المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

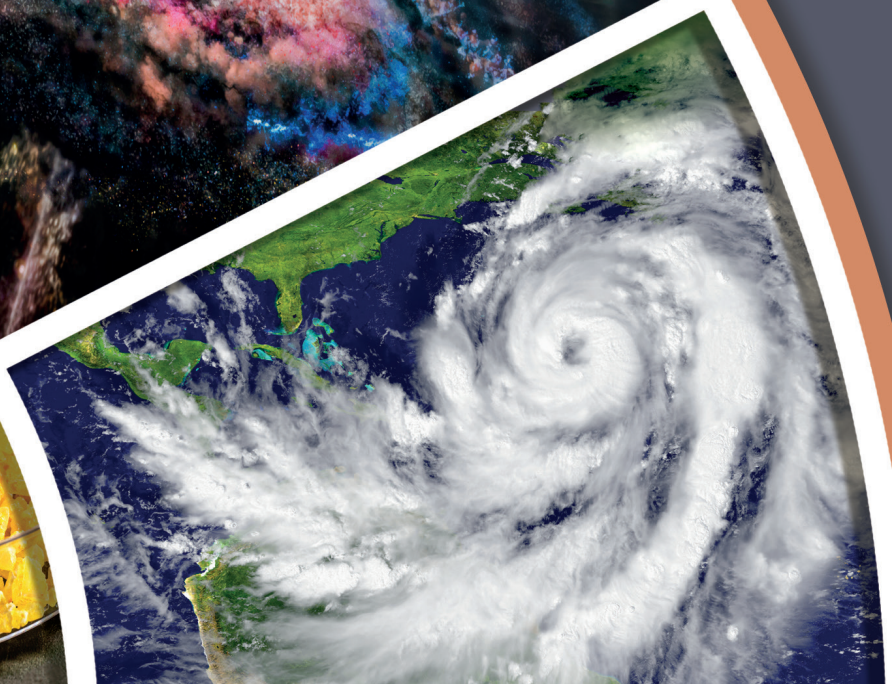
المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

علوم الأرض والبيئة

الصف الثاني عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

12



علوم الأرض والبيئة

الصف الثاني عشر علمي - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

12

فريـق التأليـف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

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

لـؤي أحمــد منـصور

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

قـرّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الكتـاب في مـدارس المملكـة الأردنيـة الهاشـمية جميعهـا، بنـاءً عـلى قـرار المجلس الأعـلى للمركز الوطنـي لتطـــوير المناهـــج في جلسـته رقـم (2022/7)، تاريـخ 2022/11/8 م، وقـرار مجلـس التربيـة والتعليـم رقـم (2022/117)، تاريـخ 2022/12/6 م، بـدءًا مـن العـام الـدراسي 2022 / 2023 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2021.
- 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 - 330 - 2

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2022/4/2005)

375,001

الأردنّ. المركز الوطني لتطوير المناهج

علـــوم الأرض والبيئـــة: الصف الثاني عشر: كتاب الطالب (الفصـــل الدراسي الثاني)/ المـــركز الوطـــني لتطوير المناهج.– عمّان: المركز، 2022

ج 2 (86) ص.

ر.إ.: 2022/4/2005

الواصفات:/ تطوير المناهج/ / المقررات الدراسية/ / مستويات التعليم/ / المناهج/

يتحمَّل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright 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) 1443 هـ / 2022 م

قائمة المحتويات

المقدّمة	5
الوحدة الرابعة: نشأة الكون	7
الدرس الأول: نظريات نشأة الكون	10
الدرس الثاني: تسارع توسّع الكون	18
الإثراء والتوسّع: مِقراب جيمس ويب الفضائي	25
مراجعة الوحدة	26
الوحدة الخامسة: الاستكشاف الجيولوجي	29
الدرس الأول: الخرائط الجيولوجية	32
الدرس الثاني: طرائق الاستكشاف الجيولوجي	42
الإثراء والتوسّع: استكشاف اليورانيوم في الأردن	52
مراجعة الوحدة	53
الوحدة السادسة: أحوال الطقس القاسية	57
الدرس الأول: قياس عناصر الطقس	60
الدرس الثاني: الأعاصير القُمعية والأعاصير الـمَدارية	67
الإثراء والتوسُّع: إجراءات السلامة عند حدوث الأعاصير القُمعية والأعاصير الـمَدارية	76
مراجعة الوحدة	77
مسرد المصطلحات	79
قائمة المراجع	83

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدّمة

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

يُعَدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وَفق أفضل الطرائق المتَّبعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القِيَم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات طلبتنا والكوادر التعليمية.

جاء هذا الكتاب محقِّقًا مضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومؤشِّرات أدائها المتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومعتزٍّ – في الوقت نفسه– بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، 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 الفرع العلمي على ثلاث وَحدات دراسية هي: نشأة الكون، والاستكشاف الجيولوجي، وأحوال الطقس القاسية. وتحتوي كل وَحدة منها على تجربة استهلالية، وتجارب وأنشطة استقصائية متضمَّنة في الدروس، والموضوع الإثرائي في نهاية كل وَحدة. يضاف إلى ذلك الأسئلة التقويمية، بدءًا بالتقويم التمهيدي المتمثِّل في طرح سؤال في بداية كل وَحدة ضمن بند (أتأمَّل الصورة)، وانتهاءً بالأسئلة التكوينية المتنوعة في نهاية كل موضوع من موضوعات الدروس، فضلًا عن الأسئلة التقويمية في نهاية كل درس، والتقويم الختامي في نهاية كل وَحدة، التي تتضمَّن أسئلة تثير التفكير.

وقد ألحق بالكتاب كتاب الأنشطة والتجارب العملية، الذي يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب وأسئلة مثيرة للتفكير؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة.

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

واللّه ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدة 4

نشأة الكون

The Evolution of the Universe

قال تعالى:

﴿وَهُوَ ٱلَّذِي يَبۡدَؤُاْ ٱلۡخَلۡقَ ثُمَّ يُعِيدُهُۥ وَهُوَ أَهۡوَنُ عَلَيۡهِۚ وَلَهُ ٱلۡمَثَلُ ٱلۡأَعۡلَىٰ فِي ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِۚ وَهُوَ ٱلۡعَزِيزُ ٱلۡحَكِيمُ﴾

(سورة الروم: الآية 27)

أتأمّل الصّورة

يحتوي الكون الواسع على السُّدُمِ الغازية والمجرّات والنجوم، ويتسارع توسُّع الكون مع الزمن، فكيف نشأ الكون؟ وما عمره؟ وما الأدلة على تسارُع توسُّعه مع الزمن؟

الفكرة العامّة:

فسّر العلماء نشأة الكون عن طريق نظريات عدة، وتُعَدُّ نظرية الانفجار العظيم أكثر النظريات قَبولًا لدى العلماء لتفسير نشأته، التي أثبتت أن الكون يتوسّع متسارعًا مع الزمن.

الدرس الأول: نظريّات نشأة الكون

الفكرة الرئيسة: نشأ الكون من انفجار ذرّة بدائية غير مستقرّة، متناهية في الصغر، ذاتِ كثافة لانهائية وحرارة عالية جدًّا.

الدرس الثاني: تسارع توسّع الكون

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

توسّع الكون

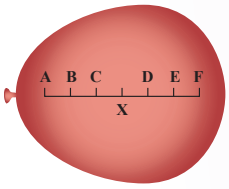
منذ اللحظة الأولى التي نشأ فيها الكون بفعل الانفجار العظيم بدأ بالتوسّع، ورافق ذلك زيادةٌ في حجمه ونقصانٌ في كثافته مع بقاء كتلته ثابتةً.

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

إرشادات السلامة: الحذر من نفخ البالون لأكبر حجم حتى لا يؤدّي ذلك إلى انفجاره.

خطوات العمل:

1. أنفخُ البالون جزئيًّا إلى حجم قبضة يدي تقريبًا من دون أن أغلقه نهائيًّا؛ ليتسنّى لي تَكرار نفخه.
2. أرسمُ على البالون المنفوخ خطًّا بوساطة قلم التخطيط، وأحدّد عليه سبع نقاط (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 جانبًا.



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 بينَ المجرّة ومجرّة درب التبّانة (X) (cm)	المسافة النهائية بينَ المجرّة ومجرّة درب التبّانة (X) (cm)	الفرق في المسافة الابتدائية والنهائية للمجرّة عن مجرّة درب التبّانة (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 في المسافة 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.

الفكرة الرئيسة:

نشأ الكون من انفجار ذرّة بدائية غير مستقرّة، متناهية في الصغر، ذاتِ كثافة لانهائية وحرارة عالية جدًّا.

نتاجات التعلّم:

- أتعرّف نظرية الانفجار العظيم في توسّع الكون.
- أتعرّف نظريّات أُخرى في 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

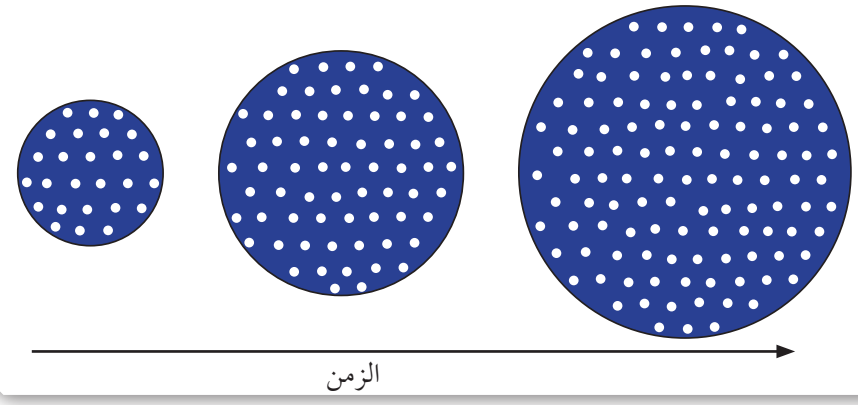
إشعاع الخلفية الكونية

Cosmic Background Radiation

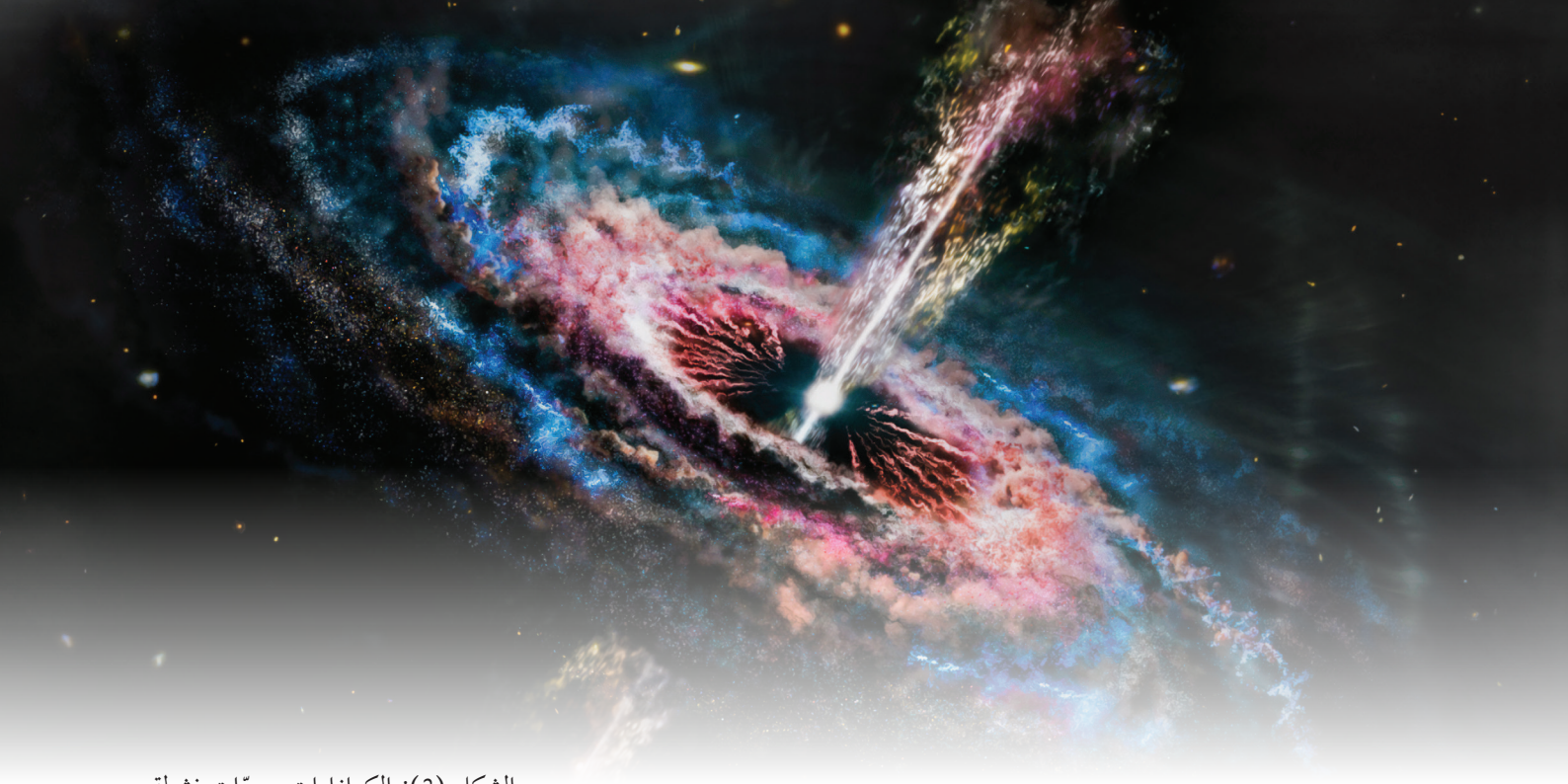
نظرية الكون المستقرّ Steady State Theory

تعلّمتُ في صفوفٍ سابقة أن الاهتمام بدراسة أصل الكون ونشأته قد زاد بعد أن نشر العالم إدوين هابل ملاحظاتِه حول انزياح أطياف المجرّات نحو الأحمر Red Shift وسرعة ابتعادها عنّا، ومن نتائج هذه الدراسات تمكّن علماء الفلك من تطوير العديد من النظريات حول أصل الكون وتطوّره، منها: نظرية الكون المستقرّ، ونظرية الانفجار العظيم. فكيف فسّرت كلتا النظريّتين نشأة الكون؟ وأيُّ النظريتين لاقت قَبولًا عند العلماء؟

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 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، أنظرُ الشكل (1).



الشكل (1):
نموذج يمثّل نظرية الكون المستقرّ بحيث تمثّل النقاط البيضاء توزّع مادة الكون.
أوضّح العَلاقة بينَ حجم الكون وكيفية توزّع مادة الكون مع الزمن.



الشكل (2): 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 (2)، واكتشاف إشعاع الخلفية الكونية التي سأدرسها لاحقًا، كانا سببَين كافيَين لرفضها.

تُعرَّف **الكوازارات Quasars** بأنها 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 المرئي.

إن اكتشاف الكوازارات ورصدها بعيدًا جدًّا باتجاه حافَة الكون المرئي 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.

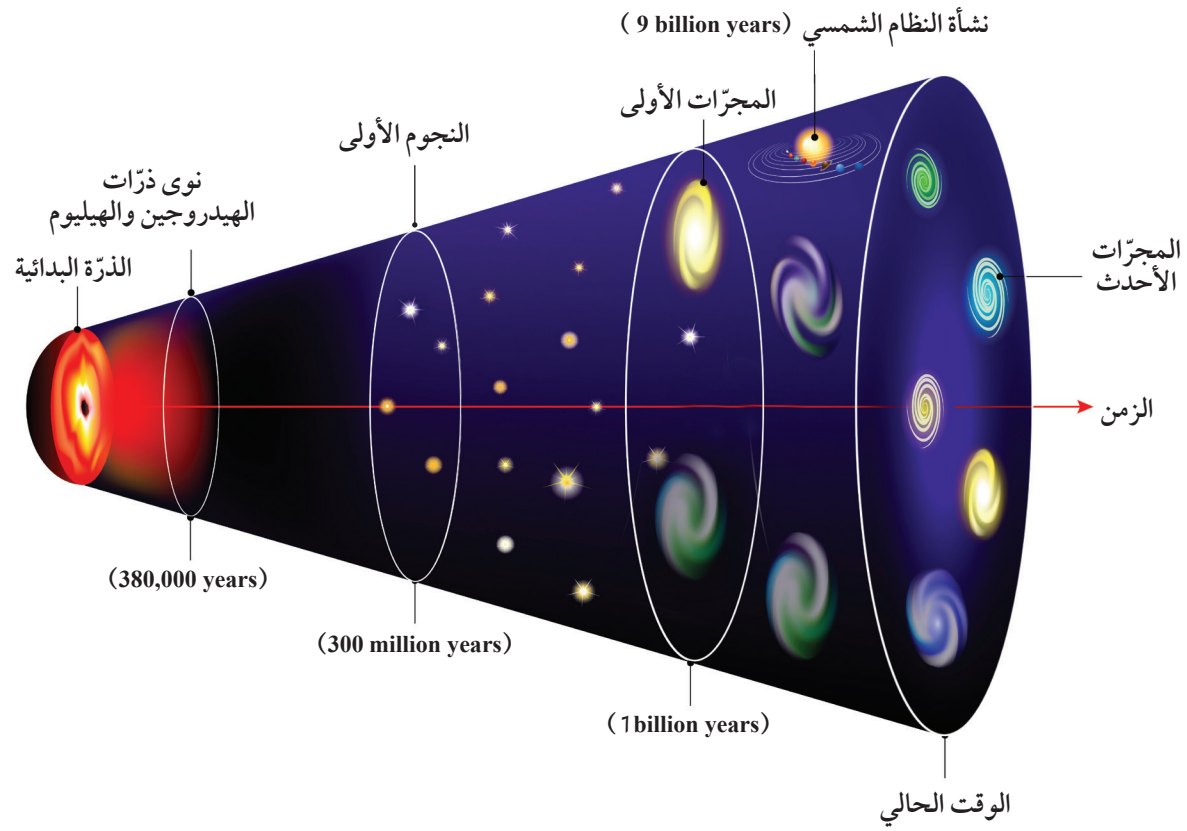
✓ **أتحقّق:** أوضّح سبب رفض نظرية الكون المستقرّ.

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 السماء عن طريق مرشِّحات مختلفة الألوان، ثم مقارنةُ الصور لتحديد موقع الأجسام ذاتِ اللون 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 (3): 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 "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، وأخذت بالتمدد لتأخذ الشكل الذي نعرفه اليوم"، أنظر الشكل (3). 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.

أفكّر

أتوقع ماذا سيحدث لدرجة حرارة الكون وكثافته بعد مضيّ (1billion years) من الآن.

ويعتقد 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)، وأنّه قبل هذا الزمن لم يكن هناك أي وجود للذرّات والجُسيمات الأولية، وتُعَدّ تلك المرحلة مرحلةً غامضةً 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، ولم تتكوّن الذرّات إلا بعد مضيّ (380,000 years) من الانفجار عندما وصلت درجة حرارة الكون إلى (3000 K)، ما سمح بتكوّن أنوية العناصر الخفيفة مثل الهيدروجين والهيليوم، ثم اندمجت فكوّنت النجوم التي تجمّعت لتكوّن المجرّات، وأصبح الكون كما نعرفه حاليًّا. وخلال ذلك انخفضت درجة حرارة الكون تدريجيًّا حتى أصبحت في الوقت الحالي وفي جميع أرجاء الكون (2.7 K).

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

الأدلة المؤيِّدة لنظرية الانفجار العظيم

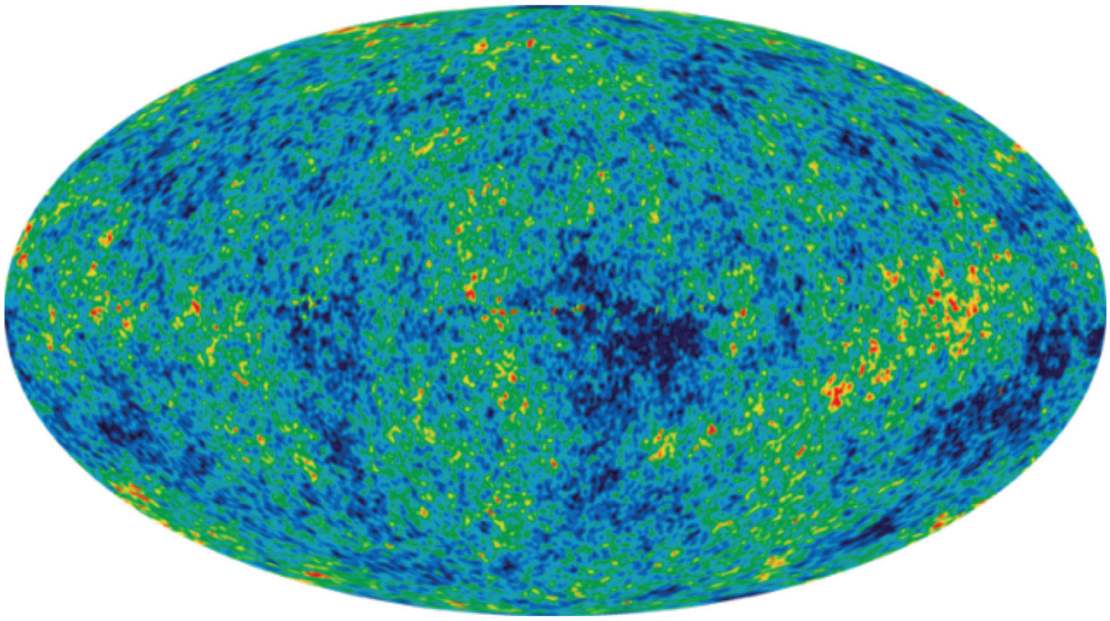
Evidences for the Big Bang Theory

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 بمثابة دليلٍ مؤيّد 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 (4): صورة لإشعاع الخلفية الكونية التُقِطت بوساطة مسبار ويلكينسون على مدار سبعة أعوام متتالية، ويشير اللون الأخضر فيها إلى درجات حرارة متوسطة، واللونان الأصفر والأحمر إلى درجات حرارة أعلى من المتوسط، أمّا اللون الأزرق فيشير إلى درجة حرارة أقل من المتوسط.

الربط بالتكنولوجيا

يُعدّ مسبار ويلكينسون لتباين الأشعة الكونية Wilkinson Microwave Anisotropy Probe مسبارًا فضائيًّا أُطلق عام 2003م لقياس إشعاع الخلفية الكونية، عن طريق قياس توزيع درجة حرارة الأشعة الكهرمغناطيسية المنتشرة في الكون، التي عن طريقها رُسمت 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 السماء، وفي الأوقات كافة وبصورة مستمرة من دون توقف أو تغير، أنظرُ الشكل (4).

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 حسب العلماء درجة حرارة إشعاع الخلفية الكونية في الوقت الحالي، ووجدوا أنها 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 الأبحاث الحديثة ونتائج الرصد لمادة الكون المرئي أو ما يُعرَف باسم المادة العادية Ordinary Matter، التي سأدرسها لاحقًا، 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.

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

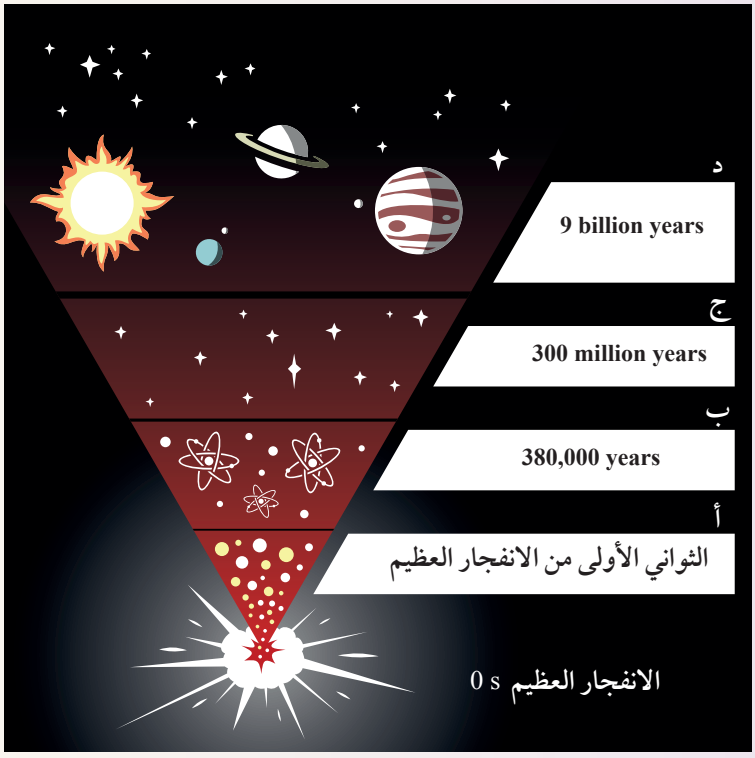
الربط بالفلك

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 الفترة 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".

نشاطٌ

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، ج، 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 غازَي الهيدروجين والهيليوم بعد مضيّ (10 million years) 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.

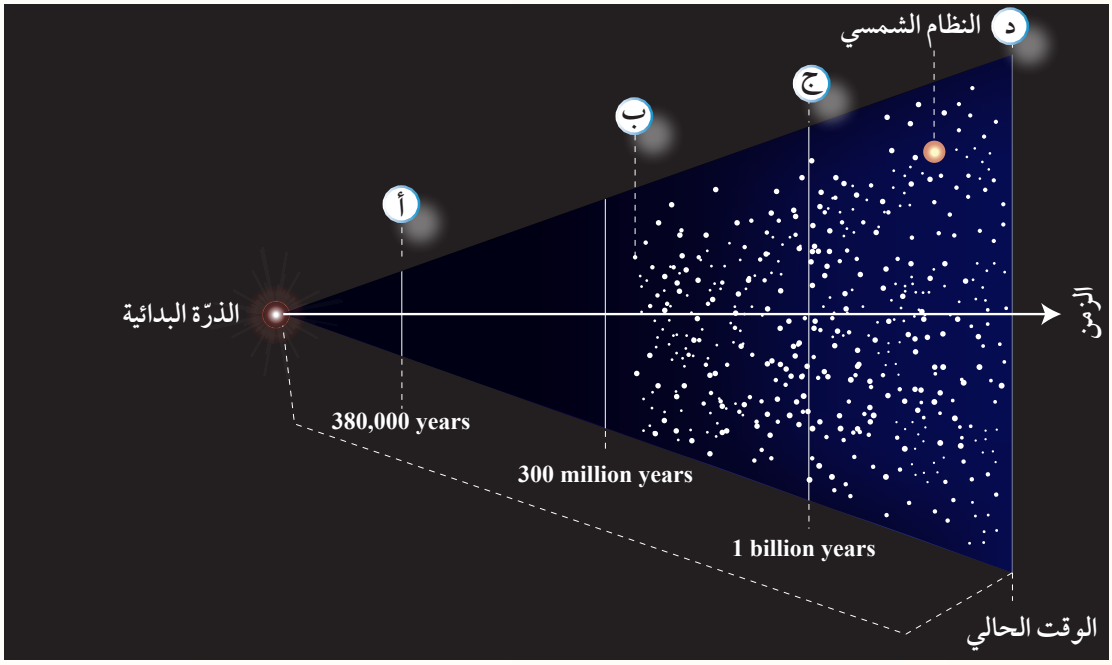
3. **أُقارنُ** حجم الكون وكتلته بينَ اللحظة التي تشكّل فيها إشعاع الخلفية الكونية والوقت الحالي.

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، ج، د):



تسارعُ توسّعِ الكون

Accelerating Expansion of the Universe

الدرس 2

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

تسارعُ توسّعِ الكون

Accelerating Expansion of the Universe

تعلمتُ في صفوفٍ سابقة أن انزياح أطياف المجرّات نحو الأحمر دليل على تباعد المجرات عنّا وعن بعضها بعضًا، ويُعَدّ دليلًا على توسّع الكون. اعتقد العلماء بأن سرعة توسّع الكون ستقلّ مع الزمن بسبب قُوى التجاذب الكبيرة بينَ مكوِّناته المادية من مجرّات ونجوم وسُدُم وغيرها، إلا أن البيانات والمشاهدات التي جُمِعت بوساطة مِقراب هابل الفضائي عند رصدِه النجوم فوق المستعرة Supernova، أنظرُ الشكل (5)، أشارت إلى أن الكون يتوسّع في الوقت الحالي بوتيرة أسرعَ ممّا كان عليه قبل مليارات السنين. فكيف كشفت النجوم فوق المستعرة عن تسارع توسّع الكون؟ وما السبب في ازدياد سرعة توسّعه؟

الشكل (5): نجم فوق مستعر.

أصف مقدار الطاقة الصادرة عن النجم فوق المستعر.

الطاقة المظلِمة Dark Energy

تمكّن العلماء من حساب معدل توسّع الكون، وذلك من خلال رصد الأطياف الصادرة عن النجوم فوق المستعرة في عدد من المجرّات البعيدة جدًّا باستخدام مِقراب هابل الفضائي، ما 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 بتسارع توسّع الكون؟

تُعرَّف **الطاقة المظلِمة Dark Energy**، بأنّها أحد أشكال الطاقة غير المألوفة "لا نعرف طبيعتها" التي تملأ الفضاء، ويُعزى لها التمدّد السريع للكون، وتُشكّل هذه الطاقة (68.3%) تقريبًا من كتلة الكون وطاقته، والجزء المتبقي من كتلة الكون يتوزّع بين مادّتَين؛ إحداهما تُسمى **المادة العادية (المألوفة) Ordinary Matter** وهي المادة التي تتكوّن من غازَي الهيدروجين والهيليوم وباقي العناصر المعروفة، وتُشكّل ما نسبته (4.9%) من كتلة الكون، أمّا المادة الأخرى فيُطلق عليها **المادّة المظلِمة Dark Matter** وهي مادة غير مألوفة "لا نعرف طبيعتها" تشكّل ما نسبته (26.8%) من كتلة الكون، أنظر الشكل (6). ويمكن الاستدلالُ على وجود المادة المظلِمة وتعرّفُ خصائصها من خلال تأثير الجاذبية في المادة العادية.

أفكّر

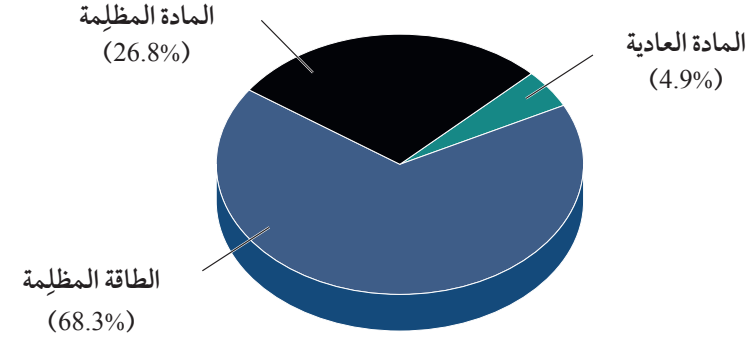
ما الذي توصّل إليه العلماء حول سرعة توسّع الكون من تحليل الأطياف الصادرة عن النجوم فوق المستعرة؟

الربط بالتكنولوجيا

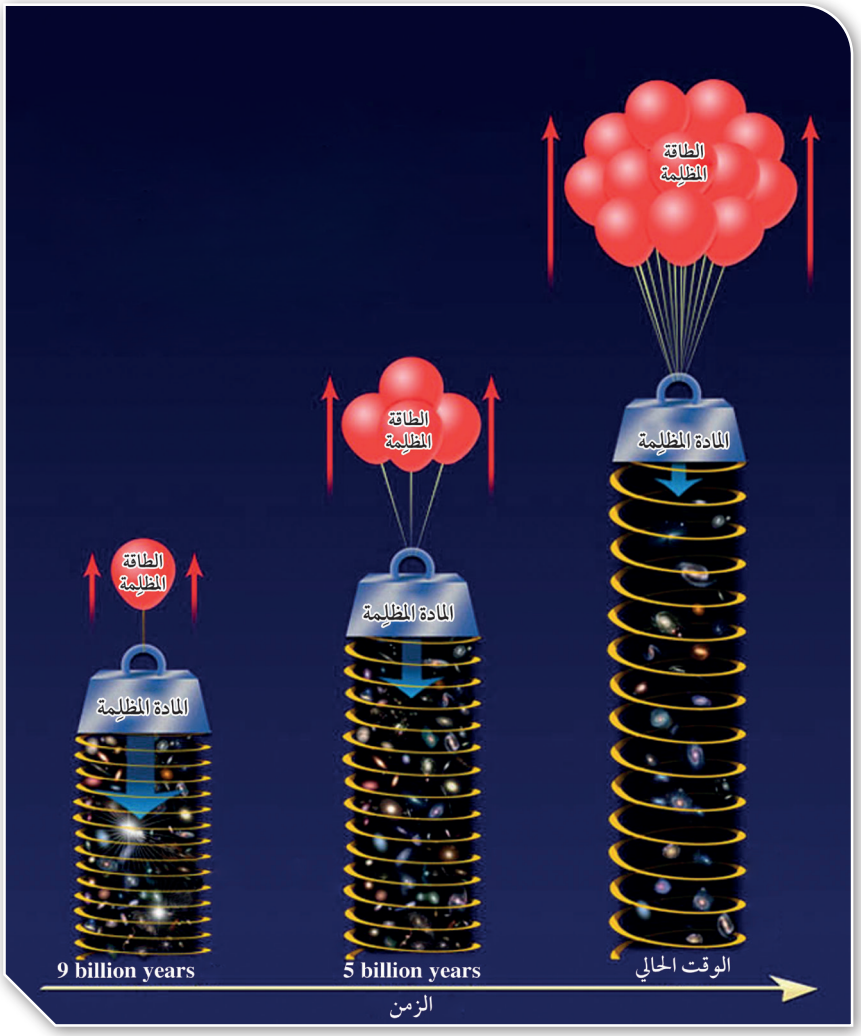
مِقراب فيرمي الفضائي هو مِقراب تابع لوكالة (ناسا) NASA، أُطلِق عام 2008م، وهو مسبار فضائي متخصص في رصد أشعة غاما الصادرة عن النجوم، مثل النجوم فوق المستعرة، ويقع هذا المسبار في مدار منخفض حول الأرض.

أفكّر

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



الشكل (6): تمثيل بياني (قطاع دائري) يوضّح مكوِّنات الكون من مادةٍ وطاقةٍ ونسبها المئوية.



الشكل (7): تأثير كلّ من المادة المظلِمة والطاقة المظلِمة على 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.

تعمل المادة المظلِمة كقوّة جاذبة، تربط مكوِّنات الكون من نجوم ومجرّات معًا، في المقابل تعمل الطاقة المظلِمة كقوة تُباعِد بين المجرّات ومن ثمَّ توسّع الكون، أنظرُ الشكل (7). 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، ما يفسّر تسارع توسّع الكون.

أتحقّق: أوضّح المقصود بالطاقة المظلِمة.

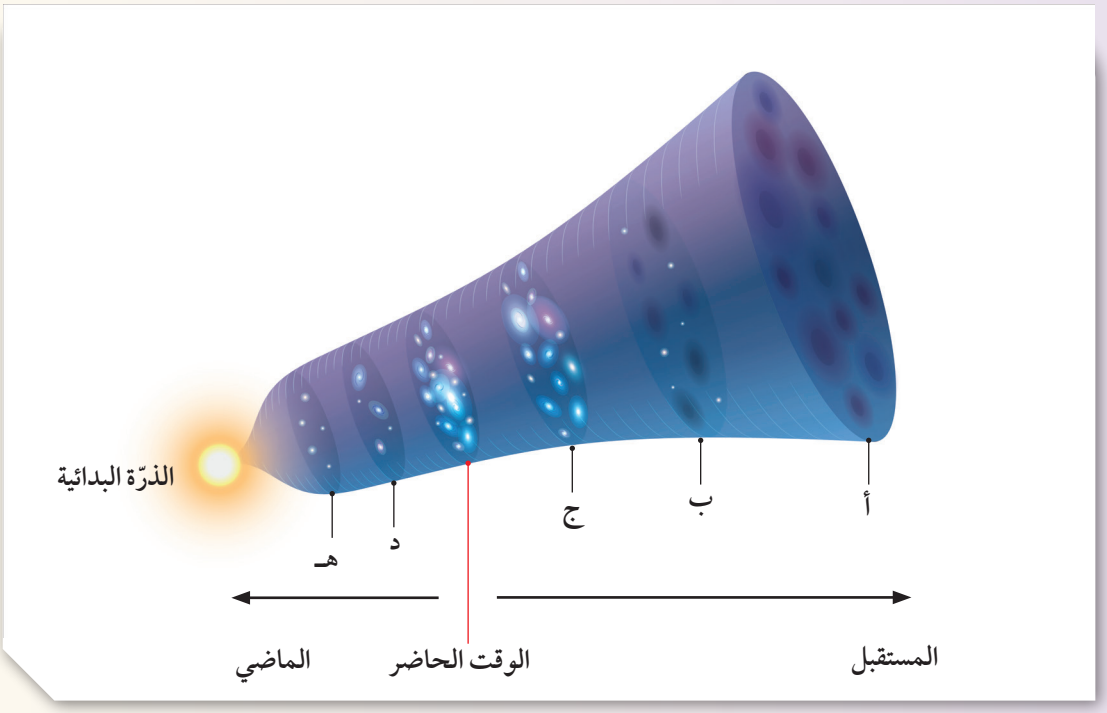
الرّبط بالفيزياء

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؛ لأن الكون يتوسّع متسارعًا.

نشاطٌ

دَور المادّة المظلِمة والطاقة المظلِمة في توسّع الكون

تحتوي أغلب المجرّات على مادة مظلِمة لا تعكس الضوء أو تمتصّه مثلما تفعل المادة العادية، وعلى الرغم من أننا لم نكتشف المادة المظلِمة بعد في مختبرات الأبحاث العلمية، إلّا أن وجودها أصبح معروفًا من خلال تأثيراتها الجاذبية. لتعرّف الفرق بينَ المادة المظلِمة والطاقة المظلِمة وأثر كلّ منهما في توسّع الكون، أدرسُ 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 النقطة (هـ) والنقطة (ج) من حيث تأثير المادة المظلِمة في كلّ منهما.
3. **أُرتّب** النقاط (أ، ب، ج، د، هـ) تنازليًّا حسب تأثير المادة المظلِمة في كلّ منها.
4. أرسم سهمين يدل كل منهما على الاتجاه الذي يزداد به تأثير كلّ من الطاقة المظلِمة والمادة المظلِمة.
5. **أصف** العلاقة بين تأثير الطاقة المظلِمة في النقاط جميعها وبين النجوم فوق المستعرة.

عمر الكون Age of the Universe

تمكّن العلماء من تقدير عمر الكون التقريبي بحسابِ مقلوبِ ثابتِ هابل، وَفق العلاقة الرياضية الآتية:

$$T = 1/ H_o$$

حيثُ إن 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)، ويُشار إلى (المليون فرسخ فلكي) بالرمز (Mpc). 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، حيث يفترض علماء الفلك أن هذا الإشعاع ناتج من نشأة الكون، ومن ثمّ 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:

$T = 1/ H_o$

أحوّل وَحدة (Mpc) إلى (km):

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

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

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

أعوّض في القانون:

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

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

أُلاحظ أنه كلّما زادت قيمة ثابت هابل قلّ عمر الكون.

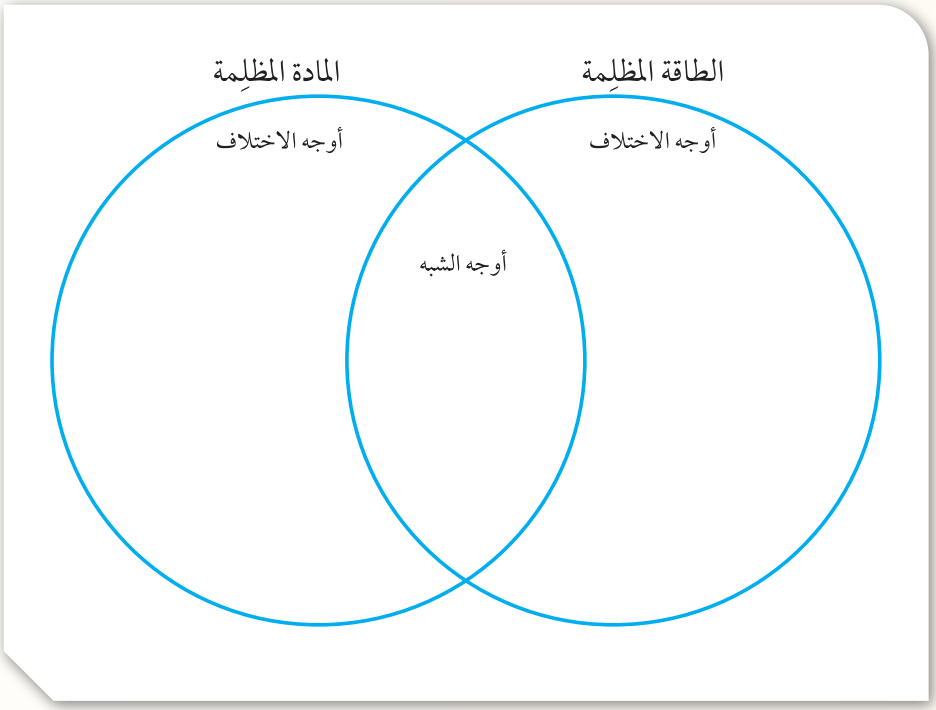
تمرين

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

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

مراجعة الدرس

1. **الفكـرة الرئيسـة: أفسّـر** ازدياد سـرعة توسّـع الكون علـى الرغم من قـوة التجـاذب الكبيرة بين مكوِّنـات الكـون المادية.
2. **أسـتنتج** ما سـيحدث لسـرعة توسّـع الكون إذا رُصِـدت النجوم فـوق المسـتعرة الموجودة في المجـرّات القريبـة بدلًا مـن رصدها فـي المجـرّات البعيدة.
3. **أرسم مقطعًا بيانيًّا** يوضّح نِسَبَ مكوِّنات الكون من مادة وطاقة.
4. **أتوقّـع** مـا سـيحدث إذا ازدادت الطاقة المظلِمة ازديادًا متسـارعًا مع توسّـع الكون، وسـيطرت فـي النهاية علـى المـادة المظلِمة.
5. **أحسب** عمر الكون بالسنوات إذا كان ثابت هابل يساوي (80 km/s/Mpc).
6. **أُقارن** بين الطاقة المظلِمة والمادة المظلِمة باستخدام شكل فِن الآتي:



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 (2 L) على بُعد (1.5 million kilometers) من الأرض، ويُعدّ هذا المقرابُ أقوى مرصد فضائي حتى الآن، ويوصَف بأنه خليفة مِقراب هابل الفضائي، ويتمتع بقدرة كبيرة على التقاط النجوم البعيدة في طيف الأشعة تحت الحمراء، في حين أن الأجهزة الموجودة على مِقراب هابل يمكنها رصد جزء صغير من طيف الأشعة تحت الحمراء، لكن قدراتها الأساسية تتمثّل في رصد طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية. بالإضافة إلى ذلك فإن الصور الملتقطة بوساطة مِقراب جيمس ويب أكثر دقّةً من مِقراب هابل. لذلك من المتوقع أن تحدث ثورة في علم الفلك والفيزياء الفلكية من خلال تسليط الضوء على أقدم النجوم، والمجرّات التي تشكّلت بعد الانفجار العظيم.

يتكوّن قلب مِقراب جيمس ويب من مرآة مقعَّرة قُطرها (6.5 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 حول المرصد الفضائي جيمس ويب، ودَوره في استكشاف أسرار الكون، ثمّ أعرض ما كتبتُه على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

السؤال الأول:

أضعُ دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. وَفق نموذج الانفجار العظيم، فإنّ عمر الكون (billion years) يقدّر بِـ:

أ) (2.7). ب) (9).

ج) (13.7). د) (15).

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

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

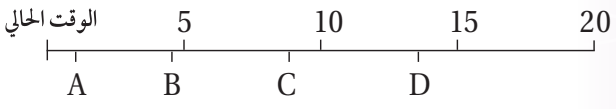
ب) 68.3% طاقة مظلِمة، 26.8% مادة مظلِمة، 4.9% مادة عادية.

ج) 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.

3. 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.

ج) C. د) D.

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

أ) يتوسّع بشكل متسارع.

ب) يتوسّع ببطء.

ج) يبقى ثابتًا من دون تحرّك.

د) يتوسّع بنسب متغيرة.

5. نشأ إشعاع الخلفية الكونية:

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

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

ج) بعد مضيّ ثوانٍ من حدوث الانفجار العظيم.

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

6. تفترض نظرية الكون المستقرّ بأن الكون:

أ) ليس له بداية وليس له نهاية.

ب) ينكمش بنسبة ثابتة.

ج) يتوسّع بنسبة ثابتة.

د) لا ينكمش ولا يتوسّع.

7. نسبة غاز الهيدروجين في مادة الكون المرئية تساوي تقريبًا:

أ) (2 %).

ب) (24 %).

ج) (74 %).

د) (98 %).

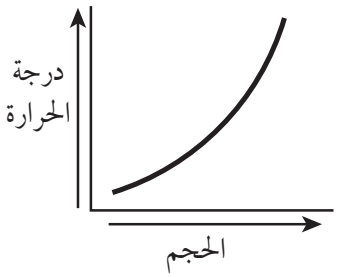
8. كثافة الكون بحسب نظرية الكون المستقرّ:

أ) تتغيّر مع الزمن. ب) تقلّ بنسبة ثابتة.

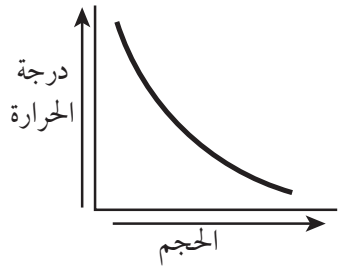
ج) تزداد بنسبة ثابتة. د) تثبت مع الزمن.

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

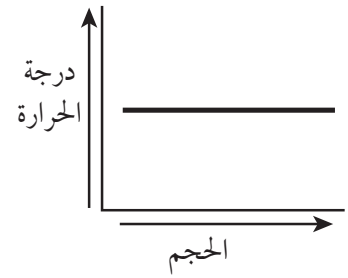
أ)



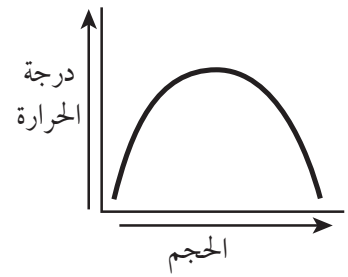
ب)



ج)



د)



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

أ) غاز الهيليوم.

ب) غاز الهيدروجين.

ج) نجوم صغيرة.

د) مجرّات.

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

أ) (2).

ب) (2.7).

ج) (2.8).

د) (3.5).

السؤال الثاني:

أملأ الفراغ في ما يأتي بما هو مناسب من المصطلحات:

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

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

3 . يقدّر العلماء أن اللحظة التي حدث عندها الانفجار العظيم للذرة البدائية هي .....

4 . تعمل المادة المظلِمة في الكون كقوّة .....

.....

السؤال الثالث:

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

السؤال الرابع:

أُفسّر العبارات الآتية تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

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

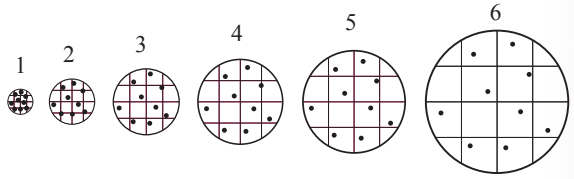
ب- يُعزى التوسّع السريع للكون للطاقة المظلِمة.

ج- يُعَدّ إشعاع الخلفية الكونية دليلًا على صحّة نظرية الانفجار العظيم.

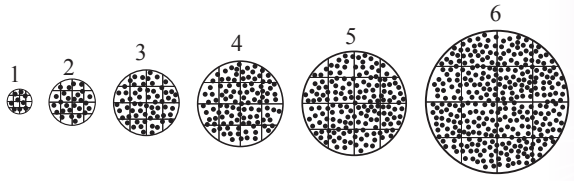
السؤال الخامس:

أَدرسُ الشكل الآتي الذي يمثّل نموذجَينِ للكون (أ، ب) حسب نظريتَيِ: 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، بينما تُعَدّ دليلًا مؤيّدًا للنموذج الآخَر.

السؤال السادس:

أُقارن بين نموذج الكون المستقرّ ونموذج الانفجار العظيم من حيث المادة المكوِّنة لمجرّتنا والمجرّات الأخرى.

السؤال السابع:

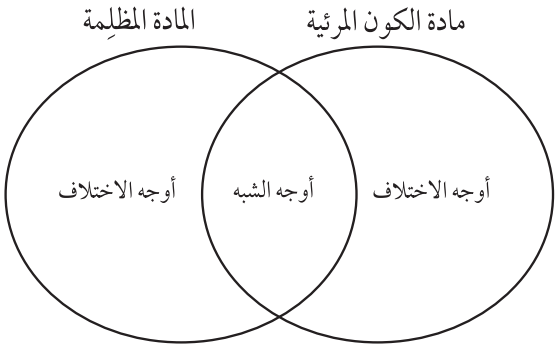
أقوّم صحة ما أشارت إليه العبارة الآتية: " تُعَدّ نظرية الانفجار العظيم مكمّلةً لنظرية الكون المستقرّ".

السؤال الثامن:

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

السؤال التاسع:

أُقارن بينَ مادة الكون المرئية (المادة العادية) وبينَ المادة المظلِمة باستخدام شكل فِن الآتي:



السؤال العاشر:

أُوضّح أوجه القصور في نظرية الانفجار العظيم.

السؤال الحادي عشر:

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

الوحدة 5

الاستكشاف الجيولوجي
Geological Exploration

أتأمّل الصّورة

تحتوي الصخور على خامات معدِنية عديدة بأشكال متنوعة، منها: العُروق، والعدسات، وتُستخدَم طرق عدّة لاستكشاف تلك الخامات. فما تلك الطرق؟ وكيف تُستخدَم؟

الفكرة العامّة:

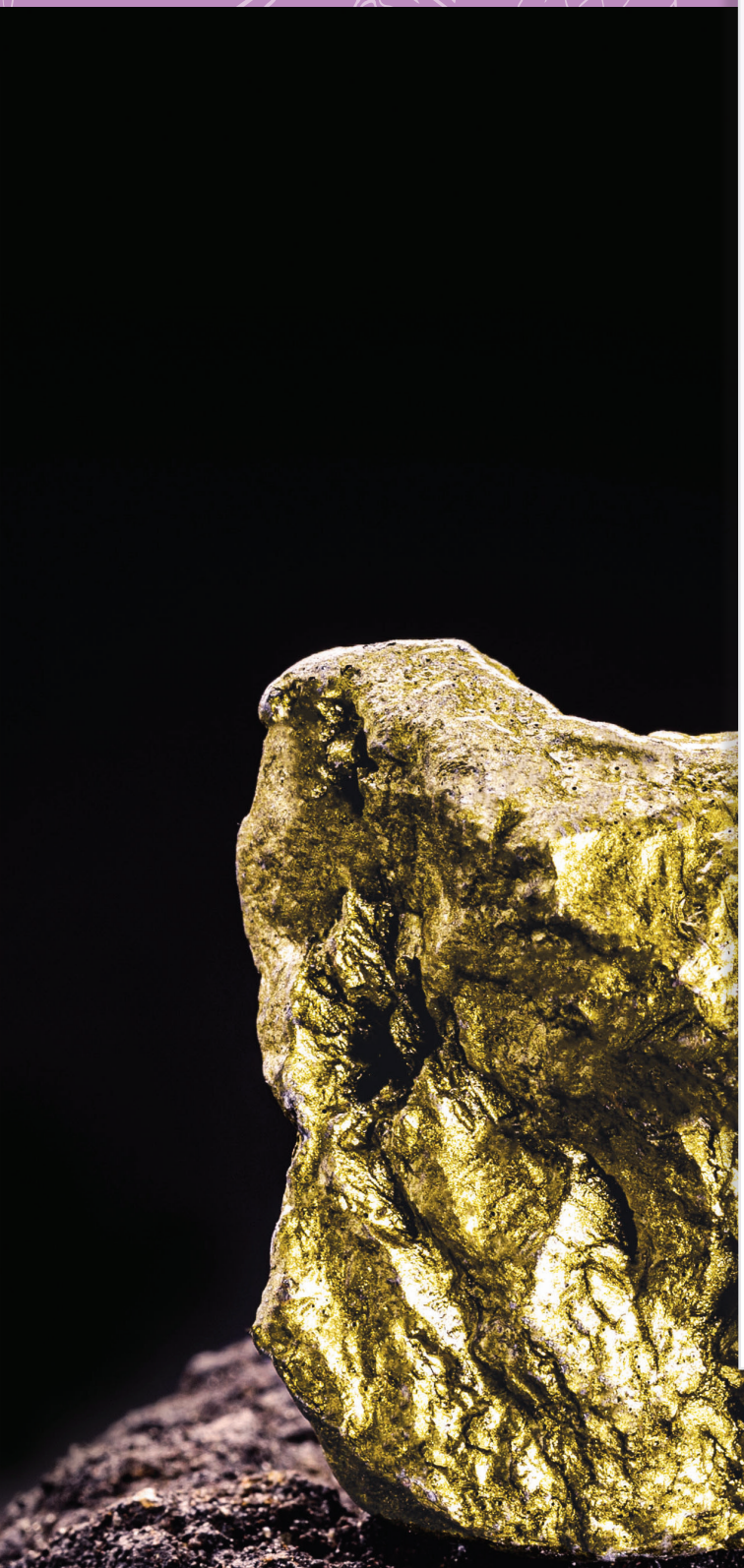
تُستخدَم طرق عدّة في عمليات الاستكشاف الجيولوجي للصخور والخامات المعدنية التي تحويها، منها: رسم الخرائط الجيولوجية، والمسوح الجيوفيزيائية، والمسوح الجيوكيميائية.

الدرس الأول: الخرائط الجيولوجية

الفكرة الرئيسة: تُستخدَم الخرائط الجيولوجية لتمثيل الطبقاتِ الصخرية والتراكيب الجيولوجية باستخدام رُموز خاصّة بذلك.

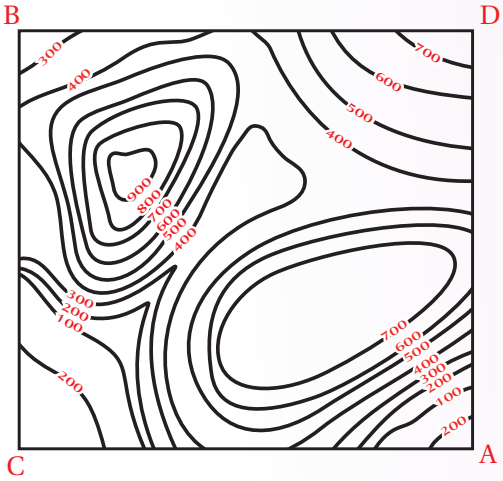
الدرس الثاني: طرائق الاستكشاف الجيولوجي

الفكرة الرئيسة: تحتوي صخور القشرة الأرضية على خاماتٍ معدِنية عدّة، وتُستخدَم طرائق الاستكشاف الجيولوجي المختلفة في البحث عنها؛ لاستثمارها، والاستفادة منها.



رسم مقطع عرضي طبوغرافي

يُعرَّف المقطع العرضي الطبوغرافي Topographic Cross-Section بأنّه مقطع رأسي لجزء من سطح الأرض يوضّح شكلَ التضاريس فيها؛ من منخفضات وجبال ووديان وغيرها. فكيف يُرسَم المقطعُ العرضيُّ الطبوغرافي؟



المواد والأدوات: خريطة كُنتورية، ورقة رسم بياني، مسطرة مِترية، قلم.

خطوات العمل:

1. أصِلُ بخطٍّ مستقيم بين النقطتين (A-B) على الخريطة الكُنتورية.
2. أضع الطرف العُلوي لورقة الرسم البياني على امتداد الخط المستقيم (A-B)، بحيث تتطابق حافَتها العُلوية على الخط.
3. أحدّد على ورقة الرسم البياني بداية الخط المستقيم ونهايته، ونقاط تقاطعِه مع خطوط الكُنتور، مع كتابة قيمة الارتفاع التي يمثّله كل خطٍّ كُنتور بجانب نقطة التقاطع التي حدّدتُها.
4. أرسم على الطرف المقابل لقيم الارتفاعات التي أسقطتها على ورقة الرسم البياني محورَينِ متعامدَينِ يمثّل المحور الأفقي منهما المسافة الأفقية للخطّ المستقيم (A-B)، ويمثّل المحور الرأسي الارتفاعاتِ عن سطح الأرض بوَحدة (m).
5. أُسقِطُ قِيَم خطوط الكُنتور على ورقة الرسم البياني بحسب ما يقابلها من ارتفاعات على المحور الرأسي.
6. أَصِل بينَ النقاط جميعِها من دون استخدام المسطرة؛ لتمثيل مقطع عرضي للمظاهر الطبوغرافية لسطح الأرض على امتداد الخط (A-B).

التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد أعلى ارتفاع في المقطع العرضي وأقلَّ ارتفاع فيه.
2. **أستنتج** المظاهر الطبوغرافية التي حصلتُ عليها.
3. **أستنتج** المظهرَ الطبوغرافي الذي سينتج إذا رسمتُ مقطعًا عرضيًّا لسطح الأرض على امتداد الخطّ المستقيم (C-D) الذي يُعامِد الخطَّ المستقيم (A-B).

الخرائط الجيولوجية
Geological Maps

الفكرة الرئيسة:

تُستخدم الخرائط الجيولوجية لتمثيل الطبقاتِ الصخرية والتراكيب الجيولوجية باستخدام رُموز خاصّة بذلك.

نتاجات التعلّم:

- أقرأ خريطة جيولوجية لمنطقةٍ ما باستخدام الرموز ومقياس الرسم.
- أرسم مقطعًا جيولوجيًّا من الخريطة الجيولوجية تمثّل طبقات أفقية.

المفاهيم والمصطلحات:

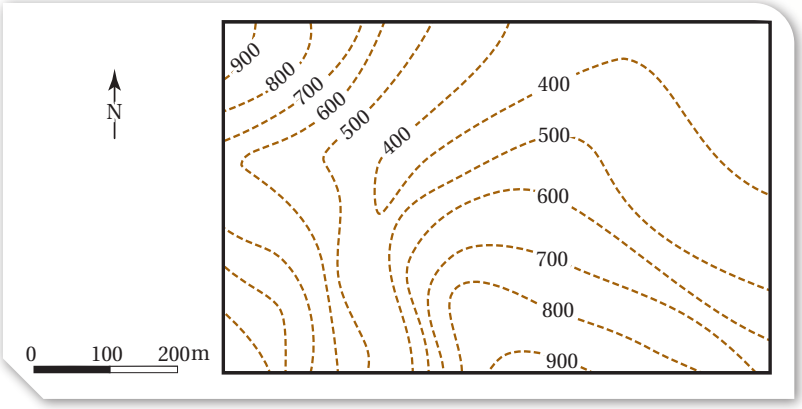
الخريطة الكُنتورية	Contour Map
الخريطة الطبوغرافية	Topographic Map
خط الكُنتور	Contour Line
الفترةَ الكُنتوريةَ	Contour Interval
مقياس رسم	Map Scale
الخريطة الجيولوجية	Geological Map
المَيل	Dip
اتجاه المَيل	Dip Direction
المضرب	Strike

أنواع الخرائط Types of Maps

تُعَدُّ الخرائط من الوسائل المهمّة التي نستطيع بها تمثيلَ العديد من المعالم والمظاهر الطبيعية، كالتضاريس، وأنواع الصخور، والتراكيب الجيولوجية، وتوزّع الأمطار. وتسهّل الخرائط تفسير البيانات والمعلومات بدلًا من كتابتها على شكل نصوص؛ لذا تُعدُّ مصدرًا مهمًّا للعديد من المعلومات التي يمكن توظيفها في مجالات متنوعة. وهي معروفة لدى الإنسان منذ القدم، إذ استخدمها البابليون والفراعنة واليونانيون وغيرهم. وتتنوع الخرائط في أغراضها وأنواعها، فمنها: الخرائط الكُنتورية، والخرائط الطبوغرافية، والخرائط الجيولوجية، والخرائط الجيوفيزيائية، والخرائط الجيوكيميائية. وتُعدّ معرفة الخرائط الكُنتورية والخرائط الطبوغرافية؛ مهمة في رسم الخرائط الجيولوجية.

الخرائط الكُنتورية والخرائط الطبوغرافية
Contour and Topographic Maps

تُعرَّف **الخريطة الكُنتورية** Contour Map بأنها خريطة توضّح تضاريسَ سطح الأرض في صور مجسّمةٍ عن طريق استخدام عدد من الخطوط تسمى خطوطَ الكُنتور، أنظرُ الشكل (1). وعند إضافة المظاهر الطبيعية والبشرية على الخريطة تصبح **خريطة طبوغرافية** Topographic Map.



الشكل (1): خريطة كُنتورية تمثّل الارتفاع عن سطح الأرض.
أحدّد أعلى قيمة وأقلّ قيمة لخطوط الكُنتور.

وللخرائط الكُنتورية والطبوغرافية عناصر عدّة، منها:

خط الكُنتور Contour Line: يعرّف الخطُّ الوهميُّ الذي يصل بين مجموعة من النقاط المتساوية في الارتفاع، **بخط الكُنتور Contour Line**. وتمتاز خطوط الكُنتور في الخرائط المتنوعة بأنها لا تتقاطع مع بعضها البعض، وهي تمثّل في الخرائط الطبوغرافية قِيَمًا متساوية في الارتفاع نسبةً إلى سطح البحر، فتكون القِيَم سالبة إذا انخفض منسوب خطّ الكُنتور عن سطح البحر، وتكون موجبة إذا ارتفع منسوب خطّ الكُنتور عن سطح البحر.

الفترة الكُنتورية Contour Interval: تسمّى المسافةُ الرأسيّةُ بين أي خطَّينِ كُنتوريّينِ متتاليَينِ **الفترةَ الكُنتورية Contour Interval**، وهي ثابتة في الخريطة الواحدة، وتختلف من خريطة إلى أُخرى بحسب الغرض من الخريطة.

مقياس الرسم Map Scale: تحتاج الخرائط بأنواعها المتعددة إلى **مقياس رسم Map Scale**، ويُعرَّف بأنه النسبة الثابتة بين طول بُعدَينِ أحدُهما حقيقي على سطح الأرض والآخَر على الخريطة. ويمكن التعبير عن مقياس الرسم بطرائق متعددة مثل: الكتابي، والكسري، والنِّسبي، وبالرسم البياني أو الخطّي، أنظرُ الشكل(2).

المقياس الكتابي 1cm يساوي 1km

المقياس الكسري 1/100000

المقياس النِّسبي 1: 100000

مقياس الرسم البياني أو الخطّي

0 2 km

0 2 km

الشكل (2): يُعبَّر عن مقياس الرسم بطرائق متعددة، مثل: الكتابي، والكسري، والنِّسبي، والرسم البياني أو الخطّي.

الربط بالتكنولوجيا

تُحدَّد النقاط التي تمثّل خطوط الكُنتور وتُرصَد باستخدام نظام الموقع العالمي Global Positioning System (GPS)، وهو نظام يعتمد على استخدام الأقمار الصناعية في تحديد تلك المواقع، ويقوم مبدأ عمل هذا النظام على بث إشارات من الأقمار الصناعية على شكل موجات الميكروويف (موجات كهرمغناطيسية أطوالها الموجية تقع بين الأطوال الموجية لكل من الموجات الراديوية والأشعة تحت الحمراء) تُحدّد الأقمار الصناعية عن طريقها موقعَها وزمن إرسالها، وتستلم أجهزة الاستقبال تلك الإشارات، ثم ترسلها مرة أخرى إلى الأقمار الصناعية، ومن معرفة زمن استقبال الإشارة وإرسالها يُحدَّد بُعدُ القمر الصناعي. وتُستخدَم ثلاثة أقمار صناعية على الأقل في تحديد موقع جهاز الاستقبال بدقّة.

الخرائط الجيولوجية Geological Maps

أفكّر

ما العَلاقة بين تقارب الخطوط الكُنتورية وبين طبيعة التضاريس من حيث شدةُ الانحدار؟

تُعرَّف **الخريطة الجيولوجية** Geological Map بأنها خريطة كُنتورية أو طبوغرافية يمثّل عليها الجيولوجيون البيانات الجيولوجية؛ لإظهار المعالم والمظاهر الجيولوجية المتنوعة، مثل: أنواع الصخور المختلفة، ومَيل الطبقات، والتراكيب الجيولوجية. ويستخدم الجيولوجيون البيانات الموضَّحةَ على الخريطة الجيولوجية في استنتاج نوع الصخور والطبقات الموجودة أسفل سطح الأرض.

تُمثَّل الطبقات الصخرية المختلفة على الخريطة الجيولوجية اعتمادًا على زاوية مَيلِها واتجاه المَيل والمضرب، حيث تكون الطبقات الأفقية موازيةً لخطوط الكُنتور، أمّا الطبقات المائلة والرأسية فتتقاطع مع خطوط الكُنتور بحسب زوايا مَيلها.

أتحقّق: أوضح مفهوم الخريطة الجيولوجية.

وللخريطة الجيولوجية عناصر رئيسة مثلما في باقي الخرائط، إذ يجب أن تحتوي على: العنوان الذي يوضّح الغرض من رسمها، ومقياس الرسم، ودليل الخريطة. وتُستخدم في الخرائط الجيولوجية رموز خاصة بأنواع الصخور والتراكيب الجيولوجية ووضعية الطبقات فيها، ويمكن أيضًا استخدام ألوان خاصة بكل نوع من الصخور، أو دمج الألوان مع الرموز، أنظر الشكل (3) الذي يوضّح بعض الرموز المستَخدمة في الخرائط الجيولوجية.

الشكل (3): الرموز المستخدَمة في الخرائط الجيولوجية.
(A): رموز تمثّل أنواعًا مختلفة من الصخور.
(B): رموز تمثّل تراكيب جيولوجية ووضعية الطبقات فيها.

(A)

نوع الصخر	رمز الصخر
الصخر الرملي.	
صخر الغضار.	
الصخر الطيني.	
صخر الكونغلوميريت.	
صخر البريشيا.	
الصخر الجيري.	
صخر الدولوميت.	
الفحم الحجري.	
الرماد البركاني.	
صخر الغرانيت.	
صخر الشيست.	

(B)

الوصف	الرمز
المضرب والمَيل واتجاه المَيل في الطبقات المائلة.	30°
المضرب والمَيل واتجاه المَيل في الطبقات الأفقية.	
المضرب والمَيل واتجاه المَيل في الطبقات الرأسية.	
طيّة مقعرة.	
طيّة محدبة.	

الشكل (4): البوصلة الجيولوجية المستخدَمة في تحديد وضعية الطبقات الصخرية.

المَيل والمضرب واتجاه المَيل

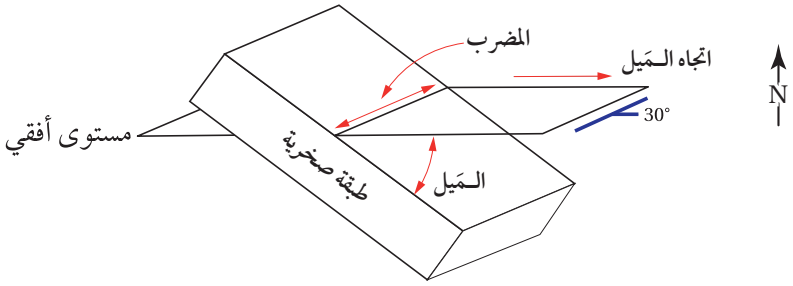
Dip, Strike and Dip Direction

تعلمتُ سابقًا أن الطبقات الرسوبية في الطبيعة تتكوّن بصورة أفقية، ولكنها إذا تعرضت إلى إجهادات مختلفة فإنها تتشوَّه، فقد تميل، أو تنثني، أو تتصدّع، ولتعرّف وضعية الطبقات Attitude of Layers في الطبيعة بشكل عام تُحدَّد ثلاثة متغيرات وهي: المَيل، والمضرب واتجاه المَيل، وتُستخدَم البوصلة الجيولوجية لقياس هذه المتغيرات، أنظر الشكل (4).

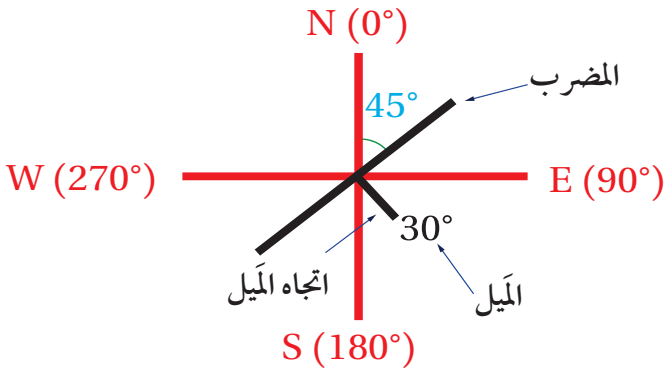
يُعرَّف **المَيل** Dip بأنّه أكبر زاوية يصنعها سطح الطبقة العُلوي مع المستوى الأفقي، وتُعَدُّ الطبقة مائلة إذا كانت الزاوية أقلَّ من 90° وأكثرَ من 0°. ويُسمّى الاتجاهُ الجغرافيُّ لمَيل الطبقة **اتجاهَ المَيل** Dip Direction، أما **المضرب** Strike فهو الخطّ الناتج من تقاطع سطح الطبقة المائلة مع المستوى الأفقي، وهو يمثّل امتداد الطبقة، ويتعامد دائمًا مع اتجاه المَيل، وتُحدَّد قيمته بانحرافه عن الشمال الجغرافي، أنظر الشكل (5).

أفكّرُ

ما قيمة المَيل لكل من: الطبقة الأفقية، والطبقة الرأسية؟



الشكل (5): يُستخدَم كلّ من المَيل واتجاه المَيل والمضرب في تحديد وضعية الطبقات.
أحدّد: ما العَلاقة بين المضرب واتجاه المَيل؟



الشكل (6): الرمز المستخدَم لتمثيل قيمة كلّ من المَيل واتجاه المَيل والمضرب للطبقات على الخرائط الجيولوجية.

أستنتج: هل توجد عَلاقة بين المَيل واتجاه المَيل؟

يُحدّد الجيولوجيون كلًّا من المَيل واتجاه المَيل والمضرب للطبقات ويمثّلونها على الخرائط الجيولوجية باستخدام رموز معينة، أنظر الشكل (6)، الذي يمثّل رموز المضرب والمَيل واتجاه المَيل، إذ يشير الخطّ الطويل إلى اتجاه المضرب، والخطّ القصير إلى اتجاه المَيل، أمّا الرقم المجاور للخط القصير فيشير إلى المَيل. وكما ذكر سابقًا، يُقاس كل من: المَيل، واتجاه المَيل، والمضرب للطبقات باستخدام البوصلة الجيولوجية، التي تقيس اتجاه المضرب واتجاه المَيل على شكل زاوية محصورة بين اتجاه سطح الطبقة واتجاه الشمال الجغرافي وتحتوي البوصلة على جهاز مقياس المَيل Clinometer يتم من خلاله قياس مَيل الطبقة.

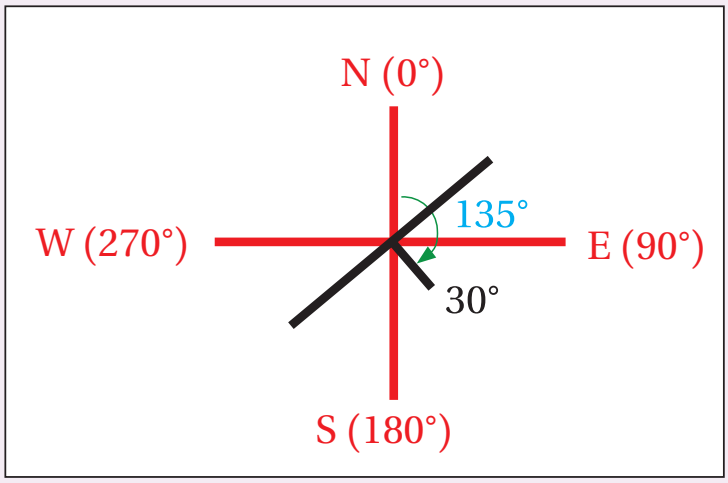
ألاحظ في الشكل (6) أنّ لمضرب الطبقة قيمتين تمثّلان اتجاهَينِ هما: 45° ، و225° ؛ أي (شمال شرق – جنوب غرب)، أمّا المَيل فيساوي 30° باتجاه الجنوب الشرقي. وغالبًا ما يُحدّد الجيولوجيون اتجاهًا واحدًا فقط للمضرب، وعادة تُؤخَذ القراءةُ الأصغرُ.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضّح العَلاقة بين المتغيرات الثلاثة: المَيل، واتجاه المَيل، والمضرب، ثُمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

أتحقّق: أحدّد: ما اتجاه مضرب طبقة ما إذا كانت قيمة زاوية المضرب المَقيسة باستخدام البوصلة الجيولوجية تساوي (0°)؟

مثال

يمثّل الشكل الآتي مضربَ إحدى الطبقات ومَيلَها واتجاهَ مَيلها. فإذا علمتُ أن قيمة اتجاه المَيل تساوي (135^o) فأجد:



1. قيمة مضرب الطبقة.
2. الاتجاه الجغرافي لمضرب الطبقة.
3. قيمة مَيل الطبقة.
4. اتجاه مَيل الطبقة.

الحل:

1. لأن قيمة اتجاه المَيل تساوي 135^o فإن:

قيمة المضرب الصغرى تساوي:

$135^o - 90^o = 45^o$

وقيمة المضرب الكبرى تساوي:

$135^o + 90^o = 225^o$

2. الاتجاه الأول للمضرب: شمال شرق، أمّا الاتجاه الثاني له فهو: جنوب غرب.
3. مَيل الطبقة يساوي : 30^o
4. اتجاه مَيل الطبقة : جنوب شرق.

تمرين

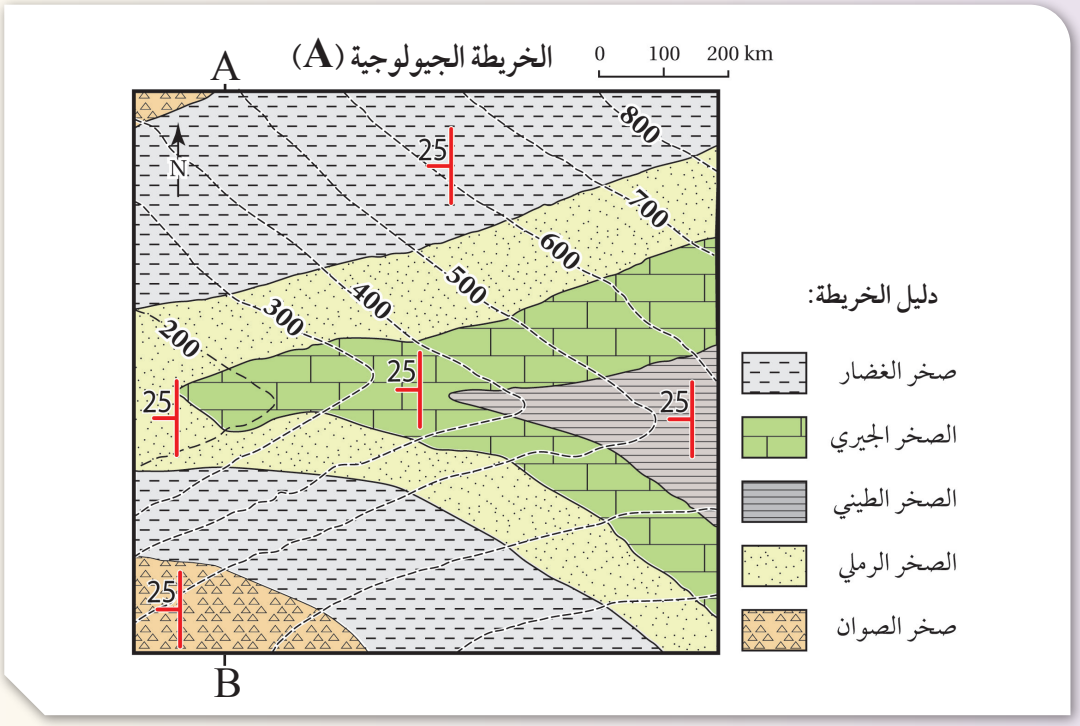
إذا علمتُ أن قيمةَ المضرب لطبقة من الصخر الجيري تساوي 25^o، وقيمةَ مَيل الطبقة تساوي 55^o باتجاه شمال غرب. فأجد: قيمة المضرب الأخرى، وقيمة اتجاه المَيل، ثم أرسم رمز المضرب والمَيل واتجاه المَيل.

ولتعرّف خصائص الخرائط الجيولوجية أنفّذ النشاط الآتي:

نشاطٌ

خصائص الخرائط الجيولوجية

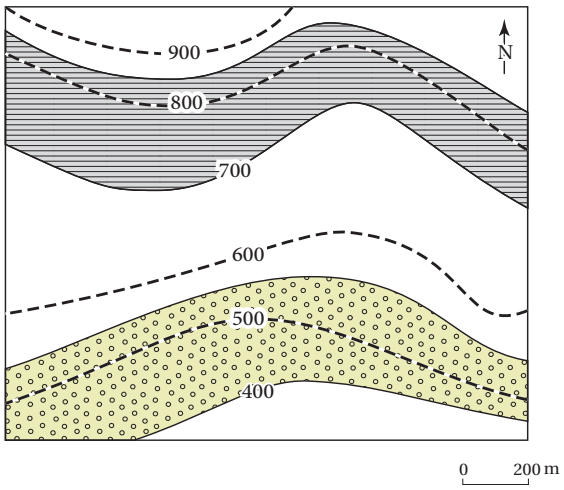
يستخدم الجيولوجيون الخرائطَ الجيولوجيةَ لدراسةِ المناطق المتعددة وتعرُّفِ خصائصها الجيولوجية، مثل: أنواع الصخور، ووضعية الطبقات (مَيلها)، والتراكيب الجيولوجية، ويمثّل الشكل الآتي إحدى هذه الخرائط. أدرس الشكل، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد نوع مقياس الرسم في الخريطة الجيولوجية.
2. **أستنتج** اتجاه المَيل والمضرب لطبقة الصخر الرملي.
3. أحدّد أعلى قيمة وأقلّ قيمة لارتفاع الصخور المتكشفة في الشكل.
4. **أستنتج:** أفترض أن مقطعًا عرضيًّا رُسِم بين النقطتين (A,B)، ما الشكل الطبوغرافي الذي سيظهر اعتمادًا على قيم خطوط الكنتور؟
5. **أفسر:** هل الطبقات الظاهرة في الخريطة أفقية أم مائلة؟ لماذا؟

الخريطة الجيولوجية (B)



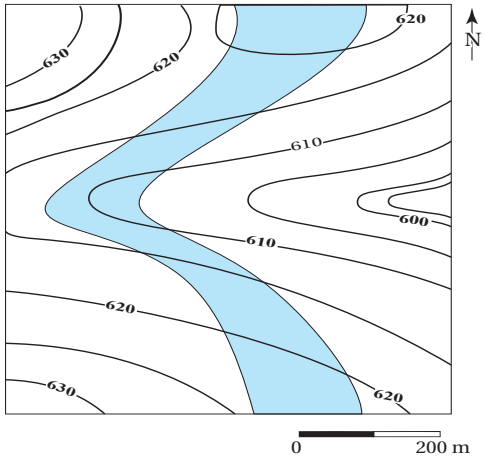
الشكل (7): خريطة جيولوجية تمثّل طبقات أفقية.
أستنتج العَلاقة بين خطوط الكُنتور وسطوح الطبقات الأفقية الظاهرة في الخريطة.

المقطع العرضي الجيولوجي Geological Cross Section

يُعرَّف المقطع العرضي الجيولوجي بأنّه مقطع رأسي لصخور منطقةٍ ما يوضِّح ترتيبَ الطبقات المتكشفة على سطح الأرض أو تحت سطح الأرض وشكلَها كما تمثّله الخريطة الجيولوجية. وقد تعلمتُ أنه يوجد نوعان من الخرائط الجيولوجية، أحدهما خرائط تمثّل طبقاتٍ أفقيةً تكون الطبقات فيها موازية لخطوط الكُنتور، أنظر الشكل (7). وتُمثَّل الطبقات الأفقية في المقطع الجيولوجي برسم خطوط أفقية متوازية، مع الأخذ في الحسبان سُمك كل طبقة وعلاقتها بخطوط الكُنتور، والآخَر طبقات مائلة تتقاطع فيها الطبقات مع خطوط الكُنتور بزوايا مختلفة، أنظر الشكل (8).

✓ **أتحقّق:** أحدّد العَلاقة بينَ خطوط الكُنتور وبينَ سطوح الطبقات المائلة في الخرائط الجيولوجية.

الخريطة الجيولوجية (C)



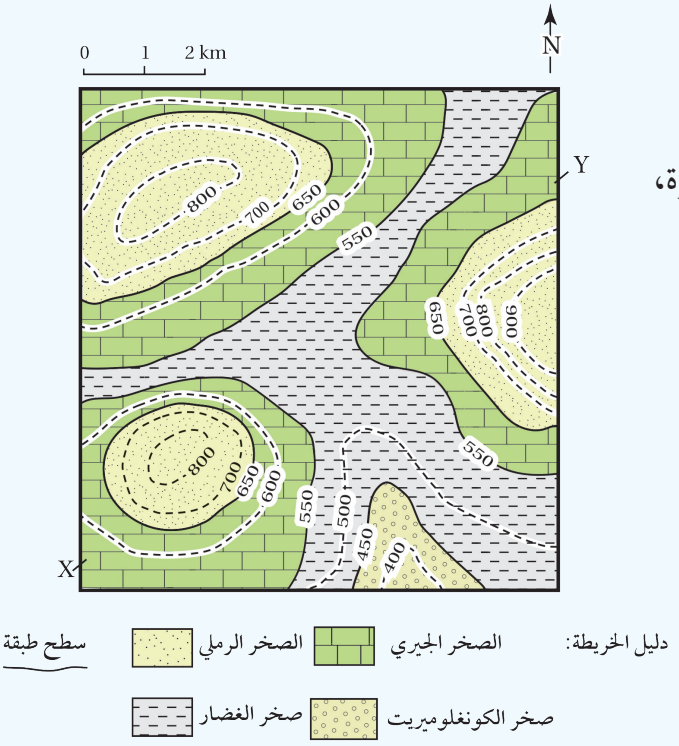
الشكل (8): تتقاطع حدود الطبقات مع خطوط الكُنتور في الخرائط الجيولوجية التي تمثّل طبقات مائلة.

ولتعرّف كيفية رسم مقطع جيولوجي يمثّل طبقات أفقية أنفّذ التّجربة الآتية:

التّجربة 1

مقطع جيولوجي لطبقات أفقية

الموادّ والأدوات: خريطة جيولوجية، مسطرة، ورق رسم بياني.



دليل الخريطة: الصخر الجيري، الصخر الرملي، سطح طبقة، صخر الغضار، صخر الكونغلوميريت

خطوات العمل:

1. أدرس الخريطة الجيولوجية التي تمثّل طبقاتٍ أفقيةً موازيةً لخطوط الكُنتور.
2. أرسم مقطعًا عرضيًّا يوضح المظاهر الطبوغرافية بينَ النقطتَينِ (X -Y) على الخريطة مثلما نفّذتُه في التجربة الاستهلاليّة.
3. أضع الطرَف العُلوي لورقة الرسم البياني على امتداد الخط المستقيم، وأحدّد نقاط تقاطع حدود الطبقات الصخرية المتكشفة الظاهرة في الخريطة الجيولوجية، ثم أنقل مواقع النقاط على الخط الطبوغرافي الذي يمثّل سطح الأرض.
4. أرسم الطبقات الأفقية، وذلك برسم خطّ أفقي على امتداد النقاط المحدَّدة يمثّل سطحَ كل طبقة من الطبقات بحسب ارتفاعها، باستعمال المسطرة والاستعانة بمقياس الرسم.
5. أضع رموز كل طبقة كما في دليل الخريطة الموجود أسفلها.

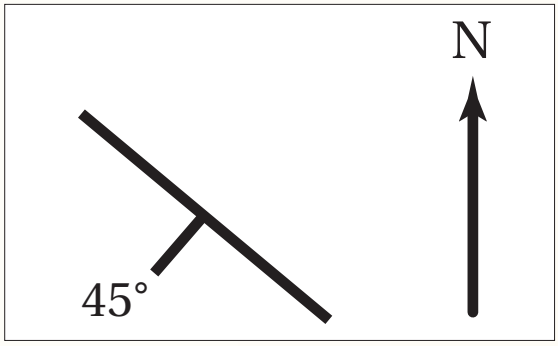
التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد أحدثَ الطبقات وأقدمَها في المقطع العرضي.
2. **أستنتج** العَلاقة بينَ خطوط الكُنتور وبينَ سطوح الطبقات.
3. **أحسُب** سُمك طبقة الصخر الجيري في المقطع العرضي للخطّ المستقيم (X -Y).

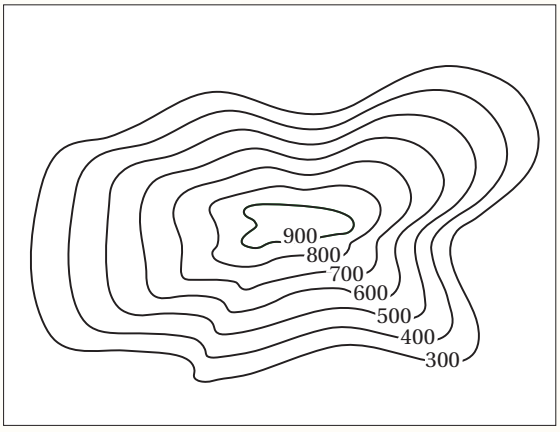
ألاحظ بعد تنفيذي للتجربة أنّ رسم الطبقات الأفقية في المقطع العرضي الجيولوجي تم برسم خطوط أفقية متوازية، مع الأخذ في الحسبان سُمكَ كل طبقة وعلاقتَها بخطوط الكُنتور.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة**: أذكر ثلاثة عناصر يجب توافرها في الخريطة الجيولوجية.
2. **أقارن** بَينَ الخريطة الكُنتورية والخريطة الطبوغرافية من حيث مكوِّناتُ كلٍّ منهما.
3. أعبّر عن مقياس الرسم الآتي: كلّ 1cm على الخريطة يساوي 20 km في الطبيعة بطريقة المقياس النِّسبي.
4. أدرس الشكل الآتي الذي يمثّل وضعية إحدى الطبقات الرسوبية، ثم أجد قيمة كلٍّ من المَيل والمضرب، علمًا أن زاوية اتجاه المَيل تساوي 225°.



5. أرسم رمز الطبقة الرأسية.
6. **أستنتج** :هل يوجد مضرب للطبقة الأفقية؟ لماذا؟
7. **أستنتج** المظهر الطبوغرافي في الخريطة الكُنتورية الآتية:



الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

تحتوي صخور القشرة الأرضية على خامات معدِنية عدّة، وتُستخدَم طرائق الاستكشاف الجيولوجي المختلفة في البحث عنها؛ لاستثمارها، والاستفادة منها.

نتاجات التعلّم:

- أتعرّف طرائق الاستكشاف الجيولوجي: الجيوفيزيائية، والجيوكيميائية.
- أوضّح أهمية الطرائق الجيوفيزيائية والجيوكيميائية في البحث عن الخامات المعدِنية.

المفاهيم والمصطلحات:

الخامات المعدِنية	Ore Minerals
التنقيب	Prospecting
الاستكشاف	Exploration
الشواذّ الجيوفيزيائية	Geophysical Anomalies
العتبة	Threshold
هالات التشتّت	Dispersion Halos

✓ **أتحقّق:** أوضّح المقصود بالخامات المعدِنية.

الخامات المعدِنية Ore Minerals

أدّت الزيادة في عدد سكان العالم وما تبعها من تطور في النشاط الصناعي إلى ضرورة البحث عن مزيد من الخامات المعدِنية في صخور القشرة الأرضية؛ لسدّ الطلب المتزايد عليها، وإدخالها في عجلة التنمية، والنهوض بالاقتصاد العالمي. فما المقصود بالخامات المعدِنية؟ وما طرائق البحث عنها؛ لاستخراجها والاستفادة منها؟

تُعرَّف **الخامات المعدنية Ore Minerals** بأنّها تجمّعات معدِنية توجد بأشكال وحجوم متعدّدة في صخور القشرة الأرضية بتراكيز تسمح باستثمارها اقتصاديًّا، وقد تكون هذه الخامات المعدِنية خاماتٍ فلزّيةً أو خاماتٍ لافلزّيةً، وتُستخدَم طرائق الاستكشاف الجيولوجي للبحث عنها؛ بغرض استثمارها اقتصاديًّا مثل: خامِ الحديد، وخامِ النحاس، وخامِ الفوسفات. ويمتاز الأردن بوجود كثيرٍ من الخامات المعدِنية بما فيها الخاماتُ الفلزّيّةُ، مثل خامات الحديد والنحاس، والخامات اللّافلزّيّة مثل: الفوسفات، والصخر الجيري النقي، والصخر الزيتي، واليورانيوم، أنظر الشكل (9).

الشكل (9): صخور جيرية من منطقة سواقة في وسط الأردن تحتوي على خام اليورانيوم.

الاستكشاف الجيولوجي Geological Exploration

تَمُرّ عملية الاستكشاف الجيولوجي بمرحلتَينِ أساسيتَينِ للبحث عن الخامات المعدِنية والتوصّل إلى أماكن توزُّعها، المرحلة الأولى تُسمّى عملية **التنقيب Prospecting**، وهي عملية مباشرة وغير مباشرة يحدَّد عن طريقها الأماكن المحتمَلة لتوزّع الخامات المعدِنية، وذلك باستخدام الصوَر الجوّية والخرائط الجيولوجية، وجمع عيّنات من الصخور والتربة من سطح الأرض، ودراسة خصائصها الفيزيائية والكيميائية. أمّا المرحلة الثانية فتُسمّى **الاستكشاف Exploration**، وهي عملية يتوجه فيها الجيولوجيون إلى المناطق التي حددتها عمليات التنقيب؛ للبحث التفصيلي عن الخامات المعدِنية التي يمكن أن تكون موجودة فوق سطح الأرض، أو تحته؛ لتحديد قيمتها الاقتصادية، وفي هذه العملية تُعرَف خصائص الصخور، والتراكيب الجيولوجية المختلفة، واحتمالية توافر المياه الجوفية في المنطقة؛ وذلك لتجنّب مشكلات عديدة يمكن مواجهتها أثناء عملية استخراج الخامات المعدِنية. ويتمّ الاستكشاف بطريقتين هما: الاستكشاف الجيوفيزيائي، والاستكشاف الجيوكيميائي، أنظر الشكل (10).

أفكّر

كيف تساعد دراسة أنواع الصخور والتراكيب الجيولوجية المتوافرة في منطقة ما على تقليل الوقت والجهد في عملية الاستكشاف الجيولوجي للخامات المعدِنية في تلك المنطقة؟

الشكل (10): استكشاف اليورانيوم في منطقة وسط الأردن.

الاستكشاف الجيوفيزيائي Geophysical Exploration

يهدف الاستكشاف الجيوفيزيائي إلى البحث عن الخامات المعدِنية في المنطقة قيد الدراسة التي تحمل صفات فيزيائية مغايرة عن الصخور المضيفة لها، ويعتمد الاستكشاف الجيوفيزيائي على الخصائص الفيزيائية لتلك الخامات، إذ تحدّد هذه الخصائص طريقةَ الاستكشاف الجيوفيزيائي المراد استخدامه للكشف عنها.

ولتعرّف بعض هذه الخصائص الفيزيائية وطرق الاستكشاف الجيوفيزيائي المستخدَمة في الكشف عن الخامات المعدِنية، أنظر الجدول (1).

الجدول (1)* : الخصائص الفيزيائية للخامات المعدِنية وطرق الاستكشاف الجيوفيزيائي المستخدَمة في الكشف عنها.

الخاصّية	المادة المراد استكشافها (الصخر، المعدِن)	طريقة المسح الجيوفيزيائي	الأعماق المَقيسة
المغناطيسية	معدِن الماغنيتيت، الصخور فوق القاعدية الغنية بالحديد.	المسح المغناطيسي	0 – 20 km
الموصلية الكهربائية	الكبريتيدات، الغرافيت، الماء المالح في شقوق الصخور.	المسح الكهرمغناطيسي والمسح الكهربائي	0 - 0.01 km
الكثافة	الكبريتيدات، الباريت، السلفايت.	المسح الجاذبي	أعماق ضحلة
الإشعاعية	الصخور والمعادِن التي تحتوي على كل من (البوتاسيوم، الفلسبار، اليورانيوم، الثوريوم).	المسح الإشعاعي	0 - 0.30 km
سرعة الموجات الزلزالية	الكبريتيدات الكتلية.	المسح الزلزالي	0 -10 km

* الجدول للمطالعة الذاتية.

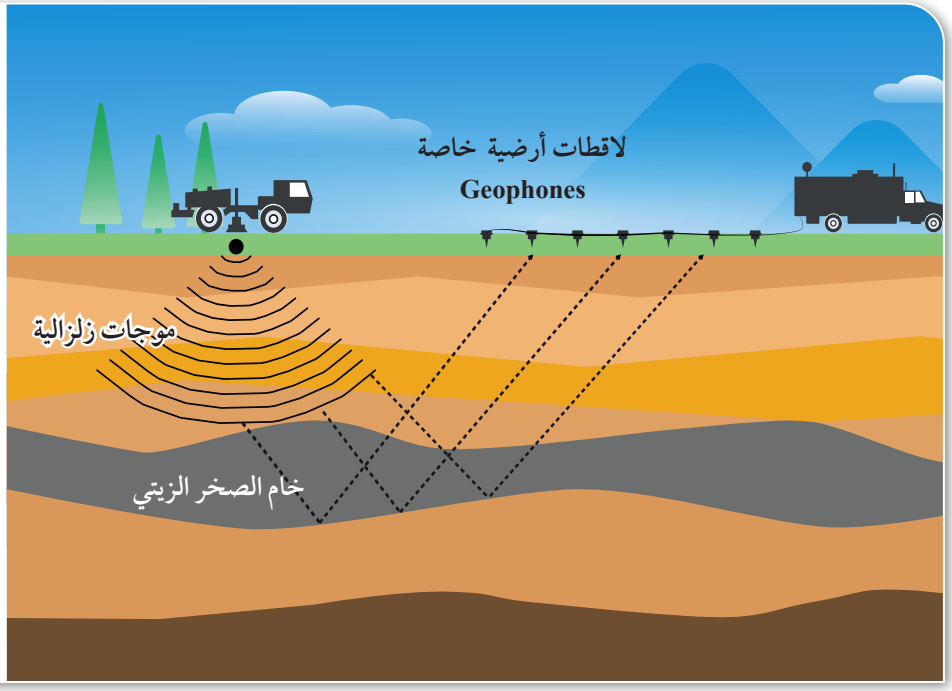
يتبيّن من الجدول (1) وجود عدّة مسوح جيوفيزيائية تُستخدَم في الكشف عن الصخور والخامات المعدِنية اعتمادًا على خصائص معيّنة، فالمسح المغناطيسي يعتمد على الخاصّية المغناطيسية للصخور والخامات المعدِنية، والمسح الكهرمغناطيسي والمسح الكهربائي يعتمدان على الموصلية الكهربائية لها، والمسح الجاذبي يعتمد على خاصّية الكثافة، أمّا المسح الإشعاعي فيعتمد على الخاصّية الإشعاعية، والمسح الزلزالي يعتمد على خاصّية سرعة الموجات الزلزالية فيها. أنظر الشكل (11) الذي يوضِّح أحد أنواع المسح الزلزالي .

تُحلَّل القِيَمُ الجيوفيزيائية المجموعةُ من المسوح المختلفة عن طريق إعداد خرائط كُنتورية لها، وحصر المساحات التي تمثّل الشواذّ الجيوفيزيائية وبالتالي أماكن توزّع الخام، وتُعرَّف **الشواذّ الجيوفيزيائية Geophysical Anomalies** بأنّها القِيَمُ غيرُ الطبيعية المجموعةُ أثناء عملية المسح الجيوفيزيائي، إذ تختلف قيمتها عن القِيَم التي حولها في المنطقة، وتوصف الشاذّة الجيوفيزيائية بأنّها موجِبة إذا كانت قيمتها أكبرَ من القِيَم الطبيعية في المنطقة، وأنّها سالبة إذا كانت قيمتُها أقلَّ من القِيَم الطبيعية في المنطقة.

أفكّرُ

تدلّ الشواذّ الجيوفيزيائية على أماكن توزّع الخامات المعدِنية. هل الشاذّة الجيوفيزيائية السالبة تعني أن القِيَم الجيوفيزيائيةَ المجموعةَ ذاتُ قِيَم سالبة؟

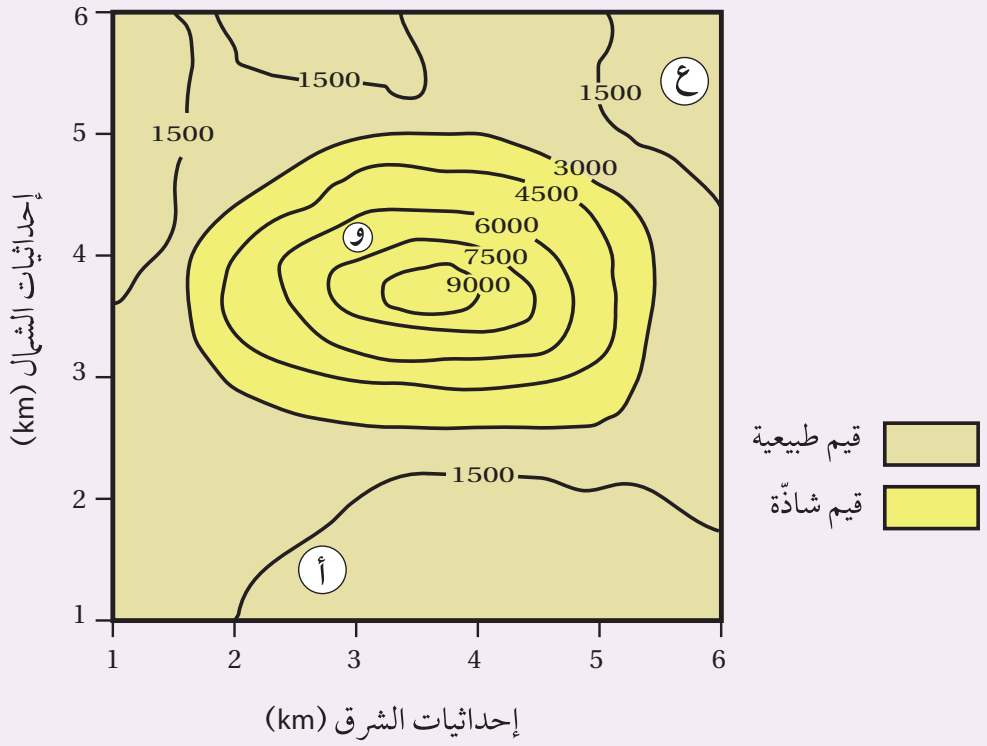
أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضّح آلية المسح الزلزالي، ثُمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفّ.



الشكل (11): آلية المسح الزلزالي.
أشرح كيف يُكشَف عن خام الصخر الزيتي بوساطة المسح الزلزالي.

مثال

يمثّل الشكل الآتي خريطة تساوي قيم جيوفيزيائية مغناطيسية تُقاس بوَحدة الغاما (γ). أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1 . أحدّد القِيَم الجيوفيزيائية الطبيعية.

2 . أحدّد القِيَم الجيوفيزيائية الشاذّة.

3 . **أستنتج** نوع الشاذّة الجيوفيزيائية.

4 . **أتوقّع** أيُّ المناطق (أ، و، ع) يُحتمَل وجود الخام فيها.

الحل:

1. القيم الجيوفيزيائية الطبيعية هي القيم الأقل من γ 3000.

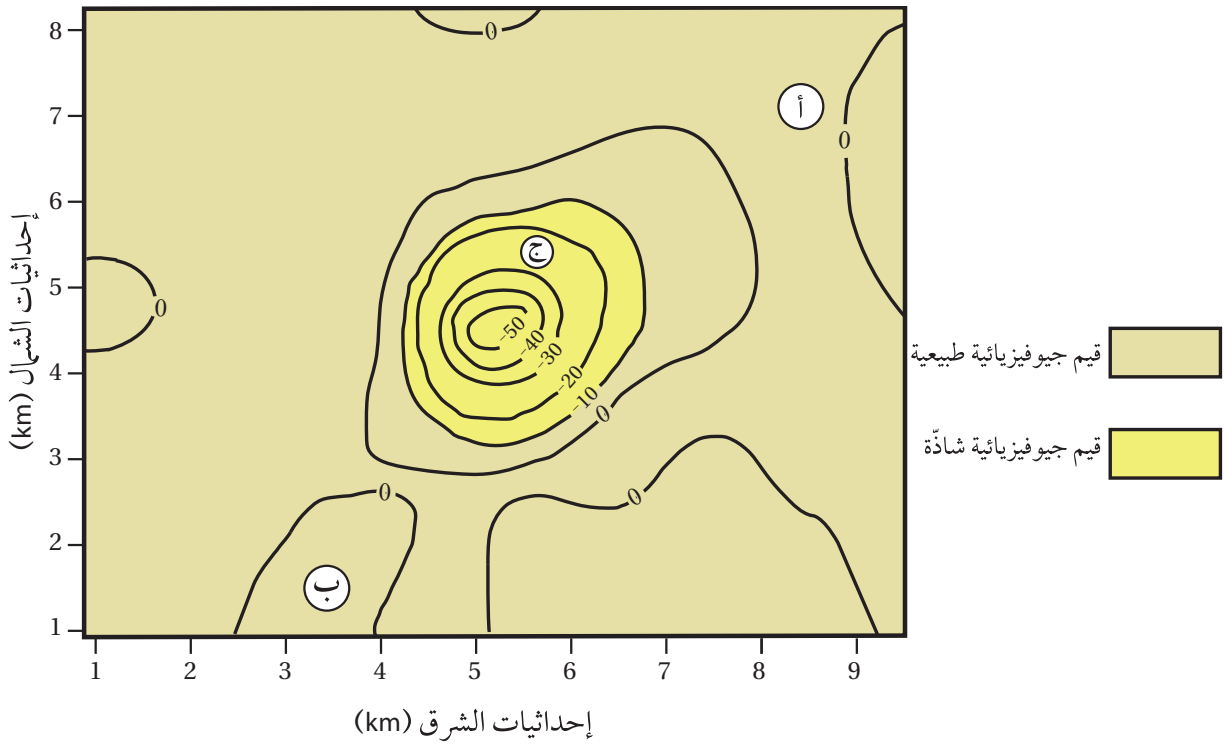
2. القيم الجيوفيزيائية الشاذّة هي القيم التي تزيد قيمتها على γ 3000.

3. نوع الشاذّة موجبة؛ وذلك لأنها أعلى من القيم الجيوفيزيائية الطبيعية.

4. المنطقة (و) هي المنطقة التي يُحتمل وجود الخام فيها.

تمرين

يمثّل الشكل الآتي خريطة تساوي قيم جيوفيزيائية جاذبية تُقاس بوَحدة الملليغال (mGal)، سببُها وجود قبة ملحية تحت سطح الأرض. أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1 . أحدّد القِيَم الجيوفيزيائية الطبيعية.

2 . أحدّد القِيَم الجيوفيزيائية الشاذّة.

3 . **أستنتج** نوع الشاذّة الجيوفيزيائية.

4 . **أتوقّع** أيُّ المناطق (أ، ب، ج) يُحتمَل وجود الخام فيها.

أتحقّق: أحدد الخصائص الفيزيائية للخامات المعدنية التي يعتمد عليها الاستكشاف الجيوفيزيائي للبحث عنها.

الاستكشاف الجيوكيميائي Geochemical Exploration

أفكّر

متى يلجأ الجيولوجيون إلى استخدام الاستكشاف الجيوكيميائي للبحث عن الخامات المعدِنية؟

يُعَدُّ الاستكشاف الجيوكيميائي من الطرق المهمة للبحث عن الخامات المعدِنية، وخاصة الفلزّية منها التي توجد بتراكيز قليلة ولا يمكن الكشف عنها باستخدام الاستكشاف الجيوفيزيائي. ويتم في هذا النوع من الاستكشاف إجراء تحليل كيميائي للصخور والتربة ورواسب الأنهار والبحيرات، بحيث تعطي نتائج التحليل شواذَّ جيوكيميائيةَ تكون قيمتها أعلى دائمًا من القِيَم الجيوكيميائية الطبيعية في المنطقة، وتدلّ على وجود الخامات المعدِنية، وتبيّن تراكيزَها وأماكن انتشارها في المنطقة.

يتم الاستكشاف الجيوكيميائي بطرائق متعددة منها: الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العيّنات الصخرية، والاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام عيّنات التربة، والاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام المياه الجوفية، وغيرها.

الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العيّنات الصخرية
Geochemical Exploration Using Rock Samples

تعتمد عملية الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العيّنات الصخرية على تحليل المحتوى المعدِني الموجود في الصخور؛ لتحديد المناطق المناسبة لتوافر الصخور التي تحتوي على عناصر معيّنة بتراكيزَ عاليةٍ تدلّ على وجود الخام، وتُسمّى هذه العناصر العناصرَ الدالّةَ؛ إذ تعطي قِيَمًا جيوكيميائية شاذّة أعلى من القِيَم الجيوكيميائية الطبيعية المجاورة لها، فمثلًا: وجود عناصر النحاس والكبريت والزئبق بقِيَم شاذّة قد تكون دالّةً على وجود خام الذهب، وتُسمّى القيمة التي تتغير عندها القِيَم الطبيعية إلى قِيَمٍ شاذّةٍ **العتبةَ Threshold**.

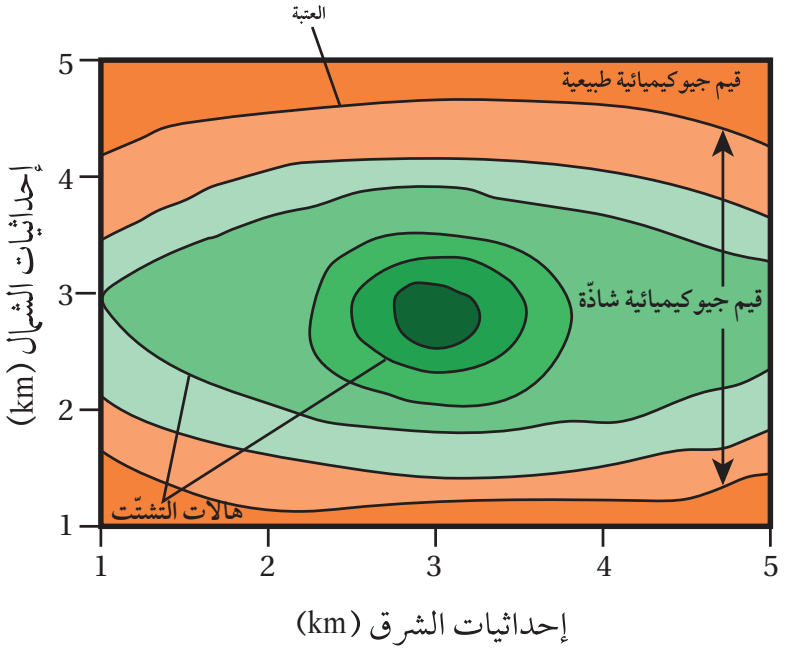
وغالبًا ما يحدث انتشار للعناصر والغازات الدالّة على الخامات المعدِنية من الصخور المضيفة لها إلى المناطق المجاورة على شكل هالات تُسمّى **هالات التشتّت Dispersion Halos**، بحيث تتناقص قِيَمُ الشواذّ الجيوكيميائية كلما ابتعدنا عن أماكن وجود الخامات المعدِنية حتى تصبح مساوية للقِيَم الطبيعية.

وقد تتشكّل هالات التشتّت أثناء تشكّل الخامات المعدِنية من المحاليل الحرمائية التي تتخلّل الصخورَ، إذ يقلّ تركيز الخامات المعدِنية والعناصر الدالّة عليها أثناء حركة هذه المحاليل الحرمائية بعيدًا عن مركز الخام، وقد تتشكّل نتيجة تعرّض الصخور المضيفة للخامات المعدِنية والعناصر الدالّة عليها لعمليات التجوية والتعرية المختلفة، ثم تُنقَل إلى المناطق المجاورة ما يؤدي إلى انتشارها في مناطق أوسع، أنظر الشكل (12). ومن الأمثلة على هالات التشتّت الهالة الموجودة في مقاطعة (أوتاوا) في الولايات المتحدة التي تحتوي على العناصر الآتية: الرصاص، والخارصين، والنحاس وتمتدّ (30 m) حول الصخور التي تحتوي على خامات معدِنية.

وقد كشف المسح الجيوكيميائي في الأردن من قبل سلطة المصادر الطبيعية (NRA) عن وجود تراكيز عالية من الذهب على الطرف الشمالي من الدرع العربي النوبي في جنوب الأردن، إذ ظهرت القِيَم الشاذّة الجيوكيميائية في الصخور البركانية الفلسية في منطقة وادي أبو خشيبة، ووادي الحور، ووادي صبرا.

الرّبط بالبيئة

يتبع عمليّتَي التنقيب عن المعادِن واستكشافها عمليةٌ تُسمّى التعدينَ، وهي عملية استخراج الخامات المعدِنية من باطن الأرض، وتشتمل هذه العملية على عمليات متعدّدة، منها: الحَفْر وبناء الأنفاق، وإنشاء الخطوط الحديدية، وتركيب الآلات، وتشييد المباني. وتؤدي هذه العمليات المتعدّدة إلى تدمير مَواطن الكائنات الحية، وتلوّث كلّ من المياه الجوفية والمياه السطحية، وتلوث التربة، إضافة إلى الإضرار بصحّة السكان الذين يقطنون في المنطقة القريبة منها.



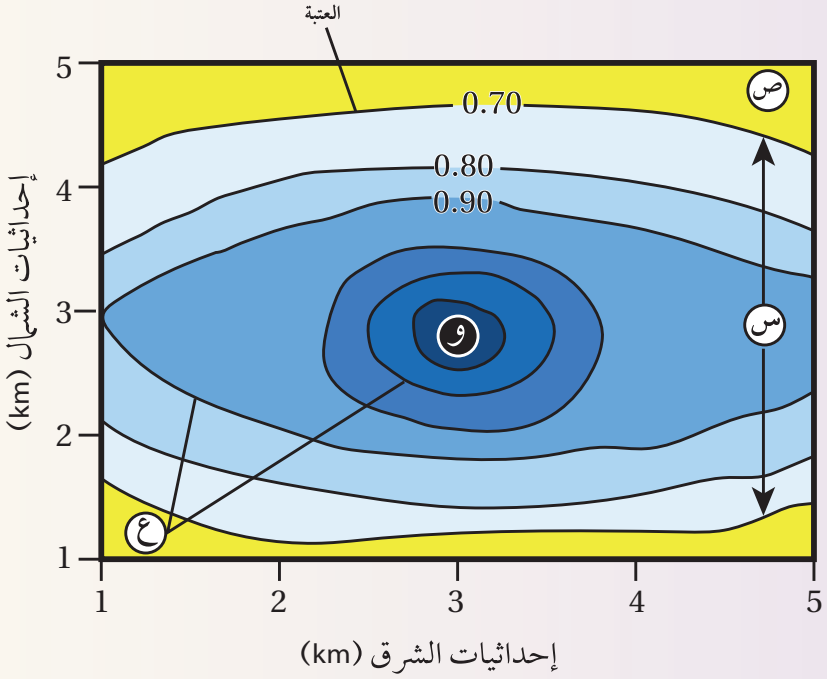
الشكل (12): هالات التشتّت الجيوكيميائي. (يمثّل كل لون تركيزًا مختلفًا للمعدِن).

وبعد الانتهاء من عملية الاستكشاف الجيوكيميائي، يبدأ تحليل البيانات الجيوكيميائية المجموعةِ بطرائق عدّة، مثل الطريقة الإحصائية أو رسم خرائط تساوي القِيَم Isopleth Maps؛ وذلك لتحديد مواقع الخامات المعدِنية. ولأتعرّف كيفية تحليل البيانات الجيوكيميائية برسم خرائط تساوي القِيَم الجيوكيميائية أنفّذ النشاط الآتي:

نشاطٌ

تحليل بيانات جيوكيميائية باستخدام خرائط تساوي القِيَم

يوضّح الشكل الآتي خريطة تساوي قيم جيوكيميائية تمثّل تحليلًا لبيانات تركيز أحد الخامات بالنسبة المئوية (%) جُمعت عن طريق الاستكشاف الجيوكيميائي أثناء البحث عن ذلك الخام . أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

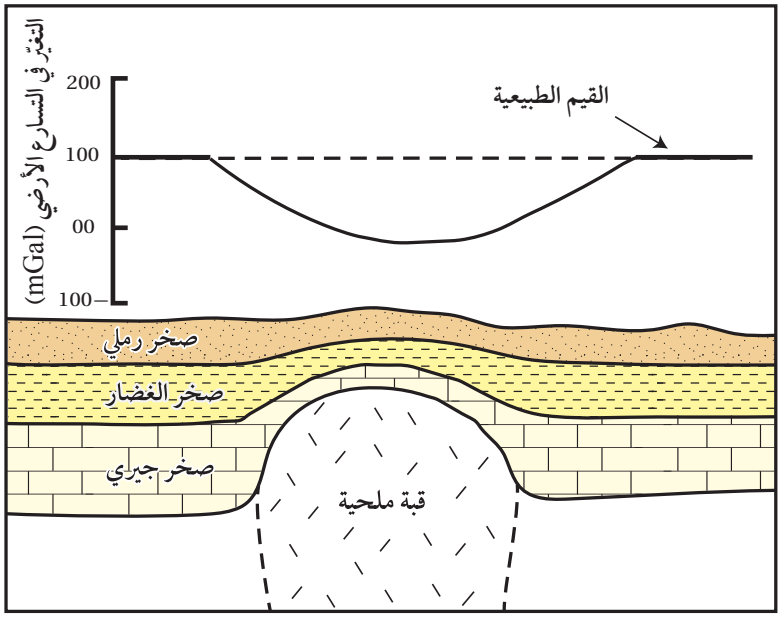


التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد قيمة العتبة في الشكل.
2. **أصف** تركيز الخام كلّما ابتعدنا عن النقطة (و).
3. أبيّن ماذا تُسمّى القِيَم التي تمثّلها كلّ من (س، ص).
4. **أفسّر** كيف تتشكّل هالتا التشتّت الجيوكيميائي (ع).

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أذكر طرائق الاستكشاف الجيولوجي المستخدمة في البحث عن الخامات المعدِنية.
2. أوضّح المقصود بكل من: العتبة، وهالات التشتّت، والشواذّ الجيوفيزيائية.
3. **أفرّق** بين مفهومي: الاستكشاف، والتنقيب.
4. أوضّح متى توصف الشاذّة الجيوفيزيائية بأنّها موجِبة.
5. يبيّن الشكل الآتي شواذّ جيوفيزيائية كُشِف عنها باستخدام المسح الجاذبي. أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ) أحدّد كلًّا من: القِيَم الجيوفيزيائية الطبيعية، والقِيَم الجيوفيزيائية الشاذّة.

ب) **أستنتج** نوع الشاذّة الجيوفيزيائية.

ج) **أفسّر** سبب تكوُّن الشاذّة الجيوفيزيائية.

د) **أتوقّع:** هل يجب تكشّفُ الخامِ على سطح الأرض حتى يُكشَفَ عنه باستخدام طرائق الاستكشاف الجيوفيزيائي المتعدّدة؟

استكشاف اليورانيوم في الأردن
Exploration of Uranium in Jordan

أظهرت أعمال المسح الإشعاعي الجوي وجود قِيَم إشعاعية شاذّة في مناطق عدّة في المملكة الأردنية الهاشمية، منها منطقة وسط الأردن، دلّت على وجود خامات اليورانيوم فيها ضمن الصخور الجيرية الهشة، بمساحة تُقدَّر بنحو $667\ km^2$، في طبقتين: إحداهما سطحية، والأخرى عميقة.

استُخدِمت طريقتا الاستكشاف الجيوفيزيائي والاستكشاف الجيوكيميائي في البحث عن خامات اليورانيوم، إذ استُخدِمت طريقة الاستكشاف الجيوكيميائي في استكشاف اليورانيوم في الطبقة السطحية عن طريق حفر الخنادق الاستكشافية بعمق ستة أمتار لجمع العينات الصخرية، ثم تحليلها مخبريًّا؛ لتحديد تركيز اليورانيوم والعناصر الأخرى المصاحبة له. أما في الطبقة العميقة فقد استُخدِمت طريقة المسح الإشعاعي الجيوفيزيائي عن طريق حفر الآبار الاستكشافية وأخذ القراءات الإشعاعية لأشعة غاما باستخدام مسابر جيوفيزيائية، وبعد ذلك تُحوَّل قِيَم الإشعاع المَقيس إلى تركيز مكافئ لليورانيوم.

وأثبتت أعمال الاستكشاف ودراسات تقدير الخامات أن كميات اليورانيوم في منطقة وسط الأردن تُقدَّر بنحو 41 ألف طنّ من أكسيد اليورانيوم (U_3O_8)، بمعدّل تركيز 154 جزءًا من المليون في الطبقة السطحية، و127 جزءًا من المليون في الطبقة العميقة.

وتشكل كميّات اليورانيوم المستكشَفة فقط في منطقة وسط الأردن ما نسبته 1% من النسب العالمية لموارد اليورانيوم.

الكتابة في الجيولوجيا

أكتب فقرة عن استكشاف اليورانيوم في الأردن، ثم أعرض ما كتبته على زملائي/ زميلاتي في الصف.

السؤال الأوّل:

أضعُ دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. من خصائص خطوط الكُنتور:

أ) أنّها تتقاطع مع بعضها بعضًا.

ب) أنّها تكون على شكل مُنحنيات مفتوحة النهاية.

ج) أن القِيَم المتقاربة تدل على قلة انحدار سطح الأرض.

د) أن القِيَم الموجبة تدل على الارتفاع فوق سطح الأرض.

2. يدلّ الرمز ⊕ على إحداثيات طبقاتٍ:

أ) مائلة. ب) أفقية.

ج) رأسية. د) مقلوبة.

3. قيمة المَيل التي يمثّلها الرمز (—|—) تساوي:

أ) 75^{o} ب) 120^{o}

ج) 90^{o} د) 10^{o}

4. إذا كان أحد اتجاهات المضرب (شمال شرق)؛ فإن الاتجاه الآخَر هو:

أ) جنوب. ب) جنوب غرب.

ج) شمال غرب. د) شمال.

5. عندما توازي الطبقات في الخرائط الجيولوجية خطوطَ الكُنتور فإنّها تدلّ على طبقات:

أ) أفقية. ب) مائلة.

ج) عمودية. د) مقلوبة.

6. تُسمّى القيمة التي تتغير عندها القِيَم الطبيعية إلى قِيَم شاذّة في الاستكشاف الجيوكيميائي:

أ) العتبة.

ب) التشتّت الجيوكيميائي.

ج) هالات التشتّت.

د) العناصر الدالّة.

7. تسمّى الطريقة التي يتم فيها الاعتماد على الاختلاف في الخصائص الفيزيائية للخامات المعدِنية عن الصخور المحيطة بها:

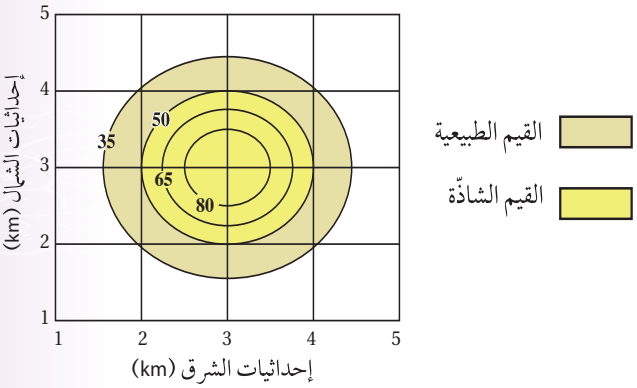
أ) الإحصائية.

ب) الاستكشاف الجيوكيميائي.

ج) الاستكشاف الجيوفيزيائي.

د) رسم الخرائط الكنتورية.

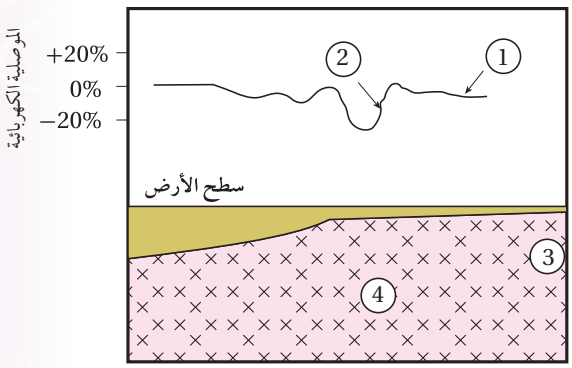
8. يمثّل الشكل الآتي خريطة تساوي قِيَم لتوزُّع أحد الخامات في منطقةٍ ما، قيمة العتبة هي:



أ) 35 ب) 50

ج) 65 د) 80

9. يمثّل الشكل الآتي نتائج مسح كهربائي في منطقةٍ ما، **أستنتج** مكان وجود الخام:



أ) 1 ب) 2

ج) 3 د) 4

10. من العناصر الدالّة على وجود خامِ الذهب:

أ) المنغنيز. ب) اليود.

ج) الزئبق. د) الحديد.

السؤال الثاني:

أملأ كلّ فراغ في ما يأتي بالمصطلَح المناسب:

1. خريطة توضّح تضاريسَ سطح الأرض في صور مجسّمة باستخدام خطوط الكُنتور .....
2. يُطلَق على الخطّ الناتج من تقاطع سطح الطبقة المائلة مع المستوى الأفقي .....
3. تُسمّى العناصر التي توجد مع الخام وتدلّ على وجوده.....
4. يتمّ الاستكشاف الجيوكيميائي بطرائق متعدّدة، منها: ..... ،.....
5. توصف القيمة الجيوفيزيائية الشاذّة التي تكون قيمتها أقلَّ من القِيَم الطبيعية .....
6. يُسمّى المسح الجيوفيزيائي الذي يعتمد على خاصّية كثافة الصخور .....

السؤال الثالث:

يبيّن الجدول الآتي قيمًا تمثّل النسبة المئوية لتركيز النحاس في المواقع (أ، ب، ج، د، هـ) أثناء المسح الجيوكيميائي لمنطقةٍ ما، علمًا أن قيمة العتبة لخامِ النحاس (0.5%). أدرس الجدول جيدًا، ثم أجيب عن السؤال الذي يليه:

الموقع	أ	ب	ج	د	هـ
النسبة المئوية %	0.10	0.62	0.20	0.05	0.78

أستنتج المواقع التي يوجد فيها النحاس بتراكيزَ غيرِ اقتصادية.

السؤال الرابع:

أجيب من دراستي لطريقة الاستكشاف الجيوكيميائي عن الأسئلة الآتية:

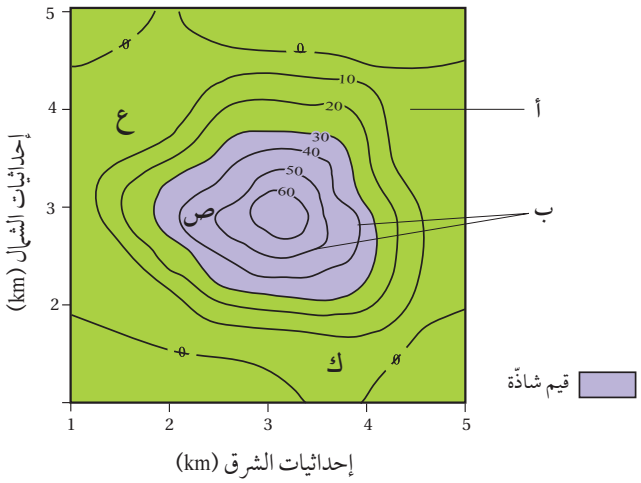
أ - **أشرح** المبدأ الذي يقوم عليه الاستكشاف الجيوكيميائي باستخدام العيّنات الصخرية.

ب- أوضّح المقصود بالعتبة.

ج- أعدّد طرائق تحليل البيانات الجيوكيميائية.

السؤال الخامس:

أدرس الشكل الآتي الذي يوضّح خريطة تساوي قِيَم خام النحاس، حيث يظهر نتائجَ توزيع تركيز خام النحاس (ppm) في منطقةٍ ما باستخدام المسح الجيوكيميائي:



1. أبيّن ما يمثّله كلٌّ من الرمزَينِ (أ، ب).
2. **أتوقّع** أيُّ المناطق (ع، ص، ك) يُحتمَل وجود الخام فيها.
3. **أستنتج** قيمة العتبة.

السؤال السادس:

أفسّر: لا يمكن استخدام طرائق المسح الجيوفيزيائي للكشف عن معدِن الذهب.

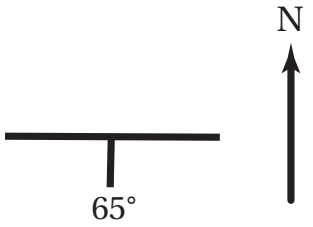
السؤال السابع:

إذا كان مقياس الرسم على إحدى الخرائط الجيولوجية هو (1 cm يساوي 6 km). فأجيب عما يأتي:

1. أحدّد نوع مقياس الرسم.
2. **أُحوّل** مقياس الرسم إلى مقياس كسري.

السؤال الثامن:

يمثّل الشكل الآتي وضعية إحدى الطبقات؛ أدرسه، ثم أجيب عما يأتي :

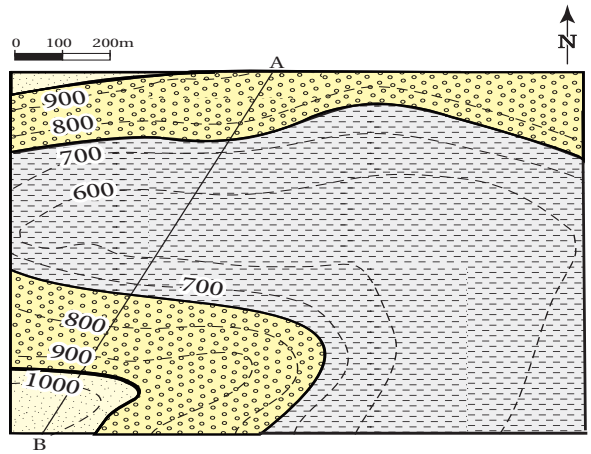


أحدّد كلًّا مما يأتي:

1. مضرب الطبقة.
2. اتجاه المضرب الجغرافي.
3. اتجاه مَيل الطبقة.
4. مَيل الطبقة.

السؤال التاسع:

يمثّل الشكل الآتي إحدى الخرائط الجيولوجية. أدرسها جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

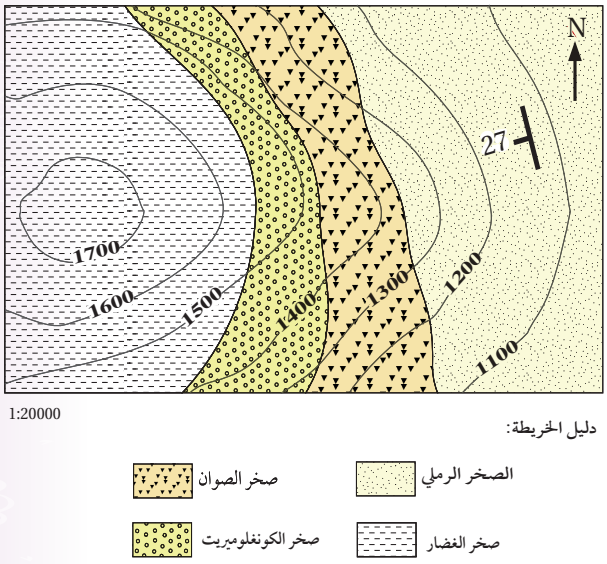


دليل الخريطة: صخر الغضار | الصخر الرملي | صخر الكونغلوميريت

1. أحدد نوع مقياس الرسم.
2. **أستنتج:** هل الطبقات الصخرية أفقيةً أم مائلةً؟
3. **أرسم** مقطعًا جيولوجيًّا يمثّل الخطّ (A-B).
4. **أقيس** سُمك طبقة صخر الكونغلوميريت من خلال المقطع العرضي (A-B).
5. أحدّد ارتفاع السطح العُلوي للطبقات الصخرية المتكشّفة في الخريطة.

السؤال العاشر:

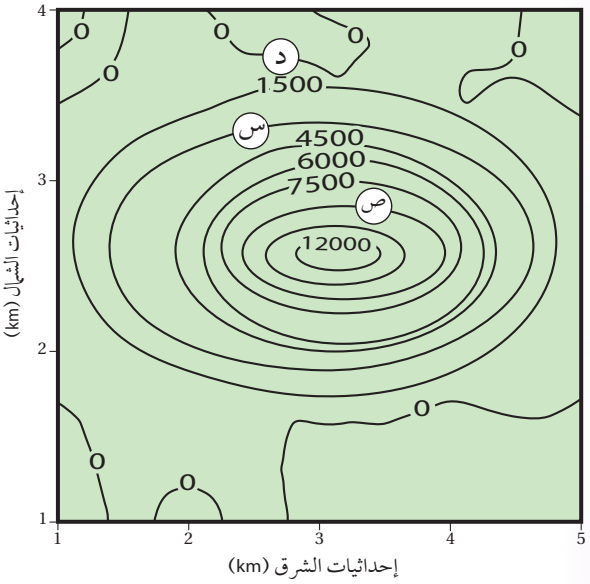
يمثّل الشكل الآتي إحدى الخرائط الجيولوجية. أدرسها جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:



1. أبيّن مَيل طبقات الصخور الرملية.
2. **أستنتج** قيمة المضرب.
3. **أستنتج** إن كانت الطبقات مائلةً أم أفقيةً، وأبيّنُ لماذا.
4. أحدّد نوع مقياس الرسم للخريطة.
5. **أقوّم** صحة العبارة الآتية:"يتّجه مَيل الطبقات الصخرية بحسب الخريطة الجيولوجية نحو الشمال الشرقي".

السؤال الحادي عشر:

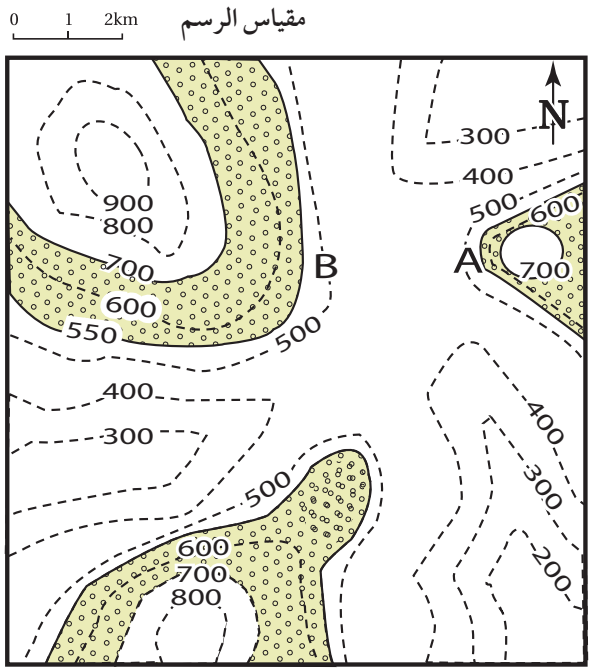
يبين الشكل الآتي خريطة تساوي قِيَم مغناطيسية أثناء المسح الجيوفيزيائي لمنطقة ما، أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. **أستنتج**: ما القِيَم المغناطيسية في كلّ من الموقع (س) والموقع (ص)؟
2. **أستنتج**: ما قيمة الشاذّة المغناطيسية، وما نوعها إذا علمت أن القيمة المغناطيسية الطبيعية أقلّ من 1500 γ؟
3. **أفسّر:** هل يمكن أن نجد الخام في الموقع (د)؟ لماذا؟

السؤال الثاني عشر:

يمثّل الشكل الآتي إحدى الخرائط الجيولوجية التي تمثّل طبقات أفقية، فإذا علمت أن طبقة الكونغلوميريت الظاهرة في الشكل سُمكها 150 m وتتكشف من ارتفاع 550 m إلى 700 m، وتقع أسفل منها ثلاث طبقات تبدأ من الأعلى بطبقة من الغضار سُمكها 50 m، ثُم طبقة من الصخر الرملي سُمكها 150 m، ثم طبقة من الغضار، وتعلوها طبقة من الصخر الجيري سُمكها 100 m، ثم فوقها طبقة من الصخر الطيني. أدرس الخريطة، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:



1. أرسم بقية الطبقات على الخريطة.
2. أرسم دليلًا للخريطة، وأحدد عليه رموز الصخور المختلفة وأسماءها.
3. **أقارن** بين النقطة (A) والنقطة (B) من حيث شدّة الانحدار.
4. أحدد نوع مقياس الرسم.
5. **أحوّل** مقياس الرسم إلى مقياس رسم كتابيّ.

الوحدة

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 مظاهر الطقس الخطرة، مثل: الأعاصير القُمعية، 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 القُمعية والأعاصير المَدارية

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

توليد إعصار قُمعي

تحدث الأعاصير القُمعية بصورة رئيسة في الأماكن المَدارية، 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 القُمعي؟ وكيف يحدث؟

الموادّ والأدوات:

قنّينة من البلاستيك الشفّاف سَعة 2 L عدد (2)، ماء، ملوِّن طعام، شريط لاصق شفّاف أو سيليكون.

إرشادات السلامة:

غسل اليدين جيدًا بعد استخدام ملوِّن الطعام.

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 على الماءِ 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 بشكل أفقي من دون تحريك.
4. أربط بين نتائج التجربة وبين حركة الإعصار القُمعي.

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.
- 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 الهطول
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، والهطول، 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 و شكل الهطول، وحدودَهما الطبيعية.

الرياح Wind

تعلمتُ سابقًا أن الرياح تتشكّل 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، ويُشير ذيله إلى اتجاه الرياح.

أُحدّد اتجاه الرياح في المنطقة التي أُخذت فيها الصورة.

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 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 (1) الذي يوضّح مقياس بيفورت للرياح.

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

* الجدول للمطالعة الذاتية.

ألاحظُ من الجدول السابق أن الرياح توصف بأنّها (رياح هادئة إلى هواء خفيف) إذا كانت قوّتها من (0-1)، وتوصف أنّها (نسيم خفيف إلى نسيم مُنعِش) إذا كانت قوّتها من (2-5)، وتوصَف بأنّها (رياح قويّة إلى عاصفة عنيفة) إذا كانت قوّتها من (6-11)، 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 المستخدمة لقياس سرعة الرياح واتجاهها؟

التّجربة 1 ملاحظة قوّة الرياح ومقارنتها مع مقياس بيفورت

يُعَدُّ مقياس بيفورت ذا 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 المواد 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 حسب 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 وَفق الأحداث الآتية: انبعاث دخان المصانع من المداخن إلى أعلى عموديًّا، تحرُّك أوراق الأشجار وأغصانها، اقتلاع الأشجار.
3. **أُفسّر** سبب اختلاف قوّة الرياح من وقت لآخَر.

الهطول Precipitation

تعلمتُ سابقًا أن الهطول عملية تصل من خلالها أشكال المياه المختلفة (مطر أو ثلج أو بَرَد) إلى سطح الأرض، حيث تحدّد درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نوعَ الهطول الذي يسقط عليه. يستخدم العلماء طرقًا 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 قمع 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).

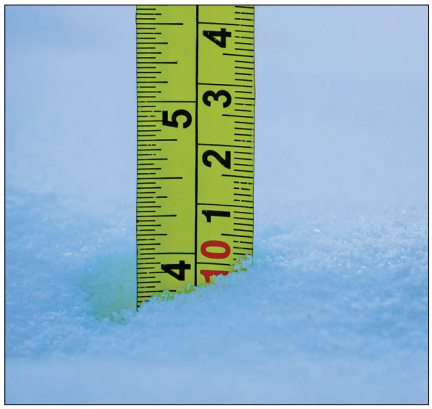
قياس تساقط الثلج Snowfall Measurement

تُقاس كمّية الثلج باستخدام مقياس المطر نفسه، ولكن تكون فوهته واسعة ليهوي الثلج إلى القاع مباشرة ثم ينصهر، وتُقاس كمّية المياه الناتجة عن 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.

مقياس المطر.



مسطرة الثلج.

الشكل (2): طرق قياس بعض أشكال الهطول.

أحدّد كلًّا من: كمّية المطر، وسُمك الثلج.

أشكالُ الهطولِ Forms of Precipitation

يحدث الهطول بأشكال عدّة، هي:

المطرُ Rain: حين يتصاعد بخار الماء إلى الأعلى في طبقة التروبوسفير، فإنّه يتكاثف حول نُوَيّات صُلبة مثل ذرّات الغبار، أو حبوب اللقاح، أو البلّورات الجليدية الصغيرة، ويتحوّل من حالته الغازية إلى الحالة السائلة أو الصُّلبة مكوّنًا الغيومَ، ومع استمرار عملية التكاثف تزداد قطرات الماء تدريجيًّا ويزداد حجمها، ومن ثمّ يزداد وزنها، ثم تستمرّ عملية التكاثف حتّى تُصبح الغيمة مشبَعةً تمامًا بقطرات الماء وثقيلة جدًّا، فتتخلّص من حمولتها على شكل مطر Rain.

الثلج Snow: حين تنخفض درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض إلى 0°C أو أقلّ، فإن بخار الماء الزائد على الإشباع يتكاثف مباشرة مكوّنًا بلورات من الثلج Snow على النّوى المتوافرة، وتتصادم هذه البلورات وتتّحد معًا مكوّنة بلّورات أكبرَ حجمًا، لا تلبث أن تتساقط نحو الأرض على شكل ثلج. ويتكوّن الثلج عند بداية سقوطه على سطح الأرض من رقائق هشّة خفيفة الوزن، بحيث يكون محتواها من الرطوبة قليلًا، ونظرًا لانخفاض درجة حرارة تكوّنها، تتطاير في الجوّ كالقطن المندوف، ثم يتراكم الثلج على السطوح التي يسقط عليها.

البرَد 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 البرَد عندما تحمل التيارات الهوائية الصاعدة قطرات المطر إلى الأعلى وتتجمّد؛ لذا فإن البرَد حين تساقطه تغلّفه قطرات الماء. ويمكن لتيار هوائي صاعد آخَر أن يحمل البرَد ويعيده إلى الأعلى، وفي هذه الحالة تتجمّد قطرات الماء التي تجمّعت على حبّات البرَد لتكوّن طبقة أُخرى من الجليد عليها. ويمكن أن تحدث هذه العملية مرات عدّة، وفي النهاية تصبح حبّات البرَد أثقلَ وزنًا من قدرة التيارات الصاعدة على حملها، فتتساقط على سطح الأرض.

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

أفكّرُ

لماذا لا يسقط البرَد في المناطق الاستوائية؟

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

الرّبط بالبيئة

يصل وزن بعض حبات البرَد أحيانًا إلى 60 gm، ويتسبّب هذا بكثير من المخاطر على البيئة مثل إتلاف المحاصيل الزراعية، وهدم البيوت البلاستيكية، والإضرار بأسقف البنايات والسيارات، وحدوث فيضانات عارمة.

تصنيف أشكال هطول المطر

Classification of Precipitation Forms

تُصنَّف أشكال هطول المطر بناءً على معدّلات هطولها. أنظر الجدول (2) الذي يبيّن بعض أشكال الهطول.

الجدول (2) *: تصنيف بعض أشكال هطول المطر.

أشكال هطول المطر	الوصف
الرَّذاذ	يكون على شكل قطرات ماء صغيرة جدًّا.
الرَّذاذ الناعم	يكون على شكل قطرات ماء، ويمكن الشعور به عند سقوطه على الوجه.
الرَّذاذ المعتدل	يملأ النوافذ والسطوح الأُخرى بصورة واضحة.
الرَّذاذ الكثيف	يقلّل من وضوح الرؤية.
الأمطار الخفيفة	يقلّ معدّل هطولها عن (0.5 mm/h).
الأمطار المعتدلة	يتراوح معدّل هطولها بينَ (0.5 mm/h – 4 mm/h).
الأمطار الغزيرة	يتراوح معدّل هطولها بينَ (4 mm/h – 8 mm/h).
الأمطار الغزيرة جدًّا	يزيد معدّل هطولها على (8 mm/h).
زخّات المطر الخفيفة	يقلّ معدّل هطولها عن (2 mm/h).
زخّات المطر المعتدلة	يتراوح معدّل هطولها بينَ (2 mm/h – 10 mm/h).
زخّات المطر الغزيرة	يتراوح معدّل هطولها بينَ (10 mm/h – 50 mm/h).
زخّات المطر الشديدة جدًّا	يزيد معدّل هطولها على (50 mm/h).

* الجدول للمطالعة الذاتية.

ألاحظ من الجدول السابق أن الهطول يحدث بأشكال عدّة: من رَذاذ إلى رَذاذ كثيف إذا كان على شكل قطرات ماء، أو أصبح يقلّل من وضوح الرؤية، ومن مطر إلى أمطار غزيرة جدًّا يزيد معدّل هطولها على 8 mm/h، ومن زخّات مطر خفيفة يقلّ معدّل هطولها عن 2 mm/h إلى زخّات مطر شديدة جدًّا يزيد معدّل هطولها على 50 mm/h.

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

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة: أصف** بعض الأجهزة 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. أشرح كيف يحدث الهطول.
7. أوضّح كيف يتم وصف الرياح.
8. **أصف** أهمّية مقياس بيفورت للرياح.
9. **أستنتج**: كيف تحدد درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نوع الهطول الذي يسقط عليه؟

الأعاصير القُمعية والأعاصير المَدارية
Tornadoes and Hurricanes

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:
تُعَدّ الأعاصير القُمعية والأعاصير المَدارية من مظاهر الطقس القاسية، وتختلف عن بعضها البعض في خصائص عدّة من حيث: آليةُ نشأتها، وقوّتُها التدميرية.

نتاجات التعلّم:
- أتعرّفُ مفهوم الأعاصير القُمعية، والأعاصير المَدارية.
- أوضّح كيف تنشأ كلٌّ من الأعاصير القُمعية والأعاصير المَدارية.
- أصف الآثار التدميرية لكلٍّ من الأعاصير القُمعية والأعاصير المَدارية.
- أُقارن بينَ الأعاصير القُمعية 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 القُمعية والأعاصير المَدارية.

المفاهيم والمصطلحات:
الأعاصير القُمعية (التورنادو) Tornadoes
مقياس فوجيتا Fujita Scale
الأعاصير المَدارية Hurricanes
مقياس سفير ـ سمبسون للأعاصير Saffir–Simpson Hurricane Scale

الأعاصير القُمعية 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 مظاهر الطقس القاسية (الخطرة)، مثل الأعاصير القُمعية والأعاصير المَدارية التي تُلحِق آثارًا تدميرية كبيرة في المناطق التي تحدث فيها، فما المقصود بالأعاصير القُمعية والمَدارية؟ وكيف يحدث كلٌّ منهما؟ وما آثارهما التدميرية؟

مفهوم الأعاصير القُمعية Concept of Tornadoes

تُعرَّف **الأعاصير القُمعية (التورنادو) Tornadoes** بأنّها تيّارات هوائية صاعدة تدور على هيئة قُمع 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 (3).

الشكل (3): إعصار قُمعي ضخم يضرب مناطقَ في كندا.
أصفُ شكل الإعصار القُمعي.

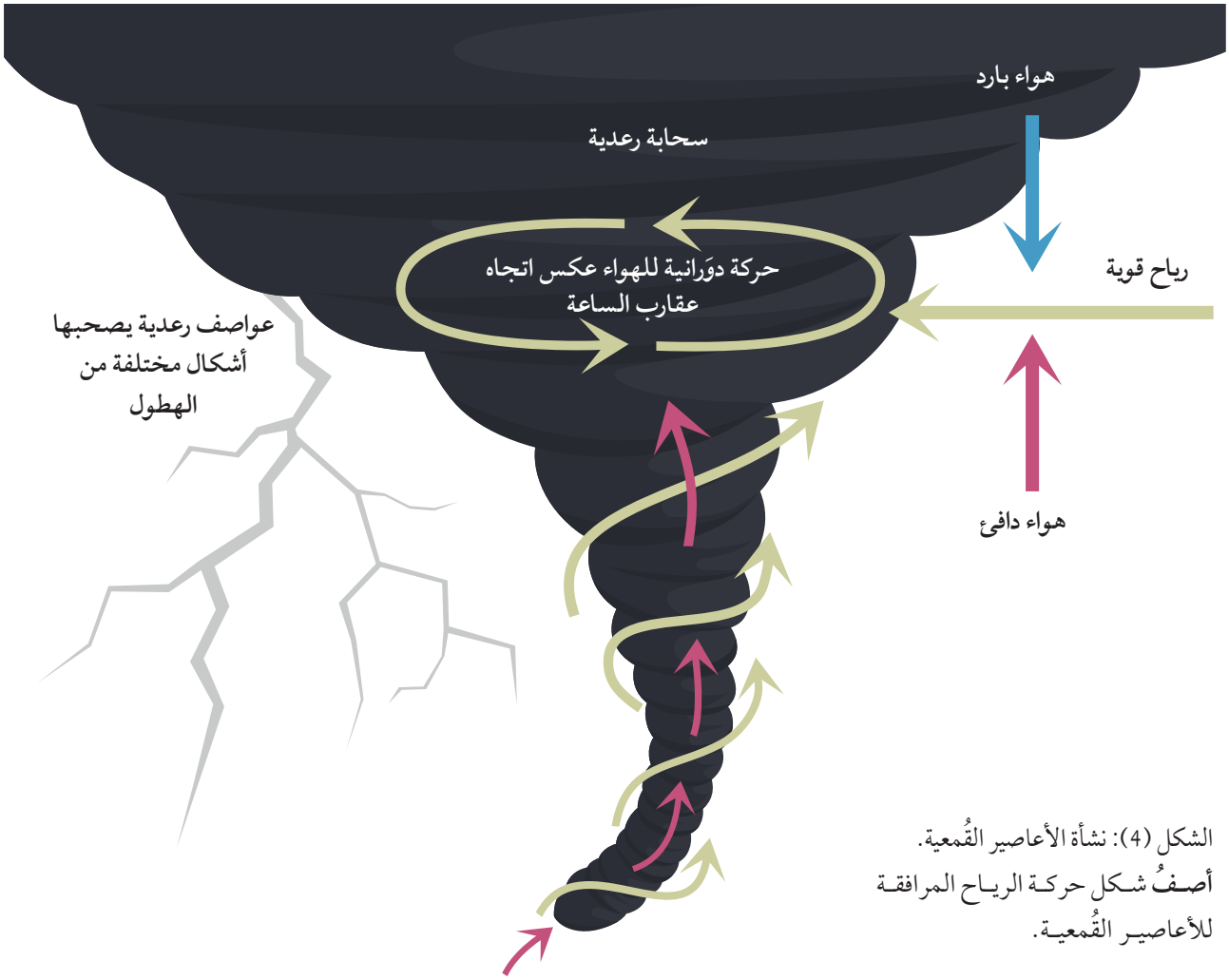
نشأة الأعاصير القُمعية Formation of Tornadoes

تنشأ الأعاصير القُمعية نتيجة التقاء الهواء الدافئ الرطب الصاعد من سطح الأرض إلى الأعلى مع الهواء البارد الجاف الهابط نحو الأسفل داخل السحابة الرعدية، فيبدأ الهواء الدافئ بالدوران بتأثير الرياح القوية، ويدفع الهواء البارد الهابط بعيدًا، وبذلك تتّسع السحابة الرعدية ويُصبح شكلها مخروطيًّا أو قُمعيًّا ويبدأ بخار الماء في الهواء الدافئ الرطب بالتكاثف، وتبدأ السحابة بالهبوط التدريجي لتلامس سطح الأرض مشكلةً الإعصار القُمعي، أنظر الشكل (4). وغالبًا ما تحدث هذه الأعاصير على اليابسة خلال فصلَي الربيع والصيف في أوقات ما بعد الظهر من اليوم.

الربط بالجغرافيا

يمكن أن تحدث الأعاصير القُمعية في أيّ مكان على سطح الأرض، إلا أن حدوثها يتكرّر في الولايات المتحدة الأمريكية خاصةً ولاية تكساس، كما يتكرّر حدوثها في بريطانيا والهند والأرجنتين وأستراليا وأفريقيا ونيوزلندا.

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



الشكل (4): نشأة الأعاصير القُمعية.
أصفُ شكل حركة الرياح المرافقة للأعاصير القُمعية.

الشكل (5): بعض الأضرار الناجمة عن الأعاصير القُمعية.
أتوقّع شدّة الأعاصير التي اجتاحت المنطقة في الصورتين أعلاه.

الآثار التدميرية للأعاصير القُمعية

Destructive Effects of Tornadoes

حين تضرب الأعاصير القُمعية 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 القُمعي 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 القُمعية إلى الحطام المتطاير لمسافاتٍ قد تصل إلى مئات الأمتار، أنظر الشكل (5).

تُقاس شدّة الإعصار القُمعي بمقياس يُسمّى **مقياسَ فوجيتا Fujita Scale**، أو ما يُعرف باسم **F- Scale** اختصارًا، وهو مقياس يتكوّن من ستّ درجات، ووفقًا لهذا المقياس تُصنَّف الأعاصير القُمعية بناءً على شدّتها والضرر الذي يمكن أن تسبّبه، أنظر الجدول (3).

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 (3): مقياس فوجيتا.		
الشدّة	سرعة الرياح* (km/h)	أمثلة على الأضرار الناجمة عن الأعاصير القُمعية
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 لمسافات وتحوّلها إلى قذائف خطرة تهدّد حياة البشر وتصيب المباني الأُخرى.
F5	420 – 511	أضرار غير معقولة؛ وتدمير المباني الكبيرة، وتطاير الأجسام والسيارات لمئات الأمتار وتحويلها إلى قذائف خطرة.

* سرعة الرياح للمطالعة الذاتية.

أفكّرُ

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

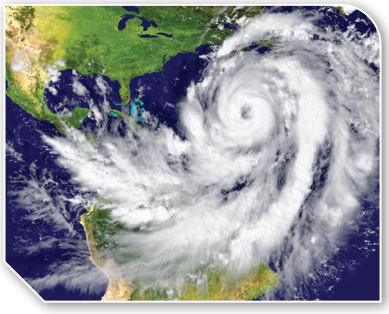
الأعاصير المَدارية (الهوريكان) Hurricanes

تتشابه الأعاصير المَدارية مع الأعاصير القُمعية في أنّها من مظاهر الطقس القاسية التي قد تُدمّر 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 (6).



الشكل (6): صورة ملتقطة بوساطة الأقمار الصناعية لإعصار مداري ضخم فوق المحيط الأطلسي.

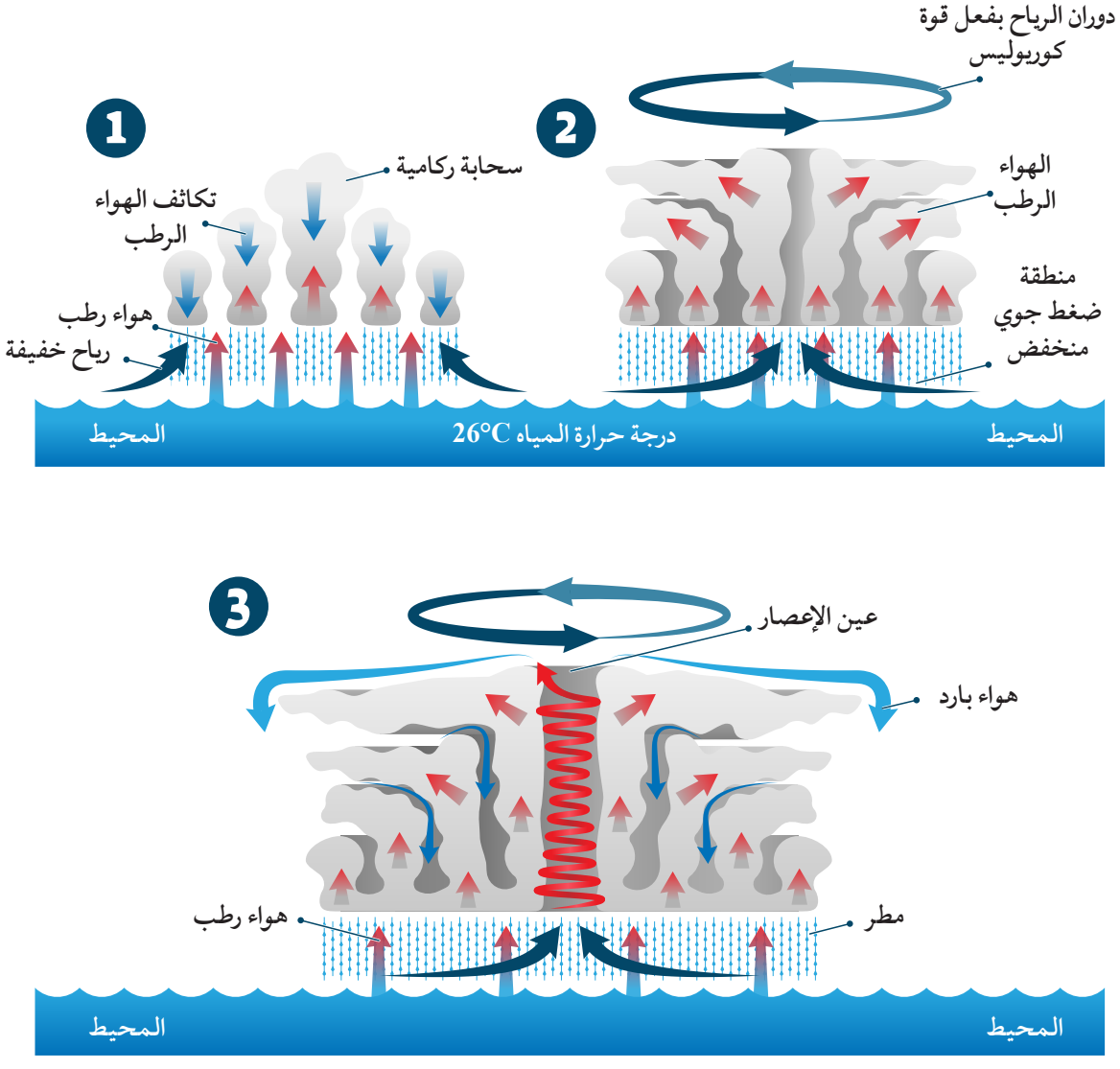
أصف شكل الأعاصير المَدارية (الهوريكان).

تنشأ الأعاصير المَدارية في فصل الصيف فوق المحيطات الاستوائية نتيجة ارتفاع الهواء الرطب إلى أعلى وتكاثفه مشكّلًا السُّحبَ الرُّكاميّةَ، وباستمرار التبخّر والتكاثف تُبنى أعمدةٌ أطولُ وأوسعُ من السُّحب، أنظر الشكل (7). وتبدأ الرياح بالاندفاع بسرعة كبيرة نحو مركز المنخفض، والدَّوران عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الأرضية الشمالي، وتزداد سرعتها كلّما اقتربت من مركز الإعصار أو ما يُسمّى عينَ الإعصار الذي يمتلك أقلّ ضغط جوّي.

أفكّرُ

لماذا سُميت الأعاصير المَدارية بهذا الاسم؟

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



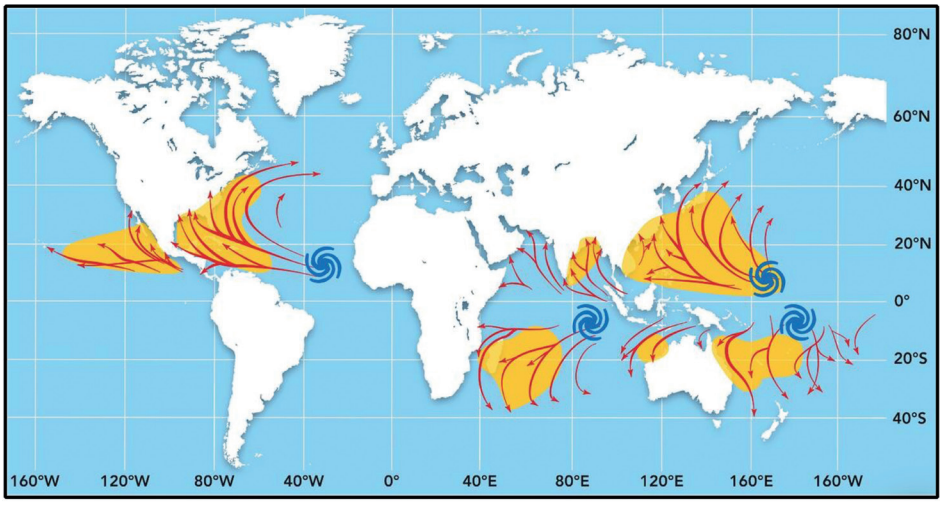
الشكل (7): نشأة الأعاصير المَدارية.

ولكـن، مـا الأماكـن الأكثر عُرضـة لحـدوث الأعاصيـر المَدارية فـي العالم؟ ولمـاذا تحدث فـي محيطات دونَ سـواها؟ ولتعـرّف أماكـن حـدوث الأعاصير المَداريـة في العالـم، أُنفّذ النشـاط 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. أُحدّد مناطق حدوث الأعاصير المَدارية 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.

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

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 حتى عُمق (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 هطول الأمطار بغزارة شديدة، حيث يهطل المطر خلال يوم أو يومَينِ بمعدّل يُقارب أحيانًا كمّية الأمطار التي تسقط على مدار السنة، ما ينتج عنه فيضانات جارفة ومدمّرة، أنظر الشكل (8).

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

أفكّرُ

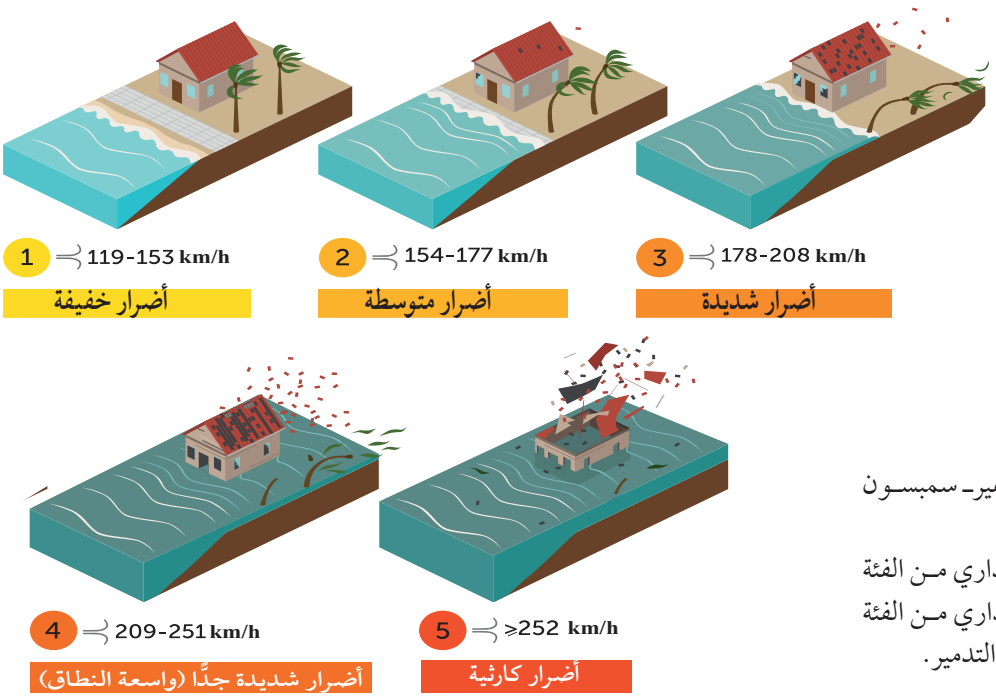
يربط كثير من العلماء بين ظاهرة الاحترار العالمي وتَكرار حدوث الأعاصير المَدارية وزيادة قوّتها. أُفكّرُ في العَلاقة بينَ حدوث هذه الظاهرة والأعاصير المَدارية، وتأثير ذلك في شبه الجزيرة العربية.

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 البذور ومن ثمَّ تسهيل انتشار أنواع نباتية عدّة، وإحداث توازن في درجة الحرارة بين القطبَينِ وخطّ الاستواء.

الشكل (8): بعض الآثار التدميرية الناجمة عن الأعاصير المَدارية (الهوريكان).

أصفُ بعض المخاطر الناتجة من الأعاصير المَدارية (الهوريكان).



الشكل (9): مقياس سفير- سمبسون للأعاصير.
أُقارن بين الإعصار المَداري من الفئة الأولى والإعصار المَداري من الفئة الثانية من حيث حجمُ التدمير.

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.

وتُقاس قوة الأعاصير المَدارية بوساطة مقياس يُسمّى **مقياسَ سفير- سمبسون للأعاصير Saffir–Simpson Hurricane Scale** الذي يُصنِّف الأعاصير المَدارية إلى خمس فئات حسب سرعة الرياح فيها، أنظر الشكل (9).

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.

✓ **أتحقّق:** أُفسّر سبب خطورة الأعاصير المَدارية.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** **أُقارن** بين الأعاصير المَدارية والأعاصير القُمعية من حيث: حجمها، ومدّةُ مكوثها، وأماكنُ نشأتها.
2. **أُفسّر** سبب عدم تكوُّن الأعاصير المَدارية جنوب المحيط الهادي.
3. **أصف** الشروط الواجب توافرها حتى يتكوّن إعصار مَداري في منطقةٍ ما.
4. **أستنتج** سبب ظهور الأثر التدميري للأعاصير القُمعية على شكل خطّ طويل وضيّق.
5. **أتوقّع** الأضرار التي يمكن أن تحدث إذا اجتاح إعصارٌ قُمعيٌّ سرعتُه تُقدَّر بِـ (500 km/h) منطقةً ما.
6. أدرسُ الجدول الآتي الذي يوضّح المناطق (أ، ب، ج) التي حدثت فيها أعاصيرُ قُمعية مختلفة الشدّة، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:

المنطقة	الشدّة وَفق مقياس فوجيتا
أ	F1
ب	F5
ج	F3

أ) **أُرتّب** المناطق (أ، ب، ج) تنازليًّا حسب سرعة الرياح فيها.

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

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

7. **أَفترض** حدوث إعصارَين مَداريَّين، أحدهما من الفئة الثانية، والآخر من الفئة الرابعة وَفق مقياس سفير ـ سمبسون للأعاصير 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.

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

تُعَدّ الأعاصير القُمعية والأعاصير المَدارية من مظاهر 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 القُمعية 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 القُمعية في الغالب في فصلَي:
   أ) الصيف، والخريف.
   ب) الصيف، والربيع.
   ج) الشتاء، والربيع.
   د) الشتاء، والخريف.
2. يُصنّف مقياس فوجيتا الأعاصيرَ القُمعية وفق الآثار التدميرية التي يسبّبها إلى:
   أ) 4 درجات.
   ب) 5 درجات.
   ج) 6 درجات.
   د) 8 درجات.
3. يُصنّف مقياس سفير- سمبسون للأعاصيرِ الأعاصيرَ المَدارية إلى خمس فئات وفق:
   أ) شدّة الهطول.
   ب) امتداد الفيضان.
   ج) سرعة الرياح.
   د) حجم الضّرر.
4. تُصنَّف قوّة الرياح وفق مقياس بيفورت من:
   أ) (0 – 10).
   ب) (1 – 11).
   ج) (0 – 12).
   د) (1 - 12).
5. العامل الذي يُحدّد نوع الهطول الساقط على سطح الأرض هو:
   أ) سرعة الرياح.
   ب) اتجاه الرياح.
   ج) الضغط الجوّي.
   د) درجة الحرارة على سطح الأرض.
6. الضّرر الذي يرافق إعصارًا قُمعيًّا شدّته تساوي F3:
   أ) اقتلاع الأشجار الكبيرة.
   ب) انقلاب السيارات.
   ج) تسوية المنازل جيدة البناء.
   د) تدمير المباني الكبيرة.
7. حين تكون الرياح هادئة، فإن قوّة الرياح على مقياس بيفورت تساوي:
   أ) (0).
   ب) (1).
   ج) (4).
   د) (12).
8. تُصنّف الأعاصير القُمعية وفق مقياس فوجيتا بناءً على:
   أ) قوة الرياح وسرعتها.
   ب) قوة الرياح ومعدّلات الهطول المرافقة لها.
   ج) شدّة الرياح والضرر الذي يمكن أن تسبّبه.
   د) معدّلات هطول الأمطار وشدّتها.

السؤال الثاني:

أملأ كل فراغ في ما يأتي بالمصطلح المناسب:

1 - تُصنَّف الأعاصير المَدارية التي تُسبّب تطاير السيارات 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 القُمعية والأعاصير المَدارية.

ب- حدوث أغلب الأعاصير القُمعية في أوقات ما بعد الظُّهر.

السؤال الخامس:

أُقارن بينَ كلٍّ من:

أ - الأعاصير القُمعية والأعاصير المَدارية من حيث طريقةُ قياسِ كلٍّ منها.

ب- البرَد والثلج من حيث طريقةُ تكوُّن كلٍّ منهما.

ج- إعصار قُمعي شدّته (F1) وإعصار قُمعي شدّته (F4) من حيث الأضرار الناجمة عن كل منهما.

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 تقنِيات حديثة لرصد الأعاصير المَدارية.

السؤال الثامن:

أشرح كلًّا من:

أ - آلية تكوُّن المطر.

ب- كيفية تصنيف هطول المطر، وأطرحُ أمثلة على أشكال هطول المطر.

السؤال التاسع:

أقوّم مدى دقة البيانات الواردة في العبارة الآتية: " يُستخدم جهاز مقياس المطر لقياس كمّية الأمطار وكمّية المياه الناتجة عن 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:

أفترض أنّ إعصارًا مَداريًّا رُصِدَ عند دائرتَيْ عرض 25° شمالًا و50° 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).

مسرد المصطلحات

(أ)

الاستكشاف Exploration: عملية يتم فيها التوجه إلى المناطق التي حدّدتها عمليات التنقيب؛ للبحث التفصيلي عن وجود الخامات المعدِنية الموجودة تحت سطح الأرض، أوفوقها؛ لتحديد قيمتها الاقتصادية.

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 القُمعيّة 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.

(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)

التنقيب Prospecting: عملية مباشرة وغير مباشرة يُحدَّد عن طريقها الأماكن المحتمَلة لتوزُّع الخامات المعدِنية، وذلك باستخدام الصور الجوّية والخرائط الجيولوجية، وجمع عيّنات من الصخور والتربة من سطح الأرض، ودراسة خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

(ث)

الثلج Snow: شكل من أشكال الهطول، ويتكوّن حين تنخفض درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض إلى 0°C أو أقلّ، يتكاثف بخار الماء الزائد على الإشباع مباشرة على النّوى المتوافرة، وتتصادم هذه البلورات وتتّحد معًا مكوّنةً بلّوراتٍ أكبرَ حجمًا، لا تلبث أن تتساقط نحو الأرض على شكل ثلج ويتكوّن الثلج عند بداية سقوطه على سطح الأرض من رقائق هشّة خفيفة الوزن، بحيث يكون محتواها من الرطوبة قليلًا، ونظرًا لانخفاض درجة حرارة تكوّنها، تتطاير في الجوّ كالقطن المندوف، ثم يتراكم الثلج على السطوح التي يسقط عليها.

(خ)

الخامات المعدِنية Ore Minerals: تجمّعات معدِنية توجد بأشكال وحجوم مختلفة في صخور القشرة الأرضية ذات تراكيز تسمح باستثمارها اقتصاديًّا وقد تكون خاماتٍ فلزّيّةً أو خاماتٍ لافلزّيّةً.

الخريطة الجيولوجية Geological Map: خريطة كُنتورية أو طبوغرافية يمثّل الجيولوجيون عليها المعطيات الجيولوجية؛ لإظهار المعالم الجيولوجية المتنوعة، مثل: أنواع الصخور، ومَيل الطبقات، والتراكيب الجيولوجية.

الخريطة الطبوغرافية Topographic Map: خريطة كُنتورية تُضاف إليها المظاهر الطبيعية والبشرية.

الخريطة الكُنتورية Contour Map: خريطة توضّح تضاريسَ سطح الأرض في صور مجسِّمة باستخدام عدد من الخطوط تُسمّى خطوطَ الكُنتور.

خطّ الكُنتور Contour Line: خطّ وهمي يصل بين مجموعة من النقاط المتساوية في الارتفاع، وتمتاز خطوط الكُنتور في الخرائط بأنها لا تتقاطع مع بعضها البعض.

(ش)

الشواذّ الجيوفيزيائية Geophysical Anomalies: القِيَم غير الطبيعية التي تُجمَع أثناء عملية المسح الجيوفيزيائي، وتختلف قيمتها عن القِيَم التي حولها في المنطقة. وتوصف الشاذّة الجيوفيزيائية بأنّها موجِبة إذا كانت قيمتها أكبرَ من القِيَم الطبيعية في المنطقة، وتوصف بأنّها سالبة إذا كانت قيمتها أقلَّ من القِيَم الطبيعية في المنطقة.

(ط)

الطاقة المظلِمة Dark Energy: إحدى أشكال الطاقة غير المألوفة "لا نعرف طبيعتها" التي تملأ الفضاء، ويُعزى لها تمدّدُ الكونِ السريعُ، وتُشكّل هذه الطاقة (68.3%) تقريبًا من كتلة الكون وطاقته.

(ع)

العتبة Threshold: القيمة التي تتغيّر عندها القِيَم الطبيعية إلى قِيَم شاذّة.

(ك)

الكوازارات Quasars: تُعرَّف بأنها مجرّات نشطة تُصدر كميات هائلة من الطاقة، وتتميز بلمعانها الشديد، وتقع على بُعد مسافات شاسعة من مجرّة درب التبّانة، وتزداد أعدادها كلما ابتعدت عن مجرّتنا باتجاه حافَة الكون المرئي.

(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.

المضرب Strike: خطّ ينتج من تقاطع سطح الطبقة المائلة مع المستوى الأفقي، وهو يمثّل امتداد الطبقة، ويتعامد دائمًا مع اتجاه مَيل الطبقة الحقيقي.

المطر Rain: يحدث عندما يتصاعد بخار الماء إلى الطبقات العُليا من التروبوسفير، ويتكاثف حول نُويّات صُلبة، ويتحوّل من حالته الغازية إلى الحالة السائلة أو الصُّلبة مكوّنًا الغيومَ، ومع استمرار عملية التكاثف تزداد قطرات الماء تدريجيًّا ويزداد حجمُها، ومن ثمّ يزداد وزنها، ثم تستمرّ عملية التكاثف حتّى تُصبح الغيمةُ مشبعةً 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 الرسم Map Scale: النسبة الثابتة بين طول بُعدَينِ أحدُهما حقيقي على سطح الأرض والآخَر على الخريطة. ويعبَّر عن مقياس الرسم بطرائق متعدّدة مثل: الكسري، والنسبي، والكتابي، أو بالرسم البياني (الخطّي).

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 القُمعية بناءً على شدّتها والضرر الذي يمكن أن تسبّبه.

مقياس المطر Rain Gauge: أنبوب زجاجي مدرَّج بالسنتيمتر والمليمتر.

المَيل Dip: أكبر زاوية يصنعها سطحُ الطبقةِ العُلويُّ مع المستوى الأفقي، وتُعَدُّ الطبقة مائلة إذا كانت الزاوية أقلَّ من 90^{o} وأكثرَ من 0^{o}.

(ن)

نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory: تنصّ 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، وأخذت بالتمدد لتأخذ الشكل الذي نعرفه اليوم"، 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: تنصّ 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.

(هـ)

هالات التشتّت Dispersion Halos: الشكل الذي تتّخذه العناصر والغازات الدالّة على الخامات المعدِنية في المناطق المجاورة لمواقعها؛ أثناء تشكّل الخامات المعدِنية من المحاليل الحرمائية التي تتخلّل الصخورَ، أو نتيجة عمليات التجوية على الصخور المضيفة لها، بحيث تتناقص قِيَم الشواذّ الجيوكيميائية كلّما ابتعدنا عن أماكن وجود الخامات المعدِنية حتى تصبح مساويةً القِيَمَ الطبيعيةَ.

أوّلًا- المراجع العربية

1. سفاريني، غازي وعابد، عبد القادر (2012): **أساسيّات علم الأرض**، ط (1)، عمان: دار الفكر.
2. سفاريني، غازي (2012): **مبادئ الجيولوجيا البيئية**، ط (1)، عمان: دار الفكر.
3. صوالحة، حكم (2019): **الجيولوجيا العامّة**، ط (2)، عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.
4. الشواورة، علي (2012): **جغرافيّة علم المناخ والطقس**، ط (1)، عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.
5. المسند، عبد الله (2013): **جغرافية العواصف والأعاصير المَدارية**، قسم الجغرافية، جامعة القصيم.
6. منظمة الأمم المتحدة للتربية والتعليم والثقافة (2009): **مخاطر الكوارث الطبيعية**، مكتب اليونسكو: القاهرة.
7. غازي، عطية زراك (2014): **جيولوجيا المناجم والاستكشاف المعدني**، جامعة تكريت، العراق.
8. غيث، عبد السلام (1992): **علم الفلك**، عمادة البحث العلمي والدراسات العليا، جامعة اليرموك، الأردن.
9. هوكينج، ستيفن و ملودينوو، ليونارد (2013): **إجابات جديدة على أسئلة الكون الكبرى**، بيروت: دار التنوير للطباعة والنشر.

ثانيًا- المراجع الأجنبية

1. Antonov, A., (2017): Nature of Dark Matter and Dark Energy, **Journal of Modern Physics**, 8, 567-582, Scientific Research Publishing, ISSN Online: 2153-120X.
2. Arizon, C., & Illinois, G., (2017): **Earth Science**, PEARSON Education, inc. BSTON, Massachusetts.
3. Fraknoi, A., and Others (2017): **Astronomy**, Rice University, Houston, Texas.
4. Guth, A.,(2004): **Inflation,** ed. W. L. Freedman (Cambridge: Cambridge Univ. Press). https://www.eolss.net/sample-chapters/c01/E4-06-02-03.pdf
5. Johnston, H., (2018): **Modern Astronomy: An Introduction to Astronomy**, University of Sydney.
6. Lutgens, K. & Tarbuck. (2014): **Foundations of Earth Science**, Pearson; 7th Edition.
7. Marks, F., (2003): **Hurricane Research Division**, USA https://cutt.ly/WOdCXTE.
8. Morison, I., (2008): **Introduction to Astronomy and Cosmology**, University of Manchester, UK.
9. Nath, D., (2018): The Darkness of Dark Matter and Dark Energy, **International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS),** 5 (6), June 2018: 2394-3661.
10. Roger, M , (2010):**Geological Methods in Mineral Exploration and Mining**, 2nd ed., Australia, Springer, .
11. Ryden, B., (2006): **Introduction to Cosmology**, Department of Astronomy, The Ohio State University.
12. Shaun T., **Hurricanesm**, Learning A–Z, www.readinga-z.com.
13. Shmakins, A. B., **Cyclones, Hurricanes, Typhoons, and Tornadoes, Natural Resources**, Vol .II, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.
14. Tarbuck, E.J. & Lutgens, F.K. (2017): **Earth: An Introduction to Physical Geology**, 12th ed., Pearson Education Limited.
15. UNESCO, (2014): **STAY SAFE AND BE PREPARED**, **A Teacher's Guide to Disaster Risk Reduction**, UNESCO, France.
16. UNESCO, (2014): **STAY SAFE AND BE PREPARED, A Teacher's Guide to Disaster Risk Reduction**, UNESCO, France.
17. Uzan , J., (1998): **The Big-Bang Theory: Construction, Evolution and Status**, Paris.
18. Weatherly, D., & Sheehan, N., (2017): **CAMBRIDGE IGCSE Environmental Management, Student Book**, Chapter 6 : Managing Natural Hazards, HarperCollins Publishers, London, Pages: 142-177.

19. Weatherly, D., & Sheehan, N., (2017): **CAMBRIDGE IGCSE Environmental Management, Teacher's Guide**, HarperCollins Publishers, London, Chapter 6 : Managing Natural Hazards, HarperCollins Publishers, London, Pages: 100-105.

20. Weatherly, D., & Sheehan, N., (2017): **CAMBRIDGE IGCSE Environmental Management, Teacher's Guide**, HarperCollins Publishers, London, Chapter 7 : The Atmosphere and Human Activities HarperCollins Publishers, London, Pages: 120-121.

21. Wulff B., Mandt, R., (2020): **Teacher's Lab Resource: Water and the Atmosphere: Interactive Science**, Volume 4, Pearson Education Limited.

ثالثًا: المواقع الإلكترونية

1. https://www.ijeas.org/download_data/IJEAS0506005.pdf

2. https://svs.gsfc.nasa.gov/12307

3. https://www.liverpool.ac.uk/particle-physics/experiments/searchfordarkenergy/

تمَّ بحمد الله تعالى

Collins