المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

علوم الأرض والبيئة

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب

11

المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

علوم الأرض والبيئة

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب

11

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

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

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

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

قرّرت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم (2024/8)، تاريخ 2024/10/16 م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (2024/176)، تاريخ 2024/11/17 م، بدءًا من العام الدراسي 2024 / 2025 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2024
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 635 - 8

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2024/5/2934)

بيانات الفهرسة الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	علوم الأرض والبيئة، كتاب الطالب: الصف الحادي عشر، الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج، 2024
رقم التصنيف	373,19
الواصفات	/ علوم الأرض/ / أساليب التدريس/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/
الطبعة	الطبعة الأولى

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

المراجعة والتعديل
د. محمود عبد اللطيف حبوش
أ.د. منجد محمود الشريف
سكينة محي الدين جبر

التحكيم الأكاديمي
د. عماد محمد خير حمادنة

التصميم والإخراج
نايف محمد أمين مراشدة

التحرير اللغوي
محمد صالح شنيور

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) 1446 هـ / 2024 م

قائمة المحتويات

المقدّمة 5

الوحدة الثالثة: الوقود الأحفوري 7

الدرس الأول: نشأة الوقود الأحفوري 10

الدرس الثاني: أنواع الوقود الأحفوري 18

الدرس الثالث: الوقود الأحفوري في الأردن 28

الإثراء والتوسّع: الصناعات البتروكيماوية 40

مراجعة الوحدة 41

الوحدة الرابعة: الزلازل والبراكين 43

الدرس الأول: الزلازل 46

الدرس الثاني: البراكين 59

الإثراء والتوسّع: التأثيرات الإيجابية للبراكين 70

مراجعة الوحدة 71

مسردُ المصطلحات 74

قائمةُ المراجع 77

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدّمة

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها، لتكون مُعينًا 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، واستجابتها حاجات أبنائنا الطلبة والمعلِّمين والمعلّمات.

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 الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر لهم فرصًا عديدةً للاستقصاء، وحَلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمَل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يحتوي الفصل الدراسي الثاني من كتاب علوم الأرض والبيئة على وحدتين دراسيتين، هما:الوقود الأحفوري، والزلازل والبراكين. وتحتوي كل وحدة منهما على تجربة استهلالية، وتجارب وأنشطة استقصائية مُتضمَّنة في الدروس، وقضايا البحث، والموضوع الإثرائي في نهاية كل وحدة. يضاف إلى ذلك الأسئلة التقويمية، بدءًا بالتقويم التمهيدي المُتمثِّل في طرح سؤال ببداية كل وحدة ضمن بند (أتأمَّل الصورة)، ومرورًا بالأسئلة التكوينية المتنوعة في نهاية كل موضوع من موضوعات الدروس، وانتهاءً بالأسئلة 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 وأسئلة مثيرة للتفكير؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة.

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

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدة

3

الوقود الأحفوري

Fossil Fuels

أتأمّل الصّورة

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

الفكرة العامّة

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 يُستخرَج.

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 يتعرّض لها، والمدة الزمنية اللازمة لتشكُّلِه.

الدرس الثالث: الوقود الأحفوري في الأردن

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

أهميّة الطيّات المحدّبة

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

أصوغ فرضيتي: بالتعاونِ مع زملائي/ زميلاتي أصوغُ فرضيّةً توضح العلاقة بين الطيّات المحدَّبة الناتجة عن القوى المختلفة المؤثرة في صخور القشرة الأرضية وأماكن تواجد النفط والغاز الطبيعي .

الموادّ والأدوات: 3 قطع إسفَنجية مختلفة الألوان، سُمك كل منها لا يقل عن (5 cm)، نايلون شفاف، مِقصّ أو مِشرَط، مِسطَرة مِتريّة، لاصِق.

إرشادات السلامة: توخي الحذَر عند استخدام المِقص أو المِشرط في قصّ القطع الإسفَنجية.

أختبر فرضيتي:

1. أقصُّ ثلاث قطع من الإسفَنج بأبعاد تساوي (80 cm × 30 cm) التي ستمثّل أنواعًا مختلفة من الطبقات الصخرية.
2. أغلّف إحدى قطع الإسفَنج بالنايلون من جميع الجهات بإحكام، ثم أثبّت النايلون باللاصق.
3. أكرّر الخطوة 2 باستخدام قطعة أخرى من الإسفَنج.
4. أرتّب القطع الإسفَنجية فوق بعضها، بحيث أضع القطعة غير المغلَّفة بالنايلون في الوسط، ثم أثبّت أطراف القطع الثلاث مع بعضها باللاصق.
5. أرقّم القطع الإسفَنجية من الأعلى.
6. أثني القطع الإسفَنجية وأشكّل طيّة محدَّبة يكون اتجاه التقوس فيها للأعلى.

التحليل والاستنتاج:

1. **أضبط المتغيّرات:** أحدّد المتغير المستقل والمتغير التابع.
2. أحدّد: أيُّ القطع الإسفَنجية التي تمثّل صخورًا منفّذة، وأيُّها تمثّل صخورًا غيرَ منفّذة؟
3. **أستنتج:** أيُّ الطبقات يُخزَّنُ فيها النفط والغاز الطبيعيّ بعد هِجرته من مكان تشكُّلِه؟
4. **أتنبّأ:** ما ترتيب كلٍّ من الماء والنفط والغاز الطبيعيّ عند اختزانه في الطيّة المحدَّبة؟ لماذا؟

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 يُستخرَج.

نتاجات التعلّم:

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

المفاهيم والمصطلحات:

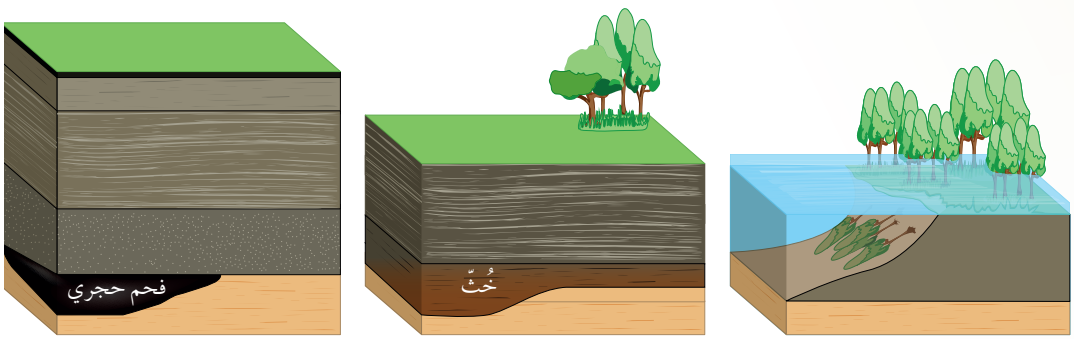
الوقود الأحفوري	Fossil Fuels
الفحم الحجري	Coal
صخر المصدر	Source Rock
الكيروجين	Kerogen
الصخور الخازنة	Reservoir Rocks
المِصيدة	Trap

ما الوقود الأحفوري؟ What are Fossil Fuels?

يُعرَفُ **الوَقودُ الأحفوري** Fossil Fuels بأنه أحد أشكال الطاقة غيرِ المتجدّدة تشكّل من بقايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية. ويشمل الوقود الأحفوري أنواعًا 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 تشكّلت أنواع الوقود الأحفوري؟ وهل جميع أنواع الوقود الأحفوري تتشكّل بالآليّة نفسِها؟

تشكُّل الفحمِ الحجري Formation of Coal

تشكّل **الفحمُ الحجري** Coal من بقايا الأشجار والسّرخسيات والنباتات الأخرى التي عاشت في العصر الكربوني، منذ 358 m.y تقريبًا، أنظر الشكل (1) الذي يمثّل مراحل تشكُّل الفحم الحجري، حيث غطّت المستنقعات الضحلة مساحاتٍ واسعةً من سطح الأرض في ذلك الوقت. وبعد موت النباتات في المستنقعات بدأت بالتحلل جزئيًا نتيجة نشاط البكتيريا اللاهوائية الموجودة في الماء. مع مرور الوقت، تراكمت هذه المواد العضوية المتحللة ودفنت



موتُ النباتاتِ — تتحوّل النباتات إلى خُثٍّ — فحم حجري

ازدياد الضغط والحرارة مع الزمن

الشكلُ (1): يؤدي موت النباتات ودفنها تحت طبقات قشرة الأرض إلى تشكّلِ الفحم الحجري، ثم يُستخرَج ويُستخدَم لإنتاج الطاقة.

تحت طبقات من الرسوبيات. وقد أدى ذلك إلى بقائها بعيدةً عن الأكسجين، ومع مرور الوقت وتراكُم الطبقات الرسوبية فوقها ازدادت درجة الحرارة والضغط المؤثر فيها، وبالتدريج تحوّلت إلى أنواع مختلفة من الفحم الحجري اعتمادًا على مقدار درجة الحرارة والضغط التي تعرّضت لهما. ومن أنواع الفحم الحجري الخُثُّ، والفحم البتيوميني.

✓ **أتحقّق:** أوضح كيف يتشكّل الفحم الحجري.

تشكُّل النفط والغاز الطبيعي

Formation of Oil and Natural Gas

توجَدُ نظريتان رئيستان توضحان آلية تشكُّل النفط والغاز الطبيعي من مادته الأم، وهما: النظرية غير العضوية ذات الأصل غير العضوي، والنظرية العضوية ذات الأصل العضوي. ويتفق معظم العلماء على أن النفط والغاز الطبيعي هما من أصل عضوي.

نظرية الأصل غير العضوي Inorganic Origin Theory

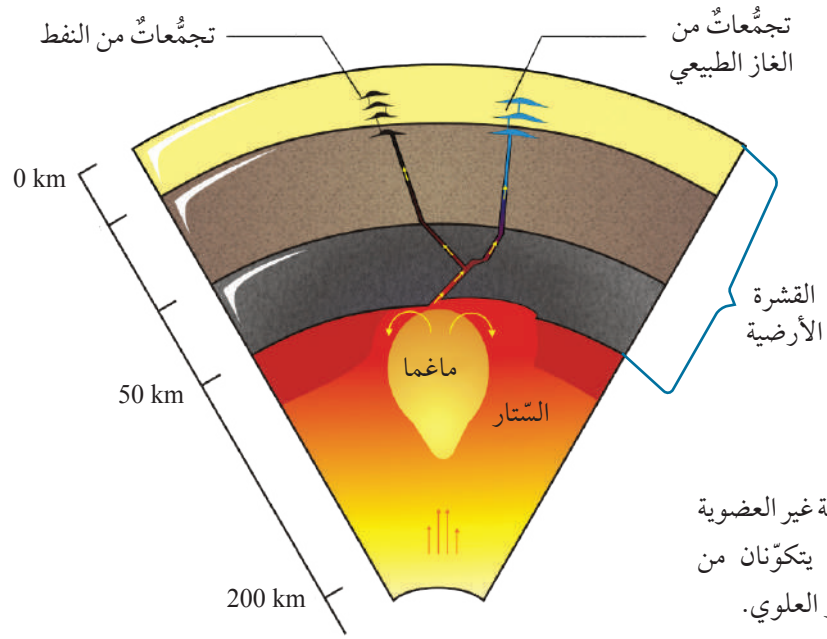
يفترِض العديد من العلماء أن المواد الهيدروكربونية المكوِّنة للنفط والغاز الطبيعي تتكوّن نتيجة تفاعلات مختلفة تحدُث في الستار العلوي (أي أنها ليست ناتجة عن تحلل المواد العضوية)، ثم تهاجِر تلك المواد خلال الصدوع العميقة إلى صخور القشرة الأرضية وهناك يتشكّل كلّ من النفط والغاز الطبيعي في أنواع الصخور المختلفة (النارية أو الرسوبية أو المتحولة). وأثبتوا صحة فرضيتهم من انبعاث غاز الميثان من البراكين. أنظر الشكل (2).

ويرفُض معظم العلماء هذه النظرية مبررين ذلك أن الميثان الذي يتشكّل في ستار الأرض يكون مُشتّتًا ولا يُنتَج بكميات ذات قيمة اقتصادية. وفسروا أنّ سبب تكوّن النفط غير العضوي في بعض المناطق مثل روسيا

الربط 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، والهيدروكربونات غير المُشبعة وتشتمل على روابط ثنائية أو ثلاثية ومن أمثلتها الإيثيلين، وهيدروكربونات أروماتية تحتوي على حلقة سداسية من الكربون والهيدروجين (C_6H_6) ومن أمثلتها البنزين.

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



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

بكميات كبيرة اقتصادية، ناتِجٌ من اندفاع الماغما إلى صخور رسوبية غنية بالمواد الهيدروكربونية، مثل صخر الغَضار.

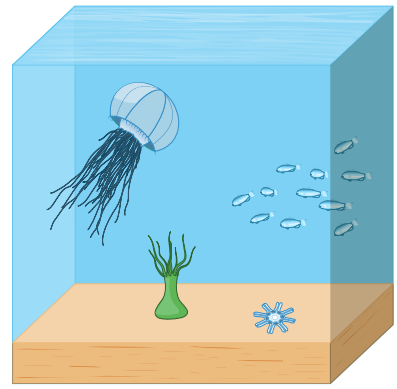
نظرية الأصل العضوي Organic Origin Theory تفترِض هذه النظرية أن النفط والغاز الطبيعي قد تشكّلا من بقايا كائنات حية مِجهرية مثل العوالق النباتية والحيوانية، التي عاشت في المحيطات أو البحار، إذ سقطت بقايا تلك الكائنات الحية بعد موتها في قاع البحر ودُفِنت تحت طبقات مختلفة من الصخور الرسوبية مثل الصخور الطينية. وبسبب نقصِ الأكسجين فإنها لم تتحلل تحلُّلًا كاملًا، وتراكمت في الطبقات الرسوبية التي أصبحت غنيّة بالمواد العضوية. ومع مرور الوقت، ازداد الضغط ودرجة الحرارة ما أدى إلى نضوج المادة العضوية، وبلوغِها مرحلة النفط أو الغاز الطبيعي. ويوجد النفط والغاز الطبيعي غالبًا معًا في الصخور الرسوبية.

تُسمّى الصخورُ التي تحتوي على كميات كافية من المواد العضوية، التي يمكن أن يتولّد ويتحرّر منها ما يكفي من المواد الهيدروكربونية لتكويـن تراكم اقتصادي من النفط أو الغاز الطبيعـي **صخورَ المصدر Source Rocks** ومن أمثلتها صخورُ الغَضار والصخور الطينية.

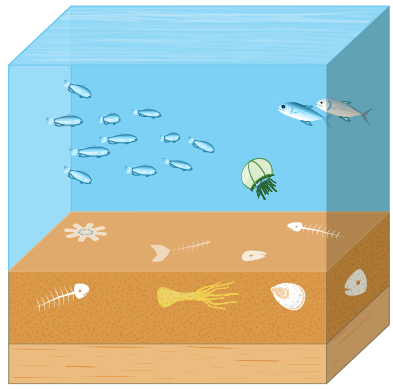
أبحثُ:

ما المناطق التي اكتُشِف فيـها النفط والغـاز الطبيـعي غيرُ العضويِّ في العالم؟

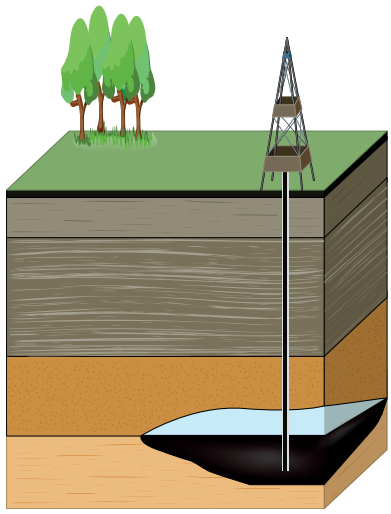
أبـحث عـن تلك المناطـق، ثـم أكتب تقريرًا قصيـرًا عن إحداها، وأوضّح سبب وَصْف النفط المتشكّل ذا أصلٍ غيرِ عضويّ، وأعرض ما توصلت إليـه على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.



سقوط بقايا العوالق المجهرية بعد موتها في قاع المحيط.



دفن بقايا العوالق المجهرية تحت طبقات رسوبية، ثم تحوُّلها إلى نفط أو غاز طبيعي.



استخراج النفط والغاز الطبيعي.

وتُسمّى المادّةُ العضوية الصُّلبة التي تتراكم في صخور المصدر **الكيروجين Kerogen**، التي تتكون 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 طبيعي على مقدار كلٍّ من درجة الحرارة والضغط والمدة الزمنية اللازمة لتشكُّلِه. أنظر الشكل (3) الذي يمثّل آلية تشكّل النفط والغاز الطبيعي.

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

هجرة النفط والغاز الطبيعي
Migration of Oil and Natural Gas

يهاجر النفط والغاز الطبيعي من مكان تشكّلِهما في صخور المصدر أفقيًّا ورأسيًّا إلى صخورٍ ذاتِ نفاذية عالية تُسمّى **الصخورَ الخازنةَ Reservoir Rocks** ومن الأمثلة على الصخور الخازنة الصخور الجيرية والصخور الرملية. وتُقسَم هجرةُ النفط والغاز الطبيعي إلى نوعين، هما: الهجرة الأولية Primary Migration وتمثّل هجرةَ النفط والغاز الطبيعي من صخر المصدر إلى الصخور الخازنة بسبب

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضِّحُ كيفيةَ الهجرةِ الأوليةِ للنفط والغاز الطبيعي واختزانِهما في المِصيدة، وأحرصُ على أن يشملَ الفيلمُ صوَرًا توضيحية، ثمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

الضغـوط الواقعـة عليه. والهجرة الثانوية Secondary Migration، التي تمثّل الحركات التي تحدُث للنفط والغـاز الطبيعي في الصخور الخازنة لهما بسبب اختلاف الكثافة بين مكوّنات الصخور الخازنة. ويستمر النفط والغـاز الطبيعي فـي الهجرة حتى يصلا إلى المِصيدة. فما المِصيدة؟ وما أنواعها؟

✓ **أتحقّق:** أوضح مبررات رفض معظم العلماء تشكُّل النفط والغاز الطبيعي بحسب نظرية الأصل غير العضوي.

التّجربة 1

نمذجة هجرة النفط الثانوية

يُستَخرَجُ النفطُ من أماكنَ تختلف عن تلك التي تَشكَّل فيها.

أصوغ فرضيتي: بالتعاون مع زملائي/ زميلاتي أصوغ فرضية تبين كيف يهاجر النفط من 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.
- توخي الحذر عند وضعِ المكوّنات داخلَ المخبار المدرَّج.

أختبر فرضيتي:

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 بإضافة حصًى صغيرةٍ حتى ارتفاعٍ يصل إلى 90 mL.
4. أسكبُ الماء في المِخبار المدرَّج إلى ارتفاع 120 mL.
5. أراقِبُ المِخبار المدرَّج مدة 5 min، وأدوّن ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

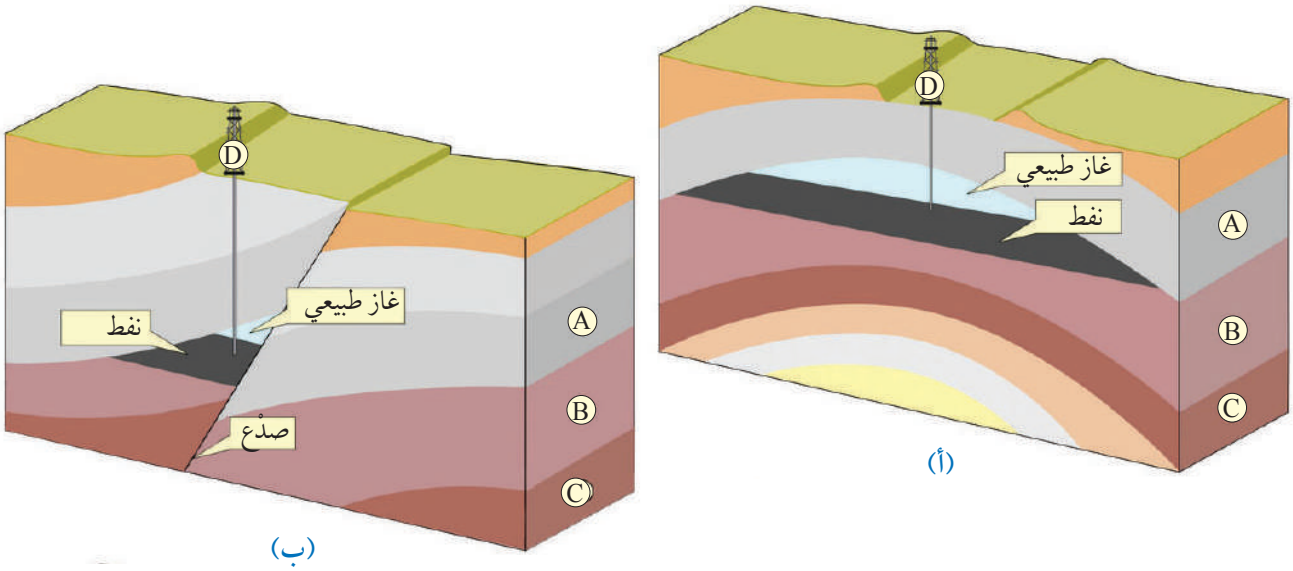
1. **أضبط المتغيّرات:** أحدّد المتغير المستقل والمتغير التابع.
2. أتتبّع: ماذا حصل للزيت والماء في المِخبار المدرَّج؟
3. أحدّد: ماذا يمثّل كلٌّ من الزيت والرمل والحصى؟
4. **أفسّر** سلوك الزيت عند إضافة الماء في المِخبار المدرَّج.
5. **أستنتج** سلوك النفط والغاز الطبيعي في المِصيدة.

مصائد النفط والغاز الطبيعي

Oil and Natural Gas Traps

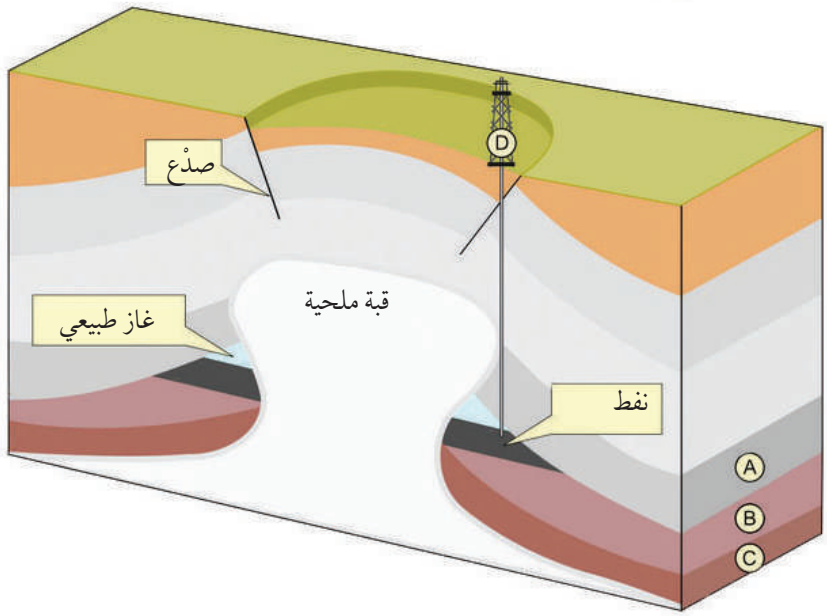
يتحرّكُ النفط والغـاز الطبيعي في أثنـاء الهجرة عبر مسامات الصخور حتى يصلا إلى الصخور الخازنـة، ويمكِنُ أن يصلا إلى سطح الأرض، إلا أن بعض الصخور غيرِ المنفِّذة أو قليلةِ النفاذية مثل صخر الأردواز أو الغَضار تمنع تلك المواد من الاستمرار في حركتها. وتُسمّى تلك الصخورُ صخر الغطاء Cap Rock، ويُسمّى التركيبُ الجيولوجيّ الـذي يتكوّن مـن الصخور الخازنـة وصخر الغطاء التي يُحتَجَزُ النفطُ والغاز الطبيعي فيها ويُمنَعُ من الهجرة **المِصيدةَ Trap**. وتُصنَّفُ المصائدُ الحاوية على النفط والغاز الطبيعي بحسب آلية تشكُّلِها إلى أربعة أنواع، هي:

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



الشكـل (4): تشكّل المصـائد التركيبية نتيجةَ العمليات التكتونية التي يتعرّض لها الصخر، ومن أمثلتها:
أ - الطيات المحدَّبةُ.
ب- الصدوع.

Ⓐ صخر غطاء غير منفذ Ⓑ صخر خازن Ⓒ صخر المصدر Ⓓ بئر نفط



الشكـل (5): إحدى المصائـد الاختراقيـة التي تتشكّل نتيجة اندفاع الكتل المِلـحية داخــل الرسوبيات التي تعلوها بسبب قلة كثافتها نسبة إلى كثافة تلك الرسوبيات.

Ⓐ صخر غطاء غير منفذ

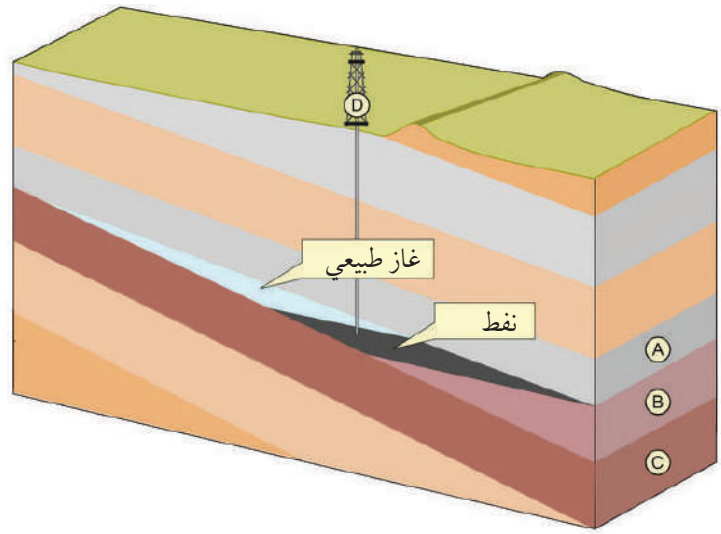
Ⓑ صخر خازن

Ⓒ صخر المصدر

Ⓓ بئر نفط

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

3. 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.



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

Ⓐ صخر غطاء غير منفذ
Ⓑ صخر خازن
Ⓒ صخر المصدر
Ⓓ بئر نفط

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

4. المصائد المركّبة Combination Traps: العديد من مصائد النفط والغاز الطبيعي لا توجَدُ منفردة، ولكنها تتكوّن من نوعين أو أكثر من المصائد معًا، ومعظم المصائد المركبة تتكوّن من المصائد التركيبية والمصائد الطبقية.

✓ **أتحقّق**: أذكر خصيصَتين تتميز بهما معظم مصائد النفط والغاز الطبيعي.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة**: **أستنتج** هل يُستخرَج النفط من صخور المصدر.
2. أوضّح مفهوم الوقود الأحفوري.
3. **أُقارن** بين المواد العضوية المكوِّنة للفحم الحجري والنفط من حيث نوع بقايا الكائنات الحية المكوِّنة لها.
4. أوضّح كيف تتشكّل المصائد الطبقية.
5. **أستنتج**: هل يتجمّع النفط في مِصيدة تركيبية على شكل طيّة محدَّبة، بحيث تكون الصخور الخازنة فيها صخورًا جيريّةً، وصخور الغطاء صخورًا رمليّةً؟
6. **أقارن** بين الهجرة الأولية والهجرة الثانوية للنفط وللغاز الطبيعي من حيث آليّةُ الهجرة.
7. **أطرح سؤالًا** إجابته: «الصخور الخازنة».
8. **السبب والنتيجة**: كيف توثر كثافة الصخور في تشكل المصائد الاختراقية؟

الدرس 2

أنواع الوقود الأحفوري
Types of Fossil Fuels

الفكرة الرئيسة :

للوقود الأحفوري أنواعٌ مختلفة، ويعتمِد تشكُّلُ كلٍّ منها على نوع المواد العضوية المكوِّنة له، وكميةِ الضغط والحرارة التي يتعرّض لها، والمدة الزمنية اللازمة لتشكُّلِه.

نتاجات التعلّم :

- أوضح مفهوم المَمال الحراريّ الأرضيّ.
- أحدّد علاقة الممال الحراري الأرضي بتشكّل النفط والغاز الطبيعي والصخر الزيتي.
- أفرِّق بين أنواع الوقود الأحفوري.

المفاهيم والمصطلحات :

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. وتعلّمت أن المواد العضوية المكوِّنة للوقود الأحفوري تتحوّل إلى موادَّ عضويةٍ أكثرَ تعقيدًا بعد تعرُّضِها للضغط والحرارة تُسمّى الكيروجين. وتوجَدُ ثلاثةُ أنواع رئيسة من الكيروجين استنادًا إلى أصلها الذي تكوّنت منه وهي:

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

ويضيف بعض العلماء نوعًا رابعًا من الكيروجين هو كيروجين IV ولكنه نوع نادر وغير قادر على إنتاج النفط أو الغاز الطبيعي.

نُضْجُ الكيروجين وتشكُّل النفط

Maturation of Kerogen and Oil Formation

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 تتراوح بين (1 – 4.5) km.

الشكلُ (7): يحتوي الصخر الزيتي على مادة الكيروجين، وهي مادّة 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 بين °C/km (25–30)، وهي متغيّرة من منطقة إلى أخرى اعتمادًا على الظروف الجيولوجية والطبوغرافية. ويُصبح الكيروجين ناضجًا عندما ترتفع درجة الحرارة بالحدّ الكافي الذي يسمح بتولّدِ النفط ومن ثم الغاز الطبيعي، وتُسمّى هذه العملية النضج Maturation. واعتمادًا على نُضج مادة الكيروجين العضوية وخصائص كلّ نوع، فإن الوقودَ الأحفوري يُصَنَّفُ إلى أنواع مختلفة منها: النفط.

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

المهن في علوم الأرض

يستخدِم مهندس البترول المبادئَ الجيولوجية في استكشاف مصائد النفط والغاز الطبيعي في باطن الأرض، والصخور الحاملة له، ويدرس كيفية إنتاج أكبر كميات من النفط والغاز الطبيعي، كذلك يستخدِم مهندسو البترول برامج حاسوبية للخزانات النفطية، تُحدَّد بها كميات الإنتاج المتوقَّعةِ، وأماكنِ حفر الآبار، وغيرها من الأمور المتعلقة بها.

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، ويتكوّن 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 المُصْفَرّ، ويُسمّى أيضًا النفطَ الخام Crude Oil. أنظر الشكل (8). يمثّل الجـدول (1) التركيب الكيميائـي للنفط، حيث يتشكّل من مواد هيدروكربونية تختلف نسبها بحسب نـوع النفط. كذلك يحتـوي على نسبــة من النيتروجين والأكســجين والكبريت. ويمكن أن يحتـوي على نسبـة قليلة من عناصر فلزيةٍ مثل النحاس والنيكل والفانيديوم والحديد.

الجدول (1): العناصر المكوّنة للنفط بحسبِ نِسَبِها المئوية.

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

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

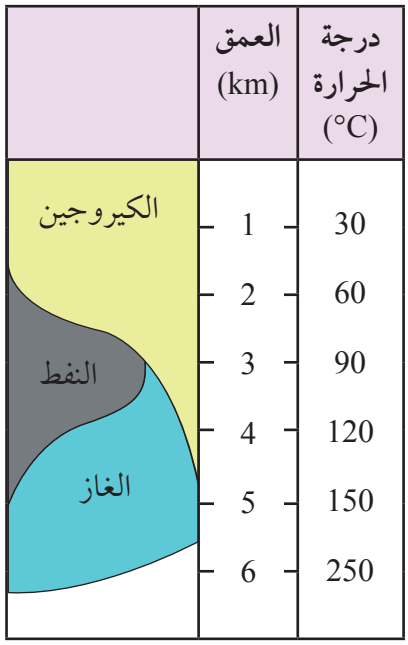
يتولّد النفط من الكيروجين عند دفنِه في أعماق كبيرة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، وقد توصّل العلماء عن طريق الدراسات التجريبية إلى أنّ تولُّدَ النفط من الكيروجين يحدُثُ بشكل كبير عند درجات حرارة تتراوح بين C˚ (120–60). أنظر الشكل (9).

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، والأكسجين أو النيتروجين، أو كبريتيد الهيدروجين. ويمثّل الجدول (2) التركيب الكيميائي للغاز الطبيعي ونِسَبَ مكوّناته الرئيسة.

يتوافر الغاز الطبيعي مصاحبًا للنفط في مِصيدة النفط، أو منفردًا، وقد توصّل العلماء إلى أن الغاز الطبيعي يتولّد من الكيروجين عند درجات حرارة تتراوح تقريبًا بين C˚ (225 – 120). 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 يتولّد 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): إحدى آبار الغاز الطبيعي بعد استكمال استكشافه وتجهيزه للإنتاج.

الأسفَلت Asphalt

الأسفَلت Asphalt ويُسمّى أيضًا البتيومين Bitumen. ويُعَـدُّ أحدَ أنـواع الوقـود الأحفـوري غيرِ التقليدية، وهو بقايـا مـوادَّ هيدروكربونيةٍ عالية اللزوجة، تكون في الحالة شِبْهِ السائلة إلى الحالة الصُّلبة، ولونُه بيـن البنـي والأسـود. أنظـر الشكـل (11). قد يتشكّل الأسفَلت في صخور المصدر أو في الصخور الخازنة بعد هجرة النفط. ففي صخور المصدر قد يتشكّل الأسفَلت قبل تولّد النفط في أثناء مراحل تطور المادة العضوية، بسبب التحلل البيولوجي بوساطة البكتيريا لمادة الكيروجين، ويمكن أن ينتجَ الأسفَلتُ أيضًا بعد تولد النفط نتيجة تحرك النفط خلال الشقوق والصدوع مما يؤدي إلى تحرر المواد المتطايرة وتبخر الغازات وتركيز المواد الهيدروكربونية الثقيلة (الأسفَلت)، أما تكوُّن الأسفَلت في الصخور الخازنة، فينتُج أيضًا إما من تسرُّب النفط نحو الأعلى وتبخّر المواد الهيدروكربونية الخفيفة منه أو بسبب تحلل المواد الهيدروكربونية المكوّنة له بواسطة البكتيريا المحلله وزيادة تركيز المواد الهيدروكربونية الصّلبة.

أبحثُ:

يوجَـدُ الأسـفَلت إمـا طبيعيًّا في بعـض صخـور القشـرة الأرضيـة، وإمـا صناعيًّـا نتيجـة عمليـات تكريـر النفـط، وتُنتـج مِصفاة البتـرول عَبْـر وحـدة متخصّصة 100 ton يوميًّـا مـن الأسـفَلت تقريبًا. يسـتخدَمُ الأسـفَلت الطبيعـي والصناعـي في رصْف الطـرق بالخَلطَـة الأسـفَلتية. أبحـث عـن اسـتخداماتٍ أخرى للأسـفَلت، وأنشـئ عرضًا تقديميًّا يوضح تلـك الاسـتخدامات مُدَعَّمًـا بالصّوَر.

الشـكل (11): عينـة تمثّـل أسـفَلتًا متكشّـفًا أعلـى سـطح الأرض.
أحدد: ما الحالة الفيزيائية للأسفَلت؟

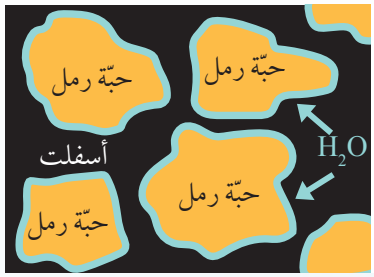
رمال القار Tar Sands

تتكـوّن **رمـال القـار** **Tar Sands** التـي تُسـمّى أيضًـا الرمـال النفطية مـن صخـور رمليـة تحتـوي داخلهـا علـى مـوادَّ هيدروكربونيـةٍ ثقيلـة (الأسـفَلت). أنظر الشـكل (12) الـذي يمثّل أحدَ تكشُّـفات رمال القار. وتكـون الحُبَيبـات المعدنيـة المكونـة لرمـال القـار محاطَةٍ بغشـاء رقيق مـن المـاء، وتوجَـدُ بينهـا مـادةُ الأسـفَلت. أنظـر الشـكل (13). وتقـدَّرُ نسـبة مـادة الأسـفَلت فـي رمـال القـار بحوالـي 10% مـن كتلـة الصّخـر الرملـي. ويفسِّـرُ العلمـاء تشـكُّلَ رمـال القـار نتيجـة هجـرة النفـط إلـى خزانـات مكوَّنـة مـن الصخـر الرملـي توجـدُ علـى أعمـاق ضَحْلـة أقـلَّ مـن 2 km ودرجـات حـرارة أقلَّ من 80 °C بحيـث أصبح النفـط عُرضةً للتحلـل الحيـوي (البيولوجـي) بوسـاطة البكتيريـا الهوائية؛ مـا أدى إلى مزيـد مـن تحلّـل المـواد الهيدروكربونية الخفيفـة والمتوسـطة وتطايرها وترسـيب المـواد الهيدركربونيـة الثقيلـة بيـن حُبَيبـات الرمل.

الشـكل (12): تتكشّـف رمـال القـار بالقـرب مـن سـطح الأرض.

الشـكل (13): تتوافـر مـادة الأسـفَلت فـي رمـال القـار بيـن حُبَيبـات الرمـل.

أسـتنتِجُ فائـدة طبقـة المـاء الرقيقـة حـول حُبيبـات الرمـل فـي عمليـة اسـتخلاص البتـرول مـن رمـال القـار.



✓ **أتحقّق:** ما مكونات البترول؟

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 الكيروجينَ. وعلى الرغم من أن تلك الصخورَ قد تحتوي على المواد الهيدروكربونية، إلا أنه يجب تسخينُها على درجات حرارة تصل ما بين 400 – 500 °C ليحدُثَ لها انحلالٌ حراريّ ليتِمّ توليدُ النفط والغاز الطبيعي من الكيروجين الموجود فيها. أنظر الشكل (14)، الذي يمثّل عمليات استخراج الصخر الزيتي من أماكن وجوده.

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

✓ **أتحقّق:** أحدد البيئات التي يمكن أن يتشكّل فيها الصخر الزيتي.

أبحثُ:

أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها شبكة الإنترنت، وأحدد الاختلاف بين خصائص الصخر الزيتي ورمال القار، ثم أكتب تقريرًا وأعرض نتائجه على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

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 زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

الشكل (14): يُستخرَجُ الصخرُ الزيتيُّ من أماكن وجوده بطرائق مختلفة، ثم يُستفاد منه.

التّجربة 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: (نفطًا خامًا، وصخرًا زيتيًّا، وأسفلتًا، ورمال القار)، ولهب بنسن.

إرشادات السلامة:

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

خطوات العمل:

1- أتفحّص العينات التي تمثّل الوقود الأحفوري، وأُحَدِّدُ 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 عند تقريب طرَف العينة من لهب بِنسن المشتعل بإشراف معلّمي/معلّمتي.

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- **أقارن** 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 مراحلُ تشكُّلِ الفحم الحجري؟ وما خصائص كلِّ نوع منها؟

يُقسَمُ الفحمُ الحجريّ أربعة أقسام:

الخُثُّ Peat

يتكوّن الخُثُّ في المرحلة الأولى من مراحل تشكُّلِ الفحم الحجري عند درجات حرارة وضغط منخفضة نسبيًّا، ويتكوّن الخُثّ من بقايا نباتات متحلّلة جزئيًّا حيث تظهر فيه بقايا 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، ويكون أكثر صلابة منه، ولكنه لا يزال يحتوي على نِسبة كبيرة من بقايا النباتات المتحلّلة جزئيًّا. ويشكّل فحم اللّغنيت النسبة الأعلى من الاحتياطي العالمي من الفحم الحجري. أنظر الشكل (16).

الشكل (16): عينة تمثّل فحم اللغنيت (الفحم البني).

الفحم البتيوميني Bituminous Coal

مع زيادة درجة الحرارة والضغط، وبمرور الزمن يتكوّن الفحم البتيوميني، يحتوي هذا النوعُ من الفحم على نِسبة من الكربون تصِل إلى 86%، ويُحرَق 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.

الأنثراسيت Anthracite

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

أ- الفحم البتيوميني

ب- فحم الأنثراسيت

الشكل (17) أنواعٌ من الفحم الحجري.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أذكر العوامل التي يعتمد عليها تشكُّل أنواع الوقود الأحفوري المختلفة.

2. **أطرح سؤالًا** تكون إجابته: «نضوج مادة الكيروجين».

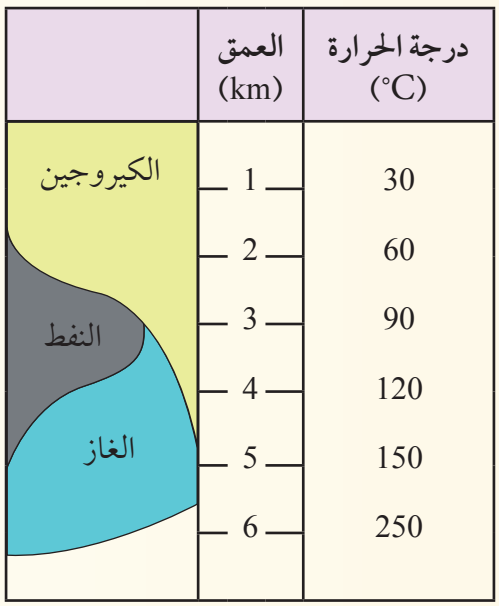
3. **أصوغ فرضية** توضح أثر زيادة درجة الحرارة التي يتعرض لها الكيروجين عن 120 °C.

4. **أقارن** بينَ الصخر الزيتي والأسفَلت من حيث آلية تشكُّل كلّ منهما.

5. أوضّح: كيف تتكوّن رمال القار في الطبيعة؟

6. **أقارن** بين فحم الخُثِّ والفحم البتيوميني من حيث نِسبةُ الكربون المكوِّن لهما.

7. أدرس الشكل الآتيَ، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



العمق (km)	درجة الحرارة (°C)
1	30
2	60
3	90
4	120
5	150
6	250

أ . **أرسم بيانيًا** العلاقة بين درجة الحرارة والعمق الذي يتشكل عنده كل من الكيروجين، والنفط، والغاز الطبيعي.

ب. أحدّد: ما العلاقة بين العمق ودرجة الحرارة؟

ج . أحدّد العُمق الذي يتشكل عنده النفط.

د . **أستنتج:** لماذا يحتاج الغاز الطبيعي إلى أعماق أكبر من النفط حتى يتشكّل؟

الدرس 3

الوقود الأحفوري في الأردنّ

Fossil Fuels in Jordan

الفكرة الرئيسة:

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

نتاجات التعلّم:

- أتعرّف أنواعَ الوقود الأحفوري في الأردن.
- أناقش طرائق استخلاص النفط من الصخر الزيتي.
- أقوّم فائدة استخدام الصخر الزيتي والفحم الحجري في إنتاج الطاقة.
- أبيّن أهمية استثمار مصادر الطاقة الأحفورية في الاقتصاد المحلي.

المفاهيم والمصطلحات:

النفط الصخريّ Shale Oil

النفط والغاز الطبيعي في الأردن

Oil and Natural Gas in Jordan

بدأتِ المملكةُ بالتنقيب عن النفط والغاز الطبيعي منذ عام 1947 م، وبلغت ذروتُه بين عامي (1986 م - 1978 م) بعد تبنّي الحكومة الاستراتيجية الوطنية لمشروع التنقيب عن البترول، وبكوادرَ وطنيةٍ من أجل تأمين حاجات المملكة من الطاقة، وحُفر خلال تلك المدة 85 بئرًا، وكانت أبرزُ نتائجِ هذا المشروع اكتشافَ النفط في حقل حمزةَ عام 1984 م، واكتشافَ الغاز الطبيعي في حقل الرِّيشَة عام 1987 م. أنظر الشكل (18)، والشكل (19)، وكذلك الحصولَ على معلومات جيولوجية وجيوفيزيائية عن معظم مناطقِ المملكة التي أصبحت عاملَ جذبٍ لشركات النفط العالمية للاستثمار في الأردن.

الشكلُ (18): إحدى الآبار التي حُفرت لإنتاج النفط بالقُرب من الأزرق، شرقَ الأردنّ.

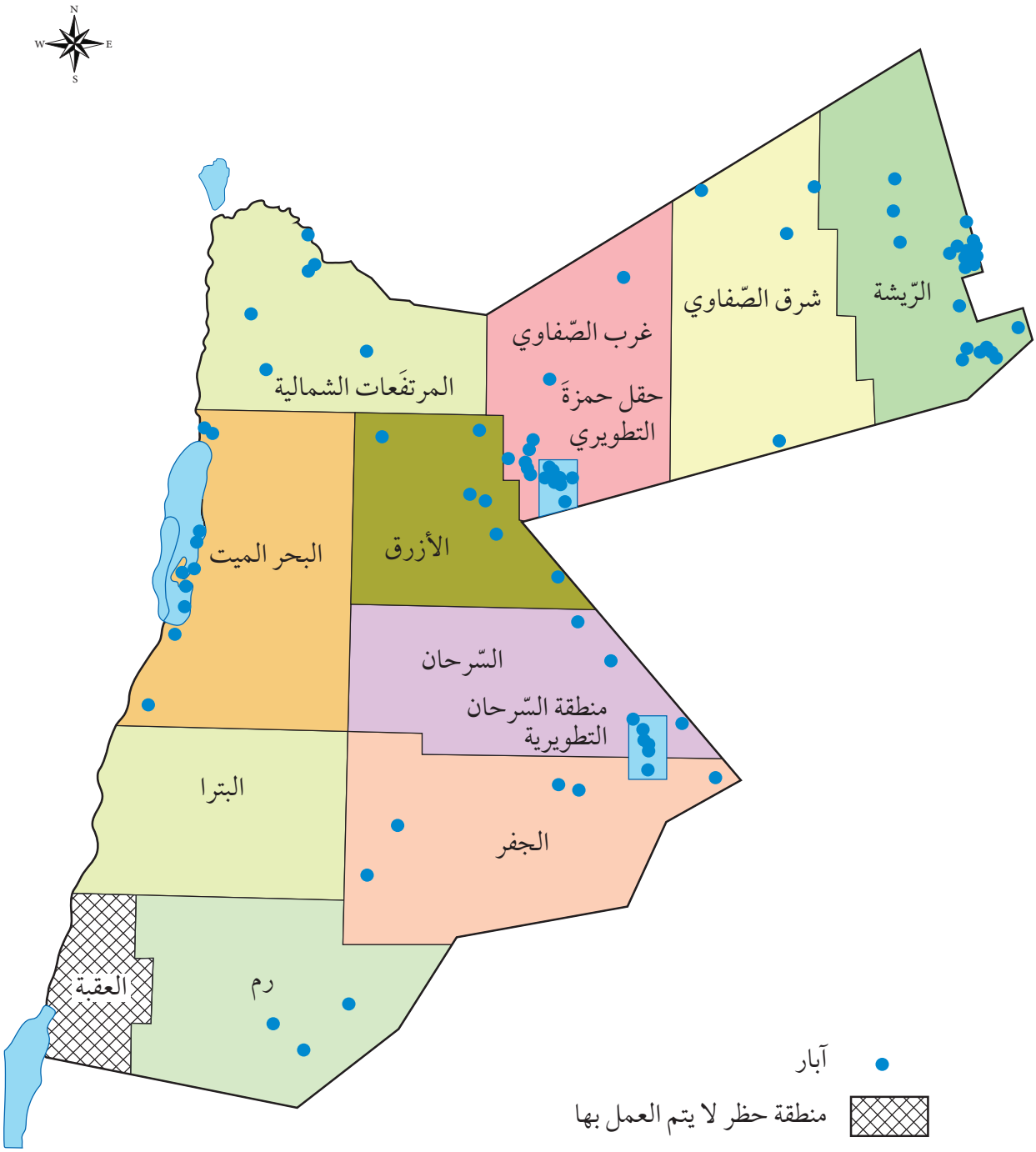
ومع ذلك، فإن الكميات التي اكتُشفت سابقًا كانت متواضعةً وغيرَ تجاريةٍ، ويرجِع العديدُ من الجيولوجيين ذلك إلى مجموعة من الأسباب منها: معظمُ الترسّبات في الأردن كانت قاريّةً وليست بحريّةً، ما أدى إلى قلّة المواد العضوية فيها، وكذلك فإن المناطق التي تحتوي على ترسّبات بحريّة لم تُدفَن بعُمقٍ كافٍ، ما أدى 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 تُدرَس 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 قُسّمت المملكة في عام 2017م إلى اثنتي عشرة منطقة استكشافيةً، منها: منطقةُ الأزرق ومنطقة البحر الميت، ومنطقة السّرحان التطويرية، وتُسوَّق تلك المناطق باستمرار بالتفاوض المباشِر مع شركات التنقيب عن النفط.

الربطُ بالفيزياءِ

يُسمّى العِلمُ الذي يَستخدمُ التباينَ والاختلافَ في الخصائص الفيزيائية لمكوّنات الأرض بِعِلْمِ فيزياء الأرض أو الجيوفيزياء. ومن هذه الخصائص: المغناطيسيةُ والكهربائية والموجاتُ الزلزالية والجاذبيةُ. وتُسمّى الطرائق التي تعتمِدُ على هذه الخصائص الطرائق الجيوفيزيائية. وقد استُخدمت الطرائق الجيوفيزيائية في تحديد طبقات الأرض الرئيسة، وهي القشرةُ والسّتار واللّبّ، كذلك تُستخدَمُ هذه الطرائق في عمليات التنقيب عن الخامات المعدنية ومصائد 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): قُسّمت المملكة إلى مناطقَ استكشافيةٍ للتنقيب فيها عن النفط والغاز الطبيعيّ، وتُسوَّق للشركات الدولية من أجل الاستثمار فيها.

أحدِّدُ المناطق الاستكشافية التي اكتُشِفَ فيها نفط أو غاز طبيعي.

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 حُفرت 19 بئرًا فيه، منها 4 آبارٍ منتِجةٍ، وبلغ مجموع ما أُنتج منها مليون برميل نفطي تقريبًا. وقد كُلِّفت شركة البترول الوطنية بتجديد الحقل وتطويره، وذلك عبر تنفيذ أعمال تحسين البنية التحتية، وصيانة مرافق الحقل الإنتاجية كلها، كونها أصبحت مستهلَكة، ثم إجراءِ عملياتٍ تزيدُ من طاقته الإنتاجية.

أبحثُ:

أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها شبكة الإنترنت، وأبحث عن الأسباب التي أدت إلى عدّ منطقة العقبة منطقة حظر لا يتم العمل بها. ثم أكتب تقريرًا وأعرض نتائجه على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

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

منطقة الرّيشة Risha Area

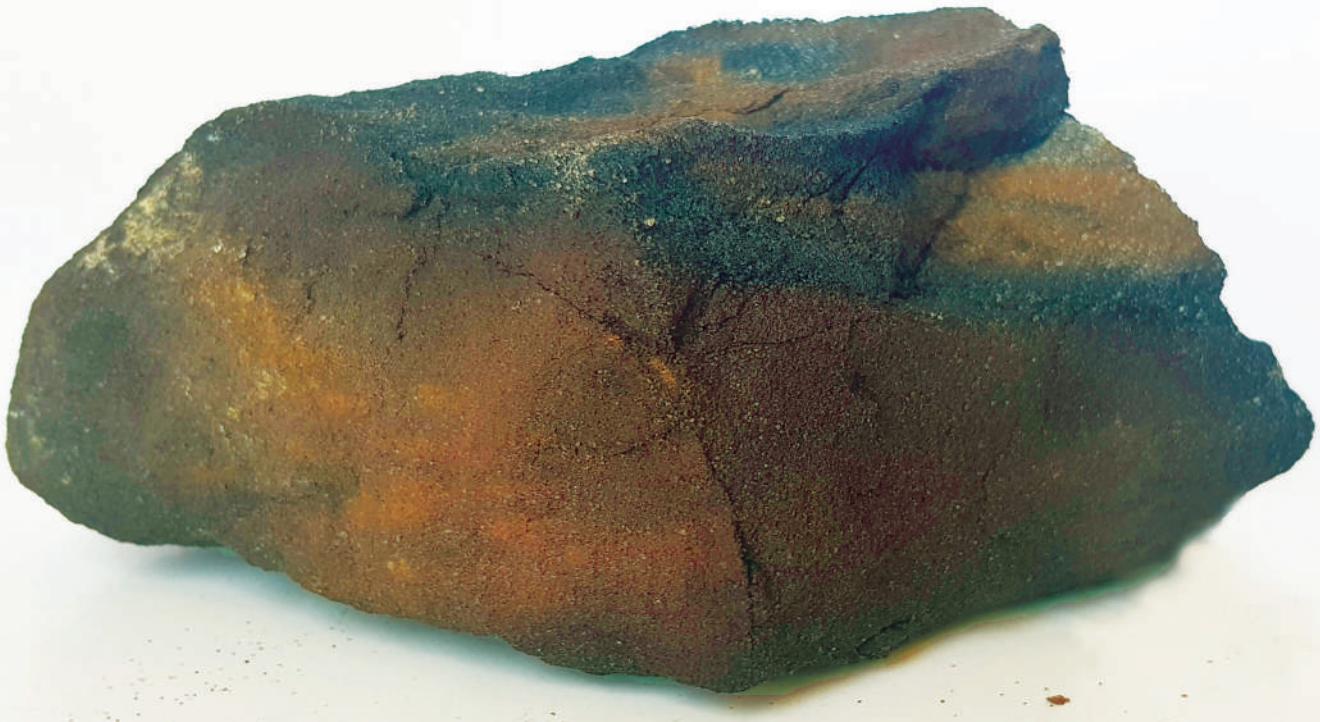
توجد منطقةُ الريشة في أقصى شمال شرقِ الأردن، وتقدَّرُ مِساحتُها بحوالي 8367 km^2، وقد مُنِحت اتفاقية امتياز التنقيب لشركة البترول الوطنية منذ عام 1996م مدة 50 عاماً. ويقع غاز الريشةِ في صخور خازنة مكوّنةٍ من الصّخر الرملي تعود إلى العصر الأوردوفيشي، أنظر الشكل (21).

✓ **أتحقّق:** أحدّد المناطقَ التي اكتُشف 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 الموجودة 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 إلى أن سببَ تشكُّلِ رمال القار في البحر الميت هو وجود خزّان نفطيّ أسفلَ البحر الميت، ونتيجةَ تكوّنِ حفرة الانهدام 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 مشكِّلًا رمالَ القار.

ويفترض بعض العلماء الجيولوجيين أن رمال القار في البحر الميت تمثّل بقايا نفط كان يوجد أسفلَ البحر الميت، وأن معظمَه قد هاجرَ عبر الصّدوع التي تشكّلت. بينما يرى آخرين أن النفط لا يزال مخزّنًا في الأسفل ويوجد بكميات تجارية.

الصخر الزيتيّ في الأردن Oil Shale in Jordan

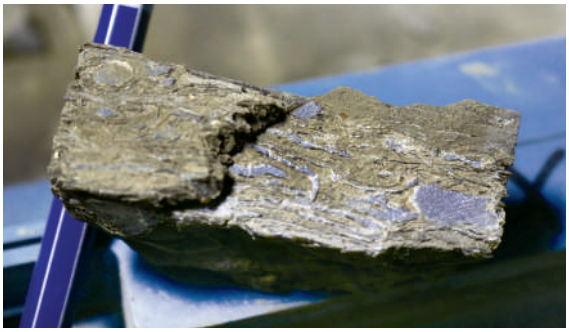
بسبب النقص الكبير في موارد الطاقة التقليدية الموجودة في الأردن، فقد اتّجهتِ الأنظارُ إلى مصادر الطاقة غيرِ التقليدية، ومنها الصّخرُ الزيتي. يوجد الصخر الزيتي في الأردن في الصخور الجيرية المارلية الغنية بمادة الكيروجين. وتشير الدراساتُ إلى أن أصلَ الكيروجين هو بقايا نباتات وعوالقُ بحريّة ضحلةٌ وبحيرية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

ويحتوي الأردنّ على احتياطات ضخمةٍ من الصخر الزيتي تقدَّرُ بحوالي 70 B.ton تكفي لسَدّ حاجة الأردن من الطاقة مددًا طويلة من الزمن، أنظر الشكل (23) الذي يمثّل إحدى عينات الصخر الزيتي.

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

الرّبط بالتكنولوجيا

تُستخدَمُ طرائق الاستشعار عن بُعد في استكشاف وجود الخامات المعدِنية، أو النفط والغاز الطبيعي، ويستخدَمُ في ذلك أجهزةٌ مختلفة، ومنها الأقمارُ الصناعيةُ للحصول على صوَرٍ فضائية يُستخلَص عن طريق دراستها معلوماتٍ أو بيانات عن تلك الخامات.

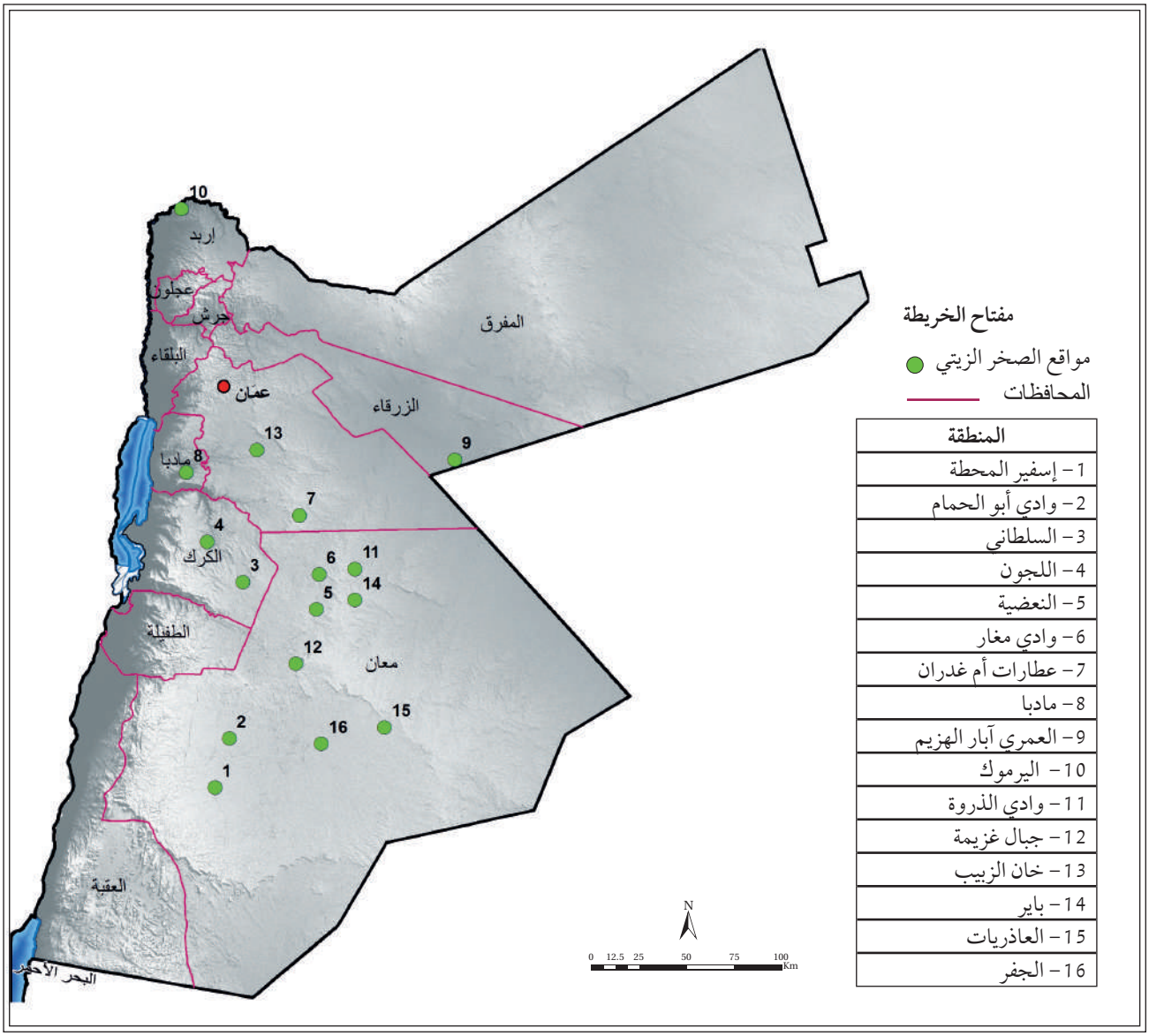


الشكل (23): عِينةٌ من الصّخر الزيتيّ أخِذت من أحد مواقع استخراجِه في وسط الأردن.

ويقدِّرُ الجيولوجيونَ أن رواسبَ الصخر الزيتي موجودة تحت أكثرَ من 60% من أراضي الأردن. وتتوزّع على 16 موقعًا تقريبًا في جميع أنحاء المملكة، ولكن توجدُ أهمُّ تكشُّفاته ومواقعِه في وسط المملكة، منها اللّجون، وأم غُدران، والسّلطاني، ووادي مغار. أنظر الشكل (24).

أتحقّق: أحدِّد نوع الصخور التي يوجد فيها الصخر الزيتي في الأردن.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضّحُ كيفيّةَ توزُّعِ أنواعِ الوقودِ الأحفوريّ في الأردن، وأحرصُ على أن يشملَ الفيلمُ صورًا توضيحية، ثمَّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفّ.



المنطقة
1 – إسفير المحطة
2 – وادي أبو الحمام
3 – السلطاني
4 – اللجون
5 – النعضية
6 – وادي مغار
7 – عطارات أم غدران
8 – مادبا
9 – العمري آبار الهزيم
10 – اليرموك
11 – وادي الذروة
12 – جبال غزيمة
13 – خان الزبيب
14 – باير
15 – العاذريات
16 – الجفر

الشكل (24): مواقع توزُّعِ الصخر الزيتي في الأردن.

أحدِّدُ ثلاثَ مناطقَ يتوزَّع فيها الصّخرُ الزيتيّ في المنطقة الجنوبية من الأردن.

نشاط

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 طبقة 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 (M.ton)	1200	1180	8000	2400	13600

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 الجيولوجي في المناطق الخمس بالمليون طنّ (M.ton).

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

استثمار 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 استثمار الصخر الزيتي، وقد قامتِ العديدُ من الشركات العالمية بتطوير تقنيات مختلفة لإنتاج النفط والغاز من الصخر الزيتي، ويُستخدَم الصّخرُ الزيتيّ في الوقت الحاضر في إنتاج النفط، أو في إنتاج الكهرباء بالحرق المباشر.

إنتاج النفط من الصخر الزيتي Producing Oil from Oil Shale

يُسمّى النفطُ الذي يُستخرَجُ من الصخر الزيتي بطرائق غير تقليدية النفط الصناعيّ أو **النفط الصخري Shale Oil** فتُحوَّل 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 التي أجريت على عينات من الصخر الزيتي أن كلّ 1 ton من الصخر الزيتي يمكِن أن تُنتِج 125 kg من النفط الصخري بما نسبته 12.5%. ويُستخرَج النفط الصخري بطريقتين هما:

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

المعالجة في الموقع In Situ Processing وتُسمّى أيضًا المعالجةَ في باطن الأرض، وفيها يُسخَّن الصخر الزيتي في باطن الأرض لتصل درجة حرارته إلى 340 °C تقريبًا فيحدث انحلال حراري للكيروجين، ومن ثَمّ ينتج النفط. وتُحفَر آبار عمودية لاستخراج النفط.

وتتميز طريقة المعالجة في الموقع مقارَنةً بتقنيات المعالجة التقليدية خارجَ الموقع بما يأتي: قدرتُها على استخراج مزيد من النفط الصخري؛ لأن الآبارَ قد تصل إلى أعماق أكبرَ، وحدوث عملية الانحلال الحراري للكيروجين

الرّبط بالكيمياء

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

أبحثُ:

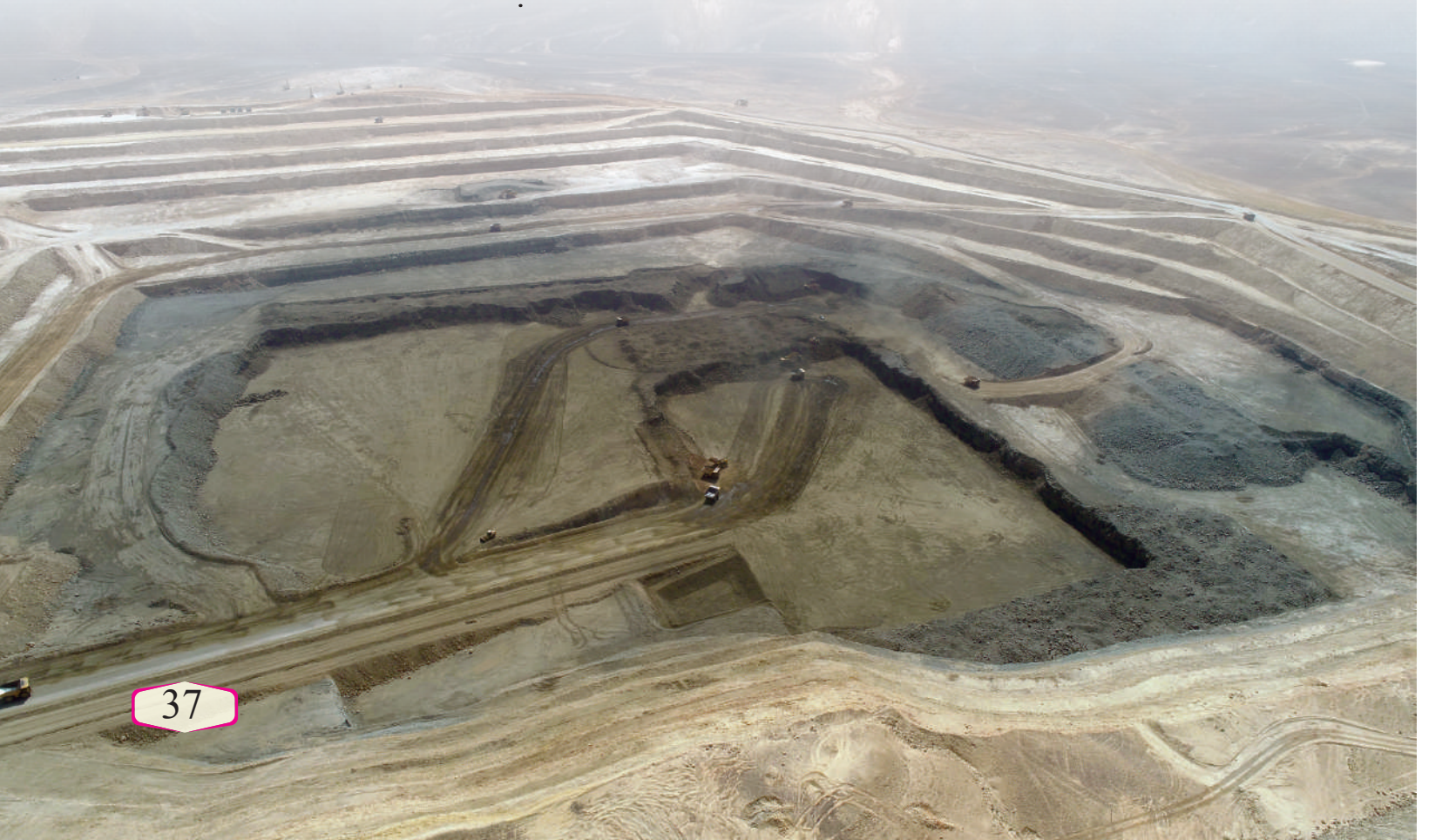
يُستخدَم اختبارُ فيشرَ Fischer Assay، وهو مقياس طوّره العالِمُ الألماني فرانز فيشر، لتقويم كفاية عمليات استخراج الصخر الزيتي، وذلك عبر تحديد قُدرة الصخر الزيتي على إنتاج النفط، أبحث عن هذا المقياس وأبيّن كيفية تحديد قدرة الصخر الزيتي في إنتاج النفط.

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.

المعالجة خارج الموقع Ex Situ Processing تتكوّن هذه الطريقة من ثلاث خُطوات رئيسة هي: استخراجُ الصخر الزيتي من موقعه أو ما يعرَفُ بالتعدين. أنظر الشكل (25)، ثم إعدادُ المادة الأولية من خلال تكسير الصخر الزيتي إلى قطَع صغيرة ، ثم المعالجَةُ الحرارية للمادة الأولية في أجهزة تقطيرٍ خاصّة عمودية أو أفقيةٍ يُسخَّن فيها الصخر الزيتي عند درجات حرارة تتراوح ما بين °C (520–480) فيحدث انحلال حراري لمادة الكيروجين وينتُج النفط الصخري.

وتتميز طريقة المعالجة في الموقع مقارَنةً بتقنيات المعالجة التقليدية خارجَ الموقع بما يأتي: قدرتُا على استخراج مزيد من النفط الصخري؛ لأن الآبارَ 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.

الشكل (25): يُستخرَج الصخر الزيتي في طريقة المعالَجة خارجَ الموقع من خلال عمليات التعدين السطحية ومن ثم يعالَج في أماكنَ أخرى.



إنتاج الكهرباء بطريقة الحَرْق المباشر

Electricity Production by Direct Burning

يُستخدَمُ الصّخرُ الزيتيّ في إنتاج الطاقة الكهربائية بالحرق المباشِر بشكل يشابه استخدامَ الفحم الحجري، حيث يُستخرَج الصخر الزيتي بطرائق التعدين السطحية، ومن ثَمّ يُكسَّر إلى قطَع صغيرة أو طحنُه، ثم يوضع الفتات الناتج في أفران خاصّة ويُحرَق، 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 1 ton من الصخر الزيتي يمكن أن تنتج 850 kWh من الكهرباء.

ويمثّل الجدول (3) مقارَنة بين الصخر الزيتي والفحم الحجري توضّح قدرة كلٍّ منهما على إنتاج الطاقة الحرارية بطريقة الحرق المباشر. يلاحَظُ أن كمية الطاقة التي نحصل عليها من حرق الفحم الحجري أكبرُ من الصخر الزيتي، ومع ذلك يُعَدُّ استخدامُ الصخر الزيتي وقودًا في إنتاج الطاقة الكهربائية بالحرق المباشر من الطرائق المستخدمة في العديد من الدول في العالم ومنها إستونيا.

أفكّرُ أيهما أقل تأثيرًا سلبيًّا على البيئة: استخدام الحرق المباشر للصخر الزيتي في توليد الكهرباء، أم استخدام النفط الصخري الناتج من معالجة الصخر الزيتي في توليد الكهرباء؟

✓ **أتحقّق:** أفسّر: لماذا تعد طريقة المعالجة في الموقع أفضل من تقنيات المعالجة خارج الموقع؟

الجدول (3): مقارنة بين الصخر الزيتي والفحم الحجري من حيث القدرة على إنتاج الطاقة الحرارية بالحرق المباشر.

الخاصية	الصخر الزيتي	الفحم الحجري
كمية المواد غير العضوية التي يحتويها	أكبر	أقل
زمن الاحتراق الكامل	أبطأ	أسرع
أعلى درجة حرارة تنتُج من الاحتراق	1080 K	2260 K
القيمة الحرارية (Heating Value)	7000 kJ/kg	29000 kJ/kg

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

أهمية استثمار الوقود الأحفوري

The Importance of Fossil Fuels Exploitation

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

✓ **أتحقّق:** أذكر فائدتين لاستثمار الوقود الأحفوري.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أحدّد ثلاث مناطقَ يوجد فيها الصخر الزيتي في الأردن.
2. **السبب والنتيجة:** أبين أسباب عدم تشكل النفط بكميات تجارية في صخور الأردن.
3. أوضّح كيفيّة تشكّل رمال القار في الأردن.
4. **أستنتج** أهمية تطوير حقل حمزةَ النفطي.
5. أذكر طرائق إنتاج النفط الصخري من الصخر الزيتي.
6. **أستنتج:** لماذا يُكسَّر الصخر الزيتي عند استخدامه لإنتاج النفط الصخري؟
7. **أطرح سؤالًا** تكون إجابته: «الصخر الزيتي».
8. **السبب والنتيجة:** لماذا تشكل الصخر الزيتي في صخور الأردن ولم يتشكل النفط بدلًا منه.
9. أوضح: كيف يمكن للصدوع التي تشكلت في الوادي المتصدّع في البحر الميت أن تؤثر في وجود النفط في المنطقة؟

الصناعات البتروكيماوية
The Petrochemical Industries

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 الفحـــمُ الحـــجري موادَّ خامٍ. ويُعَدُّ الغازُ المصاحب (وهو أحد أشكال الغاز الطبيعي الموجود في صخور الخزان مصاحبًا للنفط 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: الإثيلين والميثانول والبولي إيثيلين التي تدخل في معظم المجالات، ويستخدمُها الناس يوميًّا؛ فهي تدخل في صناعة الأدوية والأسمدة والأثاث، والدّهانات ومستحضرات التجميل، والأجهزة المنزلية والإلكترونيات وألواح الطاقة الشمسية وغيرها الكثير، وقد أولتْ معظم الدول اهتمامًا كبيرًا بهذا القطاع لأهميته في الاقتصاد الوطني.

ومع كلّ الفوائد التي توفّرها المواد البتروكيماوية، إلا أن تراكم بعضها يُعَدُّ خطرًا كبيرًا على البيئة خصوصًا 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 عن ذلك.

السؤال الأوّل:

أضعُ دائرةً حولَ رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. أي الصخور الآتيةِ مثالٌ على الصخور الخازنة؟
   أ - الغَضار.
   ب- الصخر الرملي.
   ج- الصخر الطيني.
   د - الغرانيت.

2. من خصائص مادة الكيروجين أنها:
   أ - توجد في الصخور الخازنة.
   ب- تذوب في المذيبات العضوية.
   ج- تتكوّن في صخور المصدر.
   د - تكوّنُ صخور الغِطاء.

3. أي العصور الجيولوجية الآتية تتبعُ لها الصخور الخازنة التي تحتوي على غاز الرّيشة؟
   أ - الأوردوفيشي. ب- الثلاثي.
   ج- الكريتاسي. د- البيرمي.

4. أي درجات الحرارة الآتية يمكن أن يتشكّل عندها النفط؟
   أ - 34 °C. ب- 210 °C.
   ج- 80 °C. د- 45 °C.

5. أي أنواع الوقود الأحفوري غير التقليدية يتكوّن من موادَّ هيدروكربونية عالية اللزوجة، ويكون في الحالة شِبهِ السائلة هو:
   أ - النفط. ب- الغاز الطبيعي.
   ج- الأسفَلت. د- الصخر الزيتي.

6. أي 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 بطرائق 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 بين (25-30) °C/km.

السؤال الثالث:

أُفسِّرُ كلًّا ممّا يأتي تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

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

ب- تكوُّنُ الصخر الزيتي في الأردن بكميات كبيرة بدلًا من تكوُّن النفط.

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

السؤال الرابع:

أبين سببَ تشكُّلِ أنواعٍ مختلفة من الفحم الحجري.

السؤال الخامس:

أقارن 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 على صخور الغطاء؟

السؤال السابع:

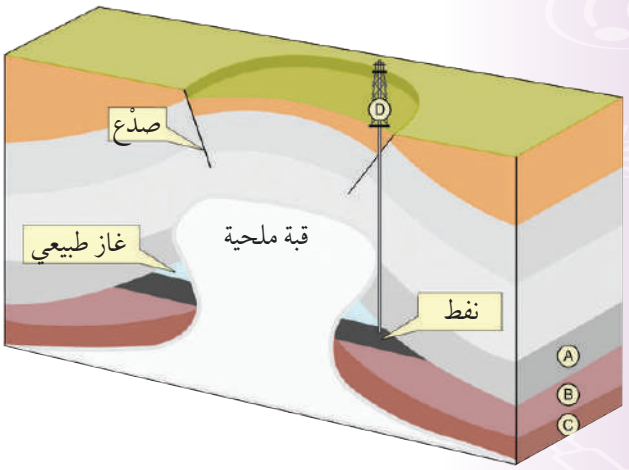
أقارن بين النفط والغاز الطبيعي من حيثُ درجةُ الحرارة المؤثّرة في مادة الكيروجين المكوّنة له.

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 في توليد الكهرباء، استخدامُ الصخر الزيتي أم الفحم الحجري؟

السؤال الثاني عشرَ:

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

السؤال الثالثَ عشرَ:

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

السؤال الرابعَ عشرَ:

أذكُر فائدتين إضافيّتين لمعالجة الصخر الزيتي ما عدا استخلاص النفطِ الصخري.

السؤال الخامسَ عشرَ:

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

السؤال السادسَ عشرَ:

أصوغ فرضية توضح أثر استمرار الترسيب فوق الطبقات التي كونت للصخر الزيتي في الأردن ملايينَ أخرى من السنين.

السؤال السابعَ عشرَ:

أُصدر حُكمًا على صحّةَ ما وردَ في العبارةِ الآتيةِ:

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

الوحدة 4

الزلازل والبراكين

Earthquakes and Volcanoes

قالَ تعالى:

﴿ ءَأَمِنتُم مَّن فِي ٱلسَّمَآءِ أَن يَخۡسِفَ بِكُمُ ٱلۡأَرۡضَ فَإِذَا هِيَ تَمُورُ ﴿١٦﴾ أَمۡ أَمِنتُم مَّن فِي ٱلسَّمَآءِ أَن يُرۡسِلَ عَلَيۡكُمۡ حَاصِبٗاۖ فَسَتَعۡلَمُونَ كَيۡفَ نَذِيرِ ﴿١٧﴾ ﴾

سورة الملك (الآيتان: 16-17)

أتأمّل الصّورة

تُعدّ البراكين ظاهرة طبيعية مذهلة تتجلّى في نشاطها بإطلاق الحمم البركانية والغازات من الفوهات البركانية، وهي جزء من العمليات الجيولوجية الداخلية التي تحدث في القشرة الأرضية. وقد يصاحب النشاط البركاني حدوث الزلازل أحيانًا.

فما البراكين؟ وما أنواعها؟ وما الزلازل؟ وما أسباب حدوثها؟

الفكرة العامّة

تُعدّ الزلازل والبراكين من أخطر الكوارث الطبيعية التي تؤثّر في حياة الإنسان وممتلكاته، وتغيّر معالم سطح الأرض.

الدرس الأول: الزلازل

الفكرة الرئيسة: تحدث الزلازل في صخور القشرة الأرضية وتختلف في قوّتها وتأثيرها في حياة الإنسان والبنية التحتية، ما يستدعي دراستها واتخاذ إجراءات وقائية فاعلة؛ لتقليل الخسائر وحماية الأرواح والممتلكات.

الدرس الثاني: البراكين

الفكرة الرئيسة: تتشكّل البراكين على سطح الأرض نتيجة اندفاع الماغما من باطنها، ويعتمد نوع البركان على خصائص تلك الماغما.

المخاطر وإدارة الأزمات

يُعدّ ثوران البراكين وحدوث الزلازل من أكثر الكوارث الطبيعية تدميرًا وتأثيرًا في البيئة والمجتمعات البشرية، وتتطلّب الاستجابة الفاعلة لمثل هذه الكوارث تحضيرات مستمرة وتنسيقًا عالي المستوى بين مختلف الجهات المَعنيّة؛ لضمان سلامة السكان، وتقليل الأضرار المدمّرة الناجمة عنها.

أصوغ فرضيتي: بالتعاون مع زملائي/ زميلاتي، أصوغ فرضيّة توضّح تأثير تزامن ثوران بركان وحدوث الزلازل في منطقة ما في المجتمعات والبنية التحتية.

أختبر فرضيتي:

أقرأ العبارات الآتية التي تمثّل ملخّصًا لبعض الدراسات العلمية ثم أجيب عن الأسئلة الآتية لاختبار فرضيتي.

1. **ثوران جبل ميرابي:** بدأت النشاطات البركانية في جبل ميرابي الذي يقع في إندونيسيا في نيسان 2006، وتسبّب ذلك في تدفّق حمم بركانية، وانهيارات أرضية، وانبعاثات كثيفة للرماد البركاني، ما أدّى إلى إجلاء ما يزيد على 22 ألف شخص من القرى المحيطة، وقُدّرت الخسائر البشرية بـ 2-3 قتلى وعدّة جرحى.
2. **زلزال يوجياكارتا:** وقع في أيّار 2006 بالقرب من يوجياكارتا بقوّة 6.3 درجات على مقياس ريختر، وقد أحدث دمارًا كبيرًا في البنية التحتية، وتسبّب في تدمير حوالي 154 ألف منزل، وأثّر تأثيرًا كبيرًا في المرافق العامة، ونجم عنه ما يزيد على 5700 حالة وفاة، وإصابة حوالي 37 ألف شخص، ونزوح ما يزيد 1.5 مليون شخص.
3. **ثوران بركان نيفادو ديل رويز، كولومبيا:** تسبّب هذا الثوران في انصهار الأنهار الجليدية على قمة البركان ما أدّى إلى حدوث تدفقات طينية، وتدمير واسع للمنازل والبنية التحتية، ونجم عنه حوالي 23 ألف حالة وفاة وإصابة الآلاف بجروح، وفقدان الآلاف من الممتلكات. وقد ارتبط الثوران البركاني بزلزال قويّ أدّى إلى تفاقم الوضع، فزادت الاهتزازات الأرضية من انهيارات التربة وتدفقات الطين، وتسبّب الزلزال في تعقيد جهود الإخلاء والإنقاذ.

1. أحدّد الأخطار التي تسبّبها البراكين على الممتلكات والبنية التحتية والأشخاص.
2. أحدّد الأخطار التي تسبّبها الزلازل على الممتلكات والبنية التحتية والأشخاص.
3. أحدّد الأخطار التي يسبّبها تزامن البراكين والزلازل على الممتلكات والبنية التحتية والأشخاص.

التحليل والاستنتاج:

1. **أضبط المتغيرات:** أحدّد المتغيّر المستقل والمتغيّر التابع.
2. **أستنتج** تأثير تزامن حدوث البراكين والزلازل في الممتلكات والبنية التحتية والأشخاص.
3. **أقترح** بعض قواعد السلامة العامة والأمان التي يجب اتباعها لإدارة مخاطر الزلازل قبل حدوثها وأثناء حدوثها.

الزلازل
Earthquakes

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

تحدث الزلازل في صخور القشرة الأرضية، وتختلف في قوّتها وتأثيرها في حياة الإنسان والبنية التحتية، ما يستدعي دراستها واتخاذ إجراءات وقائية فاعلة؛ لتقليل الخسائر وحماية الأرواح والممتلكات.

نتاجات التعلّم:

- أوضّح المقصود بكل من: الزلزال، والارتداد المرن، وبؤرة الزلزال، والمركز السطحي للزلزال، والموجات الزلزالية.
- أفسّر آلية حدوث الزلزال تبعًا لنظرية الارتداد المرن.
- أقارن بين أنواع الموجات الزلزالية المختلفة.
- أتعرّف أجزاء محطة رصد الزلازل، وآلية عملها.
- أميّز قوّة الزلزال وشدّته.
- أتعرّف زلزالية الأردن.
- أصف قواعد السلامة العامة والأمان عند حدوث زلزال.

المفاهيم والمصطلحات:

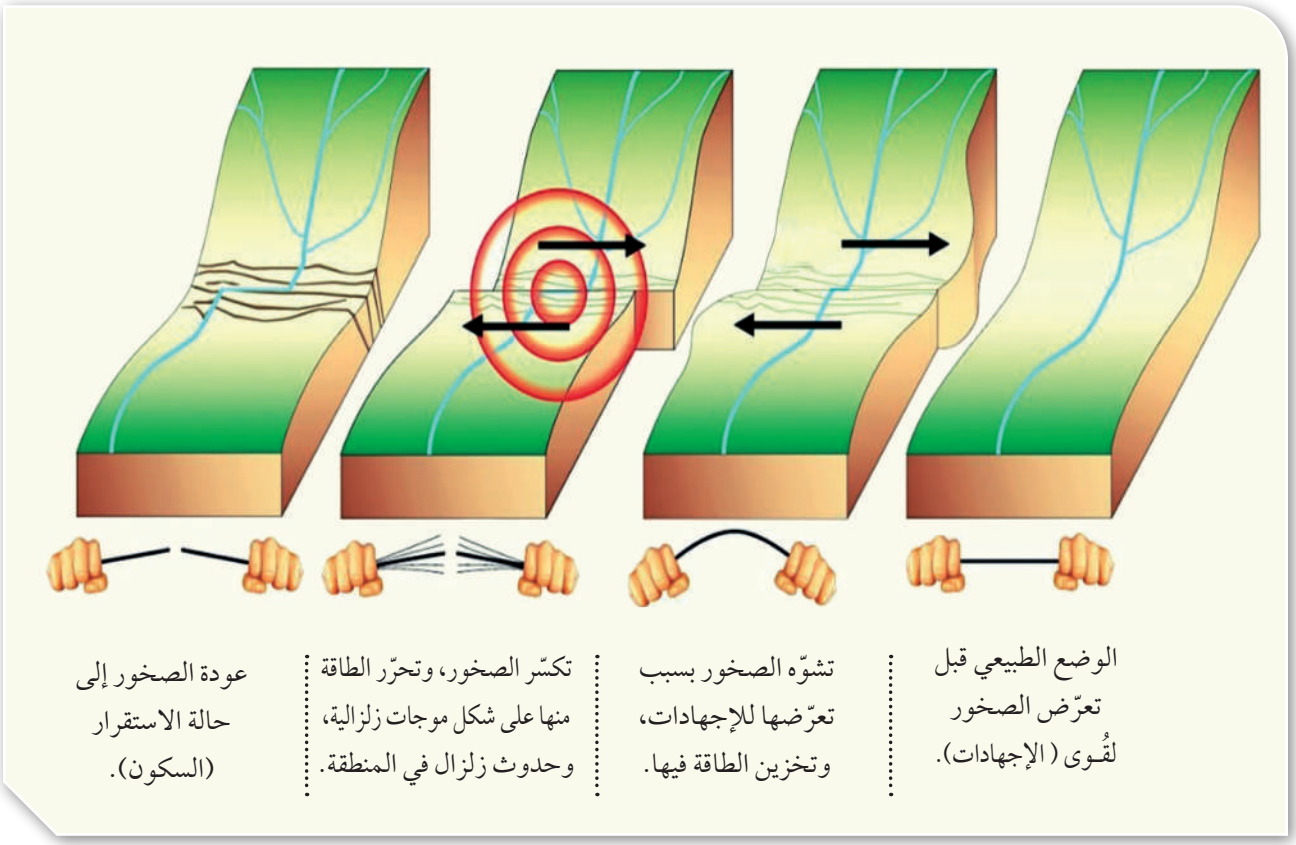
الزلازل	Earthquake
بؤرة الزلزال	Focus
المركز السطحي للزلزال	Epicenter
الموجات الزلزالية	Seismic Waves
الموجات الأولية	Primary Waves
الموجات الثانوية	Secondary Waves
قوة الزلزال	Magnitude
شدة الزلزال	Intensity

ما هو الزلزال؟ What is an Earthquake?

نسمع كثيرًا عن زلازل تحدث حولنا في مناطق مختلفة في العالم، وتُعدّ الزلازل من أخطر الكوارث الطبيعية التي تحدث على سطح الأرض؛ إذ يمكن أن تُحدث تغيّرات كبيرة في شكل سطح الأرض، وتسبّب دمارًا وأضرارًا جسيمة. قد تحدث الزلازل في مناطق محدّدة بصورة دورية، وقد تحدث في مناطق أخرى بصورة مفاجئة. فما الزلزال؟ وما آلية حدوثه؟ وما قواعد السلامة العامة والأمان التي يجب اتّخاذها عند حدوثه؟

يعرّف **الزلزال Earthquake** بأنه اهتزاز مفاجئ وسريع لسطح الأرض، ناتج من تحرّر مفاجئ للطاقة المُختزَنة في الصخور التي تقع تحت سطح الأرض نتيجة كسرها (حدوث صدع فيها). ويُطلَق على النقطة التي تتحرّر منها الطاقة المُختزَنة في الصخور وتنتشر في جميع الاتجاهات في باطن الأرض **بؤرة الزلزال Focus**، في حين تُعرف النقطة التي تقع على سطح الأرض فوق بؤرة الزلزال مباشرة **بالمركز السطحي للزلزال Epicenter**،أنظر الشكل (1).

الشكلُ (1): بؤرة الزلزال، والمركز السطحي الذي يقع مباشرة فوقها على سطح الأرض.



آلية حدوث الزلازل:

فسّرت نظرية الارتداد المرن **The Elastic Rebound Theory** التي وضعها عالم الزلازل الأمريكي هاري فيلدينغ ريد بعد زلزال سان فرانسيسكو عام 1906م الآليةَ التي تحدث فيها الزلازل، إذ تتعرّض صخور القشرة الأرضية مع الزمن لقُوى (إجهادات) مختلفة تسبّب تخزين كمية كبيرة من الطاقة فيها على شكل طاقة كامنة، وتعمل هذه القُوى على تشويه الصخور وتغير شكلها، وعندما تصبح كمية الطاقة المُختزَنة فيها أكبر من قدرة تحمّلها فإنها تنكسر وتتحرّك على مستوى الكسر، فتتحرّر الطاقة المُختزَنة فيها على شكل موجات زلزالية تنتشر في الاتجاهات كافّة، ثم تعود الصخور بعد ذلك إلى حالة الاستقرار(السكون) دون عودتها إلى شكلها الأصلي الذي كانت عليه، أنظر الشكل (2).

✓ **أتحقّق:** أحدّد متى تنكسر الصخور في باطن الأرض وتتحرّر الطاقة الكامنة المُختزَنة فيها.

الشكل (2): آلية حدوث الزلزال وفقًا لنظرية الارتداد المرن.

أوضّح آلية حدوث الزلازل وفقًا لنظرية الارتداد المرن.

أبحثُ:

أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها الإنترنت، أبحثُ عن الإجهادات التي تتعرّض لها صخور القشرة الأرضية، وأنواعها، وأعرض نتائج بحثي أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

الموجات الزلزالية Seismic Waves

تعلّمت سابقًا أن الطاقة المُختزَنة في الصخور تتحرّر منها عندما تفوق قدرةَ الصخر على تحمّلها على شكل **موجات زلزالية Seismic Waves**، وتُعرّف الموجات الزلزالية على أنها اضطراب يحدث في باطن الأرض ينقل الطاقة المتحرّرة من بؤرة الزلزال في باطن الأرض وسطحها على شكل اهتزازات في جميع الاتجاهات.

الموجات الجسمية Body Waves

تُسمّى الموجات الزلزالية التي تنتقل في باطن الأرض الموجات الجسمية، وتُقسَم إلى قسمين، هما:

الموجات الأولية Primary Waves ويُرمَز إليها بالرمز (P)، **والموجات الثانوية Secondary Waves** ويُرمَز إليها بالرمز (S)، وينتقل كل نوع من هذه الموجات الزلزالية الجسمية عبر طبقات الأرض الداخلية بسرعة مختلفة تعتمد على حالة الوسط الذي تنتقل عبره.

الموجات الأولية Primary Waves

هي موجات طولية تهتزّ فيها جسيمات الوسط مع اتجاه انتشار الموجة، وتنتقل عبر الأوساط الصلبة والسائلة والغازية، وتُعدّ أسرع الموجات الزلزالية، وسُمّيت الموجات الأولية؛ لأنها أولى الموجات الزلزالية التي تسجّلها أجهزة قياس الزلازل في محطات الرصد الزلزالي.

الموجات الثانوية Secondary Waves

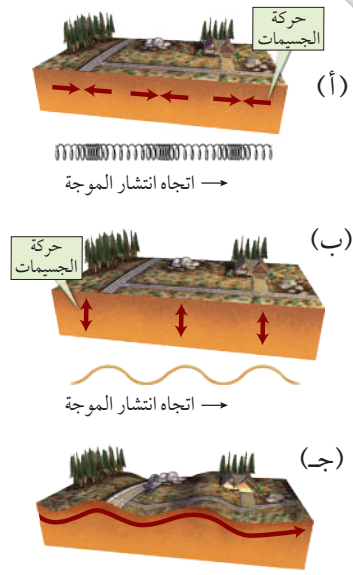
هي موجات مستعرضة تهتزّ فيها جسيمات الوسط بشكل متعامد مع اتجاه انتشار الموجة، وتنتقل عبر الأوساط الصلبة فقط، وهي ثاني أسرع الموجات الزلزالية؛ إذ تُسجَّل في محطات الرصد الزلزالي بعد الموجات الزلزالية الأولية، أنظر الشكل (3).

الموجات السطحية Surface Waves

تُسمّى الموجات الزلزالية التي تنشأ وتتحرّك بالقرب من سطح الأرض الموجات السطحية، وهي أبطأ الموجات الزلزالية، إلّا أنها أخطرها؛ بسبب سعتها الكبيرة، وبطء تلاشيها مقارنة بالموجات الجسمية، ولقربها من سطح الأرض، إذ تسبّب دمارًا كبيرًا في المباني والمنشآت، أنظر الشكل (3).

✓ **أتحقّق:** أقارن بين الموجات الجسمية والموجات السطحية من حيث أماكن انتشارها.

أفكّرُ أفترض أن زلزالًا حدث في منطقتين متجاورتين؛ إحداهما تعرّضت لأضرار كبيرة، والأخرى لم تتأثّر كثيرًا. كيف يمكن أن يُفسَّر هذا الاختلاف في الأضرار بناءً على أنواع الموجات الزلزالية، وطبيعة التربة في كلا المنطقتين؟



الشكل (3): الموجات الزلزالية:
أ) الموجات الأولية
ب) الموجات الثانوية
جـ) الموجات السطحية.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker)، أبيّنُ فيه كيفية اهتزاز الموجات الطولية والموجات المستعرضة ثمّ أشاركُه زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

التّجربة 1

نمذجة الموجات الزلزالية

تُقسَم الموجات الزلزالية اعتمادًا على اهتزاز جسيمات الوسط أثناء انتقال الطاقة نسبة إلى اتجاه انتشار الموجة إلى قسمين، هما: الموجات الطولية (الأولية)، والموجات المستعرضة (الثانوية).

إرشادات السلامة:

- التأكّد من خلوّ مكان العمل من العوائق؛ تجنّبًا للتعثّر أو السقوط.
- استخدام الحبل والنابض الزنبركي بحذر؛ تجنّبًا لإيذاء نفسي أو الآخرين.

المواد والأدوات:

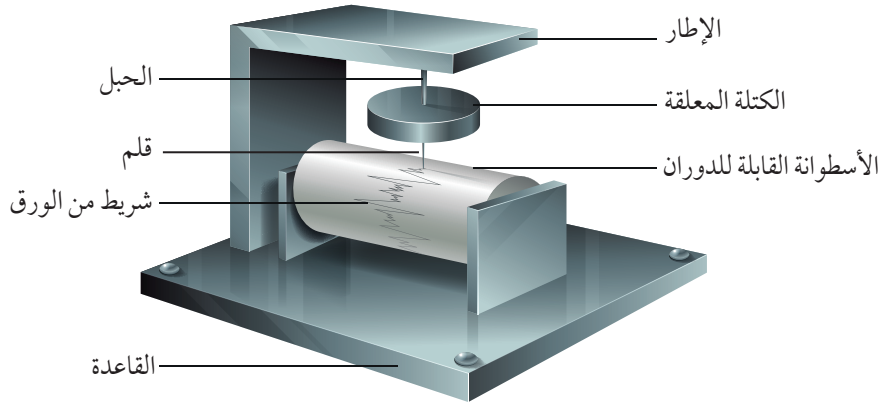
حبل طويل، نابض زنبركي طويل، طباشير ملوّنة، مسطرة خشبية طويلة.

خطوات العمل:

1. أختار مكانًا مناسبًا لتنفيذ التجربة مثل ساحة المدرسة، وأحرص على أن يكون المكان مستويًا وخاليًا من العوائق.
2. أرسم سهمًا على سطح الأرض باستخدام الطباشير الملوّنة والمسطرة، وأحدّد بدايته ونهايته ليمثّل اتجاه انتشار الموجة.
3. أمسك أحد طرفي الحبل، ويمسك زميلي/ زميلتي الطرف الآخر، وأجعله مشدودًا، ولكن ليس بشكل زائد بحيث يكون موازيًا للسهم الذي رسمته في الخطوة رقم (2).
4. أحرّك يدي بسرعة عموديًّا (أعلى وأسفل) لإحداث موجة في الحبل.
5. ألاحظ الموجة التي تنتقل عبر الحبل، ثم أدوّن ملاحظاتي.
6. أكرّر الخطوة (3) ولكن باستخدام النابض الزنبركي.
7. أدفع طرف النابض الزنبركي للأمام والخلف (في اتجاه طول النابض الزنبركي) بسرعة.
8. ألاحظ الموجة التي تنتقل عبر النابض الزنبركي بشكل طولي، ثم أدوّن ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أصف:** كيف انتقلت الطاقة في كل من الحبل والنابض الزنبركي؟
2. **أصف** اهتزاز جسيمات الحبل بالنسبة إلى اتجاه انتشار الموجة.
3. أوضّح: هل يشبه اهتزاز جسيمات النابض الزنبركي بالنسبة إلى اتجاه انتشار الموجة اهتزاز الجسيمات في الحبل؟
4. **أفسّر:** تُسمّى الموجات المستعرضة موجات القصّ، في حين تُسمّى الموجات الطولية موجات الضغط.
5. **أرسم** مخططًا يوضّح الفرق بين الموجات الطولية والموجات المستعرضة أبيّن فيه اتجاه اهتزاز الجسيمات فيها واتجاه انتشار الموجة.



الشكل (5): جهاز السيزموغراف المستخدم في تسجيل الموجات الزلزالية المسبّبة للزلزال.

أذكر مكوّنات جهاز السيزموغراف.

محطة الرصد الزلزالي Seismic Monitoring Station

تُعدّ محطة الرصد الزلزالي مُنشأة متخصصة لتسجيل الموجات الزلزالية المسبّبة للزلازل باستمرار وتحديد مواقعها، وتساعد على معرفة قوّتها، وقد تسهم أحيانًا في الإنذار عن زلازل كبيرة؛ ما يساعد على مواجهة أخطار الزلازل والتصدي لها.

تحتوي محطة الرصد الزلزالي على مجموعة من الأجهزة والأدوات، منها جهاز السيزموغراف.

ويعرّف جهاز السيزموغراف على أنه جهاز يسجّل الموجات الزلزالية على شريط ورقي يُسمّى المخطط الزلزالي (السيزموغرام) على شكل رسم بياني يتضمن معلومات مهمة لتحليل النشاط الزلزالي.

ويتكوّن جهاز السيزموغراف من كتلة معلّقة متصلة بإطار بواسطة زنبرك أو حبل، وقلم متصل بها يوضَع طرفه على أسطوانة قابلة للدوران يلتفّ حولها شريط من الورق، وبينما تدور الأسطوانة ببطء يرسم القلم خطًّا مستقيمًا على الورقة، ولكن عند حدوث الزلزال تسبّب الموجات الزلزالية اهتزاز الأسطوانة مع حدوث حركة قليلة في الكتلة المعلّقة والقلم؛ لذا يبقى القلم في مكانه ويسجّل اهتزازات تلك الموجات الزلزالية، أنظر الشكل (5).

الربطُ بالفيزياءِ

وفقًا لمبدأ القصور الذاتي للأجسام الذي نصّه: «كل جسم يقاوم أي تغيير في حركته سواء كان الجسم متحركًا أو ساكنًا»، فإن الكتلة المعلّقة في جهاز السيزموغراف تقاوم الحركة المفاجئة أثناء حدوث الزلزال، وتمنع حركة القلم المثبّت في طرفه، في حين تهتزّ الأسطوانة بحدوث الزلزال محرّكة الورقة معها.

أبحثُ:

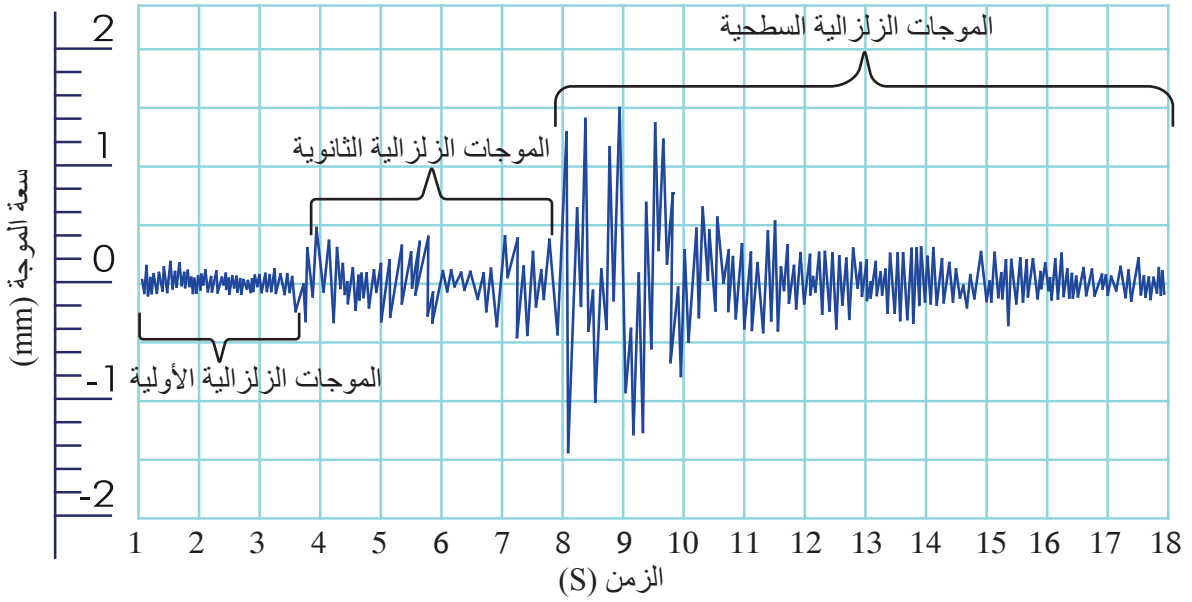
أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها الإنترنت، أبحثُ عن مجموعة الأجهزة والأدوات التي توجد في محطة الرصد الزلزالي، ثم أعرض نتائج بحثي أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

نشاط

قراءة المخطط الزلزالي

يُعدّ المخطط الزلزالي (السيزموغرام) تمثيلًا بيانيًّا للتسجيلات الزلزالية الناتجة من الموجات الزلزالية أثناء حدوث الزلازل، ويُستخدَم هذا المخطط لدراسة النشاط الزلزالي وتحليله. فما البيانات التي يمكن الحصول عليها عن طريق هذا المخطط؟

أدرس الشكل الآتي الذي يمثّل المخطط الزلزالي، ثم أجيب عمّا يليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد أنواع الموجات الزلزالية التي يسجّلها المخطط الزلزالي.
2. **أستنتج** زمن وصول كل موجة من الموجات الزلزالية إلى محطة الرصد الزلزالي.
3. **أستخدم الأرقام:** أحسب الفرق بين زمن وصول الموجات الزلزالية الأولية وزمن وصول الموجات الزلزالية الثانوية إلى محطة الرصد الزلزالي.
4. **أرتّب** الموجات الزلزالية حسب سعتها.
5. **أتوقّع:** علام تدل سعة الموجة الزلزالية؟

تمكّن دراسة المخطط الزلزالي من تعرّف الوقت الذي تستغرقه الموجات الزلزالية للوصول إلى جهاز السيزموغراف، ما يساعد على تحديد موقع المركز السطحي للزلزال. وتدل سعة الموجة الزلزالية على مقدار الاهتزاز الذي يسجّله الجهاز، ويُستخدَم في تقدير قوّة الزلزال التي تُعدّ مؤشّرًا على شدّة الدمار الناجم عنه.

شدّة الزلزال وقوّته Magnitude and Intensity of Earthquake

تعلّمت سابقًا أن الزلازل تحدث نتيجة تعرض صخور القشرة الأرضية لقُوى تتسبب في تخزين الطاقة فيها، وأن هذه الطاقة تتحرّر من تلك الصخور على شكل موجات زلزالية عندما تنكسر. يُسمّى مقدار الطاقة المتحرّر من الصخور عند كسرها **قوّة الزلزال Magnitude**، وتُقاس بمقياس ريختر، وهو مقياس لوغاريتمي يعتمد على حساب اللوغاريتم لأكبر سعة للموجات الزلزالية المسجّلة بواسطة جهاز السيزموغراف، وتمثّل كل وحدة على مقياس ريختر زيادة في الطاقة المحرّرة من الصخور بمقدار 32 مرة تقريبًا عن الدرجة التي تسبقها. وتدلّ قوّة الزلزال غالبًا على الآثار التدميرية التي يسبّبها الزلزال في المناطق المختلفة.

ويُستخدَم مقياس ميركالي لتقييم **شدّة الزلزال Intensity** التي تشير إلى الأضرار الواقعية الناجمة عن الزلزال على سطح الأرض وعلى البشر والمباني والمنشآت والبيئة والكائنات الحية فيها؛ أي يصف هذا المقياس مقدار الدمار الذي يسبّبه الزلزال. يتكوّن مقياس ميركالي من 12 درجة، تُعبّر كل درجة عن مستوى مختلف من الشدّة ومدى شعور الأشخاص به، أنظر الجدول (1).

أفكّرُ أحسب: كم مـرّة تزيـد الطاقة المتحرّرة لزلزال بقوّة 7.0 مقارنةً بزلزال بقوّة 5.0؟

أتحقّـق: أقـارن بين قـوّة الزلزال وشدّته.

الجدول (1) : مقياس ميركالي المعدل (Modified Mercalli Intensity Scale - MMI)

شدة الزلزال	وصف تأثير الزلزال
I	لا يشعر به الأشخاص، ويسجَّل بواسطة أجهزة قياس الزلزال.
II	يشعر به بشكل طفيف بعض الأشخاص المستريحين، خاصة من يكونون في الطوابق العليا من المباني.
III	يشعر به الأشخاص بوضوح داخل المباني.
IV	يشعر به الأشخاص بوضوح داخل المباني، إذ تهتزّ الأبواب والنوافذ، وقد تحدث اهتزازات خفيفة للمفروشات.
V	يشعر به جميع الأشخاص في داخل المباني، وبعض الأشخاص خارجها. قد يتمايل الأثاث وتتساقط الأشياء الصغيرة.
VI	يشعر به جميع الأشخاص داخل المباني وخارجها. يتمايل الأثاث، وقد تحدث أضرار طفيفة في المباني.
VII	يشعر به جميع الأشخاص داخل المباني وخارجها، وتحدث أضرار طفيفة إلى متوسطة في المباني، وقد تتضرّر بعض المباني الضعيفة.
VIII	تحدث أضرار كبيرة في المباني الضعيفة، أما المباني القوية فتتعرض لأضرار طفيفة إلى متوسطة.
IX	تحدث أضرار جسيمة في المباني، فقد تنهار بعض المباني الضعيفة، أمّا المباني القوية فتتعرض لأضرار كبيرة.
X	تتعرض معظم المباني لأضرار جسيمة أو تنهار، ويُمكن أن تتعرّض البنية التحتية لأضرار كبيرة.
XI	تدمير واسع النطاق، وقليل من المباني تقاوم الزلزال.
XII	تدمير شامل، فتنهار المباني، وتحدث تغيّرات جذرية في شكل سطح الأرض وطبوغرافيتها.

أين تحدث الزلازل؟ Where Do Earthquakes Occur?

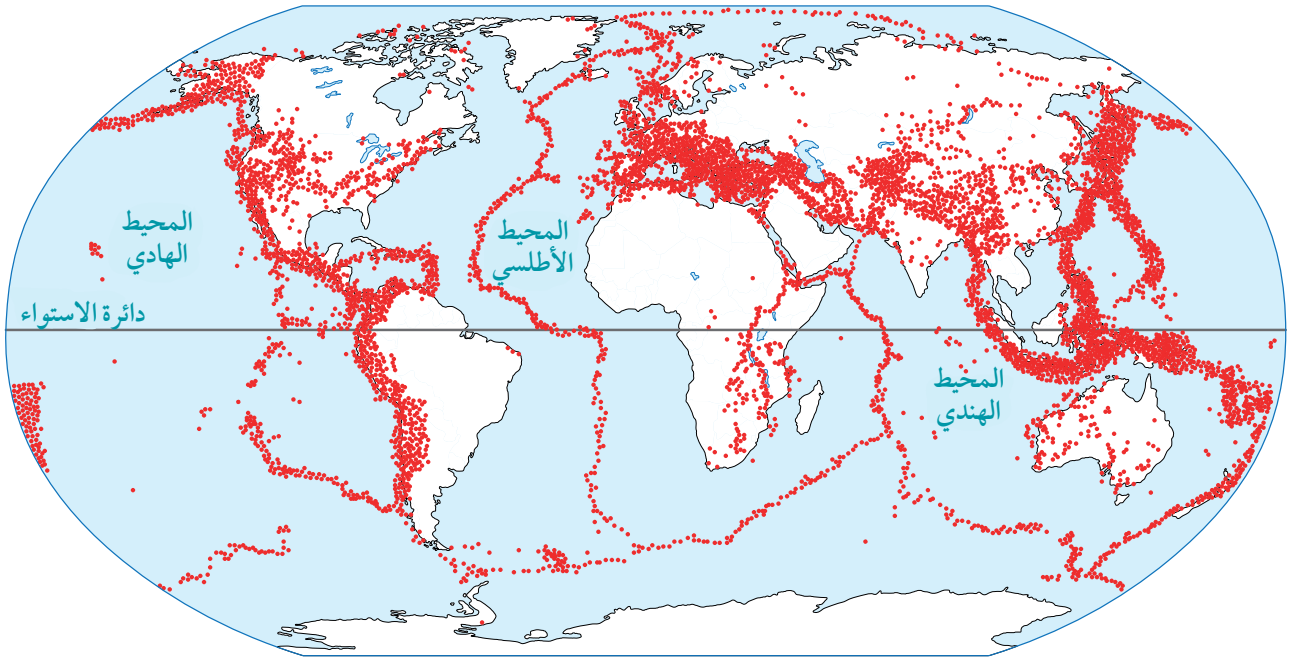
تحدث معظم الزلازل بالقرب من حواف الصفائح الأرضية في ما يُعرَف بأحزمة الزلازل، إذ تتحرّك الصفائح الأرضية ببطء فوق الغلاف المائع في اتجاهات مختلفة وبسرعات متفاوتة؛ ونتيجة لهذه الحركة قد تتقارب الصفائح الأرضية بعضها من بعض، وقد تتباعد بعضها عن بعضها، وقد تتحرّك حركة جانبية نسبة إلى بعضها بعضًا.

تؤدي حركة الصفائح الأرضية المختلفة إلى تراكم القُوى عند حوافها على شكل طاقة كامنة تُفضي إلى تكسّر الصخور فيها، وتحرّر الطاقة منها على شكل موجات زلزالية تسبّب حدوث زلازل تُسمّى الزلازل التكتونية، أنظر الشكل (6).

ويمكن أن تحدث الزلازل بعيدًا عن حواف الصفائح الأرضية؛ نتيجة الأنشطة البركانية، إذ تؤدّي حركة الماغما في باطن الأرض إلى تكسّر الصخور وتحرّر الطاقة المُختزَنة فيها على شكل زلازل تُسمّى الزلازل البركانية.

✓ **أتحقّق:** أوضّح سبب حدوث الزلازل عند حواف الصفائح الأرضية.

أفكّر **السبب والنتيجة:** بُنِي سد «كوينا» في إحدى ولايات الهند في عام 1962م، ومُلِئ بالمياه في عام 1963م، وفي عام 1967م وقع زلزال بقوّة 6.3 درجات في المنطقة بالقرب من السدّ. أفسّر ذلك.



الشكل (6): تتوزّع الزلازل في العالم عند حواف الصفائح الأرضية.

وضع الأردن الزلزالي Jordan's Seismic Situation

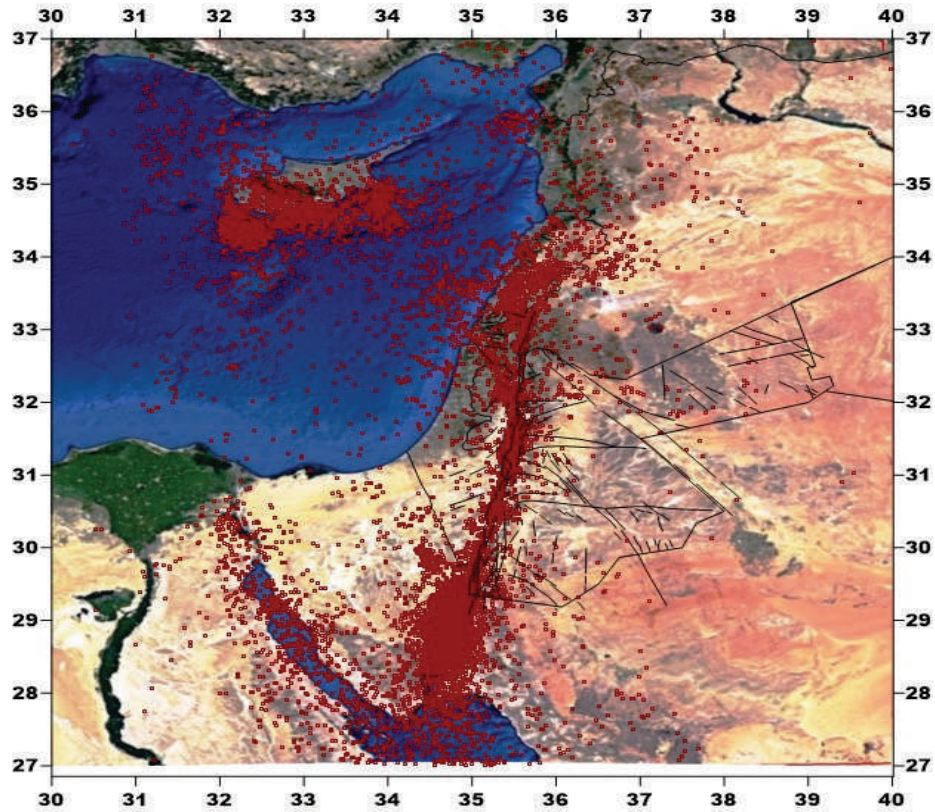
تقع المملكة الأردنية الهاشمية في نطاق الصفيحة العربية التي تتحرّك نحو الشمال الشرقي والتي تحدّها ثلاثة حدود حركية نشطة، أحدها حد زاغوس التقاربي؛ وهو حد زلزالي نشط، والحد الآخر هو حد البحر الأحمر وخليج عدن التباعدي؛ وهو حد تكوّن نتيجة انفصال الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية، والحد الثالث حد خليج العقبة والبحر الميت التحولي؛ وهو حد زلزالي نشط يقع خليج العقبة في طرفه الجنوبي ويبلغ طوله 1000 km.

بصورة عامة وبالاعتماد على حركة الصفائح فإن النشاط الزلزالي يتركّز في الأردن على امتداد حدود الصفيحة العربية في منطقة خليج العقبة، وعلى طول صدع البحر الميت التحويلي الأردني، وتدل الدراسات الزلزالية على أن وسط الأردن وشرقه هما أقل المناطق نشاطًا، أنظر الشكل (7) الذي يبيّن توزيع الأنشطة الزلزالية للمنطقة (حسب سجل مرصد الزلازل الأردني خلال الفترة الزمنية 1983-2023م)، فقد رُصِدت أكثر من 13000 هزة تراوحت مقاديرها ما بين 2 درجة إلى 6.25 درجات على مقياس ريختر Richter المفتوح، ومعظمها في منطقة حدود الصفيحة العربية وضمن نطاق صدع البحر الميت.

أبحثُ:

أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها الإنترنت، و أبحثُ عن الأضرار التي يمكن أن يسبّبها حدوث الزلازل، ثمّ أُعدّ عرضًا تقديميًّا للنتائج التي أحصل عليها، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

✓ **أتحقّق:** أصف الوضع الزلزالي في الأردن.



الشكل (7): توزيع الأنشطة الزلزالية للمنطقة حسب سجل مرصد الزلازل الأردني خلال الفترة الزمنية 1983-2023 م.

شهدت المنطقة على مرّ التاريخ سلسلة من الزلازل تراوحت مقاديرها ما بين (4.0-6.25) درجات على مقياس ريختر، وتشير بعض الدراسات إلى أن حوالي 70% من هذه الزلازل سُجِّلت في منطقة البحر الميت، في حين سُجِّل 30% منها في منطقة خليج العقبة.

ومن هذه الزلازل: زلزال وادي الأردن المدمّر الذي حدث في عام 1927م وبلغت قوّته 6.2 درجات على مقياس ريختر، ونجمت عنه أضرار مادية وبشرية تمثّلت بثلاثمئة حالة وفاة في الأردن وحوالي خمسمئة حالة وفاة في الضفة الغربية، علاوة عن الأضرار في المباني وانهيار بعضها. ورُصِد ما يزيد على 1200 زلزال تراوحت مقاديرها ما بين 3.5-6.0 درجات، ومعظمها رُصِد على امتداد أخدود البحر الأحمر وخليج العقبة في فترة الثمانينات والتسعينات الميلادية، منها 136 زلزالًا في خليج العقبة فقط تراوحت مقاديرها ما بين 4.0-6.0 درجات.

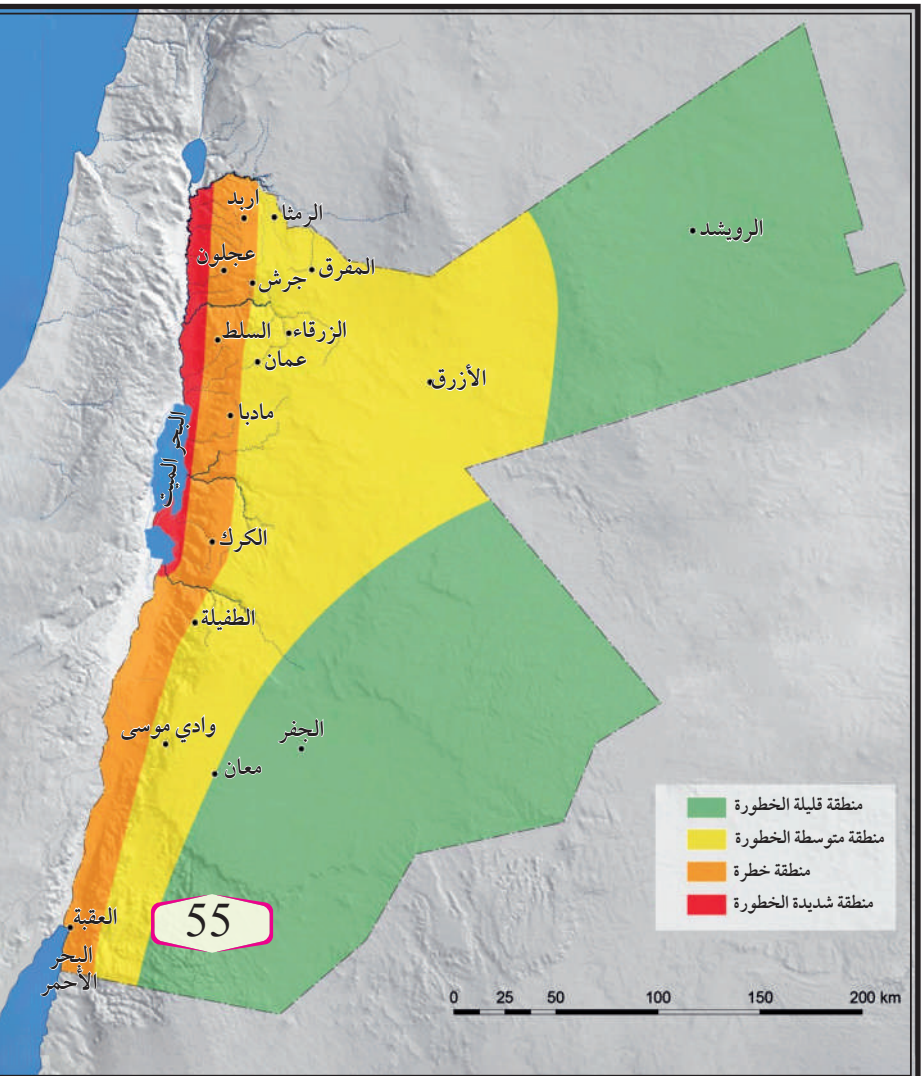
ومن الزلازل أيضًا: زلزال العقبة الذي حدث في عام 1995م وبلغت قوّته 6.25 درجات على مقياس ريختر، وسبّب حدوث تشققات في جدران بعض المباني والشوارع، ولم يسبّب حدوث وفيات. وشهدت منطقة شمال شرق البحر الميت زلزالًا في عام 2004م بلغت قوته 4.9 درجات على مقياس ريختر، وقد سبّب حدوث تشقّقات في بعض المباني المجاورة للمنطقة، ولم يسبّب حدوث وفيات. وتشير المعلومات التاريخية والجيولوجية المتوفرة عن المنطقة إلى أن القوّة الزلزالية القصوى المتوقّعة في الأردن قد تصل إلى (7.2-7.4) درجة على مقياس ريختر، وبناء على ذلك نُفّذت دراسات عديدة تتعلّق بتقييم الخطر الزلزالي وآثاره في مناطق ومدن أردنية عديدة، وأنتجت الجمعية العلمية الملكية خريطة الخطورة الزلزالية في الأردن عام (2022) بالتعاون مع مجلس البناء الوطني التابع لوزارة الأشغال العامة والإسكان؛ للتقليل من الأخطار الناجمة عن الزلازل، أنظر الشكل (8).

أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها الإنترنت، وأبحث عن الأضرار التي يمكن أن يسبّبها حدوث الزلازل، ثم أعرض ما أتوصّل إليه على زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

✓ **أتحقّق:** أصف الوضع الزلزالي في الأردن.

الشكل (8): خريطة الخطورة الزلزالية.

أحدّد المناطق التي تتميّز بخطورة زلزالية كبيرة.



الزلزال وقواعد السلامة العامة والأمان

Earthquake and the General Safety and Security Rules

ينبغي قبل حدوث الزلازل اتباع مجموعة من القواعد الأساسية على مستوى الأفراد ومؤسسات الدولة؛ للحفاظ على السلامة العامة والأمان، والتقليل من الأضرار التي يمكن أن تُحدثها الزلازل، منها:

- تعزيز البنية التحتية بحيث تُصمَّم المباني والجسور والأنفاق والسدود بمعايير مقاومة للزلازل، مع الأخذ في الحسبان تجنّب البناء في المناطق ذات الخطورة العالية.
- تجهيز فرق الطوارئ، وتدريبها على التعامل الفاعل والسريع مع الآثار الناجمة عن الزلزال.
- تحديد أماكن إيواء آمنة للتجمّع، سواء في المنزل على مستوى الأفراد، أو خارجه على مستوى المنطقة.
- التأكّد من تثبيت الأثاث والأجهزة الكهربائية في المنزل بإحكام.
- تجهيز حقيبة طوارئ تحتوي على المياه والطعام والأدوية، والأغراض الأساسية للبقاء مدة تصل إلى 72 ساعة، مثل: البطانيات، والمصباح، والبطاريات، والمذياع.
- عمل محاكاة حقيقية لحدوث زلزال مفاجئ، وتنفيذ تجارب إخلاء في المنزل، والمدرسة، ومكان العمل.

أما أثناء حدوث الزلزال، فينبغي اتباع مجموعة من القواعد للحفاظ على سلامة الأفراد والتقليل من الخسائر البشرية، منها:

- المحافظة على الهدوء أثناء حدوث الزلزال؛ فالتوتّر وعدم التصرف السليم ينعكسان على سوء إدارة الموقف، ما يسبّب زيادة أعداد الخسائر الناجمة عن الزلزال.
- ينبغي في حال وقع الزلزال وقت وجود الشخص في المنزل البقاءُ في الداخل والاختباء تحت الأثاث الثقيل، مثل المكاتب أو الطاولات، والابتعاد عن الزجاج، وعدم استخدام الشموع أو أي مصدر لهب مفتوح خلال الزلزال أو بعده.
- ينبغي في حال وقع الزلزال والشخص خارج المنزل الابتعادُ عن المباني والكوابل، والتوجّه نحو المناطق الخالية حتى يتوقّف الاهتزاز.

الربطُ بالهندسةِ

لعلم الهندسة وفروعها دور مهمّ في تقليل تأثير الزلازل على البنية التحتية. إذ يُعتمَد على الهندسة المدنية في تصميم المباني المقاومة للزلازل، ما يضمن سلامتها واستدامتها خلال حدوث الزلزال. وتعتمد الهندسة الجيوتقنية على دراسة خصائص التربة والصخور؛ لتحديد المواقع المناسبة للبناء، وتقليل مخاطر الانهيارات الأرضية.

- ينبغي في حال حدوث الزلزال أثناء وجود الشخص في سيارة التوقّف فورًا في موقف آمن والبقاء داخل السيارة، إذ توفّر السيارة حماية جيدة أثناء حدوث الزلزال، مع تجنّب المرور خلال الأنفاق أو تحت الجسور أو فوقها.

أما بعد وقوع الزلزال فينبغي اتباع مجموعة من قواعد السلامة، منها:

- فتح الشبابيك وإغلاق صمامات الغاز عند شمّ رائحة للغاز في المنزل، ويجب مغادرة المنزل لحين التأكد من خلوّه من الغاز.
- البقاء على تواصل مع المجتمع المحلي عن طريق المذياع أو التلفاز (إذا سمحت الظروف بذلك)؛ للاستماع لآخر التقارير والمعلومات الطارئة الموثوقة من مصدرها.
- عدم الخروج من المنزل أو مكان الإيواء لعمل جولة استكشافية في مكان حدوث الزلزال.
- البقاء خارج البنايات المدمَّرة بشدّة؛ لأن الهزّات اللاحقة قد تؤدي إلى انهيارها بالكامل.
- إذا كان المنزل في حالة إنشائية سيئة وقد ينهار، فيجب على الشخص الخروج منه بحذر شديد، وتجنّب سقوط حائط السقف عليه أثناء ذلك.
- الاستعداد لزلازل لاحقة بعد حدوث الزلزال الرئيس (الزلازل الارتدادية)، فقد تسبّب هذه الزلازل سقوط أجزاء من المباني المتأثرة بالزلزال الرئيس؛ لذا يجب إزالة الأنقاض والأجزاء الآيلة للسقوط، أنظر الشكل (9).

أبحثُ:

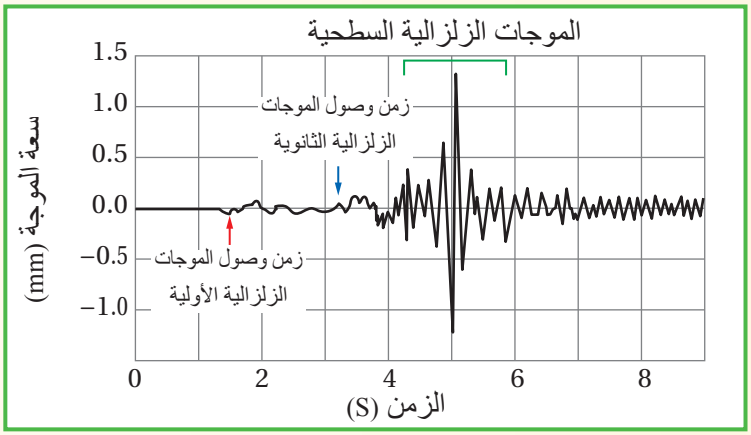
أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها شبكة الإنترنت، وأبحث عن مزيد من قواعد السلامة العامّة والأمان التي يجب التقيد بها قبل حدوث الزلزال وأثناءه وبعده، ثم أعرض ما أتوصّل إليه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أتحقّق: أذكر ثلاثًا من قواعد السلامة العامة والأمان يجب التزامها بعد حدوث الزلزال.

الشكل (9): بعض قواعد الأمان أثناء حدوث الزلزال.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح الإجراءات الوقائية الفاعلة التي يمكن اتخاذها لتقليل الخسائر وحماية الأرواح والممتلكات الناجمة عن الزلازل.
2. **السبب والنتيجة:** لماذا يحدث الزلزال بشكل مفاجئ وسريع؟
3. **أفسّر:** تحدث الزلازل في مناطق محدّدة على سطح الأرض بصورة دورية، وقد تحدث في مناطق أخرى بصورة مفاجئة.
4. أدرس الشكل الآتي الذي يبيّن وقت وصول الموجات الزلزالية وسعتها، ثم أجيب عمّا يليه:



أ. أحدّد زمن وصول الموجات الزلزالية الأولية.

ب. **أحسب** الفرق بين زمن وصول الموجات الزلزالية الأولية وزمن وصول الموجات الزلزالية الثانوية إلى محطة الرصد الزلزالي.

جـ. أحدّد أي الموجات الزلزالية هي الأكبر سعة.

د. **السبب والنتيجة:** تُعدّ الموجات الزلزالية السطحية أخطر الموجات الزلزالية.

5. أوضّح العلاقة بين كمية الطاقة المتحرّرة من الزلزال وقوّة الزلازل.
6. **أصوغ فرضية** توضّح كيف يمكن أن يؤثّر هطول الأمطار الغزيرة قبل وقوع الزلزال في الأخطار الناجمة عنه.
7. **أفترض** بأنّني مراسل إخباري/ مراسلة إخبارية لإحدى محطّات التلفزة وكُلّفت تغطية زلزال يتراوح تصنيفه بين IV و V على مقياس ميركالي. أكتب نشرة إخبارية قصيرة أحدّد فيها مكان الزلزال وأسباب حدوثه، وأصف آثاره.

البراكين
Volcanoes

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

تتشكّل البراكين على سطح الأرض نتيجة اندفاع الماغما من باطنها، ويعتمد نوع البركان على خصائص تلك الماغما.

نتاجات التعلّم:

- أتعرّف أجزاء البركان.
- أصف المقذوفات البركانية من حيث: شكلها، وحجمها، وآلية تكوّنها.
- أميّز أنواع البراكين المختلفة.
- أقارن بين نوعي اللابة الحمضية واللابة القاعدية.
- أتعرّف توزّع البراكين محليًّا وعالميًّا.
- أقدّر القيمة الاقتصادية للبراكين في الزراعة والصناعة والسياحة.

المفاهيم والمصطلحات:

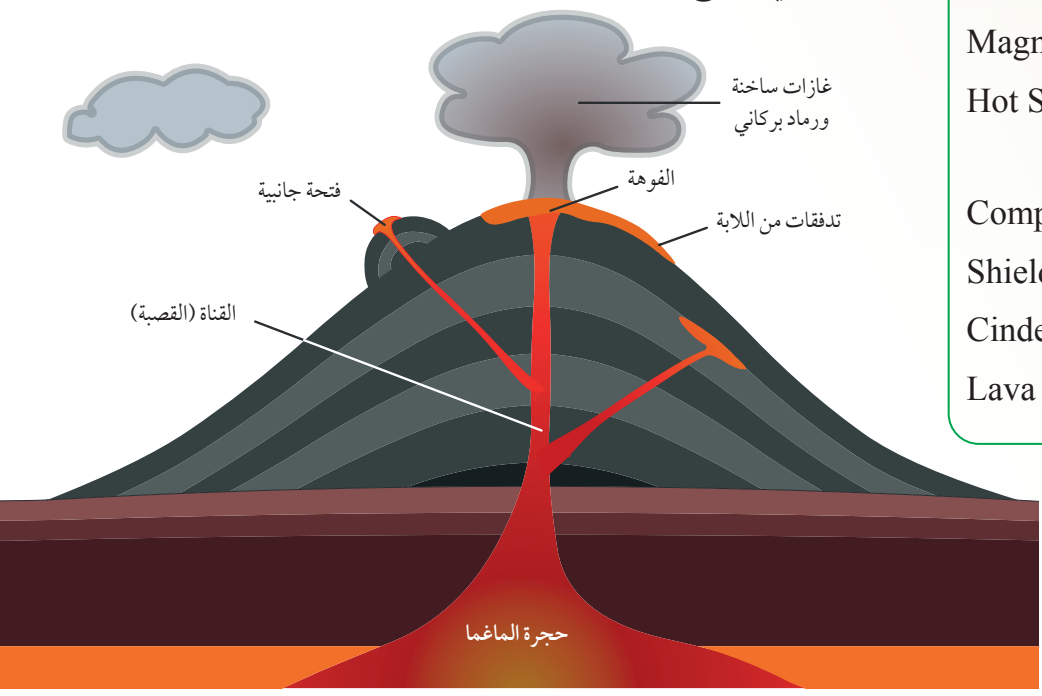
البركان	Volcano
حجرة الماغما	Magma Chamber
البقع الساخنة	Hot Spots
البراكين المركّبة	Composite Volcanoes
البراكين الدرعية	Shield Volcanoes
البراكين المخروطية	Cinder Cones
هضاب اللابة	Lava Plateaus

ما هو البركان؟ What is a Volcano?

نسمع كثيرًا عن حدوث الثورانات البركانية في مناطق متعدّدة في العالم، ونشاهدها على شاشة التلفاز. فما البركان؟ وكيف يحدث؟

يُعرَّف **البركان Volcano** بأنه فتحة أو شقّ في القشرة الأرضية يخرج منها صهير صخري ساخن (الابة) ومواد صلبة وغازات ساخنة مشكّلة مع الزمن هضبة أو جبلًا مخروطيّ الشكل.

تسمى المنطقة التي تتجمع فيها الماغما أسفل البركان تحت القشرة الأرضية وأعلى الستار العلوي **حجرة الماغما Magma Chamber**، أنظر الشكل (9). وعند حدوث الثوران البركاني تتحرّك الماغما عبر ممرّ يمتدّ من حجرة الماغما إلى قمة البركان يُسمّى قناة البركان (القصبة) Conduit، ثم تخرج الماغما إلى الخارج عبر فوهة البركان Crater، وهي منطقة على شكل وعاء دائري الشكل جدرانه شديدة الانحدار تحيط بالفتحة التي تخرج منها المواد البركانية.



الشكل (10):حركة الماغما من حجرة الماغما عبر قناة البركان، وتدفّق اللابة وانسيابها في الخارج حول فوهة البركان.

الشكل (11): كالديرا متشكّلة نتيجة نفاد الماغما المتجمّعة في حجرة الماغما مع الزمن، وانهيار قمة البركان.

كالديرا Caldera

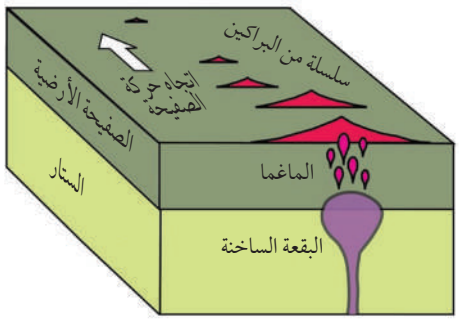
عندما تفرغ حجرة الماغما الموجودة أسفل البركان من الماغما، قد تنهار قمة البركان أو جوانبه مشكّلة حفرة كبيرة مكان الفوهة تُسمّى الفوهة البركانية المنهارة (كالديرا) Caldera، وقد تُملأ هذه الحفرة لاحقًا بالمياه لتتشكّل فيها إحدى البحيرات، أنظر الشكل (11).

✓ **أتحقّق:** أحدّد ما ينجم عن انهيار قمة البركان.

توزّع البراكين في العالم
Distribution of Volcanoes in The World

تتوزّع البراكين في العالم على شكل أحزمة تقع معظمها في مواقع محدّدة بالقرب من حدود الصفائح المتقاربة وحدود الصفائح المتباعدة، ويُعّد حزام النار الذي يحيط بالمحيط الهادي أحد أشهر الأحزمة البركانية التي تشكّلت مصاحبة لأنطقة الطرح الناتجة من غطس صفيحة محيطية أسفل صفيحة قارية أو محيطية أخرى.

تتشكّل بعض البراكين داخل الصفائح الأرضية فوق مناطق تُسمّى **البقع الساخنة Hot Spots**، وهي مناطق تقع أسفل الصفيحة تتجمّع فيها ماغما منصهرة جزئيًّا؛ نتيجة صعود عمود من الماغما باتجاه سطح الأرض، حيث يعمل مع الزمن على صهر الغلاف الصخري وخروج الماغما إلى سطح الأرض مشكّلة براكين، ونتيجة ثبات البقعة الساخنة وحركة الصفيحة الأرضية فوقها تنتج مع الزمن سلسلة من البراكين المتجاورة، ومن أمثلتها: براكين جزر هاواي، أنظر الشكل (12).



الشكل (12): تقع البقع الساخنة أسفل الصفيحة الأرضية، وتشكّل مع الزمن سلسلة من البراكين فوقها.

أفسّر تشكّل سلسلة من البراكين بسبب البقعة الساخنة.

✓ **أتحقّق:** أحدّد العلاقة بين حدود الصفائح والأحزمة البركانية في العالم.

الثورانات البركانية Volcanic Eruptions

تختلف طبيعة الثورانات البركانية؛ فبعضها يكون على شكل لابة تتدفّق ببطء وهدوء من فوهة البركان، وبعضها الآخر يكون على شكل انفجارات ضخمة. فما العوامل الموثرة في الثورانات البركانية؟ وما المواد التي يقذفها البركان أثناء ثورانه.

العوامل الموثرة في الثورانات البركانية

Factors Affecting Eruptions

تعتمد طبيعة الثورانات البركانية على عوامل عدة، منها: لزوجة الماغما، وكمية الغازات الذائبة فيها.

اللزوجة Viscosity: يُعبَّر عن مقاومة الموائع للتدفّق والجريان بمفهوم اللزوجة. وتختلف لزوجة الماغما اعتمادًا على محتواها من السيليكا ودرجة حرارتها، فالماغما الفلسية الغنية بالسيليكا تتميز بلزوجة أكبر من الماغما المافية قليلة السيليكا، وتُعدّ الماغما ذات درجات الحرارة المرتفعة أقل لزوجة من الماغما ذات درجات الحرارة المنخفضة. وكلما انخفضت درجة حرارة الماغما ازدادت لزوجتها.

تتميز الثورانات البركانية التي تتدفّق منها اللابة المافية بثورانات هادئة، إذ تنساب اللابة فيها بسهولة على سطح الأرض وتتصلّب على شكل صخور بازلتية، أنظر الشكل (13). في حين تكون الثورانات البركانية التي تتدفّق منها اللابة الفلسية ذات انفجارات عنيفة،

الشكل (13): انسياب لابة مافية من أحد البراكين بسهولة وهدوء.

أحدّد العلاقة بين اللابة المافية ونسبة السيليكا فيها.

وتتراكم اللابة بالقرب من فوهة البركان وتتصلّب على شكل صخور ريولايتية. أما إذا كانت الماغما متوسطة اللزوجة وتتكوّن من ماغما أنديزيتية، فإن الثورانات البركانية الناتجة تكون متوسطة الشدة، وتتصلّب على شكل صخور أنديزيتية، أنظر الشكل (14).

الغازات الذائبة Dissolved Gases تحتوي الماغما على عدة غازات ذائبة فيها، مثل: بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت. ويعتمد خروج الغازات من الماغما على نوعها، إذ تسمح الماغما المافية للغازات بالصعود للأعلى وخروجها بسهولة منها؛ لذلك تتميز الثورانات البركانية المكوّنة من اللابة المافية بالهدوء. في المقابل فإن الغازات الذائبة في الماغما الفلسية تكون محصورة فيها بسبب اللزوجة الكبيرة للماغما، فلا تسمح لها بالخروج منها بسهولة، وعندما تصل الماغما إلى سطح الأرض يقل الضغط، ما يؤدي إلى خروج الغازات بصورة عنيفة، لذلك تتميز الثورانات البركانية المكوّنة من اللابة الفلسية بعنفها. أنظر الشكل (15).

الشكل (14):): لابة أنديزيتية تتدفّق من بركان جبل ميرابي في أندونيسيا.

الشكل (15): تكون الثورانات البركانية التي تحتوي على الماغما الفلسية غنية بالغازات، ما يؤدي إلى حدوث ثورانات بركانية عنيفة.

المواد البركانية Volcanic Material

تقـذف البراكين أنواعًا مختلفـة من المواد في أثنـاء ثورانها على شكل لابة منسابة أو فتات بركاني، إضافـة إلى الغازات وخاصـة بخار الماء.

اللابة Lava تختلف اللابـة بحسب محتواهـا مـن السيليكا ودرجـة حرارتها، وتتميز اللابـة المافيـة بسرعـة انسيابها، إذ تتحرّك بسرعـة تساوي m/s (10 - 300)، في حين تكون حركة اللابة الفلسية بطيئة جدًّا.

الفتات البركاني Pyroclastes: يتكوّن الفتات البركاني من قطع اللابة المتصلبة الناتجة عن ثورانات البراكين العنيفة والقطع الصخرية التي تحملها الماغما في أثناء صعودها من باطن الأرض. وقد صنّف العلماء مواد الفتات البركاني بحسب حجمها إلى أنواع مختلفة، منها: الرماد البركاني Volcanic Ash الذي لا يتعدى قطر كل منها 2 mm، والقنابل البركانيـة Volcanic Bombs التـي يزيـد حجمها على 64 mm، أنـظر الشكل (16).

الغازات Gases تبلغ نسبة الغازات التي تحتويها اللابة تقريبًا % (1-6) من وزن اللابة الإجمالي. وتنبعث آلاف الأطنان من الغازات من البراكين يوميًّا في الغلاف الجوي. وتحتوي اللابة على غازات عدة، أهمها: بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وكميات قليلة من غازات أخرى مثل: كبريتيد الهيدروجين، وأول أكسيد الكربون، والميثان.

الربطُ بالصحّةِ

يـؤثّـر الرمـاد البركانـي الناتـج مـن البراكين في صحة الإنسان، فهو يسبّب تهيّج الحلق والسعال والتهاب الشعب الهوائية في الجهاز التنفسي، ويؤدي إلى خـدوش في القرنيـة والتهاب الملتحمة في العينين. ويؤثّر أيضًا في الجلد ويسبّب تهيّجه واحمراره.

✓ **أتحقّق:** أقـارن بيـن اللابة الغنيـة بالسـيليكا واللابة قليلـة السـيليكا من حيث لزوجـة كل منهما.

الشكل (16): تصنيف الفتات البركاني بحسب الحجم:

A: رماد بركاني يكون قطر حُبيباته أقل من 2 mm.

B: قنابل بركانية يزيد حجم الكتل فيها على 64 mm

أنواع البراكين Types of Volcanoes

تُصنَّف البراكين اعتمادًا على أشكالها إلى ثلاثة أنواع رئيسة، هي: البراكين الدرعية، والبراكين المركّبة، والبراكين المخروطية. ويعتمد شكل البركان على نسبة السيليكا المكوّنة للماغما المتدفّقة من باطن الأرض نحو فوهة البركان وعلى طبيعة الثوران البركاني.

البراكين الدرعية Shield Volcanes

تتشكّل **البراكين الدرعية Shield Volcanes** بفعل الثورانات البركانية الهادئة الناتجة من انسياب اللابة المافية على سطح الأرض، وتتميز بانحدارها القليل وامتدادها الواسع؛ بسبب تراكم اللابة في صورة طبقات أفقية متتالية بعضها فوق بعض، وهي أكبر أنواع البراكين مساحة، وقد نشأ معظمها في قيعان المحيطات مشكّلة مع الزمن جزرًا بركانية، مثل: جزر هاواي، وأيسلندا. أنظر الشكل (17).

البراكين المركّبة Composite Volcanes

تُسمّى **البراكين المركّبة Composite Volcanes** أيضًا البراكين الطبقية stratovolcanoes؛ لأنها تتكوّن من طبقات متعاقبة من اللابة والفتات البركاني، ففي أثناء الثوران البركاني الهادئ تنساب اللابة مشكّلة طبقة ممتدة على جوانب البركان، ثم يتبعها حدوث ثوران بركاني متفجّر يتجمّع الفتات البركاني فيه حول فوهة البركان. وتُعدّ

أعمـلُ فيلـمًا قصـيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker)، يوضّح كيفية تشكّل أنواع البراكين المختلفة، وأستخدم خصيصة الردّ الصوتيّ فيه لإضافة الشروح المناسبة لصور هذه الأدوات، ثم أشاركه زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

الشكل (17): أحد البراكين الدرعية في أيسلندا.

أصف شكل البركان الدرعي.

الشكل (18): بركان أيجن في جزيرة جاوا بأندونيسيا مثال على البراكين المركّبة.

البراكين المركّبة أخطر البراكين على الأرض، وهي أقل مساحة من البراكين الدرعية، أنظر الشكل (18). وتتكوّن معظم الصخور الناتجة من تصلّب اللابة في هذا النوع من البراكين من صخور الأنديزيت. ومن الأمثلة على هذا النوع: جبل شيحان في وسط الأردن.

البراكين المخروطية Cinder Cones Volcanoes

تُعدَ **البراكين المخروطية Cinder Cones** أصغر أنواع البراكين، إذ لا يتجاوز ارتفاعها 500 m، وتتميّز بشكلها المخروطي شديد الانحدار، وتتشكّل نتيجة الثورانات البركانية شديدة الانفجار، إذ يتراكم الفتات البركاني عند سقوطه على سطح الأرض حول فوهة البركان، ولا يستمر عادة ثوران البركان فترة طويلة، بل يتوقّف عند تحرّر الغازات المتراكمة في باطنه ولا يثور مرة أخرى، أنظر الشكل (19).

الشكل (19): بركان جبل باتوك في جزيرة جاوا بأندونيسيا مثال على البراكين المخروطية.

التّجربة 2

أشكال البراكين

تتنوع البراكين في أشكالها اعتمادًا على نسبة السيليكا المكوّنة للماغما المتدفّقة من باطن الأرض نحو فوهة البركان وعلى طبيعة الثوران البركاني.

أصوغ فرضيتي: بالتعاون مع زملائي/ زميلاتي، أصوغ فرضية للإجابة عن السؤال الآتي: "كيف تؤثّر خصائص الماغما، ومنها اللزوجة، في نوع البركان المتكوّن؟".

المواد والأدوات: جبس، مخبار مدرج، كأس مدرجة، شوفان، أطباق ورقية.

إرشادات السلامة:

الحذر عند استخدام المخبار والكأس الزجاجية.

أختبر فرضيتي:

1. أضع 100 g من الجبس في كأس مدرجة.
2. أقيس باستخدام مخبار مدرج 60 mL من الماء، ثم أضيف الماء إلى الجبس في الكأس المدرجة. أخلط المزيج باستخدام ملعقة حتى يصبح متجانسًا.
3. أُمسك الكأس المدرجة على ارتفاع 2 cm فوق طبق ورقي، ثم أسكب جميع محتويات الكأس ببطء وبشكل مستمر في منتصف الطبق، وأترك المزيج ليجفّ.
4. أسكب ببطء في طبق ورقي آخر مسحوق الشوفان لتشكيل مخروط، وأتوقف عندما يصل ارتفاع المخروط إلى 5 cm تقريبًا.
5. أقيس باستخدام منقلة زاوية ميل سطح البركان مع مراعاة المحافظة على شكل البركان وانحدار سطحه.
6. أُخرج البركان الناتج بعد جفاف الجبس من الطبق الورقي، ثم أقيس زاوية انحداره.

التحليل والاستنتاج:

1. **أضبط المتغيّرات:** أحدّد المتغيّر المستقل والمتغيّر التابع.
2. **أقارن** بين زوايا ميل سطحَي البركانين الناتجين.
3. **أستنتج** أيّ البركانين الناتجين يمثّل بركانًا مخروطيًّا وأيّهما يمثّل بركانًا درعيًّا.
4. **أتوقّع** كيف ستتأثر درجة انحدار البركان إذا استُخدِمت مادة دقيقة الحبيبات مثل السكر بدلًا من الشوفان.
5. **أستنتج** ما المواد التي يمكن استخدامها لتصميم بركان مركّب، وأبرّر إجابتي.

الشكل (20): طفوح البازلت في حرة الشام شمال شرق الأردن.

طفوح البازلت Flood Basalt

تتشكّل طفوح البازلت التي تُسمّى (الحرّات) نتيجة تدفّق اللابة من الكسور والشقوق الطويلة في القشرة الأرضية وانسيابها على سطح الأرض مشكّلة مع الزمن سهولًا بازلتية منبسطة ذات سماكات كبيرة تُسمّى **هضاب اللابة Lava Plateaus**. وتمثّل حرة الشام الواقعة شمال شرق الأردن إحدى الطفوح البازلتية، أنظر الشكل (20).

أتحقّق: أفسّر لماذا تكون جدران البراكين الدرعية أقل انحدارًا من البراكين المركّبة.

البراكين والتغير المناخي Volcanoes and Climate Change

تُعدّ البراكين أحد العوامل الطبيعية التي تؤثّر في المناخ وتؤدي مع الزمن إلى حدوث التغير المناخي. وتعمل الثورانات البركانية الكبرى محفّزات لتغيرات مناخية قصيرة المدى، إذ يمكن أن يؤدي خفض درجة حرارة سطح الأرض بفعل تراكم الرماد البركاني في الجوّ إلى التأثير في الأنماط المناخية العالمية، مثل: الرياح الموسمية، والتيارات البحرية. هذا التبريد يمكن أن يؤثّر في الزراعة والإنتاج الغذائي، ومن ثم على الوضع الاقتصادي للمجتمعات البشرية.

التبريد العالمي المؤقت Temporary Global Cooling

تؤدي الثورانات البركانية العنيفة الكبرى إلى خفض درجات حرارة سطح الأرض؛ نتيجة انبعاث كميات كبيرة من الرماد البركاني والغازات وتراكمها في طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي. يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) مع بخار الماء ليشكّل قطرات صغيرة من حمض الكبريتيك، وتشكّل قطرات

حمض الكبريتيك والأغبرة الناتجة من البراكين الهباء الجوّي (Aerosols) الذي يشتت أشعة الشمس ويعكسها بعيدًا عن الأرض، ما يقلل من كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، ومن ثم يؤدي إلى تبريد مؤقت للمناخ.

وقد يستمر بقاء الهباء الجوّي في طبقة الستراتوسفير مُددًا تتراوح بين عدة أشهر إلى بضع سنوات اعتمادًا على حجم الثوران البركاني وكمية المواد المنبعثة منه. فمثلًا: أطلق بركان جبل بيناتوبو في الفلبين عام 1991م نحو 20 tons من غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى طبقة الستراتوسفير، ما أدى إلى انخفاض متوسط درجات الحرارة العالمية بحوالي 0.5 C لمدة تصل إلى سنتين تقريبًا، وهذا بدوره أثّر في الأنماط المناخية العالمية، مثل: الرياح الموسمية، وتوزيع الأمطار. أنظر الشكل (21).

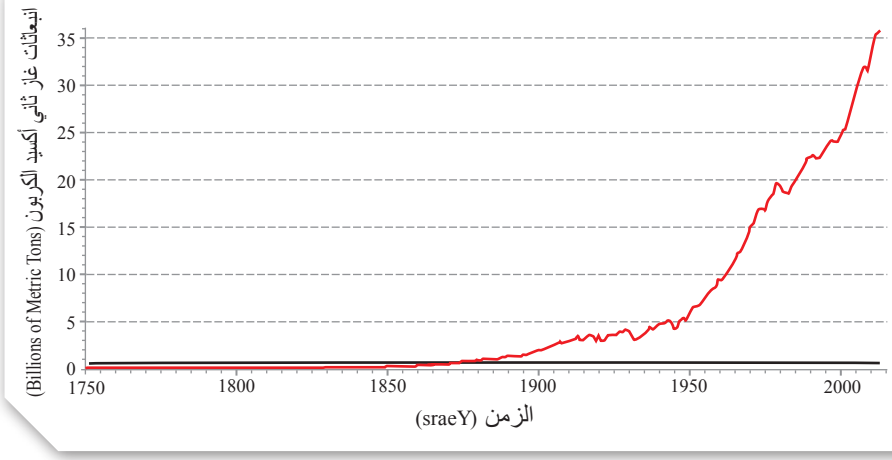
الشكل (21): بركان جبل بيناتوبو في الفلبّين عام 1991م.

أوضّح كيف أثّر ثوران جبل بيناتوبو عام 1991م في المناخ.

أفكّر كيف يمكن أن يؤثّر الثوران البركاني في الأنماط المناخية العالمية؟ أوضّح إجابتي.

الاحترار العالمي Global worming

تطلق البراكين بالإضافة إلى الرماد البركاني وثاني أكسيد الكبريت العديد من غازات الدفيئة وخاصة ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وهو أحد الغازات الدفيئة الرئيسة التي تسهم في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري. ومن غازات الدفيئة الأخرى التي تطلقها البراكين: بخار الماء، وغاز الميثان وغازات أكاسيد النيتروجين. ويؤدي تراكم غازات الدفيئة مع الزمن إلى ارتفاع درجة الحرارة ومن ثم حدوث الاحترا ر العالمي. ومع ذلك، فإن الكميات المنبعثة من البراكين تُعدّ ضئيلة بالمقارنة مع الانبعاثات الناتجة من الأنشطة البشرية، مثل: حرق الوقود الأحفوري، وإزالة الغابات. على الرغم من أن البراكين قد تسهم في دورة الكربون، إلّا أن تأثيرها المباشر في الاحترار العالمي يكون ضئيلًا نسبيًّا. ويمثّل الشكل (22) المعدّل السنوي لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بفعل الأنشطة البشرية وبفعل البراكين في الفترة ما بين (2013 - 1750)م.



الشكل (22): كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة بفعل الأنشطة البشرية وبفعل البراكين في الفترة ما بين (2013 - 1750) م.

انبعاثات الكربون الناتجة من حرق الوقود الأحفوري

المتوسط السنوي لانبعاثات الكربون من البراكين

التأثيرات الأخرى في المناخ Other Impacts on the Climate

بالإضافة إلى التبريد المؤقت الذي قد تُحدثه الثورانات البركانية وتأثيرها في الاحترار العالمي، فإن الثورانات البركانية العنيفة يمكن أن تؤثر في المناخ بطرق أخرى. فمثلًا: يمكن أن يغيّر الهباء الجوّي الناتج من البراكين من خصائص الغيوم، ما يؤثّر توازن الإشعاع العالمي. ويمكن أن تؤثر الانفجارات البركانية في توزيع الأمطار بتغيير أنماط الرياح العالمية والتيارات المحيطية.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** **أرسم** بركانًا، وأحدّد أجزاءه على الرسم.
2. **أفسّر:** هل تُعدّ طفوح البازلت أحد أنواع البراكين؟
3. **أتوقّع** شدّة انفجار بركان ناتج من ماغما نسبة السليكا فيها قليلة.
4. **أقارن** بين اللابة والماغما من حيث: نسبة الغازات، ودرجة الحرارة.
5. **أصف** كيف تتشكّل الكالديرا.
6. أحدّد العوامل التي يعتمد عليها الثوران البركاني.
7. **أطرح سؤالًا** تكون إجابته: «البراكين الدرعية».
8. **السبب والنتيجة:** ما الذي يساعد الماغما على الصعود باتجاه فوهة البركان في أثناء الثوران البركاني؟
9. **أقارن** بين الماغما المكوّنة للبراكين الدرعية والبراكين المركّبة من حيث: اللزوجة، وكمية الغازات.

الإثراء والتوسّع

التأثيرات الإيجابية للبراكين
Positive Effects of Volcanoes

على الرغم من التأثيرات السلبية الناجمة عن الثورانات البركانية وما يصاحبها من تدمير للبيئة المحيطة، فإن للبراكين تأثيرات إيجابية عديدة في البيئة والمجتمع، منها: التربة الخصبة، والطاقة الحرارية الجوفية. فكيف يحدث ذلك؟

تتميّز المناطق المحيطة بالبراكين الخامدة بتربتها الخصبة؛ لأنها تتكوّن من التربة البركانية (Andisols) التي تتشكّل بفعل البراكين، لاحتوائها على عناصر عدّة ضرورية للنبات، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء. ومن أمثلة ذلك: المناطق المحيطة ببركان فيزوف في إيطاليا.

تُعدّ الطاقة الحرارية الجوفية إحدى مصادر الطاقة المتجددة التي تُستخدَم في توليد الطاقة الكهربائية. وتتميّز الأعماق في المناطق النشطة بركانيًّا بارتفاع درجة حرارتها؛ لقربها من حجرة الماغما، لذا ترتفع درجة حرارة المياه الجوفية القريبة منها، ويمكن استخدام البخار الناتج منها في تحريك التوربينات وإنتاج الطاقة الكهربائية.

الكتابةُ في الجيولوجيا

أستعين بمصادر المعرفة المتوافرة لدي ومنها الإنترنت، وأبحث عن فوائد أخرى للبراكين، ثمّ أصمّم عرضًا تقديميًّا حول ذلك، وأعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

السؤال الأول:

أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1 . يُعرَّف المركز السطحي للزلزال بأنه:

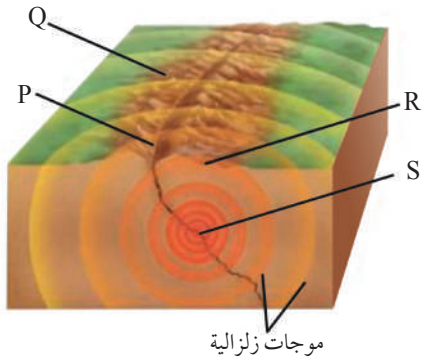
أ . النقطة التي تتحرّر منها الطاقة في باطن الأرض.

ب. النقطة التي تقع على سطح الأرض فوق بؤرة الزلزال مباشرة.

جـ. النقطة التي تقع في باطن الأرض بالقرب من بؤرة الزلزال.

د . أي نقطة تصل لها الموجات الزلزالية على سطح الأرض.

أستخدم الشكل الآتي للإجابة عن الفرعين (2،3):



2. يمثّل الرمز (R) في الشكل:

أ . الكسر الذي حدث على طوله الزلزال.

ب. المركز السطحي للزلزال.

جـ. بؤرة الزلزال.

د . محطة الرصد الزلزالي.

3. عندما يحدث الزلزال، تنتقل الموجات الزلزالية:

أ . من النقطة (P) في الاتجاهات كافّة.

ب. من النقطة (R) نحو النقطة (S).

جـ. من النقطة (S) في الاتجاهات كافّة.

د . من النقطة (Q) نحو النقطة (P).

4. أسرع الموجات الزلزالية هي:

أ . الموجات السطحية.

ب. الموجات الثانوية.

جـ. الموجات الأولية.

د . الموجات المستعرضة.

5. أيّ من الأوساط الآتية يمكن أن تنتقل فيها الموجات الأولية (P)؟

أ . الأوساط الصلبة فقط.

ب. الأوساط الصلبة والسائلة فقط.

جـ. الأوساط السائلة والغازية فقط.

د . الأوساط الصلبة والسائلة والغازية.

6. تهتز جسيمات الوسط في الموجات الثانوية (S):

أ . مع اتجاه انتشار الموجة.

ب. بشكل متعامد مع اتجاه انتشار الموجة.

جـ. بشكل دائري.

د . بشكل عشوائي.

7. أيّ من خصائص اللابة الآتية تحدّد قوة ثوران البركان؟

أ . اللون. ب. الكثافة.

جـ. العمر. د . اللزوجة.

8. يُطلَق على مكان الماغما التي تغذي البركان في داخل الصفيحة الأرضية:

أ . كالديرا ب. بقعة ساخنة.

جـ. مخروط. د . شق أرضي.

9. نوع البراكين التي تنتج من انسياب اللابة على جوانب البركان وتراكم الفتات البركاني فقط حول فوهة البركان هي البراكين:

أ . الدرعية. ب. الطبقية.

جـ. المخروطية. د . المركّبة.

10. أي من البراكين الآتية يتميز بأكبر ثوران عنيف؟

أ . المخروطية. ب. الدرعية.

جـ. المركّبة. د . الطبقية.

السؤال الثاني:

أملأ الفراغ في ما يأتي بما هو مناسب من مصطلحات:

1. الموجات الزلزالية التي تسبّب في اهتزاز سطح الأرض هي: ----------

2. تُسمّى المناطق التي تقع بالقرب من حواف الصفائح الأرضية وتكثر فيها الزلازل: ----------

3. تُسمّى الزلازل التي تحدث نتيجة حركة الماغما في باطن الأرض ----------

4. .....هي حفرة تنتج مكان فوهة البركان نتيجة انهيار قمة البركان أو جوانبه عندما تفرغ حجرة الماغما الموجودة أسفل البركان من الماغما.

5. .....هي براكين تتكوّن من طبقات متعاقبة من طبقات اللابة والفتات البركاني، بسبب اختلاف قوّة ثوران البركان وتغيّر المواد التي يقذفها مع الزمن.

6. ..... مناطق تتجمّع فيها الماغما تحت القشرة الأرضية وأعلى الستار العلوي في باطن الأرض أسفل البركان.

السؤال الثالث:

أُصدر حُكمًا على صحّة ما ورد في العبارة الآتية مع ذكر السبب: تعتمد قوّة الثوران البركاني وطبيعته على التركيب الكيميائي للماغما التي تخرج منه.

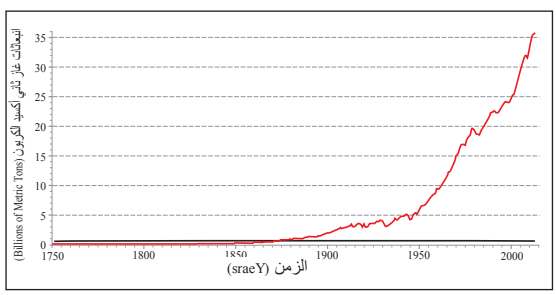
السؤال الرابع:

أحدّد درجة شدّة الآثار التدميرية الناجمة عن الزلازل الآتية وفقًا لمقياس ميركالي المعدّل:

1. تدمير معظم المباني، وتشقّق الأرض.
2. تشقّق المباني القديمة، وتشقّق بعض الجسور.
3. سقوط الرفوف، وتشقّق طفيف في جدران المنزل.
4. انحراف السكك الحديدية، وتكسّر أنابيب المياه، وتحطّم أعمدة الكهرباء.

السؤال الخامس:

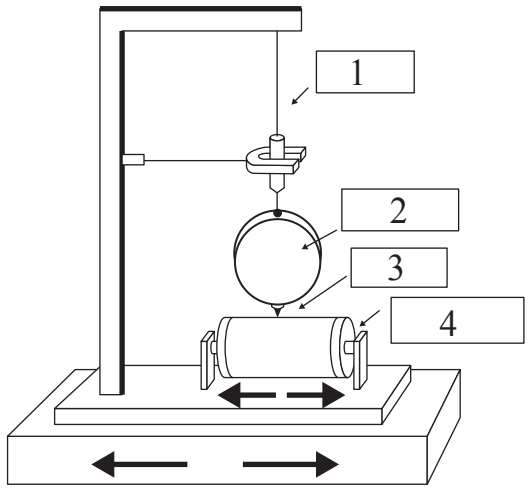
أدرس الشكل الآتي الذي يمثّل كميات ثاني أكسيد الكربون المنبعثة من البراكين ومن الأنشطة البشرية، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



1. **أقارن** بين كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة من الأنشطة البشرية وتلك الناتجة من البراكين في الفترة ما بين (1800 - 1900)م.
2. أحدّد المصدر الأكثر تأثيرًا في زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي.
3. **أستنتج** سبب زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة من الأنشطة البشرية بعد عام 1880م.
4. **أتوقّع** كمية ثاني أكسيد الكربون مستقبلًا.

السؤال السادس:

أدرس الشكل الآتي الذي يمثّل جهاز السيزموغراف، ثم أجيب عمّا يليه:



1. أحدّد الأجزاء المشار إليها بالأرقام ((1، 2، 3، 4).
2. أوضّح مبدأ عمل جهاز السيزموغراف.
3. **أرسم** مخططًا زلزاليًّا للتسجيلات الزلزالية الناتجة من الموجات الزلزالية أثناء حدوث الزلازل.

السؤال السابع:

أستخدم المفاهيم الآتية لتصميم خريطة مفاهيمية:

لابة، ماغما، بركان، لابة مافية، لابة فلسية، فتات بركاني، بركان درعي، بركان مركّب، بركان مخروطي، رماد بركاني.

السؤال الثامن:

أفسّر لماذا تنخفض درجة حرارة سطح الأرض نتيجة الثورانات العنيفة للبراكين.

السؤال التاسع:

أُصدرُ حُكمًا على صحّة ما ورد في العبارة الآتية:لا توجد علاقة بين الثورانات البركانية والاحترار العالمي.

السؤال العاشر:

أصوغ فرضية: تقذف الثورانات البركانية الكبرى كميات كبيرة من الغازات والغبار والرماد البركاني إلى الغلاف الجوي، فتؤثّر تلك المواد البركانية في المناخ العالمي عن طريق منع وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض. أصوغ فرضية توضّح العلاقة بين نوع البركان الذي من المحتمل أن يقذف أكبر كميات من تلك المواد والتغير المناخي.

(أ)

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، يسمّى أيضًا البتيومين Bitumen.

(ب)

براكين درعية Shield Volcanoes: براكين تتشكل بفعل الثورانات البركانية الهادئة الناتجة من انسياب اللابة على سطح الأرض، وتتميز بانحدارها القليل وامتدادها الواسع.

براكين مخروطية Cinder Cones: تعد أصغر أنواع البراكين، إذ لا يتجاوز ارتفاعها 500 m، وتتميّز بشكلها المخروطي شديد الانحدار، وتتشكّل نتيجة الثورانات البركانية شديدة الانفجار.

براكين مركّبة Composite Volcanoes: براكين تتكوّن من طبقات متعاقبة من اللابة والفتات البركاني، وتعد أخطر البراكين على الأرض، وهي أقل مساحة من البراكين الدرعية.

بركان Volcano: فتحة أو شقّ في القشرة الأرضية يخرج منها صهير صخري ساخن ومواد صلبة وغازات ساخنة مشكّلة مع الزمن هضبة أو جبلًا مخروطيّ الشكل.

بؤرة الزلزال Focus: النقطة التي تتحرّر منها الطاقة المُختزَنة في الصخور وتنتشر في جميع الاتجاهات في باطن الأرض.

بقع ساخنة Hot Spots: وهي مناطق تقع أسفل الصفيحة تتجمّع فيها ماغما منصهرة جزئيًّا.

(ح)

حجرة الماغما Magma Chamber : مكان تتجمع فيه الماغما تحت القشرة الأرضية وأعلى الستار العلوي في باطن الأرض.

(ر)

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

(ز)

زلازل Earthquake: اهتزاز مفاجئ وسريع لسطح الأرض، ناتج من تحرّر مفاجئ للطاقة المُختزَنة في الصخور التي تقع تحت سطح الأرض نتيجة كسرها (حدوث صدع فيها).

(ش)

شدة الزلزال Intensity: مقياس وصفي يشير إلى الأضرار الواقعية الناجمة عن الزلزال على سطح الأرض وعلى البشر والمباني والمنشآت والبيئة والكائنات الحية فيها. وتقاس شدة الزلازل باستخدام مقياس ميركالي.

(ص)

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

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

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

(غ)

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

(ف)

فحم حجريّ Coal: أحدُ أنواع الوقود الأحفوري، يتكوّن من بقايا الأشجار والسّرخسيات والنباتات الأخرى التي عاشت في العصر الكربوني منذ تقريبًا 358 m.y.

(ق)

قوة الزلزال Magnitude: مقدار الطاقة المتحرّر من الصخور عند كسرها، وتُقاس بمقياس ريختر، وتدلّ قوّة الزلزال غالبًا على الآثار التدميرية التي يسبّبها الزلزال في المناطق المختلفة.

(ك)

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

(م)

المركز السطحي للزلزال Epicenter: النقطة التي تقع على سطح الأرض فوق بؤرة الزلزال مباشرة.

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

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.

موجات أولية Primary Waves : موجات طولية تهتزّ فيها جسيمات الوسط مع اتجاه انتشار الموجة، وتنتقل عبر الأوساط الصلبة والسائلة والغازية، وتُعدّ أسرع الموجات الزلزالية.

موجات ثانوية Secondary Waves: موجات مستعرضة تهتزّ فيها جسيمات الوسط بشكل متعامد مع اتجاه انتشار الموجة، وتنتقل عبر الأوساط الصلبة فقط، وهي ثاني أسرع الموجات الزلزالية.

موجات زلزالية Seismic Waves: اضطراب يحدث في باطن الأرض ينقل الطاقة المتحرّرة من بؤرة الزلزال في باطن الأرض وسطحها على شكل اهتزازات في جميع الاتجاهات.

(ن)

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

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

(هـ)

هضاب اللابة Lava Plateaus: سهول بازلتية منبسطة ذات سماكات كبيرة ، ناتجة عن الطفوح البازلتية (الحرّات) المتشكلة من تدفّق اللابة من الكسور والشقوق الطويلة في القشرة الأرضية وانسيابها على سطح الأرض.

(و)

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

Collins