المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

AWA2EL
LEARN 2 BE

علوم الأرض والبيئة

الصف الحادي عشر علمي - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

11

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

د. محمود عبد اللطيف حبوش　　لؤي أحمد منصور　　سكينة محي الدين جبر

روناهي «محمد صالح» الكردي (منسقًا)

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

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

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

06-4617304 / 8-5　06-4637569　P.O.Box: 1930 Amman 1118

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

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطويـر المناهـج في جلسـته رقـم ، تاريـخ م، وقرار مجلـس التربيـة والتعليم رقـم ( ) تاريـخ م بـدءًا من العـام الـدراسي 2021 / 2022 م.

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

ISBN:

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
( )

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

علوم الأرض والبيئة: كتاب الطالب (الصف الحادي عشر علمي)/ المركز الوطني لتطوير المناهج.- عمان: المركز، 2021

ج1( ) ص.

ر.إ.:

الواصفات: علوم الأرض/ البيئة/ / التعليم الثانوي/ / المناهج/

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

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright 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) 1442 هـ – 2021 م

قائمةُ المحتوياتِ

المقدّمة 5

الوحدة الأولى: الأرصاد الجوية 7

الدرس 1: الجبهات الهوائية وأنظمة الضغط الجوي 10

الدرس 2: التنبؤات الجوية وخرائط الطقس 21

الإثراءُ والتوسعُ: العواصف الرملية 36

مراجَعة الوحدةِ 37

الوحدة الثانية: الوقود الأحفوري 39

الدرس 1: نشأة الوقود الأحفوري 42

الدرس 2: أنواع الوقود الأحفوري 50

الدرس 3: الوقود الأحفوري في الأردن 60

الإثراءُ والتوسعُ: الصناعات البتروكيماوية 74

مراجَعة الوحدةِ 75

الوحدة الثالثة: الوقود الأحفوري والبيئة 77

الدرس 1: استخدامات الوقود الأحفوري 80

الدرس 2: أثر احتراق الوقود الأحفوري 90

الإثراءُ والتوسعُ: الضّباب الدخاني 98

مراجَعة الوحدةِ 99

مسردُ المصطلحاتِ 101

قائمةُ المَراجع 106

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

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

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

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

يحتوي الجزء الأول من كتاب علوم الأرض والبيئة على ثلاث وحدات دراسية، هي: الأرصاد الجوية، الوقود الأحفوري، الوقود الاحفوري والبيئة. وتحتوي كل وحدة منها على تجربة استهلالية، وتجارب وأنشطة استقصائية مُتضمَّنة في الدروس، وقضايا البحث، والموضوع الإثرائي في نهاية كل وحدة. يضاف إلى ذلك الأسئلة التقويمية، بدءًا بالتقويم التمهيدي المُتمثِّل في طرح سؤال ببداية كل وحدة ضمن بند (أتأمَّل الصورة)، وانتهاءً بالأسئلة التكوينية المتنوعة في نهاية كل موضوع من موضوعات الدروس، فضلًا عن الأسئلة التقويمية في نهاية كل درس، والتقويم الختامي في نهاية كل وحدة، التي تتضمَّن أسئلة تثير التفكير. وقد أُلحِقَ بالكتاب كتابُ الأنشطة والتجارب العملية، الذي يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة.

ونحن إذ نُقدّمُ هذه الطبعةَ من الكتاب فإنّا نأمُلُ أن يُسهِمَ في تحقيق الأهداف والغايات النهائيّة المنشودة لبناء شخصيّة المتعلّم، وتنمية اتجاهات حُبّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمرّ، فضلًا عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواهُ، وإثراءِ أنشطته المتنوّعة، والأخذِ بملاحظات المعلّمين.

واللّه ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدة 1

الأرصاد الجوية
Meteorological

قالَ تعالى:

﴿ وَمِنْ ءَايَـٰتِهِۦ يُرِيكُمُ ٱلْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنَزِّلُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَيُحْىِۦ بِهِ ٱلْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَآ ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَـَٔايَـٰتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴾.

(الروم، الآيةُ 24)

أتأمَّلُ الصورةَ

يُعرَفُ الطقسُ بأنه التغيّرات التي تحدُث في الغلاف الجوي لفترة زمنية قصيرة، من حيث درجةُ الحرارة والرطوبة والضغط الجوي والرياح لمنطقة جغرافية محدَّدة، فقد يكون الطقس حارّا، وقد يكون باردا، أو غائما، أو ماطرا.

كيف تؤثّرُ الجبهات الهوائية، وأنظمة الضغط الجوي المختلفةُ في الطقس المحلي؟

الفِكرة العامّة:

تؤثّرُ الجبهات الهوائيـة في حالة الطـقس، ويتنبّأ علماء الأرصاد الجوية بحالة الطقس المتوقَّعـــة باستخـــدام مجموعة من الوسائل المختلفة.

الدرس الأول: الجبهات الهوائية وأنظمة الضغط الجوي

الفِكرة الرئيسة: تتنوّعُ الجبهـــات الهوائيـــة حَسْبَ نـــوع الكُتلِ الهوائية المتسبِّبة في تشكُّلها واتجاه حركتها نِسبة لبعضها بعضا، وتتمايز أنظمة الضغط الجوي لمرتفَع جويّ ومنخفَض جويّ.

الدرس الثاني: التنبؤات الجوية وخرائط الطقس

الفكـرة الرئيســة: تُقـــاسُ عناصر الطـــقس المختلفـــة باستخدام أدوات عديدة، ويُعبَّرُ عنها برموز خاصة على خريطة الطقس لتسهُلَ عملية التنبؤ الجويّ.

منخفَض خماسيني

أقرأ النشرة الجوية التالية، والتي تمثل توقعات حالة الطقس الصادرة يوم الأربعاء بتاريخ 10 / 3 / 2021.

تتأثّر الأردن بأول مُنخفَض جوي خماسيني لهذا العام والمُتوقع أن يتمركز ظُهرَ الأربعاء إلى الشمال من مصر، حيث يطرأ ارتفاع حادٌّ على درجات الحرارة، بحيث تصبح أعلى من المعدّلات المُعتادة بحوالي (10 °C -12 °C) وتسود المملكةَ الأحوالُ الجويةُ الخماسينيةُ، بحيث يكون الطقس دافئا وجافّا ومُغبّرًا في معظم مناطق المملكة، ويكون حارّا نسبيّا في مناطق الأغوار والبحر الميت والعَقبة، وتظهر كميّاتٌ من السُّحب العالية على فترات.

تندفع كتلة هوائية باردة قادمة من شرق القارّة الأوروبية نحو بلاد الشام، تتسبب بتعمُّق المُنخفَض الجوي الخماسيني وتحوِّلُه إلى مُنخفَض جوي شتوي.

يحدُث انقلاب على الأجواء ابتداء من ليلة الخميس/ الجمعة، بحيث يطرأ انخفاض حادّ على درجات الحرارة، ويعود الطقس ليُصبح باردا بوجهٍ عام في مناطقَ عِدّة من المملكة.

وتدريجيّا تعبُرُ المملكةَ في ساعات ما بعد مُنتصف الليل جبهةٌ هوائية باردة عاليةُ الفعالية تتسبب بهبوب رياح شديدةِ السرعة، تصل سرعة بعض هبّاتِها إلى ما يتجاوز 100km/h، كما وتهطُل أمطار غزيرة في شمال المملكة ووسطِها وشرقِها تترافق مع حدوث العواصف الرّعدية والبَرَديّة.

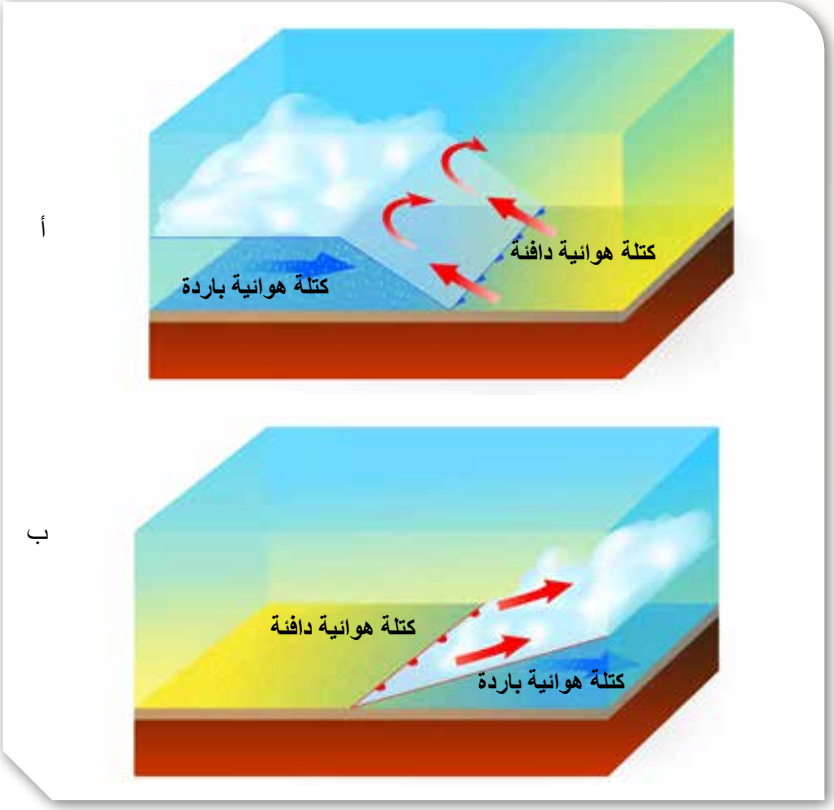
ويستمر حدوث العواصف الرملية في المناطق الصحراوية من جنوب المملكة وشرقِها، مع استمرار تدنّي ورُبما انعدامِ مدى الرؤية الأفُقية .أمّا الرياح، فتكون جنوبية غربية إلى غربية نشطة السرعة، تتحول بعد مُنتصَف الليل لتُصبح شديدة السرعة في أغلب المناطق ومُترافقة مع هبّاتٍ عاتِية.

التحليل والاستنتاج:

1. أبيِّنُ كيف يؤثّر المنخفَض الجوي الخماسيني على درجات الحرارة في المملكة.
2. **أتوقّع** سبب تسمية المنخفَض الجوي بالخماسيني.
3. **أحدّد** خصائص الكتلة الهوائية القادمة من شرق القارة الأوروبية نحو بلاد الشام.
4. **أفسّر** سبب تكوُّنِ الجبهة الهوائية الباردة.
5. **أستنتج** سبب حدوث العواصف الرملية في جنوب المملكة وشرقِها.

الجبهات الهوائية Air Fronts

تعلمت في صفوف سابقة أن الكُتل الهوائية تختلف في خصائصها من حيثُ درجةُ الحرارة والرطوبة، وتُقسَم الكتلُ الهوائية بشكل عام إلى كتل هوائية دافئة Warm Air Masses، وكتل هوائية باردة Cold Air Masses ، وتتحرك الكتل الهوائية على سطح الأرض اعتمادًا على سرعة الرياح وأنظمة الضغط الجوي، ويؤدي التقاؤها فوق اليابسة أو المحيطات إلى تكوين منطقة فاصلة بينها، تُسمّى الجبهةَ الهوائيةَ Air Front، إذ إن اختلاف خصائص الكتل الهوائية يَحولُ دون اختلاطها معا، ويعتمِد نوع الجبهة الهوائية على خصائص الكتل الهوائية المتسبِّبة في تشكُّلها، وكيفية تحرُّكها نسبة لبعضها بعضا. ومن أهم أنواع الجبهات الهوائية: الجبهة الهوائية الدافئة، والجبهة الهوائية الباردة. أنظر الشكل (1)، لكن ما الأنواع الأخرى للجبهات الهوائية وكيف تتشكل كلّ منها؟

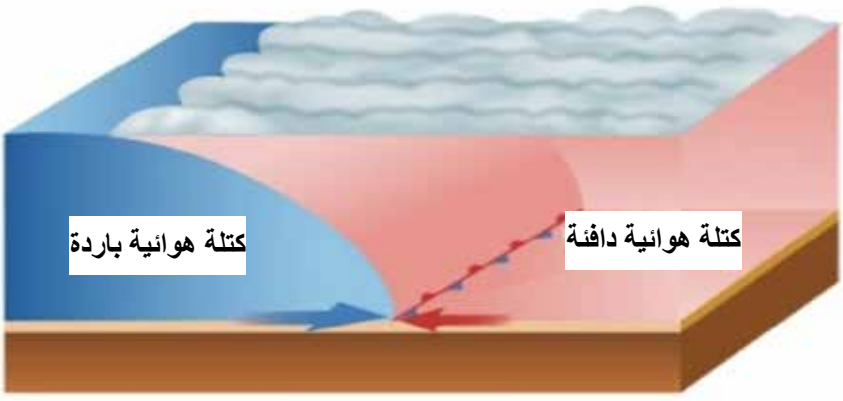


الشكل (1):
أ- جبهة هوائية دافئة.
ب- جبهة هوائية باردة.
أقارن بين كيفية تشكُّل الجبهة الهوائية الباردة والجبهة الهوائية الدافئة.

الفكرةُ الرئيسةُ:
تتنوع الجبهات الهوائية حَسْبَ نوع الكُتَل الهوائية المتسبِّبة في تشكُّلها واتجاه حركتها نسبة لبعضها بعضا، وتتمايز أنظمة الضغط الجوي لمرتفَع جوي ومنخفَض جوي.

نتاجاتُ التعلُّم:
- أبيّنُ الاتجاه المحتمَل لحركة الكتل الهوائية في أنواع الجبهات الهوائية المختلفة.
- أتعرف الجبهاتِ الهوائيةَ وأنواعَ المرتفعات والمنخفضات الجوية والرموزَ المستخدمة في حالة الطقس.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
الجبهة الهوائية الثابتة
Stationary Air Front
الجبهة الهوائية المقفَلة
Occluded Air Front
الجبهة الهوائية المقفَلة الباردة
Cold occluded Front
الجبهة الهوائية المقفَلة الدافئة
Warm occluded Air Front
المنخفَض الجوي الجبهي
Frontal Depression
المنخفَض الجوي غير الجبهي
Non -Frontal Depression



الشكل (2): جبهة هوائية ثابتة متشكِّلة بين كتلتين هوائيّتين إحداهُما باردة، والأخرى دافئة لا تتحرك إحداهُما باتجاه الأخرى.
أرسم رمز الجبهة الهوائية الثابتة.

AWA2EL LEARN 2 BE

الجبهات الهوائية الثابتة Stationary Fronts

تتشكّل الجبهة الهوائية الثابتة (المستقِرّة) Stationary Air Front بين كتلتَين هوائيّتين مختلِفتين في الخصائص، لكن لا تتحرك أيٌّ منهما نحو الأخرى، ومثالٌ على ذلك، ظهورُ مثلِ هذه الجبهات أحيانا بين الكتل الهوائية القُطبية القاريّة والكتل الهوائية القطبية البحريّة.

وفي هذا النوع من الجبهات الهوائية تتشكّلُ الغيوم، ويكون الطقس رَطْبًا لعدة أيام بسبب بُطء حركة الجبهة. وترسُم الجبهة الهوائية المستقرّة على خريطة الطقس على شَكْلَ خَطّ على أحد جوانبه تَبرزُ مثلثات باللون الأزرق، وفي الجانب الآخر تَبرزُ أقواس باللون الأحمر. أنظر الشكل (2).

أفكّرُ متى تتحول الجبهة الهوائية الثابتة إلى جبهة هوائية باردة ، أو جبهة هوائية دافئة؟

الجبهات الهوائية المقفَلة Occluded Air Fronts

تتشكّل الجبهة الهوائية المقفَلة (المندمِجة) Occluded Air Front في حال وجود ثلاث كتل هوائية متباينة الخصائص متتالية، إحداها كتلة هوائية باردة، والأخرى كتلة هوائية باردة جدّا، مع وجود كتلةٍ هوائية دافئة محصورة بينهما. أنظر الشكل (3)، وترسُم الجبهة الهوائية



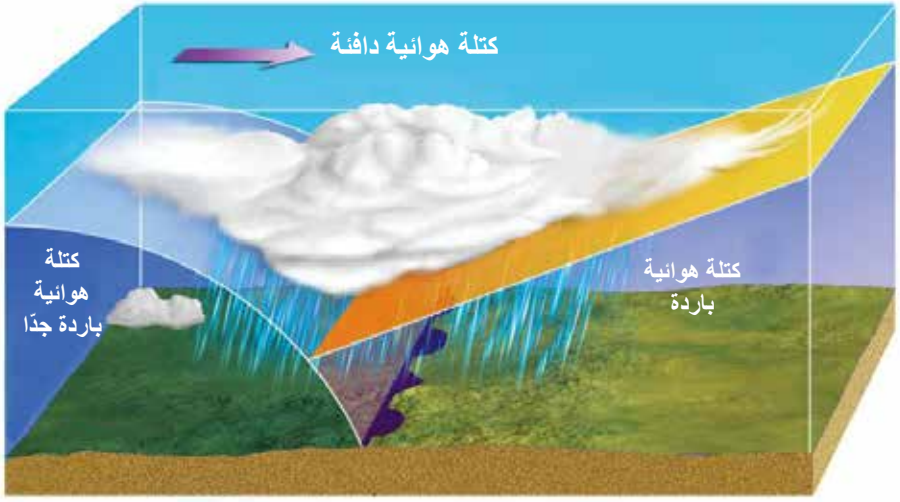
الشكل (3): جبهة هوائية مقفلة بين ثلاث كتل هوائية: إحداها باردة جدا والأخرى باردة وكتلة هوائية دافئة بينهما.
أرسم رمز الجبهة الهوائية المقفلة.

المقفَلة على خريطة الطقس خطًّا تَبرزُ على أحد جوانبه مثلثات وأقواسٌ متتالية ذاتُ لَون بنفسجي، وفي هذا النوع من الجبهات الهوائية تنخفض درجات الحرارة وتتساقط الأمطار والثلوج. ويمكِنُ تمييزُ نوعين من الجبهات الهوائية المقفلة:

الجبهات الهوائية المقفَلة الباردة Cold Occluded Air Fronts

تتشكّل الجبهة الهوائية المقفَلة الباردة Cold occluded Air Front عند وجود كتلة هوائية دافئة محصورة بين كتلتين هوائيّتين باردتين، بحيث تكون الكتلة الهوائية الأمامية باردة، والكتلة الهوائية الخلفية باردة جدًا. تتحرّك الكتلة الهوائية الدافئة باتجاه الكتلة الهوائية الباردة مشكِّلةً معها جبهة دافئة، وعندما تتحرك الكتلة الهوائية الباردة جدًا بسرعة وراء الكتلة الهوائية الدافئةً تنزلِقُ أسفلَها فترفعها مع الجبهة الدافئة من على سطح الأرض تدريجيًا، وتَندَسُّ تحت الكتلة الهوائية الباردة مشكِّلةً جبهة جديدة باردة بينها هي الجبهة الهوائية المقفَلة الباردة. أنظر الشكل (4). وبذلك تظهر الكتلة الهوائية الدافئة عائمةً فوق كلّ من الكتلتين الهوائيّتين الباردتين مشترِكةً معهما في تشكيل جبهة هوائية دافئة مع الكتلة الهوائية الباردة في الأمام، وجبهة هوائية باردة مع الكتلة الهوائية الباردة جدًا في الخلف.

أصمّمُ باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) عَرْضًا يبيِّنُ كيفيّة تشكّلِ الجبهات الهوائية المقفلة الباردة، ثمّ أشاركُه معلمي وزملائي في الصفّ.



الشكل (4): جبهة هوائية مقفلة باردة ناتجة عن وجود كتلة هوائية دافئة محصورة بين كتلتين هوائيّتين باردتين: الأماميةُ منهما أقلُّ برودةً من الخلفية.

الجبهات الهوائية المقفَلة الدافئة Warm Occluded Air Fronts

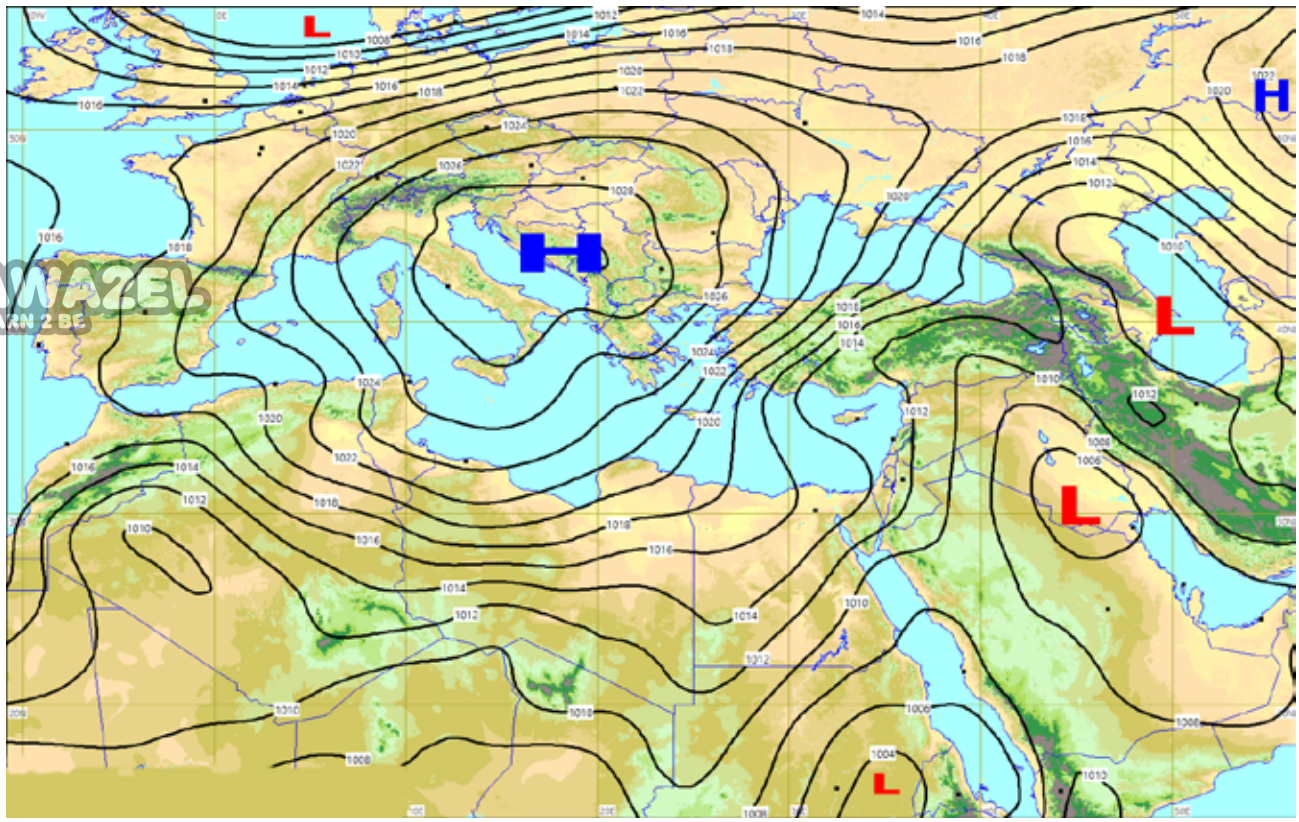
تتشكّل الجبهــة الهوائيــة المقفَلة الدافئة Warm occluded Air Front كما هو الحال في الجبهة الهوائية المقفَلة الباردة، لكن بوجود كتلة هوائية دافئة محصورة بين كتلة هوائية باردة جدّا في الأمام، وكتلة هوائية باردة في الخلف. أنظر الشكل (5). تتحرك الكتلة الهوائية الدافئة باتجاه الكتلة الهوائية البادرة جدّا مشكِّلةً معها جبهة هوائية دافئة. وعندما تتحرك الكتلة الهوائية الباردة اتجاه الكتلة الهوائية الدافئة تشكِّلُ معها جبهة هوائية باردة، لكنها ما تلْبَثُ وأن تنزلِقَ أسفلَها فترفعها مع الجبهة الدافئة المتشكِّلة مع كتلة الهواء الباردة جدّا، وترتفع معها فوق الكتلة الهوائية الباردة جدّا، مشكِّلةً عند سطح الأرض بينها وبين الكتلة الباردة جدّا جبهةً دافئة نسبيّا هي الجبهةُ الهوائية المقفلة الدافئة. ويُعَدُّ هذا النّوعُ من الجبهات الهوائية غيرَ شائع في الأردن.

✓ **أتحقَّقُ:** أبيّنُ كيف تتشكّل الجبهة الهوائية المقفَلة الباردة.



الشكل (5): جبهة هوائية مقفَلة دافئة ناتجة عن وجود كتلة هوائية دافئة محصورة بين كتلتين هوائيّتين باردتين: الأمامية منهما أكثرُ برودةً من الخلفية.

أصمّمُ باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) عَرْضًا يبيِّنُ كيفيّة تشكّلِ الجبهات الهوائية المقفلة الدافئة، ثمّ أشاركُه معلمي وزملائي في الصفّ.



الشكل (6): خريطة طقس سطحيّةٌ تبيّنُ أنظمة الضغط الجوي.

أبين عَددَ المنخفضات الجوية والمرتفعات الجوية، وأحدد قيمة الضغط الجوي في مركز كل منها.

المنخفض الجوي Low Pressure

تعلمت سابقا أن أنظمة الضغط الجوي تتشكّل نتيجةَ اختلاف قِيمِ الضغط الجوي على سطح الأرض، وتُقسَمُ أنظمة الضغط الجوي اعتمادا على قِيمِ الضغط الجوي في مركز الكتلة الهوائية إلى قسمين: المنخفض الجوي، والمرتفع الجوي. أنظر الشكل (6). وتسبب أنظمة الضغط الجوي المختلفة نشأة الرياح، وحركةَ الكتل الهوائية، وتشكّل الجبهات الهوائية بينها.

ويعرَفُ المنخفَضُ الجوي بأنه كتلة من الهواء فوق منطقة معينة من الأرض، تتميز بضغط أقلَّ من ضغط الهواء في المناطق المحيطة بها، حيث تكون أقلَّ قيمةً للضغط الجوي في المركز، وتزداد كلما ابتعدنا عن المركز.

ويمكن تقسيم المنخفضات الجوية اعتمادًا على آلية التشكّل بشكل عام إلى منخفضات غير جبهية Non-Frontal Depressions، ومنخفضات جبهية Frontal Depressions .

المنخفضات الجوية غيرُ الجبهية Non- Frontal Depressions

المنخفض الجوي الحراري Thermal Low Depression

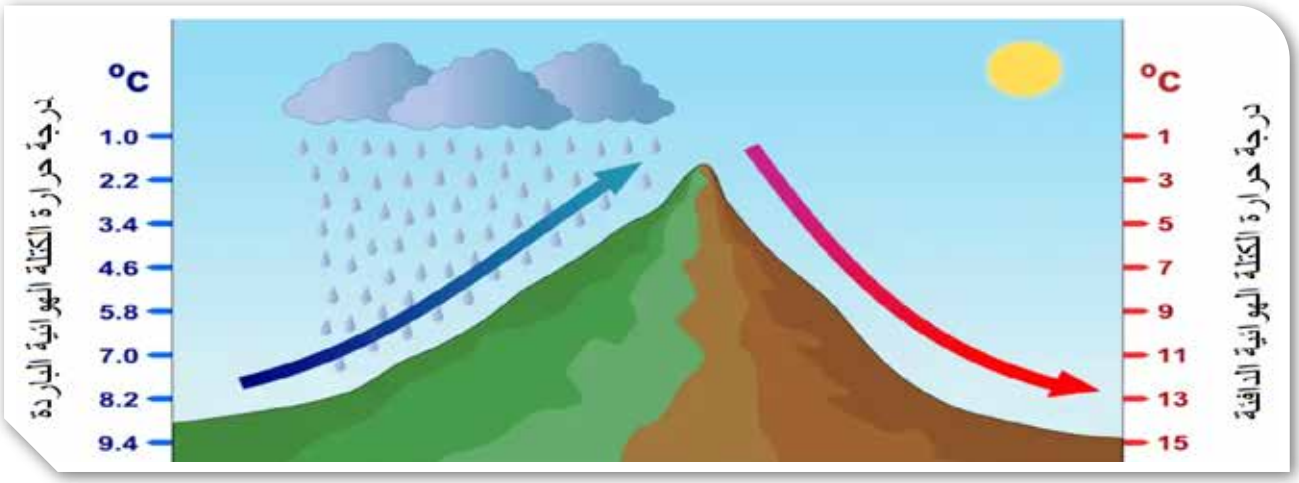
ينشأ هذا النوع من المنخفضات فوق المناطق التي تتميز بارتفاع درجة حرارتها مقارَنةً بالمناطق المحيطة بها، ويعود السبب وراء تشكّلِ مثلِ هذه المنخفضات إلى استمرار التسخين للهواء الذي يلامس سطح الأرض، وصعودِه للأعلى عن طريق تيارات الحَمْلِ، ما يعمل على هبوط في الضغط الجوي فوق المنطقة التي صعِدَ منها الهواء الساخن للأعلى. ومن الأمثلة على هذه المنخفضات منخفَضُ البحر الأحمر ومنخفض الهند الموسمي.

المنخفض الخماسيني Khamasin Depression

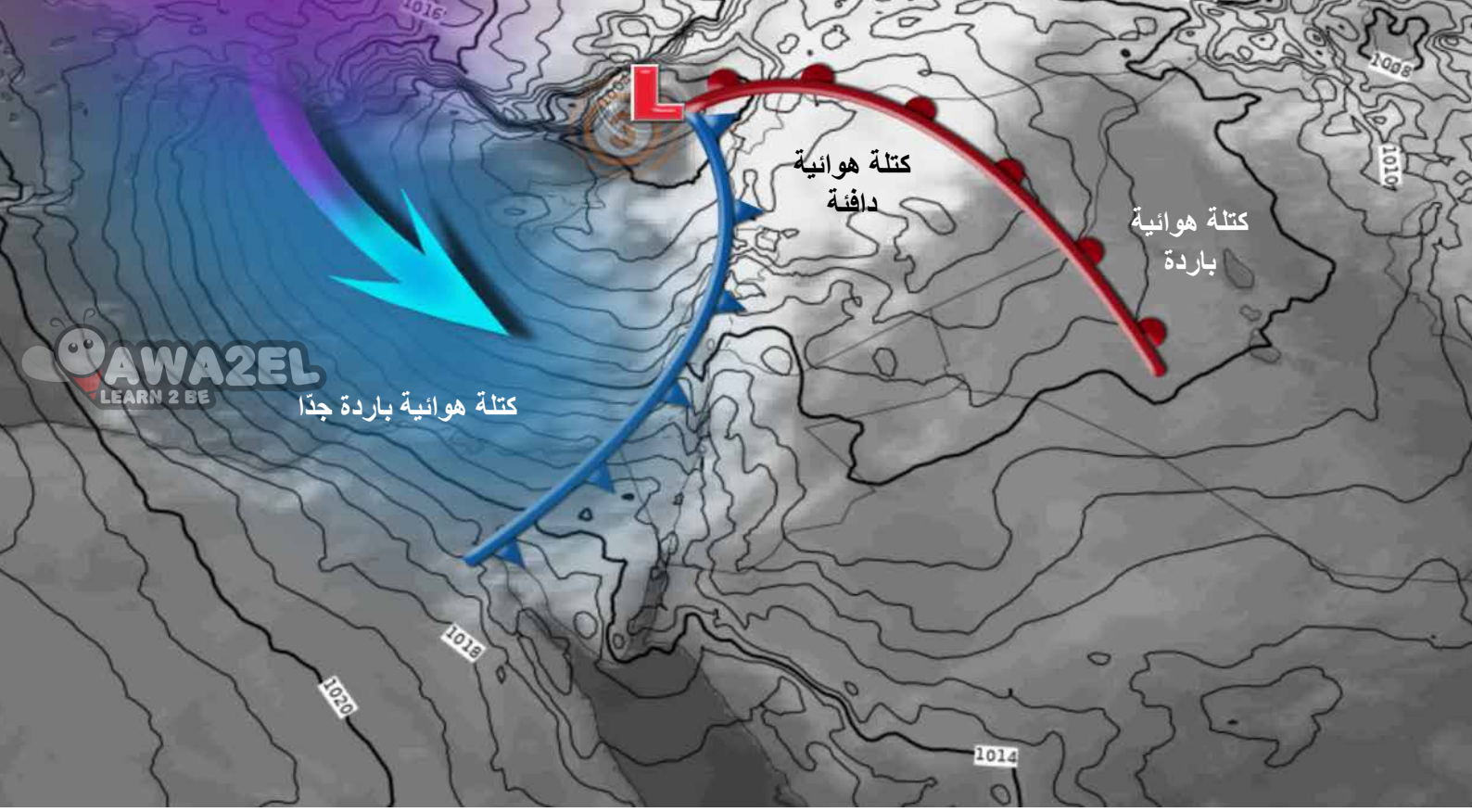
تنشأ المنخفضات الخماسينية فوق السفوح الجنوبية لجبال أطلس، غالبًا في فصل الربيع، وخاصّة في الخمسين يومًا التي تَعقُبُ الاعتدال الربيعي، حيث تسخُنُ الكتلة الهوائية القادمة من غرب أوروبا والمنحدرة جنوبًا باتجاه جبال أطلسَ نتيجة ظاهرة الفوهن (Foehn). أنظر الشكل (7). فعند اصطدام الكتلة الهوائية الباردة القادمة من غرب أوروبا بجبال أطلسَ ترتفع للأعلى، وتقِلّ درجة حرارتها كلما ارتفعت نحو القِمّة، فيحدث التكاثف وتتساقط الأمطار، وعند بلوغ الكتلة الهوائية قِمّة الجبل تبدأ بالهبوط نحو الأسفل على الجهة الأخرى منه، فترتفع درجة حرارتها وينخفض ضغطها مشكِّلةً منخفضا خماسينيّا يتحرك شرقًا أو شمال شرق إلى البحر المتوسط.

الربط مع الجغرافيا

جبال الأطلسِ هي سلسلة جبال تمتد عبْرَ الشمال الغربي لقارة إفريقيا حوالي 2500Km عبْرَ كلٍّ من المغرب والجزائر وتونس. تبلغ أعلى قمّة لها 4.167m وهي قمّة طوبقالَ في جنوب غرب المغرب، يَحُدُّ سلسلةَ جبال الأطلس كلٌّ من البحر الأبيض المتوسط شمالًا، والمحيط الأطلسي غربًا، والصحراء الكبرى جنوبًا.



الشكل (7): رسم تخطيطي يصف كيفية تشكّلِ ظاهرة (Foehn) عندما تصطدم كتلة هوائية بجبل.
أصف: ماذا يحدث لدرجة حرارة الكتلة الهوائية عندما تصطدم بالجبال؟



الشكل (8): منخفض جوي جبهي

أحدّد نوع الجبهة الهوائية التي ستتشكّل بين الكتل الهوائية الثلاثِ؛ اعتمادا على خصائصها.

أبحثُ:

في مصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها شبكة الإنترنت عن أنواع المنخفضات الجوية التي تؤثر على المملكة، محددا الأوقات التي تحدث فيها من السنة، وأعرض نتائج بحثي أمام معلمي وزملائي في الصف.

المنخفضات الجوية الجبهية Frontal Depressions

يتشكّل المنخفض الجبهي عند وجود كتلتين هوائيّتين، واحدةٌ منهما باردة والأخرى دافئة. ويكون الفرق واضحا في خصائص هذه الكتل التي تلتقي مع بعضها بسبب حركتها المتعاكسة. أنظر الشكل (8). ومن الأمثلة عليها منخفضات البحر الأبيض المتوسط.

منخفضات البحر الأبيض المتوسط Mediterranean Depressions

تنشأ العديدُ من المنخفضات فوق البحر الأبيض المتوسط، ويُعَدُّ خليجُ جَنوَةَ، وشمالُ البحر الأيوني، وجنوبي بحر إيجَةَ، وجزيرةُ قبرص أفضلَ مناطق البحر الأبيض المتوسط لنشوء المنخفضات الجوية الجبهية.

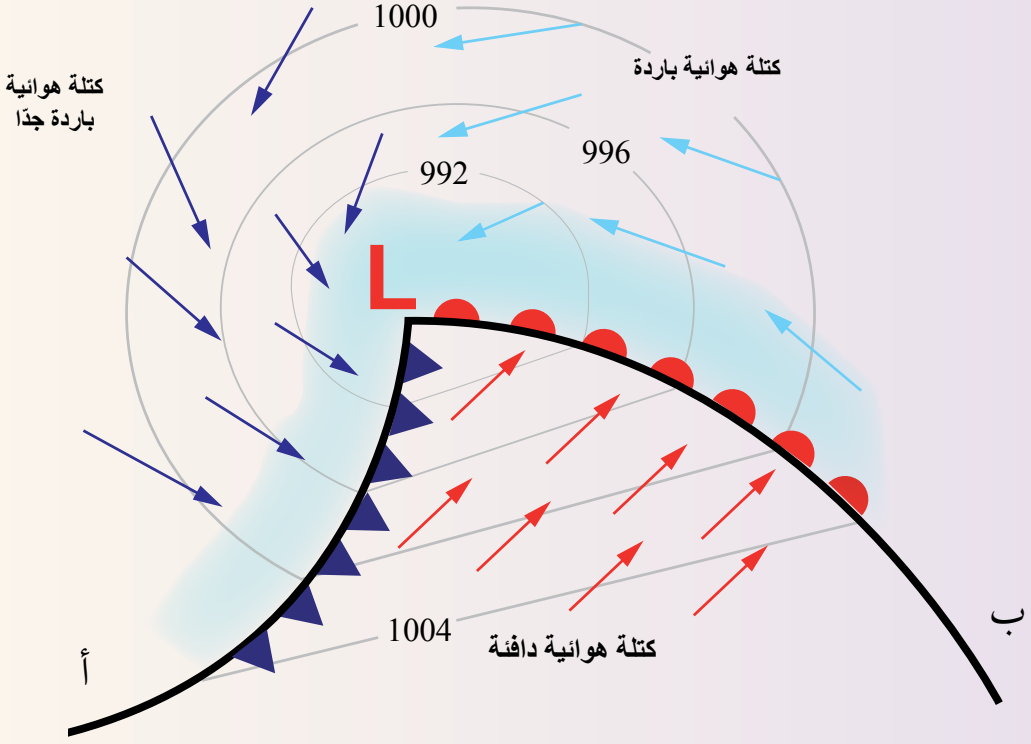
وتُسمّى المنخفَضاتُ الجوية المتشكِّلةُ فوق جزيرة قبرص بالمنخفضات القبرُصية، وهي في الغالب تنشأ في أواخر فصل الخريف، وتتميز هذه المنخفضات بقلّةِ تكرارها خلال السنة مقارَنةً بمنخفضات البحر الأبيض المتوسط التي تنشأ فوق خليج جَنوَةَ.

✓ **أتحقَّقُ:** أتتبع بمخطط سهمي كيف يتشكل المنخفض الجوي الحراري.

نشاطٌ

منخفض جويّ

يمثّلُ الشّكلُ خريطة طقس توضّح خطوط تَساوي الضغط الجوي، وثلاثَ كُتلٍ هوائية مختلفة في خصائصها، واتجاه كلّ منها نسبة لبعضها بعضا. أدرس الشكل ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1 – أحدّد قيمة الضغط الجوي بوحدة المليبار في مركز المنخفض الجوي.

2 – أصِف كيف تتغير قيمة الضغط الجوي كلما ابتعدنا عن المركز.

3 – أبيّن نوع الجبهة الهوائية في كلّ من (أ، ب).

4 – أوضّح نوع المنخفض الجوي في الشكل.

5 – أتوقّع حالة الطقس المُرافِقةَ للمنخفض الجوي.

6 – أحدّد نوع الجبهة الهوائية المتشكِّلةِ بين الكتل الهوائية الثلاثِ في الشكل، مع التعليل.

المرتفَع الجوي High Pressure

يُعرَفُ المرتفَعُ الجوي بأنه كتلة من الهواء فوق منطقة معينة من الأرض، تتميز بضغط أعلى من ضغط الهواء في المناطق المحيطة بها، حيث تكون أكبرَ قيمةً للضغط الجوي في المركز، وتقلُّ كلما ابتعدنا عن المركز.

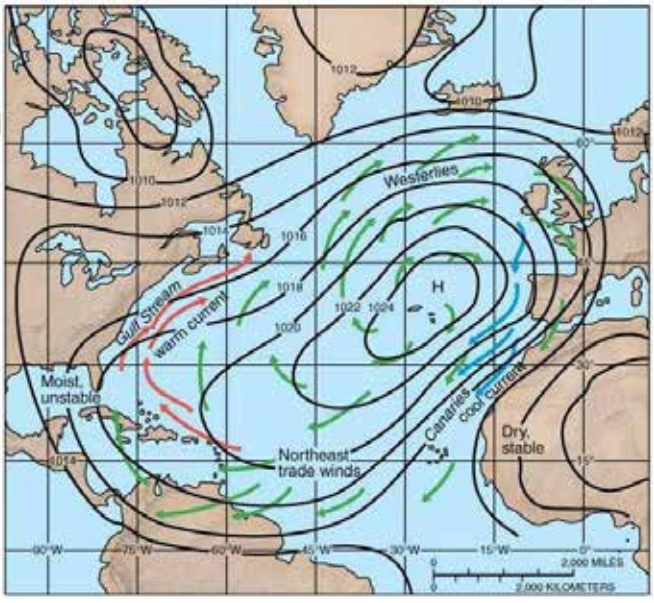
تُقسَمُ المرتفعاتُ الجوية بناءً على نوع الكتل الهوائية إلى الآتي:

المرتفع الجوي الدافئ Warm High Pressure

عندما يتضاغط الهواء القادم من قِمم المنخفضات الجوية، تزداد كثافته، أي يزداد ضغطه، فيهبِط إلى الأسفل. ونتيجة لذلك، يسخُن الهواء الهابط ذاتيًا؛ مشكِّلًا المرتفعَ الجوي الدافئ، وتعمل عملية التسخين الذاتي للهواء على تبخّر قطرات الماء إن وُجِدتْ في الهواء، وتلاشي الغيوم. ويرافق المرتفعاتِ الجوية الدافئة ارتفاعٌ واضح في درجة الحرارة لكتلة الهواء قُرْبَ سطح الأرض، وخاصة في فصل الصيف. وتسود هذه المرتفعاتِ في الأغلب أجواءٌ مستقرّة وصافية. ومن الممكن أن تعمل على تكوُّنِ الضباب إذا اكتملت شروط تشكُّلِه، ومن الأمثلة على المرتفع الجوي الدافئ المرتفعُ الجوي الأزوري .

المرتفع الجوي الأزوري Azores High pressure

نظام ضغط جوي مرتفع شِبْهِ استوائيّ، يقع مركزه بالقرب من جُزُر الأزورِ البرتغالية في المحيط الأطلسي. ومن هنا أتت التسمية، ويتغير الضغط الجوي في مركزه بين فصلَي الصيف والشتاء بشكل طفيف جدّا، وغالبًا ما يقترب من mb (1024) ، أنظر الشكل (9).



الشكل (9): مرتفع أزوري يتمركز فوق المحيط الأطلسي بالقرب من جزر الآزور البرتغالية الضغط الجوي في مركزه 1024 مليبار.

أبحثُ:

في مصادر المعرفة المتاحَةِ لديّ، ومنها شبكة الإنترنت عن عملية التسخين الذاتي للهواء (Adiabatic Warming)، وأعرض نتائج بحثي أمام معلمي وزملائي في الصف.

AWAZEL LEARN 2 BE

ويؤثّر المرتفع الأوزوري في طقس ومناخ مناطقَ واسعةٍ تشمل أوروبا وشمال أفريقيا، ويصل تأثيرُه لحوض البحر الأبيض المتوسط وبلاد الشام ليُسبّب الجفاف والاستقرار على الأجواء، وارتفاع درجات الحرارة.

المرتفع الجوي البارد Cold High Pressure

يَنشأ هذا النوع من المرتفعات إمّا بطريقة نشوء المرتفع الجوي الدافئ نفْسِه، ولكن عملية التسخين الذاتي للهواء لا تكون بالقدر الكافي لرفع درجة حرارة الهواء الهابط فيبقى باردًا، أو يَنشأ فوق منطقة باردة تؤدي إلى زيادة كثافة الهواء بفِعل ملامسته سطحَ تلك المنطقة، وزيادة ضغطِه. ويأخذ الهواء المتمركِزُ فوق المنطقة الباردة خصائص هذه المنطقة من حيث درجةُ الحرارة، ومن الأمثلة عليه المرتفعُ السيبيريّ الذي تعمل الكتلة الهوائية المرافقةُ له أحيانًا على خفض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر في منطقة معيّنة، وتشكّلِ الصقيع في تلك المنطقة.

المرتفع الجوي السيبيري Siberian High pressure

نظام ضغط جوي مرتفع شِبْهُ دائم، يتمركز نحو القطب الشمالي عند خط عرض (45) درجة شمالًا فوق شمال شرق سيبيريا، وأواسط آسيا ويُعَدُّ أحدَ أهم مراكز الضغط الجوي خلال فصل الشتاء في النصف الشمالي للكُرة الأرضية. ويسجِّل المرتفع السيبيري أعلى قِيمٍ للضغط الجوي على الإطلاق بين جميع أنظمة الضغط الجوي. ويؤدي انخفاض درجة حرارة اليابسة خلال فصل الشتاء إلى زيادة قوّة المرتفع الجوي السيبيري، وامتداد هذا المرتفع جنوبًا بحيث يصل شمال الجزيرة العربية وبلادَ الشام، ويَحول دون امتداد المنخفضات الجوية شرقًا إلا في الأوقات التي يتراجع فيها نحو الشمال أو الشرق. ويرافق هذا المرتفعَ رياحٌ شرقية أو شمالية شرقية جافّة وشديدة البرودة تؤدي إلى انخفاض درجات الحرارة.

أبحثُ:

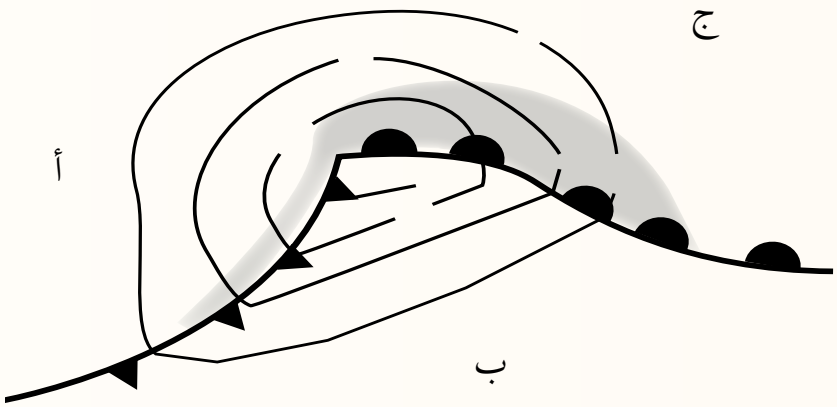
في مصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها شبكة الإنترنت عن ظاهرة الضباب وشروط تكونه، وأعرض نتائج بحثي أمام معلمي وزملائي في الصف.

أبحثُ:

في مصادر المعرفة المتوافرة لدي عن أحدث المرتفعات الجوية السيبيرية التي تعرضت لها المملكة، وأوضح أثرها على حالة الطقس، وأعرض نتائج بحثي أمام معلمي و زملائي في الصف .

مراجعةُ الدرسِ

1. أبيّن كيف تؤثّر الجبهة الهوائية المقفَلة في حالة الطقس.
2. أحدّد نوع الجبهة الهوائية المتشكِّلة بين كُتلٍ هوائية مختلفة في الخصائص، لكنها لا تتحرك باتجاه بعضها بعضا.
3. **أرسم** اتجاه الكتل الهوائية نسبة إلى بعضها بعضا في الجبهة الهوائية المقفَلة الدافئة، محدّدًا أنواع الكتل الهوائية (أ، ب، ج).



4. **أصِف** كيف يتشكّل المنخفض الخماسيني.
5. **أقارن** بين الجبهات الهوائية المقفَلة الباردة، والجبهات الهوائية المقفَلة الدافئة، من حيث موقعُ الكتلِ الهوائية نسبةً إلى بعضها بعضا.
6. أبيّن الفرق بين المرتفع الجويّ البارد، والمرتفع الجويّ الدافئ.
7. أذكر مثالا على كل من:
   أ. مرتفع جويّ دافئ.
   ب. منخفض جويّ جبهيّ.
   ج. منخفض جويّ غير جبهيّ.

التنبؤات الجوية وخرائط الطقس

Weather Predictions and Weather Maps

الدرس 2

الفكرةُ الرئيسةُ:

تـقـاسُ عنـاصرُ الطقـس المختلفةُ باستخدام أدوات عديدة، ويعبَّرُ عنها برموز خاصة على خريطة الطقس؛ لتسهلَ عملية التنبؤ الجوي.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضّح المقصود بخرائط الطقس وخطوط تَساوي الضغط الجوي.
- أرسم خريطة لخطوط تساوي الضغط الجوي .
- أتنبّأ بحالة طقس مبسَّطة لمنطقة ما.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

التنبؤ الجوي	Weather Prediction
كشك الرصد الجوي	Weather Instrument Shelter
مقياس درجة الحرارة الجاف	Dry Bulb Thermometer
مقياس درجة الحرارة الرطب	Wet Bulb Thermometer
مقياس درجة الحرارة العظمى	Maximum Thermometer
مقياس درجة الحرارة الصغرى	Minimum Thermometer
الثيرموغراف	Thermograph
الأنيمومتر	Anemometer
ريشة الرياح	Wind Vane
مخروط الرياح	Wind cone
البارومتر الزئبقي	Mercury Barometer
البارومتر الفلزي	Metal Barometer
بالونات الطقس	Weather Balloons
نموذج المحطة	Station Model

نهتم بالأحوال الجوية ومعرفة حالة الطقس؛ لأنها تؤثّر على أنشطتنا المختلفة وأعمالنا التي سنقوم بها، كما تساعدنا على معرفة حالة الطقس في الاستعداد لظروف الطقس القاسية، كموجات الحَرّ أو نَوبات البرد، أو تشكّلِ السيول، وأخذ إجراءات السلامة اللازمة للحفاظ على صحتنا.

التنبؤ في حالة الطقس ليست عملية جديدة، فقد تنبّأ الإنسان قديما بحالــة الطقس من خــلال الملاحظة، كملاحظة ارتفاع الغيوم ولونِها. ومع تطوّرِ علم الأرصاد الجوية وكذلك التطور العملي والتكنولوجي أصبح الحصول على معلومات عن حالة الطقس المتوقّعَة وظروفه لعدة أيام أكثرَ دِقّةً. ويُعرفُ التنبؤ الجويُّ Weather Prediction بأنه معرفة حالة الطقس المتوقّعَة لمنطقة معيّنة لعدة أيام من خلال جمع البيانات وتحليلها، باستخدام التقنيات التكنولوجية والعلمية الحديثة، وللتوصل إلى تنبؤات تفصيلية دقيقة عن حالة الطقس يدرُس علماءُ الأرصاد الجوية مجموعةً من عناصر الطقس كدرجة الحرارة، والرطوبة، واتجاه الرياح وسرعتها، والضغط الجوي، قُربَ سطح الأرض وعلى ارتفاعات عالية من سطح الأرض؛ لأن الطقس يتأثر في جميع الهواء الموجود بطبقة التروبوسفير. أنظر الشكل (10). فما هي شروط التنبؤ الجوي؟ وكيف تُجمَعُ البياناتُ عن حالة الطقس؟

الشكل (10): عَددٌ من أدوات الرصد الجوي على سطح الأرض.



تتوافر مجموعة من الشروط في الظاهرة الجوية المرادِ التنبؤُ بها، حيث إنها يجب أن تخضع للقوانين العلمية والنظُم الكونية، وأن تتميز بقابليتها للتكرار، أي أنها حدثت مرات عديدةً في الماضي ونتنبّأ بحدوثها في الحاضر، وستتكرر في المستقبل، ومن غير الممكن أن نتنبّأ بظاهرة تعطي نتائج مختلفةً كُلَّ مرة؛ لذلك يجب أن تتميز الظاهرة الجوية المرادُ التنبؤُ بها بثبوتها أيضا.

وتُقسَمُ التنبّؤاتُ الجوية اعتمادا على المدة الزمنية المتنبّأ بها إلى ثلاثة أقسام رئيسة: تنبؤات قصيرة المدى والتي تهتم بتوقع حالة الجوّ المستقبلية خلال ساعة إلى ثلاثة أيام، وتنبؤات متوسطة المدى، وتهتم بتوقع الأحول الجوية المستقبلية لمدة تصل إلى أسبوع، وتنبؤات طويلة المدى وتهتم بتوقع الأحوال الجوية المستقبيلة لفترة زمنية طويلة تمتد إلى شهر، أو فصل، أو سنة.

قياس عناصر الطقس Measuring the Elements of the Weather

تعرفت سابقا أنه لا بد من دراسة عناصر الطقس المختلفة كدرجة الحرارة، والرطوبة، واتجاه الرياح وسرعتها، والضغط الجوي، قُربَ سطح الأرض، وعلى ارتفاعات عالية منه في طبقة التروبوسفير؛ للحصول على تنبؤات جوية دقيقة.

تُقاسُ عناصرُ الطقس المختلفةُ باستخدام أدوات عديدة توجد في محطات الأرصاد الأرضية (حديقة الرصد الجوي)، وبالونات الطقس، والرادار، وصوَر الأقمار الصناعية.

محطات الأرصاد الأرضية Meteorological Ground Station

يتم في محطات الأرصاد الأرضية قياسُ عناصر الطقس المختلفة في أوقات محدّدة لأغراض الرصد الجوي والتنبؤ في حالة الطقس، وقد تكون هذه المحطات بريّة أو بحريّة، وسأتعرف محطات الأرصاد الأرضية البرية، فممّ تتكون هذه المحطات؟

أبحثُ:
في المصادر المتوافرة لديّ ومنها شبكةُ الانترنت كيف تنبّأ الإنسان قديما بحالة الطقس، وأعرِض ما توصلت إليه أمام معلمي و زملائي في الصف.

أفكّرُ تعتمد دقة التنبؤ بالأحوال الجوية على المدة الزمنية المتنبّأ بها، أفكر كيف تؤثر المدة الزمنية لتوقع حالة الطقس على دقة التنبؤات الجوية.

أتحقّق: أبيّن الشروط التي يجب توافرها في الظاهرة الجوية المرادِ قياسُها والتنبؤ بها.

كُشك الرصد الجوي Weather Instrument Shelter

يُعرَفُ كُشكُ الرصد الجوي Weather Instrument Shelter بصندوق ستيفنسن، وهو صندوق خشبي لونه أبيض، يحوي فتحات جانبيةً مائلة، ويوضع على ارتفاع 1.25m – 2 m تقريبًا عن سطح الأرض، بعيدا عن الأبنية والمنشآت العمرانية، في اتجاه الرياح، ويوضع في حديقة الرصد الجوي بحيث يكون بابه في اتجاه الشمال، لمنع وصول أشعة الشمس لمقاييس درجة الحرارة عند فتحه لأخذ القراءات المَقيسة. أنظر الشكل (11). يوجد بداخله أدوات خاصة بقياس درجة حرارة الهواء ورطوبته، مثل: مقياسُ درجة الحرارة الجافُّ، ومقياسُ درجة الحرارة الرّطْبُ، ومقياسُ درجة الحرارة العظمى، ومقياسُ درجة الحرارة الصغرى، وجهازُ الثيرموغراف، وفيما يأتي شَرْحٌ مُبسَّطٌ عنها.

مقياس درجة الحرارة الجاف Dry Bulb Thermometer هو مقياس حرارة زئبقي يتكون من أنبوب زجاجي ضيق، وتقاس فيه درجة حرارة الهواء بوحدة السلسيوس والفهرنهايت معًا. أنظر الشكل (12).

ينتهي الأنبوب الزجاجي في المِقياس بمستودع (خزان) مليء بالزئبق ذي شكل كُرَوي أو اسطواني، وعند ارتفاع درجة حرارة الهواء يتمدّد الزئبق فيه ويرتفع في الأنبوب الزجاجي نحو الأعلى، وعند انخفاض درجة حرارة الهواء يتقلّص الزئبق في الأنبوب الزجاجي ويتحرك نحو الأسفل، وتُقرأ درجةُ الحرارة أمام أعلى مستوى للنقطة التي وصل إليها الزئبق.

أفكّرُ لماذا تكون قيمة درجة الحرارة المسجَّلة في مقياس درجة الحرارة الرطب غالبًا أقلَّ من قيمة درجة الحرارة المسجَّلة في مقياس درجة الحرارة الجافّ، ومتى يمكن أن تتساوى درجة الحرارة المسجَّلة في كليهما؟



الشكل (11): مقياس درجة الحرارة الجاف.

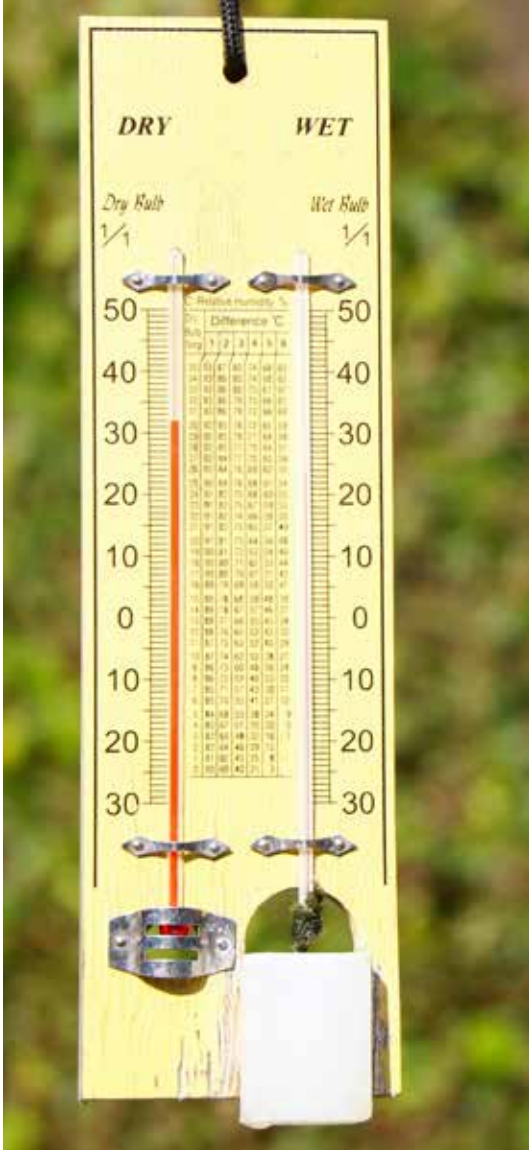
الشكل (12): كُشك الرصد الجوي.

أتنبّأ ما سبب وجود فتحات جانبية مائلة في كُشك الرصد الجوي؟

AWA2EL LEARN 2 BE

مقياس درجة الحرارة الرطب Wet Bulb Thermometer هو مقياس حرارة جافٌّ غُطِّيَ مُستَودَعُه المملوء بالزئبق بإحكام بقطعة من القماش المُبلَّلة، بحيث يكون طرَفُها مغموسًا دائما بوعاء صغير مملوء بالماء. أنظر الشكل (13). تكون غالبا قيمة درجة الحرارة المسجَّلة في مقياس درجة الحرارة الرّطب أقلَّ من القيمة المسجَّلة في مقياس درجة الحرارة الجافّ، ويُستخدَمُ الفرقُ بين درجتَي حرارة مقياس درجة الحرارة الجاف، ومقياس درجة الحرارة الرطب للتعرف على الرطوبة النسبية للهواء التي تبيّن مدى قُرب الهواء أو بُعدِه عن الإشباع.

مقياس درجة الحرارة العظمى Maximum Thermometer هو مقياس حرارة زئبقي، يوضع بشكل أفقي في كشك الرصد الجوي، يتصف بوجود اختناق في الأنبوب الزجاجي – أسفل التدريج قريبا من مستودَع الزئبق، حيث يسمح هذا الاختناق بعبور الزئبق إلى الأنبوب الشَّعري عندما ترتفع درجة الحرارة، لكنه لا يسمح له بالعودة تلقائيا إلى المستودع عند انخفاض درجة الحرارة؛ حيث يبقى في الأنبوب في وضعه الذي وصله في أثناء ارتفاع الحرارة – مشيرا بذلك إلى أعلى درجة حرارة في اليوم، وتتمّ إعادة الزئبق إلى المستودع بجعل مقياس درجة الحرارة العظمى إلى الأسفل – في وضع رأسي – وهزِّه باليد عدة مرات.



الشكل (13): نموذج مقياس درجة الحرارة الجاف و الرطب.

أبين الفرق بين مقياس درجة الحرارة الجاف، ومقياس درجة الحرارة الرطب.

مقياس درجة الحرارة الصغرى Minimum Thermometer هو مقياس كحوليّ يُستخدَمُ فيه الكحول الإيثيلي بدلا من الزئبق، يشبه مقياس درجةُ الحرارة الزئبقي الجافّ، إلا أن أنبـوبه أكـثر اتساعًا، وفي داخله يوجد مؤشر زجاجي يتحرك حـركة حُرّة باتجاه مستودع المقياس، يوضَعُ المقياس في حالة أفقية، وعند انخفاض درجةُ حرارة الهواء يتقلص الكحول باتجاه المستودَع ساحبًا معه المؤشر الزجاجي إلى الأسفل باتجاه المستودع، وتُقرأ درجة الحرارة الصغرى عند طرف المؤشر الأبعد عن المستودع. أنظر الشكل (14).



الشكل (14): مقياسي درجة الحرارة العظمى والصغرى.
أتوقع السبب في وضـع مقيـاس درجة الحرارة العظمى، ومقياس درجة الحرارة الصغرى بشكل أفقي في كشك الرصد الجوي.

جهاز الثيرموغراف Thermograph يتكون جهاز الثيرموغراف من قطعة معدنية مُثبَتٍ في نهايتها ذراعٌ معدنية تنتهي بقلم، وأسطوانة دوّارة (تكمل دوروتها كل 24 ساعة) ومُثبَتٍ عليها ورقة رسم بياني. أنظر الشكل (15).

تؤثّر درجة حرارة الهواء على القطعة المعدنية، فعندما تسخن القطعة المعدنية وتتمدد تدفع الذراع المعدنية للأعلى فيرسم القلم رسمًا بيانيّا يشير إلى قيمة درجة الحرارة، وعند انخفاض درجة الحرارة تتقلص القطعة المعدنية ساحبة الذراع المعدنية، فيرسم القلم رسما بيانيا يشير إلى قيمة الحرارة، وهكذا مما يعطينا تصوّرًا عن التغير في درجة الحرارة اليومية.



الشكل(15): جهاز الثيرموغراف

التجربة 1

قياس الرطوبة النسبية للهواء

تُعرَفُ الرطوبةُ النسبية للهواء بأنها النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الفعلية (المحتوى المائي) لعينة من الهواء، وكمية بخار الماء (المحتوى المائي) اللازم لإشباع هذه العينة عند درجة حرارة معينة، وتُعَدُّ الرطوبةُ النسبية مؤشرًا على قُربِ أو بُعدِ الهواء عن الإشباع.

الموادّ والأدوات:

نموذج مقياس درجة حرارة جافّ ورطب، مقياس درجة حرارة جافّ، مقياس درجة حرارة رطب، قطعة كرتون، لاصِق شفاف.

إرشاداتُ السلامة:

الحذَر عند استخدام مقياسَي درجة الحرارة الجاف والرطب، خشيةَ سقوطهما وكسر أحدهما أو كليهما.

خطواتُ العمل:

1. أستخدم نموذج مقياس درجة الحرارة الجافّ والرطب، أو أثبت مقياسَي درجة الحرارة الجاف والرطب باستخدام اللاصق على قطعة الكرتون.
2. أترُك مقياسَي درجة الحرارة الجافّ والرطب في الغرفة الصفية، أو مختبر المدرسة لمدة(15) دقيقة.
3. أسجّل قراءة المقياسين الجاف والرطب في جدول.

التحليل والاستنتاج:

1. **ألاحظ**: أيّ المقياسين الجاف أم الرطب سجّلَ قيمة أعلى لدرجة الحرارة؟
2. أحسُب الفرق بين قراءة المقياسين.
3. **أستنتج** العوامل التي يمكن أن تؤثر على قراءة مقياسَي درجة الحرارة الجاف والرطب.
4. أحدّد درجة حرارة المقياس الجاف، والفرق بين قراءتَي المقياسين الجاف والرطب في الجدول، ثم أبيّن ما الرطوبة النسبية الناتجة من تقاطعهما.
5. **أحسُب** الرطوبة النسبية لعينة من الهواء عند درجة حرارة 22°C إذا كان المحتوى المائي لها 11.07g/kg والمحتوى المائي اللازم للإشباع عند تلك الدرجة 27.69g/kg.

درجة حرارة مقياس الحرارة الجافّ(°C)	الفرق بين قراءتي المقياسين، الجافّ والمبلَّل (°C)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	88	77	66	55	44	34	24	15
12	89	78	68	58	48	39	29	21
14	90	79	70	60	51	42	34	26
16	90	81	71	63	54	46	38	30
18	91	82	73	65	57	49	41	34
20	91	83	74	66	59	51	44	37
22	92	83	76	68	61	54	47	40
24	92	84	77	69	62	56	49	43
26	92	85	78	71	64	58	51	46
28	93	85	78	72	65	59	53	48
30	93	86	79	73	67	61	55	50

بيانات الرطوبة النسبية اعتمادا على درجة حرارة مقياس الحرارة الجاف، والفرق بين قراءتي المقياسين، الجافّ والمبلَّل

AWA2EL LEARN 2 BE

أجهزة قياس اتجاه الرياح وسرعتها

Wind Direction and Speed Measuring Instruments

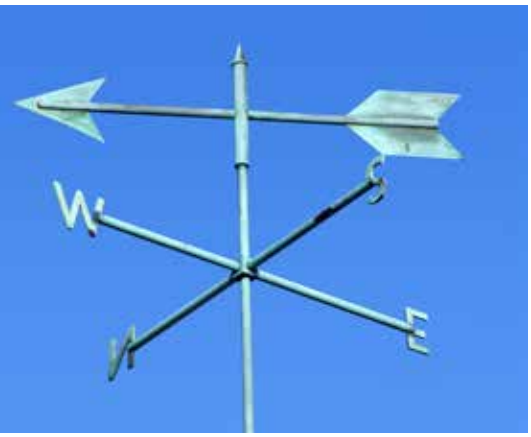
تُعرَفُ الرياحُ بأنها حركة الهواء الأفقية على سطح الأرض الناتجةُ من فرق الضغط على سطحها، وتوصف الرياح بسرعتها واتجاهها، وفي محطات الرصد الأرضية توجد مجموعة من الأجهزة والأدوات المتخصّصة في قياس سرعة الرياح واتجاهها كجهاز الأنيمومتر، وسهم الرياح الدوار أو مخروط الرياح.

تقاسُ سرعةُ الرياح بجهاز الأنيمومتر Anemometer ، الذي يتكون من ثلاثة أو أربعة أنصاف كُرات فلزية مجوَّفة، مثبتة على قضيب فلزي ينتهي بعداد أنظر الشكل (16). تحرك الرياح أنصاف الكرات الفلزية، وتتناسب سرعة حركة أنصاف الكرات الفلزية تناسبًا طرديا مع سرعة الرياح، فكلما زادت سرعة الرياح زادت طاقة حركتها، وتُولِّدُ هذه الحركة تيارا كهربائيا يجري قِياسُه في العداد يبين سرعة الرياح بوحدة العقدة Knot والتي تساوي (1.853km/h).



الشكل (16): جهاز الأنيمومتر

أما اتجاه الرياح فيقاس بريشة الرياح wind vane أو ما يسمى بسهم الرياح الدوار أنظر الشكل (17)، يتكون سهم الرياح الدوار من عمود فلزي أفقي مثبت في أحد طرفيه سَهمٌ يشير إلى الاتجاه الذي هبّت منه الرياح، إذ يُنسَبُ اتّجاهُ الرياح إلى الجهة التي تهبّ منها، ومثبَت في الطرف الآخر صفيحة فلزية. ويُستخدَم مخروطُ الرياح Wind Cone أيضا في تحديد اتجاه الرياح، وهو كيس من القماش مخروطيُّ الشكل مفتوحٌ من طرفيه. أنظر الشكل(18). حيث تدخل الرياح عبر الفتحة الواسعة وتخرج من الفتحة الضيقة، تشير الفتحة الواسعة فيه إلى الاتجاه الذي هبّت منه الرياح.



الشكل (17): ريشة الرياح
أبين اتجاه الرياح الذي تشير له ريشة الرياح .



الشكل (18): مخروط الرياح.

أجهزة قياس الضغط الجوي Air Pressure Measuring Instruments

تعرّفت سابقًا أن الضغط الجوي هو وزن عمود الهواء الممتد من سطح الأرض إلى نهاية الغلاف الجوي، ويتأثر الضغط الجوي بدرجة الحرارة والرطوبة، وقد اهتم عِلم الأرصاد الجوية بمعرفة الضغط الجوي لمعرفة مواقع أنظمة الضغط الجوي (المرتفع الجوي، المنخفض الجوي) التي تؤثر على حالة الطقس.

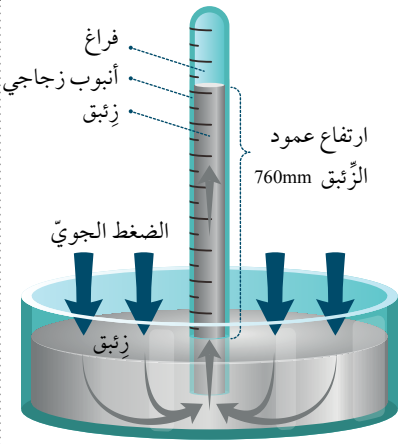
يقاسُ الضغط الجوي بوحدة المليبار أو الهكتوباسكال بمجموعة من الأجهزة يُطلَقُ عليها أجهزةُ البارومتر، مثل البارومتر الزئبقي، والبارومتر الفلزي.

يعمل البارومتر الزئبقي Mercury Barometer بمبدأ عمل بارومتر توريشلي نفسِه. أنظر الشكل (19/ أ). وهو أنبوب زجاجيّ مغلَقٌ من أحد طرفيه، مُفرَغٌ من الهواء طوله تقريبا متر، يقلَّب في مستودعٍ فيه زئبقٌ. أنظر الشكل (19/ ب). يعمل ضغط الهواء على رفع الزئبق داخل الأنبوب الزجاجي، ويكون ارتفاع الزئبق هو قيمةَ الضغط الجوي الأوليّة؛ حيث تجري عدة تعديلات على قراءة البارومتر الزئبقي.

يتكوّن البارومتر الفلزي metal Barometer من أسطوانة فلزية مُفرَغةٍ من الهواء مرِنةِ الجدران، تتأثر جدرانها بتغيرات الضغط الجوي، فعند زيادة الضغط الجوي تنكمش، وكلما قل الضغط الجوي قل انكماشها، ويرتبط هذا التأثر ميكانيكيا بمؤشر يدل على قيمة الضغط الجوي والتغيرات فيه. أنظر الشكل(20).



الشكل (20): بارومتر فلزي، يقيس الضغط الجوي بوحدة الهكتوباسكال (hpa) .



الشكل (19/ أ): بارومتر توريشلي لقياس الضغط الجوي.

أستنتج مبدأ عمل بارومتر توريشلي في قياس الضغط الجوي



الشكل (19/ ب): البارومتر الزئبقي.

أبحثُ:

في مصادر المعرفة المتوافرة لديّ ومنها شبكة الإنترنت لماذا استُخدِم الزئبقُ في أجهزة قياس الضغط الجوي، وأعرض ما توصلت إليه أمام معلمي وزملائي في الصف.

بالونات الطقس Weather Balloons

ترتفع بالونات الطقس Weather Balloons 30km تقريبًا عن سطح الأرض، حاملةً معها مجموعة من المعدّات الإلكترونية لقياس عناصر الطقس المختلفة كدرجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية، والضغط الجوي، ويرتبط بها جهاز إرسال لاسلكي يبثّ المعلومات المتعلقة بعناصر الطقس إلى محطات الأرصاد الجوية، ومن خلال تتبّع سرعة البالونات واتّجاهِها، يستطيع علماء الأرصاد الجوية معرفة سرعة الرياح واتجاهها. أنظر الشكل(21).



الشكل (21):أحـد بالونات الطقس في الطبقات العليا من الغلاف الجوي.

أتنبّأ: ما المـواد التي تصنع منها بالونات الطقس؟

رادار الطقس Weather Radar

سُمِّيَ رادارُ الطقس Weather Radar بهذا الاسم لأنه يعتمد في عمله على موجات الراديو، حيث يُرسِل الرادار حزمةً من موجات الراديو طويلة الموجة نحو الغيمة، ثم يقوم باستقبال الموجات المنعكسة عن قطرات المطر الموجودة فيها، ثم تظهر المعلومات المتعلقة بالغيمة على شاشة الرادار تتضمن موقع هطول الأمطار وغزارته ونوعه، ومعلومات عن كيفية انتقال الهطول والغيوم الممطِرة من مكان لآخر. وكلما زاد حجم قطرات المطر وكثافتها زادت كمية الموجات التي تعود إلى الرادار. أنظر الشكل (22).

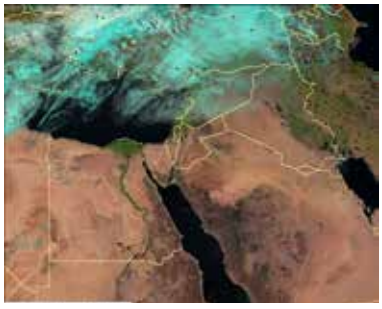


الشكل (22): رادار الطقس.

صُوَر الأقمار الصناعية: Satellites Images

تُعَدُّ صُوَرُ الأقمار الصناعية من الوسائل الحديثة في التنبؤ الجوي، فالمعلومات المجمَّعةُ من صوَر الأقمار الصناعية تسدّ النقص في المعلومات الأرضية بالنسبة للمناطق التي لا يمكن الوصول إليها، كالمناطق النائية، والمحيطات.

تبيّن صوَر الأقمار الصناعية عناصر الطقس المختلفة كدرجة الحرارة، والرطوبة، وسرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة، وتتابع تطور تشكُّل الغيوم وشكلها، كما تستخدَم لتحديد الكتل الهوائية والجبهات الهوائية. أنظر الشكل(23).



الشكل (23): أحـد صـور الأقمـار الصناعية التي تبين الغيوم .

✓ **أتحقّق:** أذكر أدوات قيـاس عنـاصر الطقس المختلفة في كشك الرصد الجوي.

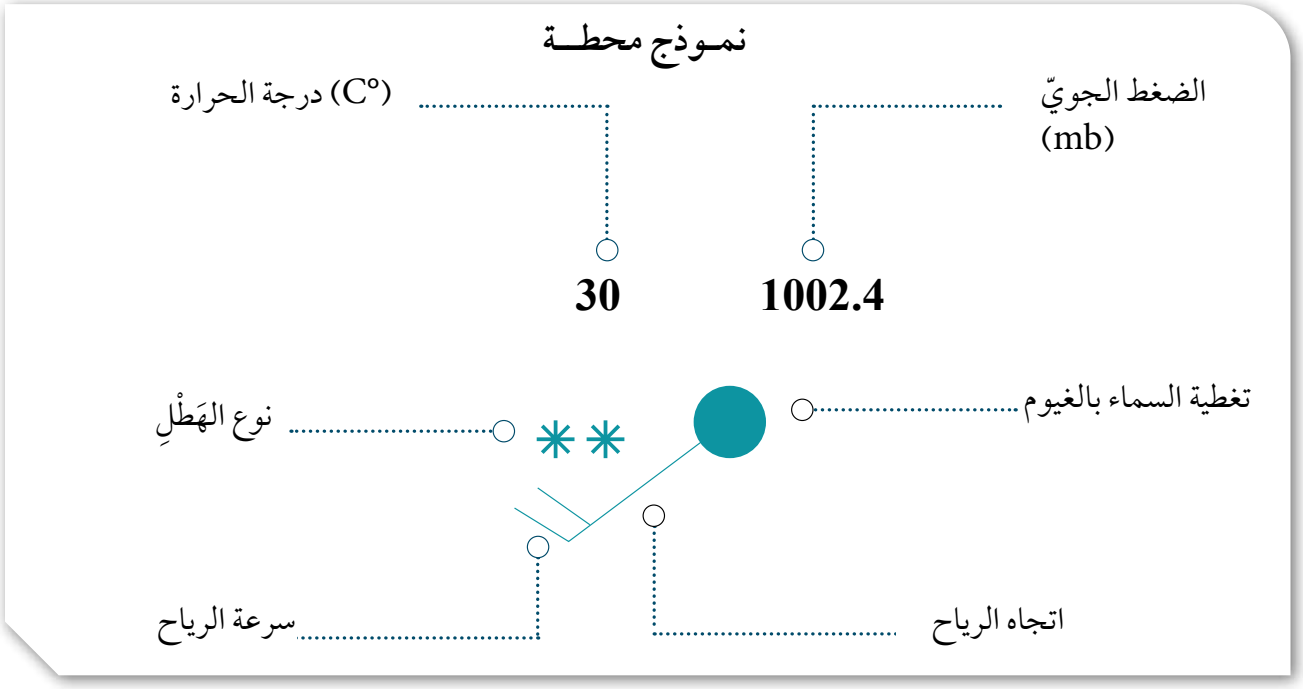
نموذج المحطة Station Model

تتوزّع محطات الرصد الجوي في جميع أنحاء العالم، وتتوزّع في الدولة الواحدة في مناطقَ مختلفةٍ منها، وقد تم وضع رموز متّفَق عليها لجميع المحطات؛ لتبادل المعلومات التي يتم جَمْعُها بوسائل التنبؤ الجوي المختلفة، وتتبنى جهة رسمية في الدولة جمعَ هذه المعلومات من محطاتها ومن محطات المناطق المجاورة لها. تُسمّى مجموعة الرموز التي تمثل حالة الطقس المتوقَّعة التي تم جمعُها في محطة رصد معينة نموذجَ المحطة Station Model .

توضَعُ نماذجُ المحطة المختلفة على خريطة طقس واحدة يتم عرضها في النشرة الجوية.

إن بيانات الطقس التي تُعرضُ في نموذج المحطة، تشمل عناصر الطقس الرئيسة مثل: الغيوم، ودرجة الحرارة، والضغط الجوي، ونوع الهطْل، وسرعة الرياح واتجاهها، وتترتب بطريقة متّفَق عليها عالميا. أنظر الشكل(24) الذي يبيّن نموذج محطة مبسَّطًا لمحطة ما، وفيما يلي شرح مفصّل لهذه الرموز.

أعملُ فيلما قصيرًا باستخدامِ برنامج صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضّحُ الأدوات التي تقاسُ بها عناصر الطقس المختلفة، وأحرصُ على استخدام خاصية الردّ الصوتيِّ فيه لإضافة الشروحات المناسبة لصورِ هذه الأدوات، ثم أشاركه معلمي وزملائي في الصفّ.



الشكل (24): نموذج محطة مُبَسَّطٌ لمحطةٍ ما، يبيّن كيفية ترتيب عناصر الطقس المتفق عليها عالميا.

الرمز	النسبة المئوية لتغطية السماء بالغيوم	تغطية السماء بالغيوم (9-0)
	0	0
	10	1
	20-30	2
	40	3
	50	4
	60	5
	70-80	6
	90	7
	100	8
		9

الجدول (1) بعض الرموز المستخدمة في وصف تغطية السماء بالغيوم.

تمثّل الدائرة الصغيرة في المنتصف موقع محطة الطقس التي تم جمعُ البيانات فيها، وتظلَّل اعتمادًا على النسبة المئوية لتغطية السماء بالغيوم التي تم رصدُها في المحطة، كما أنه يمكن تصنيف تغطية السماء بالغيوم بالأرقام من(0) إلى (9)، يشير الرّقْمُ (0) إلى عدم تواجد الغيوم في السماء، ويشير الرّقْمُ(8) إلى التغطية الكاملة بالغيوم، ويشير الرّقْمُ (9) إلى سماء محجوبة بالضباب أو الدخان أو غير ذلك. أنظر الجدول (1). وتوزَّع البيانات التي تم جمعُها عن حالة الطقس حولها، حيث تُكتَبُ قيمتا درجة الحرارة بوحدة الفهرنهايت أو السلسيوس، والضغط الجوي بوحدة المليبار، أمّا نوع الهطل، فيُرمَزُ له برموز عديدة تصف الضباب، والمطر، والثلج. أنظر الجدول (2) الذي يبيّن بعضًا منها.

الرمز	نوع الهَطْلِ
	ضباب
	ضباب وسماء غير محجوبة
	ضباب و سماء محجوبة
,	رذاذ خفيف (غير متجمد) متقطع
,,	رذاذ خفيف (غير متجمّد) مستمر
•	مطر خفيف متقطع
	مطر غزير مستمر
*	تساقط ثلجي خفيف
	مطر أو رذاذ وثلوج خفيفة

الجدول(2): بعض الرموز المستخدَمة في وصف نوع الهطل في نموذج المحطة.

أمّا سرعةُ الرياح واتجاهها، فيُعبَّرُ عنها برمز يُرسَم فيه خطٌّ طويل يمثّل اتجاه الرياح مرسومٌ عليه خطوط متفاوتة في أطوالها (قصير، طويل) أو مثلثات تشير إلى سرعة الرياح بالعقدة، إذ يشير الخط القصير إلى أن سرعة الرياح تساوي 5knots ، والخط الأطول يشير إلى أن سرعة الرياح تساوي 10knots، والمثلث المظلّل يشير إلى أنّ سرعة الرياح تساوي 50knots. أنظر الجدول(3).

الجدول(3):بعض الرموز المستخدَمة لوصف سرعة الرياح واتجاهها في نموذج المحطة.

الرمز	سرعة الرياح بالعُقدة
	5 عُقدات
	10 عُقدات
	15 عُقدة
	20 عُقدة
	25 عُقدة
	30 عُقدة
	35 عُقدة
	40 عُقدة
	45 عُقدة
	50 عُقدة
	55 عُقدة
	60 عُقدة

أبحثُ:

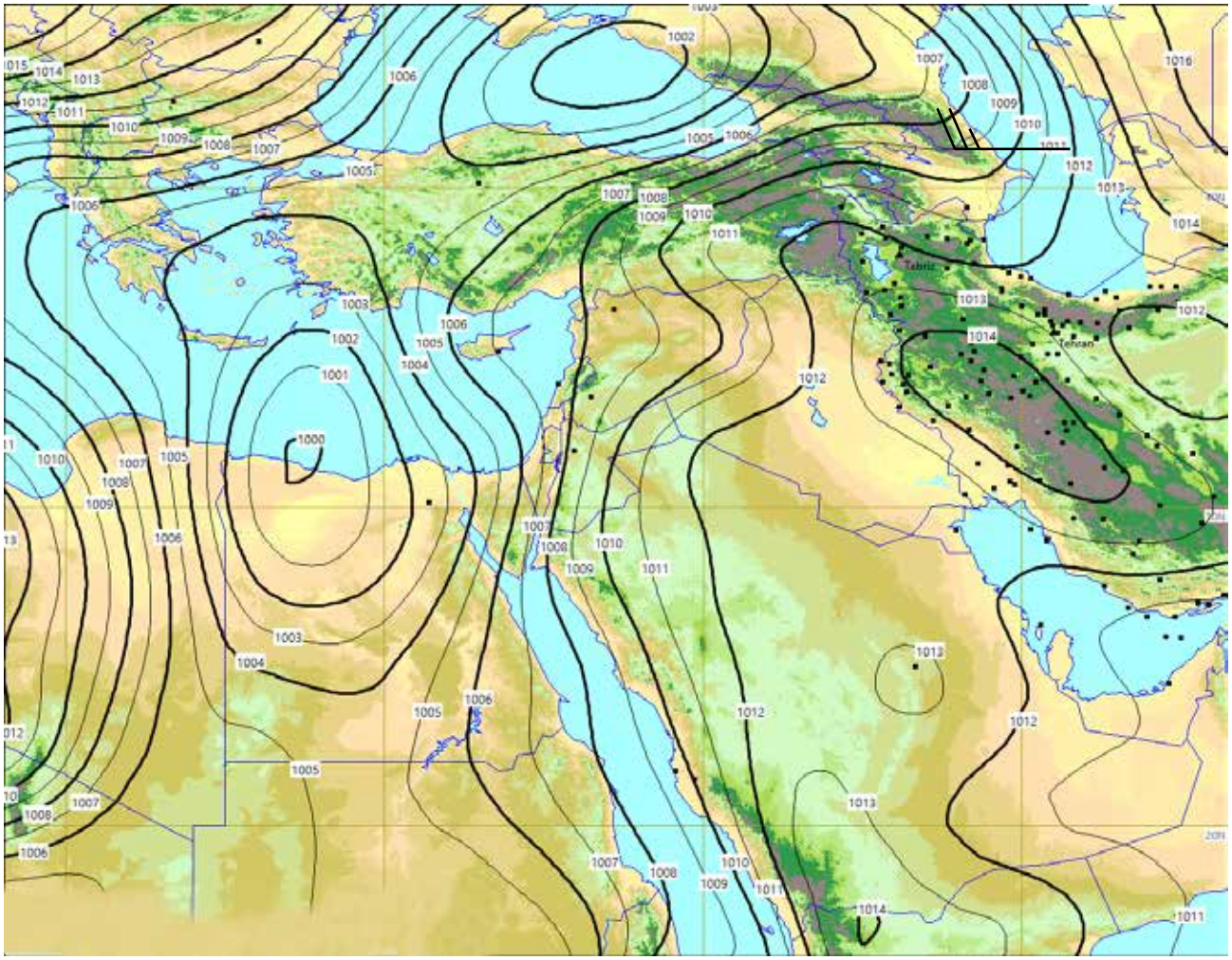
في مصادر المعرفة المتوافرة لدي عن رموز أخرى مستخدمة في نموذج المحطة تصف نوع الهطل، وأعرض ما توصلت إليه أمام معلمي و زملائي في الصف.

أتحقّق: أرسم نموذج محطة يمثل الظروف الجوية الآتية:
درجة حرارة الهواء 35°C، والسماء خالية من الغيوم، والرياح جنوبية وسرعتها 20knot، والضغط الجوي 1015mb .

خرائط الطقس Weather Maps

يستخدِمُ علماء الأرصاد الجـوية خرائــط الطقس السطحيــة لعرض البيانات التي تم جمعُها بالتنبؤ الجوي من محطات الرصد المتمثّلة في نموذج المحطة، إذ توضَعُ نماذج المحطات المختلفة على الخريطة الجغرافية للدولة مرسومٍ عليها خُطوطُ تَساوي الضغط الجوي Isobar المصحّح بالنسبة إلى سطح البحر، والتي تمثّل قيمَ الضغط الجوي التي تم قياسُها، وتُرسَمُ الجبهات الهوائية المتوقّع تشكُّلُها فوق المناطق.

وتُعرَفُ خريطــةُ الطـقس السطحيـة Surface Weather maps بأنهــا خريطة جغرافية لمنطقــة ما، توضـح عناصر الطقس التي تم التنبؤ بها في وقت معــيّن عــلى مساحة ممتدّة محدّدة؛ لاستخدامها في التنبؤ عن الحالة الجوية، فهي تبيّن درجة الحرارة، والغيوم، ونوعَ الهطل، والرياح، والضغط الجوي، والجبهات الهوائية. أنظر الشكل (25).



الشكل (25): خريطــة طــقس سطحية، توضح كيفية تمثيل عناصر الـطقس الـتي يتم التنبؤ بها على خريطة جغرافية.

ويمكن رسمُ خريطة طقس سطحية، بتنفيذ النشاط الآتي:

نشاطٌ

رسم خريطة طقس سطحية



تمثّلُ الأرقــامُ الافتراضية على الشكـل مواقعَ محطـــات رصد(1-5)، وقيَـمًا للضغط الجــوي المصـــحَّح بالنـــسبة لمستوى سطح البحر بوحدة المليبار.

خطوات العمل:

1- أصِلُ بخطوطٍ منحنيةٍ بين الأرقام المتشابهــة في قيـمِ الضغط الجويّ (Isobar)، مراعيا شروط رسمها.

2- أستخدِم البيانات الافتراضيةَ في الجدول الآتي لرسم نموذج المحطة لكلٍّ من المحطات (1،2،3،4،5).

المحطة	المحطة1	المحطة2	المحطة3	المحطة4	المحطة5
الضغط الجوي	1010	1005	1002	1013	1005
اتجاه الرياح/ وسرعتها	شمالية غربية/ 50عقدة	جنوبية شرقية/ 60عقدة	شمالية/ 30 عقدة	جنوبية/ 10 عقدة	شرقية/ 5عقدة
نوع الهطل	ثلج	ثلج	مطر وثلوج خفيفة	-	ضباب وسماء محجوبة
درجة الحرارة	-3	-1	2	25	22
نسبة الغيوم في السماء	%100	%100	%70	%10	%

التحليل والاستنتاج:

1- **أحدّد** أنظمة الضغط الجوي على خريطة الطقس السطحية، بالرموز المخصَّصة لها.

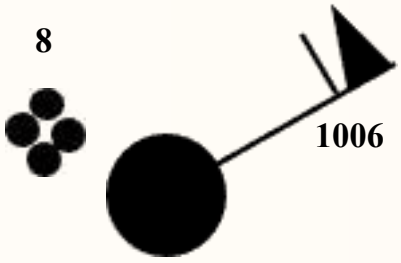
2- **أرسُم** جبهة هوائية باردة عند الرمز (ج).

3- **أتنبّأ:** إذا تحركت الجبهة الهوائية السابقة (في الفرع ج) بسرعة 5km/h باتجاه شمال شرق، بعدَ كم ساعةٍ تصل النقطة (ب) علما بأنها تبعُد عنها 125km.

4- **أتنبّأ:** ما حالة الطقس المتوقّعَة عند النقطة (ب) بعد تأثرها بالجبهة الهوائية الباردة.

مراجعةُ الدرسِ

1. أدرُسُ الشكل الآتيَ الذي يبيّن نموذج المحطة لمحطة ما، ثم أوضّح البيانات التي تم جمعها عن حالة الطقس المتوقعة.



2. أبيّن بخطوات كيف يقيس جهاز الأنيمومتر سرعة الرياح.

3. أبيّن الفرق بين مقياس درجة الحرارة الجاف، ومقياس درجة الحرارة العظمى.

4. أصِف كشك الرصد الجوي.

5. أذكر أقسام التنبؤات الجوية اعتمادا على المدة الزمنية المستقبلية التي تهتم بها.

6. أوضِّح ممّ تتكوّن محطات الأرصاد الأرضية التي تهتم بقياس عناصر الطقس.

العواصف الرملية Sandstorms

تُعرفُ العاصفة بأنها ظاهرة جويّة ترتبط بحركة سريعة للرياح والتي تحمل معها عادة المطر، أو الثلوج، أو الرمال، وتتفاوت العواصف في حجمها وفي مدة استمرارها. فأقلُّ العواصف، تصل إلى حوالي $25km^2$ تستمر لبضع ساعات. وقد تؤثر أكبر العواصف، كالعواصف المدارية، والزوابع على قارات بأكملها، وتدوم لأسابيع.

تهُبُّ العواصف الرملية والترابية عندما ترفع الرياح القوية كمياتٍ كبيرةً من الرمال والأتربة من الأراضي الجرداء والقاحلة إلى الغلاف الجوي، وتُشكِّل الرمال المحمولة في الرياح سحابةً فوق سطح الأرض، ولا ترتفع معظمُ الرمال إلى أعلى من 50cm ولكن بعض حبات الرمل تصعد إلى ارتفاع مترين.

والعواصف الرملية في الأردن إما عواصف رملية محلية مصدرها المناطق الصحراوية كالبادية الشرقية، أو عواصفُ رمليةٌ غيرُ محلية مرافقة للمنخفضات الخماسينية كتلك القادمة من شمال إفريقيا، وصحراء سيناء. ويصل امتداد هذه العواصف الرملية لجميع مناطق المملكة.

أدركَ عُلماء الأرصاد الجوية آثارَ هذه العواصف على صحة الإنسان والبيئة، إذ تزيد من انتشار الأمراض في العالم لأنها تنشر الفيروسات الموجودة، وتسبب حساسية وضيقَ تنفّس نتيجة استنشاق الغبار بكميات كبيرة، وخاصة للأشخاص الذين يعانون من مرض الربو، كما تؤثر العواصف الرملية في الاقتصاد، إذ تقلل من الإنتاجية الزراعية بسبب فُقدان التربة من الأراضي الجافة، وتزيل المواد العضوية والجزيئات الأخفِّ وزْنًا الغنية بالمغذيات .

الكتابةُ في الجيولوجيا

أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المتوافرة لديّ ومنها شبكة الانترنت؛ كيف تؤثّر العواصف الرملية في المناخ، ثمّ أكتب مقالةً حول ذلك.

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. الجبهة الهوائية التي يُرمزُ لها بخط على أحد جوانبه تبرُز مثلثات باللون الأزرق وفي الجانب الآخر تبرُز أقواس باللون الأحمر هي:
   أ. الجبهة الهوائية الباردة.
   ب. الجبهة الهوائية المستقرّة.
   ج. الجبهة الهوائية الدافئة.
   د. الجبهة الهوائية المقفَلة.
2. من الأمثلة على المنخفَضات الجوية الحرارية:
   أ. منخفَض البحر الأحمر.
   ب. منخفَض البحر الأبيض المتوسط.
   ج. المنخفَض الأزوري.
   د. المنخفَض السيبيريّ.
3. أيُّ الظروف الجوية الآتية يصفها نموذج المحطة المجاور؟
   أ. السماء مغطّاة كاملًا بالغيوم.
   ب. سرعة الرياح 40 عقدة.
   ج. تساقط ثلجيّ خفيف.
   د. الرياح جنوبية شرقية.



4. ما اتّجاهُ الرياح الذي تشير له ريشة الرياح في الشكل؟



   أ. رياح جنوبية شرقية.
   ب. رياح جنوبية.
   ج. رياح شرقية.
   د. رياح جنوبية غربية.

5. يُعَدُّ منخفَض الهند الموسمي مثالًا على:
   أ. منخفَض خماسيني.
   ب. منخفَض جوي حراري.
   ج. منخفَض جبهي.
   د. منخفَض البحر الأبيض المتوسط.

AWA2EL LEARN 2 BE

السؤالُ الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ منَ المصطلحاتِ:

1. خريطة جغرافية لمنطقة ما توضّح عناصر الطقس التي تم التنبؤ بها في وقت معيّن على مساحة ممتدة محدّدة، لاستخدامها في التنبؤ عن الحالة الجوية .....
2. بيانات الطقس التي تعُرَضُ في نموذج المحطة، تشمل عناصر الطقس الرئيسة مثل:.....، ..... ،.....
3. تُسمّى حركة الهواء الأفقية على سطح الأرض الناتجة من فرق الضغط على سطحها.....
4. يُستخدَمُ ..... في مقياس درجة الحرارة الصغرى، بينما يُستخدَمُ ..... في مقياس درجة الحرارة العظمى.
5. تُسمّى الجبهة الهوائية المتشكِّلة عند وجود كتلة هوائية دافئة محصورة بين كتلتين هوائيّتين باردتين، الأمامية باردة والخلفية باردة جدّا.
6. كيسٌ من القماش مخروطيّ الشكل مفتوح من طرفيه، يستخدم في التعرف على اتجاه الرياح .....

السؤال الثالث:

أفسّرُ كلّا مما يأتي تفسيرا علميا دقيقا:

1- يُصنَعُ كشكُ الرصد الجوي من الخشب ويُطلى باللون الأبيض.

2- يتّصِف مقياس درجة الحرارة العظمى بوجود اختناق في الأنبوب الزجاجي -أسفل التدريج قريبا من مستودَع الزئبق.

3- يتكوّن جهاز الأنيمومتر من أنصاف كُرات فلزية مجوّفة.

السؤال الرابع :

أبيّن مبدأ عمل جهاز الثيرموغراف في قياس درجة الحرارة.

السؤال الخامس:

أصِف بخطوات كيف يتشكّل المرتفع الجوي الدافئ.

السؤال السادس:

أقارِن بين المنخفَض الجوي الحراري والمنخفَض الخماسينيّ من حيث الآلية التي يتم بها تسخين الهواء.

السؤال السابع:

أرسُم نموذج محطة يمثل الظروف الجوية الآتية:

درجة حـرارة الهـواء 10°C، والسمـاء مغطّاة بالغيوم، والرياح شمالية غربية وسرعتها 45knot، والضغط الجوي 1013mb.

السؤال الثامن:

في تجربةٍ لقياس الرطوبة النسبية كانت قراءةُ درجة الحرارة في المقياس الجاف 16°C، والفرق بين قراءتَي المقياسين الجاف والرطب 4°C.

- أبيّن ما الرطوبة النسبية للهواء التي تم قياسُها.
- أستنتج العلاقة بين الفرق بين قراءتَي مقياس درجة الحراة الجاف والرطب، والرطوبة النسبية للهواء.

السؤال التاسع:

ما المعلومات التي يمكِنُ الحصول عليها من رادار الطقس عن حالة الطقس المتوقّعَة؟

الوحدة

2

الوقود الأحفوري

Fossil Fuels



أتأمَّلُ الصورةَ

تحتوي صخورُ القشرة الأرضية على كميّات ضخمة من الوقود الأحفوري، حيث يتم استخراجُه واستخدامه مصدرًا رئيسًا غيرَ متجدِّدٍ للطاقة. فما هي أنواع الوقود الأحفوري؟ وكيف يتكوّن كل نوع منها؟

الفكرةُ العامةُ:

يتشكّل الوقود الأحفوريّ في صخور القشرة الأرضية، وعند استخراجه يُستخدَم في إنتاج الطاقة، ويُعدُّ الصخرُ الزيتي أحدَ المصادر الواعدة في إنتاج الطاقة في الأردن.

الدرس الأول: نشأة الوقود الأحفوري

الفكرة الرئيسة: يتشكّل النفط والغاز الطبيعي في صخور المصدر، ويهاجِر منها ثم يُخزَّنُ في مصائد النفط إلى أن يتمَّ استخراجه.

الدرس الثاني: أنواع الوقود الأحفوري

الفكرة الرئيسة: للوقود الأحفوري أنواع مختلفة، ويعتمِد تشكُّلُ كلٍّ منها على نوع المواد العضوية المكوِّنة له وكمية الضغط والحرارة التي يتعرض لها، والفترة الزمنية اللازمة لتشكُّلِها.

الدرس الثالث: الوقود الأحفوري في الأردن

الفكرة الرئيسة: توجَدُ العديدُ من الشواهد على وجود النفط والغاز الطبيعي في الأردن، كما يحتوي على كميات ضخمة من الصخر الزيتي الذي يمكِنُ استخلاصُ النفط منه بطرق مختلفة.



أهميّة الطيّات المحدَّبة

تتشكّلُ في صخور القشرة الأرضية العديدُ من التراكيب الجيولوجية نتيجةَ الإجهادات التي تتعرّض لها، ومن هذه التراكيب الجيولوجية الطيّات المحدَّبة. فكيف تتشكّل الطيّات المحدَّبة؟ وما أهمية هذه الطيّات للنفط والغاز الطبيعي؟

الموادّ والأدوات: قطع إسفَنجية عدد 3 مختلفة الألوان سُمكُها لا يقل عن (5 cm)، نايلون شفاف، مِقصّ أو مِشرَط، مِسطَرة مِتريّة، لاصق.

إرشادات السلامة:

الحذَر عند استخدام المِقص أو المِشرط في قصّ القطع الإسفَنجية.

خطوات العمل:

1. أقصُّ ثلاث قطع من الإسفَنج بأبعاد تساوي (80 cm × 30 cm) والتي ستمثّل أنواعا مختلفة من الطبقات الصخرية.
2. أغلّف إحدى قطع الإسفَنج بالنايلون من جميع الجهات بشكل محكَم، ثم أثبّت النايلون باللاصق.
3. أكرّر الخطوة 2 باستخدام قطعة أخرى من الإسفَنج.
4. أرتّب القطع الإسفَنجية فوق بعضها بعضا، بحيث أضع القطعة غير المغلَّفة بالنايلون في الوسط، ثم أثبّت أطراف القطع الثلاث مع بعضها بعضا باللاصق.
5. أرقّم القطع الإسفَنجية من الأعلى.
6. أثني القطع الإسفَنجية بحيث أشكّل طيّة محدَّبة.

التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد: أيُّ القطع الإسفَنجية تمثّل صخورا منفّذة، وأيُّها تمثّل صخورا غيرَ منفّذة؟
2. **أستنتج:** أيُّ الطبقات يُخزَّنُ فيها النفط والغاز الطبيعيّ بعد هِجرته من مكان تشكُّلِه؟
3. **أتنبّأ:** ما ترتيب كلٍّ من الماء والنفط والغاز الطبيعيّ عند اختزانه في الطيّة المحدَّبة. ولماذا؟

نشأة الوقود الأحفوريّ

The Formation of Fossil Fuels

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يتشكّل النفط والغاز الطبيعي في صخور المصدر ويهاجر منها ثم يُخزَّن في مصائد النفط إلى أن يتمَّ استخراجه.

نتاجاتُ التعلُّم:

- أبيّن أصْلَ الوقود الأحفوري من حيث الصخور المولِّدة لها.
- أبيّن خطوات تشكّل أنواع الوقود الأحفوري.
- أناقش حركة النفط والغاز الطبيعي وهجرتهما في الأحواض الرسوبية.
- أشرح كيفية اختزان النفط والغاز الطبيعي في الصخور.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الوقود الأحفوري	Fossil Fuels
الفحم الحجري	Coal
صخر المصدر	Source Rock
الكيروجين	Kerogen
الصخور الخازنة	Reservoir Rocks
المِصيدة	Traps

ما هو الوقود الأحفوري؟

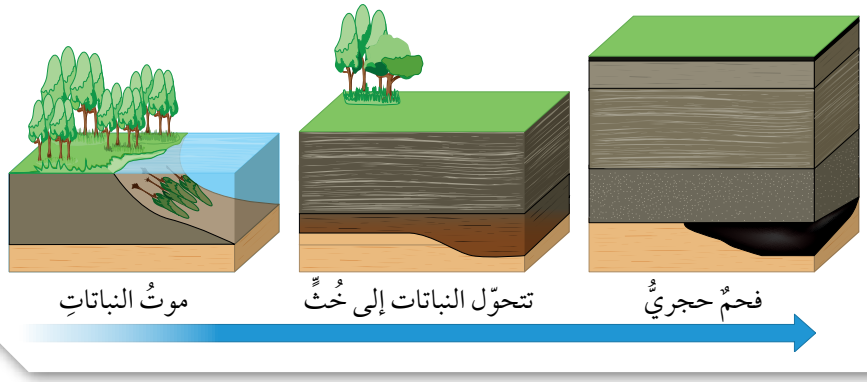
What are Fossil Fuels ?

AWA2EL LEARN 2 EL

يُعرَفُ الوَقودُ الأحفوري Fossil Fuels بأنه أحد أشكال الطاقة غيرِ المتجدّدة تشكَّل من بقايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية. ويشمل الوقود الأحفوري أنواعا مختلفة منها: الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي والصخر الزيتي، وقد قدّر العلماء أن 86٪ من الطاقة المستخدمة في العالم تأتي تقريبًا من احتراق الوقود الأحفوري. فكيف تشكلت أنواع الوقود الأحفوري؟ وهل جميع أنواع الوقود الأحفوري تتشكل بالآليّة نفسِها؟

تشكُّل الفحمِ الحجري Formation of Coal

تشكَّل الفحمُ الحجري Coal من بقايا الأشجار والسّرخسيات والنباتات الأخرى التي عاشت في العصر الكربوني ، منذ حوالي 358 مليون سنة، حيث كان المناخ السائد في ذلك الوقت في مناطق نمو النبات أكثر دفئًا من الوقت الحاضر، وقد أدى هذا إلى زيادة نموّها. أنظر الشكل (1) الذي يمثل تشكُّلَ الفحم الحجري واستخراجَه. حيث غطت المستنقعات الضحلة مساحاتٍ واسعةً من سطح الأرض.



الشكلُ (1) يؤدي موت النباتات ودفنها تحت طبقات الأرض إلى تشكّلِ الفحم الحجري، ثم يتم استخراجه واستخدامه لإنتاج الطاقة.

وعندما ماتت النباتات فيها تحللت جزئيا بفعل البكتيريا في الماء، ثم دُفِنت تحت طبقات من الرسوبيات، وقد أدى هذا إلى بقاء المواد المتحلله بعيدةً عن الأكسجين، ومع مرور الوقت وتراكُم الطبقات الرسوبية فوقها ازدادت درجة الحرارة والضغط المؤثر عليها، وبالتدريج تحولت إلى أنواع مختلفة من الفحم الحجري اعتمادًا على مقدار درجة الحرارة والضغط التي تعرضت لها. ومن أنواع الفحم الحجري الخُثُّ، والفحم البتيوميني. وسيتم في الدرس اللاحق الحديث عنها بشكل أكثرَ تفصيلًا.

تشكُّل النفط والغاز الطبيعي

Formation of Oil and Natural Gas

توجَدُ نظريتان رئيستان توضحان آلية تشكُّل النفط والغاز الطبيعي من مادته الأم وهي: النظرية غير العضوية ذات الأصل غير العضوي، والتي تفترِض أن المواد الهيدروكربونية تتشكل في الستار، والنظرية العضوية ذات الأصل العضوي والتي تفترض أنها تتشكّل من بقايا الكائنات الحية. ويوجَدُ تباينٌ بين العلماء في وجهات النظر، ولكن معظمهم يتفقون على أن أصل النفط والغاز الطبيعي هو من أصل عضوي.

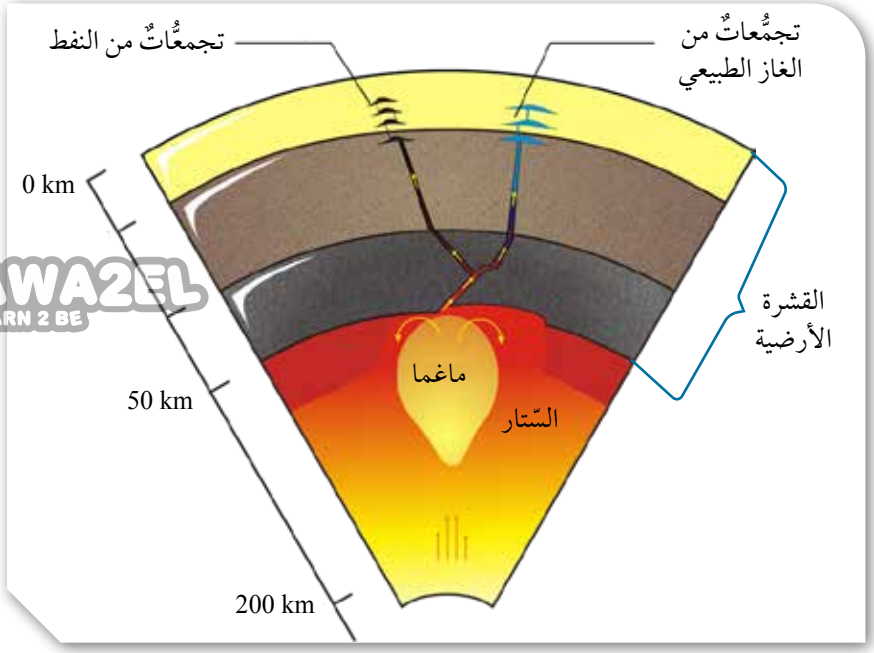
نظرية الأصل غير العضوي Inorganic Origin Theory يفترِض العديد من العلماء أن المواد الهيدروكربونية المكوِّنة للنفط والغاز الطبيعي تتولد في الستار ، وليس تحلّل المادة العضوية، وأن الأرض تحتوي على كميات ضخمة من النفط والغاز الطبيعي، حيث اقترحوا أن الميثان والمواد الهيدروكربونية الأخرى تتكون نتيجة تفاعلات مختلفة تحدُث في الستار العلوي، ثم تهاجِر تلك المواد خلال الصدوع العميقة إلى صخور القشرة الأرضية وهناك يتشكل كلّ من النفط والغاز الطبيعي في أي نوع من الصخور (نارية أو رسوبية أو متحولة). وأثبتوا صحة فرضيتهم من انبعاث غاز الميثان من البراكين، ومن اكتشاف وجود غاز الميثان في بعض كواكب المجموعة الشمسية

أتحقّق: أوضح كيف يتشكل الفحم الحجري.

الربطُ بالكيمياء

يُطلَقُ مصطلحُ الهيدروكربون على أي مركّب كيميائي عضوي يتكون من عنصرَي الكربون والهيدروجين فقط، تُصنَّفُ الموادُّ الهيدروكربونية إلى: هيدروكربونات مُشبَعة، وهي أبسط أنواع المواد الهيدروكربونية، وتتكون من روابط أحادية فقط، ومن أمثلتها الميثان؛ وهيدروكربونات غير مُشبَعة وتشتمل على روابط ثنائية أو ثلاثية ومن أمثلتها الإثيلين؛ وهيدروكربونات أروماتية تحتوي على حلقة سداسية من الكربون والهيدروجين (C_6H_6) ومن أمثلتها البنزين.

أفكّرُ لماذا عدَّ العلماء أن وجود غاز الميثان في بعض كواكب المجموعة الشمسية دليلٌ على أن النفط والغاز الطبيعي الموجود في الأرض أصله غير عضوي؟



الشكل (2) تفترض النظرية غير العضوية أن النفط والغاز الطبيعي يتكونان من تفاعلات تحدث في الستار العلوي.

أبحثُ:

ما هي المناطق التي اكتُشِف فيها النفط والغاز الطبيعي غيرُ العضويِّ في العالم؟

أبحث عن تلك المناطق، ثم أكتب تقريرا قصيرا حول إحداها موضّحًا سبب اعتبار النفط المتشكّل ذا أصلٍ غيرِ عضويّ.

الأخرى مثلِ كوكبَي المشتري وزُحل. أنظر الشكل (2). ويرفُض معظم العلماء هذه النظرية؛ لأن الميثان الذي يتشكل في باطن الأرض يكون مُشتَّتًا ولا يُنتَج بكميات ذات قيمة اقتصادية. ويفسّرون أنّ سبب تكوّن النفط غير العضوي بكميات كبيرة اقتصادية ناتِجٌ عن اندفاع الماغما في صخور رسوبية غنية بالمواد الهيدروكربونية، مثل صخر الغَضار ما أدى إلى تكوّن النفط والغاز الطبيعي بكميات كبيرة، ومثالٌ على ذلك النفط المتكوّن في روسيا.

نظرية الأصل العضوي Organic Origin Theory تفترِض هذه النظرية أن النفط والغاز الطبيعي قد تشكّلا من كائنات حية مِجهرية مثل العوالق النباتية والحيوانية، عاشت في المحيطات أو البحار، ثم سقطت تلك الكائنات الحية بعد موتها في قاع البحر ودُفِنت تحت طبقات مختلفة من الصخور الرسوبية مثل الصخور الطينية. وبسبب نقصِ الأكسجين فإنها لا تتحلل بشكل كامل، وتتراكم في الطبقة الرسوبية التي تُصبِحُ غنيّة بالمواد العضوية. ومع مرور الوقت يزداد الضغط ودرجة الحرارة ما يؤدي إلى نضوج المادة العضوية، وبلوغِها مرحلة النفط أو الغاز الطبيعي. ويتواجد النفط والغاز الطبيعي غالبًا مع بعضهما بعضا في الصخور الرسوبية.

الصورة_ضعيفة

تُسمّى الصخورُ التي تحتوي على كميات كافية من المواد العضوية، والتي يمكن أن يتولد ويتحرر منها ما يكفي من المواد الهيدروكربونية لتكوين تراكم اقتصادي من النفط أو الغاز الطبيعي صخرَ المصدر Source Rock ومن أمثلتها صخورُ الغَضار والصخور الطينية.

بينما تُسمّى المادّةُ العضوية الصُّلبة التي تتراكم في صخور المصدر الكيروجين Kerogen ، يتكوّن الكيروجين من الكربون والهيدروجين والأكسجين، مع كميات قليلة من النيتروجين والكبريت، ويُعَدُّ الكيروجينُ مادّةً غيرَ قابلة للذّوبان في المذيبات العضوية العادية والمنتشرة في الرسوبيات مثل ثاني كبريتيد الكربون (CS_2)، ويَعتمِدُ تحوُّلُ الكيروجين إلى نفط أو غاز الطبيعي على مقدار كلٍّ من درجة الحرارة والضغط والفترة الزمنية اللازمة لتشكُّلِه. ويُصَنَّفُ الكيروجين بحسْبِ أصله، أو درجة نُضجه إلى أنواع مختلفة سيتم شرحُها عند الحديث عن أنواع الوقود الأحفوري. أنظر الشكل (3) الذي يمثل آلية تشكّل النفط والغاز الطبيعي.

هِجرة النفط والغاز الطبيعي

Migration of Oil and Natural Gas

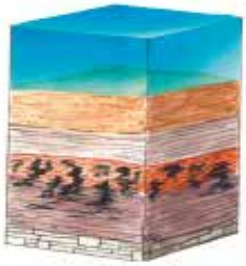
يهاجر النفط والغاز الطبيعي من مكان تشكّلِهما في صخور المصدر أفقيّا ورأسيّا إلى صخورٍ ذاتِ نفاذية عالية تُسمّى الصخورَ الخازنةَ Reservoir Rocks ومن الأمثلة على الصخور الخازنة الصخور الجيرية والصخور الرملية. وقد يستغرق النفط والغاز الطبيعي ملايين السنين ليُهاجِرا على بُعدِ عدة كيلومترات للأعلى، وتُقسَم هجرةُ النفط والغاز الطبيعي إلى نوعين: هجرة أولية Primary Migration وهجرة ثانوية Secondary Migration؛ تمثل الهجرةُ الأولية هجرةَ النفط والغاز الطبيعي من صخر المصدر إلى الصخور الخازنة بسبب الضغوط الواقعة عليه. بينما تشير الهجرة الثانوية إلى الحركات التي تحدُث للنفط والغاز الطبيعي في الصخور الخازنة لهما بسبب اختلاف الكثافة بين مكوّنات الصخور الخازنة. وتُعَدُّ



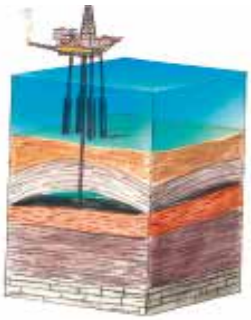
سقوط العوالق المجهرية في قاع المحيط



تحول المادة العضوية الى نفط أو غاز طبيعي



هجرة النفط والغاز الطبيعي للأعلى



استخراج النفط والغاز الطبيعي

الشكل (3) يتشكّل النفط والغاز الطبيعي من دَفْنِ العوالق المِجهرية وتحوُّلِها إلى موادَّ هيدروكربونيةٍ سائلة أو غازية.
أتتبّع مراحل تشكُّل النفط واستخراجه.

قوّةُ الطّفوِ القوّةَ الدافعة الرئيسة لهجرة النفط، حيث يطفو النفط فوق الماء الموجود في مسامات الصخر، ولا يذوب فيه لأن كثافة النفط أقلُّ من كثافة الماء، لذلك عندما يتحرك الماء يدفع معه النفط الذي يطفو على سطحه، ولا ينتقل النفط قطراتٍ صغيرةً منفصلة، ولكنه يتحرك كسلسلة متصلة من النفط، حيث تمتلئ معظم المسامات بالنفط بدلًا من الماء، أما الغاز الطبيعي مثلُ الميثان، فإنه يهاجر مُذابًا في الماء. وينتُجُ الماء الموجود في مسامات صخور المصدر من عدة مصادر منها: تحلُّلُ المادة العضوية وارتِشاحُ الماء من سطح الأرض. ويستمر النفط والغاز الطبيعي في الهجرة حتى يصلا إلى المِصيدة. فما هي المِصيدة؟ وما أنواعها؟



أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضِّحُ كيفيةَ هجرةِ النفط والغاز الطبيعي واختزانِهما في المِصيدة، وأحرصُ على أن يشملَ الفيلمُ صورًا توضيحية، ثمّ أشاركهُ معلّمي وزملائي في الصفّ.

✓ **أتحقّق:** أقارن بين هجرة النفط الأولية وهجرة النفط الثانوية.

التجربة 1

نَمْذجَةُ هِجرة النفط الثانوية

يُستَخرَجُ النفطُ من أماكنَ تختلف عن تلك التي تَشكَّل فيها. فكيف يهاجر النفط خلال مسامات الصخور الرسوبية، وكيف يتجمّع في المِصيدة.

المواد والأدوات:

زيت، مِخبار مدرَّج سعة 150 ml، رمل، حصًى صغيرة، ماء.

إرشادات السلامة:

- غَسْلُ اليديْنِ جيّدا بالماء والصابون بعد إجراء التجربة.
- الحذَرُ عند وضعِ المكوّنات داخلَ المخبار المدرَّج.

خطوات العمل:

1. أسكبُ 25 ml من الزيت في المِخبار المدرَّج.
2. أضيف بالتدريج كمية من الرمل فوق الزيت في المِخبار المدرَّج حتى ارتفاع 60 ml.
3. أصنعُ طبقة مكوَّنة من الحصى فوق الرمل من خلال إضافة حصًى صغيرةٍ حتى ارتفاعٍ يصل إلى 90 ml.
4. أسكبُ الماء في المِخبار المدرَّج إلى ارتفاع 120 ml.
5. أراقِبُ المِخبار المدرَّج لمدة 5 min. وأسجِّل ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج

1. أتتبّع ماذا حصل للزيت والماء في المِخبار المدرَّج.
2. أحدّد ماذا يمثّل كلٌّ من الزيت والرمل والحصى.
3. **أفسِّر** سلوك الزيت عند إضافة الماء في المِخبار المدرَّج.
4. **أستنتج** سلوك النفط والغاز الطبيعي في المِصيدة.

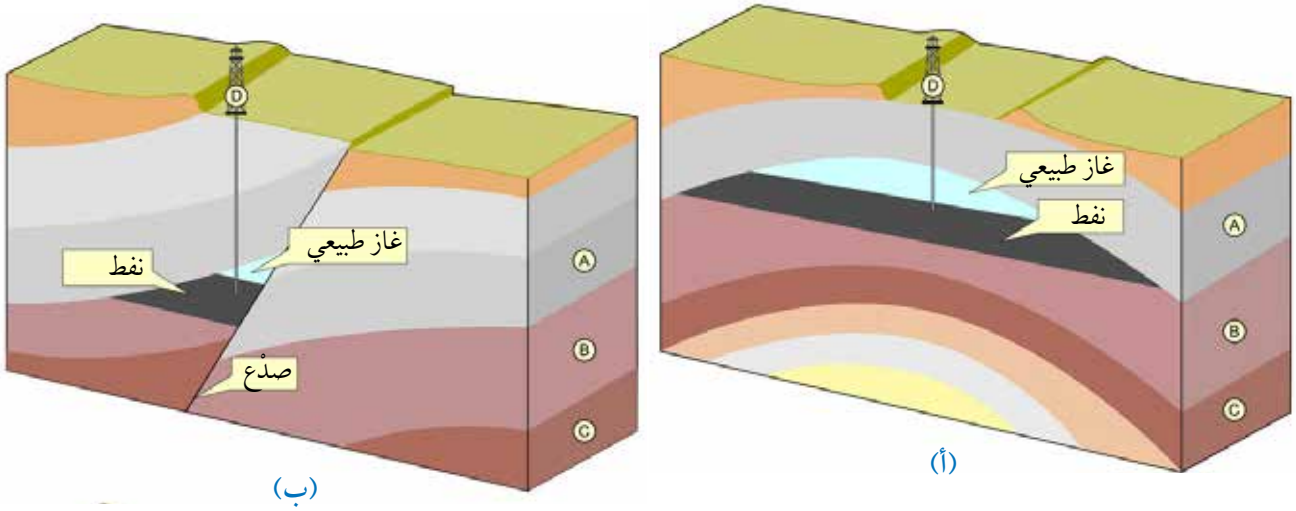
مصائِدُ النفط والغاز الطبيعي

Oil and Natural Gas Traps

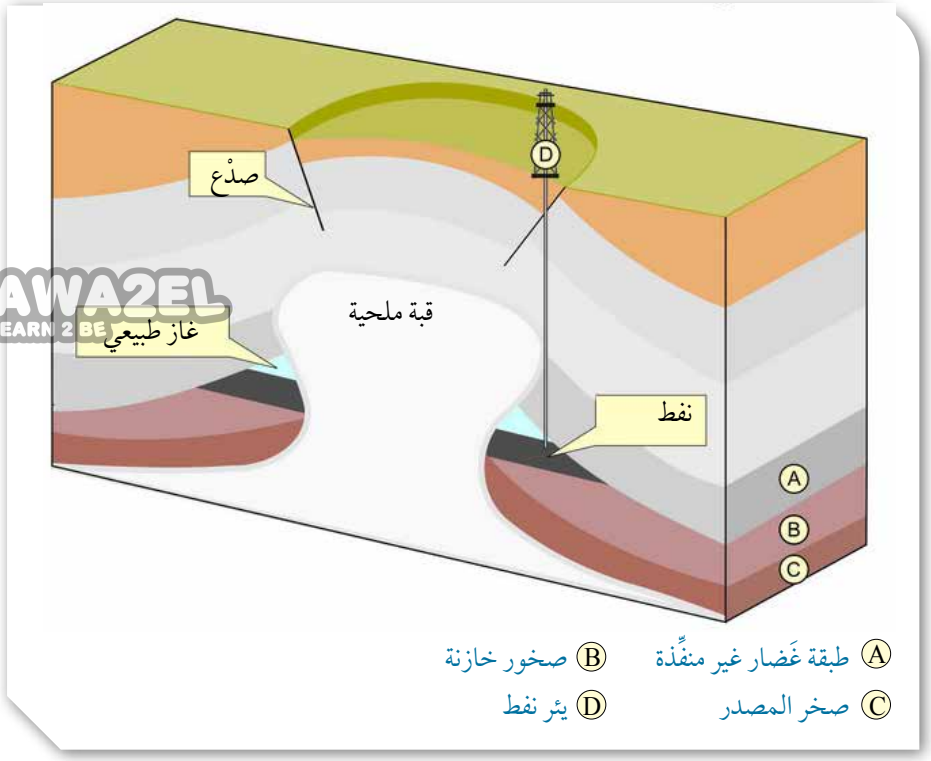
يتحرّكُ النفط والغــاز الطبيــعي في أثنــاء الهــجرة عبر مسامات الصخور حتى يصلا إلى الصخور الخازنة، ويمكِنُ أن يصلا إلى سطح الأرض، ولكن تعمل بعض الصخور غيرِ المنفِّذة أو قليلةِ النفاذية مثل صخر الأردواز أو الغَضار على منع تلك المواد من الاستمرار في حركتها. وتُسمّى تلك الصخورُ بصخر الغطاء Cap Rock، بينما يُسمّى التركيبُ الجيولوجيّ الذي يتكوّن من الصخور الخازنة وصخر الغطاء والتي يُحتَجَزُ النفطُ والغاز الطبيعي فيها ويُمنَعُ من الهجرة المِصيدةَ Traps. وتُصنَّفُ المصائدُ الحاوية على النفط والغاز الطبيعي بحسْبِ آلية تشكُّلِها إلى:

المصائد التركيبية Structural Traps تُعَدُّ المصائدُ التركيبية من أكثر المصائد النفطية انتشارًا، حيث تتشكّل من التراكيب الجيولوجية الناتجةِ عن العمليات التكتونية التي تؤدي إلى تشــوُّه الصخور، ومن هذه التراكيب الطيّاتُ والصّدوعُ التي يؤدي تشكُّلُهما إلى احتجاز النفط والغاز الطبيعي فيها. أنظر الشكل (4).

الشكل (4) تتشكّل المصائد التركيبية نتيجةَ العمليات التكتونية التي يتعرض لها الصخر، ومن أمثلتها:
أ- الطيات المحدَّبةُ
ب-الصدوع



Ⓐ طبقة غَضار غير منفِّذة Ⓑ صخور خازنة Ⓒ صخر المصدر Ⓓ بئر نفط



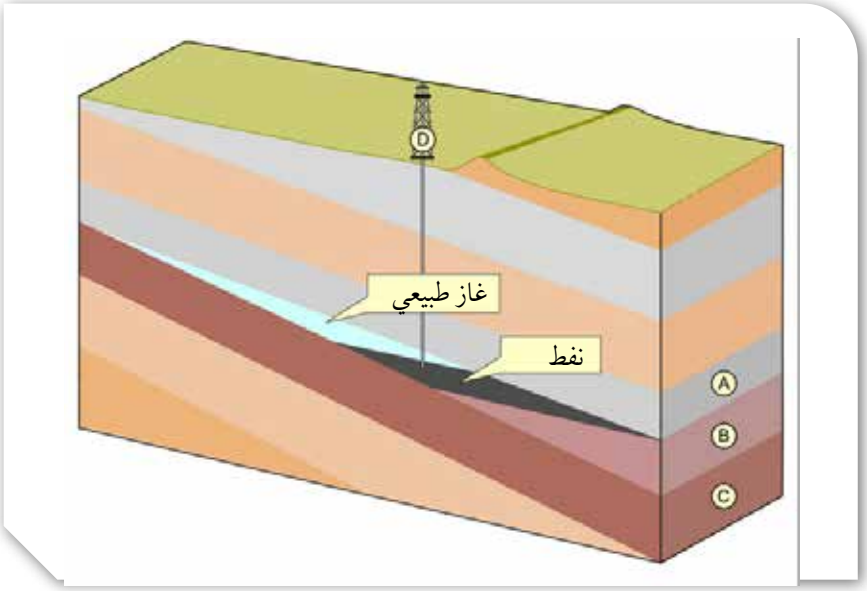
Ⓐ طبقة غَضار غير منفِّذة Ⓑ صخور خازنة
Ⓒ صخر المصدر Ⓓ بئر نفط

الشكل (5) تتشكل المصائد الاختراقية نتيجة اندفاع الكتل الملحية في داخل الرسوبيات التي تعلوها بسبب قلة كثافتها نسبة لكثافة تلك الرسوبيات.

المصائد الاختراقية Diapiric Traps وهي مصائدُ تتشكّلُ نتيجة تحرّكِ رسوبيات للأعلى بسبب قلة كثافتها نسبةً للصخور التي تعلوها، ومن الأمثلة عليها القِبابُ المِلحيّةُ، ويتميز الملح الصخري بنقصان كثافته بزيادة العمق، لذلك تتشكل القِباب الملحية عندما يصل الملح الصخري إلى أعماق تزيد فيها درجة الحرارة عن 300 °C حيث تصبح كثافته قليلة نسبة إلى الرسوبيات التي تعلوه ويسلك عند هذه الدرجة سلوكَ الموائع؛ فتندفع الكتلُ الملحية للأعلى مشكِّلَةً شكلَ القبّة. وتعمل القِباب الملحية على احتجاز النفط والغاز الطبيعي ومنع حركته بشكل مشابهٍ للمصائد التركيبية. أنظر الشكل (5).

المصائد الطبقية Stratigraphic Traps تتشكّلُ المصائدُ الطبقية بسبب الاختلاف في خصائص الصخور، ويمكن أن ينتُجَ الاختلافُ في خصائص الصخور في أثناء الترسيب أو بعد عملية الترسيب. فمثلًا يمكن أن تنشأ المصائد الطبقية بسبب تضاؤل سماكة طبقة من صخورٍ ذاتِ مسامية ونفاذية كبيرة مثل الصخر الرملي من أحد الجوانب، بحيث تُدمَجُ مثلًا في طبقة صخر الغَضار غير المنفِّذة.

أنظر الشكل (6). ثم يتم اختزان النفط والغاز الطبيعي في الطبقة المسامية ذاتِ النفاذية الكبيرة داخلَ المِصيدة.



الشكل (6) تتشكّل المصائد الطبقية بسبب الاختلاف في خصائص الصخور.

Ⓐ طبقة غَضار غير منفذة
Ⓒ صخر المصدر
Ⓑ صخور خازنة
Ⓓ بئر نفط

المصائدَ المركَّبَةَ combination traps العديد من مصائد النفط والغاز الطبيعي لا توجَدُ بشكل منفرد، ولكنها تكون نتيجة دمجِ نوعين أو أكثر من المصائد مع بعض وتسمى المصائد التي تتكون من أكثرَ من نوع المصائد المركبة. ومعظم المصائد المركبة تتكون من دمج المصائد التركيبية والمصائد الطبقية.

✓ **أتحقَّقُ:** أذكر خصيصَتين تتميز بها معظم مصائد النفط والغاز الطبيعي.

مراجعةُ الدرسِ

1. أوضّح مفهوم الوقود الأحفوري.
2. **أُقارِنُ** بين المواد العضوية المكوِّنة للفحم الحجري والنفط من حيث الكائنات الحية المكوِّنة لها.
3. أوضّح كيف تتشكّل المصائد الطبقية.
4. **أستنتج:** هل يتجمّع النفط في مِصيدة تركيبية على شكل طيّة محدَّبة، بحيث تكون الصخور الخازنة فيها صخورا جيريّةً، وصخور الغطاء صخورا رمليّةً؟
5. **أقارن** بين الهجرة الأولية للنفط وللغاز الطبيعي من حيث آليّةُ الهجرة.
6. **أستنتج:** هل يتم استخراجُ النفط من صخور المصدر.

الدرس 2

أنواع الوقود الأحفوري
Types of Fossil Fuels

الفكرةُ الرئيسةُ :

للوقود الأحفوري أنواعٌ مختلفة، ويعتمِد تكوُّنُ كلٍّ منها على نوع المواد العضوية المكوِّنة له، وكميةِ الضغط والحرارة التي يتعرّض لها، والفترةِ الزمنية اللازمة لتَشكُّلِها.

نتاجاتُ التعلُّمِ :

- أشرح المَمال الحراريّ الأرضيّ وعلاقتَه بتشكّل النفط والغاز الطبيعي والصخر الزيتي.
- أفرِّقُ بين أنواع الوقود الأحفوري.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ :

الممال الحراري Geothermal Gradient	
النفط	Oil
الغاز الطبيعي	Natural Gas
الأسفلت	Asphalt
رمال القار	Tar Sands
الصخر الزيتي	Oil Shale

أنواع الكيروجين Types of Kerogen

درَستُ سابقًا أن الوقود الأحفوري يتشكّل من بقايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية، وأنه يشمل أنواعًا مختلفة منها: الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي. وأن المواد العضوية المكوِّنة للوقود الأحفوري تتحول إلى موادَّ عضويةٍ أكثرَ تعقيدا بعد تعرُّضِها للضغط والحرارة تُسمّى الكيروجين. وتوجَدُ ثلاثةُ أنواع من الكيروجين استنادًا إلى أصلها الذي تكوّنت منه وهي:

- الكيروجين I يتكوّن من بقايا الطحالب المائية في بيئة بحرية.
- الكيروجين II يتكوّن من العوالق النباتية والحيوانية والطحالب في بيئة بحرية.
- الكيروجين III يتكوّن من نباتات تنمو على اليابسة في بيئة قاريّة.

نُضْجُ الكيروجين Maturation of Kerogen

يمُرُّ الكيروجين بمراحلَ متتاليةٍ حتى يتحوّل إلى نفط أو غاز طبيعي، ففي البداية وعند درجات الحرارة المنخفضة التي لا تتجاوز 50 °C تكون البكتيريا اللاهوائيةُ هي المسؤولةَ عن تحلل مادة الكيروجين، فتقل نِسَبُ الأكسجين والنيتروجين والكبريت فيه، وهذا يؤدي إلى زيادة تركيز المركَّبات الهيدروكربونية. ولا تُعَدُّ مادةُ الكيروجين في هذه المرحلة مادّةً ناضجة، ويقدِّرُ العلماء أنّ عُمقَ الرسوبيات الحاوية على الكيروجين في هذه المرحلة تساوي تقريبًا 1km .



الشكلُ (7) يحتوي الصخر الزيتي على مادة الكيروجين وهي مواد عضوية غيرُ ناضجة بسبب انخفاض درجة الحرارة التي تعرّضتْ لها.

ويُعَدُّ الصّخرُ الزيتي صخرًا يحتوي على مادة الكيروجين غيرِ الناضجة. أنظر الشكل (7) الذي يمثّل عِينَةَ صخرٍ زيتي تحتوي على مادة الكيروجين.

بعد هذا العُمق، تُصبِح درجة الحرارة هي المسؤولةَ عن نُضج الكيروجين اعتمادًا على المَمال الحراريّ Geothermal Gradient وهو مُعدَّلُ التغيّر في درجة الحرارة بزيادة العُمق، ويقدِّرُها العلماء ما بين 25–30 °C/km، وهي متغيّرة من منطقة إلى أخرى اعتمادًا على الظروف الجيولوجية والطبغرافية. ويُصبح الكيروجين ناضجًا عندما ترتفع درجة الحرارة بالحدّ الكافي الذي يسمح بتولّد النفط ومن ثم الغاز الطبيعي. وتُسمّى عمليةُ تحوّل مادة الكيروجين المدفونة تحت الطبقات الرسوبية إلى نفط أو غاز طبيعي بالنُّضج Maturation. واعتمادًا على نُضج مادة الكيروجين العضوية وخصائص كلّ نوع، فإن الوقودَ الأحفوري يُصَنَّفُ إلى أنواع مختلفة منها: الفحم الحجري.

المهن في علوم الأرض

مهندس البترول

Petroleum Geologist

يستخدِم مهندس البترول المبادئَ الجيولوجية لاستكشاف مصائد النفط والغاز الطبيعي في باطن الأرض، والصخور الحاملة له، كذلك يقوم مهندس البترول بدراسة كيفية إنتاج أكبر كميات من النفط والغاز الطبيعي، كذلك يقوم مهندسو البترول على استخدام برامج حاسوبية للخزانات النفطية، يتم من خلالها تحديدُ كميات الإنتاج المتوقَّعةِ، وأماكنِ حفر الآبار، وغيرها من الأمور المتعلقة بها.

✓ **أتحقّق:** أقارن بين نوع مادة الكيروجين I والكيروجين II من حيث نوعُ الكائنات الحية التي تكوّنت منها.

البترول Petroleum

البترول خليط معَقَّدٌ من المواد الهيدروكربونية يتشكّل في الطبيعة، يوجَدُ البترولُ بالحالة السائلة أو الغازية أو الصُّلبة، ولكنه يُطلَقُ غالبًا على الحالة السائلة من المواد الهيدروكربونية، ويتكون البترول من النفط والغاز الطبيعي والقار والأسفَلت.

النفط Oil

النفط Oil هــو الحــالة السائلة من البترول، ويتباين لونُه بحسب تركيبه من اللون الأسود إلى الأسود البنّي أو الأسود المُصْفَرِّ، ويُسمّى أيضًا النفطَ الخام Crude Oil . أنظر الشكل (8) . يمثّل الجدول (1) التركيب الكيميائي للنفط، حيث تشكّل المواد الهيدروكربونية ما بين 50% - 97% من مكوِّناته بحسْبِ نوع النفط. كذلك يحتوي على نسبته ما بين 10% – 6% نيتروجين وأكسجين وكبريت. ويمكن أن يحتوي أقل من 0.1% من معادنَ فلزيةٍ مثل النحاس والنيكل والفانيديوم والحديد.

الجدول (1): التركيب الكيميائي للنفط

العنصر	النسبة (%)
الكربون	83 to 85
الهيدروجين	10 to 14
النيتروجين	0.1 to 2
الأكسجين	0.05 to 1.5
الكبريت	0.05 to 6.0
الفلزات	<0.1

الجدول (1) العناصر المكوّنة للنفط بحسبِ نِسَبِها المئوية

الشكل (8) عينة من النفط الخام مستخرجة من أحد آبار النفط.



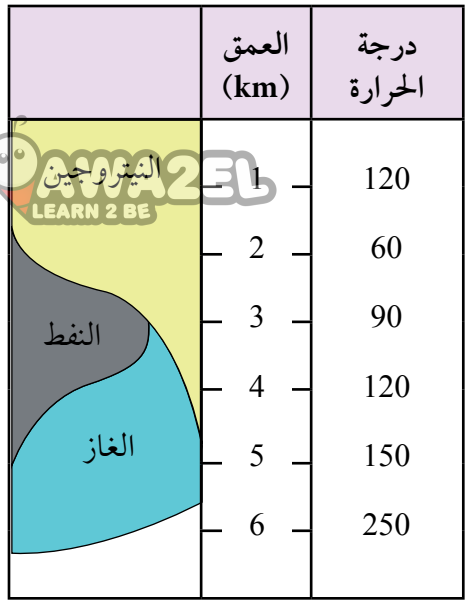
يتولد النفط من الكيروجين عند دفنِه في أعماق كبيرة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، وقد توصّل العلماء من خلال العديد من الدراسات التجريبية أنّ تولُّدَ النفط من الكيروجين يحدُثُ عند درجات حرارة تتراوح بين 60–120 °C. أنظر الشكل (9).

الغاز الطبيعي Natural Gas

الغاز الطبيعي Natural Gas هو الحالة الغازية من البترول، يُسمّى أيضًا الغازَ الأحفوريَّ. وهو غاز عديم اللون والرائحة يتكون بشكل أساسي من الميثان (CH_4)، وكميات أقلّ من الإيثان(C_2H_6) والبروبان(C_3H_8)، وقد يحتوي على نِسَبٍ قليلة من ثاني أكسيد الكربون ، وبخار الماء أو النيتروجين، أو كبريتيد الهيدروجين. ويمثّل الجدول (2) نِسَبَ المكوّنات الرئيسة للغاز الطبيعي.

يتواجَدُ الغاز الطبيعي مصاحبًا للنفط في مِصيدة النفط، أو يتواجد منفردًا، وقد توصّل العلماء إلى أن الغاز الطبيعي يتولّد من الكيروجين عند درجات حرارة تتراوح تقريبا ما بين 120–225 °C . أنظر الشكل (9). وفي الغالب فإن النفط والغاز الطبيعي يتولدان من الكيروجين II. أنظر الشكل (10) الذي يمثّل أحدَ آبار الغاز الطبيعي.

الشكل (9) درجات الحرارة والعمق الذي يتولد فيهما النفط والغاز الطبيعي



الجدول (2) التركيب الكيميائي للغاز الطبيعي

العنصر	النسبة (%)
الميثان CH_4	70 – 90
الإيثان C_2H_6	0 -20
البروبان C_3H_8	
البيوتان C_4H_{10}	
ثاني أكسيد الكربون CO_2	0 -8
الأكسجين O_2	0 - 0.2
النيتروجين N_2	0 - 5
كبريتيد الهيدروجين H_2S	0 - 5
غازات أخرى He, Ne	0 - 2

الشكل (10) أحدُ أبار الغاز الطبيعي بعد استكمال استكشافه وتجهيزه للإنتاج.



الأسفَلت Asphalt

الأسفَلت Asphalt ويُسمّى أيضًا البتيومين Bitumen . ويُعَدُّ أحدَ أنواع الوقود الأحفوري غيرِ التقليدية، وهو بقايا موادَّ هيدروكربونيةٍ عالية اللزوجة، تكون في الحالة شِبْهِ السائلة إلى الحالة الصُّلبة، ولونُه ما بين البني إلى الأسود. أنظر الشكل (11). قد يتشكل الأسفَلت في صخور المصدر في أثناء تولّد النفط أو في الصخور الخازنة بعد هجرة النفط. ففي صخور المصدر قد يتشكل الأسفَلت قبل تولّد النفط في أثناء مراحل تطور المادة العضوية التي تحدُث بعد عملية دفنها، بسبب التحلل البيولوجي بوساطة البكتيريا لمادة الكيروجين، ويمكن أن ينتجَ الأسفَلتُ أيضًا بعد تولد النفط عند وجود شقوق أو صدوع، حيث يتحرك النفط نحو سطح الأرض خلالها؛ فتتحرر المواد المتطايرة، وتتبخر المواد الغازية وتتركز مادة الأسفَلت، وكلّما زادت عمليات التحلل يصبح الأسفَلتُ أكثرَ صلابةً. أما تكوّن الإسفَلت في الصخور الخازنة فينتُج من تسرُّب النفط نحو الأعلى وتبخّر المواد الهيدروكربونية الخفيفة منه أو بسبب زيادة نشاط البكتيريا المحلّلة للمواد الهيدروكربونية المكوّنة له وزيادة تركيز المواد الهيدروكربونية الصّلبة.

أبحثُ:

استعمالات الإسفَلت:

يوجَدُ الإسفَلتُ إما بشكل طبيعي في بعض صخور القشرة الأرضية، أو بشكل صناعي نتيجة عمليات تكرير النفط، وتقوم مِصفاة البترول من خلال وحدة متخصّصة بإنتاج حوالي 100 ton يوميّا من الإسفَلت. يستخدَمُ الإسفَلتُ الطبيعي والصناعي في رصْف الطرق بالخَلطَة الإسفَلتية. أبحث عن استخداماتٍ أخرى للإسفَلت، وأعمل عرضًا تقديميّا يوضح تلك الاستخدامات مُدَعَّمًا بالصّوَر.

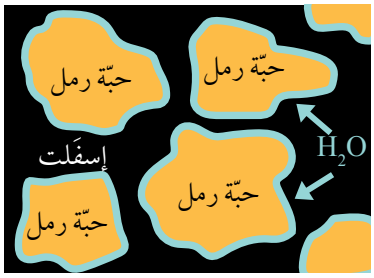


الشكل (11) عينة تمثل أسفَلتًا صُلبا متكشّفا أعلى سطح الأرض.
أحدد: ما الحالة الفيزيائية للأسفلت؟

رمال القار Tar Sands

تتكوّن رمال القار Tar Sands التي تُسمّى أيضًا بالرمال النفطية من صخور رملية تحتوي بداخلها على موادَّ هيدروكربونيةٍ ثقيلة (الأسفَلت). أنظر الشكل (12) الذي يمثّل أحدَ تكشُّفات رمال القار. وتتكوّن رمالُ القار من حُبَيبات معدنية محاطَةٍ بغشاء رقيق من الماء، وتوجَدُ بين الحُبيبات مادةُ الأسفَلت. أنظر الشكل (13). وتقدَّرُ نسبة مادة الأسفَلت في رمال القار بحوالي 10٪ من كتلة الصّخر الرملي. ويفسِّرُ العلماء تشكُّلَ رمال القار نتيجة هجرة النفط إلى خزانات مكوَّنة من الصخر الرملي توجدُ على أعماق ضَحْلة أقلَّ من 2 km ودرجات حرارة أقلَّ من 80 °C بحيث أصبح النفط عُرضةً للتحلل البيولوجي بوساطة البكتيريا الهوائية ما أدى إلى مزيد من تحلّل المواد الهيدروكربونية الخفيفة والمتوسطة وتطايرها وترسيب المواد الهيدركربونية الثقيلة بين حُبَيبات الرمل.

الشكل (12) تكشّف رمال القار بالقرب من سطح الأرض.



الشكل (13) تتواجد مادة الأسفَلت في رمال القار بين حُبَيبات الرمل.

أستنتِجُ فائدة طبقة الماء الرقيقة حول حُبيبات الرمل في عملية استخلاص البترول من رمال القار.

الصّخر الزيتيّ Oil Shale

الصّخر الزيتيّ Oil Shale هو أحدُ صخور المصدر التي لم تُدفَنْ بعُمْقٍ كافٍ لتنضُجَ، وتتكوّن غالبًا من صخر الغَضار الذي يحتوي على كمية كبيرة من المادة العضوية تُسمّى الكيروجينَ. وعلى الرغم من أن تلك الصخورَ قد تحتوي على المواد الهيدروكربونية، إلّا أنه يجب تسخينُها على درجات حرارة تصل ما بين 400–500 °C ليحدث لها انحلالٌ حراريّ ليتِمّ توليدُ النفط والغاز الطبيعي من الكيروجين الموجود فيها. أنظر الشكل (14)، الذي يمثّل عمليات استخراج الصخر الزيتي من آماكن تواجده.

يتشكّلُ الصّخر الزيتيّ في بيئات مختلفة بحْرية أو قاريّة أو بُحيرية، ولذلك لا يوجد تركيب كيميائي محدَّد لمادة الكيروجين المكوِّنة له؛ وذلك لأن الكائنات الحية التي تكونت منها بعضُها نباتات نمت على اليابسة، وبعضُها كائنات بحرية مِجهرية نباتية أو حيوانية، ومع ذلك فإن جميع أنواع الكيروجين تتكوّن بشكل رئيسي من المواد الهيدروكربونية.

وغالبًا ما يتم تصنيفُ الصخر الزيتي بحسبِ المحتوى المعدني إلى ثلاثة أنواع رئيسة: الصخر الزيتي الغني بالكربونات، والصخر الزيتي الغني بالمواد السليكاتية، والصخر الزيتي الشّمعي ذو الأصل القاري الغني بالمواد العضوية النباتية.



الشكل (14) يُستخرَجُ الصخرُ الزيتيُّ من أماكن تواجده بطرق مختلفة، ثم يتم الاستفاده منه.

أبحثُ:

أستخدم مصادر المعرفة المختلفة ومنها شبكةُ الإنترنت لتحديد الاختلاف بين خصائص الصخر الزيتي ورمال القار، ثم أكتب تقريرًا وأعرض نتائجه أمام زملائي.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضّحُ أنواعَ الوقود الأحفوري، ومميّزات كل نوع، وكيفية تشكُّله. وأحرصُ على أنْ يشمل الفيلمُ صورًا توضيحية، ثمّ أشاركهُ معلّمي وزملائي في الصفّ.

التجربة 2

أنواع الوَقود الأحفوري

تختلف أنواع الوقود الأحفوري اعتمادًا على مصدرها، ومقدارِ درجات الحرارة التي تعرّضت لها في أثناء تشكُّلِها، فما خصائصُ بعض أنواع الوقود الأحفوري.

المواد والأدوات:

عينات لأنواع مختلفة من الوقود الأحفوري تشمل: (نفط خام، وصخر زيتي، وأسفَلت، ورمال القار)، ولهب بنسن.

إرشادات السلامة:

- غسلُ اليديْنِ جيّدًا بالماء والصابون بعد إجراء التجربة.
- الحذرُ عند وضع المكوّناتِ داخلَ الكؤوس الزجاجية.

خطوات العمل:

1 - أتفحّص العينات التي تمثّل الوقود الأحفوري، وأحدّد خصائص كلّ نوع من حيث: اللّون، والحالة الفيزيائية، والرائحة.

2 - ألاحِظ المادة العُضويّة السوداء اللّون في عينة رمال القار.

3 - ألاحِظ احتراقَ عينة الصخر الزيتي من خلال تقريب طرَف العينة من لهب بِنسن المشتعل بمساعدة المعلم.

4 - أتفحّص لزوجة كلّ من النفط الخام والأسفَلت.

التحليل والاستنتاج

1 - **أصنّف** العينات من حيثُ الحالةُ الفيزيائية.

2 - أصِفُ: ماذا حصل لعينة الصخر الزيتي عند حرقِها.

3 - **أقارِن** بين لُزوجَة النفط الخام والأسفَلت.

الفحم الحجريّ Coal

درست سابقًا أن الفحم الحجريّ يتشكّل من تحلّلِ بقايا نباتات دُفِنت بعد موتِها تحت طبقات مختلفة من الصخور الرسوبية بعيدةٍ عن الأكسجين، وأنه اعتمادًا على مقدار درجة الحرارة والضغط التي تتعرض لها تلك البقايا تتشكّلُ أنواعٌ مختلفة من الفحم الحجري. فما هي مراحلُ تشكُّلِ الفحم الحجري؟ وما خصائص كلِّ نوع منها؟

ويُقسَمُ الفحمُ الحجريّ إلى:

الخُثُّ Peat

يتكوّن الخُثُّ في المرحلة الأولى من مراحل تشكُّلِ الفحم الحجري عند درجات حرارة وضغط منخفضة نسبيًا، ويتكوّن الخُثّ من نباتات متحلّلة جزئيًا حيث تظهر فيه بقايا النباتات مثلُ الجذور والأفرع. أنظر الشكل (15).



الشكل (15). يمثّل فحمُ الخُثِّ المرحلة الأولى من مراحل تشكُّلِ الفحم الحجريّ.

اللّغنيت Lignite

بزيادة الضغط والحرارة يتحوّل الخُثُّ إلى نوع آخرَ من الفحم الحجري يُسمّى اللّغنيتَ، ويُسمّى أيضًا الفحمَ البُنيَّ. يحتوي اللغنيت على نِسبة كربون أعلى من الخُثّ، ولكنه لا يزال يحتوي على نِسبة كبيرة من النباتات المتحلّلة جزئيًا. ويشكّل فحم اللّغنيت النسبة الأعلى من الاحتياطي العالمي من الفحم الحجري. أنظر الشكل (16).



الشكل (16): يمثل فحم اللغنيت (الفحم البني).

الفحم البتيوميني bituminous coal

مع زيادة درجة الحرارة والضغط، وبمرور الزمن يتكوّن الفحم البيتيوميني، يحتوي هذا النوعُ من الفحم على نِسبة من الكربون تصِل إلى 86٪، ويتمّ حرقُ الفحم البتيوميني في مراجلَ صناعيةٍ لصنع فحم الكوك coke – وهو فحم معالَجٌ يُستَخدَمُ في صناعة الحديد الصُّلب. أنظر الشكل (17 أ).

✓ أتحقّق: أفسّر سبب صلابةِ الأنثراسيت نِسبة إلى باقي أنواع الفحم الحجري.

الانثراسيت anthracite

يُعَدُّ فحمُ الانثراسيت المرحلةَ الأخيرة من مراحل تشكُّلِ الفحم الحجري؛ لذلك يستغرِق تشكُّلُه فترة زمنية طويلة نِسبة إلى الأنواع الأخرى من الفحم الحجري. ويحتاج الانثراسيت إلى درجات حرارة وضغط عاليَين. ونتيجة لذلك فهو يُعَدُّ أقسى أنواع الفحم الحجري، ويتكوّن معظمُه من الكربون. وعند حرق فحم الانثراسيت يُنتِجُ كميّةً كبيرة من الحرارة. أنظر الشكل (17 ب).



أ- الفحم البتيوميني



ب- فحم الأنثراسيت

الشكل (17) أنواعٌ من الفحم الحجري.

مراجعةُ الدرسِ

1. أحدّد متى تُصبِح مادة الكيروجين ناضجة.
2. **أفسّر**: يتكون الغاز الطبيعي بعد تشكُّل النفط.
3. **أقارِن** بينَ آلية تشكُّل الصخر الزيتي والأسفَلت.
4. **أوضّح**: كيف تتكوّن رمال القار في الطبيعة؟
5. **أقارن** بين فحم الخُثِّ والفحم البتيوميني من حيث نِسبةُ الكربون المكوِّن لهما.
6. **أصنِّفُ** الصّخر الزيتيّ بحسبِ المحتوى المعدِني.
7. أدرس الجدول الآتي ثم أجيب على الأسئلة التي تليه:

	العمق (km)	درجة الحرارة
النيتروجين	1	120
	2	60
النفط	3	90
	4	120
الغاز	5	150
	6	250

أ. أحدد: ما العلاقة بين العمق ودرجة الحرارة؟.

ب. أحددُ العُمق الذي يتشكل عنده النفط.

ج. أستنتج: لماذا يحتاج الغاز الطبيعي إلى أعماق أكبر من النفط حتى يتشكل.

الوقود الأحفوري في الأردنّ

Fossil Fuels in Jordan

الدرس 3

الفكرةُ الرئيسةُ:

توجد العديدُ من الشواهد على وجود النفط والغاز الطبيعي في الأردن، كما يحتوي على كميات ضخمة من الصخر الزيتي الذي يمكِنُ استخلاصُ النفط منه بطرُق مختلفة.

نتاجاتُ التعلُّم:

- أتعرّف أنواعَ الوقود الأحفوري في الأردن.
- أناقش استخلاص النفط من الصخر الزيتي.
- أقوّم استخدام الصخر الزيتي كفحم حجري في إنتاج الطاقة.
- أبيّن أهمية دَور مصادر الطاقة الأحفورية في الاقتصاد المحلي.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

النفط الصخريّ Shale Oil

النفط والغاز الطبيعي في الأردن

Oil and Natural Gas in Jordan

AWA2EL LEARN 2 LEARN

بدأتِ المملكةُ في التنقيب عن النفط والغاز الطبيعي منذ عام 1947، وبلغت ذروتُه في الفترة ما بين عامي (1978–1986) من خلال تبنّي الحكومة للاستراتيجية الوطنية لمشروع التنقيب عن البترول، وبكوادرَ وطنيةٍ من أجل تأمين احتياجات المملكة من الطاقة، وتمّ خلال تلك الفترةِ حَفرُ 85 بئرًا، وكانت أبرزُ نتائجِ هذا المشروع اكتشافَ النفط في حقل حمزةَ عام 1984، واكتشافَ الغاز في حقل الرِّيشَة عام 1987. أنظر الشكل (18)، وكذلك الحصولَ على معلومات جيولوجية وجيوفيزيائية عن معظم مناطقِ المملكة التي ساعدت كونُها عاملَ جذبٍ لشركات النفط العالمية للاستثمار في الأردن.

الشكلُ (18). أحدُ الآبار التي تمّ حفرُها لإنتاج النفط بالقُرب من الأزرق، شرقَ الأردنّ.



ومع ذلك فإن الكميات التي اكتُشفت سابقًا كانت متواضعةً وغيرَ تجاريةٍ، ويرجِع العديدُ من الجيولوجين سببَ ذلك إلى مجموعة من الأسباب منها: معظمُ الترسّبات في الأردن كانت قاريّةً وليست بحريّةً ما أدى إلى قلّة المواد العضوية فيها، وكذلك فإن المناطق التي تحتوي على ترسّبات بحريّة لم يتمَّ دفنُها بعُمقٍ كافٍ ما أدى إلى انخفاض درجة الحرارة اللازمة لإنضاج المادة العضوية في صخور المصدر وتحويلِ مادة الكيروجين إلى نفط وغاز طبيعيّ، كذلك فإن كثرة الأنشطة التكتونية التي تعرّضت لها المنطقة أدت إلى تبخُّرِ وتسرُّبِ المواد الهيدروكربونية. ومع ذلك فإن صخور الأردن لم يتمَّ دراستُها بشكل كافٍ، وأنّ العديدَ من المناطق لم تُستكشَف بعد. لذلك وبناءً على دراسات جيوفيزيائية قامت بها إحدى الشركات الدولية المتخصصة، واكتشافِ شواهدَ نفطيةٍ في العديد من مناطق المملكة، فقد تمّ تقسيمُ المملكة في عام 2017 إلى اثنتي عشرة منطقة استكشافيةً منها: منطقةُ الأزرق ومنطقة البحر الميت، ومنطقة السّرحان التطويرية، ويتم العمل على تسويق تلك المناطق بشكل مستمرّ من خلال التفاوض المباشِر مع شركات التنقيب عن النفط.

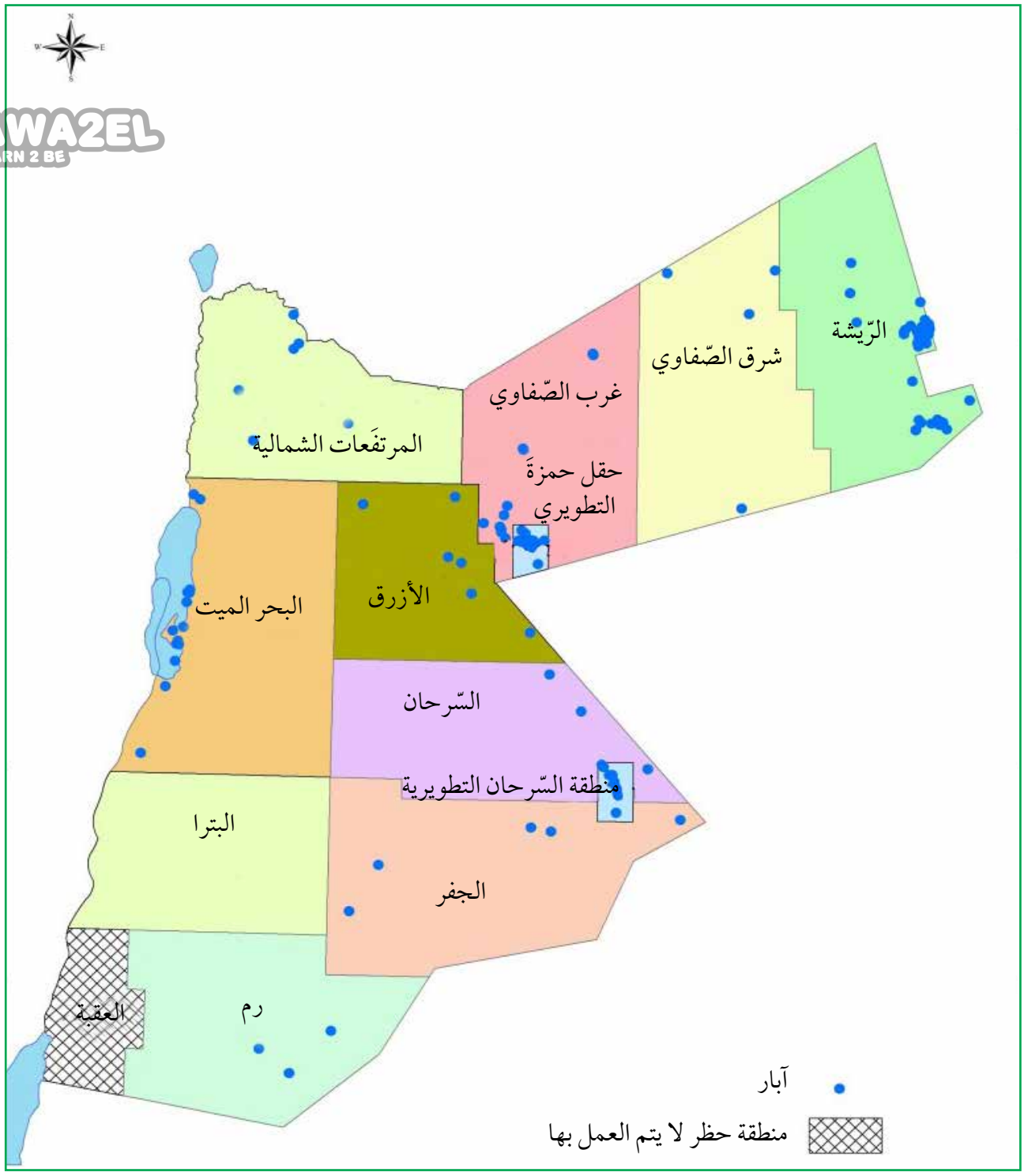
الربطُ بالفيزياءِ

يُسمّى العِلمُ الذي يَستخدمُ التباينَ والاختلافَ في الخصائص الفيزيائية لمكوّنات الأرض بعَلْمِ فيزياء الأرض أو الجيوفيزياء. ومن هذه الخصائص: المغناطيسيةُ والكهربائية والموجاتُ الزلزالية والجاذبيةُ. وتُسمّى الطّرُقُ التي تعتمِدُ على هذه الخصائص بالطّرُقِ الجيوفيزيائية. وقد تم استخدامُ الطّرُقِ الجيوفيزيائية في تحديد طبقات الأرض الرئيسة، وهي القشرةُ والسّتار واللّبّ، كذلك تُستخدَمُ هذه الطّرُقُ في عمليات التنقيب عن الخامات المعدنية ومكامنِ النفط والغاز الطبيعيّ والأحواض المائية.



الشكل (19) محطّة معالجة الغاز الناتج من حقل الريشة

وسيتمّ الحديثُ عن منطقتَيْ حقلِ الرّيشة، وحقلِ حمزةَ التطويريّ بشيء من التفصيل. أنظر الشكل (20) الذي يمثّل تلك المناطقَ.

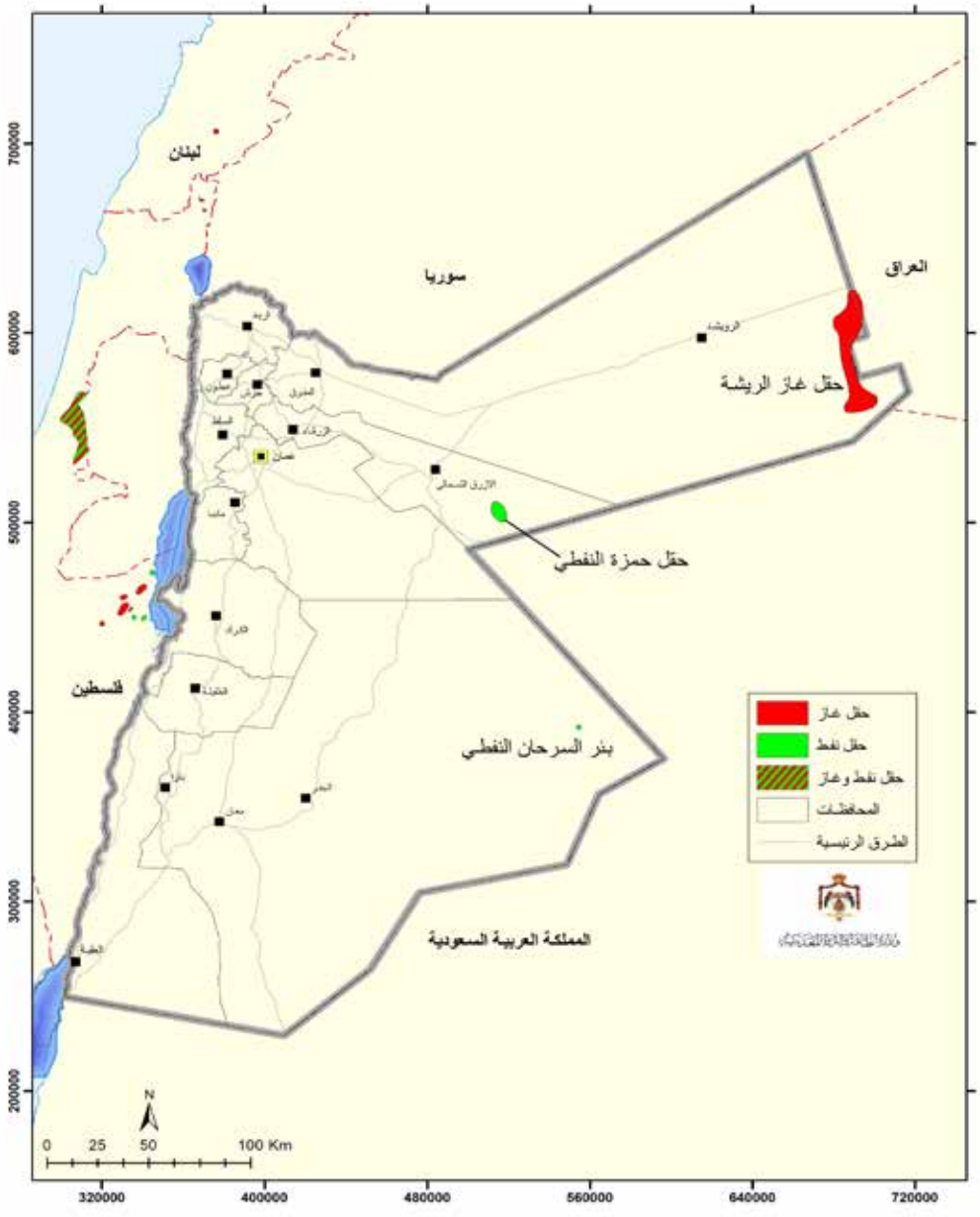


الشكل (20) تمّ تقسيمُ المملكة إلى مناطقَ استكشافيةٍ للتنقيب فيها عن النفط والغاز الطبيعيّ والتي يتم تسويقُها للشركات الدولية من أجل الاستثمار فيها.

أحدِّدُ المناطق الاستكشافية التي تم اكتشاف نفط أو غاز طبيعي فيها.

منطقةُ حقلِ حمزةَ التطويريّة Hamza Development Area

يقعُ حقلُ حمزةَ شرقيَّ الأردن في صخور خازِنة مكوَّنةٍ من الصخر الجيريّ تعود إلى العصر الكريتاسي الأعلى. أنظر الشكل (21). وتقدَّرُ مِساحتُه حوالي $363\ km^2$ وقد تمّ حفرُ 19 بئرًا فيه، منها 4 آبارٍ منتِجةٍ، وبلغ مجموع ما تمّ إنتاجه منها منذ عام 1983 حوالي مليون برميل نفطي. وقد تم تكليف شركة البترول الوطنية بالقيام بتجديد وتطوير الحقل، وذلك من خلال تنفيذ أعمال تحسين البنية التحتية، وصيانة مرافق الحقل الإنتاجية كافّةً، كونُها أصبحت مستهلَكة، ثم إجراءِ عملياتٍ تزيدُ من طاقته الإنتاجية.



الشكل (21): مواقعُ حقل الرّيشة للغاز وحقلِ حمزةَ النفطي وبئرِ السّرحان.

منطقة الرّيشة Risha Area

تقع منطقةُ الريشة في أقصى شمال شرقِ الأردن، وتقدَّرُ مِساحتُها بحوالي $8367\ km^2$، وقد تم إعطاء اتفاقية امتياز التنقيب لشركة البترول الوطنية منذ عام 1996 ولمدّة 50 عامًا. ويقع غاز الريشةِ في صخور خازنة مكوّنةٍ من الصّخر الرملي تعود إلى العصر الأردوفيسي. أنظر الشكل (20).

✓ **أتحقّق:** أحدّد المناطقَ التي تم اكتشافُ النفط والغاز الطبيعي فيها في الأردن.

رمال القار في الأردن Tar Sands in Jordan

تتكشَّفُ رمالُ القار في الأردن على امتداد صَدْعٍ رئيسٍ يقطع منطقة شمال البحر الميت باتجاه شمال شرق في الوديان التي تقع شمال البحر الميت في ثلاث مناطقَ رئيسةٍ، هي وادي عسّال ووادي أحَيمِر ووادي الذراع. وينحصر وجود رمال القار في الصخور الرملية التابعة للعصر الكامبري، وصخور رمل الكرنب التابعة للكريتاسي الأسفل أنظر الشكل (22).

الشكل (22) رمالُ القار في منطقة وادي عسّال بالقرب من البحر الميت.



تشيرُ الدراساتُ الجيولوجية أن سببَ تشكُّلِ رمال القار في البحر الميت هو وجود خزّان نفطيّ أسفلَ البحر الميت، ونتيجةَ تكوّنِ حفرة الإنهدام تشكّلتِ العديدُ من الصّدوع التي ساعدت على تسرّب النفط إلى سطح الأرض وتركيزِه على امتداد تلك الصدوع. وقد أدى ذلك إلى تبخُّر المكوّنات الخفيفة منه أو تحلّلِها بفعل البكتيريا الهوائية، وبقاءِ المواد الثقيلة مثل الأسفَلت شِبهِ الصُّلب في الصخور الرملية مشكّلًا رمالَ القار.

تتكوّن الصخور الرملية المكوِّنة لرمال القار في البحر الميت بشكل رئيس من معدن الكوارتز، وقد دلّتِ الدراسات أن كلّ كيلوغرام من رمال القار في وادي عسّال تُعطي ما معدّلُه 1190 kcal، وتبلُغ نسبة الكربون العضويّ فيه 10.5% والكبريت 1.3% .

ويستدِلّ العلماء الجيولوجيونَ من وجود رمال القار على وجود النفط في منطقة البحر الميت، ولكن يوجد احتمالانِ لوجوده: الأول أن رمال القار تمثّل بقايا نفط كان يوجد أسفلَ البحر الميت، وأن معظمَ النفط قد هاجرَ نتيجة تكوّن حُفرة الانهدام عبر الصّدوع التي تشكّلت. والثاني أن هناك خزانًا نفطيًا في الأسفل، وأن هناك كمياتٍ من النفط قد هاجرت للأعلى ما أدى إلى إغلاق المسامات نتيجة هجرة المكوِّنات الخفيفة وبقي الإسفلتُ في الرمال على شكل رمال قار، وأن النفط لا يزال مخزّنًا في الأسفل ويوجد بكميات تجارية.

الصخر الزيتيّ في الأردن Oil Shale in Jordan

بسبب النقص الكبير في موارد الطاقة التقليدية الموجودة في الأردن، فقد اتّجهتِ الأنظارُ إلى مصادر الطاقة غيرِ التقليدية، ومنها الصّخرُ الزيتي. توجد صخور الصّخر الزيتي في الأردن في الصخور الجيرية المارلية الغنية بمادة الكيروجين. وتشير الدراساتُ إلى أن أصلَ الكيروجين هو نباتات وعوالقُ بحريّة ضحلةٌ وبحيرية ترسبت خلال العصر الكريتاسي الأعلى، ثم دُفِنتْ وتحوّلتِ المادة العضوية بسبب زيادة درجة الحرارة والضغط إلى كيروجين.

الربطُ بالتكنولوجيا

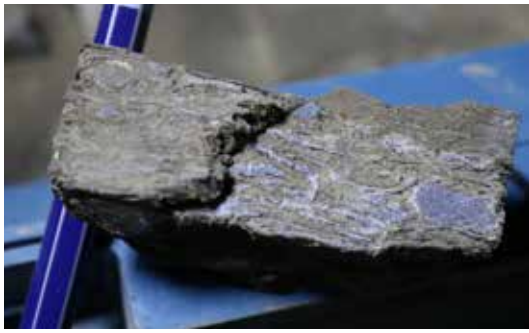
الاستشعار عن بُعدٍ:

تُستخدَمُ طُرُقُ الاستشعار عن بعْدٍ في استكشاف وجود الخامات المعدِنية، أو النفط والغاز الطبيعي، ويستخدَمُ في ذلك أجهزةٌ مختلفة، ومنها الأقمارُ الصناعيةُ للحصول على صوَرٍ فضائية يتم من خلال دراستها استخلاصُ معلوماتٍ أو بيانات عن تلك الخامات. أبحث عن مفهوم الاستشعار عن بُعدٍ، وآلية عمله وأهميته في استكشاف النفط والغاز الطبيعي، ثم أكتب تقريرًا مُدَعَّمًا بالصّوَر، وأعرضه على زملائي في الصف.

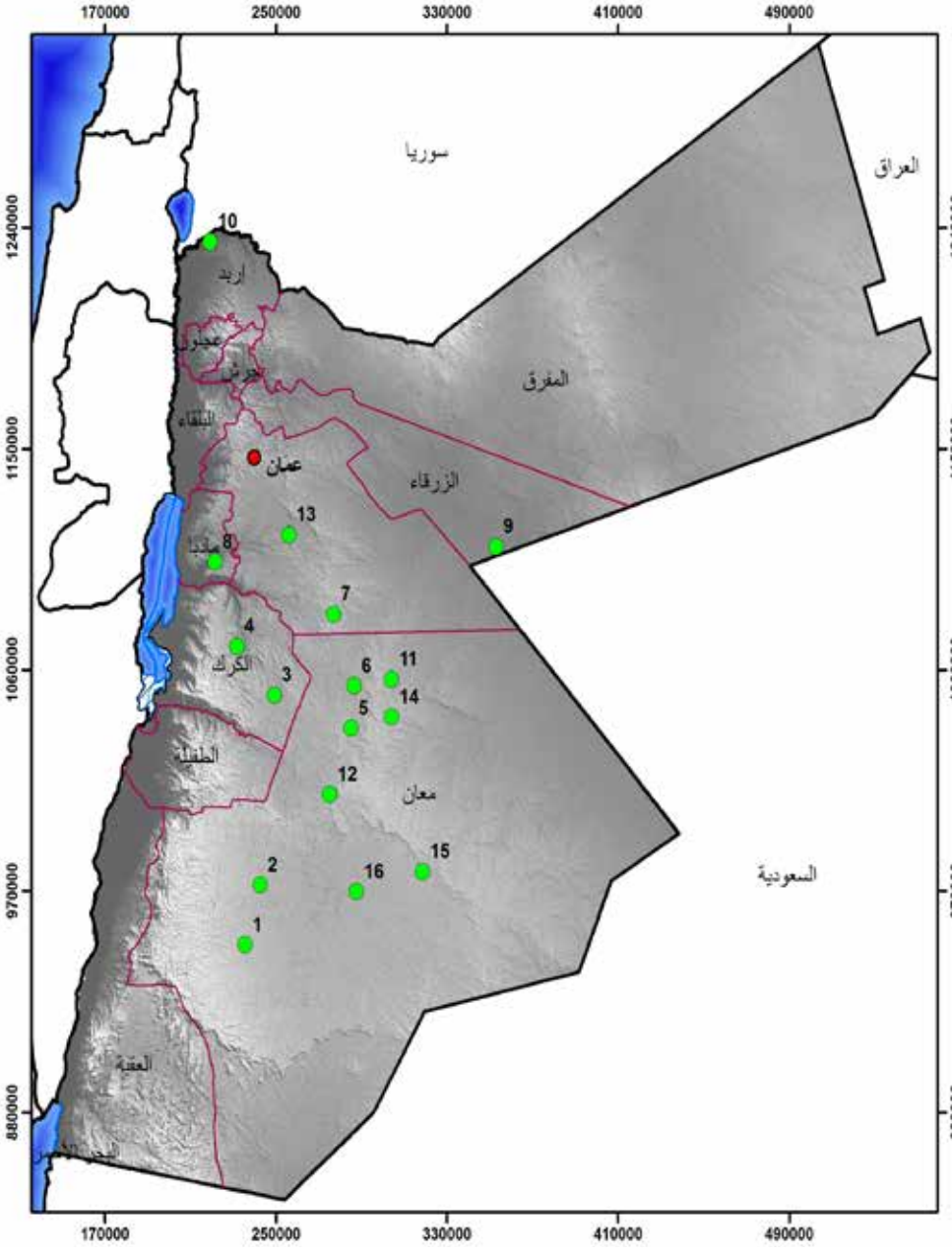
أتحقّق: أحدّد ما العصور الجيولوجية التي تتكشّف رمالُ القار في الصّخور التابعة لها.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضّحُ كيفيّةَ توزُّعِ أنواع الوقود الأحفوريّ في الأردن، وأحرصُ على أن يشملَ الفيلمُ صورًا توضيحية، ثمَّ أشاركهُ معلّمي وزملائي في الصفّ.

الشكل (23) عِينةٌ من الصّخر الزيتيّ أخِذت من أحد مواقع استخراجِه في وسط الأردن.



ويحتوي الأردنّ على احتياطات ضخمةٍ من الصخر الزيتي تقدَّرُ بحوالي 70 بليون طنّ تكفي لسَدّ حاجة الأردن من الطاقة لفترات طويلة من الزمن، أنظر الشكل (23) الذي يمثّل أحدَ عينات الصخر الزيتي. ويقدِّرُ الجيولوجيونَ أن رواسبَ الصخر الزيتي تقع تحت أكثرِ من 60٪ من أراضي الأردن. وتتوزّع في 20 موقعًا تقريبا في جميع أنحاء المملكة، ولكن توجدُ أهمُّ تكشُّفاته ومواقعِه في وسط المملكة، منها اللّجون، وأم غُدران، والسّلطاني، وجُرف الدراويش. أنظر الشكل (24).



الشكل (24) مواقع نوزُّعِ الصخر الزيتي في الأردن. **أحدِّدُ** ثلاثَ مناطقَ يتواجد فيها الصّخرُ الزيتيّ في المنطقة الجنوبية من الأردن.

مفتاح الخريطة

مواقع الصخر الزيتي

المحافظات

المنطقة			
1	إسفير المحطة	9	العمري- ابار الهزيم
2	وادي أبو الحمام	10	اليرموك
3	السلطاني	11	وادي الثروة
4	اللجون	12	جبال غزيمة
5	النعضية	13	خان الزبيب
6	وادي مغار	14	باير
7	عطارات أم غدران	15	العانزيات
8	ماديا	16	الجفر

نشاطٌ

احتياطات الصخر الزيتي في الأردن

يمثِّلُ الجدولُ الآتي مِساحاتِ وسماكات واحتياطات طبقات الصخر الزيتي في خمسِ مناطقَ في الأردن.

المنطقة	اللجون	السلطاني	جرف الدراويش	عطارات أم الغدران	وادي المغار
المساحة (km^2)	25	19.23	114.5	340	625
سماكةُ الصخر الزيتي (m)	1-87	2-65	18-157	21-104	13-108
سماكةُ طبقة الردم العُلويّةِ (m)	7-78	34-90	33-58	36-150	33-70
الاحتياطيّ الجيولوجي (mt)	1200	1180	8000	23100	40800
الاحتياطيّ المحدَّد (mt)	1170	989	2500	10400	21600

التحليل والاستنتاج

1- **أقارن** بين سماكةِ الصخر الزيتي في منطقتَيِ اللجون وعطارات أم الغدران.

2- **أقارن** بين سماكات طبقة الرّدم العُلويّة في مناطق الصخر الزيتي المختلفة.

3- **أستنتج** تأثيرَ سماكة طبقة الرّدم العُلويّة في استخراج الصخر الزيتي.

4- أحدّد مجموع الاحتياطي المحدَّدِ في المناطق الأربعِ بالمليون طنّ (mt).

5- **أستنتج** أفضل المناطق لاستخراج الصخر الزيتي.

استغلال الصخر الزيتي Exploitation of Oil Shale

بسبب الطلب الكبير على مصادر الطاقة التقليدية المتمثِّلة في النفط والغاز الطبيعي، والتناقصِ في احتياطاتهما، فقد بدأت الدّول في البحث عن مصادرَ جديدةٍ تعوّضُ هذا النقصَ، ومن هذه المصادر استغلالُ الصخر الزيتي، وقد قامتِ العديدُ من الشركات العالمية في تطوير تقنيات مختلفة لإنتاج النفط والغاز من الصخر الزيتي، ويُستخدَم الصّخرُ الزيتيّ في الوقت الحاضر في إنتاج النفط، أو في إنتاج الكهرباء من خلال الحرق المباشر.

إنتاج النفط من الصخر الزيتي Product Oil from Oil Shale

يُسمّى النفطُ الذي يُستخرَجُ من الصخر الزيتي بطُرق غير تقليدية بالنفط الصناعيّ أو النفط الصخري Shale Oil حيث يتم تحويل مادة الكيروجين الموجودةِ في الصخر الزيتي بالانحلال الحراري Pyrolysis إلى نفط بشكل مباشر عن طريق تسخين الصخر الزيتي ثم تكريرِه، وفي بعض الحالات قد يحتاج النفط إلى معالَجة بإضافة بعض العناصر ومنها الهيدروجينُ وإزالة الكبريت والنيتروجين ليُصبِح بخصائصِ النفط التقليدي نفْسِه. وقد دلّتِ الدراسات على عينات من الصخر الزيتي أن كلّ 1ton من الصخر الزيتي يمكِن أن تُنتِج 125 kg من النفط الصخري. ويتم استخراجُ النفط الصخري بطريقتين هما:

المعالَجة في الموقع In Situ Processing و المعالَجة خارجَ الموقع Processing Ex Situ.

الربطُ بالكيمياءِ

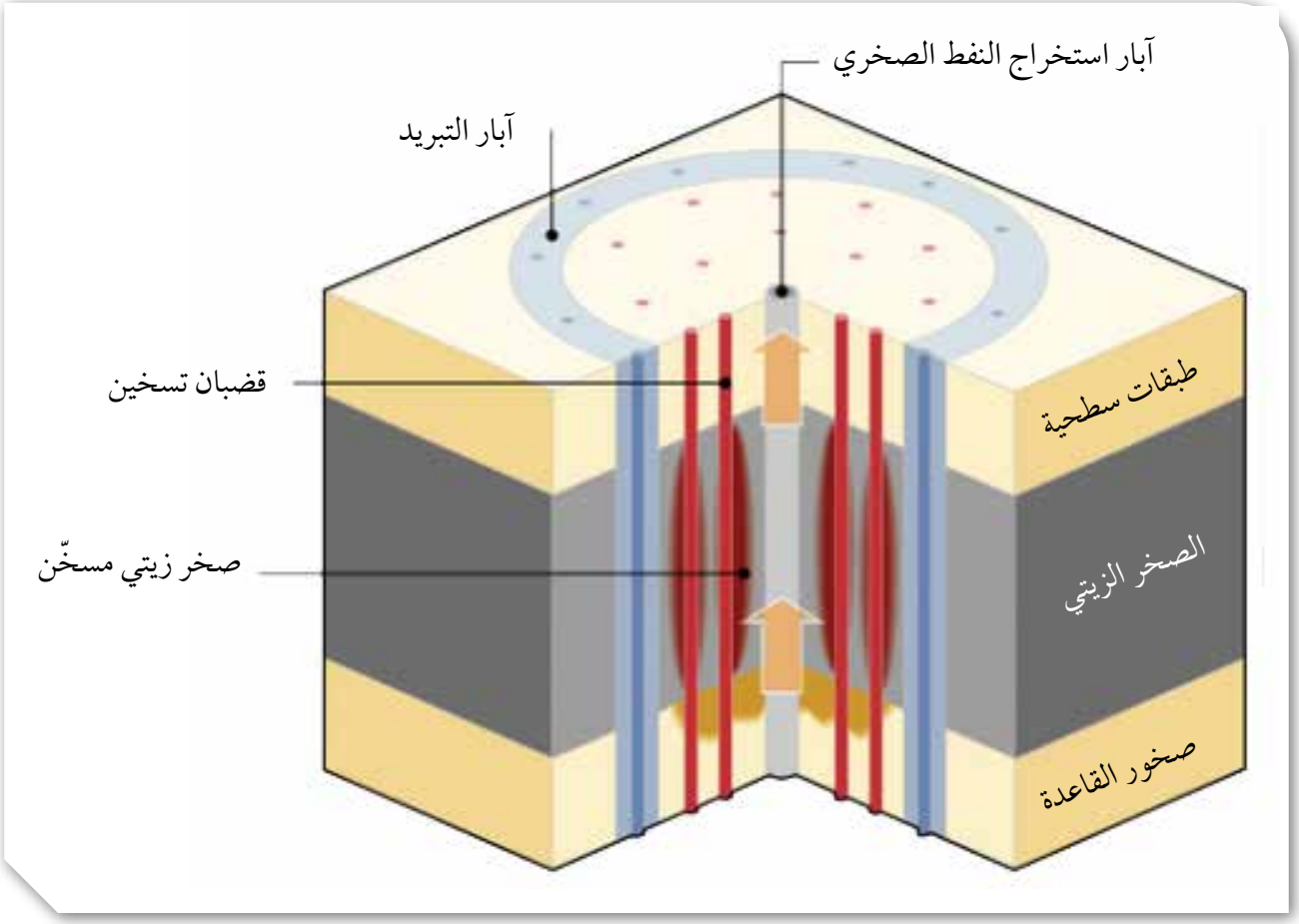
الانحلال الحراري Pyrolysis هو تحلُّلُ المواد العضويّةِ كيميائيّا عند درجات حرارة مرتفعة في غياب الأكسجين، وينتُج عن التحلّل الكيميائي تغيّرٌ كيميائي وفيزيائي للمادة العضوية، ما يؤدي إلى إنتاج موادَّ غنيّةٍ بالكربون مثلِ الفحم.

المعالَجة في الموقع In Situ Processing وتُسمّى أيضًا المعالجةَ في باطن الأرض، تعتمِد هذه التقنيةُ على تسخين الصخر الزيتي في باطن الأرض باستخدام عدة طرُق منها: إدخال أعمدةٍ معدنية داخلَ الصخر الزيتي وتوصيلُها بالكهرباء، أو حقنُ سوائلَ ساخنةٍ في طبقات الصخر الزيتي، حيث تعمل هذه الطّرُق على توفير حرارة للصخر الزيتي تصل إلى حوالي 340 °C تعمل على الانحلال الحراري للكيروجين، ومن ثَمّ إنتاج النفط الصخري. أنظر الشكل (25).

ويتم في هذه الطريقة أيضًا حفرُ آبار عمودية لاستخراج النفط الصخري الناتج. ولحماية المياه الجوفية من التلوث يتم إنشاءُ جدار يُسمّى الجدارَ التبريديَّ حول مكان معالجة الصخر الزيتي، يتم فيه إدخال مياه إلى باطن الأرض وتجميدُها، وقد تستغرِق هذه الطريقة عدة أشهر من التسخين).

✓ **أتحقّق:** أفسّر لماذا يتم بناء جدار تبريدي حول مناطق معالجة الصخر الزيتي في الموقع.

الشكل (25) يُستخرَجُ النفطُ الصخريّ في طريقة المعالَجة في الموقع من آبار يتم حفرُها لتجميع نواتج الانحلال الحراري للصخر الزيتي في باطن الأرض.



المعالَجة خارجَ الموقع Processing Ex Situ تتكون هذه الطريقة من ثلاث خُطوات رئيسة هي: استخراجُ الصخر الزيتي من موقعه أو ما يعرَفُ بالتعدين. أنظر الشكل (26)، ثم إعدادُ المادة الأولية من خلال تكسير الصخر الزيتي إلى قطَع صغيرة تتراوح بين ، ثم المعالَجَةُ الحرارية للمادة الأولية في أجهزة تقطيرٍ خاصّة عمودية أو أفقيةٍ يتم فيها تسخينُ المادة الأولية وحدوثُ الانحلال الحراري لها، حيث يتعرّض الصخر الزيتي فيها إلى درجات حرارة تصل ما بين 480–520 °C فتتحلّل مادة الكيروجين وينتُج النفط الصخري على شكل غازات يتم تجميعه ثم تبريدُه وتكثيفه. وينتج عن معالَجَة الصخر الزيتي بقايا صُلبة تمثّل بعض المعادن وبقايا كربونية على شكل فحم، وتُستخدَم البقايا الصّلبة في صناعة الأسمنت أو الطوب ، ويمكن أيضًا إنتاج موادَّ إضافية منها

الشكل (26) في طريقة المعالَجة خارجَ الموقع يتم استخراجُ الصخر الزيتي من خلال عمليات التعدين السطحية ومن ثم تتم المعالَجةُ في أماكنَ أخرى.

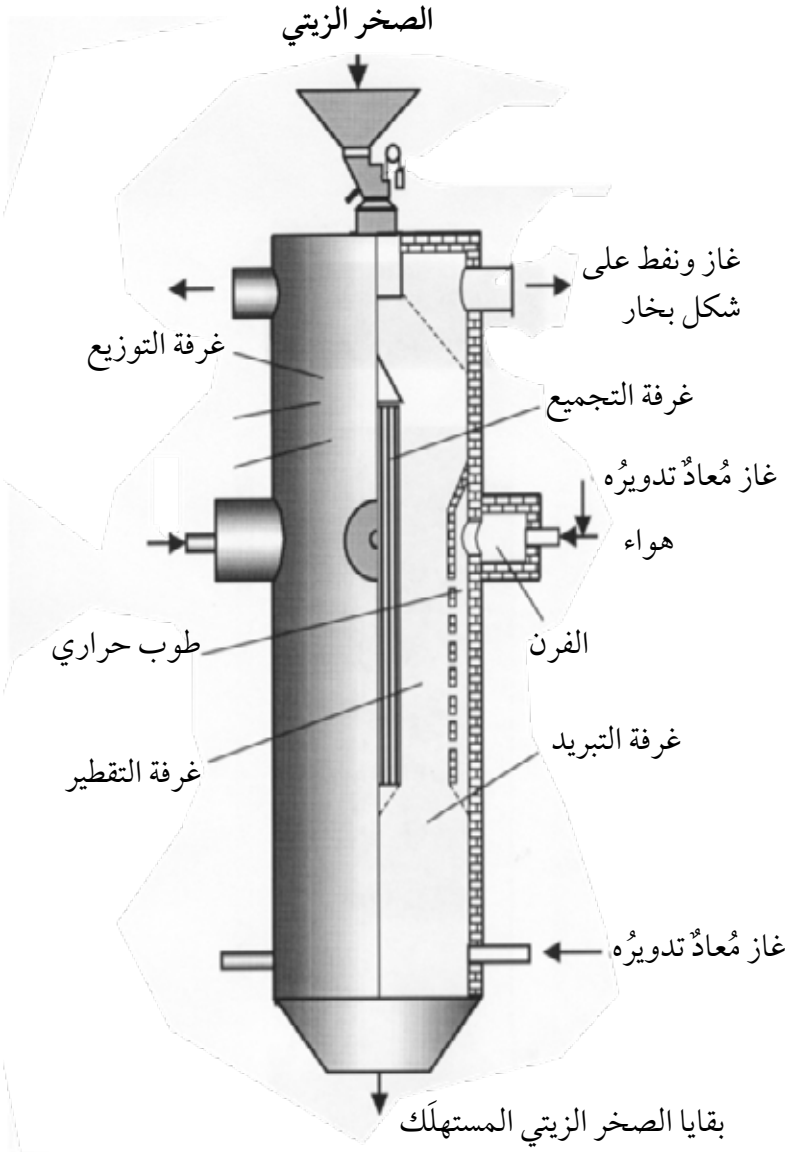


الكبريتُ والأمونيا. أنظر الشكل (27) الذي يمثّل أحدَ أجهزة التقطير المستخدَمة في إنتاج النفط الصخري.

وتتميز طريقة المعالجة في الموقع مقارَنةً بتقنيات المعالجة التقليدية خارجَ الموقع بما يلي: قدرتُها على استخراج المزيد من الصخر الصخري؛ لأن الأبار قد تصل إلى أعماق أكبرَ. وحدوث عملية الانحلال الحراري للكيروجين في درجات حرارة أقلّ، وإمكانية استخلاص النفط الصخري من الرواسب منخفضة الجودة التي لا تستطيع تقنيات التعدين التقليدية استخلاصها. ولا تزال تقنيةُ المعالجة في الموقع في مرحلة التطوير والتحديث.

أبحثُ:

يُستخدَم اختبارُ فيشرَ Fischer Assay وهو مقياس طوّره العالِمُ الألماني فرانز فيشر لتقويم كفاية عمليات استخراج الصخر الزيتي، وذلك من خلال تحديد قُدرة الصخر الزيتي على إنتاج النفط، أبحث عن هذا المقياس وأحدّد كيف يتم تحديد قدرة الصخر الزيتي في إنتاج النفط.



الشكل (27) تُستخدَم أجهزةُ تقطير خاصّة يتم فيها الانحلال الحراريّ للصخر الزيتي وتحويلُه إلى نفط صخري.

أفسّر لماذا يبطّن جهاز التقطير من الداخل بالطوب الحراري.

أفكّرُ ايهما أقل تأثيرًا سلبيًا على البيئة؟ استخدام الحرق المباشر للصخر الزيتي في توليد الكهرباء، أم استخدام النفط الصخري الناتج عن معالجة الصخر الزيتي في توليد الكهرباء.

إنتاج الكهرباء بطريقة الحَرْق المباشر

Production Electricity by Direct Burning

يُستخدَمُ الصّخرُ الزيتيّ في إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال الحَرْق المباشِر بشكل يشابه استخدامَ الفحم الحجري، حيث يتم استخراج الصخر الزيتي بطُرُق التعدين السطحية، ومن ثَمّ يتم تكسيره إلى قطَع صغيرة أو طحنُه، ثم يتم وضْعُ الفتات الناتج في أفران خاصّة وحرقُها، وتستخدَمُ الحرارة الناتجة في تسخين المياه وإنتاج بُخارٍ يعمل على تحريك توربيناتٍ خاصّة لإنتاج الكهرباء. وقد دلّتِ الدراسات على بعض عينات من الصخر الزيتي أنّ كل 1ton من الصخر الزيتي يمكن أن تنتج 850 kWh من الكهرباء.

ويمثّل الجدول (2) مقارَنة بين الصخر الزيتي والفحم الحجري توضّح قدرة كلٍّ منهما على إنتاج الطاقة بطريقة الحرق المباشر. يلاحَظُ أن كمية الطاقة التي نحصل عليها من حرق الفحم الحجري أكبرُ من الصخر الزيتي، ومع ذلك يُعَدُّ استخدامُ الصخر الزيتي كوقود في إنتاج الطاقة الكهربائية بالحرق المباشر من الطرق المستخدمة في العديد من الدول في العالم ومنها استونيا.

الجدول (2) مقارنة بين الصخر الزيتي والفحم الحجري.

الخاصية	الصخر الزيتي	الفحم الحجري
كمية المواد غير العضوية التي يحتويها	أكبر	أقل
زمن الاحتراق الكامل	أبطأ	أسرع
أعلى درجة حرارة تنتُج عن الاحتراق	1080 kelvin	2260 kelvin
القيمة الحرارية (heating value)	7000 KJ/Kg	29000 KJ/Kg

أقارن بين كميات الحرارة التي تنتُج عن الاحتراق المباشِر لكل من الصخر الزيتي والفحم الحجري.

أهمية استغلال الوقود الأحفوري

The Importance of Exploiting Fossil Fuels

يحقِّق تنفيذ مشاريع استكشاف الوقود الأحفوري واستغلالُه وخاصة استغلالَ الصخر الزيتي العديدَ من الفوائد منها: تقليلُ استيراد الوقود من الخارج، وتوفيرُ آلاف فرَص العمل للشباب في مجالات عدة تتعلق باستكشاف الوقود الأحفوري واستغلاله وتكريره، وإقامة صناعات تتعلق بالمنتَجات البترولية، أو المواد المصاحِبة، ومنها الكبريت والأمونيا، وإقامة صناعات تتعلق بالتخلص من التأثيرات البيئية المتعلقة بعمليات الاستخراج والاستغلال.

✓ **أتحقّق:** أذكــر فــائدتين لاستغلال الوقود الأحفوري.

مراجعةُ الدرسِ

1. أقترِح سببين لعدم تشكّل النفط بكميات تجارية في الأردن.
2. **أوضّح** كيفيّة تشكّل رمال القار في الأردن.
3. **أستنتج** أهمية تطوير حقل حمزةَ النفطي.
4. أحدّد ثلاث مناطقَ يتواجد فيه الصخر الزيتي في الأردن.
5. أذكر الطرق التي يتم من خلالها إنتاج النفط الصخري من الصخر الزيتي.
6. **أستنتج:** لماذا يتم تكسير الصخر الزيتي عند استخدامه لإنتاج النفط الصخري؟

الصناعات البتروكيماوية
The Petrochemicals Industry

لا تقتصِر أهميّة الوقود الأحفوري على استخدامه كونه أحدَ أهمِّ مصادر الطاقة في العالم، بل يتعداه إلى استخدام أنواعه في العديد من الصناعات التي تُسمّى الصناعاتِ البتروكيماويةَ، حيث يستخدَمُ النفط والغاز الطبيعي وحتى الفحمُ موادَّ خامٍ. ويُعَدُّ الغازُ المصاحب (وهو أحد أشكال الغاز الطبيعي الذي يوجد في صخور الخزان مصاحبًا للنفطِ ويستخرَج عند تكريره) من أهم المشتقات النفطية المستخدَمة في صناعة البتروكيماويات.

تُعَدُّ صناعةُ البتروكيماويات من أهم الصناعات في هذا العصر، فهي توفر منتجاتٍ مهمّةً مثل: الإثيليين والميثانول والبولي إيثيلين التي تدخل في معظم المجالات، ويستخدمُها الناس بشكل يومي فهي تدخل في صناعة الأدوية والأسمدة والأثاث، والدّهانات ومستحضرات التجميل، والأجهزة المنزلية والإلكترونيات وألواح الطاقة الشمسية وغيرها الكثير، وقد أولتْ معظم الدول اهتمامًا كبيرا بهذا القطاع لأهميته في الاقتصاد الوطني.

ومع كلّ الفوائد التي توفّرها المواد البتروكيماوية، إلا أن تراكم بعضها يُعَدُّ خطرا كبيرا على البيئة وخاصّة الموادَّ البلاستيكية؛ حيث إنّ العديد من الأدوات التي نستخدمها مصنوعةٌ بكاملها من البلاستيك أو تحتوي على مكوّنات بلاستيكية. ومن خصائص البلاستيك أنه لا يتحلل بسهولة لذلك يتراكم مع الزمن ويؤدي إلى تلوّث البيئة



الكتابةُ في الجيولوجيا

أستخدمُ مصادرَ البحث المختلفةَ للحصول على معلومات عن الصناعات البتروكيماوية، ثمّ أختار إحدى المواد وأحدّد أهميتها وكيفية صناعتها، ثمَّ أكتبُ مقالة حول ذلك.

السؤال الأوّل:

أضعُ دائرةً حولَ رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. أيٌّ منَ الصخور الآتيةِ مثالٌ على الصخور الخازنة:
   أ- الغَضار.
   ب- الصخر الرملي.
   ج- الصخر الطيني
   د- الغرانيت.
2. من خصائص مادة الكيروجين أنها:
   أ- تتواجد في صخور الخزان.
   ب- تذوب في المذيبات العضوية.
   ج- تتكوّن في صخور المصدر.
   د- تكوّنُ صخور الغِطاء.
3. أيٌّ من العصور الجيولوجية الآتية تتبعُ لها الصخور الخازنة التي تحتوي على غاز الرّيشة:
   أ- الأردوفيسي. ب- الكريتاسي
   ج- الثلاثي. د- البيرمي.
4. أيٌّ من درجات الحرارة الآتية يمكن أن يتشكّل عندها النفط:
   أ- 34 °C. ب- 210 °C.
   ج- 80 °C. د- 45 °C.
5. أحدُ أنواع الوقود الأحفوري غير التقليدية تتكوّن من موادَّ هيدروكربونية عالية اللزوجة، وهي في الحالة شِبهِ السائلة هو:
   أ- النفط. ب- الغاز الطبيعي.
   ج- الأسفَلت. د- الصخر الزيتي.
6. أيُّ الغازات الآتيةِ هو المكوِّنُ الأساسي للغاز الطبيعي؟
   أ- الميثان. ب- الإيثان.
   ج- البروبان. د- البيوتان.

السؤال الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هوَ مناسب من المصطلحات:

أ- ..... صخور تحتوي على كمية كافية من المواد العضوية، يمكن أن يتولّد منها ما يكفي من المواد الهيدروكربونية لتكوين تراكُم اقتصاديّ من النفط أو الغاز الطبيعي.

ب- ..... هو النفط الذي يُستخرَج من الصخر الزيتي بطرُقٍ غير تقليدية.

ج- ..... صخور ذاتُ نفاذية عالية يهاجِر إليها النفط الخام والغاز الطبيعي من مكان تشكّلِهما ويتجمّع فيها.

د- ..... معدّلُ التغير في درجة الحرارة بزيادة العُمق ويقدّرها العلماء ما بين 25-30 °C/km.

السؤال الثالث:

أُفسِّرُ كلًّا ممّا يأتي تفسيرا علميّا دقيقا:

أ- يدُلُّ وجودُ رمالِ القار في وادي عسّال على أن هناك حقلا نفطيّا أسفلَ البحر الميت.

ب- تكوّنَ الصخر الزيتي في الأردن بكميات كبيرة بدلًا من تكوّنِ النفط.

ج- تتكوّن جميعُ أنواع الكيروجين من المواد الهيدروكربونية، ومع ذلك يوجد اختلافٌ في تركيبه الكيميائي.

السؤال الرابع:

أفسِّرُ سببَ تشكُّلِ أنواعٍ مختلفة من الفحم الحجري؟

السؤال الخامس:

أقارنُ بين إنتاج النفط الصخري بطريقة المعالجة خارجَ الموقع، والمعالجة داخلَ الموقع من حيث التأثيرات البيئية، ودرجةُ الحرارة اللازمة للمعالجة.

السؤال السادس:

أفسّر: لماذا يجب أن تحتوي المِصيدةُ صخور الغطاء؟

السؤال السابع:

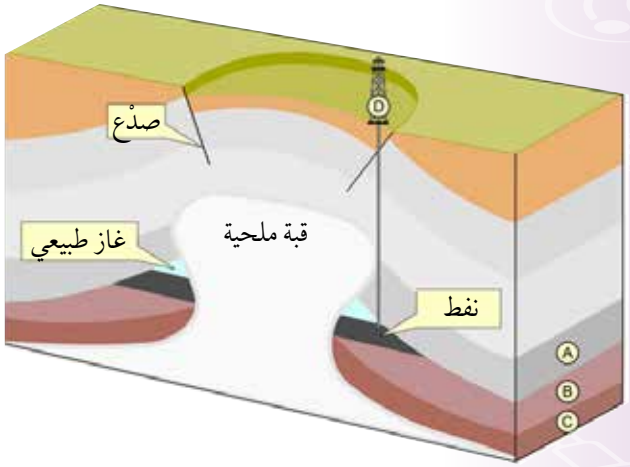
أقارنُ بين النفط والغاز الطبيعي من حيثُ درجةُ الحرارة المؤثّرة على مادة الكيروجين المكوّنة له.

السؤال الثامن:

أستنتج: لماذا يعَدُّ الكيروجين غيرَ ناضجٍ عند درجات حرارة لا تتعدى 50 °C.

السؤال التاسع:

أوضّح كيف تتكوّن المصائد الاختراقية.



السؤال العاشر:

أصنّفُ أنواع الفحم الحجري بناءً على درجة الحرارة.

السؤال الحادي عشرَ:

أستنتج: أيّهما أفضل استخدامُ الصخر الزيتي أم الفحم الحجري في توليد الكهرباء؟

السؤال الثاني عشرَ:

أقارن بين فحم اللغنيت والانثراسيت من حيث الصلابةُ وكميّة الكربون الذي يحتويه.

السؤال الثالثَ عشرَ:

أحدّدُ الأدلّة التي افترضَها مؤيّدو النظرية غير العضوية في تشكل النفط والغاز الطبيعي.

السؤال الرابعَ عشرَ:

أذكُر فائدتين إضافيّتين لمعالجة الصخر الزيتي ما عدا النفطِ الصخري.

السؤل الخامسَ عشرَ:

أناقِش لماذا تتّجِهُ الدّوَل إلى إنتاج النفط من الصخر الزيتي على الرغم من الصعوبات التي تواجه ذلك.

السؤال السادسَ عشرَ:

أتنبّأ: ماذا كان سيحصل للصخر الزيتي في الأردن على فرَض استمرار الترسيب فوق الطبقات المكوِّنة له ملايينَ أخرى من السنين؟

السؤال السابعَ عشرَ:

أُقوِّمُ العبارة الآتية:

« يجب وقفُ استغلال الوقود الأحفوري واستخدامِه بسبب الآثار السّلبية على البيئة».

الوحدة

3

الوقود الأحفوريّ والبيئة

Fossil Fuels and the Environment



أتأمَّلُ الصورةَ

تعَدُّ الغازاتُ المنبعِثة من احتراق الوقود الأحفوري إلى الغلاف الجوي عاملا رئيسًا في تلوّث الهواء، ومنها أكاسيدُ الكربون والنيتروجين والكبريت. فما الآثارُ البيئيّة الناجمة عن احتراق الوقود الأحفوريّ؟

الفكرةُ العامةُ:

تؤدي عمليّة احتراق الوقود الأحفوريّ إلى إطلاق كمياتٍ هائلة من الغازات الضارّة، التي تؤثّر في تركيب الغلاف الجوي وصفاته، بحيث أصبح لا يقوى على امتصاصها وتشتيتِها.

الدرس الأول: استخدامات الوقود الأحفوري

الفكرة الرئيسة: ينتُج عن عمليات احتراق الوقود الأحفوري العديدُ من الغازات الضارّة التي تتراكم في البيئة.

الدرس الثاني: أثرُ احتراق الوقود الأحفوري

الفكرة الرئيسة: هنالك العديد من الملوّثات الموجودة في الغلاف الجوي ذاتُ تأثير سلبيّ على صحة الإنسان والنباتات والحيوانات، بسبب بعض العمليات الطبيعية والنشاطات البشرية.



غاز ثاني أكسيد الكربون والاحتباس الحراري

يسهم غاز ثاني أكسيد الكربون في ظاهرة الاحتباس الحراري. فما أثره في الحياة على الأرض؟

المواد والأدوات: أحواضُ سمَك زجاجية بعمق 30 cm عدد(2) ، طبَق زجاجيّ عدد (2)، كأسٌ زجاجية سعةَ 300 ml، بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$، خَلٌّ CH_3COOH، كميّتان متساويتان من التُّربة، مِقياس درجة حرارة عددَ(2)، مصدرُ طاقة ضوئِيٌّ عدد(2)، ساعةُ توقيت، شريط لاصِق شفاف، قلمُ تخطيط، قلمُ رصاصٍ، مِسطرة، ورقُ رسم بيانيّ أو برمجية إكسل Excel.

إرشادات السلامة: الحذَرُ عندَ تثبيت مقياس درجة الحرارة داخلَ الحوض الزجاجي خشيةَ كسرِهِ.

خطوات العمل:

1. أستخدِم قلمَ التخطيط وأكتب على أحدِ الأحواض الحرف (A) وعلى الحوض الآخر الحرف (B).
2. أثبّت مقياس درجة الحرارة في كلّ حوض زجاجيّ على أحدِ جُدرانه من الداخل باستخدام الشريط اللاصق الشفاف، بحيث يكون على ارتفاع 3cm تقريبا من قاع الحوض.
3. أضَعُ في قاع كلّ حوض كميّة متساوية من التّربة بحيث تشكّل طبقةً رقيقة، ثم أضع الطبق الزجاجيّ فوق التربة في وسط الحوض.
4. أثبّتُ مصدرَ الطاقة الضوئيَّ الذي يمثّل الشمس على أحدِ جوانب كلّ حوض على المسافة والزاوية نفسيهما، وأسلّطه على التّربة.
5. أسكُب 300 ml من الخلّ في الطبق الزجاجيّ في الحوض (A)، سيمثّل هذا الحوضُ عنصُرا ضابطا لمقارنة درجة الحرارة في الحوضين.
6. أضَعُ 60g من بيكربونات الصوديوم في الطبق الزجاجيّ في الحوض (B)، سيمثّل هذا الحوضُ نموذجًا للاحتباس الحراري على الأرض.
7. أدوِّنُ في جدولٍ عند بداية التجرِبة قراءةَ درجة الحرارة الأوليّة في الحوضين (A) و (B)، ثم أكرّر القراءة كلّ دقيقة لمدّة (6) دقائق.
8. أسكُبُ ببُطءٍ 300 ml من الخلّ فوق بيكربونات الصوديوم في الطبق الزجاجي في الحوض (B).
9. أواصِلُ تدوينَ قراءة درجات الحرارة في الحوضين (A) و (B)، بعد الانتهاء من سكْبِ الخلّ في الحوض (B) كلّ دقيقة ولمدّة (6) دقائق أخرى.
10. أُنشِئُ رسْمًا بيانيًّا يمثل العلاقةَ بين الزمن، ودرجة الحرارة مستخدمًا برمجيةَ إكسل.

التحليل والاستنتاج:

1. أفسّرُ: أيُّ الحوضين (A) أم (B)سجّلَ أعلى درجة حرارة بعد سَكْب الخَلّ ؟ ولماذا؟
2. أكتُب معادَلةَ تفاعُلِ الخلِّ مع بيكربونات الصوديوم.
3. أصِفُ العلاقة بين غاز ثاني أكسيد الكربون والاحتباس الحراري.

استخدامات الوقود الأحفوري

Fossil Fuels Uses

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

ينتُج عن عمليات احتراق الوقود الأحفوريّ العديدُ من الغازات الضارّة التي تتراكَم في البيئة.

نتاجاتُ التعلُّم:

- أبيّن استخدام الوقود الأحفوري في المواصلات والصناعة وكيف يحدُث الحرق.
- أوضّح من خلال نموذج مبسّط عمليةَ الحرق في السيارات والآلات الصناعية.
- أرسُم بيانيّا تزايُدَ كميات الوقود الأحفوري المستهلَك في السنوات العشر الماضية.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المحرّك الحراري	Heat Engine
شَوط السّحب	Intake Stroke
شَوط الضغط	Compression Stroke
شَوط القدرة	Power Stroke
شَوط العادم	Combustion Stroke
التوربين	Turbine
المولّدُ الكهربائي	Generator

احتراق الوقود الأحفوري Fossil Fuels Burning

يُستخدَمُ الوقودُ الأحفوريُّ في العالم اليوم على نطاق واسع؛ لأنه يطلِق الطاقة المختزَنة فيه بيُسر وسهولة عند احتراقه. ومعظم الطاقة التي نستخدمها تأتي من حرق الوقود الأحفوريّ بأشكاله المختلفة مثل: الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي. والاحتراق هو تفاعلٌ كيميائي يحدُث فيه اتحاد الأكسجين مع عناصر الكربون والهيدروجين. وتتم عمليات الاحتراق في محرّكاتٍ تسمّى المحركاتِ الحراريةَ، فما المحركات الحرارية؟ وكيف تعمل؟

المحرّكات الحرارية Thermal Motors

يُعرفُ المحرّك الحراري Heat Engine بأنه آلة تقوم بتحويل الطاقة الحرارية الناتجة من مصادر الطاقة الطبيعية، مثل الوقود الكيميائي أو النووي أو الطاقة الشمسية، أو غير ذلك إلى طاقة ميكانيكية على نحوٍ مفيد. وتقسَمُ المحرّكات الحرارية إلى محرّكات احتراق داخلي ومحرّكات احتراق خارجي، وتُستخدَمُ محرّكات الاحتراق الداخلي في العديد من المركبات والآليات ومنها السيارات والشاحنات والطائرات والقوارب والدرّاجات النارية وغيرها. بينما توجدُ محرّكات الاحتراق الخارجي في محطّات توليد الطاقة الكهربائية.

تتكوّن محرّكات السيارات من محرّكات احتراقٍ داخليّ، ويتكوّن معظمُها من أربع حُجرات احتراق أو أكثرَ، وتسمّى الحجرة أسطوانةً؛ لأنها أسطوانية الشكل. وكلما زاد عدد حُجرات الاحتراق في محرك الاحتراق

الداخلي زادت قدرتُه. أنظر الشكل (1) الذي يوضّح أجزاء محرّك الاحتراق الداخلي.

الربطُ بالكيمياءِ

ينتُج غازُ ثاني أكسيد الكربون وبخارُ الماء في محرّك الاحتراق الداخلي للسيارات التي تعمل بالبنزين C_6H_6 من خلال المعادلة التالية:

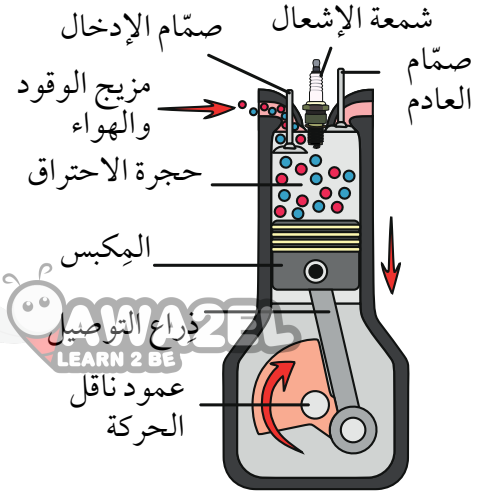
$$2C_6H_6+15O_2 \rightarrow 12CO_2+6H_2O$$

يحوّل محرّك الاحتراق الداخلي في السيارات الطاقة الكيميائية المخزونةَ في الوقود الأحفوري -البنزين- إلى طاقة حرارية في أثناء عملية الاحتراق، التي تُنتِجُ لاحقًا طاقة ميكانيكية تزيد من سرعة السيارة وطاقتها الحركية من خلال دورة رُباعيّة الأشواط، وهي: السّحب، والضّغط، والقدرة، والعادم على النحو الآتي:

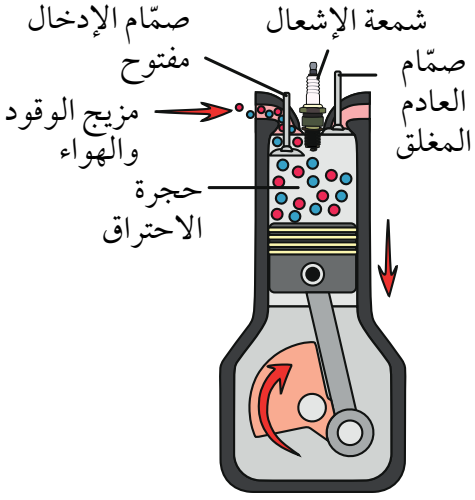
شوطُ السّحب Intake Stroke يبدأ شوطُ السّحب عندما يتحرك المِكبس إلى أسفلَ فيفتَح صمّام الإدخال لسحب مزيج الوقود والهواء إلى داخل حجرةِ الاحتراق، في حينِ يكون صمّام العادم مغلقًا. أنظر الشكل (2).

شوطُ الضغط Compression Stroke يكون صمّام العادم وصمّام الإدخال مغلقَين في هذا الشوط، حيث يبدأ المِكبس في الحركة للأعلى ليضغَط جُسَيماتِ الوقود والهواء مع بعضها بعضا، مكوّنةً مزيجا منها قابِلا للاشتعال. أنظر الشكل (3).

أفكّرُ هل تؤثّر محرّكات السيارات الهجينة (المحركات التي تعمل بالوقود الأحفوري والكهرباء) على البيئة تأثير المحرّكات التقليدية نفسِه التي تعمل بالوقود الأحفوري فقط؟

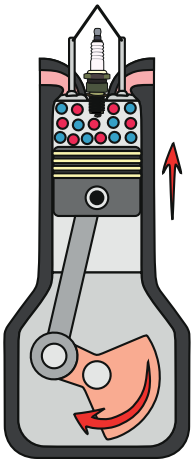


الشكل(1): أجزاء محرّك الاحتراق الداخلي.



الشكل(2): شوطُ السّحب.

صمّام العادم والإدخال مُغلَقان.



الشكل(3): شوطُ الضغط.

شوطُ القدرة Power Stroke حينما يصل المِكبس إلى أعلى ارتفاعٍ له، يكون صمّامُ العادِم وصمّام الإدخال مُغلَقين، فتحدُث شرارةٌ من شمعة الإشعال، فيحترق المزيجُ المتكوّن في شوط الضغط، وينتُج من ذلك تمدّدُ الغازات المحترقة وانتشارُها سريعا، فيندفع المِكبس إلى الأسفل بقوّة شديدة نتيجةً لارتفاع الضغط، ودرجة حرارة الغازات الناتجة عن الاحتراق. أنظر الشكل (4).

أما في محرّكات السيارات التي تعمل بالديزل، فإنّ الوقودَ يشتعل ذاتيا تحت ضغط عالٍ دون شرارة. ومما تقدّم نستنتج أن هذا الشوطَ هو أكثرُ الأشواط فعاليةً في هذه الدورة.

شوطُ العادِم Exhaust Stroke يفتح صمّام العادم عندما يصل المِكبس في حركته إلى الأسفل، في حينِ يبقى صمّام الإدخال مغلَقا، فتندفع الغازات الناتجة من الاحتراق إلى الخارج. وبينما يتحرك المِكبس إلى الأعلى نتيجة لدوران عمود ناقل الحركة يطرُد الغازات المتبقية داخل حجرة الاحتراق. أنظر الشكل (5). وبذلك يكون المِكبس مستعدّا لعمل دورة رباعيّة أخرى جديدة بتتابع منتظَم وهكذا. ومعظم السيارات الحديثة مزوّدةٌ بمحرك احتراق داخلي رُباعيّ الأشواط. وبصورة عامّة فإن المعادلةَ الكيميائية البسيطة للاحتراق الحراري للهيدروكربون في الهواء يمكِن كتابتُها كالتالي:

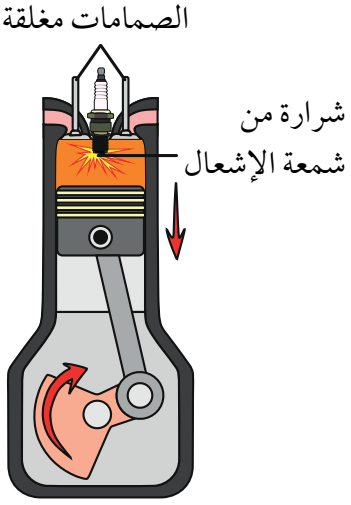
وقود+ هواء ⟵ حرارة+ ثاني أكسيد الكربون+ نيتروجين+ ماء

✓ **أتحقّق:** أوضّحُ خطوات عمل محرّكات الاحتراق الداخلي رباعية الأشواط.

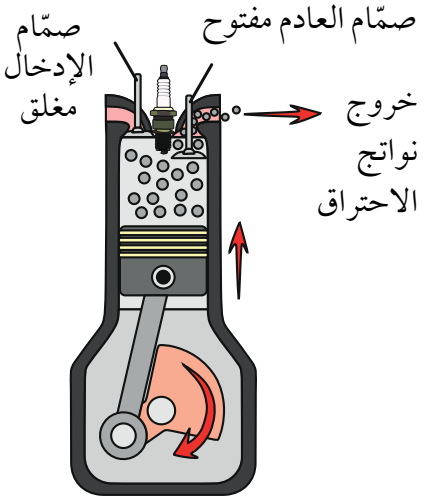
أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفة المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عن أنواع أخرى من المحرّكات وأقارن مبدأ عملِها مع مبدأ عمل محرّكات السيارات ذاتِ الأشواط الأربعة؛ وأصمّمُ عرْضًا تقديميّا وأعرضهُ أمامَ زملائي.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضحُ حركة المكبس داخل أسطوانة محرك الاحتراق الداخلي في سيارات البنزين ذات الأشواط الأربعة، واحرصُ على أنْ يشملَ الفلمُ صورًا توضيحيةً، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصف.



الشكل(4): شوطُ القدرة.



الشكل(5): شوطُ العادِم.

التجربة 1

مبدأ تحوّل الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية

يُعَدُّ مبدأُ تحوّل الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية أحدَ المبادئ التي يعمل بموجَبها محرّك الاحتراق الداخلي في السيارات، حينما تحترق المادة القابلةُ للاشتعال ما ينتُج عنها كميةٌ من الحرارة وبعضُ الغازات.

الموادّ والأدوات:

عيدان ثقابٍ جديدةٌ عدد (5)، أنبوبُ اختبار، سدّادة من الفلّين، حاملُ أنابيب اختبار، فتيلة قطن، مَوقِد بِنْسنَ.

إرشادات السلامة:

- ارتداءُ النظارة الواقية.
- أتعامل مع مصدر الحرارة بحذر.
- الابتعاد عن اتّجاه حركة سدّادة الفلين.

خطوات العمل:

1. أُسقِطُ عيدان الثقاب مُنكَّسَةً على رؤوسها في قاع أنبوب الاختبار.
2. أشعِلُ فتيلة القطن، ثم أسقِطها في قاع أنبوب الاختبار.
3. أُغلِقُ بلطف فوّهَةَ أنبوب الاختبار بسدّادة الفلين.
4. أستخدِم حامل الأنابيب في حمْل أنبوب الاختبار.
5. أعرِضُ قاع أنبوب الاختبار لِلَهَبِ المَوقِد بحيث يكون مُسلّطا على رؤوس أعواد الثقاب في الأنبوب حتى تشتعل.
6. أراقِب ما يحدث داخلَ أنبوب الاختبار.

التحليل والاستنتاج:

1. **أفسّر** حركة الغازات داخل أنبوب الاختبار.
2. **أتوقّع** اتجاه حركة سدّادة الفلين.
3. **أقارِن** بين مبدأ عمل محرّك الاحتراق الداخلي في شَوط القدرة وما حدث في أنبوب الاختبار.

محطات الطاقة الحرارية Thermal Power Stations

تُعَدُّ محطّاتُ الطاقة الحرارية مصدرًا لإنتاج الطاقة الكهربائية التي تستخدِمُ الوقود الأحفوري مصنعًا لتحويل الطاقة الكيميائية الناتجة عن الاحتراق إلى طاقة ميكانيكية، والتي تقوم بتشغيل المولّدات الكهربائية كمحرّك احتراقٍ خارجي، حيث يكون المحرك الرئيسُ فيها هو البخارَ.

تستخدَمُ أنواعُ الوقود الأحفوري في توليد الطاقة الكهربائية ومنها المحطات التي تعمل بالغاز الطبيعي، أو الفحم الحجري، أو مشتقات النفط الأخرى، أو المحطات التي تستخدِمُ أنواعا غيرَ تقليديةٍ من الوقود، ومنها استخدامُ الصخر الزيتي.

ويُعَدُّ الفحمُ الحجريّ أحدَ مصادر هذه الطاقة الذي يستخدَمُ في إنتاج الكهرباء؛ عن طريق نقلِه من أماكن تواجُده عبر حزام ناقل إلى محطّة الطاقة، ومن ثَم يتم تمريره على مِطحنة لطَحنه إلى قِطَع صغيرة قبل حرقِه، بعد ذلك يُرسَلُ الفحمُ المطحون إلى فرن التسخين ويُحرق ليُنتج كميّة هائلة من الطاقة الحرارية التي تُستخدَم في تسخين الماء البارد الذي يتم ضخُّه من مصدرٍ مائي والمتواجد في الأنابيب الفولاذية المارّة خلال جدران فُرن التسخين إلى درجة الغلَيان وتحويله إلى بُخار. ثم ينقل هذا البخار تحت الضغط العالي ودرجة الحرارة المرتفعة بوساطة الأنابيب إلى التوربين Turbine الذي يحوي مجموعةً من شفرات المراوح صُمِّمت بشكل انسيابي يُسمَحُ لها بالحركة دائريّا حول محورها عند اصطدام البُخار بها، وبوساطة هذا التدفّق والضغط العالي من البخار يتم دفعُ شفرات المراوح ما يجعلها تدور فتُدير المحركَ التوربيني، وغالبا ما تكون توربينات البخار ذاتَ محور أفقيٍّ وموصولة بالمولِّد الكهربائي Generator عبر عمود لنقلِ الحركة ما يجعله يدور بنفس سرعة البخار ليقوم بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية. ثم تنقل الطاقة الكهربائية من المولِّد إلى المحوِّل عبر خطوط نقل التيار الكهربائي إلى مناطق الاستهلاك كالمنازل والمصانع.

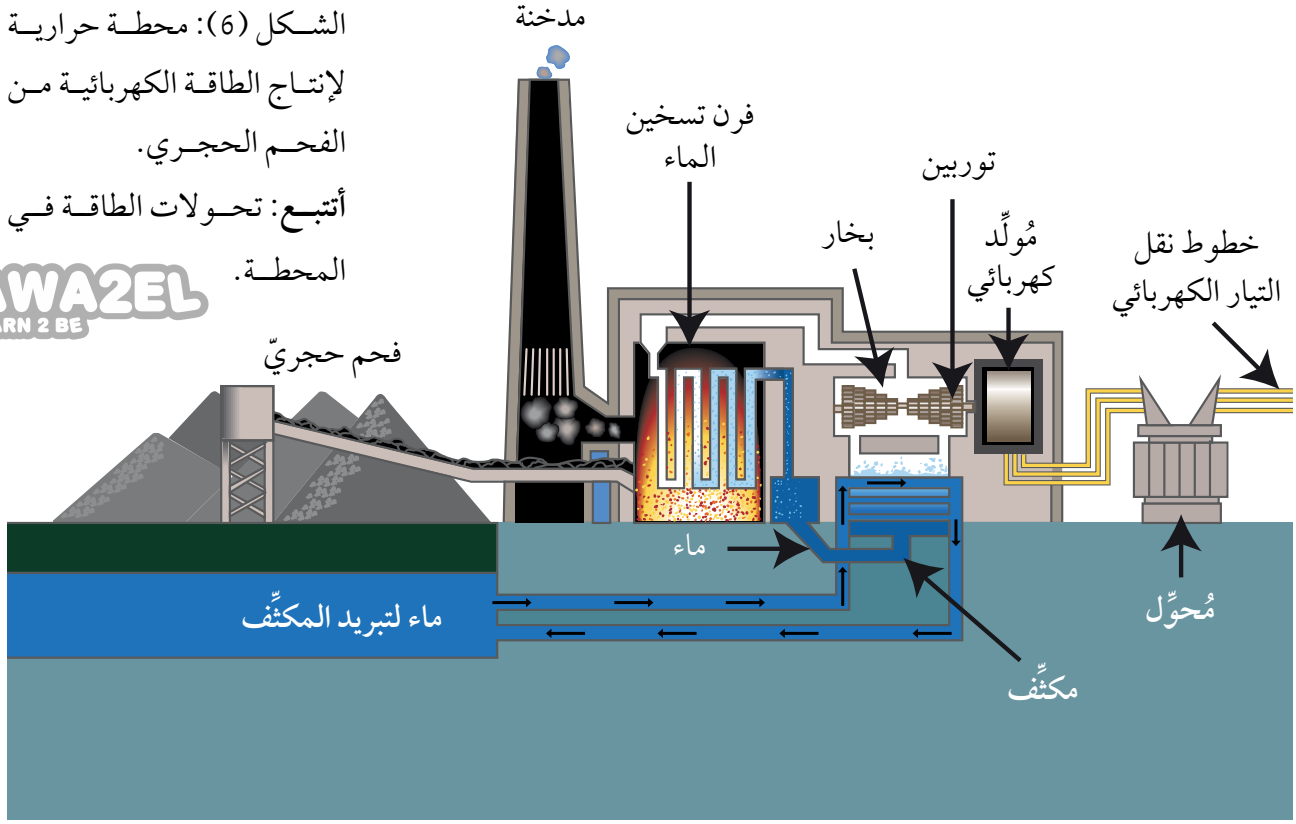
في النهاية بعد أن يخرجَ البخار من التوربين ينتقل إلى المكثِّف حيث يتم خفْضُ درجة حرارته؛ ليتحوّل مرة أخرى إلى ماء، فيُضَخُّ من جديد إلى داخل فرن تسخين الماء ويعادُ استخدامُه من جديد. أنظر الشكل (6) الذي يوضّح محطة حرارية لإنتاج الطاقة الكهربائية من الفحم الحجري.

الربطُ بالكيمياءِ

للطاقة أشكالٌ مختلفة، منها الطاقةُ الكهربائية والحرارية والكيميائية. وتتحوّل الطاقة باستمرار من شكل إلى آخرَ، فمحرّكُ السيارة الذي يعمل بالوقود الأحفوري يحوّل طاقة الوقود الكيميائية إلى طاقة حركة، فضلا عن أن جُزءا من الطاقة الكيميائية يتحول إلى طاقة حرارية تؤدي إلى سخونة المحرك.

أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عن السيارة صديقة البيئة والتي تسير بالطاقة الشمسية؛ وأصممُ عرضًا تقديميًّا وأعرضهُ أمامَ زملائي.



الشكل (6): محطة حرارية لإنتاج الطاقة الكهربائية من الفحم الحجري.
أتتبع: تحولات الطاقة في المحطة.

AWA2EL LEARN 2 BE

الغازات الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري

Gases from the burning of fossil fuels

تُعَدُّ الغازاتُ المنبعثةُ إلى الجوّ، والناتجة عن عوادم السيارات والمصانع، ومولّدات الطاقة وغيرها من فعاليات الأنشطة الصناعية من أخطر الملوثات التي تلوّث الهواء، ومنها أكاسيد الكربون والنيتروجين والكبريت وغيرها من الغازات التي أخذت تتراكم في الجوّ بنسب عالية جدا. وفي ما يلي وصفٌ لهذه الملوّثات وأثرها على البيئة:

- **أكاسيدُ الكربون**: للكربون أكسيدان هما أوّلُ أكسيد الكربون CO؛ فيوجد بكميات قليلة في الهواء، وهو سامّ ويمكن أن يسبِّب الوفاة بسبب تفاعله مع هيموجلوبين الدّم، أما ثاني أكسيد الكربون CO_2 فهو الأكثر شيوعا وهو غير سام وتتسبّب تراكماتُه إلى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري.

أفكّرُ تعد الطاقة الحرارية الأرضية طاقة متجددة، كما أنها لاتسبب تلوثًا للبيئة؛ ما أهم التحديات التي تواجه استغلال هذه الطاقة؟

- **أكاسيدُ النيتروجين**: تلعب هـذه الأكـاسيد مِثلُ أول أكـسيد النيتروجين NO وثاني أكسيد النيتروجين NO_2 وأكسيد النيتروز N_2O دورا رئيسًا في التفاعلات الكيميائية التي تقود إلى تكوين الضباب الدخاني.
- **أكاسيدُ الكبريت**: تنتُجُ هذه الأكاسيدُ من المحطات الحرارية لإنتاج الطاقة الكهربائية، ومحطات تكرير البترول ومصانع الورق، ومن أهمّ أكاسيد الكبريت غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 وغاز ثالث أكسيد الكبريت SO_3 التي تسهِم في تكوين الهطل الحمضي.

✓ **أتحقّق**: أحـدّد مراحل إنتاج الطاقة الكهربائية في المحطات الحرارية من الفحم الحجري.

AMMAEL LEARN 2 BE

نشاطٌ

محطات إنتاج الطاقة الكهربائية

ما مميّزات وتكلفة إنشاء محطات إنتاج الطاقة الكهربائية التي تستخدِمُ (طاقة الوقود الأحفوري، طاقة الماء، طاقة الرياح، طاقة الصخر الزيتي)؟

الموادُّ والأدواتُ: مصادر المعرفة المتوافرة مثل: الكتب، المجلات، محركات البحث عبر شبكة الإنترنت.

إرشادات السلامةِ: توخي الحذر والدقة في التعامل مع مصادر المعرفة المتنوعة.

خطوات العملِ:

1. أوزّع الطلبة إلى أربع مجموعات بحيث تختار كلّ مجموعة محطةً من محطات إنتاج الطاقة الكهربائية.
2. أبحَث باستخدام مصادر المعرفة عن مميّزات، وتكلفة إنشاء محطات إنتاج الطاقة الكهربائية التي تستخدِمُ (طاقة الوقود الأحفوري، طاقة الماء، طاقة الرياح، طاقة الصخر الزيتي).
3. أقوم بعرض النتائج من المعلومات عن المحطات أمام المجموعات.
4. أقارِن بين مميّزات وتكلفة إنشاء كل محطة من محطات إنتاج الطاقة الكهربائية.

التحليل والاستنتاج:

1. **أفسّر**: هل هذه المحطات مفيدة إذا أنشئت في الأردن؟
2. **أتوقّع**: كيف يمكن تحسينُ مميزات كلّ محطة من محطات إنتاج الطاقة الكهربائية وتقليل تكلفتها؟
3. **أستنتج**: في أيّ المناطق من الأردن يمكن إنشاء كل محطة من هذه المحطات؟

استهلاك الوقود الأحفوري Fossil Fuels Consumption

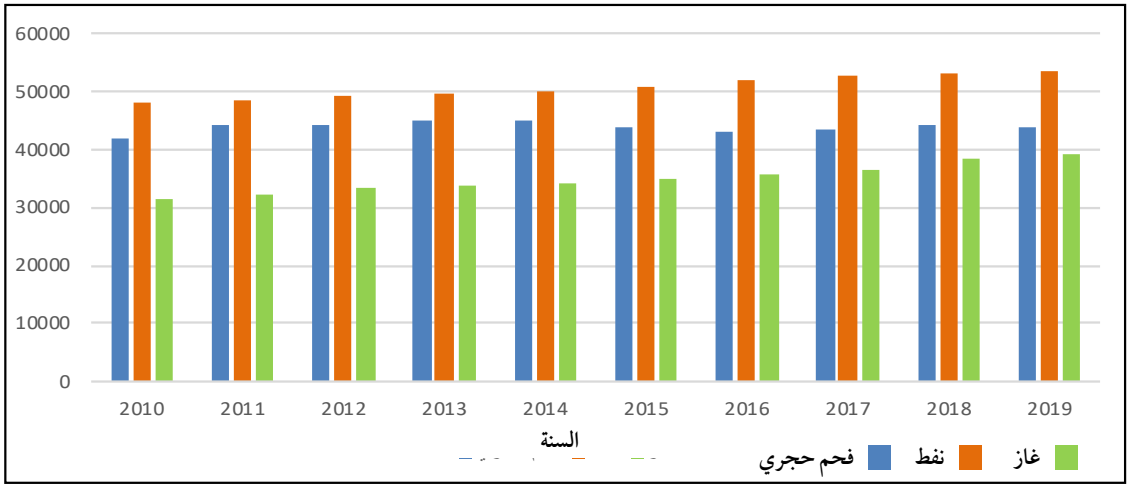
تستخدِمُ معظمُ دول العالم الطاقةَ الناتجةَ من احتراق الوقود الأحفوري على نطاق واسع بسبب سهولة تخزينه، ونقله من مكان إلى آخر، وسهولة تحويله من حالة إلى أخرى، بالإضافة إلى أنه يمكن الحصول على الطاقة المختزَنة فيه بيُسْرٍ وسهولة عند حرقِه، ما يؤدي دورا رئيسا في الاقتصاد العالمي، وفي نظُم الطاقة العالمية.

يُعَدُّ الوقودُ الأحفوري أحدَ مصادر الطاقة غير المتجدّدة، لأن تكوّنه يستغرق ملايين السنين؛ لذلك إذا تم استهلاكه بشكل كبير، فإن علينا أن ننتظر زمنا طويلا حتى يتكوّن من جديد ويعوّض ما تم استهلاكه.

يستخدَمُ النفط في تصنيع الوقود اللازم لتحريك السيارات والحافلات والطائرات والقطارات وغيرها. كما ويستخدَمُ الفحمُ الحجريّ والغازُ الطبيعي بشكل رئيسٍ وقودا في محطات توليد الطاقة الكهربائية. ونظرا للتطور الكبير في الصناعات وبسبب زيادة عدد سكان العالم، فإن الحاجة إلى استهلاك الوقود الأحفوري تزداد يوميا ما يؤدي إلى زيادة الطلب عليه، وزيادة إمكانية نضوبِه، ومع التطور الهائل في الأبحاث التي تسعى لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وإيجاد بدائلَ أخرى له، فإنه سيبقى مصدرا رئيسا للطاقة في كثير من الاستخدامات وخصوصا في قطاع النقل والصناعة، بالرغم من تأثيراته السلبية على البيئة التي بلغت أشدَّها مع نهاية القرن العشرين. أنظر الشكل (7) الذي يوضّح استهلاك الطاقة من الغاز والنفط والفحم الحجري في العالم بوحدة تيراواط ساعة.

الشكل (7): استهلاك الطاقة من الغاز والنفط والفحم الحجري في العالم.

أحدّدُ: ما أعلى استهلاك لمحتوى الطاقة في سنة 2019.



أفكّرُ يُعَدُّ الوقودُ الأحفوريُّ من مواردِ الطاقة القابلة للنفاد، كيف يمكن استدامَة الوقود الأحفوري للأجيال القادمة، وتقليل أثره السلبي على البيئة؟

أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عن مصادرَ بديلةٍ للطاقة التي يمكن أن تحلَّ محلَّ الوقود الأحفوري مستقبَلا؛ وأصمّمُ عرضًا تقديميًّا وأعرضهُ أمامَ زملائي.

أمثل بيانيا باستخدامِ برمجية إكسل Excel كمية استهلاك الطاقة من الغاز والنفط والفحم الحجري عالميّا في السنوات العشر الماضية، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

نشاطٌ

الاستهلاك العالمي للوقود الأحفوري

يُعَدُّ الوقودُ الأحفوريُّ مصدرا من مصادر الطاقة التي حرّكت – وما زالت تحرّك – التطوّرَ الصناعيَّ في العالم، إذ تُعَدُّ نسبةُ مساهمته في الطاقة التي نحتاج إليها في الوقت الحالي كبيرةً جدًّا.

السنة	استهلاك محتوى الطاقة من الوقود الأحفوري (تيراواط ساعة)
2010	121691.136
2011	124939.047
2012	126562.097
2013	128448.117
2014	128962.368
2015	129516.27
2016	130705.831
2017	132512.67
2018	135807.237
2019	136761.607

الموادّ والأدوات: جدولٌ يمثل استهلاكَ محتوى الطاقة من الوقود الأحفوري عالميّا، ورقُ رسمٍ بياني أو برمجية إكسل Excel ، قلمُ رصاصٍ، مِسطرة.

إرشادات السلامةِ: أتوخّى الدقة والحذر عند تمثيل البيانات.

خطوات العملِ:

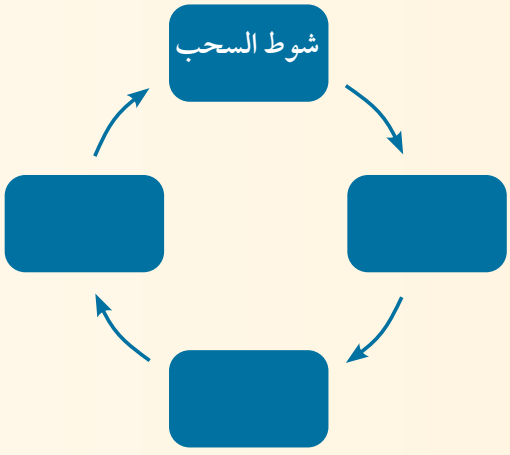
1. أُنشئُ رسمًا بيانيًّا للعلاقةِ بين السنوات (2010–2019) واستهلاك الطاقة من الوقود الأحفوري حيث يمثّل المحورُ الأفقي السنة، والمحورُ العمودي استهلاك محتوى الطاقة مستخدمًا برمجيةَ إكسل(Excel) أو ورق رسم بياني.
2. أمثّل البيانات بدقّة.

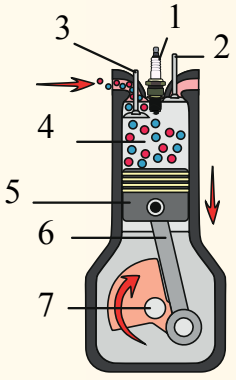
التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد السّنة التي تظهِر قيمةً أعلى وأدنى (أقل) استهلاكا لمحتوى الطاقة من الوقود الأحفوري.
2. **أحسُب:** كم واطّ يستهلِك العالم في سنة (2019) من محتوى الطاقة في الوقود الأحفوري؟
3. **أستنتج** سببَ الزيادة في استهلاك محتوى الطاقة من الوقود الأحفوري.
4. **أتوقّع:** إذا نفِد الوقودُ الأحفوري فكيف يؤثر ذلك في حياتنا؟

مراجعةُ الدرسِ

1. أحدِّدُ تحوُّلات الطاقة في محرّك السيارة؟
2. أبيّن مصدر الطاقة الحرارية في محرك الاحتراق الداخلي.
3. أكمِل المخطّط التالي الذي يوضّح أشواط الاحتراق الداخلي في محرك سيارات البنزين رباعي الأشواط.





4. أذكُر ما تشير إليه الأرقام (1، 2، 3، 4، 5، 6، 7) في الشكل المجاور؛ الذي يمثّل محرّك الاحتراق الداخلي في سيارات البنزين.
5. أحدّد المحرك الرئيسَ في المحطات الحرارية لإنتاج الطاقة الكهربائية التي تستخدِمُ الفحمَ الحجري.
6. أكتبُ قائمة ببعض مصادر الوقود الأحفوري التي تستخدَمُ في محطات توليد الطاقة الكهربائية.
7. أرتّب المراحل الآتيةَ التي توضّح تحولاتِ الطاقة في المحطات الحرارية لإنتاج الطاقة الكهربائية:

طاقة كهربائية خارجة من المولد الكهربائي.

طاقة كيميائية في الوقود الأحفوري.

طاقة حركية في التوربين.

طاقة حركية في البخار.

طاقة حرارية في الماء.

الدرس 2 أثر احتراق الوقود الأحفوري

The Impact of Burning Fossil Fuels

الفكرة الرئيسة:

هنالك العديدُ من الملوّثات الموجودةِ في الغلاف الجويّ الناتجةِ عن بعض العمليات الطبيعية، والنشاطات البشريّةِ تؤثّر سَلْبًا على صحّة الإنسان والنباتاتِ والحيوانات.

نتاجاتُ التعلُّم:

- أستقصي دورَ الغازات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري وبعض آثارها المضرة على الصحة والمناخ ومياه المحيطات.
- أعدّد الغازات الناتجةَ عن عملية احتراق الوقود الأحفوري.
- أفسّر تشكُّلَ الغازات الناتجةِ عن احتراق الوقود الأحفوري مع معادلاتها الكيميائية.
- أذكر أمثلة على تأثير الغازات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري والمضرّة بالإنسان والغلاف الجويّ ومياه المحيطات.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الاحتباس الحراري (تأثير الدفيئة) Greenhouse Effect

غازات الدفيئة Greenhouse Gases

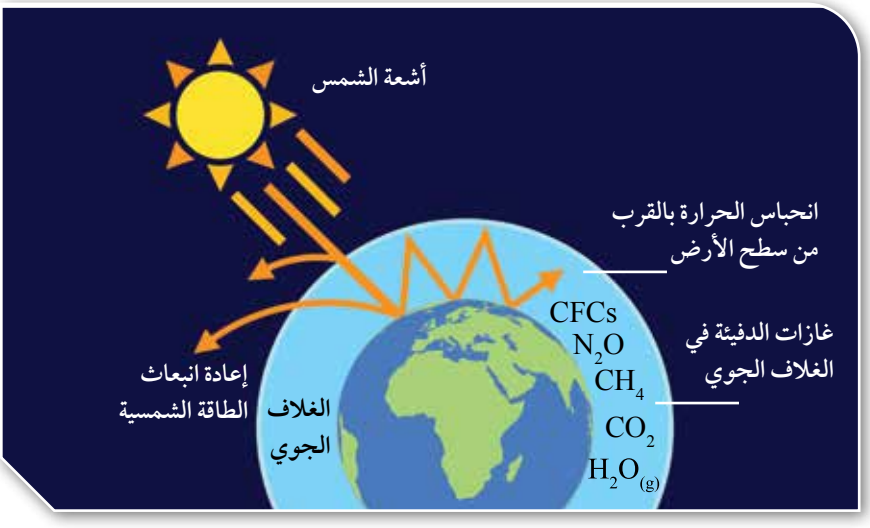
الاحترار العالمي Global Warming

الهطل الحمضي Acid Precipitation

الاحتباسُ الحراريُّ (تأثير الدفيئة) Greenhouse Effect

يحيط بالكرة الأرضية غلاف من الهواء يسمى الغِلافَ الجوي، ويمتد من سطحها إلى ارتفاع يبلغ قرابة 1000Km، يتكون بصورة رئيسة من غازين هما النيتروجين بنسبة 78٪ والأكسجين ونسبتُه تقريبا 21٪. أما النسبة المتبقيّة 1٪ فتتكوّن بشكل رئيس من غاز الآرغون وثاني أكسيد الكربون والنيون والهيليوم والميثان والكربتون وأكسيد النيتروجين والزينون.

وهناك غازاتٌ متغيرة التركيزِ في الغلاف الجويّ تعرف بغازات الدفيئة Greenhouse Gases مثل: بخار الماء $H_2O_{(g)}$، وثاني أكسيد الكربون CO_2، والميثان CH_4، وأكسيد النيتروز N_2O، والكلوروفلوروكربون CFCs، لها القدرةُ على امتصاص الأشعة تحت الحمراءِ طويلة الموجَة المنبعثةِ من سطح الأرض نحو الغلاف الجوي، حيث تؤدي هذه الغازاتُ إلى المحافظة على درجة حرارة سطح الأرض عن طريق التوازن بين الطاقة الشمسيّة الساقطةِ على سطح الأرض، وتلك التي تفقدها إلى الفضاء الخارجي. أنظر الشكل (8) الذي يوضح التوازنَ الإشعاعيّ.



الشكل (8): التوازن الإشعاعي.

وتحدُث ظاهرة تأثير الدفيئة Greenhouses Effect عندما تنتقل أشعّةُ الشمس عبرَ الغلاف الجوي لتصل إلى سطح الأرض على شكل طاقةٍ حرارية، أو أشعة قصيرة الطول الموجيِّ (ضوء مرئي/ ضوء فوق بنفسجي). وفي المتوسط فإن ثلثَ الأشعة الشمسية التي تصل سطحَ الأرض تنعكسُ مرة أخرى إلى الفضاء بوساطة الغلاف الجويّ، بينما تقوم اليابسة والمُسطّحاتُ المائية بامتصاص معظمِ الأشعة الباقية، وبذلك يصبح سطح الأرض دافئا. ثم تشِعُّ اليابسة والمسطّحات المائية الطاقة الحرارية الواصلة إليها مرة أخرى؛ ولكن على شكل موجاتٍ طويلة (الأشعة تحت الحمراء)، عندها تستطيع غازات الدفيئة الموجودة في الغلاف الجوي أن تحتبس جزءًا من تلك الأشعة، وبذلك يسخُنُ الغلاف الجويُّ الأرضي، وترتفع درجة الحرارة. ولولا ذلك لكانت درجة الحرارة على سطح الأرض منخفضةً جدّا، ما يجعل الحياة عليها أمرا مستحيلا. وتشبِهُ هذه العملية إلى حدّ كبير ما يُعرف بظاهرة البيت الزجاجي، أو ظاهرة الدفيئة الزجاجية؛ لأن وظيفة غازات الدفيئة مشابهةٌ لوظيفة جدران البيت الزجاجي وسقفِه، التي تسمح بدخول الطاقة الشمسية، لكنها تمنع خروج الطاقة الحرارية، ما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة داخله نظرا لعدم تسرّب الحرارة إلى خارج الدفيئة.

ولكن وبسبب أنشطة الإنسان المختلفة كاستخدام الوقودِ الأحفوري، أو إزالةِ الغطاء النباتي، أدى ذلك إلى زيادة في مستويات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي ما تسببت في ارتفاع متزايدٍ في درجة حرارة الأرض وحدوث ما يُسمّى الاحتباسَ الحراريَّ.

الاحترار العالميGlobal warming

يُعرَفُ الاحترارُ العالميّ على أنه زيادة تدريجيةٌ في معدّلات درجات الحرارة العالمية، بسبب المستويات المتزايدة من غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن بعض الأنشطة الطبيعية، كالبراكين الصناعية بفعل نشاط الإنسان؛ حيث يؤدي احتراق الوقودِ الأحفوري أو استنزافُ الغطاء النباتي إلى زيادة تركيز غازات الدفيئة، وخاصة غازَ

أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عن تأثيراتِ الاحتباسِ الحراري في الحياة على سطح الأرض؛ وأصمّمُ عرضًا تقديميّا وأعرضهُ أمام زملائي.

الربط بالصحة

ينتُج عن الاحتراق غيرِ الكامل لأكاسيد الكربون غاز أول أكسيد الكربون، الذي له تأثير خطير على صحة الإنسان، حيث يدخل الرئتين خلال عملية التنفس، فيرتبط مع خلايا الدم الحمراء ويمنعها من امتصاص الأكسجين، ما يؤدي إلى ارتخاء العضلات وفقدان الوعي.

أتحقّق: أحدد كيف تحدث عملية الاحتباس الحراري.

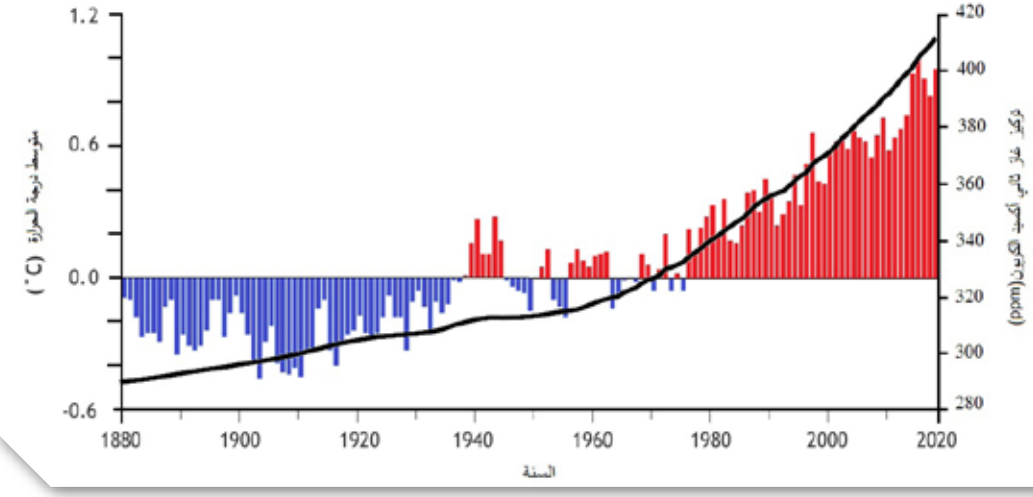
ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض بمرور الزمن، الأمر الذي يؤدي إلى تغير الأنظمة المناخية على سطح الأرض؛ ما ينتُج عن ذلك تباطؤ الحياة النباتية والحيوانية، التي قد تجد نفسَها في نظام مناخيّ مختلِف ربما يكون أكثرَ أو أقلَّ ملاءمةً لها. ونتيجة لذلك، فإن التغيرات المناخية ستؤدي إلى انقراض ملايين الكائنات الحية بحلول العام 2050م. كما يؤدي ارتفاع معدلاتِ درجات الحرارة على سطح الأرض إلى انصهار الجليد في القُطبين الجنوبي والشمالي، والكتل الجليدية الجبلية وتمدد مياه البحار والمحيطات ما تزيد من ارتفاع منسوب المياه فيها، وغمر الجزر والشواطئ والأراضي المنخفضة بالماء، وسيبقى هذا المنسوب في ارتفاعٍ مع زيادة معدلات درجات الحرارة، إذ من المتوقع أن يصل ارتفاع مستوى ماء البحر إلى 30 cm بحلول عام 2030م. لذا؛ يمكن خفضُ درجة حرارة سطح الأرض من خلال اتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليل نسبة غازات الدفيئة في جو الأرض، وفي مقدّمتها غازُ ثاني أكسيد الكربون، الذي قد ينقِذُ العديد من أنواع الكائنات الحية من الهلاك؛ وأيضا رفع كفايةِ محركات وسائل النقل، والحدّ من استنزاف الغطاء النباتي، والاعتماد على مصادر طاقة أقلَّ تلويثا باستخدام الطاقات البديلة، وأن أفضل عملية لامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو هي اللجوءُ إلى التشجير وزراعة غابات جديدة. أنظر الشكل (9) الذي يوضح كيف زادت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بمرور الوقت ومعدلات درجة حرارة جو الأرض.

أفكّرُ يقول الله تبارك وتعالى (ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ) سورة الروم {41}

ناقش هذه الآية في ضوء دراستك لظاهرة الاحتباس الحراري والاحترار العالمي وأثر كل من هاتين الظاهرتين في استقرار الحياة على سطح الأرض.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضحُ ظاهرة الاحتباس الحراري وعلاقتَه بالاحترار العالمي، وأحرصُ على أنْ يشملَ الفيلمُ صورًا توضيحيةً، ثمّ أشاركهُ معلّمي وزملائي في الصف.

أتحقّق: أوضح المقصود بالاحترار العالمي.



الشكل (9): نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بمرور الزمن ومتوسّط تغير درجة الحرارة.

أحدّد: العلاقة بين درجة حرارة الغلاف الجوي، وتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون فيه.

متوسط درجة الحرارة (°C)

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون (ppm)

تكوّن الأوزون قربَ سطح الأرض

Ozone Formation near the Earth's Surface

يتكوّن الأوزون(O_3) من ثلاث ذراتٍ من الأكسجين متّحدةً مع بعضها بعضا، ويوجد بصورة رئيسة على ارتفاع 20km تقريبا ضمن طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي في حالة توازن لحماية الحياة على سطح الأرض؛ حيث يمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية الضارّة بالكائنات الحية، لكن تدخل الإنسان أدى إلى إحداث خلل في هذا التوازن، فأصبح معدّلُ تحلّله يفوق معدل تشكّله طبيعيا.

يعدُّ غازُ الأوزون ملوِّثا خطِرا إذا وُجِدَ قرْبَ سطح الأرض في طبقة التروبوسفير لأنه يضرّ أنسجة النباتات وبعض أجزاء جسم الإنسان الحساسة كالعيون والرئتين. حيث تؤدي الزيادة في استخدام الأسمدة الكيميائية، وما ينتج في عوادم السيارات إلى زيادة تراكيز غازات أكاسيد النيتروجين، خاصة NO_2. وتؤدي هذه الغازات إلى تكوّن الأوزون واستهلاكه وفق التفاعلات الآتية:

$$NO_2 \xrightarrow{U.V} NO+O$$

$$O+O_2 \xrightarrow{U.V} O_3$$

$$O_3+NO \rightleftharpoons O_2+NO_2$$

ويعَدُّ المسؤولُ الأوّلُ عن التآكل الذي أصاب طبقة الأوزون ما سمح للأشعة فوق البنفسجية بالوصول إلى سطح الأرض هو مركّبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) التي تستخدَمُ على نطاق واسع في أجهزة التبريد في الثلاجات، وفي مكيفات الهواء، وخصوصا أجهزة تكييف السيارات. وتمتاز غازات الكلوروفلوروكربون بأنها خاملةٌ فلا تتفاعل مع مكوّنات الغلاف الجوي، ولكنها تصعَد إلى أعلى بفعل تيارات الحمل وصولا إلى الأوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير فتحدِثُ سلسلةً من التفاعلات الكيميائية، والسبب في ذلك قدرةُ الأشعة فوق البنفسجية على تحليلها.

الربطُ بالكيمياءِ

تُعَدُّ مركّباتُ الكلوروفلوروكربون (CFCs) خليطا من عدد من الغازات هي: (CF_3Cl, $CFCl_3$, CF_2Cl_2)

أفكّرُ كيف يمكِن الحدُّ من مشكلة الأوزون في طبقة التروبوسفير.

أبحثُ:

مستعينًا بمصادر المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عن طبيعة مركّبات (CFCs) وكيف تعمل على تآكل طبقة الأوزون؛ وأصمّمُ عرضًا تقديميًّا وأعرضهُ أمام زملائي.

أتحقَّقُ: أبيّن الفرق بين الأوزون الموجود ضِمنَ طبقة الستراتوسفير والأوزون المتكوّن في طبقة التروبوسفير قريبا من سطح الأرض.

التجربة 2

أهمية الاحتباس الحراري

عند دخولك بَيتا زجاجيّا تشعر بتأثير ظاهرة الاحتباس الحراري؛ وذلك لأن الزجاج يحتجز الحرارة المنبعثة من أشعة الشمس، فيسخُن الهواء في الداخل. وبالطريقة نفسِها تحتجز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي الحرارةَ بالقرب من سطح الأرض.

الموادّ والأدوات:

مقياسُ درجة حرارة (ثيرمومتر) عدد (2)، كأس زجاجية سعة 100ml عدد (2)، قنينة مياه شُربٍ بلاستيكية سعة 1L بحيث يكون قطرها أكبرَ قليلا من قُطر الكأس الزجاجية، مصدرٌ ضوئيّ (الشمس)، مِقص.

إرشادات السلامة: الحذَر عند التعامل مع الكؤوس الزجاجية ومقياس درجة الحرارة.

خطواتُ العملِ:

1. أضع في كلّ كأس زجاجية مقياسَ درجة الحرارة.
2. أضع الكأسين الزجاجيّتين بجانب بعضهما في منطقة تسقط عليهما أشعة الشمس بشكل مباشر.
3. أنتظر لمدة نصف ساعة؛ ثم أقرأ درجة حرارة كل مقياس وأسجلها.
4. أستخدم المِقصّ لقطع الجزء السفلي من قنينة مياه الشرب البلاستيكية.
5. أقفِل بإحكام فوَّهَةَ قنينة مياه الشّرب البلاستيكية بوساطة غطاء.
6. أضع قنينة مياه الشّرب البلاستيكية حول أحِد الكؤوس الزجاجية، بحيث تحيط به من جميع الجوانب.
7. أنتظر لمدة نصف ساعة أخرى، مع بقاء الكأسين الزجاجيّتين في منطقة تسقط فيها أشعة الشمس بشكل مباشر.
8. أقرأ درجة حرارة كلّ مقياس وأسجلها.
9. أحسُب الفرق بين درجة الحرارة في كل من الكأسين الزجاجيّتين.

التحليل والاستنتاج:

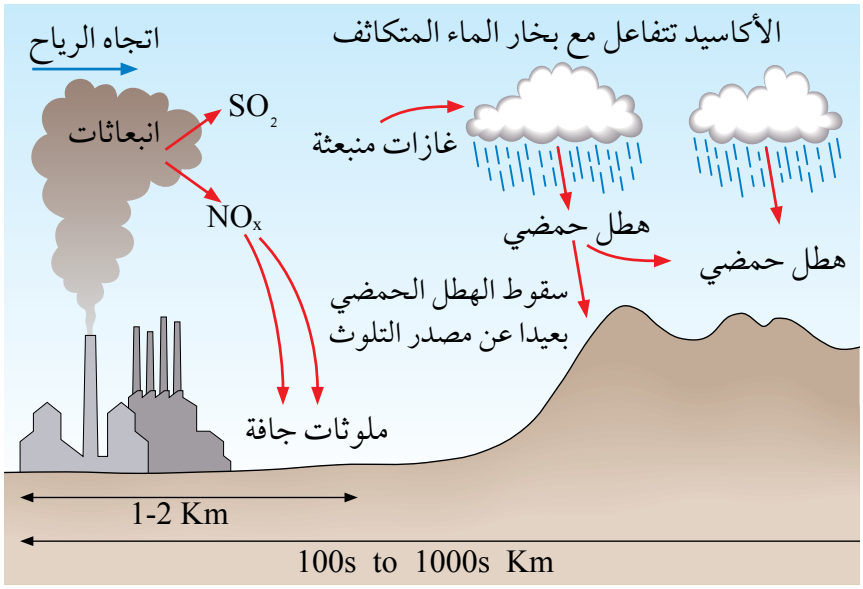
1. **أفسّر** سبب ارتفاع درجة حرارة الكأس المغطّاةَ بقنينة مياه الشرب البلاستيكية.
2. **أقارِن** بين قنينة مياه الشّرب البلاستيكية التي تمثّل نموذجا للاحتباس الحراري على الأرض، وظاهرة البيت الزجاجي.

الربطُ بالكيمياءِ

تم تطوير أنظمة التخلص من عوادم السيارات بوضع مواد كيميائية داخل عادم السيارة، والتي تساعد على تحويل بعض الأكاسيد الناتجة من العادم إلى موادَّ أقلَّ ضررًا على البيئة، بحيث يتم تحويل NO_2 إلى N_2 و CO، إلى CO_2 إلى O_2

الهطل الحمضي Acid Precipitation

عندما يحرَقُ الوقودُ الأحفوريّ المستعمَل في وسائط النقل، وفي محطات إنتاج الطاقة الكهربائية والمصانع؛ يطلِقُ في الغلاف الجوي ثانيَ أكسيد الكبريت SO_2 وأكاسيدَ النيتروجين NO_X، حيث تتفاعل هذه الأكاسيدُ مع بُخار الماء المتكاثف في الغلاف الجوي ما يؤدي إلى تشكيل رذاذٍ حمضِيٍّ يسقط على هيئة هطْلٍ من حِمْض الكبريتيك H_2SO_4، وحِمْضِ النيتريك HNO_3، وأحيانا ما يسقط الهطْل الحِمضِيّ بعيدا عن مصدر التلوّث بفعل الرياح السائدة في تلك المنطقة. أنظر



الشكل (10): رسم توضيحي لعملية تكون الهطل الحمضي.

الشكل (10) الذي يوضّح رسما توضيحيّا لعملية تكوّن الهطْل الحِمضِيّ.

وعند الهطول تتفاعل المياه الحامضِية مع كلّ شيء تتلامس معه من تربة وماء ونبات وصخور، وتترك آثارًا مدمّرة على التوازن الطبيعي بسبب حموضة هذه المياه، وخاصة عند تدفّقها إلى المسطّحات المائية ما يؤدي إلى موت أعداد كبيرة من النباتات المائية والأسماك، فأغلبُ بيوضِ الأسماك لا تفقسُ، ونتيجة ذلك يحدث انخفاض في أعداد الأسماك، وفقدان بعض الأنواع، وبالتالي الحد من التنوع البيولوجي، كما ويعمل الهطْلُ الحمضِيّ على تآكل الصخور والمنشآت. أنظر الشكل (11) الذي يوضح أثر الهطْل الحمضِيّ على الصخور.

ويمكن توضيح كيفية تكوّن الهطْلِ الحمضِيّ من خلال التفاعلات الكيميائية التالية:

تكوُّنُ الهَطْلِ الحمضِيّ بفعل ثاني أكسيد النيتروجين.

$$3NO_2+H_2O\rightarrow 2HNO_3+NO$$

تكوُّنُ الهَطْلِ الحمضِيّ بفعل ثاني أكسيد الكبريت.

$$S+O_2\rightarrow SO_2$$

$$SO_2+H_2O\rightarrow H_2SO_3$$

$$O_2+2H_2SO_3\rightarrow 2H_2SO_4$$

✓ **أتحقّق:** أوضّح كيف يتكون الهطل الحمضي.

أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفة المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عن أفضل وسيلةٍ لتخفيض تأثيرات الهطْلِ الحِمضِيّ في النظم البيئية المختلفة؛ وأصمّمُ عرضًا تقديميًّا وأعرضهُ أمام زملائي.

أفكّرُ لماذا يتكون الهطل الحمضي من أكاسيد الكبريت والنيتروجين وليس الكربون مع أن أكثر الأكاسيد في الجو هو ثاني أكسيد الكربون؟

الشكل (11): أثرُ الهطْلِ الحمضِيّ على الصخور.



أصمّمُ باستخدامِ برنامجِ السكراتش (Scratch) عرضًا يبيّنُ ظاهرة الهطْلِ الحمضِيّ، ثمَّ أشاركهُ معلّمي وزملائي في الصفِّ.

التجربة 3

محاكاة الهطل الحمضي

تعَدُّ ظاهرةُ الهطْلِ الحمضِـيّ قضيـة بيئيـة رئيسـة، تحدُث عندمـا يتلـوّث الجوُّ بغازات الأكاسـيد مثل أكاسـيد الكربون والنيتروجيـن والكبريـت التـي تنطلق من مصـادرَ صناعيةٍ أو أنشـطةٍ بشَرية.

الموادّ والأدوات:

قِطـع صخريّـة صغيرة الحجم متسـاوية تقريبا مثل(الرخام، الحجـر الجيـري، الحجر الرملـي، البازلت)، ميزان رقمي، قفـازات وقائيـة، كأس زجاجيـة سـعة 500ml عدد (3)، خـل CH_3COOH (يمثـل الأحمـاض المؤثـرة فـي الهطْلِ الحمضِـيّ).

إرشاداتُ السلامةِ:

- ارتداء القفازات الوقائية.
- الحـذرُ عنـد وضع القطـع الصخرية داخـل الكؤوس الزجاجيـة.

خطوات العملِ:

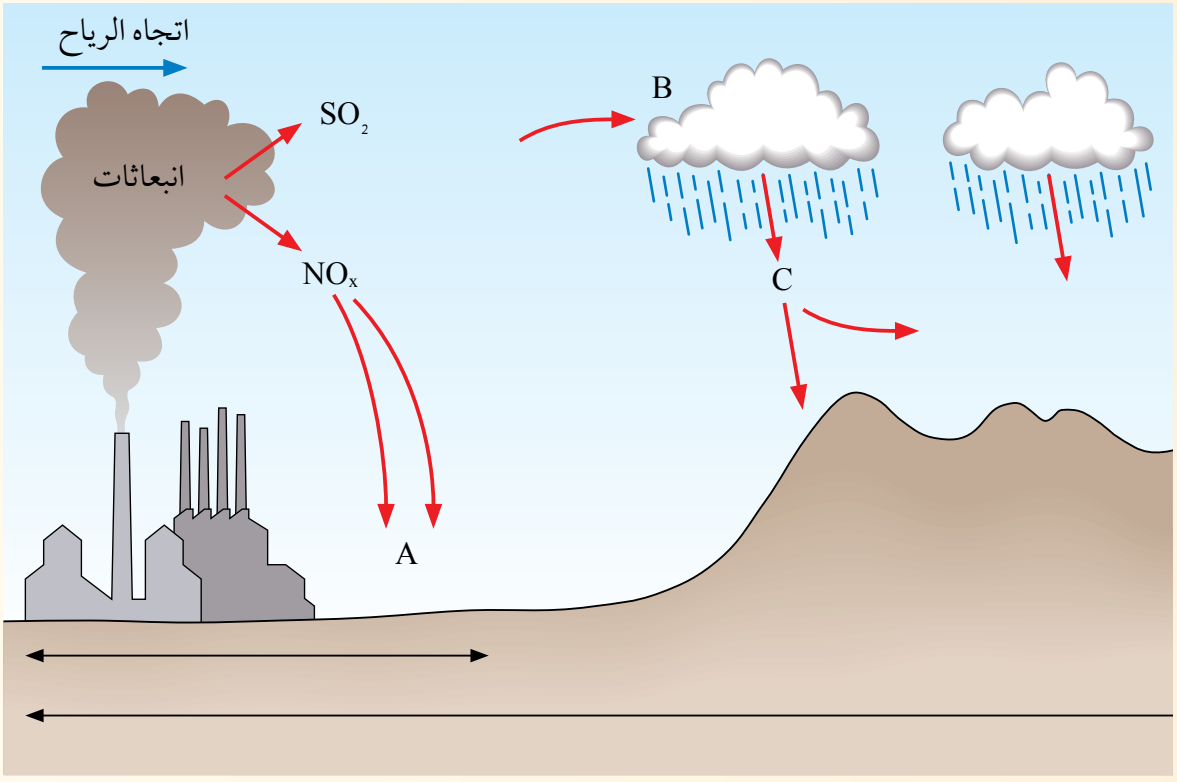
1. أسـتخدمُ الميـزان لإيجـاد كتلـة كل قطعـة صخريـة، وأسـجل البيانـات فـي جـدول.
2. أضَع كلَّ قطعة صخرية في كأس زجاجية منفصلة.
3. أسكبُ الخـلَّ فوق كلّ قطعـة صخريـة فـي الـكأس الزجاجيـة، وأنتظـر لمـدة يومين.
4. أفـرِغُ الـكأسَ الزجاجية من الخـلّ، وأنتظر أن تجفّ القطـع الصخريـة لمـدة يـوم آخرَ.
5. أسـتخدِم الميـزان مـرة أخرى لإيجاد كتلـة كلِّ قطعة صخريـة، وأسـجّل البيانـاتِ فـي جـدول.
6. أحسُـب مقدارَ الكتلة التي فقدتْها كلُّ قطعة صخرية، وأسـجّل البيانـات في جدول.
7. أحسُـب متوسّـطَ مقدار الكتلـة التي فقدتْهـا كلُّ قطعة صخريـة، وأسـجّل البيانـات فـي جـدول.

التحليل والاستنتاج:

1. **أحـدّد:** أيُّ الصخـور (الرخـام، الحجـر الجيـري، الحجـر الرملـي، البازلـت)، هـو الأفضـلُ لمقاومـة الهطْـلِ الحمضِـيّ؟
2. **أستنتج** أثر الهطْلِ الحمضِيّ على الصخور.

مراجعةُ الدرسِ

1. أميّز بين الاحتباس الحراري والاحترار العالمي.
2. أبيّن ما تدل عليه الأحرف (A,B,C) في أثناء تكوّن الهطْل الحمضِيّ في الشكل التالي:



3. أتتبّع كيف يتكوّن الهطْلُ الحمضِيّ بفعل ثاني أكسيد الكبريت من خلال كتابة ثلاث معادلات كيميائية.
4. أفسّر سبب اختلاف تركيز ثاني أكسيد الكربون فوق المناطق الصناعية والمدن عنه في المناطق الريفية.
5. أحدّد مصادر الغازات التي تكوّن الهطْلَ الحمضِيّ.
6. أوضّح المقصود بظاهرة البيت الزجاجي.
7. أحدّد العلاقة بين درجة حرارة الجوّ وتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون فيه.
8. أقترحُ ماذا يمكِن أن نفعل من أجل التخفيف من ظاهرة الاحترار العالمي؟

الضّباب الدخانيّ Smog

جاءت تسميةُ الضّباب الدخانيّ، أو ما يعرَفُ (بالضّبخن) Smog من دمج كلمتَي دخان Smoke وضباب Fog، ويعَدُّ الضبابُ الدخانيُّ شكلًا من أشكال ملوّثات الهواء الناتجة من أنشطة الإنسان في المناطق الصناعية الكبيرة المكتظّة بالسكان، والتي يكون فيها الهواء ساكنا، وينشأ عندما يتفاعل ضوءُ الشمس مع الملوّثات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري؛ ما يؤدي إلى تركيز هذه الملوّثات في الهواء على هيئة غيمة تتكوّن من مجموعة من الغازات والقُطَيرات العالقة مع دقائق صُلبة، تلفُّ جوَّ المدينة وتسمّى الضّبخن.

و نميز عادة بين نوعين من الضباب الدخاني حسْبَ الفصل من السنة، وتبعاً للغازات الملوّثة، فالضباب الدخاني الذي يحدث في فصل الشتاء نتيجة احتراق النفط، أو الفحم الحجري في محطات توليد الكهرباء، ينتج تراكيز عالية من أكاسيد الكبريت والهيدروكربونات، مكوِّنة ما يسمّى الضبخن الكبريتي (Sulfurouse smog). أما النوعُ الآخر فيحدُثُ في فصل الصيف من جرّاء تركيز الملوثات مثل($PANs,O_3,HNO_3,NO_2,HC,NO,CO$)؛ إضافة إلى وجود الأشعة الشمسية، خصوصا الأشعة فوق البنفسجية؛ ويسمى هذا النّوعُ الضّبخَنَ الكيميائي الضوئي (Photo chemical smog).

الكتابةُ في الجيولوجيا

أستخدمُ مصادرَ البحثِ المختلفةَ للحصولِ على معلوماتٍ تبيِّن كيف يمكِن التقليلُ من تشكّل الضباب الدخانيّ في الغلاف الجوي، ثمَّ أكتبُ مقالةً حول ذلك.

السؤال الأوّل:

أضعُ دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. أيُّ من أشواط الاحتراق الداخلي في محرّك سيارات البنزين هو الأكثرُ فاعليةً:
   أ- شَوط السّحب.
   ب- شَوط الضّغط.
   ج- شَوط القدرة.
   د- شَوط العادم.
2. أكثرُ غازات الدفيئة التي تساعد على ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض هو:
   أ- ثاني أكسيد الكربون.
   ب- ثاني أكسيد الكبريت.
   ج- بخار الماء.
   د- الميثان.
3. أيُّ الغازات الآتية يسبّب تكوّنَ الهطْلِ الحمضِيّ:
   أ- ثاني أكسيد النيتروجين.
   ب- أوّل أكسيد الكربون.
   ج- بُخار الماء.
   د- الميثان.
4. أيٌّ من العبارات الآتية صحيحة؛ لو لم تكن هناك ظاهرة الاحتباس الحراري:
   أ- تكون درجة حرارة الأرض متساويةً.
   ب- ترتفع درجة حرارة سطح الأرض.
   ج- تنخفض درجة حرارة سطح الأرض.
   د- ينصهر الغِطاء الجليديّ في القطبين.
5. تكمُن الفائدة الحقيقية لآلةِ الاحتراق الداخلي في السيارات بقُدرتها على تحويل الطاقة:
   أ- الميكانيكية إلى كيميائية.
   ب- الحرارية إلى ميكانيكية.
   ج- الميكانيكية إلى حرارية.
   د- الكيميائية إلى كهربائية.
6. يحوّل المولِّدُ الكهربائيّ الطاقة الحركية إلى:
   أ- طاقة كهربائية.
   ب- طاقة ميكانيكية.
   ج- طاقة حرارية.
   د- طاقة كيميائية.
7. الشّوطُ الذي يتمّ به دفْعُ المِكبسِ إلى أسفلَ بقوّة شديدة من محرّك الاحتراق الداخلي في سيارات البنزين هو:
   أ- شَوط السحب.
   ب- شَوط الضغط.
   ج- شَوط القدرة.
   د- شَوط العادم.

السؤال الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ منَ المصطلحاتِ:

أ- معظمُ الطاقة التي نستخدِمها تأتي من أشكال الوقود الأحفوريّ مثل: .....، ..... ،.....

ب- هناك غازات متغيرة التركيز في الغلاف الجوي تعرف بغازات.....

ج- تفاعُلٌ كيميائيٌّ يحدث فيه اتّحاد الأكسجين مع عناصر الكربون والهيدروجين هو: .....

د- تُعرَفُ الزيادةُ التدريجيةُ في معدّلات درجات الحرارة العالمية الناجمة عن النشاطات الطبيعية والإنسانية بـــ.....

السؤال الثالث:

أفسّرُ كلّا مما يأتي تفسيرا علميّا دقيقا:

أ- يساهم الهطْلُ الحمضِيُّ في تآكل الصخور والمنشآت.

ب- عند دخولك بيتا زجاجيّا تشعر بتأثير ظاهرة الاحتباس الحراري.

السؤال الرابع:

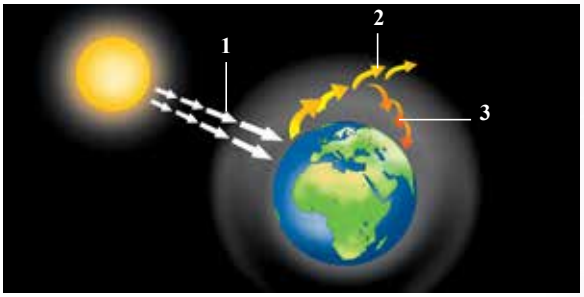
أوضّح العلاقة بين كلّ مصطلحين مما يأتي:

أ- الاحتباس الحراري - الوقود الأحفوري.

ب- الهطل الحمضي – الوقود الأحفوري.

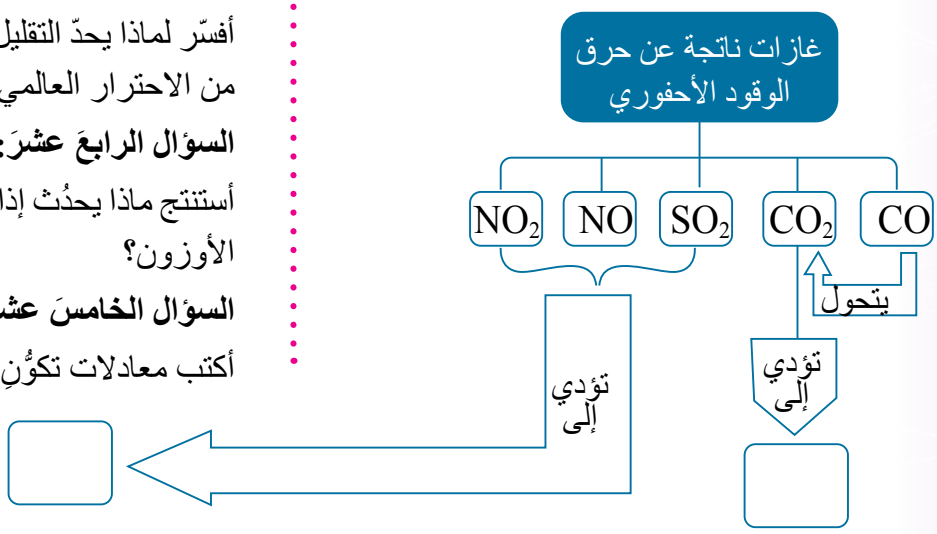
السؤال الخامس:

أتتبّع ما تشيرُ إليه الأرقام (1، 2، 3) في الشكل الآتي الذي يوضّح ظاهرة الاحتباس الحراريّ.



السؤال السادس:

أكمِلُ الخارطة المفاهيميّة التالية التي توضّح غازاتٍ ناتجةً عن حرقِ الوقود الأحفوريّ والظواهر الناتجة عنها.



السؤال السابع:

أوضّح ظاهرة الاحترار العالمي مبيّنا أهمَّ العوامل المسبِّبة لها، وما أبرزُ آثارها على المخلوقات الحيّة؛ ثم أقترح طرُقًا لمعالجتها والحدّ منها.

السؤال الثامن:

أفسّر: يعَدُّ غازُ الأوزون ملوّثا خطِرًا إذا وجِدَ قُربَ سطح الأرض في طبقة التروبوسفير.

السؤال التاسع:

أذكر كيف يمكن الحدّ من انصهار مستودعات الجليد التي تهدّد العالم بالغرق بسبب ارتفاع درجات الحرارة المتزايد، والذي يرتبط بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي؟

السؤال العاشر:

أستنتج لماذا تنتِج الغازاتُ نفسَها في أثناء حرق الوقود الأحفوري؟

السؤال الحادي عشرَ:

أبيّن أفضلَ عملية لامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي.

السؤال الثاني عشرَ:

أوضّح لماذا تعَدُّ ظاهرةُ الاحتباس الحراريّ ضرورية للحياة؟

السؤال الثالثَ عشرَ:

أفسّر لماذا يحدّ التقليل من استخدام الوقود الأحفوري من الاحترار العالمي؟

السؤال الرابعَ عشرَ:

أستنتج ماذا يحدُث إذا استمرت عمليةُ استنزاف طبقة الأوزون؟

السؤال الخامسَ عشرَ:

أكتب معادلات تكوُّنِ الأوزون واستهلاكه.

(أ)

احتباسٌ حراريّ Greenhouse Effect: ظاهرة طبيعية يحبس فيها الغلاف الجوي بعضا من طاقة الشمس بوساطة مجموعة من الغازات تعرَفُ بغازات الدفيئة لتسخين الكرة الأرضية والحفاظ على اعتدال مناخها.

احترارُ عالميّ Global Warming: زيادة تدريجيــة في معــدّلات درجات الحرارة العالمية الناجمة عن النشاطات الطبيعية والإنسانية.

أسفَلت Asphalt: أحــدُ أنواع الوقــود الأحفــوري غير التقليدية، وهو بقـايا موادَّ هيدروكربونية عالية اللزوجة، تكون في الحالة شِبهِ السائلة إلى الحالة الصُّلبة، ولونُه ما بين البنّي إلى الأسود يسمى أيضًا البتيومينBitumen.

أنيمومتر Anemometer: جهاز يستخدَم لقياس سرعة الرياح، ويتكون من ثلاثة أو أربعة أنصاف كرات فلزية مجوّفة، مثبتة على قضيب فلزي ينتهي بعدّاد.

(ب)

بارومتر زئبقي Mercury Barometer: جهــاز يستخــدَم في قياس الضغط الجوي، يتكوّن من أنبوب زجاجي مغلَق من أحدِ طرفيه، مفرغ من الهواء طوله تقريبا متر، يقلب في مستودع فيه زئبق.

بارومتر فلزي Metal Barometer: جهاز يستخدَم في قياس الضغط الجوي يتكون من أسطوانة فلزية مفرغة من الهواء مرنة الجدران، تتأثر جدرانُها بتغيرات الضغط الجوي.

بالونات الطقسWeather Balloons: بالونات ترتفع 30km تقريبًا عن سطح الأرض، حاملةً معها مجموعة من المعدّات الإلكترونية لقياس عناصر الطقس المختلفة كدرجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية، والضغط الجوي، ويرتبط بها جهاز إرسال لاسلكي يبثّ المعلومات المتعلقة بعناصر الطقس إلى محطات الأرصاد الجوية.

(ت)

تنبؤ جويّ Weather Prediction: معرفة حالة الطقس المتوقَّعة لمنطقة معيّنة لعدة أيام من خلال جمع البيانات وتحليلها، باستخدام التقنيات التكنولوجية والعلمية الحديثة.

توربين Turbine: مجموعةٌ من شفرات المراوح صُمِّمت بشكل انسيابي يسمح لها بالحركة دائريّا حول محورها عند اصطدام سائل أو غاز بها، ما يجعلها تقوم بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية.

(ث)

ثيرموغراف Thermograph: جهاز يستخدَم لقياس درجة الحرارة في أثناء(24) ساعة، يعطينا تصوّرا عن التغير اليومي في درجة الحرارة على شكل رسم بياني.

(ج)

جبهة ثابتة Stationary Front: أحدُ أنواع الجبهات الهوائية التي تتشكّل بين كتلتين هوائيتين مختلفتين في الخصائص، لكنها لا تتحرك باتجاه بعضها بعضا، ويطلَقُ عليها الجبهةُ الهوائية المستقرة.

جبهة مقفَلة Occluded Front: أحدُ أنواع الجبهات الهوائية التي تتشكّل بين ثلاث كتل هوائية متباينة الخصائص متلاحقة وراء بعضها بعضا، إحداها باردة، والأخرى باردة جدّا مع وجود كتلة هوائية دافئة بينهما، ويطلق عليها الجبهةُ المتحدة أو المندمجة.

جبهة مقفلة باردة Cold occluded Front: أحدُ أنواع الجبهات الهوائية المقفلة، التي تتشكّل عند وجود كتلة هوائية دافئة محصورة بين كتلتين هوائيتين باردتين، الأمامية باردة والخلفية باردة جدّا.

جبهة مقفلة دافئة Warm occluded Front: أحدُ أنواع الجبهات الهوائية المقفلة التي تتشكّل بوجود كتلة هوائية دافئة محصورة بين كتلتين هوائيتين الأمامية شديدة البرودة والخلفية باردة.

(ر)

رمال القار Tar Sands: هي صخور رملية تحتوي بداخلها على موادَّ هيدروكربونية ثقيلة (الأسفلت) ويُطلق عليها أيضًا الرمالُ النفطية.

ريشة الرياح Wind Vane: جهاز يُستَخدَمُ لمعرفة اتجاه الرياح، يتكوّن من عمود فلزي أفقي مثبت في أحد طرفيه سهم يشير إلى اتجاه الرياح، ومثبت في الطرف الآخر صفيحة فلزية.

(ش)

شوط السحب Intake Stroke : يفتح صمّام الإدخال عندما يتحرك المِكبس إلى أسفلَ داخل الاسطوانة لسحب مزيج الوقود والهواء إلى داخل حجرة الاحتراق.

شوط الضغط Compression Stroke: يغلق صمّام الإدخال عندما يتحرك المِكبس إلى أعلى ليضغط مزيج الوقود والهواء.

شوط العادم Combustion Stroke: يفتح صمام العادم عندما يصل المكبس في حركته إلى الأسفل، في حين يبقى صمام الإدخال مغلقا، فتندفع الغازات الناتجة من الاحتراق إلى خارج الاسطوانة.

شوط القدرة power Stroke: تحدُث شرارة من شمعة الإشعال فيحترق مزيجٌ الوقود والهواء، وينتج من ذلك تمدُّد الغازات المحترِقة وانتشارُها سريعا، فيندفع المِكبس إلى الأسفل بقوّة شديدة نتيجة لارتفاع الضغط ودرجة حرارة الغازات الناتجة عن الاحتراق.

(ص)

صخور خازنة Reservoir Rocks: صخور ذاتُ نفاذية عالية يهاجِر إليها النفط والغاز الطبيعي من مكان تشكُّلِهما في صخور المصدر ويتراكم فيها.

صخر زيتي Oil Shale: هو أحدُ صخور المصدر التي لم تُدْفَنْ بعمق كافٍ لتنضج، وتتكون غالبًا من صخر الغَضار الذي يحتوي على كمية كبيرة من مادة الكيروجين العضوية.

صخر المصدر Source Rock: صخور تحتوي على كميات كافية من المواد العضوية، والتي يمكن أن يتولّد ويتحرّر منها ما يكفي من المواد الهيدروكربونية لتكوين تراكُمٍ اقتصادي من النفط أو الغاز الطبيعي.

(غ)

غازات الدفيئة Greenhouse Gases: غازات متغيرةُ التركيز في الغلاف الجوي مثل: بخار الماء ، وثاني أكسيد الكربون CO_2، والميثان CH_4، وأكسيد النيتروز N_2O، والكلوروفلوروكربون CFCs.

غاز طبيعي Natural Gas: هو الحالة الغازية من البترول، يسمّى أيضًا الغازَ الأحفوريّ. وهو غاز عديمُ اللّون والرائحة يتكون بشكل أساسي من الميثان (CH_4)، وكميات أقلّ من الإيثان(C_2H_6) والبروبان(C_3H_8).

(ف)

فحم حجريّ Coal: أحدُ أنواع الوقود الأحفوري، يتكون من بقايا الأشجار والسّرخسيات والنباتات الأخرى التي عاشت في العصر الكربوني منذ حوالي 358 مليون سنة.

(ك)

كشك الرّصد الجوي Weather Instrument Shelter: صندوق خشبي لونُه أبيضُ، يحوي فتحاتٍ جانبيةً مائلة، ويوضع على ارتفاع 1.25m-2m تقريبًا عن سطح الأرض، بعيدا عن الأبنية والمنشآت العمرانية، في اتجاه الرياح ، يوجد بداخله أدوات خاصة للتنبؤ في حالة الطقس.

كيروجين Kerogen: مادة عضوية صلبة تتراكم في صخور المصدر ويتولد منها الوقود الأحفوري.

(م)

محرّك حراري Heat Engine: آلة تقوم بتحويل الطاقة الحرارية الناتجة من مصادر الطاقة الطبيعية، مثل الوقود الكيميائي أو النووي أو الطاقة الشمسية، أو غير ذلك إلى طاقة ميكانيكية على نحوٍ مفيد.

مخروط الرياح Wind cone: كيسٌ من القماش مخروطيُّ الشكل مفتوحٌ من طرفيه، تشير الفتحة الواسعة فيه إلى اتجاه الرياح.

مِصيدة Traps: تركيب جيولوجيّ يتكون من الصخور الخازنة وصخر الغطاء يحتجز فيها النفط والغاز الطبيعي، ومن أنواعها المصائد التركيبية والمصائد الاختراقية والمصائد الطبقية والمصائد المركّبة.

مقياسُ درجة الحرارة الجافّ Dry Bulb Thermometer: مقياس حرارة زئبقيٌّ يتكوّن من أنبوب زجاجي ضيق، ينتهي بمستودَع (خزان) مليء بالزئبق ذي شكل دائري أو اسطواني.

مقياس درجة الحرارة الرّطبُ Wet Bulb Thermometer: مقياس حرارة جافّ غطّي مستودعه المملوء بالزئبق بإحكام بقطعة من القماش المبلّلة، بحيث يكون طرفها مغموسًا دائما بوِعاء صغير مملوء بالماء.

مقياس درجة الحرارة العظمى Maximum Thermometer: هو مقياس حرارة زئبقيّ، يتصف بوجود اختناق في الأنبوب الزجاجي -أسفل التدريج قريبا من مستودع الزئبق، يستخدَم لقياس درجة الحرارة العظمى(أعلى درجة حرارة) في اليوم.

مقياس درجة الحرارة الصغرى Minimum Thermometer: هو مقياس كحوليٌّ يستخدَم فيه الكحول الإيثيلي بدَلًا من الزئبق، يشبه مقياس درجة الحرارة الزئبقي الجاف إلا أن أنبوبه أكثر اتساعًا، يستخدم لقياس درجة الحرارة الصغرى(أقل درجة حرارة) في اليوم.

مَمالٌ حراري Geothermal Gradient: معدّل التغير في درجة الحرارة بزيادة العمق، ويقدرها العلماء ما بين 25–30 °C/km، وهي متغيرة من منطقة إلى أخرى اعتمادًا على الظروف الجيولوجية والطبوغرافية.

منخفَض جويّ جبهيّ Front Depression: منخفض جوي سبّبته الجبهات الهوائية يتشكّل عند وجود كتلتين هوائيتين، واحدة منهما باردة والأخرى دافئة، ويكون الفرق واضحا في خصائص هذه الكتل التي تلتقي مع بعضها بسبب حركتها المتعاكسة ومن أمثلته منخفضات البحر الأبيض المتوسط.

منخفَض جويّ غير جبهيّ Non- Front Depretion: منخفض جوي ناتج عن تسخين الهواء الملامس لسطح الأرض، أو تسخينه بفعل ظاهرة الفوهن الناتجة عند اصطدام الكتل الهوائية بالمرتفعات، ومن أمثلتها المنخفَضات الجوية الحرارية، والمنخفَضات الخماسينية.

مولّد كهربائي Generator: جهاز ميكانيكي يحوّل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية.

(ن)

نفط Oil: الحالة السائلة من البِترول، ويتباين لونُ النفط بحسب تركيبه من اللون الأسود إلى الأسود البني أو الأسود المصفرّ.

نفط صخري Shale Oil: هو النفط الذي يستخرَج من الصخر الزيتي بطرُق غير تقليدية، ويسمّى أيضًا النفطَ الصناعيَّ.

نموذج المحطة Station Model: مجموعة من الرموز المتفَق عليها عالميّا، تمثل حالة الطقس المتوقعة التي تم جمعُها في محطة رصد معينة.

وقود أحفوري Fossil Fuels: أحدُ أشكال الطاقة غيرِ المتجدّدة التي تتشكّل من بقايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية. ويشمل الوقود الأحفوري أنواعا مختلفة منها: الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي والصخر الزيتي.

(هـ)

هطل حمضيّ Acid Precipitation: عندما يحترق الوقود الأحفوري يطلقُ في الغلاف الجوي ثانيَ أكسيد الكبريت SO_2 وأكاسيدَ النيتروجين NO_X، حيث تتفاعل هذه الأكاسيد مع بُخار الماء المتكاثف في الغلاف الجوي ما يؤدي إلى تشكيل رذاذ حمضِيّ يسقط على هيئة هطْلٍ من حمض الكبريتيك H_2SO_4، وحمض النيتريك HNO_3.

قائمةُ المراجعِ

أولًا- المراجعُ العربيةُ:

1. إحميدان، علي (2014): علم المناخ وتأثيره في البيئة الطبيعية والبشرية في العالم، عمان: دار صفاء للنشر والتوزيع.
2. أبو العلا، هدير (2019): علم الأرض، المجموعة العربية للنشر والتدريب، القاهرة، مصر.
3. السامرائي، قصيّ (2007): مبادئ الطقس والمناخ، عمان: دار اليازوري للنشر والتوزيع.
4. الصديق، عمر الصديق (2012): علم وتقانة البيئة، ط (1)، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، لبنان.
5. المقمر، عبد المنعم مصطفى (2012): الانفجار السكاني والاحتباس الحراري، سلسلة عالم المعرفة، العدد 391، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.
6. الناصر، وهيب عيسى (2004): الإنسان والبيئة، سلسلة عالم الفكر، المجلد 32، العدد3، ص 137 – 179 المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.
7. حسن، الطاهر محمد (2019): كيمياء الوقود الحفري، كلية العلوم، جامعة سبها، ليبيا.
8. دائرة الأرصاد الجوية، المملكة الأردنية الهاشمية (2020).
9. سفاريني، غازي وعابد، عبد القادر (2012): أساسيات علم الأرض، ط (1)، دار الفكر، عمان، الأردن.
10. سفاريني، غازي (2012): مبادئ الجيولوجيا البيئية، ط (1)، دار الفكر، عمان، الأردن.
11. صوالحة، حكم (2019): الجيولوجيا العامة، ط (2)، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن.
12. القرالة، عبد المنعم (2018): الأرصاد الجوية بين النظرية والتطبيق، عمان، المؤلف.
13. خوري، نقولا (2006): المعادن والصخور الصناعيَّة في الأردن توافرها وخصائصها ونشأتها، منشورات الجامعة الأردنية.

14. وزارة الطاقة والثروة المعدنية (2020): الفرص الاستثماريّة للثروات المعدنية في الأردن.

ثانيًا- المراجعُ الأجنبيةُ:

1. Al Asfar, J. and Hammad, A**.** (2017): **Comparative study on direct burning of oil shale and coal**, Conference Paper in AIP Conference Proceedings.
2. Abdulkader M. Abed, (2018): **Geological evolution of the Azraq basin**, eastern Jordan: An overview, Jordan Journal of Natural History.
3. Bjorlykke, k. (2010): **Petroleum Geoscience from Sedimentary Environments to Rock Physics,** Springer; 7th Edition.
4. Lutgens, F. & Tarbuck, E. (2014): **Foundations of Earth Science**, 7th ed., Pearson Education Limited.
5. Ministry of Energy and Minerals Resources. (2021): **Oil and Gas Exploration Opportunities in Jordan.**
6. Selley, R. and Sonnenberg. S. (2014): **Elements of Petroleum Geology, Elsevier,** 3th Edition.
7. Tarbuck,E.J.& Lutgens, F.K. (2017): **Earth. An Introduction to Physical geology,** 12th ed., Pearson Education Limited.
8. Tarbuck, E. and. Lutgens , F. (2017), **Earth Science,** , Lake Street New jersey: Pearson Education.
9. Passow, M. and Hei thous, M.(2018): **Earth and Space Science**, San_Diego_California: HMH Science
10. Weatherly, D. and Sheehan, N., Cambridge IGCSE™ (2017): **Environmental Management Student's Book** (Energy and the Environment 2), Collins.

ثالثًا- المواقعُ الإلكترونيةُ:

1. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2008RG000270
2. https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Study.pdf
3. https://www.oilsandsmagazine.com/technical/properties