجة استخدامها في عمليات التبريد، وتُحدَّد موجات الحر في الأردن ابتداءً من شهر أيار إلى شهر تشرين الأول من كل عام، أنظر الجدول (3).

أتحقّق: أحدد العلاقة بين موجات الحر والجفاف.

الربط بالجغرافيا

يتموضع الأردن في الجزء الشرقي من البحر الأبيض المتوسط، وعلى الطرف الشمالي الغربي لشبه الجزيرة العربية بين دائرتَي عَرْض °(33–29) شمالًا وخطي طول °(39–35) شرقًا، وهـذا أدى إلى وقوعه تحت أنظمة الضغط الجوي المدارية وشبه المدارية خلال فصل الصيف، ويصاحبها عادة جفاف الطقس وقلة الغيوم وزيادة الإشعاع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة العظمى إلى مستويات تؤدي إلى حدوث موجات الحر.

مصفوفة شدة موجات الحر في الأردن ومُدَدها

شدة موجة الحَرّ (فروقات درجات الحرارة العظمى) نسبة الى متوسط درجة الحرارة			مدة استمرارية موجة الحَرّ (أيام متتالية)		
		إدارة الأرصاد الجوية الأردنية	موجة حَرّ قصيرة المدة	موجة حَرّ متوسطة المدة	موجة حَرّ طويلة المدة
			(3–4) أيام	(5–7) أيام	(أكثر من 7 أيام)
أكثر من 10 °C	موجة حَرّ شديدة جدًّا		موجة حَرّ شديدة جدًّا وقصيرة المدة	موجة حَرّ شديدة جدًّا ومتوسطة المدة	موجة حَرّ شديدة جدًّا وطويلة المدة
(8–10)°C	موجة حَرّ شديدة		موجة حَرّ شديدة وقصيرة المدة	موجة حَرّ شديدة ومتوسطة المدة	موجة حَرّ شديدة وطويلة المدة
(5–7)°C	موجة حَرّ متوسطة الشدة		موجة حَرّ متوسطة الشدة وقصيرة المدة	موجة حَرّ متوسطة الشدة والمدة	موجة حَرّ متوسطة الشدة وطويلة المدة

الجدول (3): مصفوفة شدة موجات الحر في الأردن ومددها.

أنماط الطقس القاسية والتغير المُناخي

Extreme Weather Patterns and Climate Change

درست سابقًا أنَّ الأنشطة البشرية منذ الثورة الصناعية ونتيجة لحرق الوقود الأحفوري أدّت إلى ارتفاع كميات غازات الدفيئة، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان في الغلاف الجوي التي رفعت وتيرة الاحتباس الحراري على كوكب الأرض، ونتيجة لذلك ارتفعت درجات حرارة الغلاف الجوي ومياه المحيطات على الأرض، فحدث التغير المُناخي، وعليه، تأثرت دورة المياه في الطبيعة، وتغيرت أنماط الطقس، وزادت كميات الجليد المنصهرة في الأقطاب أنظر الشكل (14)، كما أثر التغير المناخي في شدة أحوال الطقس القاسية وتكرارها، مثل الأعاصير المدارية، إذ إنَّ ارتفاع درجة حرارة مياه المحيطات وزيادة رطوبة الهواء الجوي تولِّد أعاصير مدارية شديدة تتميز بهَطْل أمطار مستمر، وهذا يزيد من خطر حدوث الفيضانات في المناطق الساحلية.

تتأثر دول العالم بالعديد من الظواهر التي تُعزى إلى التغيرات المُناخية، مثل الفيضانات والجفاف وموجات الحر، وتزداد حدة تلك الظواهر وتكرارها مع الزمن بفعل تلك التغيرات، ويُعَدّ الجفاف من التهديدات التي تواجه دول العالم، خصوصًا الدول النامية، وقد تأثرت معظم دول العالم بحالات الجفاف، مثل الدول الإفريقية والآسيوية وبعض الدول الأوروبية، وقد توصَّل العلماء من دراسة العديد من النماذج المُناخية أنَّ تغيُّر المُناخ الناتج من الأنشطة البشرية قد زاد من ارتفاع درجات الحرارة، فأدى إلى زيادة تبخُّر الماء من التربة، الذي أدى إلى انخفاض رطوبتها وحدوث الجفاف، وعليه، سيزداد الجفاف مع زيادة الاحترار العالمي.

✓ **أتحقّق:** أوضح كيف يؤدي التغير المُناخي إلى حدوث الجفاف.

الشكل (14): زادت كميات الجليد المنصهرة في الأقطاب بفعل تأثير التغير المناخي.

نسخة تجريبية

يُعَدّ تكرار حدوث الفيضانات من الآثار البارزة في التغير المُناخي، إذ يسهم ارتفاع درجات الحرارة في انصهار الجليد في المناطق القطبية وتمدُّد مياه المحيطات، وهذا يؤدّي إلى ارتفاع منسوب مياه البحر، فضلًا عن تغيُّر أنماط هَطْل الأمطار (زيادة شدّتها وتكرارها) الذي يؤدّي إلى حدوث فيضانات تُلحِق أضرارًا كبيرة بالمباني ووسائل النقل، وقد ينعكس ذلك أيضًا سَلْبًا على الإنتاج الزراعي عَبْر انخفاض المحاصيل الزراعية.ويُتوقَّع أنْ يؤدي التغير المُناخي إلى حدوث موجات حرّ أكثر شدة وبصورة متكررة. ومن الأمثلة على ظواهر طقس قاسية حدثت في العالم نتيجة التغير المُناخي موجات الحرّ التي حدثت في بعض الدول العربية، مثل العراق والكويت والسعودية في عام 2024م، حيث تجاوزت درجات الحرارة 50 °C ما أدّى إلى زيادة حالات الإجهاد الحراري عند السكان، وتهديد الزراعة والأمن الغذائي. والفيضانات التي اجتاحت أوروبا في عام 2024م والتي أدّت إلى وفاة مئات الأشخاص وتدمير الكثير من الطرق والمباني. أنظر الشكل (15). وحالة الجفاف التي أثرت في الأردن في عام 2021م والتي أدّت إلى انخفاض معدل هَطْل الأمطار وارتفاع درجات الحرارة؛ ما أدّى إلى انخفاض مخزون المياه وإتلاف الأراضي الزراعية.

الشكل (15): فيضان نهر الدانوب في عام 2024م بسبب الأمطار الغزيرة والذي أدّى إلى غمر مساحات كبيرة من سطح الأرض وإلحاق خسائر بشرية ومادّية

الشكل (16): تُستخدَم الأقمار الصناعية في جمع البيانات المتعلقة بالظواهر الجوية المتوقع حدوثها.

أنظمة الإنذار المبكر Early Warning Systems

درست سابقًا كيف تؤدي التغيرات المُناخية إلى زيادة شدة ظواهر الطقس القاسية وتكرارها، مثل موجات الحر والفيضانات والجفاف؛ بحيث باتت تشكِّل تهديدًا متزايدًا على حياة البشر وممتلكاتهم، لذلك بات من الضروري إيجاد أنظمة تساعد على توقُّع تلك الظواهر ومراقبتها عن طريق أنظمة الإنذار المبكر أنظر الشكل (16).

تُعرَف **أنظمة الإنذار المبكر Early Warning Systems** بأنها أنظمة متكاملة من الأدوات والتقنيات التي تهدف إلى رَصْد معلومات عن الظواهر الجوية القاسية المتوقعة ونَشْرها في الوقت المناسب؛ بغية تمكين الأفراد والمجتمعات والمنظمات من اتخاذ إجراءات استباقية لتقليل المخاطر والأضرار.

تُرصَد الظواهر الجوية المختلفة وتُقلَّل الأضرار على النحو الآتي:

- جَمْع البيانات المتعلقة بعناصر الطقس، مثل درجات الحرارة وسرعة الرياح والرطوبة، وتوفير العديد من الصور الجوية، وتتبُّع حركة الجبهات الجوية المختلفة وتطورها باستخدام محطات الأرصاد الجوية الأرضية وبالونات الطقس والرادرات الجوية والأقمار الصناعية.
- إدخال البيانات إلى نماذج حاسوبية لمحاكاة سلوك الغلاف الجوي وتحليل النتائج للتوصل إلى تنبؤات دقيقة عن مسار الظواهر الجوية القاسية المتوقعة وشدتها.
- إرسال التنبؤات والتحذيرات التي يتوصل إليها العلماء في الوقت المناسب إلى السكان والسلطات بصورة واضحة ومُفصَّلة عَبْر قنوات الاتصال المختلفة، مثل: التلفاز، والراديو، ووسائل التواصل الاجتماعي عن طبيعة الخطر والمناطق المتأثرة والإجراءات الموصى بها.

✓ **أتحقّق: أُفسِّر** سبب استخدام النماذج الحاسوبية في أنظمة الإنذار المبكر.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أذكر ثلاثًا من ظواهر الطقس القاسية التي يؤثر التغير المُناخي في شدتها وتكرارها.
2. **أستنتج** أثر طبيعة تضاريس المنطقة في حدوث الفيضانات.
3. أشرح كيفية تشكُّل موجات الحر.
4. **أفسِّر:** تُعَدّ الفيضانات المفاجئة من أخطر أنواع الفيضانات.
5. **أفرِّق** بين مفهومَي موجات الحر والجفاف.
6. أحدِّد أهمية استخدام أنظمة الإنذار المبكر في التنبؤ بحدوث الظواهر المتعلقة أنماط الطقس القاسية.
7. أصف تأثير الأنشطة البشرية في شدة أحوال الطقس القاسية وتكرارها.
8. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:**

1. تقلّ كميات الأمطار المتراكمة في المناطق الجافة عن:

أ . 250 mm ب. 300 mm جـ. 350 mm د. 400 mm

2. توصف شدة موجة الحر عندما تكون فروقات درجة الحرارة العظمى بين °C (10–8) بأنها موجة حر:

أ . منخفضة الشدة. ب. متوسطة الشدة. جـ. شديدة. د . شديدة جدًّا.

3. مدة استمرارية موجة الحر متوسطة المدة هي:

أ . أكثر من 7 أيام متتالية. ب. من (7–5) أيام متتالية.

جـ. من (4–3) أيام متتالية. د . أقل من 3 أيام متتالية.

4. يحدث الجفاف في الغالب بفعل تحولات في أنماط الرياح العالمية التي تؤدي إلى:

أ . تشكُّل أنظمة الضغط المرتفع فوق المناطق القارية وتشكُّل تيارات هابطة.

ب. تشكُّل أنظمة الضغط المنخفض فوق المناطق القارية وتشكُّل تيارات هابطة.

جـ. تشكُّل أنظمة الضغط المرتفع فوق المناطق القارية وتشكُّل تيارات صاعدة.

د . تشكُّل أنظمة الضغط المنخفض فوق المناطق القارية وتشكُّل تيارات صاعدة.

5. جميع العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بالفيضانات <u>ما عدا</u>:

أ . تحدث في مدد زمنية قصيرة أو في مدد زمنية طويلة.

ب. تحدث عندما تتدفق المياه على سطح اليابسة الرطبة غالبًا.

جـ. تزداد احتمالية حدوثها بسبب الأنشطة البشرية.

د . تزداد احتمالية حدوثها في المناطق التي تمتاز بقلة الغطاء النباتي.

إجراءات السلامة عند حدوث الأعاصير القِمعية والأعاصير المَدارية
Safety Procedures when Tornadoes and Hurricanes Occur

تُعَدّ الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية من ظواهر الطقس الطبيعية الخطرة التي لا يمكن تلافي حدوثها، ولكن يمكن التقليل من مخاطرها باتباع إجراءات السلامة، ففي أثناء ترقّب حدوث الإعصار ينبغي متابعة نشرة الأحوال الجوّية بشكل منتظم؛ للاستماع إلى التعليمات الرسمية الصادرة من الجهات المعنيّة، والتأكد من توافر الأدوات الخاصة بالطوارئ (مذياع يعمل بالبطاريات، بطاريات، مصباح يد، شموع،...)، وتجهيز القَبْوِ أو غرفة في المنزل لتكون ملجأً آمنًا، وقَفْلِ النوافذ قفلًا سليمًا مُحكَمًا وتدعيمها باستخدام ألواح خشبية. وحين يضرب الإعصار المنطقةَ يجب فصل التيار الكهربائي عن المنزل، وإغلاق شبكة المياه، والتوجّه إلى قَبْوِ المنزل بعيدًا عن النوافذ، وإذا لم يتوافر قَبْوٌ فيمكن الاختباء تحت قطع الأثاث. وإذا كان الشخص خارج المنزل فعليه الاحتماء بمكان بعيد عن الأشجار وأعمدة الكهرباء، وفي حال وجوده داخل السيارة فعليه مغادرتها والاتجاه نحو أقرب مكان آمنٍ ليحتمي فيه، ويُفضَّل اللجوء إلى مكان مرتفع.

الكتابة في الجيولوجيا

أكتبُ تقريرًا أوضّح فيه إجراءات السلامة المتّبَعة عند حدوث الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية، ثم أعرض ما كتبتهُ على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

السؤال الأول:

أضعُ دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. تحدث الأعاصير القِمْعية في الغالب في فصلَي:
   أ . الصيف، والخريف.
   ب. الصيف، والربيع.
   جـ. الشتاء، والربيع.
   د . الشتاء، والخريف.

2. يُصنّف مقياس فوجيتا الأعاصيرَ القِمْعية وفق الآثار التدميرية التي يسبّبها إلى:
   أ . 4 درجات. ب. 5 درجات.
   جـ. 6 درجات. د . 8 درجات.

3. يُصنّف مقياس سفيرـ سمبسون للأعاصيرِ المَدارية إلى خمس فئات وفق:
   أ . شدّة الهطول.
   ب. امتداد الفيضان.
   جـ. سرعة الرياح.
   د . حجم الضّرر.

4. تُصنَّف قوّة الرياح وفق مقياس بيفورت من:
   أ . (1 – 10).
   ب. (1 – 11).
   جـ. (0 – 12).
   د . (1 – 12).

5. العامل الذي يُحدّد نوع الهَطْل الساقط على سطح الأرض هو:
   أ . سرعة الرياح.
   ب. اتجاه الرياح.
   جـ. الضغط الجوّي.
   د . درجة الحرارة على سطح الأرض.

6. الضّرر الذي يرافق إعصارًا قِمْعيًّا شدّته تساوي F3
   أ . اقتلاع الأشجار الكبيرة.
   ب. انقلاب السيارات.
   جـ. تسوية المنازل جيدة البناء.
   د . تدمير المباني الكبيرة.

7. حين تكون الرياح هادئة، فإن قوّة الرياح على مقياس بيفورت تساوي:
   أ . (0).
   ب. (1).
   جـ. (4).
   د . (12).

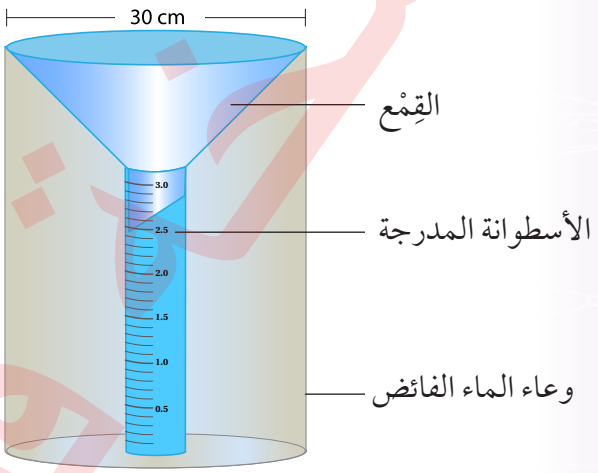
8. تُصنّف الأعاصير القِمْعية وفق مقياس فوجيتا بناءً على:
   أ . قوة الرياح وسرعتها.
   ب. قوة الرياح ومعدّلات الهطول المرافقة لها.
   جـ. شدّة الإعصار والضرر الذي يمكن أن يسببه.
   د . معدّلات هَطْل الأمطار وشدّتها.

9. يؤدي تكون أنظمة الضغط المرتفع إلى تشكل موجات الحر، حيث يؤدي إلى تكون :
   أ . تيارات هابطة تعمل على تضاغط الهواء وتسخينه.
   ب. تيارات هابطة تعمل على تباعد الهواء وتسخينه.
   جـ. تيارات صاعدة تعمل على تضاغط الهواء وتسخينه.
   د . تيارات صاعدة تعمل على تباعد الهواء وتسخينه.

10. من الأسباب الطبيعية لحدوث الجفاف:
   أ . طبيعة تضاريس المنطقة.
   ب. تكرار زراعة الأرض.
   جـ. إزالة الغابات.
   د . الضخ الجائر للمياه الجوفية.

* أتأمّل الشكل الآتي الذي يوضح مقياس المطر الذي تقاس به كمية المطر، ثم أجيب عن الفِقْرتين (12 و 11).

مقياس المطر



11. الوظيفة الأساسية لوجود القِمْع في مقياس المطر هي:

أ . تقليل سرعة هَطْل المطر في المقياس.

ب. تقليل كمية الماء المتبخر من المقياس.

جـ. زيادة كمية مياه المطر المجموعة بدقة أكثر.

د . توزيع المطر على أجزاء متساوية من الأنبوب الزجاجي في المقياس.

12. الغرض من وجود اختناق (تضيّق) في مقياس المطر هو:

أ . تسهيل تصريف ماء المطر.

ب. زيادة سرعة تجمُّع ماء المطر.

جـ. تقليل كمية ماء المطر المتبخّرة.

د . تصفية ماء المطر من الشوائب العالقة فيه.

13. عند استمرار موجة حَرٍّ من 6 إلى 7 أيام متتالية، والفروق بين درجات الحرارة العظمى أكبر من 10 °C فإنّها توصف بأنها:

أ . موجة حَرّ شديدة جدًّا وقصيرة المدة.

ب. موجة حَرّ متوسطة الشدة وقصيرة المدة.

جـ. موجة حَرّ شديدة ومتوسطة المدة.

د . موجة حَرّ شديدة جدًّا ومتوسطة المدة.

14. الظاهرة الجوية التي تُعَدّ شرطًا أساسيًّا لتشكُّل الدوامة الهوائية الأفقية التي تسهم في نشأة الأعاصير القِمْعية هي:

أ . هطول الأمطار الغزيرة.

ب. انخفاض درجة حرارة الهواء في الطبقات العليا.

جـ. وجود نوعين من الرياح (رياح القَصّ) تتحرك في اتجاهات مختلفة.

د . صعود الهواء الدافئ الرَّطْب وَسَط الإعصار.

* بناءً على مقياس فوجيتا (Fujita Scale) الخاص بتصنيف الأعاصير القِمْعية بحَسَب شدتها، أجيب عن الفقرتين (15,16):

15. وَرَدَ في تقرير صادر عن إحدى محطات الرصد الجوي أنّ إعصارًا دمّر معظم المباني في إحدى المناطق، إذْ تطايرت السيارات والأشخاص مئات الأمتار، وتحوّلت إلى قذائف خطرة، وهدّد حياة الناس. إنّ تصنيف هذا الإعصار بحَسَب مقياس فوجيتا هو:

أ . F3 ب. F4

جـ. F5 د . F2

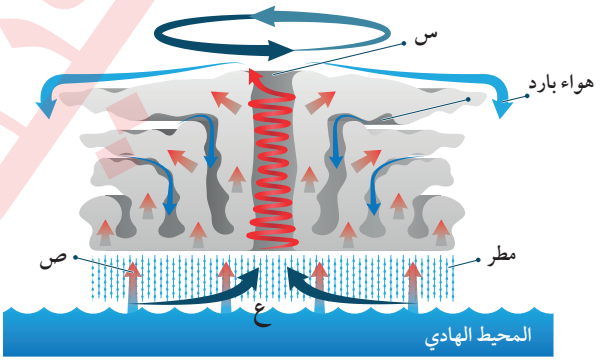
16. وَصَفَ سكان أحد الأحياء الإعصار الذي ضرب حيّهم على النحو الآتي:

«اقتلع الإعصار بعض سقوف المنازل وجدرانها المبنية بناءً جيدًا، وتسبّب في انقلاب قطار شَحْن، واقتلع الأشجار جميعها في الحي»، بحَسَب هذا الوصف، فإنّ هذا الإعصار ينتمي إلى:

أ . (F1) ب. (F3)

جـ. (F5) د . (F0)

* يبين الشكل الآتي أحد مراحل نشأة إعصار مداري فوق المحيط الهادي، أدرسه جيدًا ثم أجيب عن الفقرات (17,18,19):



17. توصف قيم الضغط الجوي في المنطقة (س) بأنها:

أ . منخفضة ب. مرتفعة

جـ. معتدلة د . متذبذة

18. يتصف الهواء المتصاعد عند النقطة (ص) بأنه:

أ . دافئ ورطب ب. بارد ورطب

جـ. دافئ وجاف د . بارد وجاف

19. يسمى الاعصار الذي يمثله الشكل ب بإعصار:

أ . السايكلون ب. التيفون

جـ. الهوريكان د . التورنادو

السؤال الثاني:

أملأ كل فراغ في ما يأتي بالمصطلح المناسب:

1. تُصنَّف الأعاصير المَدارية التي تُسبّب تطاير السيارات والأجسام مسافات طويلة من الفئة .....
2. تتسبّب الأمواج العاتية المرافقة للأعاصير المَدارية بحدوث .....
3. يُستخدَم في قياس سرعة الرياح جهاز.....
4. المناطق الأكثر عُرضة لحدوث الأعاصير المَدارية هي المحيطات .....
5. الأساس المستخدَم في تصنيف مقياس بيفورت هو .....

السؤال الثالث:

أتتبّع مراحل نشأة الأعاصير المَدارية.

السؤال الرابع:

أُفسّر العبارات الآتية تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

أ . تكوُّن مناطق الضغط الجوّي المنخفض في مركز الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية.

ب. حدوث أغلب الأعاصير القِمْعية في أوقات ما بعد الظُّهر.

جـ. قلة الغطاء النباتي تزيد من احتمالية حدوث الفيضان.

السؤال الخامس:

أُقارن بينَ كلٍّ من:

أ . الأعاصير القِمْعية والأعاصير المَدارية من حيث طريقةُ قياسِ كلٍّ منها.

ب. البرَد والثلج من حيث طريقةُ تكوُّن كلٍّ منهما.

جـ. الأضرار الناجمة عن الإعصار المداري من الفئة الثانية والإعصار المداري من الفئة الرابعة، وفقًا لمقياس سافير–سيمبسون.

السؤال السادس:

أنقُد صحة ما ورد في العبارة الآتية: «يمكن حدوث أعاصيرَ مَداريةٍ في خليج العقبة».

السؤال السابع:

أتوقّع ما يمكن حدوثه إن لم تتوافر تقنيات حديثة لرصد الأعاصير المَدارية.

السؤال الثامن:

أشرح كلًّا من:

أ . آلية تكوُّن المطر.

ب. كيفية تصنيف هَطْل المطر، وأطرحُ أمثلة على أشكال هَطْل المطر.

جـ. آلية تكون الفيضان.

السؤال التاسع:

أقوّم مدى دقة البيانات الواردة في العبارة الآتية: «يُستخدم جهاز مقياس المطر لقياس كمّية الأمطار وكمّية المياه الناتجة من الثلوج، إضافة إلى قياس عُمق الثلوج».

السؤال العاشر:

أبرّر سبب استخدام مقياس بيفورت على نطاق عالميّ لقياس قوّة الرياح.

السؤال الحادي عشر:

أناقش الأسباب التي تصنّف الأعاصير المَدارية على أنها من أعنف الأعاصير وأكثرها تدميرًا على سطح الأرض.

السؤال الثاني عشر:

أَفترض أنّ إعصارًا مَداريًّا رُصِدَ عند دائرة عرض 25° شمالًا وخط طول 50° غربًا، أيْ تقريبًا على بُعد (2900 km) من مدينة ميامي، وأحسب كم من الوقت سيستغرق الإعصار للوصول إليها، علمًا بأنّه يتحرّك غربًا بسرعة (25 km/h).

السؤال الثالث عشر:

أوضح أهمية أنظمة الإنذار المبكر في التقليل من مخاطر أحوال الطقس القاسية.

السؤال الرابع عشر:

أصدر حكمًا على صحة العبارات الآتية، ثم أبرر إجابتي:

أ . لا توجد علاقة بين التغيرات المُناخية وحدوث الفيضانات.

ب. تحدث موجات الحر في الأردن بَدْءًا من شهر نيسان إلى شهر حزيران كلّ عام.

السؤال الخامس عشر:

أفسّر: كيف تؤدي زيادة الاحتباس الحراري إلى حدوث الجفاف؟

السؤال السادس عشر:

أفسّر: كيف يؤدي التغير المُناخي إلى زيادة تكرار حدوث الفيضانات؟

الوَحْدة

7

تاريخ الأرض
The Earth's History

أتأمَّل الصورة

تمكَّن علماء الجيولوجيا من تعرُّف تاريخ الأرض، وفهم العمليات والأحداث الجيولوجية التي مرَّت بها، باتِّباع مجموعة من المبادئ والطرائق. فما هذه المبادئ والطرائق؟

الفكرة العامة:

تُشبِه الصخور -على اختلاف أنواعها- كتابًا يكشف لنا تاريخ الأرض عَبْر ملايين السنين، والأحداث الجيولوجية التي مرَّت بها.

الدرس الأوَّل: التأريخ النسبي للصخور

الفكرة الرئيسة: يستخدم العلماء مبادئ التأريخ النسبي في ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها.

الدرس الثاني: التأريخ المُطلَق للصخور

الفكرة الرئيسة: يُستخدَم التأريخ المُطلَق في تحديد أعمار الصخور بدقَّة (بالسنوات)، ثم تحديد عُمر الأرض.

الدرس الثالث: جيولوجية الأردن

الفكرة الرئيسة: تمتاز جيولوجية الأردن بتكشُّف أنواع مختلفة من الصخور على سطح الأرض منذ حِقبة ما قبل الكامبري حتى اليوم، وباحتوائها العديد من الموارد المعدِنية.

أهمية الأحافير في التتابعات الطبقية

توجد الصخور الرسوبية في الطبيعة على هيئة طبقات متتالية، ويمكن أن يحتوي العديد منها أحافير محددة. فكيف تتكون الأحافير؟ وما فائدة الأحافير في دراسة تلك الطبقات؟

المواد والأدوات: وعاء بلاستيكي سعته 1 L، 250 ml ماء، 100 ml ملح، قطعة إسفنج، 500 ml رمل.

إرشادات السلامة:

- توخّي الحذر عند سكب المواد في الوعاء البلاستيكي.
- غَسْل اليدين بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة.

خطوات العمل:

1. أسكب 250 mL من الرمل في الوعاء البلاستيكي.
2. أضع القطعة الإسفنجية في الوعاء البلاستيكي، ثم أسكب فوقها 250 mL من الرمل بحيث تتشكل طبقة رملية تحوي بداخلها قطعة الإسفنج.
3. أسكب 250 mL من الماء الدافئ في كوب سَعَته 500 mL.
4. أقيس 100 mL من الملح ثم أضيف الملح إلى الماء وأحركهما جيدًا حتى يذوب الملح.
5. أسكب الماء فوق الرمل في الوعاء البلاستيكي، ثم أُغطّي الوعاء البلاستيكي بشبك وأضعه تحت أشعة الشمس مُدّة أسبوع.
6. أستخرج قطعة الإسفنج من الرمل.

التحليل والاستنتاج:

1. أصف ماذا حدث لقطعة الإسفنج.
2. **أقارن** بين تصلب قطعة الإسفنج وتشكل الأحافير في الصخور.
3. **أقارن** بين عمر طبقة الرمل وعمر الأحفورة التي شكلتها باستخدام قطعة الإسفنج.
4. **أستنتجُ:** إذا تم وضع طبقة أخرى من الرمل فوق الطبقة الأولى، أي الطبقتين هي الأحدث؟

التأريخ النسبي للصخور
Relative Dating of Rocks

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يستخدم العلماء مبادئ التأريخ النسبي في ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها.

نتاجات التعلُّم:

- أستخدم مبادئ التأريخ النسبي في تحديد أعمار الصخور.

المفاهيم والمصطلحات:

التأريخ النسبي	Relative Dating
التعاقب الطبقي	Superposition
مبدأ التعاقب الطبقي	Principle of Superposition
مبدأ الترسيب الأفقي	Principle of Original Horizontality
مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية	Principle of Faunal and Floral Succession
مبدأ القاطع والمقطوع	Principle of Cross–Cutting Relationships
مبدأ الاستمرارية الجانبية	Principle of Lateral Continuity
مبدأ الاحتواء	Principle of Inclusion
المضاهاة	Correlation
الأحافير المرشدة	Index Fossils

مبادئ التأريخ النسبي
Principles of Relative Dating

يُعرَّف **التأريخ النسبي** **Relative Dating** بأنَّه ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض ترتيبًا زمنيًّا من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها دون إعطائها عمرًا محددًا. وقد استخدم العلماء مبادئ عِدَّة لتأريخ العُمر النسبي، وتقدير الأحداث الجيولوجية.

مبدأ التعاقب الطبقي Principle of Superposition

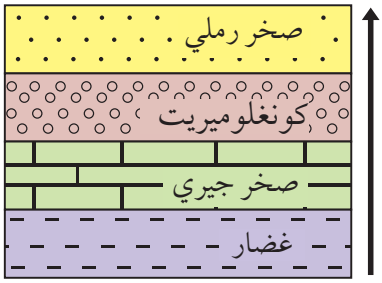
تتكوَّن الصخور الرسوبية في بيئات ترسيبية مُتنوِّعة، قد تكون بحرية أو قارية، وتحكمها ظروف ترسيبية تتحكَّم في نوع الطبقة الناتجة ومُكوِّناتها. وبتغيُّر هذه الظروف، ينتهي ترسيب طبقة، ويبدأ ترسيب طبقة أُخرى تعقبها من دون انقطاع زمني في عملية الترسيب. وباستمرار عملية الترسيب، وتغيُّر الظروف الترسيبية (مثل: درجة الحموضة، ودرجة الحرارة)، تتراكم العديد من الطبقات الرسوبية بعضها فوق بعض بشكل متواز مُكوِّنة ما يُسمّى التعاقب الطبقي. يُقصَد **بالتعاقب الطبقي** **Superposition** مجموعة الطبقات الصخرية التي ترسَّب بعضها فوق بعض بشكل متواز؛ نتيجة لتغيُّر ظروف الترسيب، ومن دون انقطاع زمني في عملية الترسيب، ويُمكِن دراسة هذه الطبقات ميدانيًّا أينما تكشَّف، أنظر الشكل (1) الذي يُبيِّن تعاقبًا طبقيًّا.

الشكل (1): طبقات رسوبية متعاقبة، تحوي صخورًا قديمة في الأسفل وصخورًا أحدثَ في الأعلى.

تتعاقب الصخور الرسوبية في أحواض الترسيب على هيئة طبقات أفقية وَفقًا **لمبدأ التعاقب الطبقي Principle of Superposition** الذي وضعه العالِم الإيطالي ستينو Steno؛ الذي ينصُّ على ما يأتي: «كل مجموعة من الطبقات الصخرية المتعاقبة تكون فيها الطبقة السفلى هي الأقدم، والطبقة العليا هي الأحدث ما لم تتعرض هذه الطبقات لقُوًى تغيّر تعاقبها الأصلي».

وفْق هذا المبدأ، يستطيع الجيولوجي في الميدان تأريخ الصخور الرسوبية تأريخًا نسبيًّا، وبذلك تكون كل طبقة أحدث من الطبقة التي تقع أسفلها، وأقدم من الطبقة التي تعلوها؛ شرط أنْ تكون هذه الطبقات قد حافظت على وضعها الأفقي الأصلي، أو تعرَّضت لتغيير بسيط في الميل أو الاتجاه، كما هو الحال في الطبقات الصخرية ذات التراكيب الجيولوجية البسيطة التي لم تتأثَّر بحركات تكتونية عنيفة تسبَّبت في تغيير وضعها الأصلي، أنظر الشكل (2) الذي يُبيِّن طبقات رسوبية متعاقبة. وينطبق هذا المبدأ أيضًا على الطفوح البركانية.

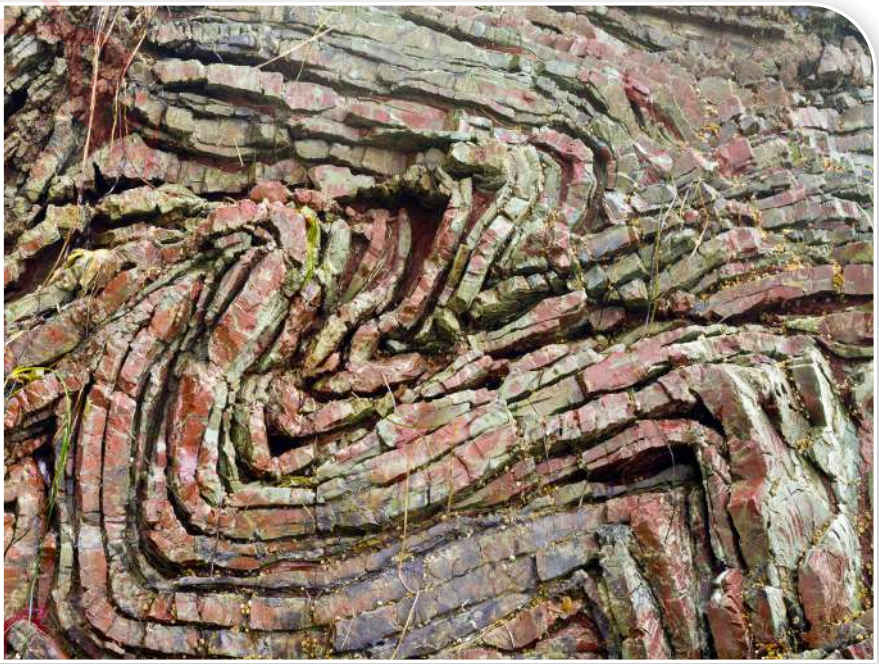
أمّا إذا كانت الطبقات الصخرية قد تعرَّضت لحركات تكتونية عنيفة أدَّت إلى طيِّها ثم قلْبها، فلا يُمكِن تطبيق مبدأ التعاقب الطبقي عليها لترتيبها من الأقدم إلى الأحدث؛ بسبب تغيُّر ترتيب تعاقبِها الأصلي؛ إذ تكون أقدم الطبقات فوق أحدثها، أنظر الشكل (3) الذي يُبيِّن طبقات رسوبية مقلوبة.



الشكل (2): تعاقب طبقي.

أُرتِّب الطبقات الصخرية في التعاقب الطبقي من الأقدم إلى الأحدث.

أُفكّرُ كيف يُمكِن تعرُّف ترتيب الطبقات من الأقدم إلى الأحدث في حال تعرَّضت الطبقات الصخرية لحركات تكتونية عنيفة أدَّت إلى طيِّها ثم قلْبها؟



الشكل (3): طبقات رسوبية تعرَّضت لحركات تكتونية عنيفة أدَّت إلى طيِّها ثم قلبها.

(أ)

(ب)

الشكل (4):
أ . صخور رسوبية تعرَّضت لحركات تكتونية أدَّت إلى طيِّها.
ب. صخور رسوبية تعرَّضت لحركات تكتونية أدَّت إلى ميلها.

أَصِف: ماذا يحدث للصخور الرسوبية المُترسِّبة أفقيًّا إذا تعرَّضت لحركات تكتونية؟

مبدأ الترسيب الأفقي Principle of Original Horizontality

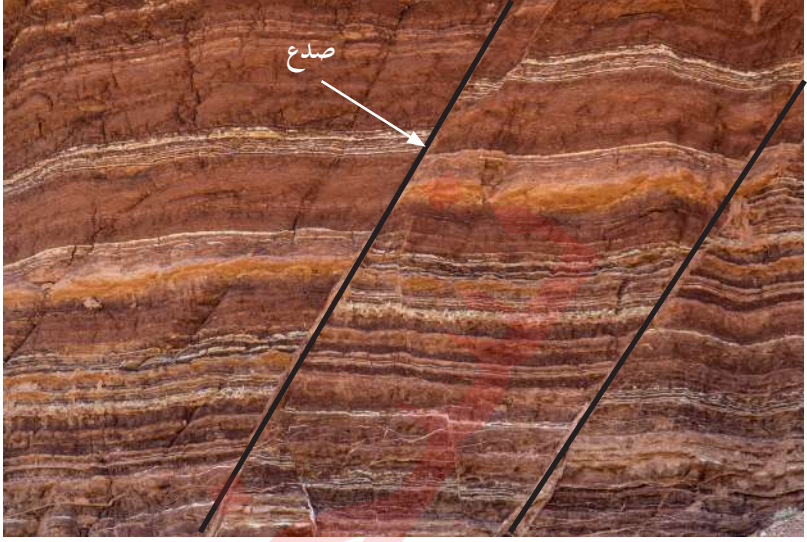
ينصُّ **مبدأ الترسيب الأفقي Principle of Original Horizontality** الذي وضعه العالم ستينو على أنَّ «الرسوبيات ثم الصخور الرسوبية تترسَّب أصلًا على هيئة طبقات أفقية؛ لأنَّ الرسوبيات تترسَّب غالبًا على أرض مُنبسِطة أو مستوية في قاع البحار أو المحيطات، وأما ما يحدث لها من طي أو ميل، فهو حدث جيولوجي لاحق على هذه الطبقات سببه قُوًى تكتونية حدثت بفعل حركة الصفائح الأرضية بعد عملية الترسيب الأفقي. أنظر الشكل (4) الذي يُبيِّن صخورًا رسوبيةً تعرَّضت لحركات تكتونية.

مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية
Principle of Faunal and Floral Succession

تحتوي غالبية الصخور الرسوبية أحافير عاشت في الزمن الذي ترسَّبت فيه تلك الصخور. وضع العالِم سميث Smith **مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية Principle of Faunal and Floral Succession** الذي ينصُّ على أنَّ «كل طبقة أو مجموعة طبقات من الصخور الرسوبية تحوي أحافير مُحدَّدة من الحيوانات والنباتات، تختلف عن تلك الموجودة في ما هو أقدم وأحدث منها من طبقات». وهذا يعني أنَّ كل طبقة صخرية لها عُمر زمني مُحدَّد اعتمادًا على الأحافير التي تحويها، وأنَّ تتابع المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية في التتابع الطبقي يبقى ثابتًا بِغَضِّ النظر عن التغيُّر في الخصائص الفيزيائية أو المكوّنات المعدنية للصخور المُكوِّنة له.

وبذلك، نكون قد وضعنا مقياسًا نقيس فيه العُمر النسبي للطبقات بحسب ما تحويه من أحافير، ونُحدِّد إذا كانت تلك الطبقات أحدث من طبقات أُخرى، أو أقدم منها، أو لها العُمر نفسه.

أُفكِّرُ وجد أحد الجيولوجيين أحفورة أمونيت في إحدى الطبقات الجيرية قدر عمرها 150 million years فإذا وجدت الأحفورة نفسها في طبقة من الصخور الطينية، فما عمر هذه الطبقة؟



(أ)

(ب)

مبدأ القاطع والمقطوع

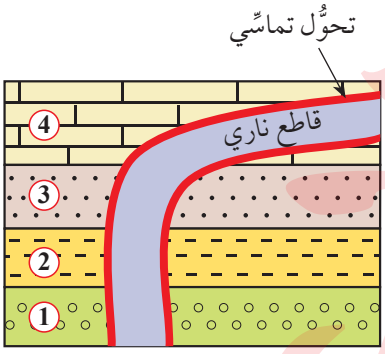
Principle of Cross–Cutting Relationships

قد أجد في الطبيعة صدعًا يقطع مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية، أو صخرًا ناريًّا يقطع صخورًا أُخرى، فأيُّ تلك التراكيب أو الصخور هو الأحدث، وأيُّها هو الأقدم؟

ينصُّ **مبدأ القاطع والمقطوع Principle of Cross–Cutting Relationships** على أنَّ «القاطع أحدث عُمرًا من المقطوع، سواء كان القاطع جسمًا ناريًّا أم صدعًا تكتونيًّا». ففي التتابع الطبقي من الصخور الرسوبية الذي يقطعه صدع، سيكون هذا الصدع أحدث عُمرًا من طبقات الصخور الرسوبية التي قطعها. وكذلك سيكون القاطع الناري أحدث عُمرًا من الصخور التي يقطعها، أنظر الشكل (5) الذي يُبيِّن العلاقة بين القاطع والمقطوع. ويُستدَلُّ على أنَّ القاطع الناري هو الأحدث عن طريق التحوُّل التماسي Contact Metamorphism الذي يحدث للصخور الموجودة على جانبي القاطع الناري؛ إذ تؤدي الماغما الساخنة إلى تغيير مُكوِّنات الصخور المعدِنية وخصائصها الفيزيائية، أنظر الشكل (6) الذي يُبيِّن اندفاع ماغما ساخنة داخل طبقات من الصخور الرسوبية؛ وهذا ما أحدث تحوُّلًا تماسِّيًّا.

الشكل (5):
أ . صدعان يقطعان مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية.
ب. قواطع نارية تقطع مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية.

أَصِف العلاقة بين القاطع والمقطوع.



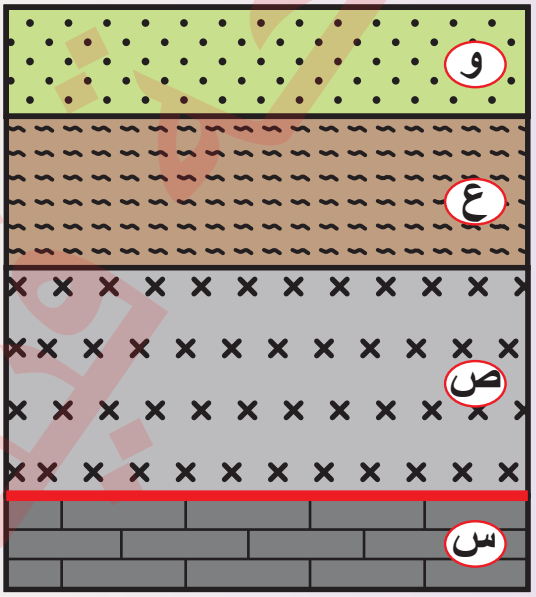
الشكل (6): اندفاع ماغما ساخنة داخل طبقات من الصخور الرسوبية.

أُرتِّب الأحداث الجيولوجية (1، 2، 3، 4)، والقاطع الناري، من الأقدم إلى الأحدث.

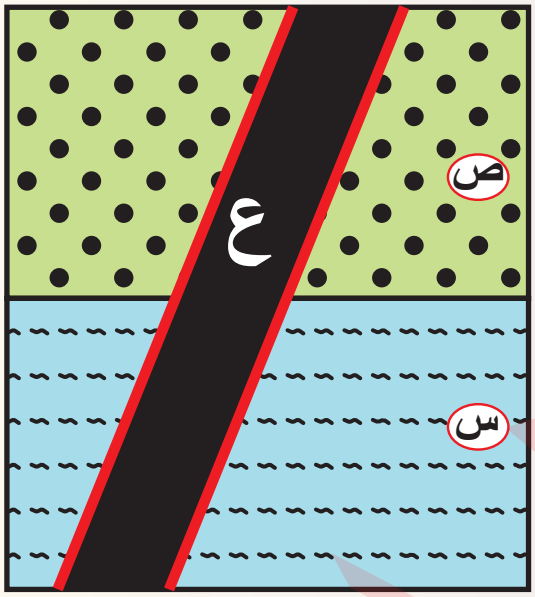
نشاط

مبدأ القاطع والمقطوع

أتأمّل الشكلين الآتيين (أ) و(ب)، علمًا أنَّ الشكل (أ) يوضّح طبقات من صخور رسوبية (س، ع، و) والطّفْح البركاني (ص)، والشكل (ب) يوضّح طبقات من صخور رسوبية (س، ص) والقاطع الناري (ع)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليهما:



الشكل (أ)



الشكل (ب)

التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد أيَّ الأحداث الجيولوجية أَحْدث في الشكل (أ)، الطّفْح البركاني (ص) أَم الصخر الرسوبي (س). **أُفسِّر** إجابتي.
2. **أُصدِر حُكْمًا** على صحة العبارة الآتية، مُبرِّرًا إجابتي.

«الصخران الرسوبيان (س، ص) في الشكل (ب) أَحْدث عُمْرًا من القاطع الناري (ع)».

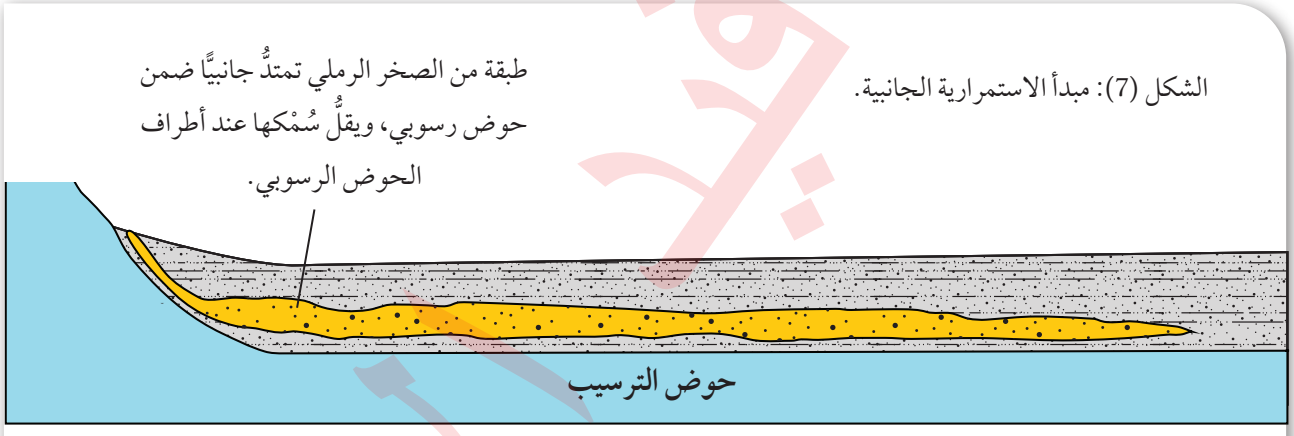
3. أُوضِّح: ما تأثير القاطع الناري (ع) على الصخور الرسوبية في الشكل (ب)؟
4. أُحدِّد عدد التعاقبات الرسوبية في الشكلين (أ) و(ب).
5. **أُرتِّب** الأحداث الجيولوجية في الشكلين (أ) و(ب) من الأقدم إلى الأحدث.

مبدأ الاستمرارية الجانبية Principle of Lateral Continuity

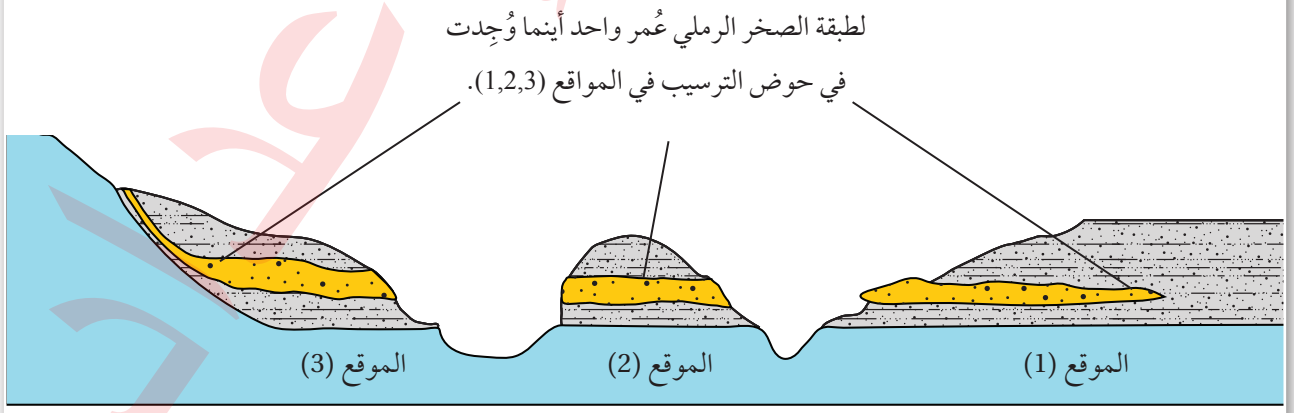
ينصُّ **مبدأ الاستمرارية الجانبية Principle of Lateral Continuity** على أنَّ الصخور الرسوبية تمتدُّ جانبيًّا في جميع الاتجاهات على امتداد حوض الترسيب، ويقلُّ سُمْكها تدريجيًّا عند أطراف الحوض، وأنَّ للطبقة الواحدة عُمرًا جيولوجيًّا واحدًا في أيِّ مكان توجد فيه ضمن الحوض الترسيبي. يُستخدَم هذا المبدأ في تعرُّف امتداد الطبقات عند تعرُّضها لعمليات حتٍّ وتعريةٍ، أنظر الشكل (7) الذي يُبيِّن مبدأ الاستمرارية الجانبية. وقد واجهت الجيولوجيون صعوبة في تطبيق هذا المبدأ؛ لأنَّه يسهُل تتبُّع طبقة صخرية مُتكشِّفة أمتارًا معدودةً، أو كيلومترات عديدة، خلافًا للمناطق التي يكون فيها سُمْك التربة كبيرًا وهذا يحول دون تكشف الصخور.

أُفكِّر أصف: كيف تظهر الطبقات في أحواض الترسيب؟

الشكل (7): مبدأ الاستمرارية الجانبية.



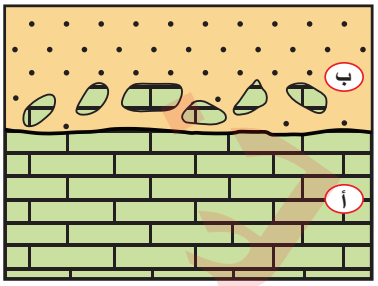
الشكل (7 / أ): طبقة من الصخر الرملي قبل تعرُّضها لعمليات الحتِّ والتعرية.



الشكل (7/ ب): طبقة من الصخر الرملي بعد تعرُّضها لعمليات الحتِّ والتعرية.

مبدأ الاحتواء Principle of Inclusion

ينصُّ **مبدأ الاحتواء Principle of Inclusion** على أنَّ «الجسم الصخري الذي يحوي قِطَعًا صخريةً من جسم صخري آخر يكون أحدث من القطع الصخرية التي يحويها»، أنظر الشكل (8) الذي يُبيِّن أنَّ الجسم الصخري (ب) يحوي قِطَعًا صخريةً من الجسم الصخري (أ)، فيكون هو أحدث من الجسم الصخري (أ). قد يحدث الاحتواء بين صخور نارية وصخور رسوبية، أو بين صخور رسوبية وصخور رسوبية أُخرى، أو بين صخور نارية وصخور نارية أُخرى.



الشكل (8): احتواء الجسم الصخري (ب) قِطَعًا صخرية من الجسم الصخري (أ).

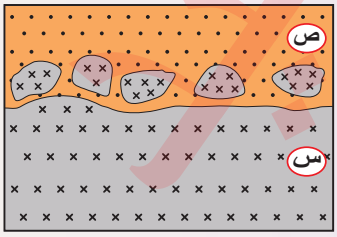
✓ **أتحقَّق:** أذكر مبادئ التأريخ النسبي.

لتعرُّف آليَّة الاحتواء بين أنواع الصخور المختلفة، أُنفِّذ النشاط الآتي.

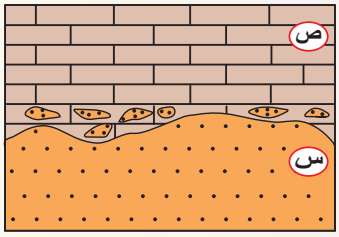
نشاط

أشكال الاحتواء

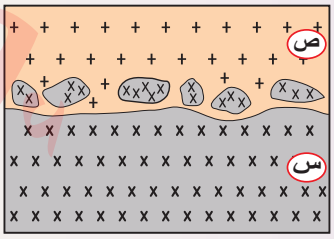
أدرس الأشكال المجاورة التي تُبيِّن كيفية الاحتواء بين أنواع الصخور المختلفة، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:



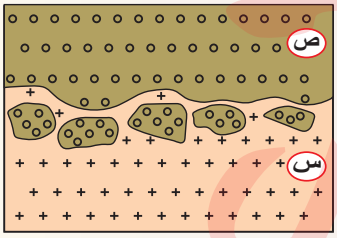
(أ): قِطَع من الصخر الناري (س) داخل الصخر الرسوبي (ص).



(ب): قِطَع من الصخر الرسوبي (س) داخل الصخر الرسوبي (ص).



(جـ): قِطَع من الصخر الناري (س) داخل الصخر الناري (ص).



(د): قِطَع من الصخر الرسوبي (ص) داخل الصخر الناري (س).

التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد الصخر الأقدم والصخر الأحدث في الشكلين (أ) و (جـ).
2. **أتوقَّع:** ما سبب حدوث الاحتواء في الشكل (ب)؟
3. **أُفسِّر:** كيف يحوي الصخر الناري (س) قِطَعًا من الصخر الرسوبي (ص) في الشكل (د)؟

يمكن أنْ يحدث الاحتواء بين أنواع الصخور المختلفة، فقد يحدث بين صخر رسوبي وآخر ناري أقدم منه، وذلك عندما يتكشّف الصخر الناري الأقدم على سطح الأرض بفعل العوامل الجيولوجية المختلفة، ويتعرض إلى عوامل التجوية التي تكسِّر أجزاءه العليا، ثم تترسب فوقه الطبقة الرسوبية محتوية داخلها قِطَعًا صخرية منه، وقد يحدث الاحتواء بين صخر رسوبي قديم وآخر ناري أحدث منه، وذلك نتيجة اندفاع الماغما داخل الصخر الرسوبي، وهذا يؤدي إلى انصهار أجزاء منه، وتكسِّر أجزاءه السفلية واحتواء الماغما القِطَع المتكسرة داخلها، وعندما تبرد الماغما وتتصلب، تتشكل صخورًا نارية تحتفظ داخلها بقِطَع من الصخور الرسوبية، وقد يحدث الاحتواء بين صخر رسوبي وآخر رسوبي، وغالبًا ما يحدث ذلك في حوض الترسيب في أثناء عملية الترسيب؛ إذ تعمل التيارات المائية على تكسير السطح العلوي للطبقة الصخرية القديمة في أثناء ترسيب طبقة جديدة فوقها، فتحوي القِطَع المتكسرة داخلها، وقد يحدث أحيانًا احتواء صخر ناري صخرًا ناريًّا آخر، عندما تندفع الماغما داخل الصخر الناري، وهذا يؤدي إلى انصهار أجزاء منه، وتكسِّر أجزاءً أخرى واحتواء الماغما المندفعة أجزاءً منه داخلها، وعندما تبرد الماغما وتتصلب وتصبح صخورًا نارية، ستحتفظ بتلك القِطَع، أنظر الشكل (9).

الشكل (9): صخر ناري محتبس داخل صخر ناري آخر.

التوافق وعدم التوافق في الطبقات الصخرية

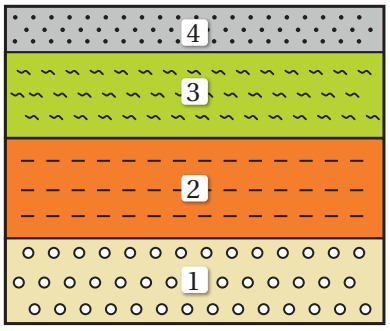
Conformity and Unconformity in Rock Layers

تعلَّمْتُ سابقًا مفهوم التعاقبِ الطبقي، وأنَّه لا يوجد فاصل زمني بين انتهاء ترسيب طبقة وبَدْء ترسيب طبقة أُخرى في التعاقب الواحد. فالطبقات الصخرية الرسوبية تكون -بحسب هذا المفهوم- متوازية ومتتالية زمنيًّا؛ أيْ متوافقة، إلّا أنَّنا لا نجد هذا في الطبيعة دائمًا، عندئذٍ تصبح العلاقة بين الطبقات الرسوبية علاقة عدم توافق، فما المقصود بالتوافق؟ وما أنواع عدم التوافق؟ وكيف نشأت؟

أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يُبيِّن مبادئ التأريخ النسبي، مُضمِّنًا إيّاه صورًا توضيحيةً، ثم أشاركه زملائي/ زميلاتي في الصف.

التوافق Conformity

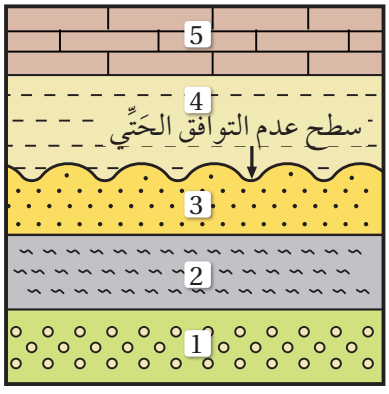
يُعرَّف التوافق بأنَّه ترتيب الطبقات الصخرية بعضها فوق بعض متوازية ومتتالية زمنيًّا من دون حدوث انقطاع في عملية الترسيب، أي لا توجد فواصل زمنية بين انتهاء ترسيب طبقة وبداية ترسيب طبقة أخرى تليها في التعاقب الطبقي الواحد. أنظر الشكل (10) الذي يُبيِّن طبقات صخرية متوافقة، ولكنَّ الطبقات الصخرية لا توجد دائمًا في الطبيعة متوافقة، فماذا تُسمّى الطبقات الصخرية غير المتوازية، أو تلك التي حدث فيها انقطاع في الترسيب؟



الشكل (10): طبقات صخرية رسوبية متوازية ومتتالية زمنيًّا.

عدم التوافق Unconformity

تكون العلاقات بين الطبقات الصخرية الرسوبية غير متوافقة في العديد من الحالات منها عندما تكون الطبقات الصخرية غير متوازية، أو حين تفصل بينها سطوح تعرية، أو سطوح تشير إلى انقطاع في الترسيب، في ما يُعرَف بسطوح عدم التوافق؛ إذ تدلُّ هذه السطوح على أنَّ الطبقات الواقعة أسفل سطح عدم التوافق قد تكشَّفت، وظهرت على سطح الأرض مُدَدًا زمنيةً طويلةً، ثم تعرَّضت لعمليات حَتٍّ وتعريةٍ أزالت جزءًا من التعاقب الطبقي، أو تعرَّضت لانقطاع الترسيب فيها مُدَدًا زمنيةً طويلةً، ثم غُمِرت لاحقًا بالبحر، وحدث الترسيب فوقها من جديد مُشكِّلًا تعاقبًا طبقيًّا جديدًا. يُصنَّف عدم التوافق إلى الأنواع الآتية:



الشكل (11): طبقات متوازية يفصل بينها سطح عدم التوافق الحَتّي.

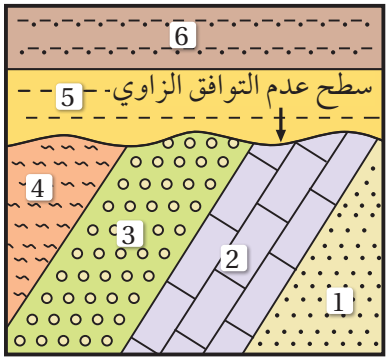
عدم التوافق الحَتّي Disconformity

عدم التوافق الحَتّي هو سطح مُتعرِّج يفصل بين مجموعتين متوازيتين من الصخور الرسوبية التي تكون غالبًا أفقية، أنظر الشكل (11) الذي يُبيِّن طبقات متوازية يفصل بينها سطح عدم التوافق الحَتّي.

يحدث عدم التوافق الحَتِّي عندما تؤدي عمليات الرفع إلى انحسار مياه البحر عن التعاقب الطبقي المُترسِّب أفقيًّا في قاعه، ثم تعرُّضه لعمليات حَتٍّ وتعريةٍ تزيل جزءًا منه وتُحدِث تعرُّجات في سطحه. وما إنْ تحدث عمليات خَفْض للتعاقب الطبقي وتغمره مياه البحر، ويعود الترسيب فوقه مَرَّة أُخرى، حتى يتكوَّن تعاقب طبقي جديد، ويفصل بين التعاقبين الرسوبيين المتوازيين سطح عدم توافق حَتِّي.

عدم التوافق الزاوي Angular Unconformity

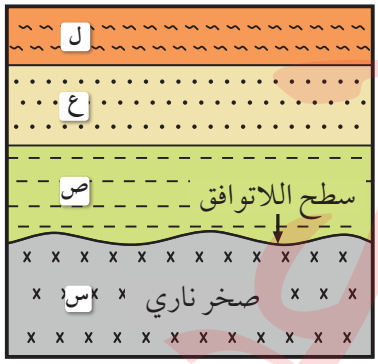
يُطلَق على السطح الذي يفصل بين طبقات رسوبية مائلة أسفل طبقات رسوبية أفقية اسم سطح عدم التوافق الزاوي، أنظر الشكل (12). يُلاحَظ من الشكل أنَّ الطبقات الرسوبية السفلية المائلة قد ترسَّبت أوَّلًا أفقيًّا في قاع البحر، ثم تعرَّضت لحركات تكتونية أدَّت إلى ميلها ورفعها، ثم انحسر البحر عنها؛ وهذا أدى إلى تعرُّضها لعمليات الحَتِّ والتعرية التي أزالت الجزء العلوي منها، ثم حدث لها خَفْض، وغُمِرت بمياه البحر، فترسَّبت طبقات أفقية جديدة، وتشكَّل سطح عدم التوافق الزاوي الذي يفصل بين تعاقبين رسوبيين غير متوازيين.



الشكل (12): طبقات غير متوازية يفصل بينها عدم توافق زاوي.

اللاتوافق Nonconformity

اللاتوافق هو السطح الذي يفصل بين صخور رسوبية حديثة ترسَّبت فوق صخور نارية، أو صخور مُتحوِّلة قديمة، أنظر الشكل (13). فمثلًا، صخر الغرانيت – كما هو معلوم– يتكوَّن نتيجة تبريد الماغما في باطن الأرض وتبلورها، لكنَّه قد يُرفَع إلى سطح الأرض بفعل الحركات التكتونية، فيتعرَّض عندئذٍ لعمليات حَتٍّ وتعريةٍ، وعندما يتعرَّض لعمليات خَفْض، ويُغمَر بالمياه، تترسَّب طبقات رسوبية جديدة فوقه، ويفصل بينهما سطح عدم توافق، في ما يُعرَف باللاتوافق. لتعرُّف كيفية تطبيق المبادئ التي اعتُمِدت في التأريخ النسبي للأحداث الجيولوجية، أُنفِّذ النشاط الآتي.



الشكل (13): سطح اللاتوافق الذي يفصل بين صخور رسوبية حديثة ترسَّبت فوق صخور نارية أو صخور مُتحوِّلة قديمة.

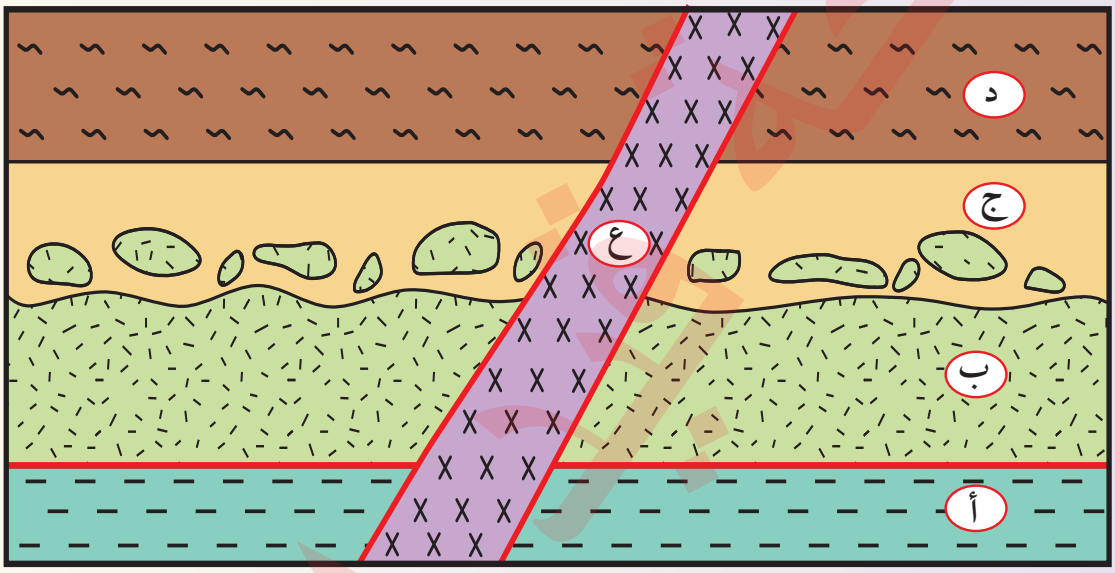
أتحقَّق: أُوضِّح كيف يتكوَّن سطح عدم التوافق الحَتِّي.

أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يُبيِّن التوافق في الطبقات الصخرية وعدم التوافق فيها، مُضمِّنًا إيّاه صورًا توضيحيةً، ثم أشاركه زملائي/ زميلاتي في الصف.

نشاط

مبادئ التأريخ النسبي

أتأمّل المقطع الآتي الذي يُمثِّل تعاقبات من الصخور الرسوبية (أ، ج، د) والقاطع الناري (ع) والطفح البركاني (ب)، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد عدد سطوح عدم التوافق، وأنواعها.
2. **أستنتج** من الشكل عدد التعاقبات الرسوبية.
3. **أُرتِّب** الأحداث الجيولوجية: (أ، ب، ج، د، ع) من الأقدم إلى الأحدث، ذاكرًا المبادئ التي اعتمدْتُ عليها.
4. أُوضِّح تأثير القاطع الناري في الطبقات الرسوبية: (أ، ج، د).

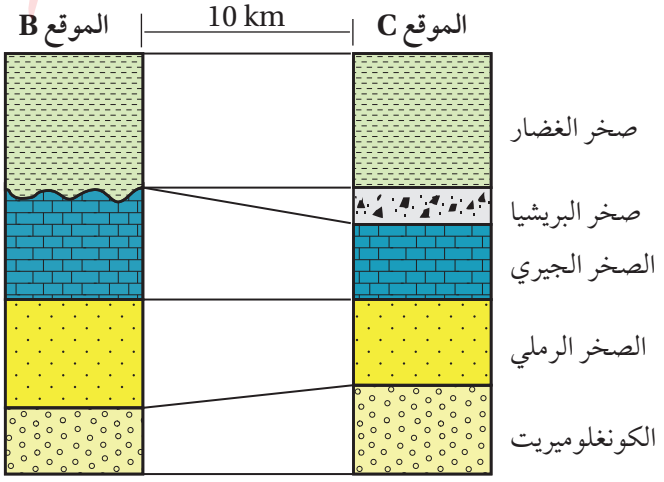
المضاهاة Correlation

يمكن تعرُّف امتداد الطبقات الصخرية المختلفة ذات العمر الواحد عند تعرُّضها لعمليات حتٍّ وتعريةٍ باستخدام عملية المضاهاة، وتُعرَف **المضاهاة Correlation** بأنّها المطابقة بين التتابعات الصخرية المتكشفة ذات العمر الواحد في المناطق المختلفة.

تعتمد عملية المضاهاة بين التتابعات الصخرية على الخصائص الفيزيائية والمحتوى المعدني أو المحتوى الأحفوري للصخر، ويَستخدم العلماء معرفتهم بالمبادئ النسبية خصوصًا مبدأي التعاقب الطبقي والاستمرارية الجانبية في عملية المضاهاة؛ فعندما يُجري الجيولوجيون عملية مضاهاة بين الطبقات الصخرية في منطقتين مختلفتين، فإنهم يفترضون أنَّ الطبقات الموجودة في الأسفل أقْدم من الطبقات التي تعلوها، وعندما يُعثَر على طبقة معينة في منطقتين مختلفتين، يُفترَض أنَّ عمرهما واحد قبل أنْ تتأثر بالعمليات الجيولوجية المختلفة. للمضاهاة أنواع عدة، منها المضاهاة الصخرية، والمضاهاة الأحفورية، فكيف تحدث عملية المضاهاة الصخرية؟ وما الفرق بينها وبين المضاهاة الأحفورية؟

المضاهاة الصخرية Lithological Correlation

تعتمد المضاهاة الصخرية على التشابه في المُكوِّنات المعدنية والخصائص الفيزيائية للصخور، وتكون المضاهاة الصخرية فاعلة عند المضاهاة بين المقاطع الصخرية القريبة من بعضها، أنظر الشكل (14)، فإذا افترضنا وجود مقطعين صخريين في مكانين مختلفين، فإنَّ عملية المضاهاة الصخرية تكون بتوصيل السطح السفلي للطبقة الصخرية في المقطع الأول بالسطح السفلي للطبقة الصخرية المشابهة لها في المقطع الثاني، وتوصيل السطح العلوي للطبقة نفسها في المقطع الأول بالسطح العلوي للطبقة المشابهة لها في المقطع الثاني، وهكذا لجميع الطبقات الصخرية المتشابهة في المقطع الصخري.

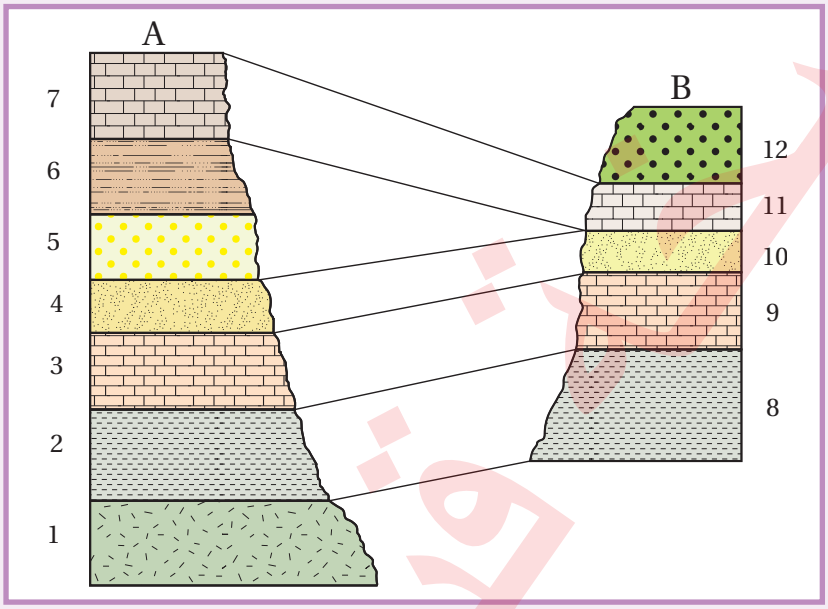


الشكل (14): المضاهاة بالاعتماد على المُكوِّنات المعدنية والخصائص الفيزيائية للصخور.

أحدِّد الطبقة الصخرية التي أزالتها عمليات الحَتّ والتعرية، وأحدِّد المقطع كذلك.

مثال (1):

يمثِّل الشكل الآتي مقطعين (A, B) لطبقات رسوبية أجريت بينهما عملية مضاهاة صخرية، علمًا أنَّ الصخر (1) يمثِّل صخرًا ناريًّا. أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. أوضِّح كيف أجريت عملية المضاهاة الصخرية بين الطبقات الرسوبية.
2. أستنتج عدد الطبقات الرسوبية في المنطقة.
3. أحدِّد أحدث الطبقات الرسوبية وأقْدمها.
4. أحدِّد الطبقات في المقطع (A) التي تعرّضت لعمليات الحَتّ والتعرية في المقطع (B).
5. أستنتج عدد أسطح عدم التوافق وأنواعها.

الحل:

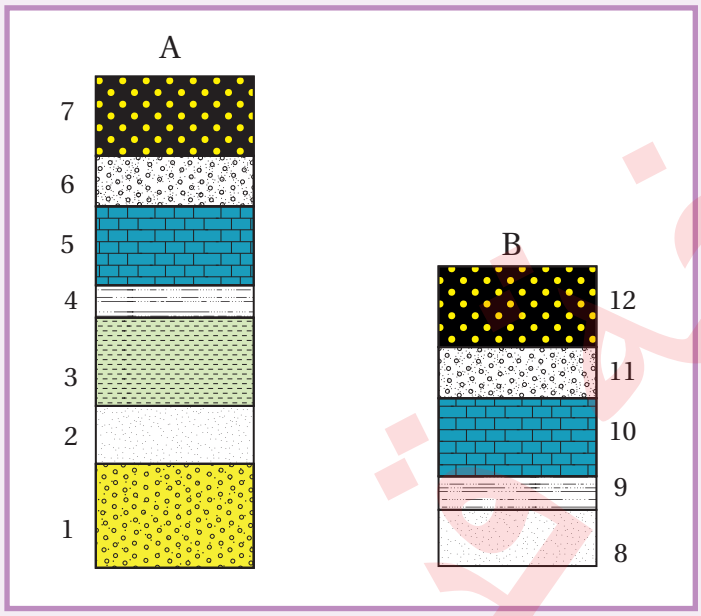
1. تم توصيل السطح السفلي للطبقة الصخرية في المقطع (A) بالسطح السفلي للطبقة المشابهة لها في المقطع (B) وتوصيل السطح العلوي للطبقة الصخرية نفسها في المقطع (A) بالسطح العلوي للطبقة المشابهة لها في المقطع (B).
2. (7) طبقات رسوبية.
3. أحْدث الطبقات: الطبقة (12) في المقطع (B).

أقْدم الطبقات: الطبقة (2) في المقطع (A) والطبقة (8) المشابهة لها في المقطع (B).

4. الطبقتان (6، 5) .
5. سطحا عدم توافق على النحو الآتي: بين (2، 1) سطح لا توافق، وبين (11، 10) سطح عدم توافق حتّي.

مثال (2):

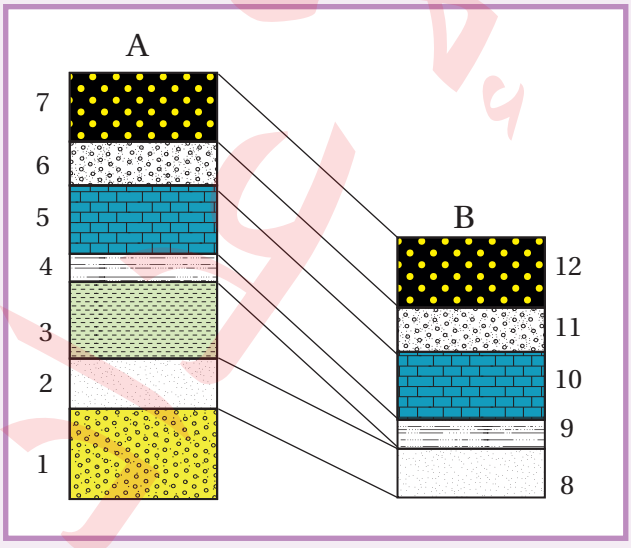
يمثِّل الشكل الآتي مقطعين (A, B) لطبقات رسوبية، أُجري مضاهاة صخرية بين المقطعين (A, B)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. **أستنتج** عدد الطبقات الرسوبية في المنطقة.
2. أحدِّد أقْدم الطبقات الرسوبية.
3. أحدِّد الطبقات في المقطع (A) التي تعرّضت لعمليات الحَتّ والتعرية في المقطع (B).
4. **أستنتج** عدد أسطح عدم التوافق، ثم أبيّن أنواعها.

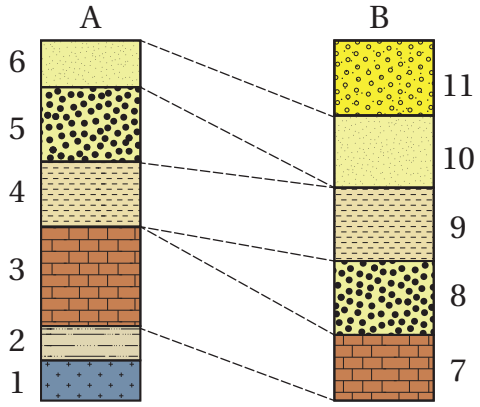
الحل:

1. (7) طبقات رسوبية.
2. الطبقة (1).
3. الطبقة (3).
4. سطح عدم توافق حتّي واحد في المقطع (B).
   بين الطبقتين (9–8).



تمرين

يمثِّل الشكل المجاور مقطعين (A, B) لطبقات رسوبية أجريت بينهما عملية مضاهاة صخرية، علمًا أنَّ الصخر (1) يمثِّل صخرًا ناريًّا. أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



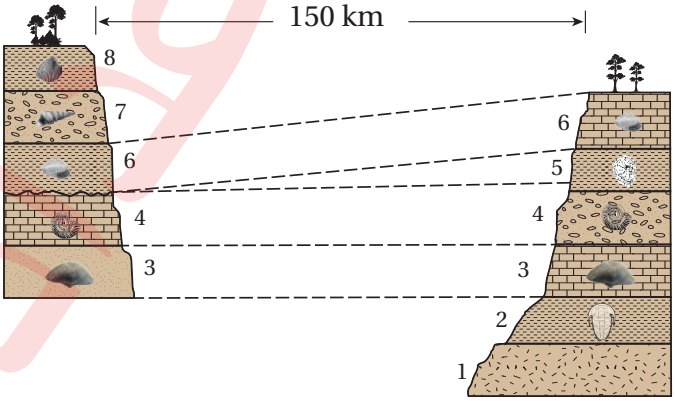
1. **أستنتج** عدد الطبقات الرسوبية في المنطقة.
2. أحدِّد أحْدث الطبقات الرسوبية وأقْدمها.
3. أحدِّد الطبقات التي تعرّضت لعمليات الحَتّ والتعرية.
4. **أستنتج** عدد أسطح عدم التوافق، ثم أبيّن أنواعها.

تواجه الجيولوجيين بعض المشكلات في أثناء إجرائهم عملية المضاهاة الصخرية، ومن هذه المشكلات تكرار النوع نفسه من الطبقات الصخرية في المقطع الصخري فيتعذّر إجراء عملية المضاهاة، وتجنُّبًا لهذه المشكلة، تُجرى المضاهاة الصخرية بمضاهاة مجموعة من الطبقات الصخرية في المقطع الصخري لها التتابع الطبقي نفسه، ومن المشكلات الأخرى التغيُّر الجانبي للصخور نتيجة اختلاف ظروف الترسيب أو حدوث عمليات التجوية، وهذا يُعوِّق عملية المضاهاة الصخرية، خصوصًا عند مطابقة مقاطع صخرية تبعد مسافات كبيرة عن بعضها البعض، ولا يمكن إجراء عملية مضاهاة في هذه الحالة للمقاطع الصخرية بهذه الطريقة؛ لذا يلجأ الجيولوجيون إلى استخدام المضاهاة الأحفورية الأقلّ تأثُّرًا بعامل المسافة.

أفكّر **أفسّر:** لماذا لا يمكن استخدام المضاهاة الصخرية في المقاطع الصخرية التي تبعد مسافات كبيرة عن بعضها البعض؟

المضاهاة الأحفورية Biocorrelation

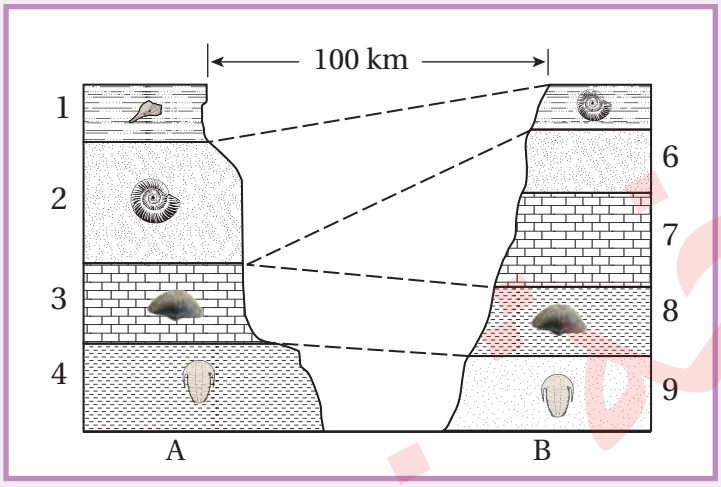
تعتمد المضاهاة الأحفورية على التشابه في المحتوى الأحفوري للصخور، ويشيع استخدام المضاهاة الأحفورية عند المضاهاة بين المقاطع الصخرية البعيدة عن بعضها، وتُجرى عملية المضاهاة الأحفورية بآلية المضاهاة الصخرية نفسها، إلا أنَّ عملية توصيل الطبقات فيها لا تعتمد على المُكوِّنات المعدنية للصخور، إنّما تعتمد على المحتوى الأحفوري لها، حيث توصَل الطبقات ذات المحتوى الأحفوري المتشابه ببعضها. أنظر الشكل (15).



الشكل (15): المضاهاة الأحفورية.

مثال (3):

يمثِّل الشكل الآتي مقطعين صخريين (A, B)، أجريت بينهما مضاهاة أحفورية. أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



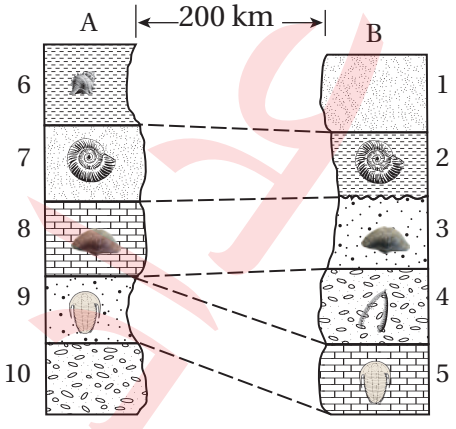
1. **أفسِّر:** هل تعتمد المضاهاة الأحفورية على التركيب المعدني للصخور؟
2. أحدِّد مكان انقطاع الترسيب.

الحل:

1. لا؛ حيث أُجرِيت المضاهاة على المحتوى الأحفوري للطبقات الصخرية، فالطبقة (4) يتشابه محتواها الأحفوري مع الطبقة (9)، وتختلفان في التركيب المعدني، وكذلك الطبقة (3)، يتشابه محتواها الأحفوري مع الطبقة (8) وتختلفان في التركيب المعدني.
2. بين الطبقة (2) والطبقة (3) في المقطع (A).

تمرين

يمثِّل الشكل المجاور مقطعين صخريين (A, B) أُجرِيت بينهما مضاهاة أحفورية. أدرسه، ثم أجيب عما يأتي:



1. أبيِّن الأساس المعتمد في عملية المضاهاة في الشكل.
2. **أفسِّر** وجود النوع نفسه من الأحافير في الطبقتين: (9, 5).
3. أوضِّح: لماذا يصعب إجراء المضاهاة الصخرية بين المقطعين (A,B)؟
4. أبيِّن الدليل على وجود انقطاع في الترسيب في المقطع (A).

الشكل (16/ أ) : أحفورة الترايلوبيت الدالة على العصر الكامبري.

الشكل (16/ ب): أحفورة الأمونيت الدالة على العصر الجوراسي.

تواجه الجيولوجيين بعض المشكلات التي تحدّ من إجراء المضاهاة الأحفورية، مثل عدم وجود أحافير في الطبقات الصخرية، أو وجود أحافير عاشت في مُدَد زمنية طويلة، أو عاشت في أماكن جغرافية محدودة؛ لذلك لا يمكن الاعتماد على أي نوع من الأحافير في عملية المضاهاة، وعليه، يجب أنْ تمثِّل الأحفورة المستخدمة في عملية المضاهاة مدة زمنية محددة ولها انتشار جغرافي واسع، وسُمِّيت هذه الأحافير **الأحافير المرشدة Index Fossils**. أنظر الشكل (16 أ / ب).

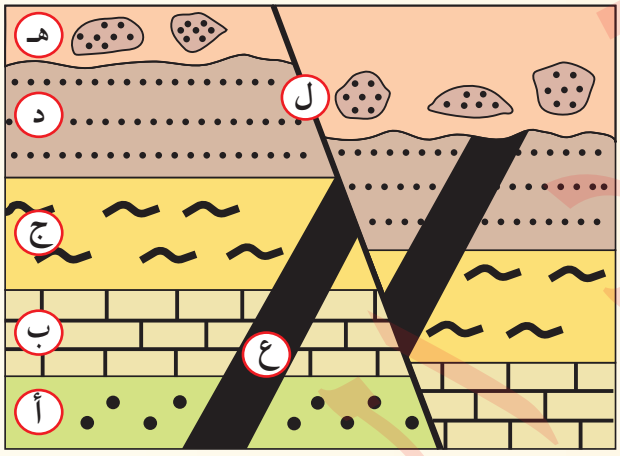
أهمية المضاهاة The Importance of Correlation

يُعَدّ استخدام عملية المضاهاة بنوعيها من العمليات الضرورية والمُهِمّة عند الجيولوجيين في تعرُّف تاريخ الأرض وتطوّرها، حيث يُحدَّد بها العُمُر النسبي للصخور وترتيبها زمنيًّا، وتساعد على تحديد سطوح عدم التوافق ومدد انقطاع الترسيب، وتُستخدَم هذه العملية أيضًا في التنقيب عن الثروات المعدنية والمياه والنَّفْط، حيث يمكن عن طريقها تعرُّف امتداد الطبقات التي تحوي تلك الخامات والثروات المعدنية، وتُستخدَم في رَسْم الخرائط الجيولوجية بربط التتابعات الطبقية في الأماكن المختلفة.

✓ **أتحقَّق:** ما الصعوبات التي تواجه الجيولوجيين في أثناء إجرائهم عملية المضاهاة الصخرية؟

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أذكر ثلاثة مبادئ تُستخدَم في تحديد أعمار الصخور النسبية.
2. أُوضِّح: كيف يُستخدَم مبدأ تعاقب الطبقات في تحديد الأعمار النسبية للصخور؟
3. **أُقارِن** بين سطوح التوافق وسطوح عدم التوافق من حيث ظروف التكوُّن.
4. **أُفسِّر** سبب وجود سطح غير مستوٍ بين مجموعتين من الطبقات الصخرية الرسوبية.
5. أوضّح مبدأ القاطع والمقطوع.
6. أتأمّل الشكل الآتي الذي يُبيِّن تعاقبات لصخور رسوبية (أ، ب، ج، د، هـ)، والقاطع الناري (ع)، والصدع (ل)، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:



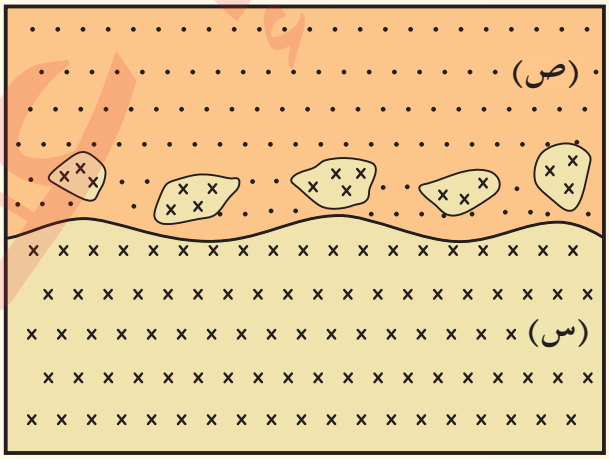
أ . **أُرتِّب** الأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث.

ب. أُحدِّد عدد التعاقبات الرسوبية.

جـ. أُحدِّد عدد سطوح عدم التوافق.

د . أذكر مبادئ التأريخ النسبي التي اعتمدت عليها في ترتيب الأحداث الجيولوجية.

7. **أتوقَّع:** كيف أمكن احتواء القطع الصخرية من الصخر الناري (س) في طبقة الصخر الرسوبي (ص) في الشكل الآتي؟



8. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

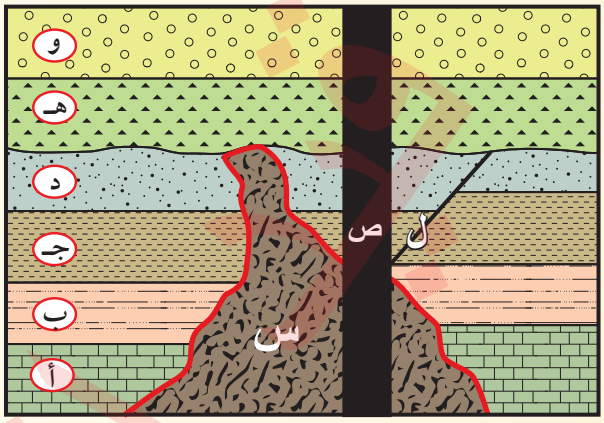
1. المبدأ الذي يستخدم في تعرف امتداد الطبقات عند تعرُّضها لعمليات الحتّ والتعرية هو:

أ . مبدأ التعاقب الطبقي.
ب. مبدأ الاستمرارية الجانبية.
جـ. مبدأ الاحتواء.
د. مبدأ القاطع والمقطوع.

2. الحالة التي لا يمكن فيها تطبيق مبدأ التعاقب الطبقي لتحديد الأعمار النسبية للطبقات الصخرية فيه هي وجود:

أ . طبقات رسوبية يعلوها طفح بركاني.
ب. طبقات رسوبية مقلوبة.
جـ. طبقات رسوبية يقطعها صَدْع.
د . طبقات رسوبية يتخللها طفوح بركانية.

* أتأمّل الشكل الآتي الذي يمثِّل صخورًا رسوبية (أ، ب، جـ، د، هـ، و) والاندفاعين الناريين (س، ص)، والصدع (ل)، ثم أجيب عن الفِقْرات (3,4,5).



3. عدد التعاقبات الرسوبية في الشكل هو:

أ . 1
ب. 2
جـ. 3
د. 4

4. الرمز الذي يدل على أحدث المظاهر الجيولوجية في الشكل هو:

أ . س
ب. ص
جـ. أ
د. هـ

5. المبدأ الذي يمكن استخدامه في تحديد العمر النسبي للاندفاع الناري (س) نسبة إلى بقية الصخور هو:

أ . التعاقب الطبقي.
ب. الاحتواء.
جـ. القاطع والمقطوع.
د . الترسيب الأفقي.

التأريخ المُطلَق للصخور
Absolute Dating of Rocks

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

يُستخدَم التأريخ المُطلَق في تحديد أعمار الصخور بدقَّة (بالسنوات)، ثم تحديد عُمر الأرض.

نتاجات التعلُّم:

- أتعرَّف عُمر الصخور باستخدام التأريخ المُطلَق.
- أربط بين العُمر المُطلَق للنيازك وعُمر الأرض والشمس.

المفاهيم والمصطلحات:

الاضمحلال الإشعاعي Radioactive Decay

عُمر النصف Half–Life

التأريخ المُطلَق Absolute Dating

العمود الجيولوجي Geologic Column

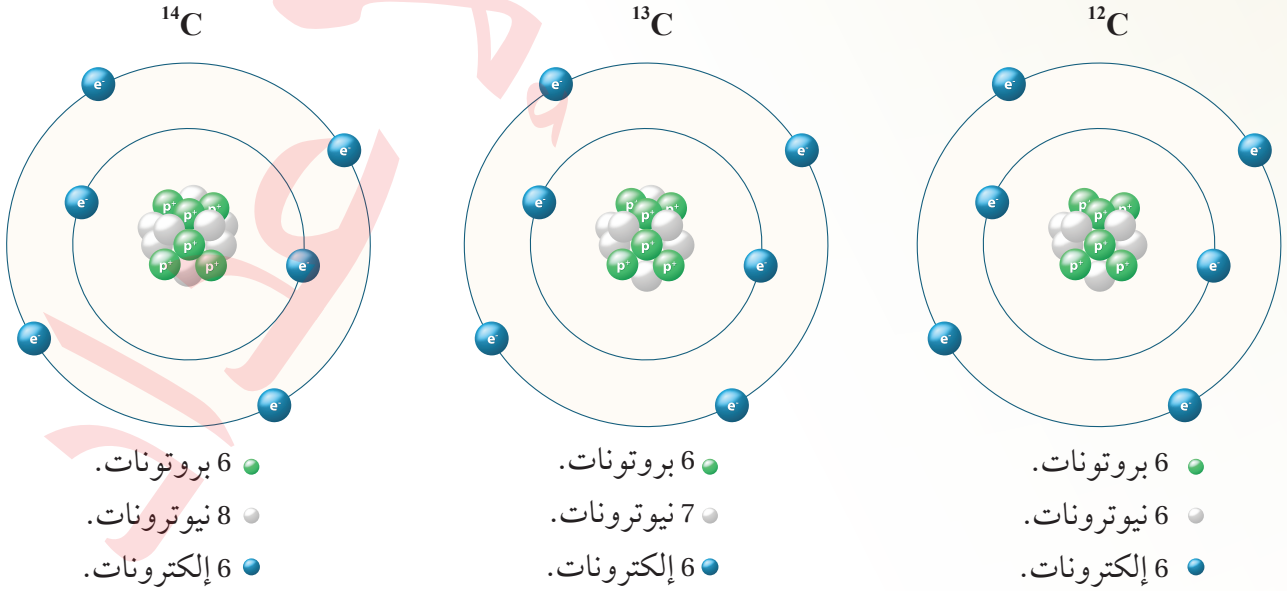
سُلَّم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale

التأريخ باستخدام النشاط الإشعاعي
Dating with Radioactivity

درسْتُ سابقًا أنَّ التأريخ النسبي يُرتِّب الأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض وَفْقًا لحدوثها، ولكنَّه لا يُحدِّد زمن تلك الأحداث أو أعمار الصخور بدقَّة (بالسنوات)؛ لذا لجأ العلماء إلى استخدام طرائق أُخرى تعتمد على النشاط الإشعاعي للعناصر المشعة الموجودة في الصخور لإعطائها أعمارًا مُحدَّدة، فما النشاط الإشعاعي؟ وكيف يحدث؟

النشاط الإشعاعي Radioactivity

يتكوَّن العنصر من النوع نفسه من الذرات، ويُحدَّد نوعه بعدد البروتونات الموجودة في نواته، في ما يُعرَف بالعدد الذري للعنصر. قد يختلف عدد النيوترونات في نواة ذرّة العنصر الواحد؛ وهذا يُسبِّب اختلاف العدد الكُتْلي له. يُطلَق على ذرات العنصر الواحد التي تحوي العدد الذري نفسه وتختلف في العدد الكُتْلي اسم النظائر Isotopes أنظر الشكل (17) الذي يُمثِّل بعض نظائر الكربون.



الشكل (17): بعض نظائر الكربون التي تختلف في عدد النيوترونات في أنوية ذراتها.

فمثلًا، العدد الذري لعنصر الكربون (C) هو 6؛ لأنَّه يحتوي ستة بروتونات في نواته، في حين تحتوي بعض عناصره أعدادًا مختلفة من النيوترونات، مثل: 6، 7، 8؛ لذا توجد للكربون نظائر مختلفة، منها: ^{12}C، ^{13}C، ^{14}C.

ترتبط البروتونات والنيوترونات معًا في معظم ذرات النظائر بقوى ترابط نووية قوية، ولذلك تكون معظم النظائر مستقرة. إلّا أنَّ بعض النظائر تكون غير مستقرة؛ أيْ مشعّة، فتتحلَّل ذراتها تلقائيًّا بإطلاق جُسَيمات ألفا (α) وبيتا (β) وأشعة غاما (γ)، مُنتِجةً نظائر أكثر استقرارًا، وقد يستمرُّ التحلُّل الإشعاعي لبعض الذرات في عدد من المراحل حتى يتكوَّن نظير مستقر؛ أيْ غير مشعّ. فمثلًا، يتحلَّل اليورانيوم (^{238}U) بمرور الزمن مُكوِّنًا نظير الرصاص (^{206}Pb) المستقر. يُطلَق على نظير العنصر غير المستقر أو المشعّ اسم النظيرة الأُمِّ المشعّة، في حين يُطلَق على النظيرة الناتجة من اضمحلال النظيرة الأُمِّ المشعّة اسم النظيرة الوليدة. أمّا العملية التي تتحلَّل فيها ذرات العناصر المشعّة إلى ذرات عناصر مستقرة، فتُسمّى النشاط الإشعاعي، أو **الاضمحلال الإشعاعي Radioactive Decay**.

عُمر النصف Half–Life

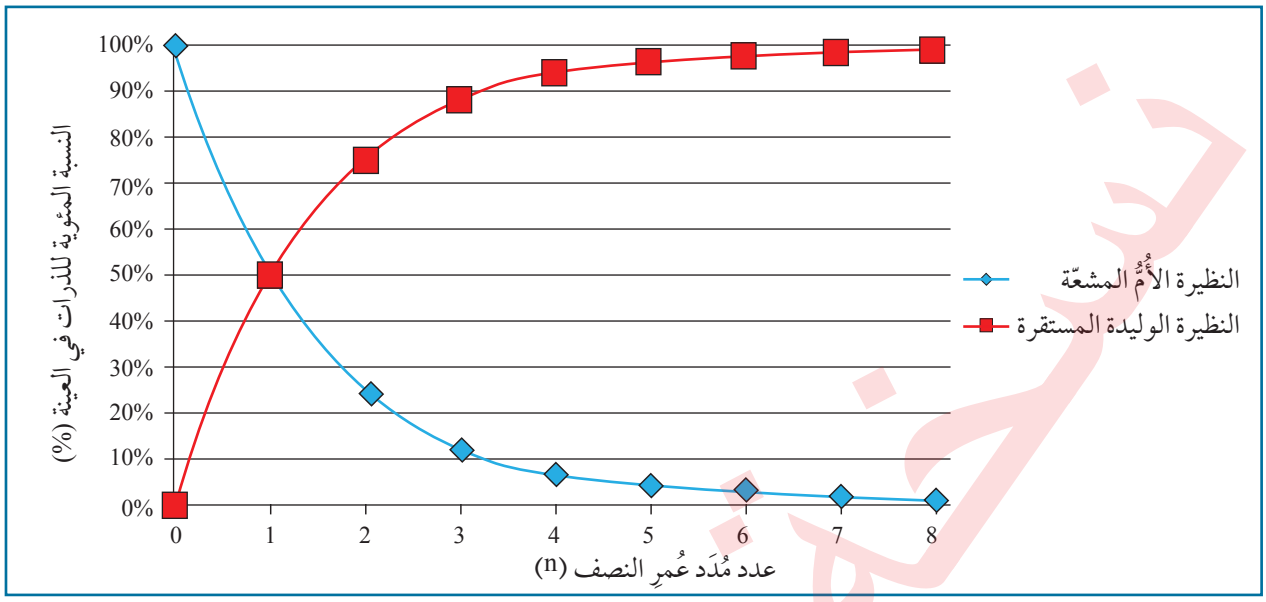
تتحلَّل نظائر العناصر المشعّة إلى نظائر مستقرة في زمن مُحدَّد ثابت يُسمّى عُمر النصف. يُعرَف **عُمر النصف Half–Life** بأنَّه الزمن اللازم لاضمحلال نصف عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة في العيِّنة إلى ذرات نظيرة وليدة أكثرَ استقرارًا، أو مستقرة، أنظر الشكل (18) الذي يُبيِّن العلاقة بين مُدَد عُمر النصف والنسبة المئوية لكلٍّ من النظيرة الأُمِّ المشعّة والنظيرة الوليدة المستقرة.

الربطُ بالفيزياءِ

يحدث الاضمحلال الإشعاعي بشكل تلقائي؛ إذ يتحلّل العنصر المشع في هذه العملية إلى عنصر آخر أكثر استقرارًا؛ نتيجة فقده جُسَيمات ألفا (α) أو جُسَيمات بيتا (β) وإطلاق أشعة غاما (γ)، فعندما تنبعث جسيمات ألفا (α) التي تكافئ ذرة الهيليوم، تنقص الكتلة الذرية للنظيرة الأم المشعّة بمقدار 4 وحدات والعدد الذري بمقدار وحدتين، ومن أمثلتها اضمحلال اليورانيوم U^{238} إلى ثوريوم Th^{234}.

أما إذا انبعثت جسيمات بيتا (β) التي تكافئ الإلكترون، فإن العدد الذري يزداد بمقدار وحدة واحدة، في حين لا يحدث أي تغيير للعدد الكتلي، ومن أمثلتها اضمحلال الثوريوم Th^{234} إلى البروتكتينيوم Pa^{234}.

ويحدث انبعاث لأشعة غاما (γ)، -وهي طاقة لا تغيّر من طبيعة العنصر- للتخلص من الطاقة الزائدة ولحدوث توازن للنظيرة الوليدة.



الشكل (18): تحلُّل النظيرة الأُمِّ المشعّة عن طريق الاضمحلال الإشعاعي إلى نظيرة وليدة مستقرة.

أُقارِن بين منحنى كلٍّ من النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة في مُدَّة عُمر النصف الثانية.

يبيّن الشكل (18) أنَّ مُدَّة عُمر النصف في البداية تساوي صفرًا، وهذا يدلُّ على أنَّ الاضمحلال الإشعاعي لم يبدأ بعدُ؛ إذ يُلاحَظُ أنَّ العيِّنة تقتصر بدايةً (حين تكون مُدَّة عُمر النصف صفرًا) على النظيرة الأُمِّ المشعّة بنسبة 100% كما يظهر في المنحنى الأزرق، عندئذٍ تكون نسبة النظيرة الوليدة المستقرة صفرًا أيضًا كما يظهر في المنحنى الأحمر. وبزيادة عدد مُدَد عُمر النصف يبدأ النقصان في النسبة المئوية لذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية تقابله زيادة في النسبة المئوية لذرات النظيرة الوليدة المستقرة حتى تقترب النسبة المئوية لذرات الأُمِّ المشعّة المتبقية من الصفر.

✓ **أتحقَّق:** أُوضِّح العلاقة بين النظيرة الأُمِّ المشعّة والنظيرة الوليدة المستقرة.

أُنفِّذ التجربة الآتية لتوضيح العلاقة بين النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة.

الرّبط بالتكنولوجيا

يُستخدَم جهاز مطياف الكتلة (Mass Spectrometer) في قياس كميات النظائر المختلفة في العينات الصخرية والمعدنية، حيث تُحدِّد نسبة النظيرة الأم المشعّة المتبقية إلى النظيرة الوليدة المستقرة، وعَبْر معرفة الزمن اللازم لاضمحلال نصف عدد ذرات النظيرة الأم المشعّة (عمر النصف)، يمكن حساب العمر المُطلق للصخور أو المعادن بدقة.

تجربة 1

نمذجة الاضمحلال الإشعاعي

المواد والأدوات: مِقَصٌّ، شريط ورقي، مِسطرة مترية، لوح من الكرتون، أقلام مختلفة الألوان.

إرشادات السلامة:

- توخّي الحذر عند استخدام المِقَصِّ.

خطوات العمل:

1. أُحضِر لوح الكرتون لتمثيل منحَنى الاضمحلال الإشعاعي، ثم أرسم عليه محورين (سيني، وصادي)، بحيث يُمثِّل المحور السيني عدد مُدَد عُمر النصف، ويُمثِّل المحور الصادي عدد الذرات.
2. أقيس طول الشريط الورقي، ثم أُمثِّل قيمته على الرسم البياني، بحيث يُمثِّل عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية عند مُدَّة عُمر النصف (صفر).
3. أقُصُّ الشريط قسمين متساويين، أحدهما يُمثِّل النظيرة الأُمَّ المشعة المتبقية، والآخر يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة، وأقيس طولهما، ثم أُمثِّل قيمتهما على الرسم البياني في مُدَّة عُمر النصف الأولى.
4. أقُصُّ الشريط الناتجَ الذي يُمثِّل النظيرة الأُمَّ المشعّة المتبقية جزأين متساويين، بحيث يُمثِّل أحدهما النظيرة الأُمَّ المشعّة المتبقية، وأقيس طوله، ثم أُمثِّل قيمته على الرسم البياني في مُدَّة عُمر النصف الثانية.
5. أجمَع طول الشريط الآخر الناتج في الخطوة 4 الذي يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة مع الطول الناتج لها في الخطوة 3، ثم أُمثِّل قيمة المجموع على الرسم البياني في مُدَّة عُمر النصف الثانية.
6. أُكرِّر الخطوة 4 لتمثيل ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية في مُدَّة عُمر النصف الثالثة.
7. أجمَع طول الشريط الناتجِ في الخطوة 6 مع الطول الناتج في الخطوة 5 لتمثيل عدد ذرات النظيرة الوليدة المستقرة في مُدَّة عُمر النصف الثالثة.
8. أُمثِّل البيانات للدلالة على مُدَّة عُمر نصف رابعة بقصِّ الشريط الناتج، وقياس طوله لتمثيل النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية. بعد ذلك أجمع طول الشريط الآخر الذي يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة مع الطول الناتج في الخطوة 7، ثم أُمثِّل قيمتهما على الرسم البياني.
9. أرسم المنحنى الذي يُمثِّل النظيرة الأُمَّ المشعّة المتبقيةَ، والمنحنى الذي يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة.

التحليل والاستنتاج:

1- أُحدِّد: ماذا تُسمّى النظيرة المشعّة عند مُدَّة عُمر النصف صفر؟

2- **أحسُب** النسبة بين النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة عند مُدَّة عُمر النصف الثالثة.

3- **أُقارِن** بين منحنى النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية ومنحنى النظيرة الوليدة المستقرة.

4- **أستنتج** قيمة النظيرة الوليدة المستقرة بعد مُدَّة عُمر النصف الخامسة.

التأريخ الإشعاعي للصخور Radiometric Dating of Rocks

تُستخدَم عملية الاضمحلال الإشعاعي لتحديد الأعمار المُطلَقة للصخور والأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض، ويُطلَق على طريقة حساب عُمر الصخور والمعادن التي تحوي نظائر مشعّة على نحوٍ دقيق ومُحدَّد اسم **التأريخ المُطلَق Absolute Dating**. يُمثِّل العُمر المُطلَق عدد السنوات التي انقضت منذ تشكُّل المعدِن وانحباس النظيرة الأُمِّ المشعّة داخله حتى وقتنا الحاضر. يستخدم العلماء جهاز مطياف الكتلة في قياس نسبة النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية إلى النظيرة الوليدة المستقرة في عيِّنة المعدِن، ثم حساب النظيرة الأُمِّ الأصلية لتحديد مُدَد عُمر النصف التي انقضت منذ بَدْء الاضمحلال الإشعاعي. وكلَّما كانت العيِّنة المأخوذة من الصخر المراد قياسه أقدم، احتوت كمِّية أكبر من النظيرة الوليدة المستقرة.

يُشترَط في استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في التأريخ المُطلَق أنْ تكون كمِّيات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة قابلةً للقياس، وأنْ يكون عُمر النصف للعنصر المراد تحليله مُحدَّدًا بدقَّة، وأنْ يبقى النظام الإشعاعي مغلقًا، ولا يسمح بالدخول أو الخروج لأيٍّ من ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية، أو ذرات النظيرة الوليدة المستقرة. ومن المعادن المُستخدَمة في تحديد العُمر المُطلَق للصخور، معدِن الزركون الذي يحوي عنصر اليورانيوم المشعّ لحظة تبلوره، ولكنَّه لا يحوي عنصر الرصاص، أنظر الشكل (19).

أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يُبيِّن كيفية تحلّل النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية إلى نظيرة وليدة مستقرة، مُضمِّنًا إيّاه صورًا توضيحيةً، ثم أُشارِكه زملائي/ زميلاتي في الصف.

الشكل (19): بلورة معدن الزركون التي تُستخدَم في عمليات الاضمحلال الإشعاعي.

أفكّرُ ما تأثير كلٍّ من الظروف الفيزيائية والكيميائية في مُعدَّل الاضمحلال الإشعاعي للعناصر المشعّة؟

النظائر المُستخدَمة في التأريخ المُطلَق

Isotopes Used in Absolute Dating

توجد في الطبيعة العديد من النظائر المشعّة. كما تعرَّفْتُ سابقًا، فإنَّ الزمن اللازم لاضمحلال تلك النظائر وتحلّلها إلى نظائر وليدة مستقرة دائمًا ثابت. وكذلك، فإنَّ مقدار أعمار النصف لتلك النظائر مختلف؛ فبعضها يستغرق مُدَدًا زمنيةً قصيرةً جدًّا لا تتجاوز الثانية الواحدة للتحلّل إلى نظيرة وليدة مستقرة مثل الليثيوم (^{8}Li)، وبعضها الآخر يستغرق تحلّله مُدَّةً زمنيةً طويلةً تُقدَّر بمليارات السنين مثل البوتاسيوم (^{40}K). وفي المقابل، فإنَّ العديد من تلك النظائر تحتاج إلى سلسلة من التحوُّلات حتى تصل إلى نظيرة وليدة مستقرة مثل نظائر اليورانيوم. يستخدم العلماء خمسة نظائر على نحوٍ خاص في تحديد الأعمار المُطلَقة للصخور، وهي: اليورانيوم (^{238}U)، اليورانيوم (^{235}U)، البوتاسيوم (^{40}K)، الروبيديوم (^{87}Rb)، الكربون (^{14}C)؛ ذلك أنَّ عُمر النصف لمعظمها يوازي الأحداث الجيولوجية، أنظر الجدول (1).

*الجدول (1): أعمار النصف للنظائر الإشعاعية المُستخدَمة في تأريخ الصخور.

النظيرة الأُمُّ المشعّة الأصلية	النظيرة الوليدة المستقرة	عُمر النصف
اليورانيوم (^{238}U)	الرصاص (^{206}Pb)	4.47 billion years
اليورانيوم (^{235}U)	الرصاص (^{207}Pb)	710 million years
البوتاسيوم (^{40}K)	الأرغون (^{40}Ar)	1.25 billion years
الروبيديوم (^{87}Rb)	السترونشيوم (^{87}Sr)	50 billion years
الكربون (^{14}C)	النيتروجين (^{14}N)	5730 years

* عمر النصف في الجدول غير مطلوب للحفظ.

حساب أعمار الصخور Calculating Ages of Rocks

يُمكِن حساب العُمر المُطلَق للصخور التي تحوي نظائر مشعّة باتِّباع الخطوات الآتية:

- تحديد عدد ذرات كلٍّ من النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية، والنظيرة الوليدة المستقرة. يُمكِن إيجاد النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية التي تُمثِّل ذرات العنصر المشع لحظة تبلور المعدِن، وبَدْء عملية الاضمحلال الإشعاعي كالآتي:

$$N_0 = N_p + N_d$$

حيث:

N_0: عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية.

N_p: عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية.

N_d: عدد ذرات النظيرة الوليدة المستقرة.

أُفكِّرُ ما العلاقة بين مدد عمر النصف وكل من النظيرة الأم المشعة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة؟

- تحديد عدد مُدَد عُمر النصف (n) بإيجاد نسبة عدد الذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية إلى عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية.

أو باستخدام العلاقة الآتية:

$$N_p = N_0 \times (\frac{1}{2})^n$$

حيث:

n: عدد مُدَد عُمر النصف.

- إيجاد العُمر المُطلَق للمعدِن أو الصخر عن طريق ضَرْب عدد مُدَد عُمر النصف الخاصة بالعيِّنة في قيمة عُمر النصف للعنصر المشعّ المُستخدَم كما في المعادلة الآتية:

$$T = T_{\frac{1}{2}} \times n$$

حيث:

T: العُمر المُطلَق.

$T_{\frac{1}{2}}$: عُمر النصف.

مثال (1):

عينة من عنصر مشعّ كتلتها 400 g، خلال 15 days تحلَّلَ منها 350 g فكم يتبقى من العينة بعد مرور 30 days؟

الحل:

أولًا: أجد قيمة النظيرة الأم المشعة المتبقية (N_p).

$$N_0 = N_p + N_d$$
$$N_p = 400 - 350 = 50\ g$$

ثانيًا: أَحْدد عدد مُدَد عمر النصف (n).

$$N_p = N_0 \times (\frac{1}{2})^n$$
$$\frac{50}{400} = (\frac{1}{2})^n$$
$$\frac{1}{8} = (\frac{1}{2})^n$$
$$(\frac{1}{2})^3 = (\frac{1}{2})^n$$
$$n = 3$$

يمكنني إيجاد (n) أيضًا عن طريق:

لأنَّه تحلَّلَ 350 g من العنصر المشعّ، فإنَّ ما تبقى يساوي 50 g.

$$400 \xrightarrow{n=1} 200 \xrightarrow{n=2} 100 \xrightarrow{n=3} 50$$

$$n = 3$$

ثالثًا: أجِد عمر النصف للعنصر المشعّ:

$$T = T_{\frac{1}{2}} \times n$$
$$15 = T_{\frac{1}{2}} \times 3$$
$$T_{\frac{1}{2}} = 5\ days$$

رابعًا: أجِد عدد مُدَد عمر النصف عندما يكون عمر العينة 30 days.

$$T = T_{\frac{1}{2}} \times n$$
$$30 = 5 \times n$$
$$n = 6$$

خامسًا: أجِد قيمة النظيرة الأمّ المتبقية.

$$\frac{N_p}{N_0} = (\frac{1}{2})^n$$
$$\frac{N_p}{400} = (\frac{1}{2})^6$$
$$\frac{N_p}{400} = (\frac{1}{64})$$
$$N_p = 6.25\ g$$

مثال (2):

حُلِّلت عيِّنة لبلّورة أحد المعادن بجهاز مطياف الكتلة، فوُجِد أنَّها تحوي 11915 ذرّة من العنصر المشعّ، و 35745 ذرّة من العنصر الوليد المستقر. إذا كان عُمر النصف للعنصر المشعّ هو 2.7 million years، فكم عُمر عيِّنة المعدِن؟

الحل:

أوّلًا: أجد قيمة النظيرة الأُمّ المشعة الأصلية (N_0):

$$N_0 = N_p + N_d = 11915 + 35745 = 47660$$

ثانيًا: أجد عدد مُدَد عمر النصف (n):

$$N_p = N_0 \times (\frac{1}{2})^n$$

$$11915 = 47660 \times (\frac{1}{2})^n \longrightarrow \frac{11915}{47660} = (\frac{1}{2})^n$$

$$(\frac{1}{4}) = (\frac{1}{2})^n \longrightarrow n = 2$$

يُمكِنني إيجاد (n) أيضًا عن طريق الآتي:

$$47660 \xrightarrow{n=1} 23830 \xrightarrow{n=2} 11915$$

$$n = 2$$

ثالثًا: أجد عُمر العيِّنة:

$$T = T_{\frac{1}{2}} \times n$$

$$T = 2.7 \times 2 = 5.4 \text{ million years}$$

تمرين

عثر العلماء على أحد أحافير الثدييات المفترسة المنقرضة التي كانت تعيش في الزمن الماضي. وبعد تحليلهم عيِّنة من عظام هذه الأحفورة، وجدوا أنَّها تحوي كمِّية من النيتروجين (^{14}N) تساوي 31 ضعفًا ممّا فيها من الكربون (^{14}C). كم عُمر الأحفورة، علمًا أنّ عُمر النصف للكربون هو 5730 years؟

التأريخ الإشعاعي وأنواع الصخور

Radiometric Dating and Rocks Types

تعلَّمْتُ سابقًا أنَّ العلماء والمُؤرِّخين يستخدمون التأريخ الإشعاعي في تحديد أعمار الصخور والأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض، فهل يُمكِن تأريخ أعمار جميع أنواع الصخور؟ وما أفضل أنواع الصخور التي يُمكِن تأريخها بالنشاط الإشعاعي؟

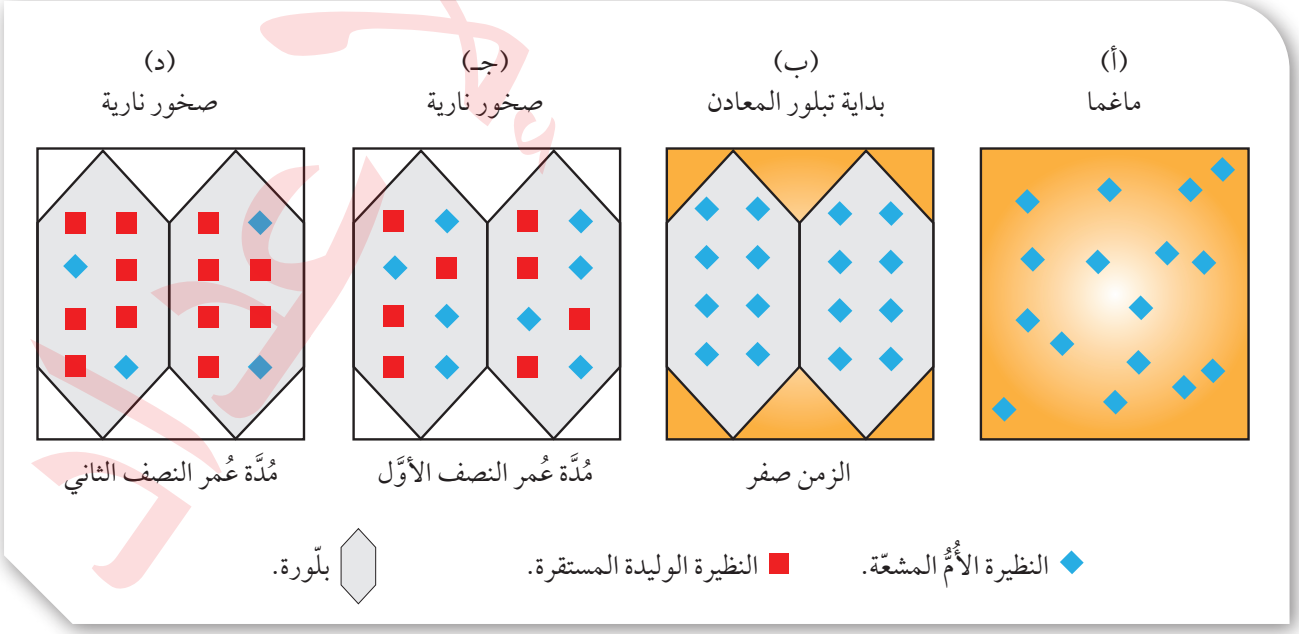
أفكِّرُ هل يُمكِن أنْ تتحلّل جميع ذرات النظيرة الأمِّ المشعّة إلى نظيرة وليدة مستقرة في الاضمحلال الإشعاعي؟ لماذا؟

تأريخ الصخور النارية Igneous Rocks Dating

تُعَدُّ الصخور النارية أفضل الصخور استخدامًا في التأريخ الإشعاعي؛ ذلك أنَّ معادنها التي تُستخدَم في التأريخ الإشعاعي عند تبلورها من الماغما تحتوي النظيرة الأمِّ المشعّة فقط، ثم تتحلّل بمرور الزمن إلى نظيرة وليدة مستقرة، وتحتفظ البلّورات بكلتا النظيرتين من دون كسب أو فقدان. ولهذا، فإنَّ عُمر الصخر الناري الذي يقاس بطرائق التأريخ الإشعاعي يشير إلى عُمر الصخر منذ لحظة تبلور المعادن المُكوِّنة له من الماغما، وانحباس النظيرة الأمِّ المشعّة في البلورة، لا عند نشأة الماغما. حيث يكون النظام الإشعاعي مفتوحًا في حالة الماغما. يُبيِّن الشكل (20) تحلُّل ذرات النظيرة الأمِّ المشعّة الأصلية إلى ذرات نظيرة وليدة في بلّورات أحد المعادن في الصخور النارية، ويُلاحَظ من الشكل (20/ أ) توزُّع ذرات النظيرة الأمِّ المشعّة الأصلية في الماغما. وما إنْ تبرد الماغما، حتى تبدأ المعادن

الشكل (20): تحلُّل النظيرة الأمِّ المشعة الأصلية إلى نظيرة وليدة داخل بلّورة المعدِن.

أحسُب: كم نسبة الذرات الأمِّ المشعّة المتبقية إلى ذرات النظيرة الوليدة المستقرة إذا مرَّت مُدَّتان من عُمر النصف؟



المختلفة تتبلور فيها، وتحبس النظيرة الأُمَّ المشعّة الأصلية في التركيب البلّوري للمعدِن. أمّا في الشكل (20/ ب) فيُلاحَظ أنَّ عُمر الصخور أصبح صفرًا، وأنَّ عدد مُدَد عُمر النصف المنقضية هو أيضًا صفر، وأنَّه بعد مُضِيِّ مُدَّة عُمرِ النصف الأولى يتحلّل نصف ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية في كل بلورة معدِنية إلى ذرات نظيرة وليدة، في حين يظلُّ النصف الآخر على حاله، أنظر الشكل (20/ جـ). وأمّا الشكل (20/ د) فيُبيِّن عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية في كل بلّورة، وعدد ذرات النظيرة الوليدة المستقرة بعد مُضِيِّ مُدَّة عُمر النصف الثانية.

تأريخ الصخور المُتحوِّلة Metamorphic Rocks Dating

عند تعرُّض مختلف أنواع الصخور لعواملِ التحوُّل من حرارة وضغط، وحدوث إعادة تبلور لها، فإنَّ ذلك قد يؤدي إلى فتح النظام الإشعاعي، وحدوث كسْبٍ أو فقْدٍ للنظيرة الأُمِّ المشعّة، أو النظيرة الوليدة المستقرة من البلّورة، وهذا يؤدي إلى تغيير نسبتهما فيها. وعند توقُّف عملية التحوُّل، تصبح البلّورات الجديدة نظامًا مغلقًا من جديد، ويبدأ العنصر المشع بالتحلّل إلى عنصر مستقر. ومن ثَمَّ، فإنَّ التأريخ باستخدام الاضمحلال الإشعاعي للصخور المُتحوِّلة هو الذي يُؤرِّخ لحظة انتهاء عملية التحول وإغلاق النظام الإشعاعي في الصخور، وليس نشأة الصخر الأصلي. فمثلًا، إذا احتوى صخر ما معدِن بيوتيت فيه نظيرة البوتاسيوم ^{40}K (النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية) ونظيرة الأرغون ^{40}Ar (الوليدة المستقرة)، وتعرَّض هذا الصخر لعوامل التحوُّل، فإنَّ غاز الأرغون المُتكوِّن يخرج من الصخر؛ لأنَّ الحرارة تجعل بلّورة البيوتيت نظامًا مفتوحًا، فتصبح نسبة النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية إلى النظيرة الوليدة المستقرة مختلفة، وتكون عند حساب النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية أقلَّ ممّا لو كان النظام مغلقًا.

يؤدي كل ما سبق إلى اختلاف عُمر الصخر؛ لذا فإنَّ استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في الصخور المُتحوِّلة يعطيها دائمًا عُمرًا أحدث من عمر الصخر الأصلي؛ لأنَّ هذه الطرائق ترصد حادثة التحوُّل، لا نشأة الصخر الأصلي.

أُفكّرُ تبلور صخر الغرانيت قبل 200 million years ثم تعرض إلى حرارة وضغط شديدين قبل 100 million years، فتحول إلى صخر النايس، فإذا تم أخذ عينة لمعدن الغارنت من صخر النايس وتم تحليلها إشعاعيًّا بجهاز مطياف الكتلة، فما العمر المتوقع لمعدن الغارنت؟

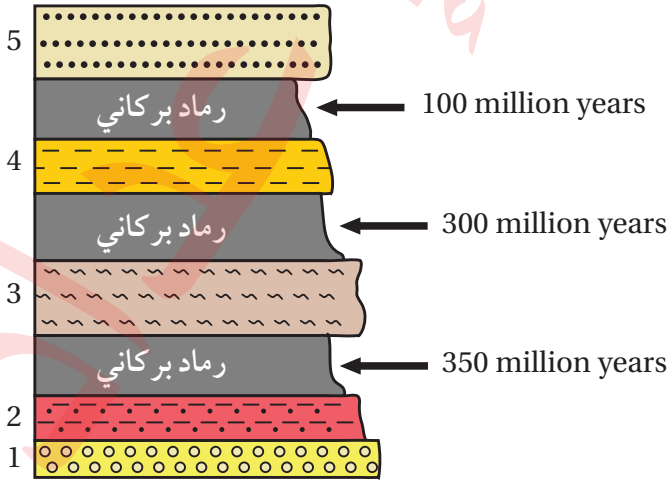
الربط بالعلوم الحياتية

تُستخدَم حَلْقات الشجر السنوية في تحديد أعمارها؛ إذ تحوي الأشجار سجلًّا زمنيًّا لأعمارها، وتنمو كل شجرة ضمن ظروف مُعيَّنة كل سنة، ويكون سُمْك الحلقات عريضًا عند توافر أمطار غزيرة، في حين يكون سُمْكها قليلًا في مواسم الجفاف. يُعَدُّ أندريو دوغلاس أوَّل مَن استخدم التأريخ بالحَلْقات لتأريخ بيوت مصنوعة من الخشب. واليوم يستطيع العلماء استخدام هذه الطريقة في تأريخ مُدَد تصل إلى 10000 years.

تأريخ الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks Dating

تُستَخدَم طرائق الاضمحلال الإشعاعي في الصخور الرسوبية الكيميائية التي تترسَّب نتيجة زيادة تركيز المواد الذائبة في المحاليل المائية، مثل الصخور الجيرية؛ إذ يغلق النظام الإشعاعي فيها لحظة حدوث الترسيب. ومن ثَمَّ، فإنَّ تأريخ الصخور الرسوبية الكيميائية يرصد عُمر الرسوبيات التي يتكوَّن منها الصخر الرسوبي الكيميائي؛ أيْ أنَّه يُؤرِّخ لحظة الترسيب. أمّا الصخور الرسوبية الفتاتية، فلا تُستخدَم طرائق الاضمحلال الإشعاعي لإيجاد أعمارها؛ لأنَّ حُبيبات المعادن المُكوِّنة لها تشكَّلت في صخور قديمة تعرَّضت لعمليات حَتٍّ وتعريةٍ ثم ترسيبٍ من دون أنْ يُحدِث ذلك أيَّ تغيير في بلّوراتها الداخلية، وهذا يعني بقاء النظام الإشعاعي فيها مُغلَقًا، فتحتفظ بالنظيرة المشعّة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة من دون تغيير. وعند تقدير عُمرها، فإنَّه يكون قريبًا من عُمر الصخر الأصلي الذي أُخِذت منه المعادن، وليس عُمر الصخر الرسوبي. يُستخدَم الكربون (^{14}C) في تأريخ بعض أنواع الصخور الرسوبية الكيميائية والصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية، مثل تأريخ طبقات الفحم الحجري. يستخدم الجيولوجيون طرائق غيرِ مباشرة في تحديد أعمار الصخور الرسوبية، وذلك بمقارنة أعمارها بأعمار مُطلَقة لأجسام من صخور نارية محيطة بها باستخدام التأريخ النسبي؛ إذ يُحدِّد الجيولوجيون جسمين من الصخور النارية، أحدهما أقدم نسبيًّا من الصخور الرسوبية، والآخر أحدث من الصخور الرسوبية، أنظر الشكل (21).

✓ **أتحقَّق:** أُفسِّر سبب عدم استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في تأريخ الصخور الرسوبية الفتاتية.



الشكل (21): استخدام طبقات الرماد البركاني في تحديد عُمر الصخور الرسوبية.

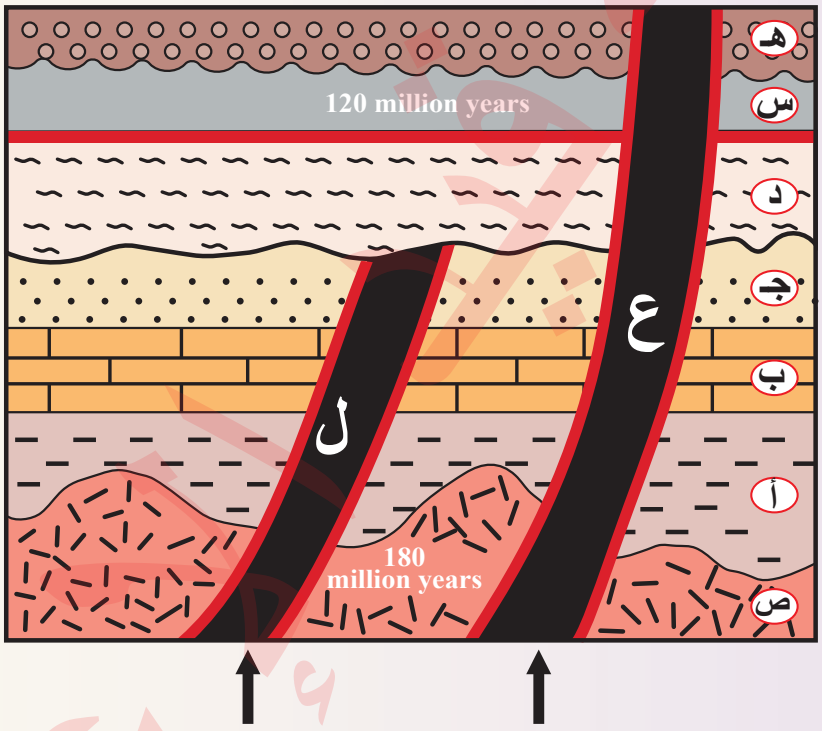
أستنتج عُمر الطبقة الرسوبية (3).

لتعرُّف كيفية تحديد أعمار الصخور الرسوبية، أُنفِّذ النشاط الآتي.

نشاط

إعطاء الصخور الرسوبية أعمارًا مُطلَقةً

تُستخدَم الصخور النارية في تحديد أعمار الصخور الرسوبية على نحوٍ غير مباشر. ويُمثِّل الشكل الآتي تتابعات من الصخور الرسوبية (أ، ب، ج، د، هـ)، والصخر الناري (ص)، والقاطعين الناريين (ع، ل)، والطفح البركاني (س)، علمًا أنَّ جميع أعمارها المُطلَقة مَقيسة بملايين السنين (million years) أتأمّل الشكل، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد مبدأين للتأريخ النسبي يُمكِن استخدامهما في الشكل لترتيب الطبقات والأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث.
2. **أستنتج** عُمر التعاقب الطبقي (أ، ب، جـ).
3. **أستنتج** عُمر الطبقة (هـ).

سُلَّم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale

جمع العلماء معلومات كثيرة عن أعمار صخور القشرة الأرضية في مناطق مُتنوِّعة من الأرض، واستخدموا العديد من المبادئ لتشكيل عمود يُمثِّل تلك الصخور بحسب أعمارها، ويضمُّ أسفله أقدم الصخور، ويوجد في أعلاه أحدثها، وقد سُمِّي **العمود الجيولوجي Geologic Column**، أنظر الشكل (22). ولتعرُّف زمن الأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض ومواضع الصخور زمنيًّا في تاريخ الأرض؛ قسَّم العلماء تاريخ الأرض إلى وَحْدات زمنية مختلفة الأطوال بناءً على تلك الأحداث، ووضعوها في جدول سُمِّي سُلَّم الزمن الجيولوجي.

تعلَّمْتُ سابقًا أنَّ **سُلَّم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale** هو ترتيب زمني من الأقدم إلى الأحدث، يُنظِّم الأحداث الجيولوجية التي تعاقبت على الأرض في تاريخها الطويل، ويُقدِّم وصفًا للتطوُّر الجيولوجي والتغيُّر الحيوي فيها. يُؤرِّخ سُلَّم الزمن الجيولوجي تاريخ الأرض منذ نشأتها قبل 4600 million years حتى وقتنا الحاضر. وهو مُقسَّم وَحْدات زمنية أكبرها الدهر Eon، حيث قُسِّم عمر الأرض قسمين، وهما: ما قبل الكامبري، ودهر الحياة الظاهرة. وقد قُسِّمت وحدة الدهر إلى وحدات أصغر تُسمّى الحِقب Eras، وقد قسم دهر الحياة الظاهرة إلى ثلاث حقب، وهي حقبة الحياة القديمة، وحقبة الحياة المتوسطة، وحقبة الحياة الحديثة. وتتكوَّن كل حِقبة من وحدات أصغر منها تُسمّى العصور Periods، حيث قسمت حقب الحياة القديمة إلى ستة عصور، والمتوسطة إلى ثلاثة عصور، والحديثة إلى عصرين. ويتكوَّن العصر من عهود Epochs، وتتكوَّن العهود من أعمار Ages، أنظر الجدول (2).

الحِقب	العصر	المُكوِّنات الصخرية	التكاوين
حِقبة الحياة القديمة	البيرمي		أم عرنة
	السيلوري		الخشة
			المدورة
	الأوردوفيشي		دبيديب حسوة أمّ سَحم الديسي
	الكامبري		أم عشرين
			البرج/ أبو خشيبة
			سَلَب
ما قبل الكامبري			

* المكونات الصخرية والتكاوين ليست للحفظ.

الشكل (22): جزء من العمود الجيولوجي في الأردن، يُمثِّل صخور حِقبة ما قبل الكامبري، وصخور حِقبة الحياة القديمة.

الجدول (2): سُلَّم الزمن الجيولوجي.

الدهر Eon	الحِقب Eras	العصور Periods	*العُمر (million years) Ages	التطوُّر الجيولوجي والتغيُّر الحيوي
دهر الحياة الظاهرة	حِقبة الحياة الحديثة	الرباعي	0.0 2.6	• ظهور الإنسان. • انتشار سلالات الثدييات.
		الثلاثي	65.5	
	حِقبة الحياة المتوسِّطة	الكريتاسي	145.5	• انقراض الديناصورات والأمونيتات. • ظهور الطيور الحديثة. • سيادة الديناصورات. • ظهور الطيور الأولى. • ظهور الثدييات.
		الجوراسي	199.6	
		الترياسي	251	
	حِقبة الحياة القديمة	البيرمي	299	• تكوُّن قارة بانغيا. • ظهور الزواحف شراعية الظهر. • انتشار النباتات البذرية مُعرّاة البذور. • انتشار النباتات الوعائية اللازهرية. • انتشار الأسماك وتنوُّعها.
		الكربوني	359	
		الديفوني	416	
		السيلوري	449	• بداية ظهور الأسماك. • ظهور اللافقاريات ذوات الهياكل الصُّلْبة (الترايلوبيت).
		الأوردوفيشي	488	
		الكامبري	540	
ما قبل الكامبري			4600	• ظهور كائنات حيَّة وحيدة الخلية وحقيقة. • ظهور كائنات حيَّة وحيدة الخلية وبدائية النواة. • نشأة الأرض، وتكوُّن غُلُف الأرض.

* العمر (بملايين السنين) ليس للحفظ.

عُمر الأرض Age of the Earth

قاس العلماء عُمر صخور القشرة الأرضية باستخدام طرائق التأريخ الإشعاعي، ولكنَّهم لم يستطيعوا تحديد عُمر الأرض تحديدًا دقيقًا؛ بسبب العمليات التي تحدث للصخور في أثناء دورة الصخور في الطبيعة؛ إذ يُمكِن للصخور أنْ تتحوَّل من نوع إلى آخر، أو تنصهر داخل الستار، أو تتعرَّض لعمليات التجوية والتعرية، وهذا يؤدي إلى إزالة صخور، أو إنتاج صخور جديدة لها أعمار حديثة؛ لذلك لجأ العلماء إلى استخدام طرائق أُخرى غير مباشرة، منها تحديد عُمر النظام الشمسي، وأيٍّ من مُكوِّناته بافتراض أنَّ مُكوِّنات النظام الشمسي، ومنها الأرض التي تشكَّلت في الوقت نفسه. وقد درس العلماء عيِّنات صخرية مُتنوِّعة أُخِذت من القمر أو من النيازك، واستخدموا طرائق التأريخ الإشعاعي في تحديد أعمارها، إذ استخدموا مثلًا طرائق الاضمحلال الإشعاعي للنظائر ذات عُمر النصف الكبير في قياس عُمر الأرض، لا سيَّما طريقة البوتاسيوم - أرغون، وطريقة اليورانيوم- رصاص.

أُفكِّرُ لماذا لا يستخدم العلماء طريقة الكربون 14 في تأريخ عمر الأرض؟

صخور القمر Moon Rocks

تمكَّن رجال الفضاء من جمع عيِّنات صخرية من القمر، تُمثِّل صخورًا بدائيةً تراوحت أقدم أعمارها بين (4.4 – 4.5) billion years.

النيازك Meteorites

عثر العلماء على آلاف النيازك التي سقطت على سطح الأرض من كُوَيكِبات تشكَّلت مع بَدْء نشوء كلٍّ من النظام الشمسي والأرض. قاس العلماء أعمار أكثر من 70 نيزكًا باستخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي، وتَبيَّن لهم أنَّ أعمارها تتراوح بين (4.53 – 4.58) billion years ومن هذه النيازك: نيزك كانيون ديابلو Canyon Diablo وهو من النيازك الحديدية، وقد قدَّر العلماء عُمره بنحو (4.54) billion years. أنظر الشكل (23).

الشكل (23): عيِّنة من نيزك كانيون ديابلو الذي يُعَدُّ أحد النيازك الحديدية، ويُقدَّر عُمره بنحو (4.54) billion years.

صخـور القشـرة الأرضـية Earth's Crust Rocks

تُعَدُّ صخـور النايس شـمال غرب كندا أقدم الصخـور التي عُثِر عليـها في الأرض، وقد قُدِّر عُمرها بنحو 4.03) billion years)، تليها صخور حـزام الحجر الأخضر إيسوا Isua Greenstone Belt غرب غرينلاند التي قُدِّر عُمرها بنحو billion years (3.8 – 3.7)، وقـد عُثِر غـرب أستراليا على بلّورات من الزركون قُدِّر عُمرها بنحو billion years (4.4)، وكانت موجـودة في صخور رسوبية أحدث منها.

استخدم العلماء العديد من الطرائق الإشعاعية في تأريخ هذه الصخور، ولاحظوا بذلك وجود توافق وتقارب بين أعمارها، وهذا زاد من ثقتهم بالنتائج التي توصَّلوا إليها، أنظر الشكل (24) الذي يُبيِّن صخورًا قديمةً من حزام الحجر الأخضر جنوب إفريقيا.

بناءً على تحديد أعمار صخور القشرة الأرضية وصخور القمر والنيازك، قدَّر العلماء عُمر الأرض بنحو billion years (4.6).

✓ **أتحقَّق:** لماذا لا تُنبِئ صخور القشرة الأرضية بالعُمر الحقيقي للأرض؟

الشكل (24): عيِّنة تُمثِّل صخـور الصوّان وأكاسيد الحديد من حـزام الحجر الأخضر في جنوب إفريقيا، وهي تتبع دهر الأرشيان قبـل نحـو billion years 3.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أُوضِّح سبب استخدام التأريخ المُطلَق في تحديد أعمار الصخور .

2. أُوضِّح المقصود بالنظائر.

3. **أحسُب:** عُثِر على بلّورة من معدن الزركون في صخر الغرانيت، وكانت تحتوي وقت تبلورها 20 g من نظير اليورانيوم ^{235}U. كم عُمر صخر الغرانيت إذا تبقّى من نظير اليورانيوم ^{235}U 5 g علمًا أنَّ عُمر النصف لليورانيوم (^{235}U) هو 710 millon years؟

4. **أستنتِجُ:** ماذا يُلاحَظ على عُمر عيِّنة من المايكا تحوي نظيرَي البوتاسيوم ^{40}K والأرغون ^{40}Ar بعد تسخينها في درجات حرارة عالية؟

5. **أُفسِّر:** لماذا تُستخدَم النيازك في تحديد العمر المُطلَق للأرض؟

6. **أُقوِّم** العبارة الآتية: «وجود صخور نارية بين تتابعات من صخور رسوبية يُمثِّل أهمية كبيرة في تحديد أعمار تلك الصخور الرسوبية».

7. **أُناقِش:** ما أهمية سُلَّم الزمن الجيولوجي؟

8. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:**

1. نظيرة مشعّة عدد ذراتها 1200 ذَرّة، نتج منها بعد الاضمحلال الإشعاعي 900 ذَرّة وليدة مستقرة، إذا علمْت أنَّ عمر النصف للنظيرة الأمّ المشعّة يساوي 20 million years، فإنّ عمر الصخر هو:

أ . 20 million years　　ب. 40 million years

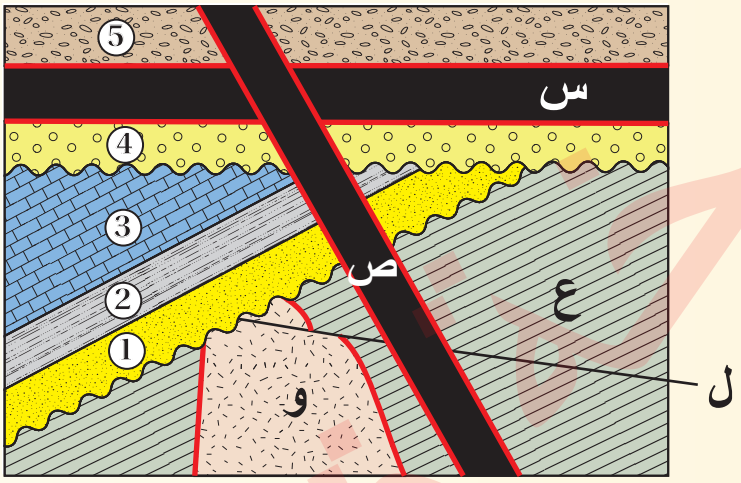
جـ. 45 million years　　د. 55 million years

2. مُستعينًا بالجدول الآتي الذي يمثِّل عمر النصف بالسنوات (years) لأربع نظائر، فإنَّ النظيرة الأنسب لقياس عمر الأرض هي:

النظيرة	س	ص	ع	و
عمر النصف (years)	150	2500	4×10^5	9×10^9

أ . س　　ب. ص　　جـ. ع　　د. و

3. إذا علمْت أنَّ عمر القاطع الناري (س) في الشكل الآتي هو 15 million years وعمر القاطع الناري (ص) هو 10 million years فإنَّ عمر الصخر الرسوبي (5) هو:



أ . أقل من 10 million years

ب. أكبر من 15 million years

جـ. تتراوح بين 10 million years و 15 million years

د . 15 million years

4. يُعَدّ معدن الزركون من المعادن المستخدمة في التأريخ الإشعاعي، وذلك لأنَّه:

أ . يحوي عنصر اليورانيوم المشعّ عند تبلوره ولا يحوي عنصر الرصاص.

ب. يحوي عنصرَي اليورانيوم والرصاص عند تبلوره.

جـ. يحوي عنصر الرصاص عند تبلوره ولا يحوي اليورانيوم.

د . لا يحوي عنصرَي الرصاص أو اليورانيوم عند تبلوره.

5. تسمّى العملية التي تتحلل فيها ذرات العناصر المشعّة إلى ذرات عناصر مستقرة:

أ . الاضمحلال الإشعاعي.

ب. التأريخ المطلق.

جـ. عمر النصف.

د . النظائر.

جيولوجية الأردن
Geology of Jordan

الدرس 3

الفكرة الرئيسة:

تمتاز الأردن بتكشُّف أنواع مختلفة من الصخور على سطح الأرض منذ حِقبة ما قبل الكامبري حتى اليوم، وباحتوائها العديد من الموارد المعدِنية.

نتاجات التعلُّم:

- أتتبَّع سُلَّم الزمن الجيولوجي للأردن على مستوى الحِقب.
- أضع بعض الموارد المعدِنية على خريطة جيولوجية بحسب الحِقب الجيولوجية التي تشكَّلت فيها.
- أثمّن جهود علماء الجيولوجيا في الكشف عن جيولوجية الأردن.

المفاهيم والمصطلحات:

صخور الركيزة	Basement Rocks
سطح التسوية	Peneplanation

أعمار الصخور في الأردن
Ages of Rocks in Jordan

أخذ علماء الجيولوجيا منذ بدايات القرن الماضي يدرسون الصخور المُتكشِّفة في الأردن والعيِّنات الصخرية المُستخرَجة عند حفر آبار النفط في العديد من المناطق، مستخدمين في ذلك مبادئ التأريخ النسبي وطرائق التأريخ المُطلَق، وقد استطاعوا ترتيب الصخور وَفْقًا لأعمارها، وتعرُّف خصائصها وأنواعها والعلاقات المختلفة بينها وبناء تصوُّر للأحداث الجيولوجية التي مرَّت بالمنطقة وعلاقتها بالمناطق المجاورة. فما ترتيب الصخور الموجودة في الأردن؟ وأين تتموضع تكشُّفاتها؟

صخور حِقبة ما قبل الكامبري Precambrian Rocks

تمتد أعمار صخور حِقبة ما قبل الكامبري بين 800–540) million years)، ويُطلَق على أقدم الصخور الموجودة في الأردن وتتبع حِقبة ما قبل الكامبري **صخور الركيزة Basement Rocks**، وهي تتكشَّف حول مدينة العقبة، وتتموضع على امتداد الجانب الشرقي لوادي عربة، وجنوب شرق البحر الميت، أنظر الشكل (25). تميل صخور الركيزة بمقدار 5° نحو الشمال والشرق والجنوب الشرقي؛ لذا فهي تتموضع تحت صخور أُخرى أحدث منها في جميع مناطق الأردن.

الشكل (25): تكشُّف صخور الركيزة في الأردن حول مدينة العقبة، وعلى امتداد الجانب الشرقي لوادي الأردن، وجنوب شرق البحر الميت.

الشكل (26): عيِّنة من صخر الشيست تحوي بلّورات من معدِن الغارنت، وتتكشَّف في وادي أبو بُرقة.

قدَّر العلماء عُمر أقدم الصخور في الأردن بنحو 800 million years، وهي صخور مُتحوِّلة من النايس والشيست، عُثِر عليها في وادي أبو بُرقة شرق وادي عربة. تمتاز صخور الشيست هذه بوجود بلّورات معدِنية جميلة من معادن الغارنت، أنظر الشكل (26) الذي يُمثِّل عيِّنة من تلك الصخور.

تُقسَّم صخور الركيزة في الأردن بحسب أعمارها قسمين رئيسين، يُسمّى كلٌّ منهما مَعقِدًا، ويفصل بينهما سطح عدم توافق قُدِّر عُمره بنحو 600 million years. وهذان المَعقِدان هما: مَعقِد العقبة Aqaba Complex الذي تتراوح أعمار صخوره بين (600–800) million years، وتتكشَّف صخوره المُكوِّنة في معظمها من صخور نارية جوفية ذات تركيب غرانيتي، وصخور مُتحوِّلة حول العقبة وجنوب وادي عربة ووسطه. ومَعقِد العرَبة Araba Complex الذي تتراوح أعمار صخوره بين (450–600) million years، وتتكشَّف صخوره التي تتكوَّن من صخور الكونغلوميريت وصخور غرانيتية

✓ **أتحقَّق:** ما نوع أقدم الصخور في الأردن؟ وما عُمرها؟

الشكل (27): صخور كونغلوميريت السرموج التي تُمثِّل الحدَّ السفلي لمَعقِد العَربة.

وريولايتية في شمال وادي عربة وغور الصافي، أنظر الشكل (27) الذي يُمثِّل صخور كونغلوميريت السرموج. في نهاية هذه الحِقبة، توقَّف النشاط التكتوني والماغماتي، ورُفِعت المنطقة، ثم حدثت عمليات حَتٍّ وتعريةٍ أدَّت إلى تسوية الصخور في كثير من المناطق، وتشكُّل سطح التسوية **Peneplanation** أنظر الشكل (28).

الشكل (28): سطح التسوية الذي يفصل بين صخور الركيزة النارية وصخور حِقبة الحياة القديمة الرملية.

صخور حِقبة الحياة القديمة Paleozoic Rocks

تمتد أعمار صخور حِقبة الحياة القديمة بين (540–225) million years، وتتكشَّف هذه الصخور فوق صخور الركيزة، ويفصل بينهما سطح التسوية. تتكوَّن صخور العصر الكامبري وصخور العصر الأوردوفيشي الأسفل -في المُجمَل- من صخور رملية مُلوَّنة، وصخور رملية بيضاء، أشهرها صخور البترا الوردية، أنظر الشكل (29) الذي يُمثِّل صخورًا رمليةً تتبع العصر الكامبري. أمّا صخور نهاية العصر الأوردوفيشي والعصر السيلوري، فهي مُكوَّنة في معظمها من صخور الغَضار.

وفي ما يتعلّق بالعصرين الديفوني والكربوني، فلا توجد في الأردن أيُّ صخور تتبعهما، ويُعتقَد أنَّ صخورهما تعرَّضت لعمليات حَتٍّ وتعريةٍ، وأُزيلت من المنطقة في العصر الكربوني. بسبب عمليات الرفع الناتجة من الحركة الأرضية الهرسينية البانية للجبال وهي حركة نتجت من اصطدام قارتَي (إفريقيا وأمريكا الجنوبية) بقارة أوراسيا نهاية العصر الديفوني، وامتدّت في العصر الكربوني حتى بداية العصر البيرمي، وقد أدّت هذه الحركة إلى تشكُّل العديد من السلاسل الجبلية الضخمة، مثل جبال الأبلاش شرق أمريكا الشمالية ورَفْع وسط الصفيحة العربية وميلانها نحو الشمال والشمال الشرقي، وتسبب هذا في عمليات الحتّ والتعرية. أمّا العصر البيرمي، فتتكوَّن صخوره -في المُجمَل- من الصخر الرملي الذي يتكشَّف في العديد من الأماكن، مثل: شمال مصبِّ وادي الموجب، وجنوب مصبِّ وادي زرقاء ماعين في البحر الميت.

الشكل (29): صخور رملية عديدة الألوان تكشَّفت في البترا جنوب الأردن، وهي تعود إلى العصر الكامبري.

استنتـج العلماء أنَّ بيئـة الترسيب في العصرين الكامبـري والأوردوفيشي كانت بيئة نهرية مُتشعِّبة، تخلَّلها طغيان محيط التيثس في بعض المدد الزمنية وهذا أدى إلى ترسـيب الصخور الجيريـة والصخور الدولوميتية كما في صخور تكوين البرج في العصر الكامبري. في نهاية العصر الأوردوفيشي، ساد الترسيب البحري في المنطقة، ولكنَّ الترسيب القاري الذي يُستدَلُّ عليه بصخور العصر البيرمي عاد مَرَّة أُخرى.

صخور حِقبة الحياة المُتوسِّطة Mesozoic Rocks

تمتد أعمار صخور حِقبة الحياة المتوسطة بين (65–225) million years، وتتكشَّف صخور هذه الحِقبة في أجزاء واسعة من سطح الأردن، وبخاصة الصخور التابعـة للعصر الكريتاسي. ففي العصر الترياسـي، تكشَّفت الصخور الرمليـة والغرينية والطينية التابعة له في عدد من المناطق، منها شمال شرق البحر الميت، ووادي الموجب، فضلاً عن تكشُّفات لصخور الجبس في منطقة نهر الزرقاء، أنظر الشكل (30). أمّا صخور العصر الجوراسي، فغلب عليها الصخور الجيرية والصخور الدولوميتية، وتكشَّفت في مناطق عديدة، منها شمال العارضة وغربها وجنوب غرب البقعة.

الشكل (30): تكشُّف صخور تابعة للعصر الترياسي في وادي مخيرس قرب البحر الميت.

نسخة تجريبية

قسَّم العلماء صخور العصر الكريتاسي قسمين، هما: صخور العصر الكريتاسي السفلي التي تُسمّى رمال الكرنب (Kurnub Sandstone)، وتتكوَّن من صخور رملية تتداخل بينها شمال الأردن صخور جيرية وأُخرى دولوميتية. وصخور العصر الكريتاسي العلوي التي تتكوَّن من صخور جيرية وصخور دولوميتية تعلوها طبقات من الصوّان والفوسفات والصخر الزيتي.

تنوَّعت بيئات الترسيب في حِقبة الحياة المُتوسِّطة بين طغيان محيط التيثس من شمال الأردن إلى جنوبه، وسيادة البيئة البحرية فيه، وانحسار محيط التيثس نحو الشمال، وسيادة البيئة النهرية. وقد امتاز العصر الكريتاسي العلوي بطغيان محيط التيثس في معظم مناطق الأردن، ما عدا بعض أجزائه في أقصى الجنوب؛ لذا تتموضع صخور الكريتاسي العلوي في معظم أجزاء الأردن، أنظر الشكل (31) الذي يُمثِّل صخورًا جيريةً من العصر الكريتاسي.

الربطُ بالتاريخِ

استنتج العلماء من الأحافير وجود محيط قديم ضخم يفصل بين القارات في العصور الجيولوجية المختلفة سمي محيط التيثس. تشكّل محيط التيثس في نهاية الحقبة القديمة واستمرّ حتى بداية الحقبة الحديثة، ويمثل البحر الأبيض المتوسط بقاياه، وقد كان يمتد وينحسر على سطح الأردن مُددًا متفاوتة.

أُفكّرُ ما أسباب تكوُّن صخور الفوسفات في العصر الكريتاسي العلوي من التاريخ الجيولوجي للأردن؟

الشكل (31): صخور جيرية من العصر الكريتاسي.
أُحدِّد البيئة التي تشكَّلت فيها هذه الصخور.

صخور حِقبة الحياة الحديثة Cenozoic Rocks

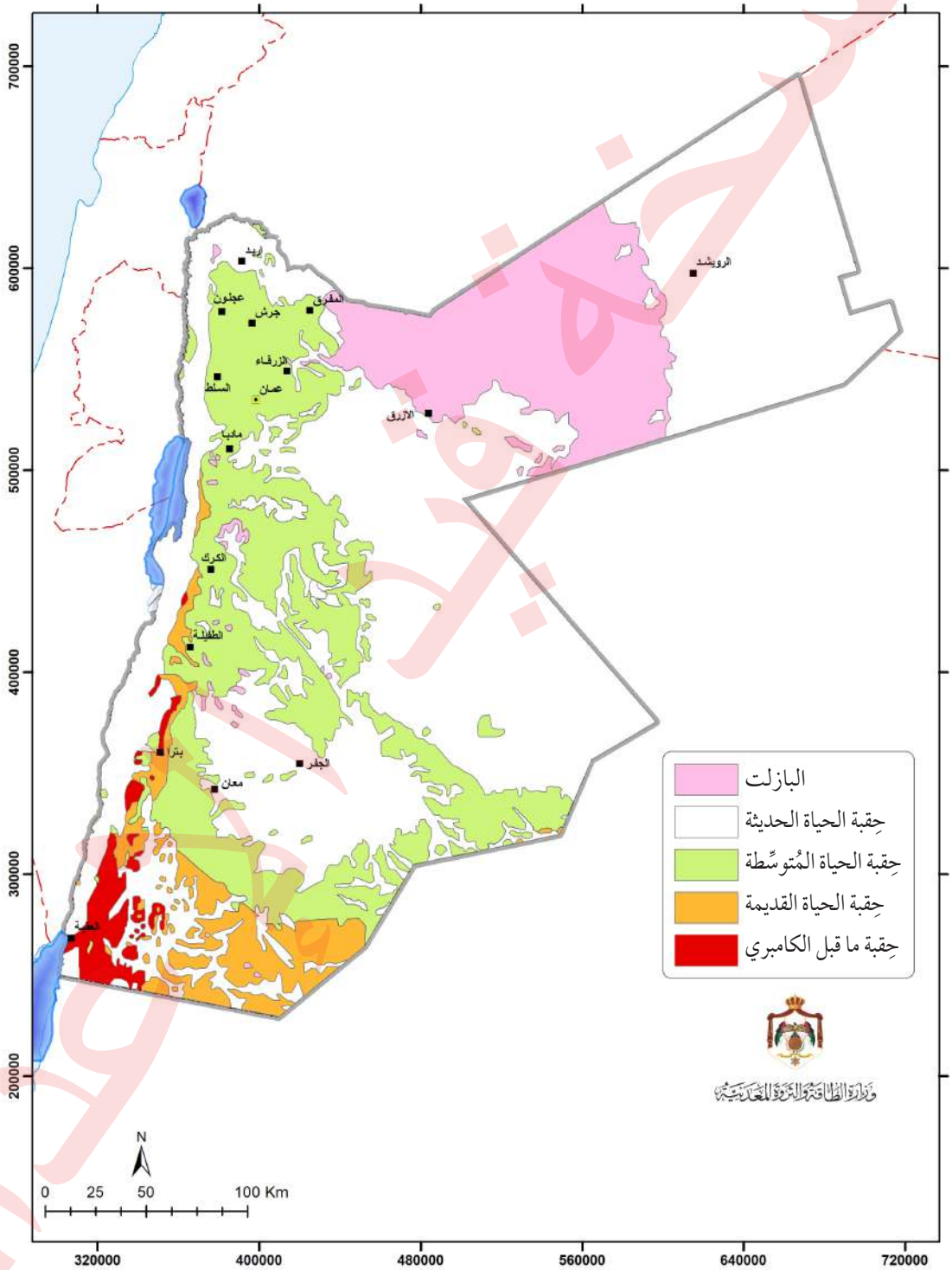
بـدأت حِقبة الحيـاة الحديثة منذ 65 million years حتى اليوم، وتكشَّـفت صخـور هـذه الحِقبـة علـى مِسـاحات واسـعة مـن مناطـق الأردن، إذ تتكشَّـف صخـور الصـوّان والصخـور الجيريـة التابعـة للعهدين الباليوسـين والإيوسـين فـي أنحـاء مختلفـة مـن الأردن بسـبب طغيـان محيـط التيثـس وغمـره معظـم سـطح الأردن. فـي نهايـة عهـد الإيوسـين، تراجـع محيـط التيثـس، وتكشَّـف سـطح الأرض بسـبب عمليات الرفع التي بـدأت منذ تكوُّن صـدع البحر الميت التحويلـي حتـى اليـوم. ومـن ثَـمَّ، أخـذت عمليـات الترسـيب القـاري تشـمل رسـوبيات حِقبـة الحيـاة الحديثـة التي تشـكَّلت بعد عهد الإيوسـين إلـى اليوم، ورسـوبيات قاريـة نهريـة وبحيرية. ومن صخور هـذه الحِقبـة: الكونغلوميريت، والصخـور الرمليـة الجيريـة، والصخـور المِلحيـة. وقـد انتشـرت تكشُّـفات هـذه الحِقبـة علـى طـول امتـداد البحـر الميت وفـي العديد مـن مناطـق الأردن الأُخرى.

تمتـاز هـذه الحِقبـة بوجـود صخـور البازلـت علـى هيئـة طفـوح بركانيـة تتموضـع شـمال شـرق الأردن، وتمتـدُّ علـى مسـاحة $11\times10^3\ km^2$ وهي جزء مـن حَـرَّة الشـام، أنظـر الشـكل (32)، وتتكشَّـف هذه الصخـور فـي العديد من المناطـق الأُخرى، مثـل: وادي الكرك، ووادي العرب، وعيون زارة، وشـيحان، ووادي الحسـا.

✓ **أتحقَّق:** أُحدِّد: فـي أيِّ عهود حِقبة الحياة الحديثة غمر محيط التيثس سـطح الأردن؟

الشـكل (32): تميُّـز البادية الشـرقية فـي الأردن بوجـود الصخـور البازلتيـة.

رَسَمَت وزارة الطاقة والثروة المعدِنية الأردنية خريطة جيولوجية تُظهِر تكشُّفات أنواع الصخور المختلفة في الأردن بحسب أعمارها، أنظر الشكل (33).



الشكل (33): خريطة توزُّع الصخور في الأردن بحسب الحِقب التي تتبع لها.

أحدِّد: أين تتكشّف صخور حِقبة ما قبل الكامبري في الأردنّ؟

أُنفِّذ النشاط الآتي، لتعرُّف سُلَّم الزمن الجيولوجي الذي يُمثِّل الصخور في الأردن.

نشاط

بناء سُلَّم زمن جيولوجي في الأردن

يُمثِّل سُلَّم الزمنِ الجيولوجي سجلًّا للصخور والأحداث التي شهدها سطح الأرض منذ نشأتها حتى اليوم، وتُعَدُّ الصخور والأحداث التي شهدها الأردن جزءًا من تلك الأحداث.

خطوات العمل:

1. أرسم جدولًا على لوح من الكرتون يحوي أعمدة تُمثِّل العناوينَ الآتية: الحِقبة، العصر، أنواع الصخور، الأحداث الجيولوجية.

الحِقبة	العصر	أنواع الصخور	الأحداث الجيولوجية
حِقبة الحياة الحديثة	الرباعي (بلستوسين، هولوسين)		
	الثلاثي (باليوسين، إيوسين، أوليغوسين، ميوسين)		
.....			

2. أُقسِّم الجدول صفوفًا بحسب المُدَّة الزمنية من الأقدم في الأسفل إلى الأحدث في الأعلى.
3. أُكمِل الفراغ في الجدول بما درسْتُهُ عن الصخور والأحداث التي شهدها الأردن.

ملحوظة: يُمكِن الاستعانة بالإنترنت والمراجع العلمية لتعرُّف المزيد عن ذلك.

التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد أقدم أعمار قُدِّرت لصخور الأردن.
2. **أُقارِن** بين صخور حِقبة ما قبل الكامبري وصخور حِقبة الحياة المُتوسِّطة من حيث النوع.
3. **أُفسِّر** سبب اختلاف أنواع الصخور في العصر الكريتاسي السفلي عنها في العصر الكريتاسي العلوي.

الموارد المعدِنية في الأردن Mineral Resources in Jordan

يزخر الأردن بالعديد من الموارد الطبيعية، مثل المعادن والصخور الصناعية التي تتوزَّع على طول امتداد أراضيه، وتكوَّنت على مدار الزمن الجيولوجي، فبعضها يتبع حِقبة ما قبل الكامبري، وبعضها يتبع حِقبة الحياة المُتوسِّطة، وبعضٌ آخر يتبع حِقبة الحياة الحديثة. وقد تعرَّفْتُ بعض تلك الموارد (مثل الصخر الزيتي)، وأماكن انتشارها في الأردن، فكم أعمار تلك الموارد؟ وما أنواعها؟ وأين تتموضع في الأردن؟

المعادن والصخور في حِقبة ما قبل الكامبري
Minerals and Rocks in Precambrian

تحتوي صخور الركيزة العديد من المعادن والصخور التي يُمكِن استغلالها والاستفادة منها في الصناعات المُتنوِّعة، وهذه أبرزها:

الصخور الغرانيتية Granitoid Rocks: توجد الصخور الغرانيتية حول العقبة وعلى طول امتداد وادي عربة، وهي تتبع لمَعقِد العقبة ومَعقِد العرَبة، أنظر الشكل (34). يُمكِن استخدام تلك الصخور في البناء، وبخاصة في عمل التصاميم (الديكورات)، ورَصْف الشوارع.

الشكل (34): صخور غرانيت مُتكشِّفة في جنوب الأردن.

الفلسبار Feldspar: يُستخرَج الفلسبار من الصخور الغرانيتية، ويُستخدَم في صناعة الزجاج والسيراميك.

الذهب Gold: يتموضع الذهب في صخور نسَق أحيمر البركانية في وادي أبو خشيبة، ووادي الحور، مصاحبًا لعروق مُكوَّنة من الكوارتزبورفيري. يُستخدَم الذهب في الصناعات الإلكترونية وصناعة الجواهر والحُلِي.

المعادن والصخور في حِقبة الحياة القديمة
Minerals and Rocks in Paleozoic

الزركون Zircon: يتموضع معدِن الزركون في صخور رملية تتبع العصر الأوردوفيشي، وتتكشَّف تلك الصخور في وادي المزراب على بُعْد 350 km جنوب عمّان، وعلى بُعْد 100 km شمال شرق العقبة. يُستخدَم الزركون في صناعة قوالب الصبِّ في زيادة مقاومته، وفي تلميع العدسات الطبية، وفي أجهزة الاستشعار عن بُعْد.

رمل السيليكا Silica Sand: يُستخرَج رمل السيليكا من الصخر الرملي الأبيض الذي يتكوَّن في الأساس من الكوارتز النقي، ويتبع جزء من الصخر الرملي الأبيض العصر الأوردوفيشي، والجزء الآخر يتبع صخور رمل الكرنب التابعة للعصر الكريتاسي السفلي. تتكشَّف تلك الصخور في مناطق عديدة، منها: منطقة قاع الديسي، ومنطقة رأس النقب، أنظر الشكل (35). يُستخدَم رمل السيليكا في عدد من الصناعات، مثل: صناعة السيراميك، وصناعة الزجاج، والصناعات الإلكترونية.

أُفكِّرُ كيف تتشكل العروق في الصخور؟

الشكل (35): صخور الديسي الرملية البيضاء التي تتبع العصر الأوردوفيشي جنوب الأردن.

أُحدِّد المعدِن الرئيس الذي تتكوَّن منه صخور الديسي الرملية.

النحاس Copper : تتوافر خامات النحاس في المناطق التي توجد فيها الصخور الرملية الدولوميتية التابعة للعصر الكامبري، مثل: خربة النحاس الواقعة في الجزء الشمالي من منطقة فينان، ووادي خالد، وضانا، ومنطقة أبو خشيبة جنوب وادي عربة، أنظر الشكل (36). يُستخدَم النحاس في العديد من الصناعات الكهربائية مثل: صناعة الأسلاك، والأدوات الكهربائية مثل أجهزة التلفاز والمُحوِّلات، وكذلك في مجال البناء مثل صناعة مقابض الأبواب.

الكاؤولين Kaolin: تتكشَّف رسوبيات الكاؤولين في أربع مناطق رئيسة في جنوب الأردن، هي: بطن الغول، والمُدوَّرة، وشرق مدينة القويرة في حسوة، وأُمُّ سَحم. أمّا صخوره، فتتبع العصر الأوردوفيشي، أنظر الشكل (37). يُستخدَم الكاؤولين في صناعة السيراميك، والدهانات، والبلاستيك، والمطّاط.

المعادن والصخور في حِقبة الحياة المُتوسِّطة
Minerals and Rocks in Mesozoic

الصخر الجيري النقي Pure Limestone: يتموضع الصخر الجيري النقي على هيئة صخور الكوكينا التابعة للعصر الكريتاسي العلوي في مناطق عديدة، مثل: القطرانة، والسلطاني، وجرف الدراويش. يُستخدَم الصخر الجيري النقي في العديد من الصناعات، مثل: إنتاج كربونات الكالسيوم، والأسمنت الأبيض، وصناعة الصُّلْب، والورق، والزجاج.

الشكل (36): إحدى خامات النحاس التي يُستخلَص منها عنصر النحاس في ضانا.

✓ **أتحقَّق:** أُحدِّد ثلاثة استخدامات للكاؤولين.

الشكل (37): تكشُّفات معدِن الكاؤولين، حيث يُستخرَج ويُستثمَر في مجالات عدة.

الدولوميت Dolomite: يتوافر الدولوميت مصاحبًا للصخور الجيرية في أعمار مختلفة مثل: العصرين الكامبري، والكريتاسي. وهو يتكشَّف في مناطق عديدة، مثل: وادي غور حديثة غرب الكرك، ورأس النقب شمال العقبة. يُستخدَم الدولوميت في مجالات عديدة، مثل الزراعة، والخلطات الأسمنتية.

المعادن والصخور في حِقبة الحياة الحديثة
Minerals and Rocks in Cenozoic

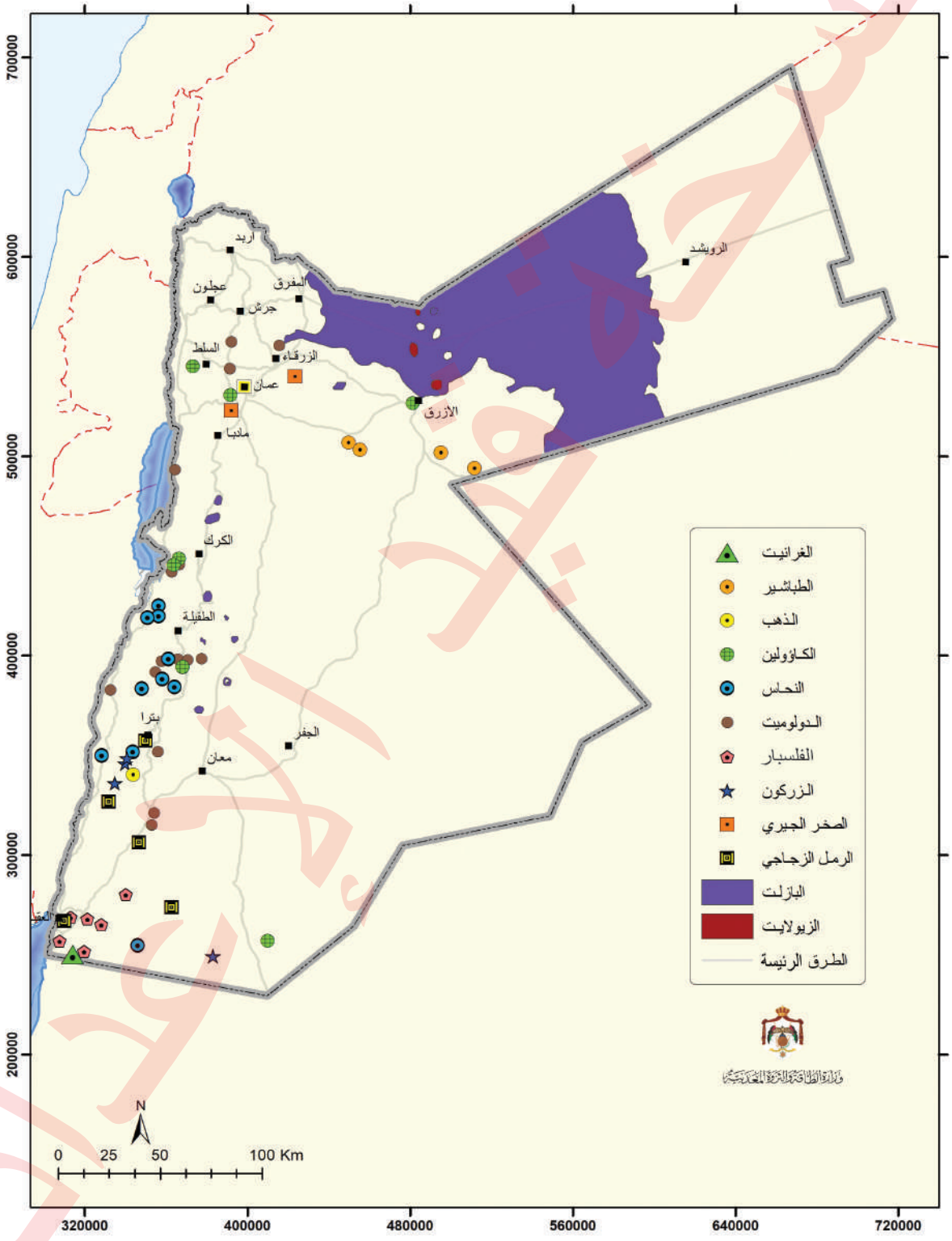
الطباشير Chalk: يتموضع صخر الطباشير في العديد من التكوينات الجيولوجية الطبقية التابعة للعصر الكريتاسي العلوي، وأيضًا في حِقبة الحياة الحديثة، مثل منطقة العمري-الضاحكية جنوب شرق الأزرق، ومنطقة قصر الحرّانة شرق عمّان، أنظر الشكل (38). تُستخدَم الطباشير في عدد من الصناعات، مثل: الدهانات، والأسمنت، والزراعة.

الزيوليت Zeolite: ينتج معدِن الزيوليت من التجوية الكيميائية للطَّفِّ البركاني المُتكشِّف وسط شرق الأردن وشماله، مثل جبل الأرتين شمال شرق الأزرق. يُستخدَم الزيوليت في الزراعة سمادًا ومُحسِّنًا للتربة، وفي تنقية المياه العادمة، والأسمنت.

أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يُبيِّن أهم المعادِن والصخور في الأردن ومواقعها، مُضمِّنًا إيّاه صورًا توضيحيةً، ثمّ أشاركه زملائي/ زميلاتي في الصف.

الشكل (38): طبقات من الطباشير في منطقة العمري_ الضاحكية التي تتبع حِقبة الحياة الحديثة.

البازلت Basalt: يتكشَّف البازلت الذي يتبع حِقبة الحياة الحديثة شمال شرق الأردن ووسطه مثل جبل شيحان، ويتموضع في الجنوب على هيئة قواطع. يُستخدَم البازلت في صناعة الصوف الصخري وفي البناء، أنظر الشكل (39).



الشكل (39): خريطة تُبيِّن مناطق تموضُع بعض الموارد المعدِنية في الأردن.

أَصِلُ الموارد المعدِنية في حِقبة الحياة القديمة بأماكن توزُّعها.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أُقارِن بين مَعقِد العقبة ومَعقِد العرَبة من حيث عمر الصخور وأماكن تكشُّفها.
2. أُفسِّر سبب تكوُّن سطح التسوية بين صخور الركيزة وصخور حِقبة الحياة القديمة.
3. أستنتجُ: تتكوَّن صخور العصر السيلوري من الغَضار. ما بيئة الترسيب المُكوِّنة لتلك الصخور؟
4. أُحدِّد الأماكن التي يتكشَّف فيها صخر الجبس في الأردن وتتبع العصر الترياسي.
5. أُناقِش زملائي/ زميلاتي في سبب انتشار الصخور الجيرية في معظم أجزاء سطح الأردن.
6. أذكر فائدتين لرمل السيليكا.
7. أُحدِّد أماكن تموضُع الذهب في الأردن الحِقبة التي تتبعها.
8. **أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:**

1. أقْدم الصخور التي عُثِر عليها في الأردن هي صخور:

أ . نارية. ب. متحولة. جـ. رسوبية فتاتية. د. رسوبية كيميائية.

2. أشهر صخور حِقْبة الحياة القديمة هي:

أ . صخور الشيست في وادي أبو برقة. ب. الصخور الرملية في البترا.

جـ. صخور الكونغلوميريت السرموج. د. الصخور الدولوميتية شمال العارضة.

3. تميزت البادية الشرقية في الأردن بوجود الصخور البازلتية التي تعود إلى:

أ. حِقْبة ما قبل الكامبري. ب. حِقْبة الحياة القديمة.

جـ. حِقْبة الحياة المتوسطة. د. حِقْبة الحياة الحديثة.

4. من المناطق التي يتكشف فيها الزركون في الأردن:

أ. وادي المزراب. ب. ضانا. جـ. جرف الدراويش. د. جبل الأرتين.

5. من الصخور المميزة لحِقْبة الحياة الحديثة:

أ. الطباشير. ب. الكاؤولين. جـ. الصخور الغرانيتية. د. الصخر الجيري النقي.

السياحة الجيولوجية في الأردن
Geotourism in Jordan

تُعرَّف السياحة الجيولوجية بأنَّها أحد أنواع السياحة التي تُعْنى بترويج المظاهر والتراكيب الجيولوجية والمورفولوجية، وتشجيع السيّاح على زيارة المواقع الجيولوجية دون تعريضها للتلف أو التشويه. تشمل السياحة الجيولوجية التضاريس، والتراكيب الجيولوجية، والصخور، والمعادن، والأحافير، والمناظر الطبيعية، وكذلك المتاحف الجيولوجية.

لتفعيل السياحة الجيولوجية في الأردن فوائد كثيرة، منها: التعريف بالتكشُّفات الجيولوجية الفريدة من نوعها في الأردن، و زيادة الدخل السياحي، وتوافُر فرص عمل للشباب، وتطوير المجتمعات المحلية المحيطة بتلك المواقع، والإسهام في حِفْظ تلك المواقع من الاندثار بسبب العناية المستمرة بها.

من المناطق الجيولوجية التي يُمكِن ترويجها سياحيًّا: منطقة رم، ومنطقة البحر الميت، وامتداد حَرَّة الشام شمال شرق الأردن، ومغارة بِرْقِش، والصخور والوديان في وادي عربة.

الكتابة في الجيولوجيا

أكتبُ فقرة حول فوائد تفعيل السياحة الجيولوجية في الأردن، ثمّ أعرض ما كتبتُه على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

السؤال الأوّل:

أضعُ دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. المبدأُ الذي نصُّه: «كلّ مجموعة من الطبقات الصخرية المتعاقبة تكون فيها الطبقة السفلى هي الأقدم، والطبقة العليا هي الأحدث» هو:

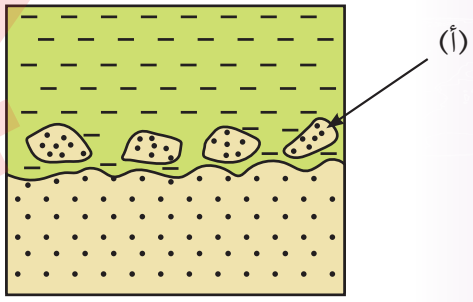
أ . الاحتواء.

ب. الترسيب الأفقي.

جـ. القاطع والمقطوع.

د . التعاقب الطبقي.

2. المبدأ الذي تدلُّ عليه الصخور المشار إليها بالرمز (أ)، ويستفاد منه في تحديد أعمارها النسبية هو:



أ . القاطع والمقطوع.

ب. الاحتواء.

جـ. التعاقب الطبقي.

د . تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية.

3. يتبع العصر الجوراسي حِقبة:

أ . ما قبل الكامبري.

ب. الحياة القديمة.

جـ. الحياة المُتوسِّطة.

د . الحياة الحديثة.

4. إحدى المدد الزمنية الآتية تُمثِّل امتداد أعمار صخور الركيزة في الأردن:

أ. (800–540) million years .

ب. (540–225) million years.

جـ. (225–65) million years.

د . 65 million years - حتى الآن.

5. العصر الجيولوجي الذي لا توجد فيه تكشُّفات صخرية تابعة له في الأردن هو:

أ . الكامبري. ب. الكريتاسي.

جـ. الثلاثي. د . الديفوني.

6. أحد المعادن الآتية ينتج من تجوية الطَّفِّ البركاني، ويُستخدَم في تنقية المياه العادمة:

أ . الجبس. ب. الفلسبار.

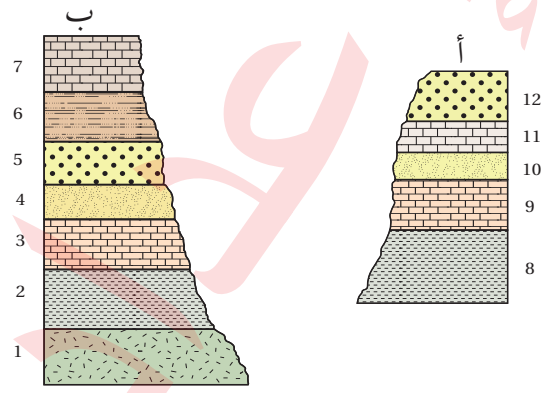
جـ. الدولوميت. د . الزيوليت.

7. أحد العناصر المشعّة الآتية يُستخدَم في تحديد الأعمار المُطلَقة للصخور:

أ . الليثيوم (^{8}Li). ب. اليود (^{131}I).

جـ. الكوبالت (^{60}Co). د . الروبيديوم (^{87}Rb).

8. بعد إجراء عملية مضاهاة صخرية بين المقطعين (أ، ب) تبين أن سطح عدم التوافق يتموضع في المقطع (أ) من الشكل الآتي بين الطبقتين:



أ . 4 و 5 ب. 9 و 10

جـ. 10 و 11 د . 11 و 12

9. السطح الذي يفصل بين صخور رسوبية حديثة ترسبت فوق صخور نارية أو صخور متحولة قديمة هو سطح:

أ . توافق ب. لا توافق

جـ. عدم توافق زاوي د . عدم توافق حتّي

10. إذا علمْتُ أنَّ الشكل الآتي يمثِّل بلورة لمعدن الزركون في صخر غرانيت، فإنَّ عدد مُدَد عمر النصف التي مضَت منذ تشكُّل صخر الغرانيت هو:

● نظيرة وليد مستقرة.
○ نظيرة أم مشعة متبقية.

أ . 1 ب. 2 جـ. 3 د. 4

11. تتكشَّف صخور الركيزة في الأردن حَوْل منطقة:

أ . عَمّان. ب. الأزرق.

جـ. العقبة. د . إربد.

12. تعود الصخور الرملية والغرينية والطينية المُتكشِّفة في منطقة شمال شرق البحر الميت إلى حِقبة:

أ . ما قبل الكامبري.

ب. الحياة القديمة.

جـ. الحياة المتوسطة.

د . الحياة الحديثة.

13. المعدن الموجود في الصخور الرملية التي تتكشّف في منطقة وادي المزراب ويتبع العصر الأوردوفيشي هو:

أ. الزركون. ب. الكاؤولين.

جـ. الدولوميت. د . الذهب.

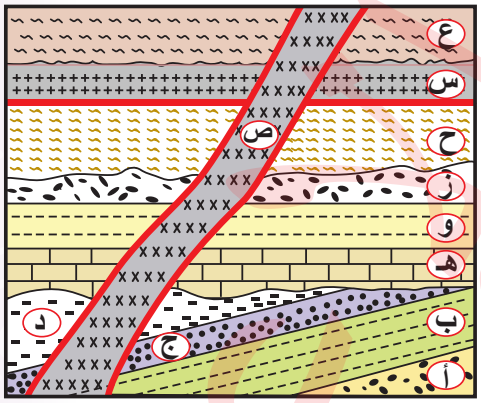
14. العصر الذي امتاز بطغيان محيط التيثس في معظم مناطق الأردن ما عدا بعض أجزاء في أقصى الجنوب هو:

أ . الكريتاسي العلوي. ب. الأوردوفيشي.

جـ. الكامبري. د. الديفوني.

السؤال الثاني:

يُبيِّن الشكل الآتي تعاقبات لصخور رسوبية (أ، ب، ج، د، هـ، و، ز، ح، ع)، وقاطعًا ناريًّا (ص)، وطفحًا بركانيًّا (س)، علمًا أنَّ عُمر الطفح البركاني (س) 35 million years وعُمر القاطع الناري (ص) 30 million years أتأمّل الشكل جيِّدًا، ثم أُجيب عمّا يليه من أسئلة:



أ . أَصِف الأحداث الجيولوجية الواردةَ في الشكل من الأقدم إلى الأحدث.

ب. أُحدِّد المبادئ التي اعتمدْتُها في ترتيب الأحداث الجيولوجية.

جـ. أُحدِّد سطوح عدم التوافق الواردةَ في الشكل.

د . أُحدِّد العُمر المُطلَق للطبقة (ع).

السؤال الثالث:

أُكمِل الفراغ بما هو مناسب من المصطلحات في ما يأتي:

أ . ..... : مبدأ ينصُّ على أنَّ «كلّ طبقة أو مجموعة طبقات من الصخور الرسوبية تحتوي أحافير مُحدَّدة من الحيوانات والنباتات، تختلف عن تلك الموجودة في الطبقات الأقدم والأحدث».

ب. ..... : سطح يفصل بين صخور رسوبية حديثة ترسَّبت فوق صخور نارية أو صخور مُتحوِّلة قديمة.

جـ. ..... : سطح يفصل بين طبقات رسوبية مائلة في الأسفل تتموضع فوقها طبقات رسوبية أفقية.

د . ..... : مبدأ يُستخدَم في تعرُّف امتداد الطبقات عند تعرُّضها لعمليات حَتٍّ وتعريةٍ أو في عملية المضاهاة الصخرية.

هـ. ..... : سطح يفصل بين صخور الركيزة المُكوَّنة من الصخور النارية والصخور الرملية التابعة لحِقبة الحياة القديمة.

و . ..... : عملية تلقائية تُحلَّل فيها ذرات العناصر المشعّة، وتتحوَّل إلى ذرات عناصر مستقرة، أو أكثر استقرارًا وإنتاجًا للطاقة.

ز. ..... : الزمن اللازم لاضمحلال نصف ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة في العيِّنة إلى نظيرة وليدة أكثر استقرارًا.

السؤال الرابع:

أُفسِّر كلًّا ممّا يأتي تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

أ) يُشترَط في استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في التأريخ المُطلَق أنْ يكون النظام الإشعاعي مغلقًا.

ب. تُستخدَم طرائق الاضمحلال الإشعاعي في تقدير أعمار الصخور النارية.

جـ. تقاس الأعمار المُطلَقة لصخور القمر لتحديد عُمر الأرض.

د . تُعَدُّ صخور العصر الكريتاسي العلوي أكثر الصخور انتشارًا في الأردن.

السؤال الخامس:

أُقارِن بين التأريخ النسبي والتأريخ المُطلَق من حيث تحديد أعمار الصخور.

السؤال السادس:

أستنتج الفائدة من وجود سُلَّم زمن جيولوجي في الأردن.

السؤال السابع:

أحسُب عُمر صخر غرانيتي يحتوي معدِن البيوتيت فيه 12.5% من البوتاسيوم (^{40}K)، و 87.5% من الأرغون (^{40}Ar)، علمًا أنَّ عُمر النصف للبوتاسيوم (^{40}K) هو (1.25) billion years.

السؤال الثامن:

أستنتجُ: هل يُمكِن استخدام الكربون (^{14}C) في تحديد عُمر أحفورة ديناصور؟ لماذا؟

السؤال التاسع:

أُقوِّم العبارة الآتية: «يعتمد تطبيق مبادئ تحديد العُمر النسبي واستخدامها على التفكير المنطقي في تشكُّل الصخور والأحداث الجيولوجية».

(أ)

الأحافير المرشدة Index Fossils: أحافير عاشت في مُدَد زمنية محددة ، ولها انتشار جغرافي واسع.

إشعاع الخلفية الكونية Cosmic Background Radiation: إشعاع كهرمغناطيسي يمثّل إشارات ميكروية منتظَمة الخواصّ قادمة من كافة الاتجاهات في السماء وفي الأوقات كلّها وبصورة مستمرة من دون توقّف أو تغيّر ، وقد حسب العلماء درجة حرارة الكون باستخدام إشعاع الخلفية الكونية في الوقت الحالي، ووجدوا أنها تساوي (2.7 K) تقريبًا.

الأعاصير القِمْعية Tornadoes: تيارات هوائية صاعدة تدور على هيئة قُمع عمودي حول منطقة الضغط الجوي المنخفض، وتمتدّ من قاعدة السُّحُب الرعدية إلى سطح الأرض، وتدور الرياح فيها عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الأرضية الشمالي، أمّا في نصف الكرة الأرضية الجنوبي فتدور مع اتجاه عقارب الساعة.

الأعاصير المَدارية Hurricanes: أعاصير مركزُها منخفَض جوي عميق جدًّا، تحيط بها سُحب هائلة وعظيمة ذات شكل حلزوني، وتلتقطها صور الأقمار الصناعية تحمل بَينَ طيّاتها أمطارًا غزيرة ورياحًا شديدة عاتية وعاصفة.

أنظمة الإنذار المبكر Early Warning Systems: أنظمة متكاملة من الأدوات والتقنيات التي تهدف إلى رَصْد معلومات وتوقُّعها ونَشْرها في الوقت المناسب عن الظواهر الجوية القاسية المتوقعة؛ بغية تمكين الأفراد والمجتمعات والمنظمات من اتخاذ إجراءات استباقية لتقليل المخاطر والأضرار.

(ب)

البرَد Hail: حبّاتٌ مستديرة من الثلج يبلغ قُطرها 1.5 cm تقريبًا، وقد تزيد على ذلك فيزداد قُطرها إلى أكثر من 10 cm.

(ت)

تأثير دوبلر Doppler Effect: ظاهرة سُمِّيت نسبة إلى العالِم دوبلر، وفيها يظهر تغيُّر تردُّد الصوت لجسم مُتحرِّك طوله الموجي اعتمادًا على اتجاه حركته بالابتعاد عنّا أو بالاقتراب منّا.

التأريخ المُطلَق Absolute Dating: طريقة لحساب عُمر الصخور والمعادن التي تحوي نظائر مشعّة حسابًا دقيقًا ومُحدَّدًا. وهو يُمثِّل عدد السنوات التي انقضت منذ تشكُّل المعدِن أو الصخر، وانحباس النظيرة الأُمِّ المشعّة داخله حتى اليوم.

التأريخ النسبي Relative Dating: ترتيب الأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض ترتيبًا زمنيًّا من الأقدم إلى الأحدث.

التعاقب الطبقي Superposition: مجموعة الطبقات الصخرية التي ترسَّب بعضها فوق بعض بشكل مُتوازٍ؛ نتيجة لتغيُّر ظروف الترسيب، من دون انقطاع زمني في عملية الترسيب.

(ث)

الثلج Snow: شكل من أشكال الهطول، ويتكوّن حين تنخفض درجة حرارة الهواء في الغيمة إلى 0 °C أو أقلّ، حيث يكوّن بخار الماء المتكاثف بلورات من الثلج على النّوى المتوافرة، وتتصادم البلورات وتتّحد معًا مكوّنة بلّورات أكبرَ حجمًا، لا تلبث أن تتساقط نحو الأرض على شكل ثلج يتراكم على سطح الأرض إذا كانت الظروف مناسبة. ويتكوّن الثلج عند بداية سقوطه على سطح الأرض من رقائق هشّة خفيفة الوزن، بحيث يكون محتواها من الرطوبة قليلً، ونظرًا لانخفاض درجة حرارة تكوّنها، تتطاير في الجوّ كالقطن المندوف، ثم يتراكم الثلج على السطوح التي يسقط عليها.

(ج)

الجفاف Droughts: نقص في هَطْل الأمطار على مدد زمنية طويلة، مما يؤدي إلى نقص في المياه، وينتج الجفاف في الغالب بفعل تحولات في أنماط الرياح العالمية.

(س)

سطح التسوية Peneplanation: سطح يفصل بين صخور الركيزة المُكوَّنة من الصخور النارية والصخور الرملية التابعة لحِقبة الحياة القديمة، نتج من عمليات الحَتِّ والتعرية التي أدَّت إلى تسوية صخور الركيزة في كثير من المناطق في الأردن.

سُلَّم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale: ترتيب زمني يُنظِّم الأحداث الجيولوجية التي تعاقبت في تاريخ الأرض الطويل من الأقدم إلى الأحدث ، ويُقدِّم وصفًا للتطوُّر الجيولوجي والتغيُّر الحيوي فيها.

(ص)

صخور الركيزة Basement Rocks: أقدم الصخور الموجودة في الأردن التي تتبع حِقبة ما قبل الكامبري، وهي تتكشَّف حَوْل مدينة العقبة على امتداد الجانب الشرقي لوادي عربة، وجنوب شرق البحر الميت، وتتكوَّن في معظمها من صخور نارية ذاتِ تركيب غرانيتي.

(ض)

الاضمحلال الإشعاعي Radioactive Decay: عملية تلقائية تُحلَّل فيها ذرات العناصر المشعّة، وتتحوَّل إلى ذرات عناصر مستقرة أو أكثر استقرارًا وتُنتَج فيها طاقة.

(ط)

الطاقة المظلِمة Dark Energy: إحدى أشكال الطاقة التي تملأ الفضاء غير المألوفة «لا نعرف طبيعتها»، ويُعزى لها تمدّدُ الكونِ السريعُ، وتُشكّل هذه الطاقة (68.3 %) تقريبًا من كتلة الكون وطاقته.

(ع)

عُمر النصف Half-Life: الزمن اللازم لاضمحلال نصف عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة في العيِّنة إلى نظيرة وليدة أكثر استقرارًا أو مستقرة.

العمود الجيولوجي Geologic Column: عمود يُمثِّل صخور القشرة الأرضية في مناطق مختلفة بحسب أعمارها، ويضمُّ أسفله أقدم الصخور، ويوجد في أعلاه أحدثها.

(ف)

الفَرْسَخ الفلكي Parsec: وَحْدة قياس المسافات الكبيرة بين النجوم والمجرات ، وهو يساوي 3.1×10^{13} km (3.26 light years).

الفيضان Flood: تدفُّق المياه على سطح اليابسة التي تكون جافة غالبًا، وتُعَدّ الفيضانات من أكثر الكوارث الطبيعية المرتبطة بالطقس والمُناخ انتشارًا.

(ك)

الكـوازارات Quasars: تُعـرَّف بأنهـا مجـرّات نشـطة تُصدر كميات هائلـة من الطاقة، وتتميز بلمعانها الشـديد، وتقع على بُعد مسـافات شاسـعة مـن مجـرّة درب التبّانة، وتـزداد أعدادها كلمـا ابتعدت عن مجرّتنـا باتجاه حافَة الكـون المرصود.

(م)

المادة العادية (المألوفة) Ordinary Matter: مادة تتكوّن من غازَي الهيدروجين والهيليوم والمجرّات والنجوم، وتُشكّل ما نسبته (4.9%) من كتلة الكون.

المادة المظلِمة Dark Matter: مادة غير مألوفة (لا نعرف طبيعتها)، وتُشكّل ما نسبته (26.8%) من كتلة الكون.

مبدأ الاحتواء Principle of Inclusion: ينص على أنَّ الجسم الصخري الذي يحوي قِطَعًا صخريةً من جسم صخري آخر يكون أحدث من القطع الصخرية التي يحويها.

مبدأ الترسيب الأفقي Principle of Original Horizontality: أحد مبادئ التأريخ النسبي للصخور الذي ينصُّ على أنَّ الرسوبيات ثم الصخور الرسوبية تترسَّب أصلًا على هيئة طبقات أفقية؛ ذلك أنَّ الرسوبيات تترسَّب غالبًا على أرض منبسطة أو مستوية في قاع البحار أو المحيطات، فضلًا عن وجود الطبقات مائلة أو مطوية مَرَدُّه إلى تأثير قُوَى تكتونية حدثت بعد عملية الترسيب الأفقي لهذه الطبقات.

مبدأ التعاقب الطبقي Principle of Superposition: مبدأ ينص على ما يأتي: «كل مجموعة من الطبقات الصخرية المتعاقبة تكون فيها الطبقة السفلى هي الأقدم، والطبقة العليا هي الأحدث » ما لم تتعرض هذه الطبقات لقُوَى تغيّر نظام تعاقبها الأصلي.

مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية Principle of Faunal and Floral Succession: أحد مبادئ التأريخ النسبي للصخور الذي ينصُّ على أنَّ كل طبقة أو مجموعة طبقات من الصخور الرسوبية تحوي أحافير مُحدَّدة من الحيوانات والنباتات، تختلف عن تلك الموجودة في ما هو أقدم وأحدث منها من طبقات.

مبدأ الاستمرارية الجانبية Principle of Lateral Continuity: أحد مبادئ التأريخ النسبي للصخور الذي ينصُّ على أنَّ الصخور الرسوبية تمتدُّ جانبيًّا في جميع الاتجاهات على امتداد حوض الترسيب، ويقلُّ سُمْكها تدريجيًّا عند أطراف الحوض، وأنَّ للطبقة الواحدة عُمرًا جيولوجيًّا واحدًا في أيِّ مكان وُجِدت فيه ضمن الحوض الرسوبي.

مبدأ القاطع والمقطوع Principle of Cross-Cutting Relationships: أحد مبادئ التأريخ النسبي للصخور الذي ينصُّ على أنَّ القاطع هو أحدث عُمرًا من المقطوع، سواء أجسمًا ناريًّا كان القاطع، أم صدعًا تكتونيًّا.

المجرة Galaxy: تجمُّع هائل من مليارات النجوم المختلفة في خصائصها، والكواكب، والأقمار، والكُوَيكِبات، والنيازك والغازات، والأغبرة الكونية، التي تفصل بينها مسافات هائلة. تُعَدُّ المجرات الوَحْدة الأساسية في بناء الكون، وترتبط مُكوِّنات المجرة بعضها ببعض بقُوَى جاذبية، فتتحرَّك في الكون بوصفها وَحْدة واحدة.

المجرات الإهليليجية Elliptical Galaxies: مجرات تمتاز بشكلها الإهليليجي الذي يختلف في شِدَّة استطالته؛ فقد يكون شديد الاستطالة أو قليل الاستطالة بحيث يكون أقرب إلى الشكل الكروي. وهذه المجرات تُعَدُّ أقدم المجرات وأكبرها عُمرًا.

المجرات الحلزونية Spiral Galaxies: مجرات تترتَّب فيها النجوم في أذرع حلزونية حَوْل نواتها، وهي تُعَدُّ من المجرات مُتوسِّطة العُمر.

المجرات العملاقة Giant Galaxies: مجرات تمتاز بوجود عدد هائل من النجوم قد يصل إلى مليارات من النجوم بصرف النظر عن شكلها.

المجرات غير المُنتظَمة Irregular Galaxies: مجرات تمتاز بعدم انتظام شكلها ، وباحتوائها كمِّيات كبيرة جدًّا من الغازات بين نجومها، وهي أحدث المجرات وأقلُّها عُمرًا.

المجرات القزمة Dwarf Galaxies: مجرات تمتاز بعدد نجومها القليل الذي يتراوح بين 1000 نجم وعِدَّة ملايين من النجوم، بصرف النظر عن شكلها.

المضاهاة Correlation: المطابقة بين التتابعات الصخرية المتكشفة ذات العمر الواحد في المناطق المختلفة. وتعتمد إما على المحتوى المعدني أو المحتوى الأحفوري للصخر.

المطر Rain: شكل من أشكال الهطول يتكوّن عند استمرار عملية التكاثف وزيادة قطرات الماء تدريجيًّا وزيادة حجمها، ومن ثمّ زيادة وزنها داخل الغيمة، حتّى تُصبح مشبَعةً تمامًا بقطرات الماء وثقيلة جدًّا، فتتخلّص من هذه الحمولة على شكل هطول مَطَريّ.

مقياس بيفورت للرياح Beaufort Wind Scale: وسيلة لتصنيف قوة الرياح، يتراوح من 0 (هادئة) إلى 12 (إعصار)، عبر ملاحظة تأثير الرياح على أجسام موجودة في البحر وعلى اليابسة وبسرعات مختلفة.

مقياس سفير سمبسون للأعاصير Saffir–Simpson Hurricane Scale: مقياس يقيس قوةَ الأعاصير المَدارية ويُصنّفها إلى خمس فئات حسب سرعة الرياح فيها.

مقياس فوجيتا Fujita Scale: يُسمّى F- Scale أيضًا، وهو مقياس يتكوّن من ست درجات، وبِهِ تُصنَّف الأعاصير القِمْعية بناءً على شدّتها والضرر الذي يمكن أن تسبّبه.

مقياس المطر Rain Gauge: أنبوب زجاجي مدرَّج بالسنتيمتر والمليمتر يستخدم في قياس كميّة المطر.

موجات الحر Heat waves: ارتفاع درجات الحرارة فوق المعدل الطبيعي في منطقة معينة نحو 5 درجات أيامًا عدة ومتواصلة، لا تقلّ عن ثلاثة أيام على ألّا تقلّ درجات الحرارة العظمى فيها دون $32\,^{\circ}C$.

(ن)

نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory: إحدى النظريات التي فسّرت نشأة الكون وتطوره، وتنص على أن «الكون في بداية نشأته كان موجودًا في حيّز صغير يُدعى الذرّة البدائية التي تمتاز بكثافتها اللانهائية وحرارتها العالية جدًّا، والتي انفجرت انفجارًا عظيمًا أدى إلى انتشار أجزائها في الاتجاهات جميعها»، أي أن عمر الكون كان صفرًا، وبقدرة الله تعالى انفجرت الذرّة البدائية انفجارًا عظيمًا ساخنًا، وبدأ تشكّل الكون وتوسّعه إلى أن صار على هيئته المعروفة في هذا الوقت.

نظرية الكون المستقرّ Steady State Theory: إحدى النظريات التي فسّرت نشأة الكون وتطوره، وتنص على أن «الكون أزليّ ليس له بداية أو نهاية، وأن الكون يتوسّع باستمرار مع احتفاظه بمتوسّط كثافة ثابت وخصائص لا تتغير بمرور الوقت». إذ تفترض هذه النظرية بأن هناك مادة جديدة تتشكّل باستمرار مع تمدّد الكون وتوسّعه؛ أي أن كتلة الكون تزداد بنسبة ثابتة مع حجمه، ما يحافظ على متوسط كثافته. لذلك يعتقد مؤيدو هذه النظرية بأن الكون ثابت ومتماثل في خصائصه عند النظر إليه الآن أو في الماضي أو في المستقبل «الكون دائمًا يبدو كما هو»، والمادة التي تكوّن مجرّتنا هي المادة نفسها التي تكوّن المجرّات الأُخرى، سواء أكانت هذه المجرات قريبة منّا أم بعيدة عنّا.