وزارة التربية

كويت جديدة
NEWKUWAIT

علم الأرض (الجيولوجيا)

١١

الصف الحادي عشر

الجزء الثاني

كتاب الطالب

المرحلة الثانوية

الطبعة الثانية

علم الأرض (الجيولوجيا)

كتاب الطالب

الصفّ الحادي عشر ١١

الجزء الثاني

المرحلة الثانويّة

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. برّاك مهدي برّاك (رئيسا)

أ. مصطفى محمد مصطفى

أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي

أ. سعاد عبد العزيز الرشود

أ. تهاني ذعار المطيري

الطبعة الثانية

١٤٤٠ - ١٤٤١ هـ

٢٠١٩ - ٢٠٢٠ م

حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية ـ قطاع البحوث التربوية والمناهج

إدارة تطوير المناهج

الطبعة الأولى ٢٠١٣ - ٢٠١٤ م
الطبعة الثانية ٢٠١٥ - ٢٠١٦ م
٢٠١٧ - ٢٠١٨ م
٢٠١٩ - ٢٠٢٠ م

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب العلوم للصف الحادي عشر علمي

أ. عايدة عبدالله شريف العوضي

أ. نادية حبيب رمضان
أ. دلال محمد عبد العالي الرشيدي
أ. ابراهيم عبد النبي المحمد علي
أ. هبة إسماعيل محمد الفودري

دار التَّربَويّون House of Education **ش . م . م . وبيرسون إديوكيشن ٢٠١٣**

الكتاب كاملًا

شاركنا بتقييم مناهجنا

صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي عهد دولة الكويت

مقدمـــة

الحمدلله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين، محمد بن عبدالله وصحبه أجمعين.

عندما شرعت وزارة التربية في عملية تطوير المناهج، استندت في ذلك إلى جملة من الأسس والمرتكزات العلمية والفنية والمهنية، حيث راعت متطلبات الدولة وارتباط ذلك بسوق العمل، وحاجات المتعلمين والتطور المعرفي والعلمي، بالإضافة إلى جملة من التحديات التي تمثلت بالتحدي القيمي والاجتماعي والاقتصادي والتكنولوجي وغيرها، وإن كنا ندرك أن هذه الجوانب لها صلة وثيقة بالنظام التعليمي بشكل عام وليس المناهج بشكل خاص.

ومما يجب التأكيد عليه، أن المنهج عبارة عن كم الخبرات التربوية والتعليمية التي تُقدم للمتعلم، وهذا يرتبط أيضًا بعمليات التخطط والتنفيذ، والتي في محصلتها النهائية تأتي لتحقيق الأهداف التربوية، وعليه أصبحت عملية بناء المناهج الدراسية من أهم مكونات النظام التعليمي، لأنها تأتي في جانبين مهمين لقياس كفاءة النظام التعليمي، فهي من جهة تمثل أحد المدخلات الأساسية ومقياسًا أو معيارًا من معايير كفاءته من جهة أخرى، عدا أن المناهج تدخل في عملية إنماء شخصية المتعلم في جميع جوانبها الجسمية والعقلية والوجدانية والروحية والاجتماعية.

من جانب آخر، فنحن في قطاع البحوث التربوية والمناهج، عندما نبدأ في عملية تطوير المناهج الدراسية، ننطلق من كل الأسس والمرتكزات التي سبق ذكرها، بل إننا نراها محفزات واقعية تدفعنا لبذل قصارى جهدنا والمضي قدمًا في البحث في المستجدات التربوية سواء في شكل المناهج أم في مضامينها، وهذا ما قام به القطاع خلال السنوات الماضية، حيث البحث عن أفضل ما توصلت إليه عملية صناعة المناهج الدراسية، ومن ثم إعدادها وتأليفها وفق معايير عالمية استعدادًا لتطبيقها في البيئة التعليمية.

ولقد كانت مناهج العلوم والرياضيات من أول المناهج التي بدأنا بها عملية التطوير، إيمانًا بأهميتها وانطلاقًا من أنها ذات صفة عالمية، مع الأخذ بالحسبان خصوصية المجتمع الكويتي وبيئته المحلية، وعندما أدركنا أنها تتضمن جوانب عملية التعلم ونعني بذلك المعرفة والقيم والمهارات، قمنا بدراستها وجعلها تتوافق مع نظام التعليم في دولة الكويت، مركزين ليس فقط على الكتاب المقرر ولكن شمل ذلك طرائق وأساليب التدريس والبيئة التعليمية ودور المتعلم، مؤكدين على أهمية التكامل بين الجوانب العلمية والتطبيقية حتى تكون ذات طبيعة وظيفية مرتبطة بحياة المتعلم.

وفي ضوء ما سبق من معطيات وغيرها من الجوانب ذات الصفة التعليمية والتربوية تم اختيار سلسلة مناهج العلوم والرياضيات التي أكملناها بشكل ووقت مناسبين، ولنحقق نقلة نوعية في مناهج تلك المواد، وهذا كله تزامن مع عملية التقويم والقياس للأثر الذي تركته تلك المناهج، ومن ثم عمليات التعديل التي طرأت أثناء وبعد تنفيذها، مع التأكيد على الاستمرار في القياس المستمر والمتابعة الدائمة حتى تكون مناهجنا أكثر تفاعلية.

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأوّل

الوحدة الأولى: الكون والأرض

الوحدة الثانية: موادّ الأرض (I)

الوحدة الثالثة: موادّ الأرض (II)

الوحدة الرابعة: العمليات التي تغيّر تضاريس الأرض

الجزء الثاني

الوحدة الخامسة: انجراف القارّات والحركات الجيولوجية

الوحدة السادسة: تطوّر الأرض عبر الأزمنة

الوحدة السابعة: الخرائط الجيولوجية

الوحدة الثامنة: الجيولوجيا الاقتصادية في الكويت

محتويات الجزء الثاني

الوحدة الخامسة: انجراف القارّات والحركات الجيولوجية	**12**
الفصل الأوّل: انجراف القارّات	**13**
الدرس 1: الانجراف القارّي	**14**
الدرس 2: الصفائح التكتونية	**18**
الدرس 3: الآثار المترتبة على حركة الصفائح التكتونية	**26**
مراجعة الفصل الأوّل	**31**
الفصل الثاني: الحركات الجيولوجية	**33**
الدرس 1: الطيّات	**34**
الدرس 2: الفواصل والفوالق (الصدوع)	**39**
مراجعة الفصل الثاني	**45**
الوحدة السادسة: تطور الأرض عبر الأزمنة	**46**
الفصل الأوّل: رحلة عبر الزمن الجيولوجي	**47**
الدرس 1: الحياة في الماضي	**48**
الدرس 2: سلّم الزمن الجيولوجي	**53**
الدرس 3: قراءة تاريخ الأرض في الصخور	**60**
مراجعة الفصل الأوّل	**65**
الوحدة السابعة: الخرائط الجيولوجية	**68**
الفصل الأوّل: الخرائط الطوبوغرافية والجيولوجية	**69**
الدرس 1: الخرائط الكونتورية الطوبوغرافية	**70**

الوحدة الثامنة: الجيولوجيا الإقتصادية في الكويت	**74**
الفصل الأوّل: الثقافة النفطية	**75**
الدرس 1: النفط	**76**
الدرس 2: المصائد النفطية	**80**
الدرس 3: النفط في الكويت	**84**
مراجعة الفصل الأوّل	**88**
الفصل الثاني: المياه الجوفية	**92**
الدرس 1: المياه الجوفية	**93**
مراجعة الفصل الثاني	**95**

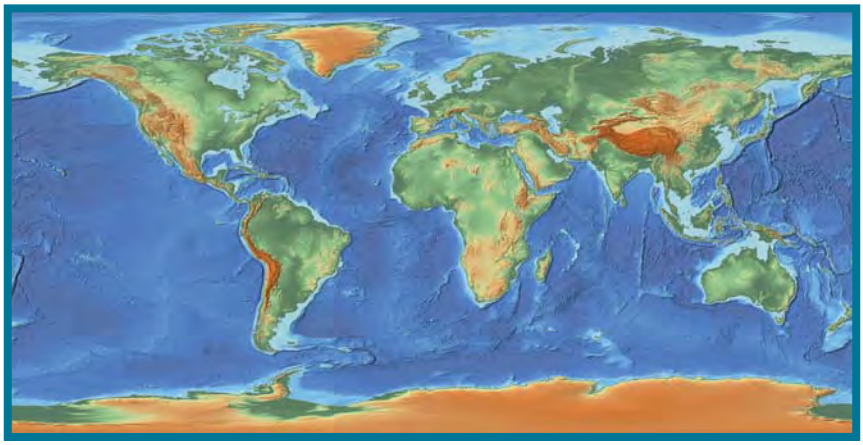
انجراف القارّات والحركات الجيولوجية
Continental Drift and Geological Movements

الفصل الأوّل: انجراف القارّات

- الدرس الأوّل: الانجراف القارّي
- الدرس الثاني: الصفائح التكتونية
- الدرس الثالث: الآثار المترتبة على حركة الصفائح التكتونية

الفصل الثاني: الحركات الجيولوجية

- الدرس الأوّل: الطيّات
- الدرس الثاني: الفواصل والفوالق (الصدوع)



اكتشف بنفسك

حركة الغلاف الصخري Lithospheric Motion

الأدوات المطلوبة:

ألواح إسفنج متوسطة الحجم ومختلفة الألوان والكثافة، كرات مطاطية متوسطة الحجم، مادة لاصقة

الخطوات:

- الصق لوحين متشابهين من الإسفنج.
- ضع اللوحين على منضدة كبيرة (أو على الأرض).
- ضع تحت اللوحين كرتين من الكرات المطاطية.
- اختر ثلاثة من الطلاب ذي بنية قوية.
- اطلب إلى أحد االطلاب أن يمسك باللوحين الملتصقين ويقوم بضغطهما بقوة على الكرات المطاطية.
- اطلب إلى كل من الطالبين الآخرين أن يقوما بتحريك الكرات المطاطية في اتجاهين متعاكسين بقوة.
- قد يقوم الطلاب بتشجيع الطلاب المشاركين ويلاحظون النتيجة.

التحليل و الاستنتاج:

- تخيل أنّ الألواح الإسفنجية تمثل طبقة الأرض العليا.
- تخيل أنّ حركة الكرات المطاطية تمثل القوى الداخلية في الأرض.

أجب عن الأسئلة التالية:

1. ماذا حدث بسبب تأثير قوى الشد المتباعدة؟
2. ماذا تتوقع أن يحدث لو أمسكنا بلوح إسفنجي أكبر كثافة يقابل اللوح المتقارب؟
3. لو تم لصق لوح آخر جانبي، ماذا يحدث عند تحرك اللوح المرتبط به؟
4. إذا علمت أن حواف القارات تبدو متكاملة، ماذا يمكنك أن تستنتج؟

الفصل الأوّل

انجراف القارّات
Continental Drift

الصفائح التكتونية تعتبر التطور الحديث لنظرية الانجراف القاري، وهي أول نظرية تقدم نظرة شاملة للعمليات المسؤولة عن تكون الظواهر السطحية الرئيسية مثل القارات والأحواض المحيطية. بناء على الأفكار العامة لهذه النظرية، توصل الجيولوجيون لشرح الأسباب الأساسية المؤدية للزلازل والبراكين وأحزمة الجبال وطريقة توزّعها. وتمكّنا الآن أيضًا من تقديم شرح أفضل لتوزّع النباتات والحيوانات في العصور الجيولوجية الماضية وتوزيع الرواسب المعدنية ذات الأهميّة الاقتصادية.

دروس الفصل

الدرس الأوّل
- الانجراف القاري

الدرس الثاني
- الصفائح التكتونية

الدرس الثالث
- الآثار المترتبة على حركة الصفائح التكتونية

الدرس 1

الانجراف القاري
Continental Drift

الأهداف العامة

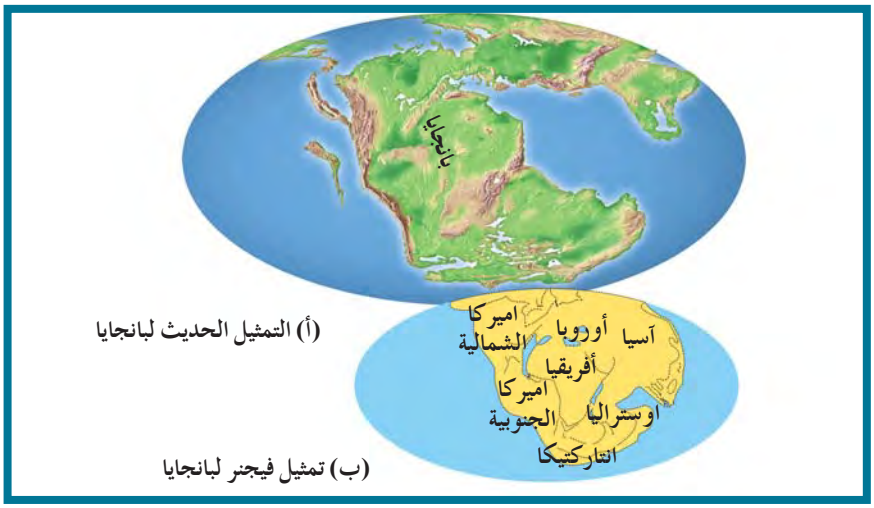
- يشرح فرضية الانجراف القاري.
- يراجع الأدلّة التي تؤيّد فرضية الانجراف القاري.

شكل 1
جبال أطلس بالمغرب

منذ قرن مضى، اعتقد الجيولوجيون أنّ الموقع الجغرافي للأحواض المحيطية والقارّات ثابت لا يتغيّر. ولكن قام ألفريد فيجنر Alfred Wegener بتقديم اقتراح يسمّى الانجراف القاري Continental Drift، ولكنها لم تقابل استحسانًا عامًّا بالرغم من الأدلة التي ساقها فيجنر. ولكن تم إحياء النظرية مرة أخرى واعترف بها الكثيرون منذ خمسينيات القرن المنصرم بعد اكتشافات عديدة أثبتت وجهة نظر فيجنر.

1. الانجراف القارّي: فكرة سابقة لعصرها
Continental Drift: An Idea Before its Time

فكرة أن القارات، بخاصّة أميركا الجنوبية وأفريقيا، تتطابق حوافّها كلعبة أحجية الصور المقطوعة نشأت مع تطور خريطة العالم. إلا أن الفكرة لم تأخذ الاهتمام الكافي حتى العام 1915، عندما نشر عالم الأرصاد الجوية والجيوفيزيائي الألماني ألفريد فيجنر كتابه "أصل القارات والمحيطات" Origin of Continents and Oceans. في هذا الكتاب، طرح فيجنر فكرته عن فرضية الانجراف القاري. واقترح وجود قارة عظمى (أمّ القارات) سمّاها بانجايا Pangaea (شكل 2) وافترض أنه منذ 200 مليون سنة بدأت هذه القارة العظمى في التفتت إلى قارات صغيرة أخذت في الانجراف لتصل إلى مواقعها الحالية.



شكل 2

إعادة تمثيل وجود بانجايا التي يعتقد أنها ظهرت منذ 200 مليون سنة. (أ) التمثيل الحديث لبانجايا. (ب) التمثيل الذي اقترحه فيجنر في عام 1915.

جمع فيجنر وآخرون أدلّة تؤيّد ادعاءهم. التطابق بين أميركا الجنوبية وأفريقيا والأحافير وتراكيب الصخور والمناخ القديم، تبدو كلها مؤيّدةً لفكرة أن هذه الكتل الأرضية المتفرقة الآن كانت في الماضي متّحدة.

1.1 أدلّة الانجراف القارّي

Continental Drift Evidences

(أ) التطابق الهندسي للحواف المتقابلة للقارّات

Geometric Fit of Opposing Continental Margins

لو أخذت خريطة للعالم وقمت بقص القارات وقربت القارات من بعضها كما في لعبة أحجية الصور المقطوعة لوجدت توافقًا. هذا التوافق يصبح مدهشًا لو قمت أصلًا بقص القارات عند حدود الرف القاري للتغلب على تأثير التعرية والترسيب الذي حدث على مر السنين.

أقرب مثال لهذا التطابق يتضح جليًّا بين الحدود الغربية لقارة إفريقيا والحدود الشرقية لقارة أميركا الجنوبية (شكل 3).

شكل 3

أفضل تطابق بين جنوب أميركا وأفريقيا على طول المنحدر القاري عند عمق 900 متر تقريبًا. المناطق التي تتراكب عندها الكتل القارية تظهر باللون الأسود.

هل تعلم؟

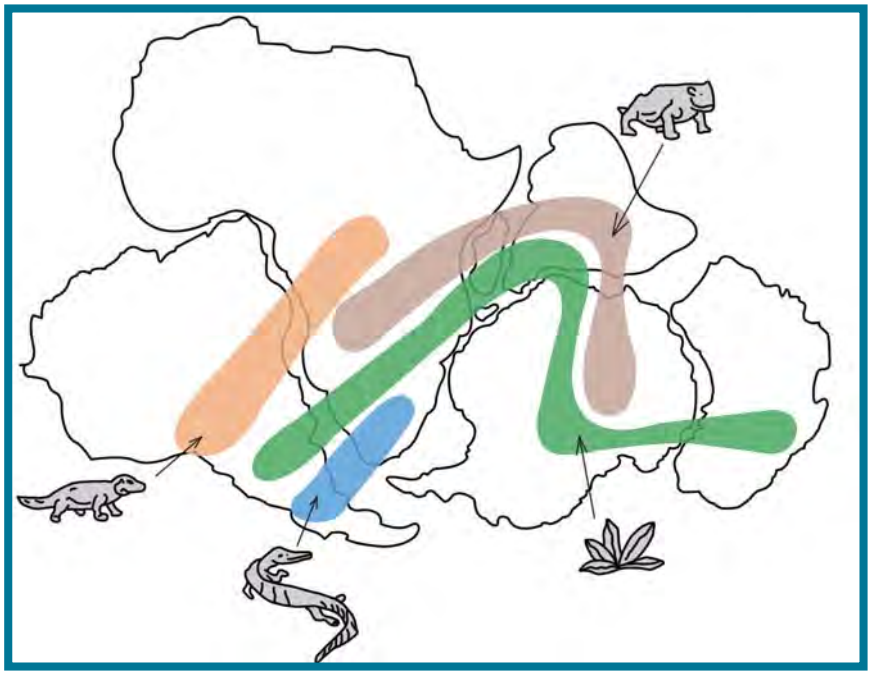
تمّ تعديل أسس دورة الصخور في الطبيعة، التي قدمها أوّلًا جيمس هاتون في أوائل القرن الماضي، بناءً على التطوّر في فهم تكتونية الأرض، وسُمّيت بعدئذٍ دورة ويلسون نسبة إلى معدّلها J. Tuzo Willson (ما بين 1950 – 1960). تُعتبَر هذه النظرية من المبادئ الجوهرية في الجيولوجيا بحيث تصف التحوّل الديناميكي للأنواع الصخور الثلاثة (النارية والرسوبية والمتحولة) خلال الزمن الجيولوجي. فكلّ نوع يتغيّر ويتحطّم عندما يُجبَر عن الخروج من حالة توازنه. يتكسّر الصخر الناري، كالبازلت مثلًا، عند تعرّضه للظروف الجوّية أو ينصهر إذا دُفع به في أعماق الأرض في نطاقات الانغماس تحت القارّات. بسبب القوى المؤثّرة على دورة الصخور، مثل تكتونية الصفائح ودورة المياه في الطبيعة، لا تبقى الصخور في حالة توازن وتُجبَر على التغيّر نظرًا لتغيّر البيئة الصخرية. تشرح دورة الصخور مدى علاقة الأنواع الثلاثة من الصخور ببعضها بعضًا وكيف أنّ العمليات الجيولوجية في الأرض تغيّرها من نوع إلى آخر.

(ب) دليل التطابق للأحافير عبر المحيطات

Fossil Match Across the Oceans

اكتُشِف تطابق لأحافير كائنات موجودة في صخور كل من أميركا الجنوبية وإفريقيا.

علم فيجنر أن علماء الأحافير اتفقوا على أنه لا بد من أنه كان هناك اتصال بين الكتل الأرضية (اليابسة) لتفسير وجود أحافير مثل الميزوسورس متطابقة في كتل أرضية متباعدة بعضها عن بعض الآن (شكل 4).



شكل 4

تتشابه أحافير حقب الحياة الوسطى في القارات المختلفة دليل على أنّها كانت كتلة واحدة.

(جـ) تطابق أنواع الصخور وأعمارها والتراكيب للحواف القارية المتقابلة

Match of Age and Type of Rocks and Structures on Opposing Continental Margins

وجدَ فيجنر دليلًا مكونًا من الصخور القديمة التي يبلغ عمرها 2 .2 مليار سنة في البرازيل مشابهة جدًّا للصخور في أفريقيا.

هذا يدل على أن تلك المناطق المتباعدة الآن كانت في الماضي كتلة يابسة واحدة.

(د) أدلّة من المناخ القديم Evidences from Past Climate

ماذا تستدلّ من وجود صخور قديمة ذات بيئة ترسيبية دافئة في مناطق تقع في المنطقة الباردة؟ تتلخّص أدلّة المناخ القديم في وجود طبقات رسوبية تدلّ على بيئة معتدلة أو استوائية، في منطقة قطبية مثلًا. يدلّ ذلك على أنّ هذه المنطقة كانت تقع في الماضي في الحزام الدافئ وعلى أنّها انجرفت فيما بعد باتّجاه المنطقة الباردة، ما يؤيّد نظرية الانجراف القارّي.

فقرة إثرائية

ربط الجيولوجيا بالأحياء

حيوان الميزوسورس

يُعتبَر الميزوسورس من طوائف السحالي التي تطوّرت عن رباعيات الأقدام Tetrapod التي سكنت اليابسة، وتكمن أهمّيته في أنّه تكيّف للعيش في البحار وأصبحت أحافيره من الدلائل المهمّة على نظرية الانجراف القارّي حيث وُجدت على السواحل المقابلة لكلّ من غرب إفريقيا وشرق أميركا الجنوبية.

هل تعلم؟

على الرغم من أن ألفريد فيجنر نال التقدير على صياغة فرضية الانجراف القاري، إلا أنه لم يكن أول من اقترحها. فجيولوجي أمريكي اسمه تايلور F.B. Taylor نشر أول بحث يصف الخطوط العريضة لهذه الفكرة. قدّم بحث تايلور أدلة بسيطة بينما قضى فيجنر معظم حياته لإثبات نظريته.

مراجعة الدرس 1

1. اذكر مفهوم الانجراف القاري.
2. ماذا تعرف عن بانجايا؟
3. عَلِّل الانجراف القاري بالاستناد إلى دلائل؟

هل تعلم؟

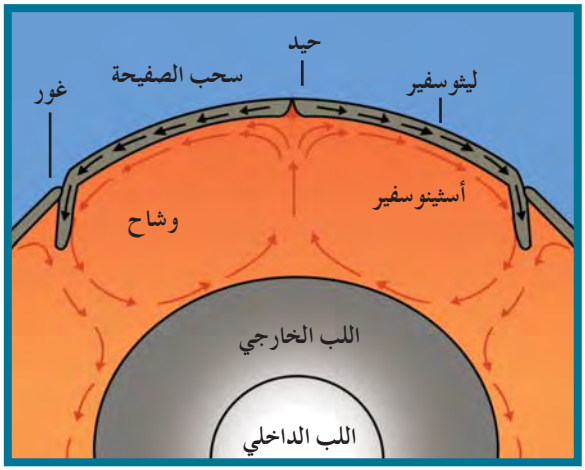
عرف ألفريد فيجنر بفرضية الانجراف القاري. لقد كتب أيضًا بحوث عديدة عن الطقس والمناخ. متابعًا اهتمامه بعلم الطقس، قام فيجنر بأربع رحلات إلى الغطاء الثلجي في جرينلاند لدراسة الطقس القاسي في الشتاء. اختفى فيجنر ورفاقه في نوفمبر عام 1930 عندما كانوا يقومون برحلة لمدة شهر على الغطاء الثلجي.

الدرس 2

الصفائح التكتونية
Tectonic Plates

الأهداف العامة

- يوضّح دور تيارات الحمل في تحريك الصفائح (الألواح) الأرضية.
- يعرّف صفائح الأرض الرئيسية.
- يشرح نظرية الألواح التكتونية.
- يصنف أنواع حدود الصفائح التكتونية.



شكل 5
تيارات الحمل في الطبقة العليا من الوشاح (أسينوسفير).

﴿ وَتَرَى ٱلْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ ٱلسَّحَابِ ۚ صُنْعَ ٱللَّهِ ٱلَّذِيٓ أَتْقَنَ كُلَّ شَيْءٍ ۚ إِنَّهُۥ خَبِيرٌۢ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾ ﴾ [النمل:٨٨] من الانتقادات التي تم توجيهها على نظرية الانجراف القاري فشلها في تفسير آلية هذا الانجراف. وبقي هذا الأمر معلق حتى بدايات الخمسينيات من القرن الماضي عندما قام العالم البريطاني هولمز Arthur Holmes بتقديم تفسير مبني على نشاط تيارات الحمل Convection Currents في الطبقة العليا المنصهرة من وشاح الأرض والتي تُسمى الأشينوسفير Asthenosphere (شكل 5). لفهم نشاط تيارات الحمل في حركة الألواح اَجرِ النشاط في الهامش.

1. نظرية الصفائح التكتونية
Tectonic Plates Theory

لاحظ العالم الكندي توزو ويلسون J.Tuzo Wilson أنّ القارّات تتخلّلها تصدّعات تشبه تلك الموجودة في قعر المحيط. في العام 1965، اقترح ويلسون طريقة جديدة للنظر في تلك التصدّعات. فوفقًا له، ينقسم الغلاف الصخري للأرض إلى أجزاء منفصلة تُسمّى الصفائح. تطفو الصفائح فوق الطبقة العليا للوشاح متحرّكة نحو بعضها البعض أو بعيدًا عن بعضها أو منزلقة بطول بعضها.

نشاط

- **الأدوات:** حوض أو صينية معدنية، حامل، قطعتان من إسفنج المطبخ متشابهتين تمامًا، 2 موقد صغير أو شمعتان، ماء

خطوات النشاط:

- اِملأ الحوض بالماء حتى منتصفه.
- ضَع الحوض فوق الحامل.
- ضَع قطعتي الإسفنج متجاورتين ومتلاصقتين في منتصف الحوض.
- أَشعل الشمعة وضَعها تحت الحوض بحيث تكون تحت الخط الفاصل بين قطعتي الإسفنج.
- اِنتظر 10 دقائق ولاحِظ ما يحدث.

الملاحظة: تتحرك قطعتي الإسفنج مبتعدتين عن بعضهما البعض.
الاستنتاج: فسِّر ملاحظاتك.
امتداد النشاط: كرِّر النشاط السابق بحيث تكون قطعتي الإسفنج متباعدتين واستخدم شمعتين وضَعهما قرب طرفي الحوض المتقابلين ثمّ فسِّر ما يحدث.

حركة هذه الصفائح هي المسؤولة عن ظواهر كثيرة مثل الثوران البركاني، النشاط الزلزالي، انتشار قاع المحيط، الانسياب الصهاري، وبناء الجبال. على ضوء هذه النظرية أمكن تقسيم سطح الأرض إلى سبع صفائح رئيسة مختلفة الحجم وبعض الصفائح المتوسطة والصغيرة. الصفيحة الواحدة قد تحتوي على قشرة قارية ومحيطية تتحركان معًا في الوقت نفسه خلافًا لما كان يُعتقد في الماضي أن القارات تطفو فوق قاع المحيطات.

إنّ قشرة الأرض بنوعيها وطبقة الأشينوسفير المبطّنة لها ليست كتل مستمرّة فوق سطح الأرض، ولكنّها مقسّمة إلى حوالى 12 جزء وتُسمّى الأجزاء الصغيرة صفائح أو ألواح تكتونية. هذه الصفائح قد تتكوّن من قشرة قارّية ومحيطية كما في اللوح الإفريقي أو تتكوّن من قشرة محيطية فحسب مثل اللوح الباسيفيكي. تبقى هذه الألواح في حركة مستمرّة ولكنّها بطيئة بفعل نشاط تيّارات الحمل في طبقة الأشينوسفير. وقد تتحرّك كلّ صفيحتين متجاورتين نحو بعضهما أو بعيدًا عن بعضهما البعض. ومن أشهر هذه الألواح أو الصفائح نذكر: يوراشيا، وأمريكا الشمالية، وأمريكا الجنوبية، والصفيحة العربية والإفريقية، والباسيفيكي، والهندي، والمتجمّدة الجنوبية، والأسترالي، وناز كا، وسكوتيا، والكاريبي، وجراند دي فوكا، والفليبين. للتعرف على الصفائح التكتونية العالمية افحص خريطة العالم (شكل 6) وتعرف حدود كل صفيحة تكتونية.

شكل 6
الصفائح (الألواح) التكتونية الرئيسية للأرض

2. أسباب حركة الصفائح الأرضية
Reasons of Tectonic Plates Movement

1.2 تيارات الحمل Convection Currents

(أ) تيّارات الحمل الصاعدة Upwards Convection Currents

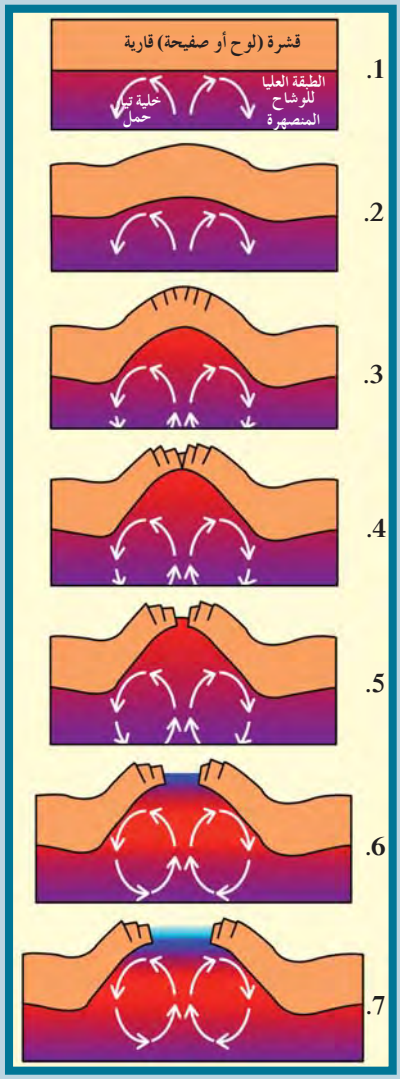
- ضغط تيّارات الحمل الصاعدة على قشرة الأرض فتتقوّس (شكل 7).
- نشوء قوى شدّ تعمل على تفلّق القشرة وإزاحة الكتل المنفصلة في صورة صدوع عادية تحصر بينها انخفاضًا مركزيًّا في صورة وادٍ صدعي Rift Valley.
- امتداد الصدوع لتصل إلى الطبقة العليا للوشاح.
- تسرّب الصهارة لأعلى لتزيح كتلتي الصفيحة التكتونية حول الوادي الصدعي بعيدًا عن بعضهما بعضًا وتملأ المسافة بينهما في صورة قشرة محيطية بعد تجمّدها.
- اتّساع القشرة المحيطية وتكوُّن حيد منتصف المحيط تحت ضغط تيّارات الحمل الصاعدة.

(ب) تيّارات الحمل الهابطة Downwards Convection Currents

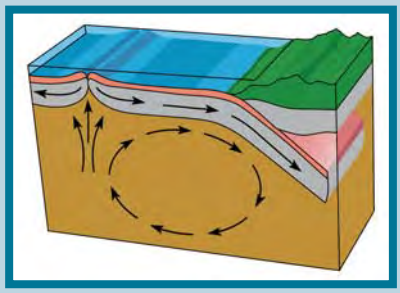
- تحرُّك تيّارات الحمل الهابطة (شكل 8) لأسفل ونحو بعضها البعض فتجذب القشرة المحيطية لأسفل نحو الطبقة العليا للوشاح.
- انغماس الطرف المندس في طبقة الأشينوسفير الحارّة مكوّنًا انخفاضًا في قاع المحيط فوقه يُسمّى الأخدود المحيطي Oceanic Trench.
- تعرُّض طرف اللوح المنغمس للانصهار.
- اندفاع الصهارة لأعلى في صورة براكين، ما يفسّر انتشار البراكين بطول الأماكن المطلّة على الأخاديد المحيطية.

2.2 البقع الساخنة Hot Spots

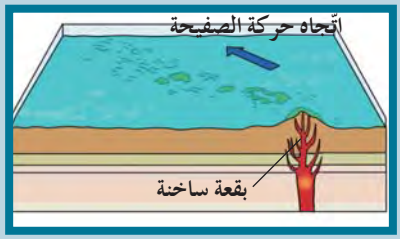
تُعتبَر المناطق الواقعة في وسط الألواح المحيطية مناطق خالية نسبيًّا من النشاط التكتوني. غير أنّ هذه القاعدة قد تشذّ كما هي الحال في جزر هاواي الواقعة في وسط لوح المحيط الهادئ. وتُعَدّ هذه الجزر جزرًا بركانية لسببين. يعود السبب الأوّل إلى أنّها واقعة فوق بقع ساخنة (شكل 9) في المناطق العليا من لبّ الأرض. ويعود السبب الثاني إلى أنّ الحرارة المتصاعدة من هذه النقط خلال وشاح الأرض والقشرة الأرضية لتصل إلى سطح الأرض تسبّب انصهار جزء من القشرة المحيطية ومن الجزء العلوي للوشاح. وهذا ما يؤدّي إلى اندفاع المادّة المنصهرة إلى السطح مكوّنة جزرًا بركانية.



شكل 7
نشاط تيارات الحمل الصاعدة في زحزحة القارات.



شكل 8
تيارات الحمل الهابطة.



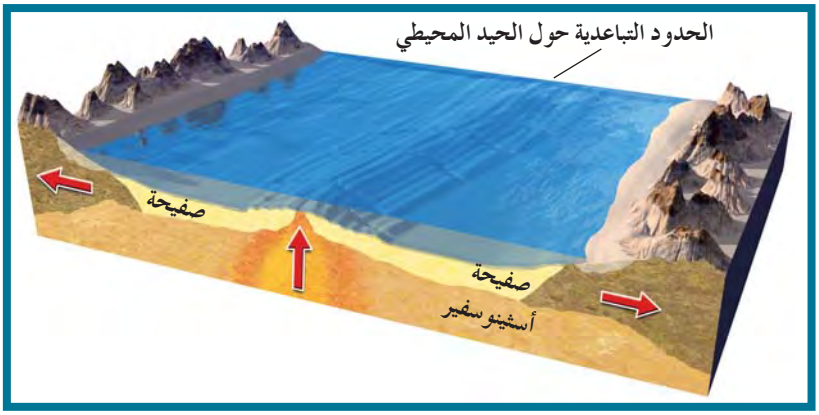
شكل 9
البقع الساخنة

1. طبيعة حدود الصفائح
Nature of Plate Boundaries

تختلف أنواع حدود الصفائح تبعًا لطبيعة نشاط تيار الحمل أو الصدع الذي سببها (شكل 10). يمكن التعرف على ثلاث أنواع من الحدود:

1.3 الحدود التباعدية (البنّاءة)
Divergent (Constructive) Plate Boundaries

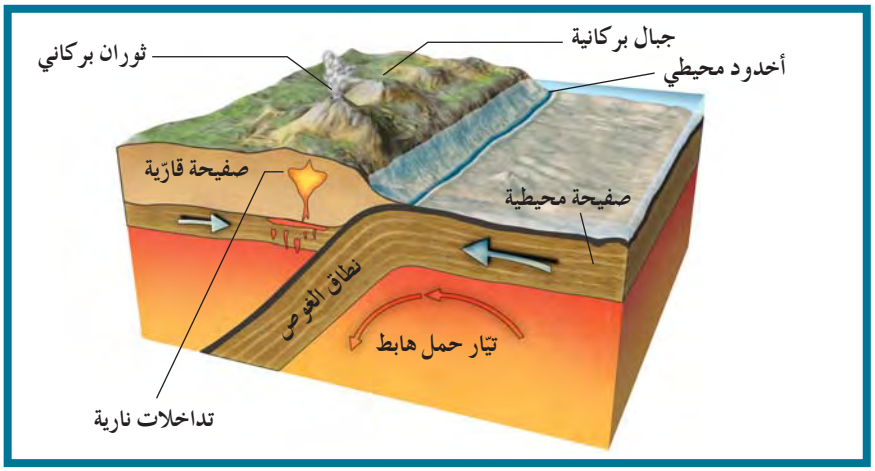
هي الحدود التي تتباعد عن بعضها باستمرار بسبب نشاط تيار الحمل الصاعد وانسياب الصهارة باستمرار بينها لتدفعهما بعيدًا عن بعضهما كما يحدث حول حيود منتصف المحيطات (الشكلان 11 و 12). تتميز هذه المناطق بانسياب صهيري ناري بطيء. مثال على هذا النوع البحر الأحمر وخليج السويس.



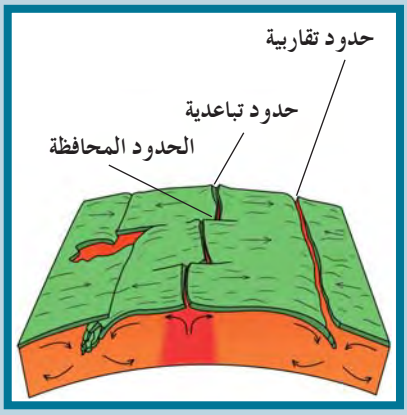
شكل 11
الحدود التباعدية

2.3 الحدود التقاربية (الهدّامة)
Convergent (Destructive) Plate Boundaries

وهي الحدود التي تندفع نحو بعضها بسبب تيار الحمل الهابط عند مناطق الأخاديد المحيطية حيث ينزلق ويغوص طرف الصفيحة التكتونية تحت الأخرى لينصهر طرفها الغائر في الأسثينوسفير (شكل 13). لذا تتميز هذه المناطق بانفجارات بركانية أو تداخلات نارية. الحالة الأخيرة تحدث عند انزلاق الصفيحة المحيطية تحت طرف قاري للوح المجاور، مثل جبال الإنديز.



شكل 13
الحدود الهدّامة

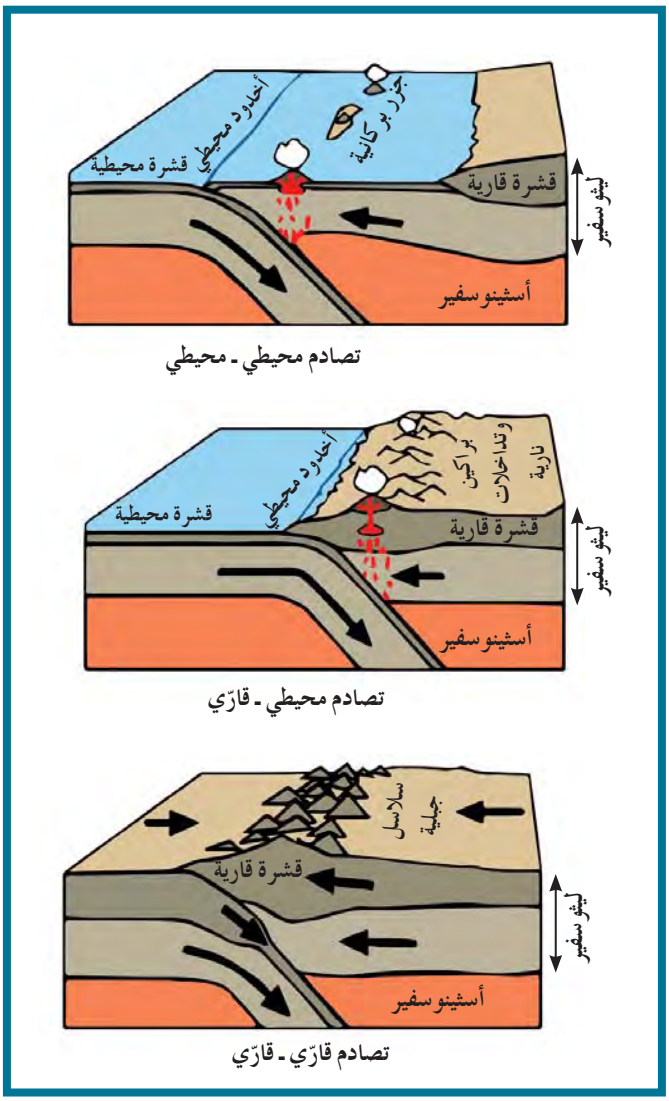


شكل 10
أنواع حدود الصفائح الأرضية (التكتونية)

شكل 12
كيفية تشكّل حدود البحر الأحمر

الحدود التقاربية (شكل 14) هي الحدود المتقابلة لصفيحتين متجاورتين تقعان فوق تيّار الحمل الهابط ما يدفعهما نحو بعضهما بعضًا. وهناك ثلاث حالات للحدود التقاربية تبعًا لنوع القشرة الأرضية التي تكوّنها:

1. تقارب حدّين محيطيين نحو بعضهما بعضًا.
2. تقارب حدّين أحدهما محيطي والآخر قارّي نحو بعضهما بعضًا.
3. تقارب حدّين قارّيين نحو بعضهما بعضًا.



شكل 14
أنواع الحدود التقاربية

هل تعلم؟

- يقع غور تونجا بين الجزيرة الشمالية لنيوزيلاندا وجزيرة تونجا وهو يفصل بين الحدود التقاربية المتقابلة لكل من الصفيحة الباسفيكية واللوح الأسترالي.
- غور أو أخدود بيرو–شيلي، ويُعرف أيضًا بغور أتاكاما Atacama، يقع في شرق الباسفيك حيث تطل عليه سواحل بيرو وشيلي بين الحدود التقاربية المتقابلة لكل من صفيحة تانكا وصفيحة أمريكا الجنوبية حيث يغوص اللوح الأوّل تحت الآخر.
- جبال الهيمالايا هي من أحدث سلاسل الجبال على سطح الأرض حيث نتجت من تصادم قشرتين قاريتين تمثلهما الصفيحة الهندوباسيفيكية Indo–Pacific Plate وصفيحة يوراشيا Eurasian Plate.

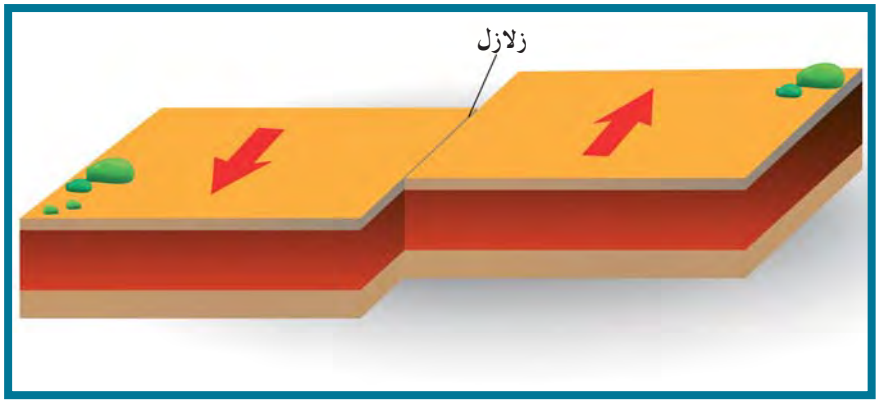
	الحدود التباعدية	الحدود التقاربية
التعريف	تباعد لوحين جيولوجيين عن بعضهما البعض بفعل الدفع إلى أعلى أو الشدّ	اقتراب الألواح الجيولوجية من بعضهما البعض بفعل الضغط
المظهر الجيولوجي	حيد	أغوار (خانق)
نوع الزلزال	ضحل	ضحل – متوسّط – عميق
نوع البركان	درعي	مركب
نوع الصهير	بازلتي	أندريت – رايولايت
نوع الصدوع	عادية	معكوسة
الحرارة المنبثقة	عالية	أقلّ

جدول 1
مقارنة بين حركة الألواح التباعدية والتقاربية

3.3 حدود الصدوع التحويلية (المحافظة)

Transform Fault Boundaries

هي الحواف التي تتحرك بطولها الكتل عكس بعضها (شكل 15) ولا يصاحبها أي نشاط ناري أو هدمي أو بنائي للغلاف الصخري ولكن حركة الكتل هذه غالبًا ما تسبب أنشطة زلزالية. مثال على ذلك صدوع التحويل المسببة لنشأة خليج العقبة في منطقتنا العربية.



شكل 15
حدود الصدوع التحويلية

1. التغيّرات المتوقع حدوثها على شكل الأرض مستقبليًّا بناء على حركة الصفائح التكتونية:

- تحوّل البحر الأحمر إلى محيط
- تحوّل الخليج العربي إلى منطقة قارية جبلية
- تحوّل البحر الأبيض المتوسّط إلى منطقة قارّية جبلية
- انكماش المحيط الهادئ وتحوله بالتالي إلى منطقة قارّية
- اتّساع المحيط الأطلسي
- انفصال المنطقة الشرقية من قارّة إفريقيا

هل تعلم؟

إنّ تصادم الكتل التي تقع عليها سلطنة عمان في العصر الطباشيري، نتج عنه ظاهرة نادرة حيث إنّ القشرة المحيطية صعدت فوق القشرة القارّية لتكشف عن صخور القشرة المحيطية التي تسمّى الأفيوليت في منطقة سمائل.

إثراء علمي

التكوينات الجيولوجية في شمال سلطنة عمان

تُعتبر جبال شمال عمان، من الناحية الجيولوجية، جزءًا من شبه الجزيرة العربية، وهي تمثّل في الوقت نفسه جزءًا من سلسلة طيات وجبال الألب والهيمالايا العملاقة التي ترجع في تكوينها إلى الحركة الألبية. وقد تشكّلت جبال عمان خلال حركتين تكتونيتين في نهاية العصر الكريتاسي وأواسط الثلاثي. الأولى منها نتج عنها إزالة لصخور قاع المحيط والهامش القاري من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي من ناحية أطراف شبه الجزيرة، والثانية تقوّست وطويت فيها السلسلة الجبلية إلى أعلى.

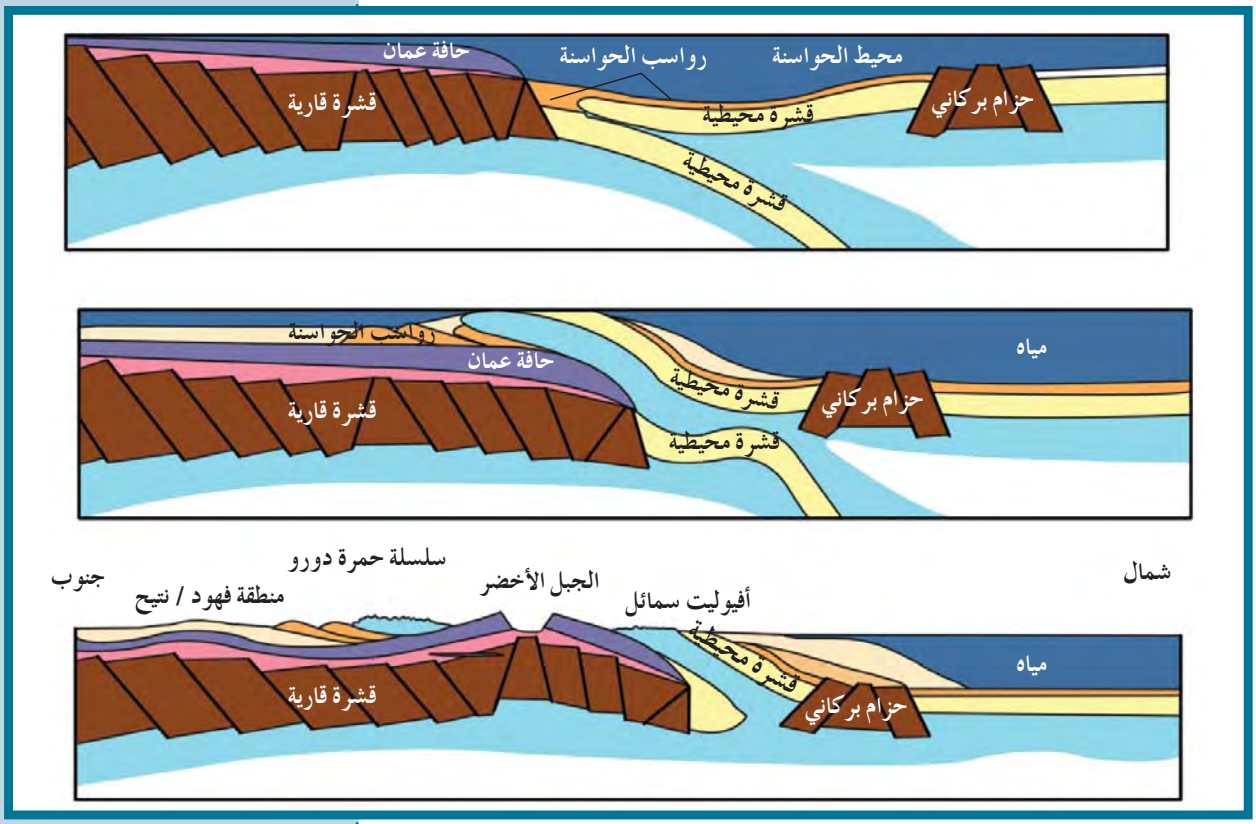
وتتشكل السلسلة الجبلية أساسًا من صخور سمائل المغتربة. وهي عبارة عن غطاءات على شكل كتل كبيرة من صخور الأفيوليت النارية التي زحفت فوق وحدات صخرية رسوبية بحرية النشأة، وتحتل بقايا القاعدة الأركية للدرع العربي. كما تنكشف بعض الصخور الرسوبية التي يتراوح عمرها بين نهاية الكمبري وحتى الكريتاسي في وسط محور السلسلة الجبلية وهي صخور قارية إلى بحرية غير عميقة من حيث النشأة.

وتغطي صخور الأفيولت حوالى 20 ألف كم مربع من السلسلة الجبلية. وكنتيجة لتعرض المنطقة لعمليات الإزاحة والطي والتصدع، فقد تكسرت هذه الصخور إلى مجموعة من الكتل الضخمة يصل عددها إلى حوالى 12 كتلة تفصلها تكوينات الصخور الرسوبيةعن بعضها البعض وتشكل العصب الأساسي للسلسلة. وتتكون من مجموعيتن أساسيتين: الأولى تُعرف باسم مجموعة الرداء وتمثّل ما بين 60% و70% من صخور الأفيوليت في المنطقة وتتكون من صخور البريدوتين والهارزبورجيت، كما توجد تداخلات من صخور الديونيت وتقطعها عروق وسدود نارية مافية الأصل وفوق مافية. والمجموعة الثانية من مجموعة القشرة، وتشكل النسبة الباقية من صخور الأفيوليت، تتكون من الجابرو والبريدوتيت مع مواد بركانية أخرى.

وتتكون بقية السلسلة الجبلية من الصخور الرسوبية التي تختلف في العمر والنشأة، إلّا أنّ معظمها يقع ضمن صخور الحجر الجيري والدولوميت مع بعض انواع الصخور الطينية وبخاصّة المارلية وكذلك الرملية وصخر المجمعات والبريشيا.

وتتكون السهول المجاورة للسلسلة من رواسب مختلفة في أحجامها أيضًا كما تختلف أشكال السطح فيها وتتدرج هذه المواد في الحجم وتستدق مع البعد عن السلسلة الجبلية سواء في سهل الباطنة أو منطقة الظاهرة. وتبدأ عادةً بالمواد الخشنة التي تتكون من الجلاميد والزلط، ثم الحصى وتنتهي بالرمال والمواد الدقيقة، وقد تكون متماسكة على شكل صخر المجمعات أو مفككة سائبة.

وفي حال تماسكها، غالبًا ما تكون المادة اللاحمة كلسية، ويختلف في سهل الباطنة سمك هذه الرواسب حيث يصل إلى ما يزيد عن 65m عند أقدام السلسلة الجبلية، ويزيد باتجاه خليج عمان إلى أقصى سمك له في منطقة بركاء والسيب.



شكل 16
التكوينات الجيولوجية في سلطنة عمان

مراجعة الدرس 2

1. ما هو المحرك الأساسي لصفائح الأرض؟ وأين يقع في أغلفة الأرض؟
2. ما المقصود بكل من:
   (أ) نطاق الغوص؟
   (ب) الصدوع المتحوّلة؟
3. قارِن بين الأنواع المختلفة لحدود الصفائح التكتونية للأرض.

الدرس 3

الآثار المترتبة على حركة الصفائح التكتونية
Implications of Tectonic Plates Movements

الأهداف العامة

- يوضّح المظاهر الناتجة عن حركة الصفائح التكتونية.
- يشرح تكوّن كلّ من الزلازل والبراكين.
- يطابق بين أماكن الزلازل والبراكين ونظرية الصفائح التكتونية.

شكل 17
الزلازل والبراكين والجبال هي إحدى الآثار التي تترتّب على حركة الصفائح التكتونية

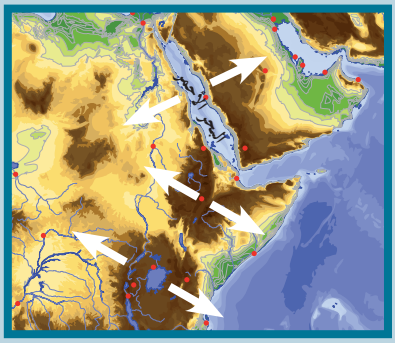
فهمنا من الدرس السابق أن قشرة الأرض مقسمة إلى صفائح دائمة الحركة ولكن معدل المسافات التي تقطعها صغير (سنتيمترات قليلة في السنة). بالرغم من ذلك، فلحركة الصفائح تأثير كبير ينتج عنها ظواهر طبيعية قد تؤثر في حياتنا تأثيرًا سريعًا بحيث نشعر بها مباشرة كالزلازل والبراكين، أو يؤثر تأثيرًا بطيئًا يتعدى عمر الإنسان كبناء الجبال وتشكيل سطح الأرض.

1. الأخاديد الصدعية Rift Vallies

تتعرّض التكوينات الصخرية لحركات الرفع Up Warping، أي الشدّ من قبل البقع السّاخنة في البداية ومن ثمّ تأثير الحركات التباعدية بفعل تيّارات الحمل. ويؤدّي ذلك إلى تكسّرها وتكوُّن صدع ذي ثلاث أذرع (شكل 18). وتهبط عندها الكتلة الوسطى مكوّنة أخاديد صدعية.

شكل 18
صدع ذو ثلاث أذرع

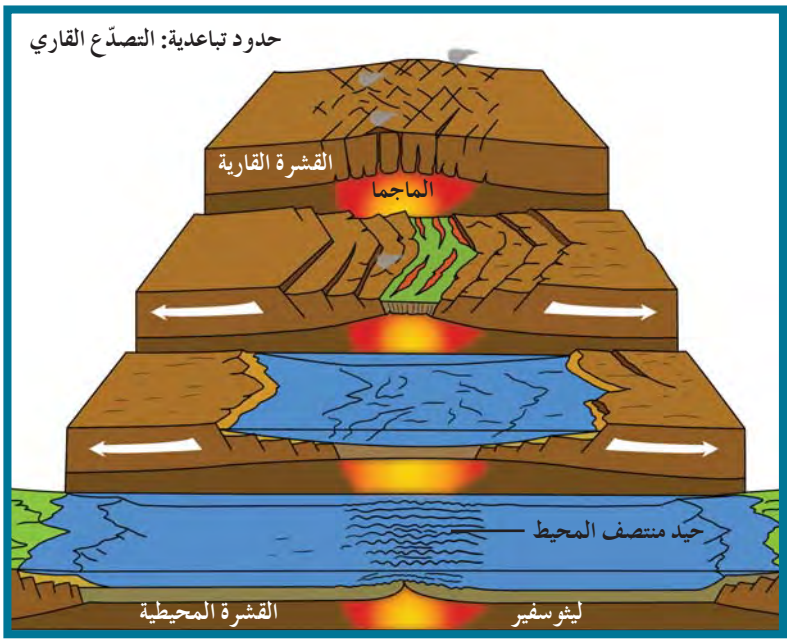
أمّا التكوينات الجانبية فتبقى عند مستواها أو تندفع إلى أعلى، ومثال على ذلك أخدود البحر الأحمر الصدعي كما هو موضّح في الشكل (19).



شكل 19
الأودية الصدعية في البحر الأحمر وشرق إفريقيا

2. الحيد المحيطي Oceanic Ridge

يتكوّن الحيد المحيطي في القشرة المحيطية الواقعة فوق تيّار الحمل الصاعد، حيث يتقوّس وتتفلّق قمّته بسبب تعرّضها لقوى شدّ نتيجة التقوّس (شكل 20). وتتحوّل الشقوق إلى صدوع عادية موازية للحدود بين اللوحين وتحصر في مركزها جزءًا منخفضًا يُسمّى واديًا صدعيًّا، وتنبثق دفعات جديدة من الصهارة البازلتية خلالها منتشرة على جانبي الحيود، ما يؤدّي إلى دفع الألواح وإبعادها عن بعضها البعض وتكوين قشرة محيطية جديدة. ولهذا السبب، تُسمّى الحيود مراكز الانتشار Spreading Centers.



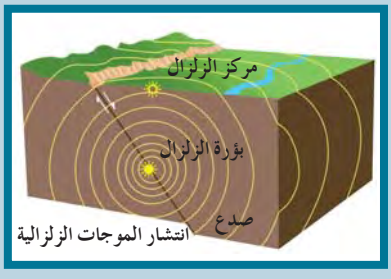
شكل 20
تكوين الحيد المحيطي

هل تعلم؟

تحتوي شبه الجزيرة العربية (اللوح العربي) على ثلاثة أنواع من حدود الألواح الجيولوجية:
(أ) الحدود البنّاءة (تباعد اللوح العربي عن اللوح الأفريقي)
(ب) الحدود الهدّامة (تصادم اللوح العربي باللوح الآسيوي الأوروبي)
(جـ) الحدود المحوّلة (المحافظة) (غور الأردن والبحر الميّت)

3. الزلازل والبراكين Earthquakes And Volcanoes

ترتبط مواقع الزلازل والبراكين ارتباطًا وثيقًا بمواقع حدود الألواح التي تتعرّض لقوى شدّ أو ضغط، الأمر الذي يعرّضها إلى الإجهاد الشديد، فتتكوّن الزلازل التي تتوقّف قوّتها على مقدار تحرّك هذه الألواح وسرعتها. ويمكن تعيين بؤرة الزلزال Focus (شكل 21) التي تنطلق منها الطاقة. أمّا المركز السطحي للزلزال Epicenter فهو الموقع الموجود على سطح الأرض فوق الزلزال مباشرة، علمًا أنّ موجات متتابعة تسمّى الموجات الزلزالية Seismic Waves تنطلق من بؤرة الزلزال وتنقسم إلى موجات أوّلية (Primary Waves (P–Waves، وموجات ثانوية Secondary (S–vaves) Waves، وموجات سطحية Longitudinal Waves (شكل 22).

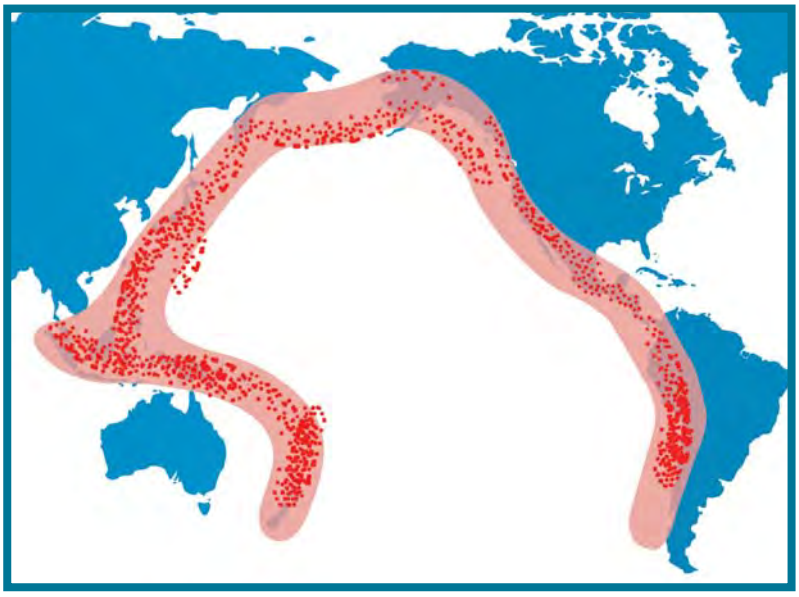


شكل 21
موقع بؤرة الزلزال ومركزه.

شكل 22
الموجات الزلزالية

ومن ناحية أخرى، غالبًا ما يكون النشاط البركاني المنتشر في أماكن معيّنة ناتجًا عن حركة الصفائح التكتونية. فهناك مثلًا، حلقة النار Ring of fire التي تقع على امتداد حافّة المحيط الهادئ والتي تنتشر فيها البراكين (شكل 23) والزلازل (شكل 24).

شكل 23
خريطة توضّح توزُّع البراكين في العالم.

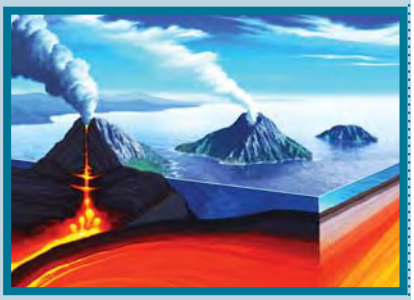


شكل 24
خريطة توضّح توزُّع الزلازل في العالم.

4. معلومات إثرائية: الظواهر والأحداث المصاحبة للنشاط التكتوني للأرض

1.4 تكسُّر القارّات Continental Break Up

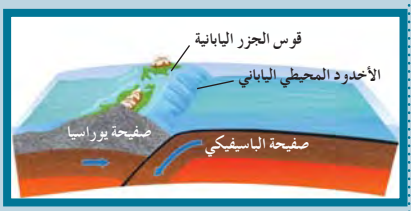
يُعَدّ تكسّر القارّات وانفصالها مرحلة من مراحل تطوّر الأخدود الصدعي نظرًا لاستمرار صعود الموادّ المنصهرة البازلتية خلال البقع الساخنة وانبثاقها في منطقة الأخدود الصدعي ، مكوّنة بالتالي قشرة محيطية جديدة .



شكل 25
قوس الجزر البركاني

2.4 الأغوار المحيطية Deep Ocean Trenches

عند اقتراب الألواح من بعضها البعض ، ينزلق أحد الألواح تحت الآخر ليغوص في الطبقة العليا للوشاح (الأشينوسفير)، مكوّنًا انخفاضًا أعمق من مستوى قاع المحيط يُسمّى الغور المحيطي (الأخدود المحيطي)، مثل غور بيرو وتشيلي.



شكل 26
نطاق الانغماس يقع بين طرف قاري وآخر محيطي.

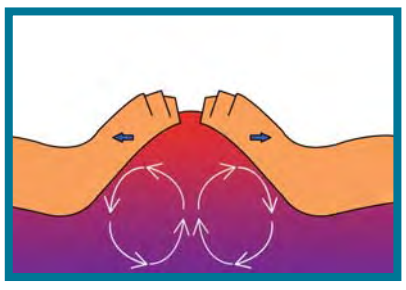
3.4 قوس الجزر Island Arc

يُسمّى الجزء المنغمس في الطبقة العليا من الوشاح نطاق الغوص Subduction Zone . يتعرّض طرف اللوح المنزلق للانصهار، ما يؤدّي إلى اندفاع الصهارة إلى أعلى مكوّنة سلسلة من البراكين النشطة . وعندما تهدأ هذه البراكين ، تطلّ سلسلة من الجزر تُسمّى قوس الجزر (شكل 25) على الأخاديد المحيطية ، مثل جزر الفلبين واليابان في المحيط الهادئ .

4.4 تكوّن الجبال والقارات Continents and Mountains Formation

تتكوّن الجبال نتيجة ارتفاع سطح الأرض في منطقة أو إقليم ما ، حيث تتكوّن سلاسل جبلية عالية . بناءً على ذلك ، يمكن تصنيف الجبال وفقًا لما يلي:

- جبال أكتاف الوادي الصدعي (شكل 27) كالجبال المنتشرة على ضفّتي خليج السويس والبحر الأحمر.
- جبال عند حدود الصفائح التقاربية كجبال الهيمالايا والألب .



شكل 27
تكوُّن مناطق جبلية على أكتاف الوادي الصدعي.

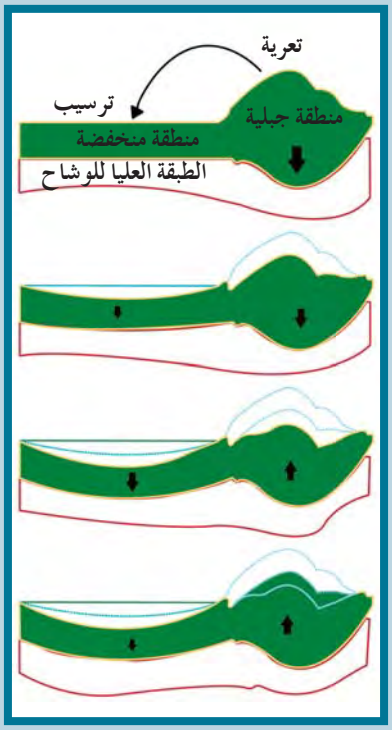
5.4 نظرية توازن القشرة الأرضية

Isostatic Equilibrium

تتكوّن قيعان البحار والمحيطات من صخور ذات كثافة عالية نسبيًّا وهي صخور البازلت وشبيهاتها ، في حين أنّ القارّات تتكوّن من صخور أقلّ كثافة مثل الجرانيت وتكون جذورها عميقة في الأرض . وهذه الكتل ، سواء أكانت في الجبال أو في قيعان البحار والمحيطات ، تطفو فوق مادّة ذات كثافة عالية وتحت ضغط هائل وفي حالة لزجة أو ليّنة نسبيًّا (وشاح الأرض) . وعلى الرغم من ذلك ، فهي في حالة من التوازن . ومن خلال دراستك السابقة لعوامل التجوية والتعرية التي تؤثّر في سطح الأرض ، عرفت أنّها تقوم بتفتيت صخور القارّات وتنقلها وترسّبها في قيعان البحار والمحيطات . ونتيجة لذلك ، أخذت قيعان البحار في الهبوط التدريجي لتضغط على وشاح الأرض أسفل منها ، والذي سبق أن قلنا إنّه مادّة في حالة شبه ليّنة . لذلك ، تنتقل المادّة الليّنة أفقيًّا إلى مناطق أخرى أقلّ ضغطًا نسبيًّا ، وهذه المناطق هي أسفل الجبال التي أصبحت أخفّ وزنًا بعد تآكلها. وبذلك ، ارتفعت هذه الجبال لتعيد حالة التوازن بينها وبين قيعان البحار .

مراجعة الدرس 3

1. ما المقصود بحلقة النار؟
2. وضّح مراحل تكوُّن الحيد المحيطي .
3. فسّر تكوُّن البحر الأحمر .



شكل 28
شكل يوضح التوازن الأيزوستاتيكي.

ترابط العلوم

حلقة النار Ring of Fire هي منطقة تقع على امتداد حافّة المحيط الهادئ تنتشر فيها البراكين والزلازل. يمتدّ هذا الحزام الذي يشبه حدوة الحصان حوالى 40,000كم من نيوزيلندا مرورًا بالفلبين، واليابان، ثمّ شرقًا إلى الألاسكا وولايتي أريجون وكاليفورنيا الأمريكيتين، والمكسيك وجبال الإنديز في أميركا الجنوبية.

أسئلة مراجعة الفصل الأوّل

أولًا: إختر الإجابة الصحيحة.

1. من دلائل الانجراف القاري .....
(أ) توازن القشرة الأرضية
(ب) التطابق الهندسي للحواف المتقابلة للقارات
(جـ) دوران الأرض حول محورها
(د) تشابه الأحافير الحديثة بين القارات

2. تقوس وتفلق القشرة القارية في منطقة ما ينبئ بـ .....
(أ) غرق القارة نتيجة تسرب الماء خلال الصدوع.
(ب) انفلاق القارة لجزئين وتكوين حدود تقاربية بينهما.
(جـ) انفلاق القارة لجزئين وتكوين حدود تباعدية بينهما.
(د) تكون صدوع تحويلية تقسمها لجزئين.

ثانيًا: ما المقصود بـِ:

1. الانجراف القاري؟
2. نظرية الصفائح التكتونية؟
3. الحدود التقاربية للصفائح؟
4. حلقة النار؟
5. حيد منتصف المحيط؟
6. الأخدود الصدعي؟
7. تيارات الحمل في وشاح الأرض؟

ثالثًا: إشرح مع الرسم إن أمكن.

1. تكون الأخدود الصدعي.
2. دليل تطابق الأحافير كأحد الأدلّة المؤيّدة لفرضية الانجراف القارّي.

رابعًا: ماذا يحدث:

1. إذا اصطدمت صفيحة محيطية بأخرى محيطية؟
2. إذا اصطدمت صفيحة قارية بأخرى محيطية؟
3. إذا اصطدمت صفيحة قارية بأخرى قارية؟
4. إذا تصاعدت الصهارة في الأخدود الصدعي لقارة؟

خامسًا: علِّل.

1. انصهار طرف اللوح المنغمس في الوشاح عند حدود الصفائح التقاربية.
2. غوص الصفيحة المحيطية وعدم غوص الصفيحة القارية عند حدودهما المتقاربة.
3. تباعد حدود الصفائح التكتونية حول حيد منتصف المحيط.
4. تطابق توزيع الزلازل والبراكين على سطح الأرض.

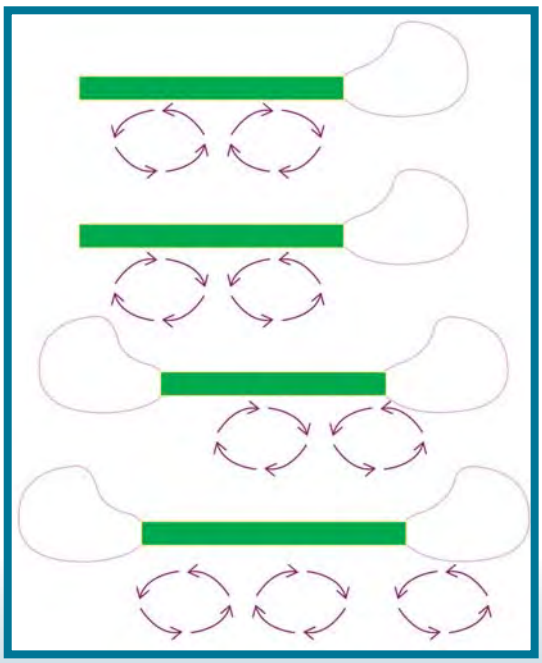
سادسًا: قارِن.

قارِن بين حدود الصفائح التكتونية.

سابعًا: ارسم خريطة ذهنية.

ارسم خريطة ذهنية لأنواع حركة الصفائح التكتونية والآثار الناجمة عنها.

ثامنًا: تنبأ بالرسم مع البيانات وشرح موجز ما قد يحدث في المستقبل في الحالات الأربع الموضّحة في الشكل المرفق:



الفصل الثاني

الحركات الجيولوجية
Geological Movements

للأرض تاريخ طويل ومعقّد. أدى انشطار القارات وتصادمها إلى تكوين أحواض محيطية جديدة ونشوء سلاسل جبال عظيمة. لكنّ كوكبنا شهد الكثير من العوامل الطبيعية التي أدّت إلى تغيير بعض معالمه. في هذا الفصل، سنتناول موضوع هذه التغيّرات الحاصلة التي تُعرَف بالطيّات والفواصل والفوالق والتي تُعتبَر من التراكيب الثانوية.

دروس الفصل

الدرس الأوّل

- الطيات

الدرس الثاني

- الفواصل والفوالق (الصدوع)

الدرس 1

الطيّات
Folds

أهداف الدرس

- يوضّح كيفية استجابة الصخور للتشوه.
- يصف أجزاء الطية.
- يصنف الطيات.

شكل 29
تشوهات القشرة الأرضية وطيها كما توضحها صورة أحد أجزاء جبال الألب.

1. طبيعة صخور القشرة الأرضية
Nature of the Rocks of the Earth's Crust

تُعتبر القشرة الأرضية ضعيفة جيولوجيًّا فهي تتأثّر بالحركات الأرضية التي تغيّر شكلها. هناك أدلّة كثيرة على عدم استقرار سطح الأرض واختلاف توزُّع اليابسة والماء عليها خلال العصور الجيولوجية. يظهر ذلك في مدى استجابة الصخور لقوى الشدّ والضغط التي تختلف بحسب نوع الصخر وتماسكه ودرجة صلابته. تُسمّى الظاهرة، التي فيها تتعرّض الصخور اللدنة نسبيًّا لقوًى أو إجهاد يؤدّي إلى انثنائها والتوائها، بالتشوه اللدن Ductile Deformation. أمّا الظاهرة التي فيها تتعرّض الصخور الصلبة (المتقصّفة أو سريعة الكسر) لقوًى أو إجهاد يؤدّي إلى تكسّرها، فتسمّى التشوه التقصّفي Brittle Deformation.

2. الطيّات Folds

الطيّات Folds هي الانثناءات أو التموّجات التي تتشكّل في الصخور نتيجة خضوعها لقوى الضغط. تكون الطيّات محدّبة Anticline أو مقعّرة Syncline.

1.2 أجزاء الطيّة Parts of the Fold

(أ) الجناحان Flanks

الجناحان هما طرفا الطبقة المثنيّة، وهما يشبهان طرفي ورقة قمت بثنيها من وسطها ووضعْتَها على مكتبك. يمثّل كلّ نصف من الورقة جناحًا من جناحي الطيّة.

(ب) زاوية ميل الجناح واتّجاهه Angle and Direction of Dip of the Flank

هي الزاوية الواقعة بين جناح الطيّة والمستوى الأفقي، أمّا اتّجاه ميل الجناح فهو الاتّجاه الجغرافي الذي يميل نحوه جناح الطيّة.

(جـ) المستوى المحوري Axial Plane

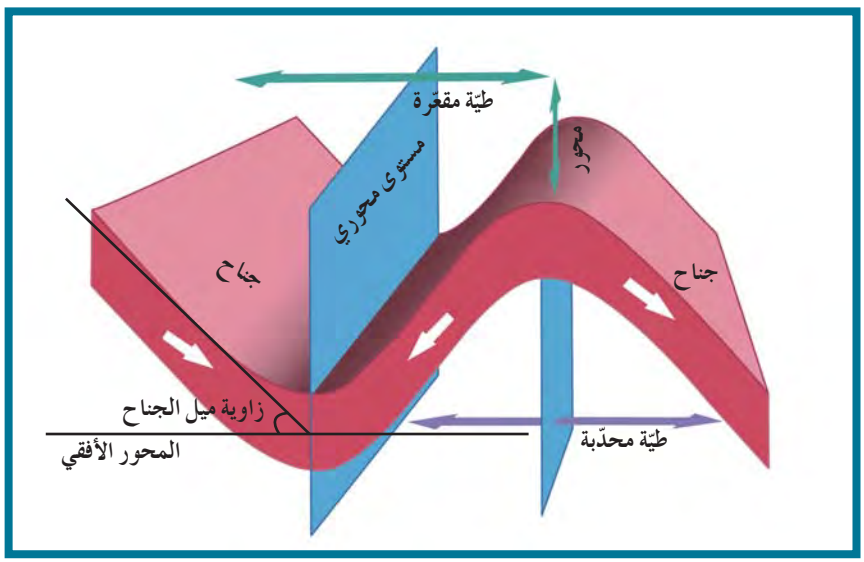
هو المستوى الوهمي الذي ينصف الزاوية بين جناحي الطيّة، وقد يكون رأسيًّا أو مائلًا أو أفقيًّا وفق درجة تماثل الطيّة.

(د) المحور Axis

هو الخطّ الوهمي الذي ينصف زاوية قمّة الطيّة أو قعرها وذلك بحسب نوعها وينتج من تقاطع المستوى المحوري مع الطبقة الطوية.

(هـ) قمّة الطية وقعرها Crest and Trough of the Fold

قمّة الطيّة هي أعلى نقطة في الطيّات المحدَّبة، وقعرها هو أدنى نقطة في قاع الطيّات المقعّرة.



شكل 30
أجزاء الطيّة المحدّبة والطيّة المقعّرة.

2.2 تصنيف الطيّات Classification of the Folds

تُصنَّف الطيّات وفق عوامل عديدة أهمّها اتّجاه ميل الجناحين، ودرجة تساوي مقدار ميل الجناحين، ووضع المحور والمستوى المحوري، وترتيب الطبقات الزمني داخل الطيّة.

1.2.2 اتّجاه ميل الجناحين

Direction of Dip of the Flank

بحسب اتّجاه ميل الجناحين، تُقسَم الطيّات إلى أربعة أنواع:

(أ) الطيّة المحدّبة Anticline

يميل فيها الجناحان بعيدًا عن المحور والمستوى المحوري. في هذه الحالة، تقع أقدم الطبقات في المركز وتتبعها الطبقات الأحدث وصولًا إلى الخارج.

(ب) الطيّة المقعّرة Syncline

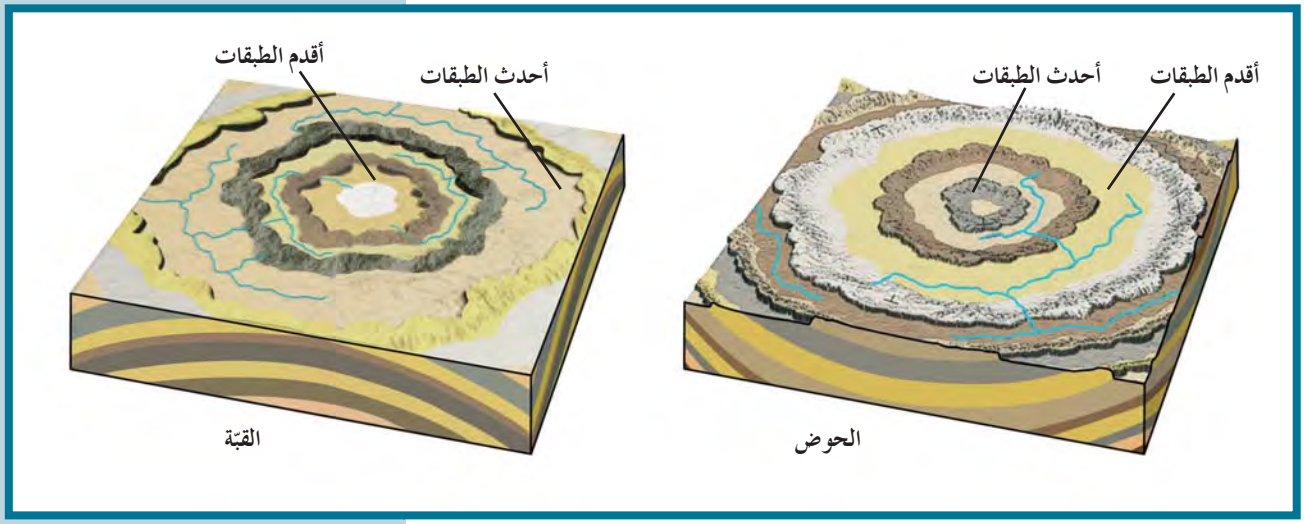
يميل فيها الجناحان نحو المحور والمستوى المحوري. في هذه الحالة، تقع أحدث الطبقات في المركز وتتبعها الطبقات الأقدم وصولًا إلى الخارج.

(جـ) القبّة Dome

هي طيّة محدّبة تميل فيها الطبقة بعيدًا عن المحور في جميع الاتّجاهات، فيصعب تمييز الجناحين ويصبح شكلها كقبّة المسجد (شكل 31).

(د) الحوض Basin

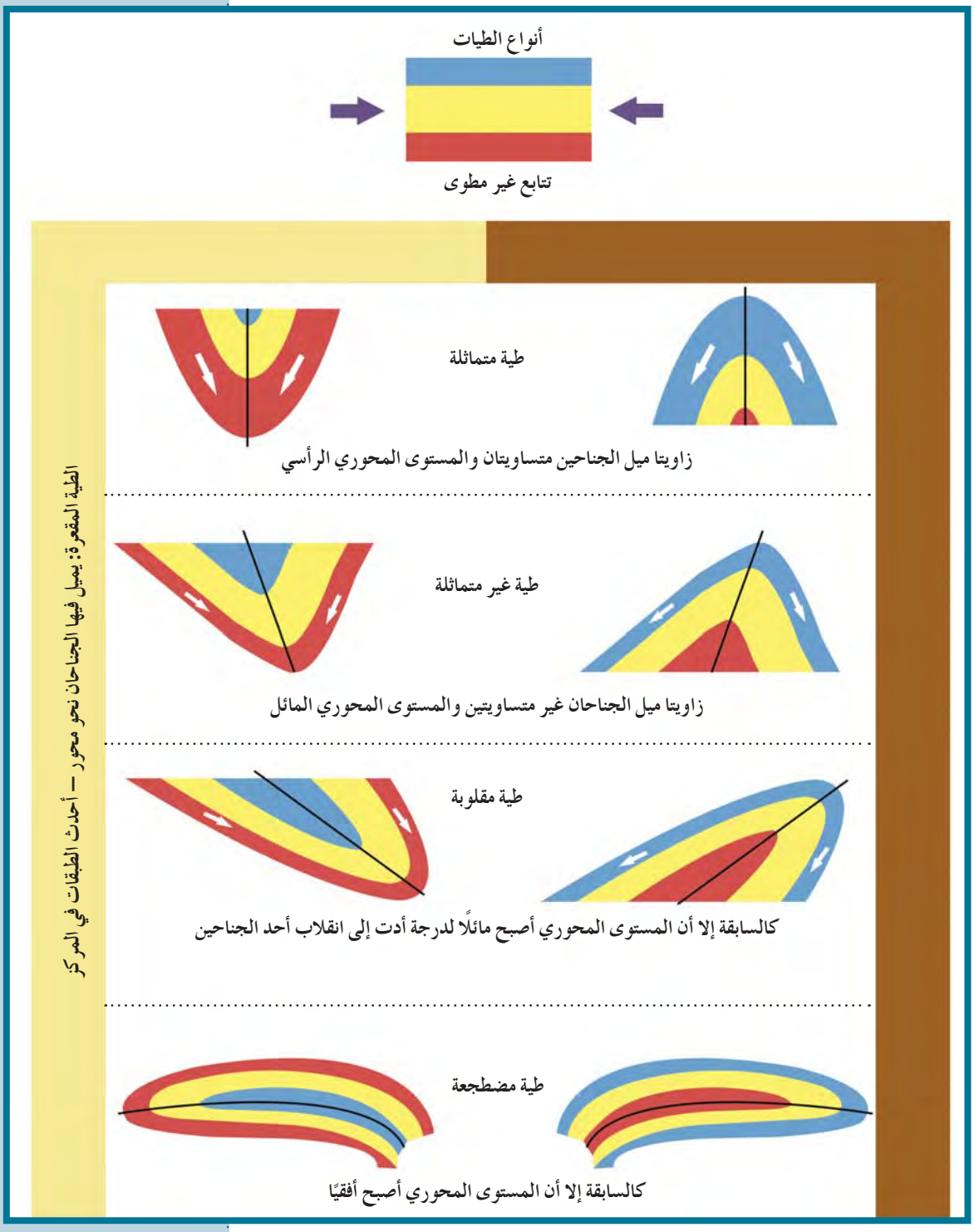
هي طيّة مقعّرة تميل فيها الطبقة نحو المحور من جميع الاتّجاهات، فيصعب تمييز الجناحين ويصبح شكلها كالطبق العميق (شكل 31).



شكل 31
الحوض والقبّة

2.2.2 وضع المستوى المحوري Placement of the Axial Plane

تُقسَم الطيّات تقسيمًا إضافيًّا وفق درجة تساوي مقدار ميل الجناحين، فقد تكون متماثلة أو غير متماثلة أو مقلوبة أو نائمة (مضطجعة).



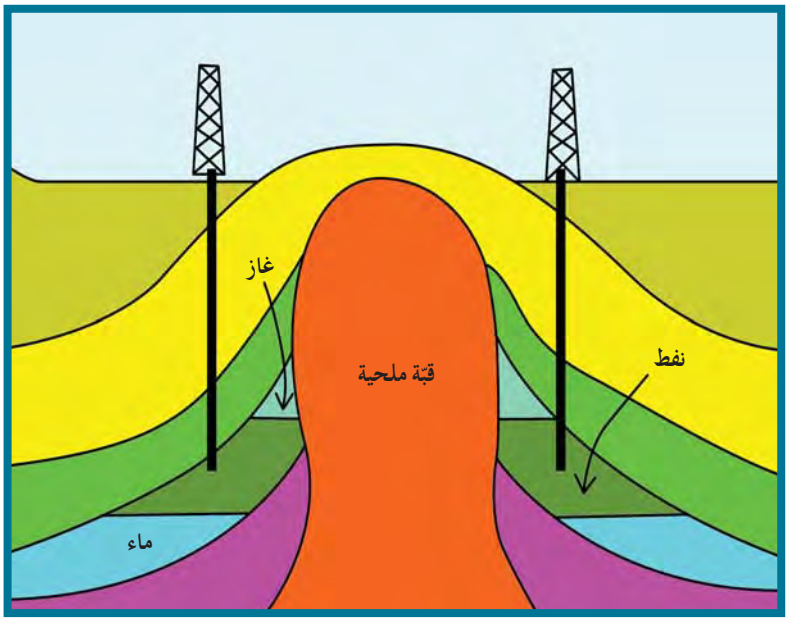
شكل 32
أنواع الطيّات

3. الأهمّية الاقتصادية للطيّات

Economic Importance of Folds

للطيّات أهمّية كبيرة من الناحية الاقتصادية، ويظهر ذلك في:

1. الطيّات المحدّبة والقباب التي تُعتبر من أهمّ التراكيب المناسبة لتجمّع النفط، حيث يتجمّع في قمّة الطيّة المحدّبة كما في حقل برقان النفطي في الكويت.
2. الطيّات المقعّرة والأحواض حيث تتجمّع المياه الأرضية كما في الأحواض المائية في حقل الروضتين للمياه الأرضية.
3. الرواسب المعدنية التي تُستخرج من القباب الملحية كالجبس والأنهيدريت والملح، وبعض خامات الفوسفات التي تُستخرج من الطيّات المقعّرة (شكل 33).



شكل 33
القبّة الملحيّة وتجمّع النفط في الكويت.

مراجعة الدرس 1

1. ما معنى تشوه الصخر؟
2. كيف يختلف التشوُّهُ التقصّفي عن التشوه اللدن؟
3. وضّح مدى استجابة الصخور عند تعرّضها لإجهاد يتعدّى مرونتها.
4. وضّح بالرسم الفرق بين الطيات المحدَّبة والطيات المقعَّرة.
5. خلال رحلة جيولوجية ميدانية، مررت على طبقات صخرية متكرّرة يمثّل مركزها أحدث الطبقات.
   (أ) ماذا تتوقّع أن يكون هذا المظهر؟
   (ب) فسِّر كيفية تكوُّنه جيولوجيًّا.

الفواصل والفوالق (الصدوع)
Joints and Faults

أهداف الدرس

- يفرّق بين الفاصل والفالق.
- يحدّد أنواع الفواصل.
- يتعرّف أجزاء الفالق.
- يصنّف الفوالق ويقارن بينها.

كما ذكرنا سابقًا، تتشوه الصخور المعرَّضة للجهود المختلفة بعدة طرق منها الاستجابة بالتكسير في حالة الطبقات الهشة. تُسمّى الكسور والشقوق الموجودة في الصخر فواصل طالما لم يصاحب تكونها إزاحة نسبية لكتل الصخور حولها، وإلا صُنِّفت صدوعًا (فوالق).

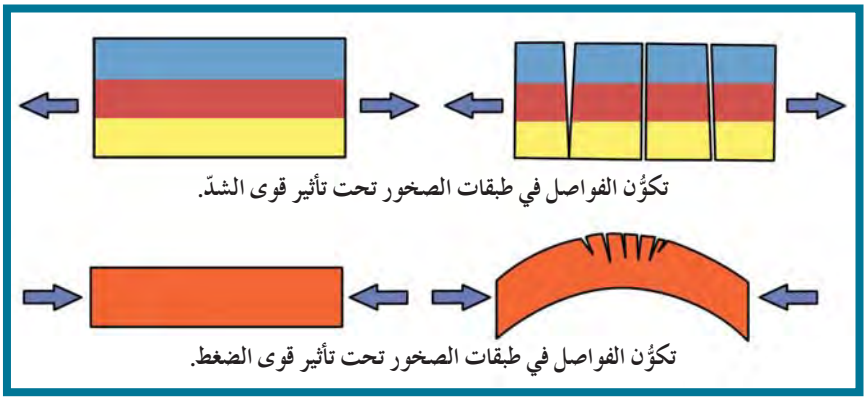
1. الفواصل Joints

هي شقوق تكوّنت في الصخور دون أن يحدث أي انزلاق أو حركة على جانبي الشق نتيجة تكونها.

1.1 أنواع الفواصل Types of Joints

(أ) فواصل تكتونية Tectonic Joints

الفواصل التكتونية هي الفواصل التي نشأت من قوى الشدّ المبذولة على الصخور ذات الطبيعة التقصفية (شكل 34). وقد تكون رأسية أو مائلة وفقًا لاتّجاه التشوه السائد، بحيث يتراوح طولها بين مجهرية وعشرات الأمتار. وقد تنشأ فواصل في الصخور المرنة أيضًا. عندما تنثني الطبقات بفعل قوى الضغط، يتعرّض سطح الطبقة العلوي لقوى شدّ محلية تستجيب معها الطبقات بالتفلق على شكل فواصل.



شكل 34
الفواصل التكتونية

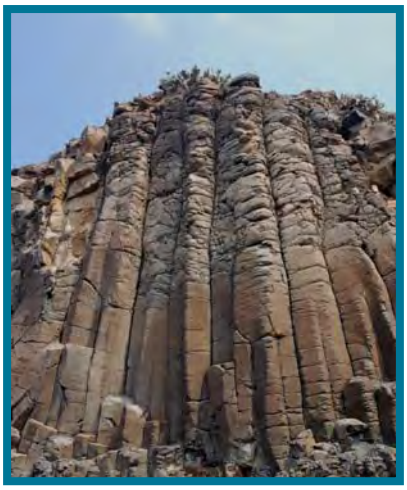
(ب) الفواصل اللوحية Unloading Joints

عندما تتواجد وحدة صخرية في عمق الأرض تكون مضغوطة تحت تأثير الحمل الهائل من الصخور الواقعة فوقها ومن حولها ، وحين يُزال هذا الحمل بالتعرية أو الانهيارات الأرضية ، تتستجيب للتمدّد مكوّنة فواصل لوحية على اتّجاه إزالة الحمل (شكل 35) .

شكل 35
الفواصل اللوحية

(جـ) الفواصل العمودية Columnar Joints

الفواصل العمودية هي فواصل رأسية عمودية منتظمة التوزيع تُشكِّل الصخر في صورة أعمدة سداسية متوازية . تنشأ هذه الفواصل في الصخور النارية وبخاصة الصخور البازلتية ، فتنكمش نتيجة التبريد (شكل 36) .



شكل 36
الفواصل العمودية

2. الفوالق (الصدوع) Faults

يصاحب تشوهات طبقات القشرة الأرضية وصخورها بخاصة المتشوهة تشوهًا هشًّا Brittle Deformation إزاحةً وتحرك كتل الصخور على جانبي الفواصل العظيمة بالنسبة لبعضها البعض . في هذه الحالة ، يتحول الفاصل Joint إلى فالق (صدع) Fault . ويتكون الفالق من:

(أ) مستوى سطح الفالق Fault Plane وهو مستوى الكسر المكوّن لفاصل ، يفصل بين كتلتين متجاورتين وتنزلق عليه الكتل بالنسبة لبعضها البعض .

(ب) الجدار (الحائط) العلوي Hanging Wall وتمثّله الكتلة الواقعة فوق مستوى سطح الفالق .

(جـ) الجدار (الحائط) السفلي Foot Wall وتمثّله الكتلة الواقعة تحت مستوى سطح الفالق .

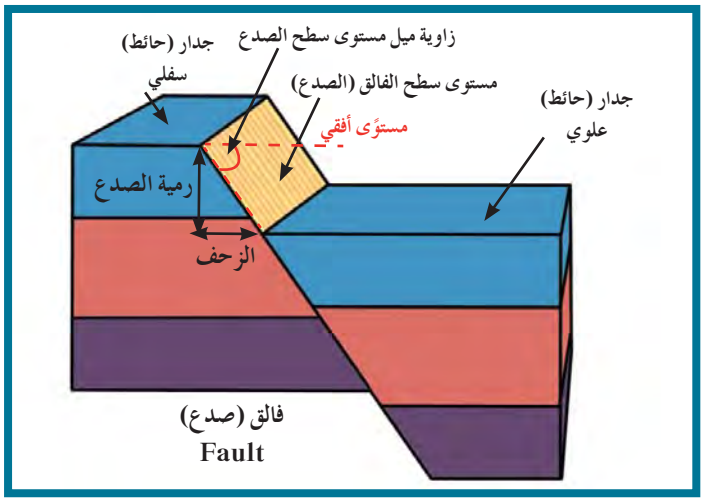
هل تعلم؟

إنّ تقوُّس القشرة الأرضية بفعل تيّارات الحمل من الطبقة العليا للوشاح ينتج عنه الحيد المحيطي . يؤدّي استمرار التقوُّس إلى تصدُّع قمّة الحيود بصدوع عادية سلّمية مكوِّنًا وادي وسطي منخفض . تتسلّل الماجما من الطبقة العليا للوشاح خلال الوادي المتصدّع لتزيح اللوحين بعيدًا عن بعضهما بعضًا . من الأمثلة النادرة ، نذكر تلاقي ثلاثة حيود في منطقة واحدة تُسمّى التلاقي الثلاثي Triple Junction . وأشهر مثال على ذلك هو التلاقي الثلاثي عند مدخل باب المندب حيث يتلاقى حيود جنوب البحر الأحمر وامتداد حيود المحيط الهندي والحيود الذي يخترق الأرض الصومالية . أدّى هذا الأخير إلى انفصال وتحديد مثلّث عفار Afar Triangle الذي يتميّز بنشاطه الزلزالي والناري .

(د) رمية الفالق Fault Throw وهو مقدار الإزاحة الرأسية التي تقطعها الطبقة نتيجة التفلّق.

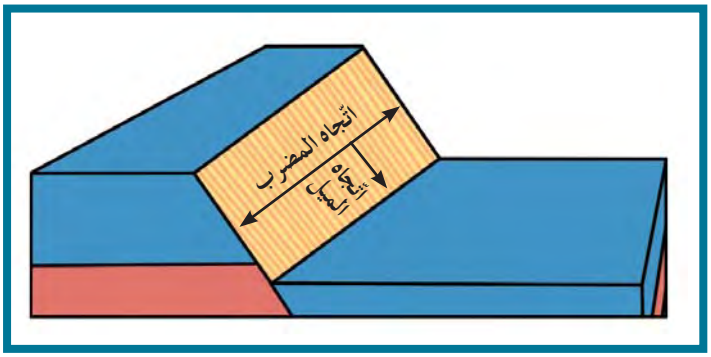
(هـ) الزحف الجانبي Heave وهو مقدار الإزاحة الأفقية في وضع الطبقات.

(و) ميل الصدع Fault Dip وهو مقدار الزاوية التي يصنعها سطح الفالق مع المستوى الأفقي.



شكل 37
أجزاء الفالق (الصدع)

يشبه مستوى سطح الفالق أيّ مستوًى مائل، فله زاوية واتّجاه ميل Angle and Direction of Dip واتّجاه مضرب (الاتّجاه الأفقي على السطح المائل للفالق) Strike Direction (شكل 38).



شكل 38
اتّجاه الميل ومضرب مستوى الفالق.

بناء على وضع جدران الفوالق بالنسبة لبعضها البعض واتّجاه الإزاحة يمكن تقسيم الفوالق على النحو التالي:

1.2 تصنيف الفوالق Classification of Fault

(أ) الفالق العادي Normal Fault

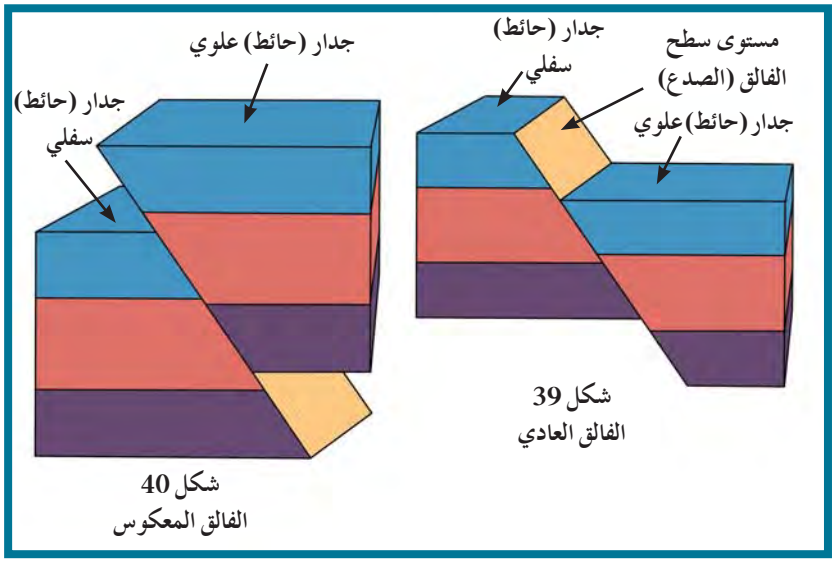
يكون الجدار (الحائط) العلوي في هذا النوع من الفوالق في وضع منخفض بالنسبة إلى الحائط السفلي بدون وجود حركة أفقية على مستوى سطح الصدع. تنشأ هذه الفوالق في المناطق المُعرَّضة لقوى الشدّ مثل الحيود في منتصف المحيط أو في الأرض الواقعة فوق الاختراقات النارية الجوفية الكبرى مثل الباثوليث. تسبِّب الفوالق العادية عادةً اتّساع رقعة الأرض الموجودة فيها (شكل 39).

(ب) الفالق المعكوس Reverse Fault

يكون الجدار (الحائط) العلوي في الفالق المعكوس في وضع مرتفع بالنسبة إلى الحائط السفلي . تنشأ هذه الفوالق في المناطق المُعرَّضة لقوى الضغط Compression مثل مناطق الحواف التصادمية للصفائح الأرضية . تسبِّب الفوالق المعكوسة عادةً تقليص رقعة الأرض الموجودة فيها نظرًا لتراكب الكتل المتصدِّعة فوق بعضها البعض ما يسبِّب أيضًا تكرار الطبقات رأسيًّا (شكل 40) .

شكل 41
فالق عادي

شكل 42
فالق معكوس

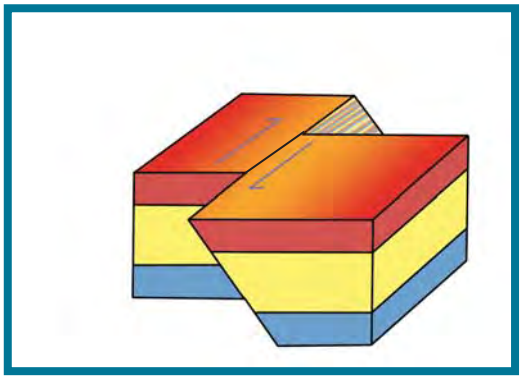


شكل 40
الفالق المعكوس

شكل 39
الفالق العادي

(جـ) فوالق الانزلاق الاتّجاهي Strike–Slip Faults

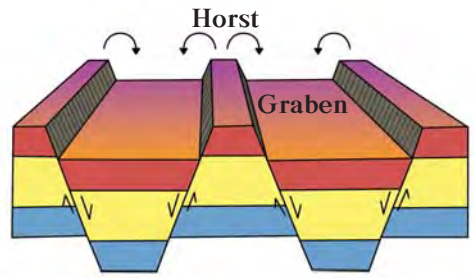
هي الفوالق التي تتحرك فيها الكتل أفقيًا على مستوى الفالق بدون حركة رأسية ، أي أن رمية هذه الفوالق تساوي صفرًا .



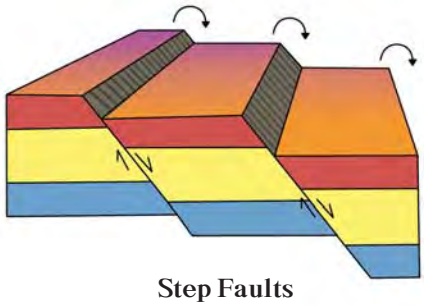
شكل 43
شكل تخطيطي يوضح صدوع فالق الانزلاق الاتجاهي .

2.2 الفوالق المركّبة Complex Fault

قد يتواجد فالقان أو أكثر في منطقة واحدة بحيث تشترك الكتلة الواحدة بين فالقين ما يُنتِج أنماطًا تركيبية مميّزة نذكر منها: البارز والأخدود والصدوع السلَّمية كتلك الموضّحة في الشكل (44).



البارز والأخدود
Horst & Graben
الفالقان المتجاوران يشتركان في الحائط العلوي المنخفض نفسه في حالة الأخدود. الفالقان المتجاوران يشتركان في الحائط السفلي المرتفع نفسه في حالة البارز.

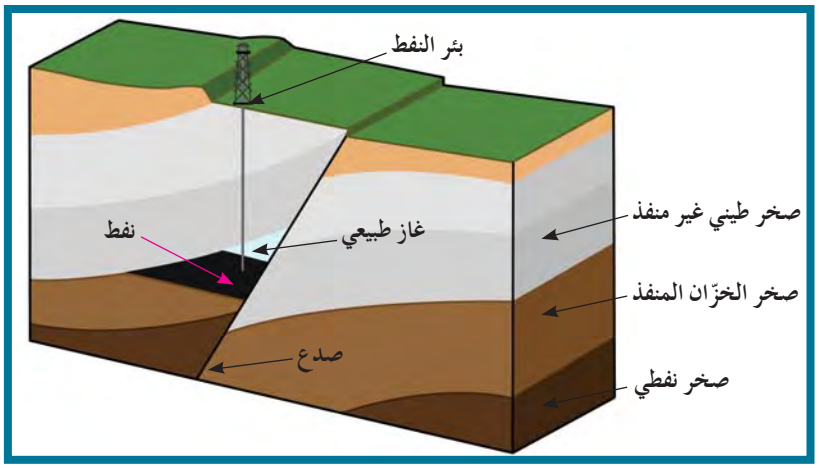


Step Faults
الصدوع السلَّمية
تُرمى جميع الفوالق في الاتّجاه نفسه، فالحائط العلوي لأيّ فالق يمثّل الحائط السفلي للفالق الذي يليه في اتّجاه الرمية

شكل 44
البارز والأخدود والصدوع السلَّمية مع شرح طريقة تكوُّنها

3. الأهمية الاقتصادية للفواصل والفوالق
Economic Importance of Joints and Faults

1. تكون الفوالق مصائد نفطية عندما تقابل الطبقات المسامية، التي تحتوي على النفط، طبقة غير منفذة (شكل 45).



شكل 45
مصيدة نفطية صدعية

2. تكوّن خزّانات صخرية للمياه الأرضية.
3. تمتلئ الفواصل برواسب معدنية ذات قيمة اقتصادية كبيرة كالنحاس والنيكل والقصدير.
4. تساعد فواصل الصخور عمّال المناجم لأنّها تمثل مستويات ضعف. علِّل خطورة العمل في المناجم كثيرة الفواصل.

مراجعة الدرس 2

1. ارسم رسمًا تخطيطيًّا يوضّح أجزاء الفالق (الصدع).
2. اشرح بإيجاز أنواع الفواصل.
3. ما هي الأسس التي بُني عليها تصنيف الفوالق؟
4. ما وجه الشبه ووجه الاختلاف بين الفاصل والفالق؟
5. قارن بين:
   (أ) الفالق العادي والمعكوس.
   (ب) أنواع الإزاحة على سطح الفالق.
   (جـ) البارز والأخدود Horst & Graben

أسئلة مراجعة الفصل الثاني

أولًا: اختر الإجابة المناسبة للعبارات التالية:

1. في الصدع (الفالق) ..... ، يتحرَّك الجدار المعلَّق إلى الأعلى بالنسبة إلى الجدار السفلي.

(أ) العادي
(ب) الاتجاهي
(جـ) المعكوس
(د) الأفقي

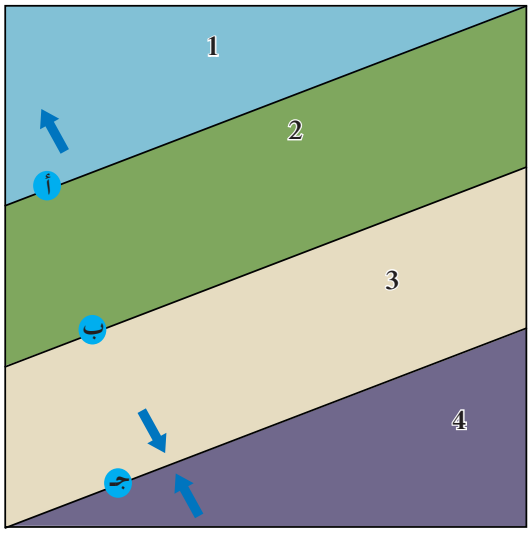
2. الطية المقعَّرة عبارة عن .....

(أ) طية تتعمَّق فيها الطبقاتُ بعيدًا عن المحور
(ب) طية ذات جانب واحد
(جـ) طية تتعمَّق فيها الطبقاتُ نحو المحور
(د) طية تتميَّز بجانبين مضطجعين (نائمين)

ثانيًا : تَحقَّقْ من فَهْمِك

1. بعض مناطق اليابسة تزداد في الارتفاع ببطء حاليًا. فسّر لماذا يحدث ذلك.
2. لماذا ترافق الطياتُ المحدَّبة والطياتُ المقعَّرة؟
3. ما نوعُ الدليل الذي ستبحث عنه لِتحدِّد ما إذا كانتِ القشرةُ الأرضية في المكان الذي تعيش فيه قد تَعرَّضتْ للطيّ في الماضي؟ ما الدليل الذي ستستند إليه لاكتشاف فالق (أو صدع)؟

ثالثًا: نمِّ مهارتك



في الرسم التخطيطي منظر علوي لثلاثة صدوع تَفصِلُ ما بين أربعَ كتلٍ من القشرة الأرضية. اتجاه الضغط (الإجهاد) على كل كتلة مبيّن عبر السهام.

(أ) ما نوعُ الصدع (أ)؟ ما نوع الصَّدْع (جـ)؟ هل ان الصدعُ (ب) من نوع الصدعِ (أ) أم (جـ)؟

(ب) كيف يُضاهَى ارتفاعُ الكتلة (2) بارتفاع الكتلة (3)؟ فسِّرْ إجابتك.

(جـ) كيف سَتَظْهَر هذه الصُّدوعُ، في المَقْطَع العرضي الجانبي؟ أرْسُمْ شكلًا تخطيطيًّا يوضِّح المعلوماتِ على الخريطة.

سؤال إثرائي

اِكتُشِفَ صدعٌ (فالقٌ) في جوانب الطريق المشقوق في الصخور، مع عدم وجود وحدات صخرية عند كل جانب من الصدع لتحديد الحركة النسبية. كيف يمكنك أن تُحدِّد أو حتى تَستنتِج ما إذا كان الجدار المعلَّق قد تحرَّك إلى الأعلى أو إلى الأسفل بالنسبة إلى الجدار السفلي؟

تطوّر الأرض عبر الأزمنة
The Evolution of Earth Through the Ages

الفصل الأوّل: رحلة عبر الزمن الجيولوجي

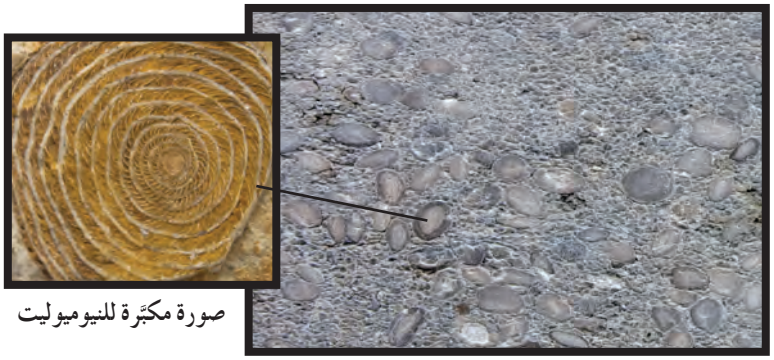
- **الدرس الأوّل:** الحياة في الماضي
- **الدرس الثاني:** سلّم الزمن الجيولوجي
- **الدرس الثالث:** قراءة تاريخ الأرض في الصخور

تربة تغطّي عظام حيوان الماموث.

اكتشف بنفسك

تطوّر الأرض عبر الأزمنة

الصورة الموضّحة أمامك هي صورة حجر جيري نيوميوليتي. تشبه أحافير أصداف النيوميوليت العملات النقدية الصغيرة وتكوِّن الجزء الأكبر من الصخر. اِفحص الصورة ثمّ أجِب عن الأسئلة التالية:



صورة مكبَّرة للنيوميوليت

- ما نوع حفظ الأحافير الذي تتوقعه؟
- عاشت هذه الأحافير خلال الأيوسين في الأجزاء الضحلة من الرف القاري. تم رصد النيوميوليت في الصخور الرسوبية البحرية لكل من مصر وليبيا وتونس ودول الخليج العربي، ما يجعلها أحفورة مرشدة لعصر الأيوسين. لماذا تُعتبر هذه الأحفورة مرشدة بنظرك؟
- هل يدل وجود تلك الأحافير في التتابعات الرسوبية على أن الصخور التي تقع أسفل صخورها ترسبت في زمن أقدم أو أحدث من الأيوسين؟، وتلك التي تقع أعلاها هل ترسبت في زمن أقدم أو أحدث من الأيوسين؟
- بعض الصخور الرسوبية البحرية التي ترسبت خلال الأيوسين لا تحوي نيوميوليت، لماذا؟
- عدِّد فوائد الأحافير المرشدة.

الفصل الأوّل

رحلة عبر الزمن الجيولوجي
A Journey Through Geological Time

تهدف دراسة تاريخ الأرض إلى تعرّف التغيّرات كافة التي طرأت على أرضنا منذ نشأتها، وتطوّر أنواع الحياة منذ بداية الحياة على سطحها. ولا يمكننا أن نقرأ تاريخ الأرض الطويل إلّا بواسطة السجلّ الكبير الذي سطّرته الطبيعة أي السجلّ الصخري. وإذا أردنا أن نتعرّف تاريخ الأرض في أيّ مكان، لا يسعنا سوى تدقيق النظر في صخور هذا المكان، فهذه الصخور هي التي تحمل الأدلة والشواهد التي تساعدنا على قراءة تاريخ الأرض هناك.

دروس الفصل

الدرس الأوّل
- الحياة في الماضي

الدرس الثاني
- سلّم الزمن الجيولوجي

الدرس الثالث
- قراءة تاريخ الأرض في الصخور

الدرس 1

الحياة في الماضي
Life in the Past

الأهداف العامة

- يقارن بين الأحفورة والأحفورة المرشدة.
- يشرح العوامل التي تساعد على حفظ الأحافير.
- يصنّف طرق حفظ الأحافير.

شكل 46
أحفورة رأسقدميات

ساد بين الناس قديمًا مفهوم خاطئ يقضي باعتقادهم أنّ الأحافير تكوينات صخرية تشبه الكائنات وأنّها إشارات للسحر والأفعال الشريرة. مع مرور الوقت، واكتشاف الناس مدى تشابه الأحافير لكائنات ما زالت حية، اقتنعوا بأنّ هذه الأحافير تمثّل بقايا كائنات كانت تعيش في عصور جيولوجية قديمة وحُفظت حفظًا طبيعيًّا في طبقات الصخور الرسوبية وهي تدلّ على الكائن الحيّ الذي تمثّله.

1. عوامل حفظ الأحافير في الصخور
Factors of Fossil Preservation in Rocks

يمكن تلخيص عوامل حفظ الحفريات على الشكل الآتي:

- احتواء الجسم على هيكل صلب مقاوم للتغيّرات الطبيعية، من مثل أصداف المحاريات والقواقع وعظام الفقاريات.
- وجود بيئة مناسبة للدفن. وأفضل الأماكن موجودة في البيئة المائية الهادئة (منطقة الرف القارّي). غير أنّ الكائنات البرّية قد تدفن في دالات الأنهار وضفافها وفي برك القار وفي المناطق الباردة نتيجة الانهيارات الجليدية.

تُعتبَر المناطق الصحراوية بيئة غير مناسبة لحفظ بقايا الكائنات الحيّة في معظم الأحيان. علِّل.

هل تعلم؟

رجل الملح

تمّ اكتشاف مومياء رجل قُدِّر عمرها بـ 1880 عام محفوظة في منجم ملح في إيران. ويُعتقَد أنّ الملح قد امتصّ السوائل وحفظ جثمان الرجل من التعرّض للعوامل الطبيعية وقام بحفظه كمومياء. سُمّيت هذه المومياء رجل الملح. تمّ اكتشاف خمس رجال ملح آخرين لاحقًا في حالة ممتازة حيث ما زالوا يحتفظون بلحاهم وشعرهم وزيّهم ما يؤكّد قدرة الملح على حفظ الكائنات.

◆ تمتّعه بمعدّل ترسيب سريع يعمل على دفن الكائن بمجرّد موته لعزله عن الأكسجين والعوامل التي تساعد على سرعة تحلّل أجزائه.

2. طرق حفظ الأحافير Modes of Fossil Preservation

1.2 عدم تغيّر بقايا الكائن (البقايا الأصلية) Unaltered Remains

في طريقة الحفظ هذه، لا يحدث تغيّر في طبيعة الجسم، وتكون التغيّرات محدودة ومقتصرة على نسبة الماء أو البروتينات الموجودة في أنسجة الجسم المتأحفر ومنها:

(أ) الحفظ الكامل للجسم: كما في حالة الدفن في التثلّج Freezing الذي يحافظ على الجسم وأحشائه وأنسجته وأجزائه الصلبة كأحفورة حيوان الماموث التي اكتُشِفت في ثلوج سيبيريا (شكل 47 – أ)، والدفن داخل إفرازات الأشجار كالكهرمان encasement in amber الذي يقوم أيضا بالحفظ الكامل للحشرات (شكل 47 – ب).

(أ) حفظ كامل للجسم في الثلوج

(ب) حفظ كامل للجسم في الكهرمان

شكل 47
الحفظ الكامل لجسم الكائن

(ب) الحفظ الكامل للأجزاء الصلبة: حفظ الهيكل والأجزاء الصلبة كالهياكل والفقرات والأسنان وأصداف الحيوانات اللافقارية من دون تغيير فيها بعد تحلّل الأنسجة والجسم الرخو (شكل 48).

(أ) حفظ الأجزاء الصلبة (الأسنان)

(ب) حفظ الأجزاء الصلبة (الديناصور)

شكل 48
الحفظ الكامل للأجزاء الصلبة

2.2 الحفظ عن طريق تغيير طبيعة أنسجة الكائن (البقايا المستبدلة)

Preservation by Changing Living Thing's Tissues Nature

(أ) التشرّب بالمعادن Permineralization: يحدث هذا النوع من الحفظ عندما تتغلغل الموادّ المعدنية المحمولة بالمياه داخل شقوق الأخشاب وتجاويف العظام ومساماتها من دون أن تحلّ مكان المادّة الأصلية لبقايا الكائن الحي (شكل 49).

شكل 49
التشرّب بالمعادن عن طريق تغلغُل الموادّ المعدنية داخل الأخشاب

(ب) الاستبدال المعدني Replacement: استبدال مادة الأحفورة بموادّ معدنية (مثل السليكا والكالسيت والبيريت)، بحيث يحدث استبدال جزيء مادّة الأحفورة بجزيء من مادّة معدنية يحفظ الشكل الأصلي للكائن. مثال على ذلك، الخشب، والقواقع، وعظام الحيوانات الفقارية (شكل 50).

شكل 50
التحجّر عن طريق الاستبدال بالسيليكا (الأمونيت)

(جـ) التفحّم Distillation or Carbonization: عندما يُدفَن جسم الكائن الحي بعد موته في رواسب رطبة أو مياه راكدة، يفقد هيكله الصلب المكوّنات الطيارة الداخلة في تركيبه كالأكسجين والهيدروجين والنيتروجين وتتبقّى منه أجزاء صلبة غنية بالكربون مثل النباتات ذات الهيكل السيليلوزي كأوراق الأشجار والحيوانات القشرية (شكل 51).

شكل 51
تفحّم النبات

3.2 القالب والنموذج والطبعة

Mould, Cast and Imprint

(أ) القالب Mould or Mold: القالب هو التجويف الذي يتركه الهيكل الصلب للكائن الحي في الصخور بعد تحلّله، كالصدفة على سبيل المثال. ويتّخذ الفراغ الذي يتركه شكل الهيكل الصلب من الداخل أو من الخارج (شكل 52). والقوالب نوعان:

- **قالب داخلي Internal Mould:** التجويف الذي يعكس الشكل الداخلي للكائن الحي.
- **قالب خارجي External Mould:** التجويف الذي يعكس الشكل الخارجي للكائن الحي.

شكل 52
قالب صدفة الأمونيت

(ب) النموذج Cast: هو نموذج أحفوري يعكس شكل صدفة الكائن الحي ويتشكّل عند امتلاء التجويف الذي يتركه الهيكل الصلب للكائن الحي بين الصخور بالرواسب أو بالموادّ المعدنية (شكل 53). والنماذج نوعان:

- **نموذج داخلي Internal Cast:** يعكس الشكل الداخلي للقالب الداخلي.
- **نموذج خارجي External Cast:** يعكس الشكل الخارجي للقالب الخارجي.

شكل 53
نموذج صدفة الأمونيت

(جـ) الطبعات Imprints: قد تتّخذ الأحفورة شكل أثر أو طبعة سطحية في الصخور تدلّ على وجود كائن حي سابقًا مثل آثار الطيور والحشرات والزواحف (شكل 54) والنبات (شكل 55).

شكل 54
أحفورة أثر لحيوان لافقاري زاحف.

هل تعلم؟

تساعدنا الأحافير بوجه عامّ على معرفة تطوُّر الكائنات والظروف البيئية والمناخية القديمة، كما تساعدنا أيضا في التقدير النسبي لعمر الصخور.

هل تعلم؟

إنّ الآثار التي تدلّ على الكائنات الحيّة تتضمّن الفضلات والجحور المتصلّبة.

شكل 55
طبعة نبات السرخس على سطح الطفل

3. الأحفورة المرشِدة Index Fossils

تُسمّى هذه الأحافير «الأحافير المرشدة» عندما تتميّز بمدى زمني قصير وبانتشار جغرافي واسع ولا تتقيّد ببيئة ترسيبية معيّنة. ومن أبرز الأمثلة على ذلك: التريلوبيت والأمونيت والجرابتوليت وحبوب اللقاح (الشكلان 56 و 57).

هل تعتبر المومياء أحفورة؟ علِّل إجابتك.

شكل 56
تريلوبيت
(حقب الحياة القديمة)

شكل 57
جرابتوليت
(العصر الأردوفيشي)

مراجعة الدرس 1

1. **ما المقصود بـ:**
   - الأحفورة.
   - الأحفورة المرشدة مع ذكر أمثلة.
2. **قارن بين:**
   - القالب والنموذج.
   - التمعدن والاستبدال المعدني.
3. **اشرح:**
   - الظروف الملائمة لحفظ الأحافير.
   - طريقة التأحفر بالتكربن.

الدرس 2

سلّم الزمن الجيولوجي
Geologic Time Scale

الأهداف العامة

- يذكر الأسس التي بُنِي عليها تقسيم السلّم الزمني للأرض.
- يصف خواصّ الأحقاب المختلفة للأرض.
- يذكر أهمّ الأحافير المرشِدة لتقسيمات السلّم الزمني الجيولوجي.

شكل 58
متتابعات رسوبية

تمّ تقسيم تاريخ الأرض إلى فترات زمنية على هيئة سلّم زمني جيولوجي (سجلّ الأرض) مرتّب من الأقدم إلى الأحدث.

1. الأحداث الجيولوجية الكبرى
Big Geological Phenomena

يُقصَد بها الأحداث الكبرى التي تعرّضت لها القشرة الأرضية (الحركات الأرضية البانية للقارّات والجبال)، والتي كان لها أثر تركته في صخور القشرة الأرضية من مثل: طغيان مياه المحيطات على القارات Transgression، وتغطية مساحات واسعة منها، وترسّب كمّيات هائلة من الرسوبيات الغنية بالأحافير عليها، أو انحسار وتقهقر مياه البحار Regression، وما يترتّب عن ذلك من انقطاع الترسيب وتعرية الصخور المتكوّنة أو أجزاء منها.

هل تعلم؟

إنّ سلم الزمن الجيولوجي بوضعه الحالي نشأ نتيجة جهود علماء الجيولوجيا على مرّ السنين. بدأت بمضاهاة تتابعات صغيرة داخل المناطق، وترتيب الطبقات فوق بعضها مستعينين بقانون تتابع الطبقات، وبناءً على تطوّر محتواها الأحفوري من الأقدم إلى الأحدث. ثمّ امتدّ التفكير لمضاهاة التتابعات إقليميًّا وعالميًّا لترتيب عمود جيولوجي عالمي يُعتبَر كمرجع لكلّ الجيولوجيين، وتمّ تزويد تقسيماته بحسب أعمارها المطلقة وانعكاسات الخطوط المغناطيسية وأهمّ الأحافير المرشدة والأحداث الجيولوجية الكبرى.

2. تغيّر أنواع الحياة على الأرض

Changes in Modes of Life on Earth

قُسِّمت طبقات الصخور الرسوبية الظاهرة على سطح الأرض إلى وحدات متتابعة على أساس تدرّج أنواع الحياة فيها.

تمّ تقسيم سلّم الزمن الجيولوجي إلى ثلاثة أزمنة (دهور) كالتالي:

- زمان (دهر) اللاحياة.
- زمان (دهر) الحياة المستترة.
- زمان (دهر) الحياة الظاهرة.

الحُقب	العصر		الفترة	ملايين السنين الماضية
السينوزي (الحياة الحديثة)	الثلاثي	الرباعي	الهولوسين	01.0
		النيوجين	البليستوسين	8.1
			البليوسين	3.5
			الميوسين	0.23
		الباليوجين	الأوليجوسين	9.33
			الأيوسين	9.55
			الباليوسين	5.65
الميزوزي (الحياة المتوسّطة)	الكريتاسي			5.145
	الجوراسي			6.199
	الترياسي			251
الباليوزي (الحياة القديمة)	البرمي			299
	الكربوني	البنسلفاني		318
		الميسيسيبي		359
	الديفوني			416
	السيلوري			444
	الأوردوفيشي			488
	الكمبري			542
ما قبل الكمبري				

الدهر	الحُقب	ملايين السنين الماضية
الفانيروزي (الحياة الظاهرة)	السينوزي	5.65
	الميزوزي	251
	الباليوزي	542
زمان (دهر) (الحياة المستترة)	حُقب الحياة الأوّلية (بروتيروزوي)	
	حُقب الحياة السحيقة (أركيوزوي)	
زمان (دهر) اللاحياة		

جدول 2
السلّم الزمني للأرض

1.2 زمان (دهر) اللاحياة Azoic Eon

- سُمِّي زمان اللاحياة بهذا الاسم لعدم وجود ما يدلّ على الحياة فيه.
- الأحداث التي تميّز بها هذا الزمان:

1. تشكّل الأرض.
2. النشاط البركاني الهائل.
3. تكوّن الغلاف الصخري والمائي والغازي.
4. تكوّن أساس القارّات.

2.2 زمان (دهر) الحياة المستترة Cryptozoic Eon

- تميّزت صخوره بصور قليلة من الحياة البحرية البسيطة جدًّا في التركيب، كالبكتريا والطحالب الخضراء المزرقّة.
- وينقسم هذا الزمان إلى حُقبين:

1. حُقب الحياة السحيقة Archeozoic Era (شكل 59)
2. حُقب الحياة الأوّلية Proterozoic Era (شكل 60)

- تميّز بحدوث الحركة الهورونية في نهايته والتي أدّت إلى بناء سلاسل جبال تُعرَف باسم السلسلة الهورونية، كما حدث انحسار للبحر عن أماكن كثيرة في العالم.

شكل 59
تصوّر سطح الأرض في خلال حقب الحياة السحيقة.

شكل 60
تصوّر سطح الأرض في خلال حُقب الحياة الأوّلية.

3.2 زمان (دهر) الحياة الظاهرة Phanerozoic Eon

- تتميّز صخور هذا الزمن بغناها بأحافير جيّدة التأحفر وواضحة التركيب العضوي للكائنات التي عاصرت هذا الزمان.
- قُسِّمت صخور هذا الزمان، على أساس تدرّج الحياة فيها والحركات الأرضية، إلى ثلاثة أحقاب كالتالي:

(أ) حُقب الحياة القديمة Paleozoic Era

- تميّز هذا الحُقب بما يلي:
- وجود أحافير مرشِدة لحيوانات لافقارية من مثل الترايلوبيت والجرابتوليت.
- وجود أحافير لحيوانات فقارية من مثل الأسماك المدرّعة.
- ظهور البرمائيات الأوّلية.
- وجود نباتات لا زهرية بعد بداية هذا الحُقب.
- ظهور النباتات الزهرية معرّاة البذور (المخروطيات) بقرب نهاية الحُقب.
- ظهور أنواع بدائية من الزواحف الصغيرة في الحجم والقليلة في العدد في نهاية هذا الحُقب.
- وجود نباتات السراخس التي غطّت مساحات واسعة من الأرض (ما أدّى إلى وجود رواسب الفحم بين صخور هذا الحُقب).
- الحركات الأرضية المميّزة هي: الحركات الكاليدونية والحركات الهرسينية.

هل تعلم؟

حدثت عملية بناء الجبال التكتونية التي تُسمّى بينوكيان أوروجيني منذ 1.84 مليار سنة تقريبًا في جنوب بحيرة سوبيريور في الولايات المتحدة، وهي تُسمّى هورونيان أوروجيني في كندا. تمثّل هذه العملية المرحلة الأولى من فترة نموّ القشرة الأرضية في أميركا الشمالية، قرب نهاية العصر البريكامبري الأوسط. إنّ جذور الخطّ القديم من جبال بينوكيان عبارة عن منطقة مشوّهة من صخور عصور الأركين والبروتيروزويك المبكّر على طول الحافّة الجنوبية لمقاطعة سوبيريور، وتمتدّ من وسط شرق ولاية مينيسوتا عن طريق شمال ولاية ميشيغان وشمال ولاية ويسكونسن. وتقع حدودها الشمالية في منطقة النطاق الصدعي لنياجرا وحدودها الجنوبية هي منطقة بحيرة سبيريت.

إنّ حزام جبال كاليدونيا عبارة عن مجموعة من الجبال التي تقع في شمال غرب أوروبا نتيجة لفتح المحيط أيابيتوس (أبو المحيطات) وإغلاقه وتدمير في فترة تراوحت من بداية العصر الكامبري (منذ 542 مليون سنة) حتى نهاية العصر السيلوري (منذ حوالى 416 مليون سنة). كان التصادم النهائي بين شمال غرب أوروبا وقارّة أميركا الشمالية–جرينلاند، الذي أدّى إلى سلسلة جبال بارزة تمتدّ بقاياها الآن في اتّجاه شمال شرق جنوب غرب أيرلندا (الإحداثيات الحالية)، وويلز، شمال إنكلترا عن طريق شرق جرينلاند والنرويج وصولًا إلى سبيتسبرجن.

إنّ فيرسكان (أو هيرسينيان) أوروجيني هو بناء سلاسل الجبال التي نتجت من التصادم القارّي في أواخر حقب الباليوزويك بين يوروأميركا (لوروسيا) وجوندوانا لتشكّل القارّة العظمى بانجيا.

تريلوبيت

جرابتوليت

الزواحف الصغيرة لحُقب الحياة القديمة

نبات السرخس

شكل 61
بعض الأحافير المرشِدة لحُقب الحياة القديمة

(ب) حُقب الحياة المتوسّطة Mesozoic Era

تميّز هذا الحُقب بما يلي:

- ظهور الرأسقدميات في هذا الحُقب من مثل الأمونيت (النوع الملتفّ)، والبلمنيت (النوع المستقيم) كأحافير مرشِدة.
- ظهور المفصليات من مثل العقارب.
- ظهور الديناصورات (الزواحف الضخمة) في البيئات المختلفة ومنها الطائرة من مثل الأركيوبتركس والتي يُعتقَد أنّها أسلاف الطيور.
- ظهور شواهد الثدييات الصغيرة والأوّلية.
- ازدهار النباتات الزهرية معرّاة البذور (المخروطيات).
- ظهور النباتات الزهرية المغطّاة البذور.
- انتشار الحجر الجيري الغني بالأحافير على صخور هذا الحُقب.
- بدء الحركة الأرضية الألبية في نهاية هذا الحُقب واستمرارها إلى الحُقب التالي.
- انقراض شبه جماعي للرأسقدميات والزواحف المائية والطائرة ومعظم الزواحف الأرضية التي ميّزت هذا الحقب ومنها الديناصورات في نهاية هذا الحُقب.

أمونيت

بلمينيت

أحفورة مفصليات (عقرب)

مخروطيات

ثدييات صغيرة نادرة (قوارض)

ديناصورات

نبات زهري من مغطّاة البذور

شكل 62
أمثلة على الأحافير المرشِدة لحُقب الحياة المتوسّطة

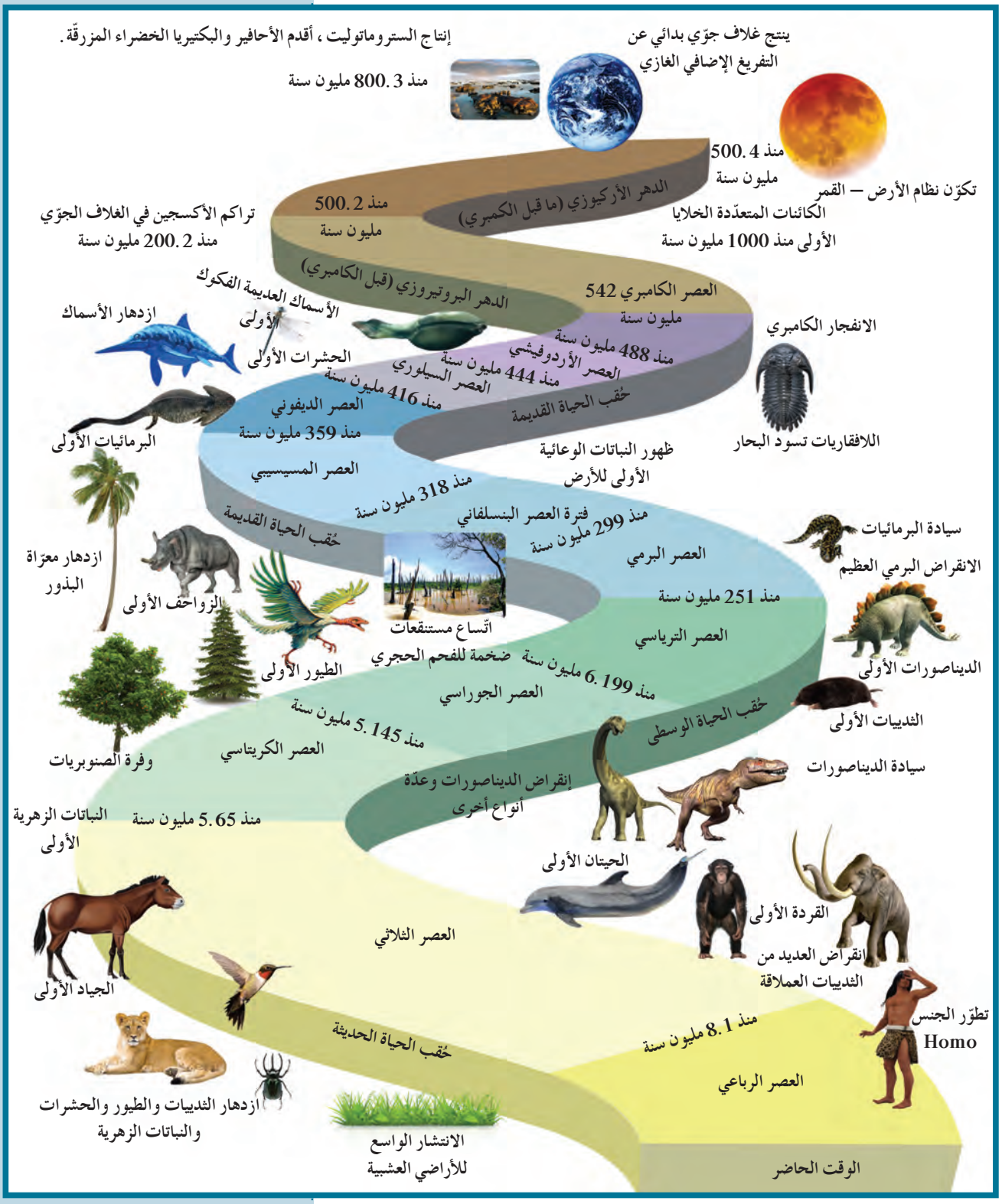
(جـ) حُقب الحياة الحديثة Cenozoic Era

تميّز هذا الحُقب بما يلي:

- تطوّر الثدييات وظهور الحيوانات الرعوية وتطوّر الطيور إلى شكلها الحالي.
- ظهور كائنات كوّنت أحافير مرشِدة من مثل ظهور عائلة الفورامينيفرا المعروفة باسم نيميوليت Nummlites التي كوّنت هياكلها الحجر الجيري النيوميوليتي، وظهور النوتيات (الشكلان 63 و 64).
- سيادة النباتات الزهرية المغطّاة البذور وظهور مناطق الحشائش ونباتات البقوليات وأشجار البلّوط.
- استمرار تأثير الحركة الأرضية الألبية على صخور القشرة الأرضية إلى أن اتّخذت القارات وضعها الحالي.

شكل 63
صدفة النوتيات Nautilus

شكل 64
حجر جيري نيوميوليتي



شكل 65
المميّزات الحيوية للأحقاب والعصور

3. المناخ وتطوّر الأرض Climate and Earth Evolution

مرّت الأرض في خلال تاريخها الطويل بفترات ثلجية غطّت فيها الثلوج معظم القشرة الأرضية إلى أن وصلت لحدود المنطقة الاستوائية في بعض الأحيان. وكانت تتبعها فترات دافئة تسمّى الفترات بعد الثلجية Post–glacial periods. أهم الفترات الجليدية في تاريخ الأرض تلك التى حدثت في خلال البليستوسين Pleistocene Epoch إذ إنّ عدد الفترات الجليدية في خلال هذا العهد يبلغ حوالى 18 فترة كانت تفصلها فترات أدفأ تسمّى الفترات بين الجليدية Interglacial periods. وشهدت الأرض في خلال تاريخها لمرّتين فترةً كانت دافئة ورطبة وخالية من الثلوج وانتشرت فيها الغابات والمستنقعات حتّى القطبين. لذلك تميّزت صخور هذين العصرين بانتشار رواسب الفحم. هذان العصران هما العصر الكربوني Carboniferous Period في حُقب الحياة القديمة، والعصر الجوراسي Jurassic Period في حُقب الحياة المتوسّطة.

مراجعة الدرس 2

1. قارن بين أحقاب زمان (دهر) الحياة الظاهرة من حيث الأحافير المرشِدة والحركات الأرضية.
2. أذكر الحُقب أو العصر الذي تنتمي إليه الأحافير المرشِدة الآتية:
   - ترايلوبيت
   - الأمونيت
   - الجرابتوليت
   - البلمينيت

هل تعلم؟

الحركات الأرضية والقارات

- في خلال حُقب الحياة المتوسّطة، تشقّقت القارات المتجمّعة الشمالية ليتكوّن شمال المحيط الأطلنطي ولتنفصل أميركا الشمالية عن أوروبا.
- تبعه انفصال أفريقيا عن أميركا الجنوبية ليمتدّ الأطلنطي جنوبًا.
- انفصلت الهند عن استراليا وأنتراكتيكا وانجرفت شمالًا لتتصادم مع آسيا وليبدأ تكوّن سلاسل جبال الهيمالايا.
- فى حُقب الحياة الحديثة، برزت سلاسل الهمالايا، واصطدمت أجزاء من آسيا بأوروبا لتتكوّن سلاسل جبال الألب.
- أدّى ذلك إلى تقلّص بحر التيثيس Tethys وانغلاقه من ناحية الشرق ليتكوّن البحر الأبيض المتوسّط.
- انفصل اللوح العربي عن اللوح النوبي الأفريقي، ما نتج عنه تكوّن خليج عدن، والبحر الأحمر الذي ما زال يتّسع حتّى الآن، وتبع ذلك تكوّن خليج السويس ونظام صدوع البحر الميت (صدوع تحويلية أو صدوع نقل) التي تُعدّ المسؤولة عن تكوّن خليج العقبة.
- في هذه الفترة، تكوّنت أيضًا جبال زاجروس وطوروس.

الدرس 3

قراءة تاريخ الأرض في الصخور
Reading the Earth's History in Rocks

الأهداف العامة

- يقارن بين العمر المطلَق والنسبي.
- يشرح طرائق تعيين العمر المطلَق والنسبي للصخور.
- يشرح بعض الظواهر التي تساعد في تعيين العمر النسبي للصخور.
- يميّز بين حالات عدم التوافق.

شكل 66
طبقات متتابعة من الصخور الرسوبية

تُعَدّ الجبال من أهمّ المعالم الطبيعية المدهشة على كوكبنا. أسر هذا الجمال الشعراء والرسّامين والمصوّرين والعلماء. وبالرغم من اجتهاد العلماء في تفسير ظواهر الأرض وطرائق تشكيلها والعمليات التي تحدث فيها، ظلّ موضوع تقدير عمر الصخور يحتلّ أهمّية كبيرة لأنّه يساعد في ترتيب الأحداث وفهم تاريخ الأرض. هناك طرائق عدّة لتقدير عمر الصخور سوف نتناولها في هذا الدرس.

1. تقدير عمر الصخور Rock Dating

تنشأ الصخور الرسوبية في وضع أفقي بتأثير الجاذبية الأرضية عليها، وبالتالي عند ترسّب الرواسب في قاع البحر أو في أي حوض رسوبي، تكوّن طبقة أفقية موازية لسطح الأرض. لذلك، عندما نرى طبقات مسطّحة نعرف أنّها لم تتعرّض لما قد يغيّر وضعها. جرت محاولات مختلفة لتقدير عمر الأرض كانت تهدف إلى تقدير العمر المطلق Absolute Date الذي يهدف إلى حساب عدد السنين التي مرّت منذ وقوع الحادثة. فيمكن تقدير العمر العددي المطلَق بدقّة للصخور

باستخدام التأريخ الإشعاعي Radioactive Dating. قبل اكتشاف التأريخ الإشعاعي، لم يكن للجيولوجيين وسائل دقيقة لتقدير العمر المطلق للصخور، واضطرّوا إلى أن يعتمدوا على وسيلة واحدة وهي تقدير العمر النسبي.

2. تقدير العمر المطلق Absolute Dating

يمكن تقدير العمر العددي الذي يعتمد على أحداث الماضي الجيولوجية. فعلى سبيل المثال، نعرف أنّ الأرض تبلغ من العمر 4.5 مليارات سنة، وأنّ الديناصورات انقرضت منذ 65 مليون سنة. ويمكن أيضًا تقدير العمر إشعاعيًّا Radiometrically ما سمح لنا بقياس الزمن الجيولوجي الممتدّ في عمق التاريخ. وتحتوي عدّة صخور على كمّيات قليلة من النظائر المشعّة في بداية تكوينها، حيث تتحلّل هذه النظائر بمعدّل ثابت لا يتغيّر أبداً منذ تكوّن الصخر الذي يحويه. والفرق بين كمّية النظائر المشعّة الموجودة في الصخر في بداية تكوّنه وكمّيتها الباقية من عملية التحلّل تُستخدَم لقياس العمر إشعاعيًّا للصخور والأحافير التي تحتوي عليها. أمّا الوقت اللازم لتحلّل نصف كمّية ذرّات العنصر المشعّ فيُسمى **فترة عمر النصف** للعنصر **Half-life time**. فعلى سبيل المثال، عندما يتواجد اليورانيوم في معدن تبلور من الصهارة يتحلّل اليورانيوم مكوّنًا الرصاص الذي يتراكم بالتدريج وبكمّيات يمكن قياسها في المعدن، وبذلك يمكن قياس معدّل التحلّل.

3. تقدير العمر النسبي Relative Dating

تقدير العمر النسبي Relative Dating هو وضع الصخور في مكانها المناسب ضمن تسلسل أو تعاقب الأحداث. لا يستطيع العمر النسبي أن يدلّنا على عمر وقوع حادثة ما تحديدًا، إنّما يُظهر التتابع الزمني أي الأقدم أو الأحدث.

1.3 قانون تعاقب الطبقات Law of Superposition

اقترح العالم الإيطالي نيكولاس ستينو (1636–1686) Nicolas Steno الذي تعرّف للمرّة الأولى على تتابع تاريخي لأحداث طبقات الصخور الرسوبية أهمّ قواعد تقدير العمر النسبي، وهو قانون تعاقب الطبقات Law of Superposition، الذي ينصّ أنه "في أي تتابع لطبقات الصخور الرسوبية تكون أي طبقة أحدث من الطبقة التي تقع أسفلها ما لم تكن هذه الطبقات تعرضت لقوى أدت إلى تغيير نظام تتابعها الأصلي أو انقلابها. وكما أنّ قانون تعاقب الطبقات يوضّح أنّ الطبقات العليا أحدث من طبقات القاع في التتابع الرسوبي، فإنّ المحتوى الأحفوري أيضًا (إن وجد) في الطبقات العليا يكون أصغر عمرًا من ذلك الذي يقع في الطبقات التي تقع أسفلها. وقد ساعد ذلك كثيرًا في فهم التغيّرات المورفولوجية التي تصاحب تطوّر الأحياء.

هل تعلم؟

لبعض العناصر نظائر متعدّدة لاحتواء أنويتها على عدد من النيترونات تختلف من ذرّة لأخرى للعنصر نفسه، كاليورانيوم U–235 وU–238 حيث تحتوي ذرّة على ثلاثة نيترونات أكثر من الأخرى.

فقرة إثرائية

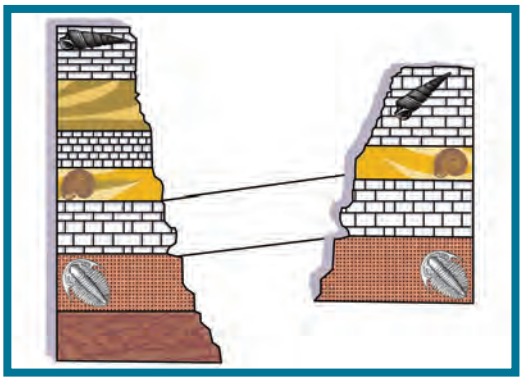
الجيولوجيا والأحياء

تقدير العمر بحساب عدد حلقات الأشجار

عندما تنظر إلى قمّة شجرة أو نهاية جذع شجرة مقطوع، سوف ترى أنّها مكوّنة من سلسلة حلقات متّحدة المركز Tree Rings. يكبر قطر الحلقات كلّما ابتعدت عن المركز. في المناطق المدارية، تضيف الأشجار كلّ عام طبقة جديدة من الخشب تحت اللحاء. وتعكس خصائص هذه الحلقات، من مثل الحجم والكثافة، الأحوال البيئية (وبخاصّة المناخ) السائدة في خلال السنة التي تكوّنت فيها الحلقة. تنتج الأحوال المناسبة للنموّ حلقات عريضة. أمّا في الأحوال غير المناسبة، فتنتج حلقات ضيّقة. والأشجار التي تنمو في المنطقة نفسها في ظلّ الظروف نفسها لها نظام حلقي متشابه. ويمكن تحديد عمر الشجرة بحساب عدد الحلقات.

2.3 مبدأ تتابع الحياة Faunal Succession

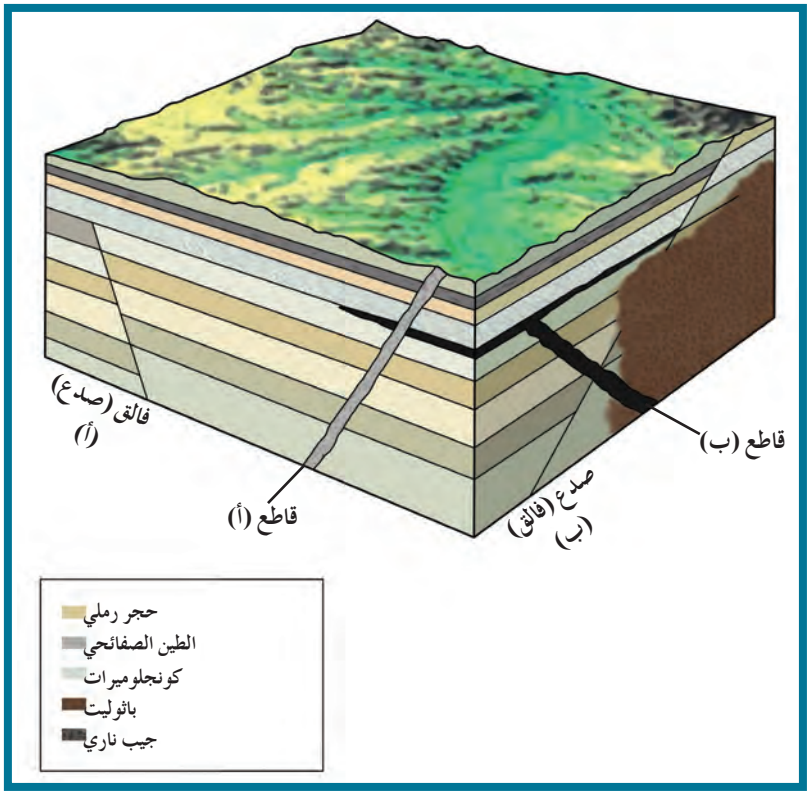
تحتوي كل طبقة أو مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية على مجموعة أحافير (شكل 67). هناك أنواع محدّدة من الحيوانات والنباتات تختلف عن تلك الموجودة في الطبقات الأقدم أو الأحدث. والجدير بالذكر أنّ الصخور التي تتكوّن من المحتوى الأحفوري نفسه لها العمر الجيولوجي نفسه.



شكل 67
تتابع الحياة

3.3 مبدأ صلة القاطع والمقطوع Cross–cutting Relationship

لتحديد عمر الصخور النسبي، يجد علماء الجيولوجيا دلائل أخرى من خلال تداخل (اندساس) الصخور النارية Intrusions وفي الصدوع Faults. عندما يقطع فالق الصخور أو عندما تندسّ الصهارة في الصخور وتتبلور، يمكننا أن نفترض أنّ الفالق أو التداخلات النارية هي أحدث من الصخور التي تأثّرت بها. على سبيل المثال، يوضّح الشكل (68) حدوث الصدوع والقاطع العرضي بعد ترسّب الطبقات الرسوبية.

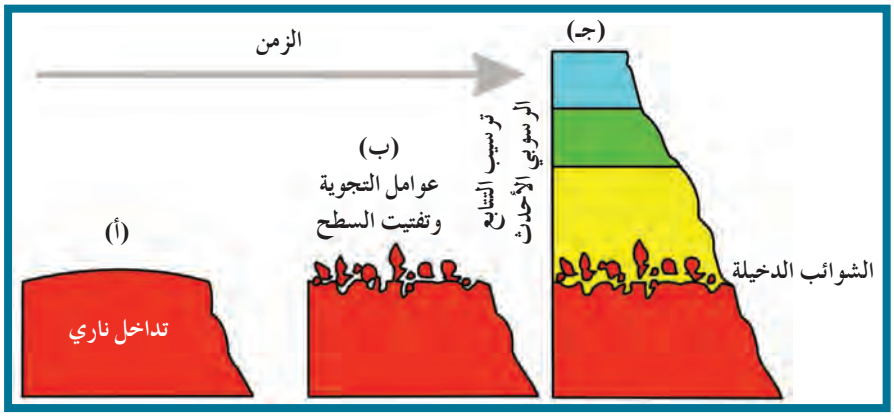


شكل 68
صلة القاطع والمقطوع

بتطبيق مبدأ صلة القاطع العرضي، يمكننا أن نستنتج أنّ الفالق (أ) حدث بعد ترسّب الحجر الرملي لأنّ الرمل تأثّر به. بالمقابل، حدث الفالق (أ) قبل ترسّب طبقة الرصيص (الكونجلوميرات) حيث إنّها لم تتأثّر بالفالق. يمكننا أيضًا أن نقول إنّ القاطع (ب) والسدّ المصاحب له أقدم من القاطع (أ)، لأنّ القاطع (أ) قطع السدّ. وبالأسلوب نفسه، نعرف أنّ الباثوليث تكوّن بعد حدوث الحركة التي تمّت بطول الفالق (ب)، ولكن قبل تكوّن القاطع (ب). وهذا حقيقي لأنّ الباثوليث قطع الفالق (ب) ولم يتأثّر به، أمّا القاطع (ب) فقطعه وأثّر فيه.

4.3 الشوائب الدخيلة Inclusions

تساعد الشوائب الدخيلة Inclusions في تعيين العمر النسبي للصخر، فهي قطع صغيرة تختلف عن الصخر الذي وُجِدت فيه علمًا أنّها مستمدّة من صخر آخر. وتكون هذه الشوائب أقدم من الصخر الذي يحتويها.



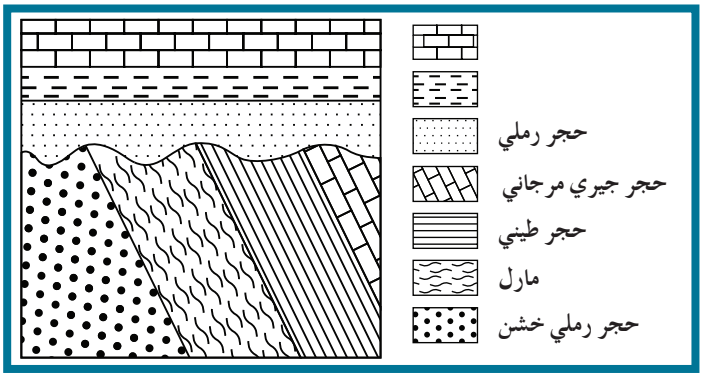
شكل 69
تكوّن الشوائب الدخيلة

5.3 عدم التوافق Unconformities

هو سطح يدلّ على حدوث تعرية أو انقطاع في الترسيب.

يوجد عدم التوافق في الطبيعة في عدّة صور:

(أ) عدم التوافق الزاويّ Angular Unconformity: ويستدل عليه من وجود اختلاف في ميل الطبقات للتتابعين اللذين يفصل بينهما سطح عدم التوافق (شكل 70).

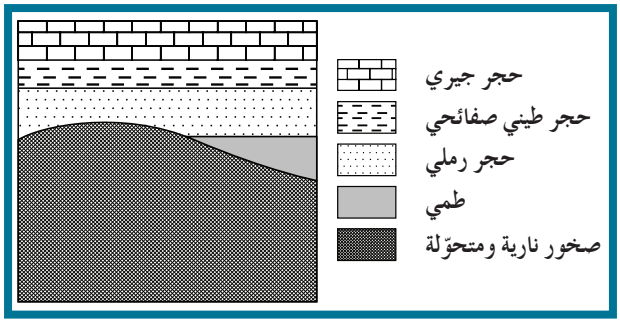


شكل 70
عدم توافق زاوي

هل تعلم؟

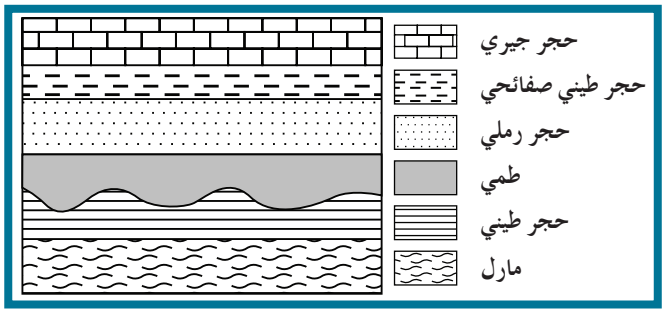
تصاعد واختراق المجما للتتابع الرسوبي فوقها وتصلبها قبل الوصول لسطح الأرض ينتج أشكالًا من التداخلات النارية تصنف بحسب شكلها. تسمّى الأجسام الضخمة باثوليث Batholith، والأجسام الرفيعة الممتدة منها قاطعة عدة طبقات تُسمّى قاطعًا Dyke، أما تلك التي تتجمد بموازاة أسطح الطبقات فتسمّى سدودًا Sills. نطق تلامس الأجسام النارية مع الصخور الرسوبية تتحول تحولًا حراريًّا فينتج نطاق من الرخام إذا اخترقت الأجسام النارية حجرًا جيريًّا أو كوارتزيت إذا اخترقت حجرًا رمليًّا. لو رتبنا الأحداث من الأقدم للأحدث تكون: تسبّب القطاع الرسوبي – اختراق الأجسام النارية للقطاع وتجمدها – تحوّل صخور نطق التلامس تحوّلًا حراريًّا Contact Metamorphism.

(ب) عدم التوافق التخالفي Non–conformity: وهو ترسب طبقات رسوبية فوق كتل نارية أو متحولة أي أن المجموعتين مختلفتين في نوع الصخور (شكل 71).



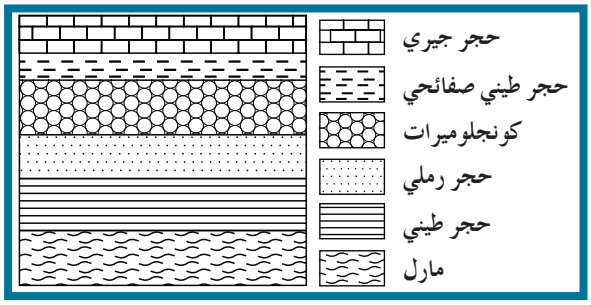
شكل 71
عدم توافق تخالفي

(جـ) عدم التوافق الانقطاعي Disconformity: ويستدل عليه بوجود سطح تعرية متعرج يفصل بين الوحدتين الصخريتين (شكل 72).



شكل 72
عدم توافق انقطاعي

(د) شبه التوافق Para–conformity: مجموعتان متوازيتان من الصخور، تفصل بينهما طبقة من الكونجلوميرات (شكل 73).



شكل 73
شبه توافق

مراجعة الدرس 3

1. اشرح:
   - قانون تعاقب الطبقات.
   - مفهوم عدم التوافق.
   - الشوائب الدخيلة.
2. ما الفرق بين:
   - العمر المطلَق والنسبي.
   - عدم التوافق الانقطاعي وشبه التوافق.
   - عدم التوافق الزاويّ والتخالفي.

أسئلة مراجعة الفصل الأوّل

أوّلًا: اختر الإجابة الصحيحة.

1. الرواسب التي تملأ الصدفة وتُحفَظ في الصخور بعد فقدان الصدفة الأصلية تسمى .....
(أ) قالب (ب) نموذج داخلي
(جـ) نموذج خارجي (د) طبعة

2. الخشب المتحجر من الأحافير التي تمّ حفظها عن طريق .....
(أ) حفظ الأجزاء الصلبة (ب) الاستبدال المعدني
(جـ) قالب (د) الحفظ الكامل

3. الأحافير الموجودة فى الكهرمان تمثل التأحفر عن طريق .....
(أ) حفظ الأجزاء الصلبة (ب) الاستبدال المعدني
(جـ) قالب (د) الحفظ الكامل

4. الأحفورة المرشدة هي تلك التي تتميز بـ .....
(أ) عمر طويل وانتشار جغرافي محدود
(ب) عمر قصير وانتشار جغرافي واسع
(جـ) عمر قصير وانتشار جغرافي محدود
(د) عمر طويل وانتشار جغرافي واسع

5. القاطع الذي يخترق تتابعًا رسوبيًّا يكون .....
(أ) هو الأحدث (ب) الأقدم
(جـ) نفس العمر (د) تكوّن قبل التتابع الرسوبى

6. تحلل المعادن في الصخور يستخدم في .....
(أ) تحديد أسطح الطبقات (ب) تحديد سماكة الطبقة الصخرية
(جـ) تحديد العمر النسبي للصخور (د) تحديد العمر المطلق للصخور

7. من الأقدم للأحدث، يمكن ترتيب الأعمار في حالة الصدع الذي يقطع المجموعة السفلى للطبقات ولا يؤثر في المجموعة العليا .....
(أ) ترسيب المجموعة السفلى – ترسيب المجموعة العليا – الصدع
(ب) الصدع – ترسيب المجموعة السفلى – ترسيب المجموعة العليا
(جـ) ترسيب المجموعة السفلى – الصدع – ترسيب المجموعة العليا
(د) ترسيب المجموعة العليا – الصدع – ترسيب المجموعة السفلى

8. ماذا تستنتج من السؤال السابق؟ .....
(أ) نوع الصدع عادي (ب) نوع الصدع معكوس
(جـ) وجود عدم توافق بين المجموعتين (د) الصدع أحدث من كل الرواسب

9. يمكن تعيين عمر الصخور بالسنين عن طريق .....
(أ) علاقة القاطع والمقطوع (ب) عدم التوافق
(جـ) الشوائب المتداخلة (د) تحلل المعادن المشعة

10. في عدم التوافق الانقطاعي .....

(أ) تميل طبقات المجموعتين بزاوية مختلفة عن الأخرى

(ب) يوجد سطح تعرية معرج يفصل المجموعتين

(جـ) المجموعة السفلية تتكون من صخور نارية ومتحولة والعليا من صخور رسوبية

(د) يستدل عليه بفقدان جزء من السجل الأحفوري لمجموعتين متوازيتين تمامًا

ثانيًا: ما الفرق بين؟

1. القالب والنموذج.
2. عدم التوافق الزاوي والانقطاعي.
3. العمر النسبي والمطلق.
4. الاستبدال المعدني والتمعدن.
5. عدم التوافق الزاوي وشبه التوافق.
6. عدم التوافق الانقطاعي والتخالفي.

ثالثًا: اشرح.

1. طرق حفظ الأحافير.
2. مفهوم الأحفورة المرشِدة.
3. حساب عمر الصخور بالطريقة الإشعاعية.
4. أنواع عدم التوافق.
5. الشروط اللازمة للتأحفر.
6. وسائل تعيين العمر النسبي للصخور.

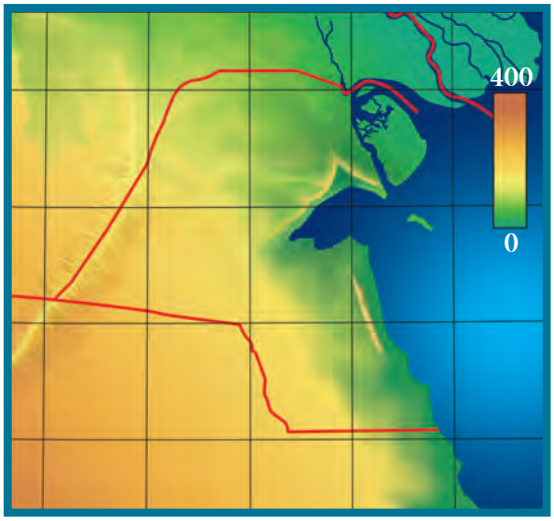
رابعًا: اكتب المصطلح الدال على ...

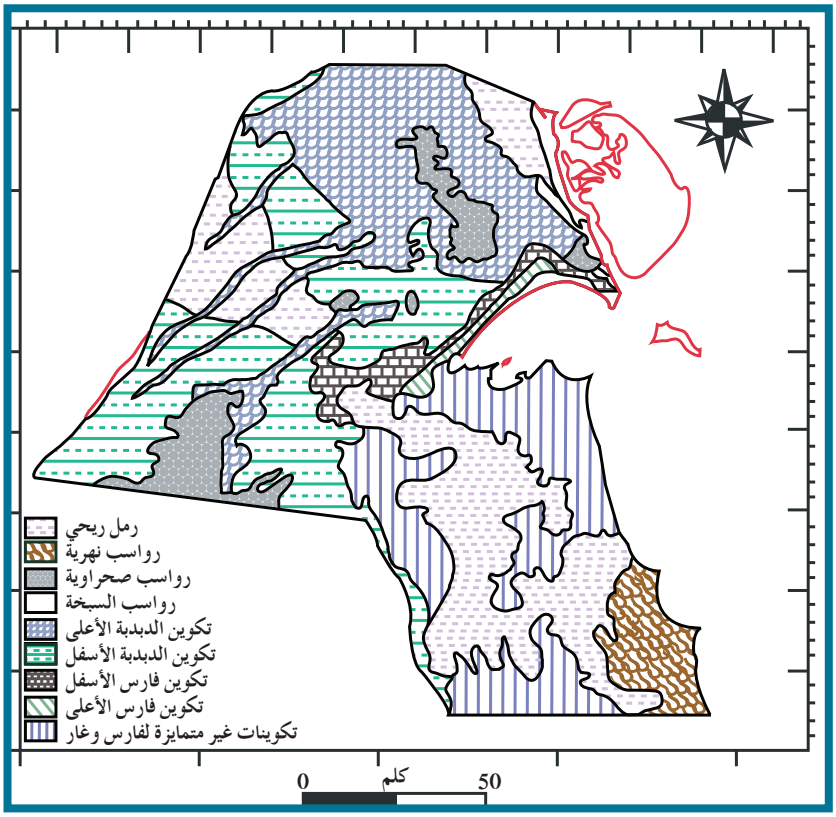
1. سطح تعرية يدل على انقطاع في الترسيب أثناء تكوّن تتابع رسوبي.
2. بقايا تدل على معيشة كائن في الماضي.
3. أحفورة تتميز بمدى زمني قصير وانتشار جغرافي واسع.
4. مجموعة طبقات مائلة تعلوها مجموعة طبقات أفقية.
5. كتل صخور متحولة غير منتظمة تعلوها طبقات رسوبية.
6. وجود حبيبات غريبة قرب قاعدة طبقة رسوبية مستمدة من صخر ناري يقع أسفلها.
7. استبدال النسيج الحيوي لجذع شجرة بمادة السيليكا.
8. ملء فجوات النسيج الحيوي بمادة معدنية.
9. عمر الصخور الذي يستدل عليه باستخدام علاقة القاطع والمقطوع.
10. طريقة لحفظ الحفريات في صمغ الكهرمان.
11. طريقة لحفظ الحفريات بدفنها في الثلوج.

خامسًا: ما الحُقب أو العصر الذي تواجدت فيه الأحافير أو جرت فيه الأحداث الآتية ؟

1. التريلوبيت .
2. الديناصورات الطائرة .
3. انتشار رواسب الكربون .
4. أول ظهور للسراخس .
5. الأمونيت .
6. البلمينيت .
7. النيوميوليت .
8. الحشائش .
9. بداية الحركة الألبية .
10. ازدهار الطيور والثدييات .
11. الحركات الكاليدونية .

الفصل الأوّل: الخرائط الطوبوغرافية والجيولوجية
◆ الدرس الأوّل: الخرائط الكونتورية الطوبوغرافية





اكتشف بنفسك

أنواع الخرائط Types of Maps

تأمّل خريطتي دولة الكويت الموضّحتين أعلاه، ثمّ أجب عن السؤالين التاليين:

- ما الاسم الذي تقترحه على كلّ خريطة منهما؟
- برأيك، فيم تُستخدَم كلّ خريطة منهما؟

الفصل الأوّل

الخرائط الطوبوغرافية والجيولوجية
Topographic and Geologic Maps

دروس الفصل

الدرس الأوّل

- الخرائط الكونتورية الطوبوغرافية

يتساءل الإختصاصيون اليوم حول ما إذا كانت الخريطة، كجزء من رسوم الإنسان القديم، قد سبقت الكتابة، إذ إنّ الرسم المعبِّر مثّل باكرًا بعض الظواهر التي تعكس جوانب من حياة المجتمعات البدائية. وعندما انتقل الإنسان من حياة البدو والترحال إلى الاستقرار، عمد إلى وضع الخرائط مع نشوء الحضارات القديمة. لذا، نلاحظ أنّ المكتشفات الأثرية في بلاد ما بين النهرين قد أظهرت خرائط أكدية وبابلية تعود إلى الألف الثالث ق.م. كالخريطة الأولى التي صنعها البابليون من الطين (الشكل أدناه). وبقدر ما تتقدّم البحوث الأثرية والتاريخية، يتمّ الكشف عن أنّ معظم شعوب العالم القديم، من أرض ما بين النهرين إلى المصريين والهنود والصينيين واليونانيين والرومان، قد عملوا على وضع خرائط جغرافية وفق ما توصّلوا إليه من معارف طبيعية وفلكية آنذاك. وقد عبّر اليونانيون عن الخريطة بكلمة (Graphien) وتعني الكتابة والرسم. وانتقلنا اليوم إلى تقنيات الصور الفضائية التي سهّلت عملية رسم الخرائط، مثل الصورة الفضائية من وكالة ناسا الفضائية لعاصمة الكويت.

الخريطة الأولى التي صنعها البابليون من الطين.

الدرس 1

الخرائط الكونتورية الطوبوغرافية
Topographic Contour Maps

الأهداف العامة

- يوضّح مفهوم الخريطة الطوبوغرافية والكونتورية.
- يصف خواصّ خطّ الكونتور.
- يستنتج المظاهر التضاريسية من شكل خطوط الكونتور.

شكل 74
خريطة كنتورية لدولة الكويت

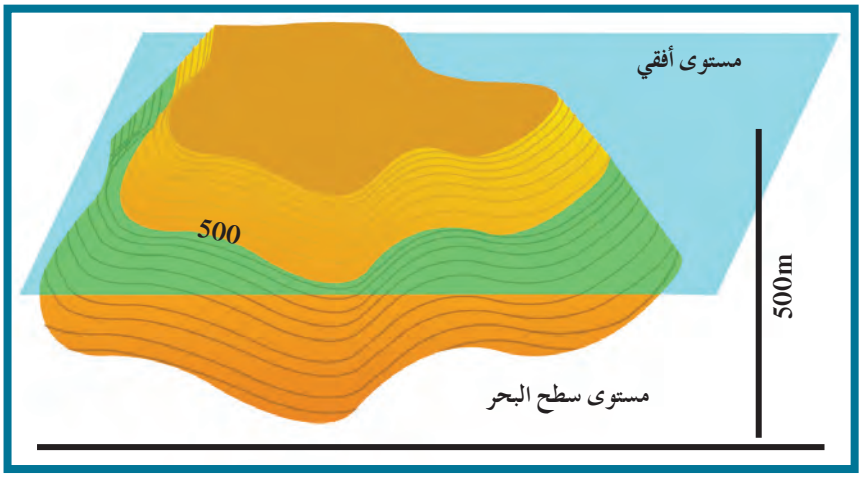
الخرائط الطوبوغرافية هي خرائط توضّح التضاريس المختلفة لمنطقة ما وارتفاعاتها وتوزيعها الجغرافي. في الماضي، استُخدِمت الألوان للتمييز بين الارتفاعات كاستخدام اللون الأزرق للمسطّحات المائية، والأصفر لليابسة المنخفضة، والبني للمناطق المرتفعة، وكانت درجة اللون تعكس مدى الارتفاع. استُخدِمت أيضا خطوط ورموز للتعبير عن المظاهر الطوبوغرافية.

1. الخرائط الطوبوغرافية الكونتورية
Topographic Contour Maps

توضّح الخرائط السابقة الارتفاعات النسبية وتوزيع المظاهر الطوبوغرافية، إلّا أنّها لا تحدّد الارتفاعات بدقّة، ما جعل استخدامها في تنفيذ المشاريع أمرًا صعبًا. لذلك، استُخدِمت طريقة أخرى لرسم المظاهر الطوبوغرافية تعتمد على استخدام خطوط تسمّى خطوط الكونتور.

1.1 خطّ الكونتور Contour Line

هو خطّ وهمي يحيط بالجسم ويضمّ نقاطًا على ارتفاع ثابت عن مستوى سطح البحر (الخطّ صفر)، ويمكن تخيّل الخطوط كما لو أنّها ناتجة عن تقاطع مستوى أفقي مع سطح الجسم على ارتفاع معيّن عن سطح البحر (شكل 75).



شكل 75
خطّ الكونتور

2.1 خواصّ خطوط الكونتور
Characteristics of Contour Lines

(أ) خطوط أفقية متوازية

(ب) خطوط لا تتقاطع

(جـ) خطوط معبّرة عن شكل الجسم

(د) منحنيات مغلقة في النهاية

(هـ) تقارب الخطوط يدلّ على شدّة الانحدار في حين أنّ تباعدها يدلّ على قلّة الانحدار

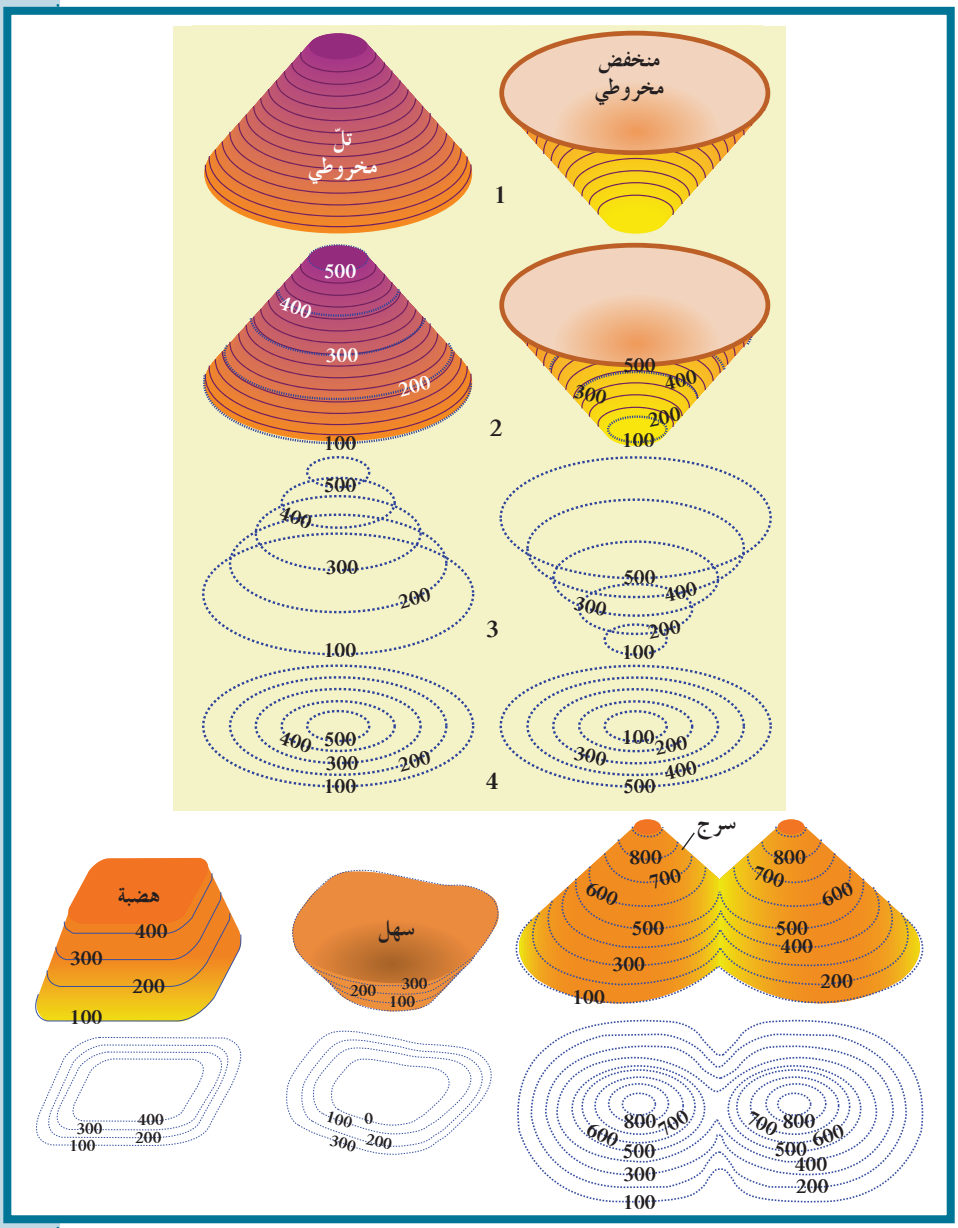
(و) الخطوط ذات القيم الموجبة تدلّ على أنّها أعلى من مستوى سطح البحر، في حين أنّ الخطوط ذات القيم السالبة تدلّ على أنّها تحت مستوى البحر

هل تعلم؟

لرسم خريطة طوبوغرافية، يتمّ أوّلًا تحديد ارتفاعات نقاط مختارة في الحقل. تُسمّى هذه النقاط نقاط المناسيب. كانت تُستخدَم قديمًا أدوات بدائية كالسلاسل والشريط المقسَّم. أمّا الآن فتوجد أجهزة، مثل الألتيميتر Altimeter، تحدّد ارتفاع النقط مباشرةً بالنسبة إلى مستوى سطح البحر. بعد ذلك، توقَّع نقاط المناسيب على خريطة ويتمّ توصيل النقاط ذات الارتفاعات المتشابهة ببعضها البعض بواسطة خطوط منحنية. هذه الخطوط تُسمّى خطوط الكنتور أو خطوط المناسيب المتساوية. وتُسمّى حينئذٍ الخريطة بالخريطة الطوبوغرافية الكنتورية.

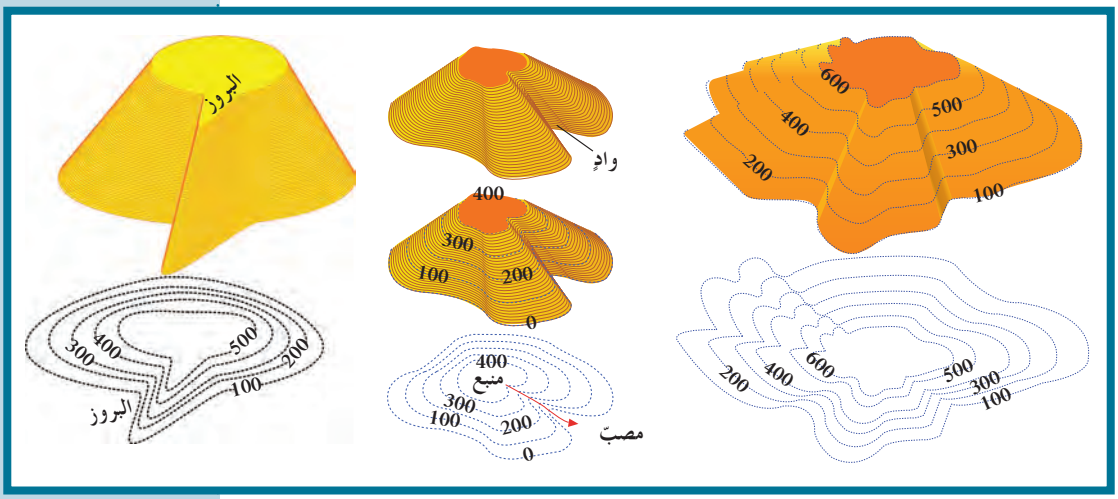
3.1 الخريطة الكونتورية Contour Map

هي مسقط رأسي للخطوط الكونتورية التصوّرية المحيطة بالأجسام الأرضية.
يبيّن الشكل أدناه تصوّر الخرائط الكونتورية للأشكال الأرضية المختلفة.



شكل 76
تصور الخرائط الكونتورية
للأشكال الأرضية

شكل 77
أهمّ المظاهر الطوبوغرافية
وأشكالها الكونتورية



بملاحظة الأشكال السابقة، يتّضح لنا أنّ قيمة كونتور الأجسام المرتفعة نحو المركز تزداد والعكس صحيح بالنسبة للأجسام المنخفضة. يعبِّر شكل الخطوط عن شكل الجسم، فالخطوط الدائرية تعبِّر عن أشكال مخروطية نوعًا ما، والخطوط غير المنتظِمة تعبِّر عن مناطق جبلية أو سلاسل جبال. يسمّى الانخفاض الموجود بين مرتفعَين متّحدَي القاعدة سرج Saddle. تنحني خطوط الكونتور عند الوادي على شكل الحرف V ويشير رأسها إلى قيم الكونتور الأعلى والعكس في حالة البروز.

4.1 أهمّية الخرائط الجيولوجية

Importance of Geological Maps

تؤدي الخرائط الجيولوجية دورًا أساسيًّا في الدراسات الجيولوجية كافة ويستخدمها الجيولوجيون لمساعدتهم في الحصول على معلومات حول بنية الأرض.

- التوزّع الجغرافي للوحدات الصخرية.
- رصد التراكيب الجيولوجية.
- تأثير التراكيب الجيولوجية على الطبقات وامتدادها.
- المساعدة في تحديد المناطق ذات الأهمّية المعدنية والاقتصادية.
- أساس مهمّ في تخطيط المشاريع التنموية والاقتصادية.
- أساس مهمّ في تخطيط المشاريع السكانية وشقّ الطرق وإقامة السدود.
- أساس مهمّ في التخطيط العسكري وحماية الأمّة.

مراجعة الدرس 1

1. ما المقصود بـ:

(أ) خطّ الكونتور.

(ب) الخريطة الكونتورية.

2. اشرح خواصّ خطوط الكونتور.

الوحدة الثامنة

الفصل الأوّل: الثقافة النفطية
- الدرس الأوّل: النفط
- الدرس الثاني: المصائد النفطية
- الدرس الثالث: النفط في الكويت

الفصل الثاني: المياه الجوفية
- الدرس الأوّل: المياه الجوفية

خزّانات النفط في الكويت

تضخّم إنتاج النفط والغاز الطبيعي بشكل كبير في حقول الكويت، وبخاصّة في السنوات الأخيرة. وتعدّدت المصادر بتعدّد الحقول. وقد أمّنت هذه الحقول حاجة البلاد، كما ساهمت في تحريك عجلة الصناعة في الدول المتقدّمة. سيظهر، من خلال هذا المشروع، تطوّر إنتاج النفط والغاز الطبيعي في الكويت في خلال السنوات الخمس الأخيرة.

الفصل الأوّل

الثقافة النفطية
Culture of Petroleum

اكتسب النفط والغاز الطبيعي أهميّتهما بعد الحرب العالمية الثانية، وأصبحا من أهمّ مصادر الطاقة. وهذا ما أعطاهما أهمّية استراتيجية وثقلًا سياسيًا نظرًا لضخامة حجم الاحتياطي. كيف يتكوّن النفط والغاز الطبيعي؟ ممّ يتكوّنان؟ كيف تشكّلا؟ ما هي العوامل المساعِدة على تجمّع النفط؟ ما هي أهمّ مشتقّاته وفقًا لتركيبه الكيميائي؟ وكيف يتمّ التنقيب عنه؟ سيتمّ الإجابة عن هذه الأسئلة في الدرس الأوّل.

دروس الفصل

الدرس الأوّل
- النفط

الدرس الثاني
- المصائد النفطية

الدرس الثالث
- النفط في الكويت

الدرس 1

النفط
Petroleum

الأهداف العامة

- يشرح نشأة النفط.
- يقارن بين أنواع النفط والغاز الطبيعي.
- يعدّد العوامل المؤثِّرة في هجرة النفط.

1. تعريف النفط Definition of Petroleum

النفط أو البترول Petroleum كلمة مشتقّة من الأصل اللاتيني "بيترا" ومعناها الصخر وأليوم Oleum ومعناها الزيت. ويُطلَق عليه أيضًا اسم الزيت الخام. كما أنّ له عبارة متداولة هي «الذهب الأسود». والنفط سائل كثيف، قابل للاشتعال، لونه بنّي قاتم أو بنّي مخضرّ، ويوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية. ويتكوّن النفط من المركّبات الهيدروكربونية.

2. نشأة النفط Origin of Petroleum

تعدّدت الفرضيات حول نشأة النفط، وقد أمكن تقسيمها إلى قسمين منها ما يُبنى على أساس أنّ النفط يُعَدّ ذا منشأ غير عضوي وأخرى تُبنى على أساس أنّ النفط ذو منشأ عضوي.

1.2 النظرية اللاعضوية Non–Organic Theory

وأمثلة عليها:

(أ) نظرية برثلوت (الكربيدية): تقول إنّ الأسيتيلين (المنتَج عند تفاعل الماء مع الكربيدات) قد تحوّل إلى النفط بفعل الحرارة والضغط.

(ب) نظرية لبنتس (البركانية): نصّت على أنّ النفط قد تكوّن من الموادّ الهيدروكربونية المندفعة في أثناء النشاط البركاني.

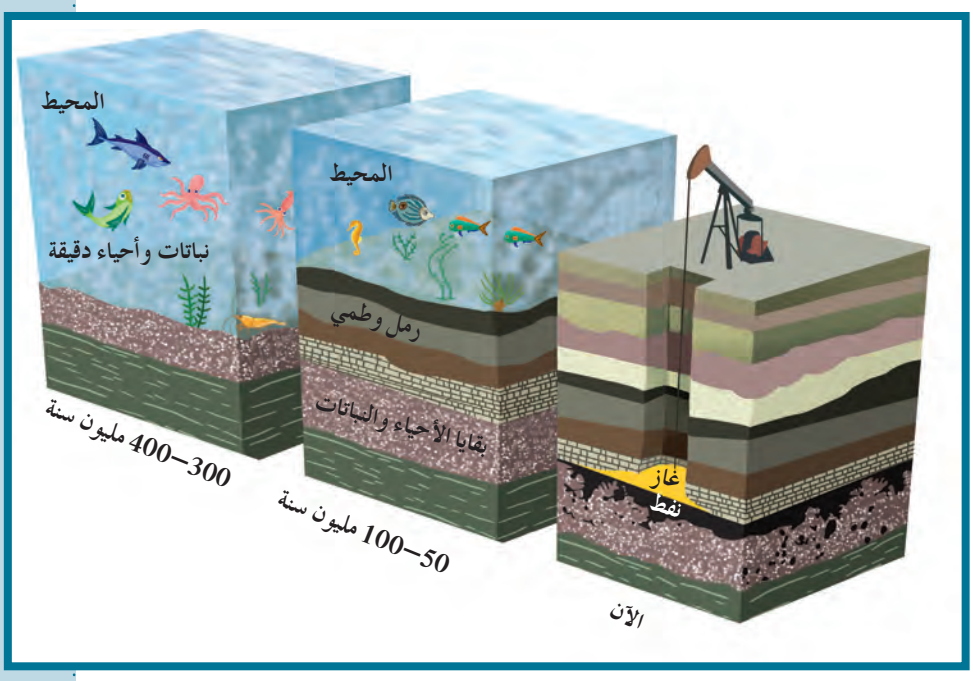
2.2 النظرية العضوية Organic Theory

أمّا هذه النظرية فتفترض أنّ النفط قد تكوّن نتيجة تحلّل العوالق البحرية (البلانكتونات) وانطمارها تحت الموادّ الرسوبية في مياه القاع الفقيرة بالأكسجين (بيئة مختزلة) المحكومة بعوامل عدّة من مثل الضغط والحرارة ونشاط البكتيريا اللاهوائيةُ والموادّ المشعّة وفي وجود بعض العوامل المساعدة التي تنشّط عملية التحلّل.

الشواهد المؤيّدة للنظرية العضوية

- احتواء النفط على موادّ عضوية ذات أصل حيواني أو نباتي.
- تمتّع النفط الخام بخاصّية الاستقطاب للضوء على غرار الموادّ العضوية.
- إمكانية الحصول معمليًّا على موادّ مشابهة للنفط والغاز من عظام الأسماك.
- استخدام فضلات المزارع لإنتاج بعض أنواع الوقود الصناعي.
- احتواء النفط على عنصر النيتروجين ومادّة البورفرين التي لا توجد إلّا في أنسجة الكائنات العضوية.

ابحث عن نظريات أخرى تفسّر نشأة النفط.



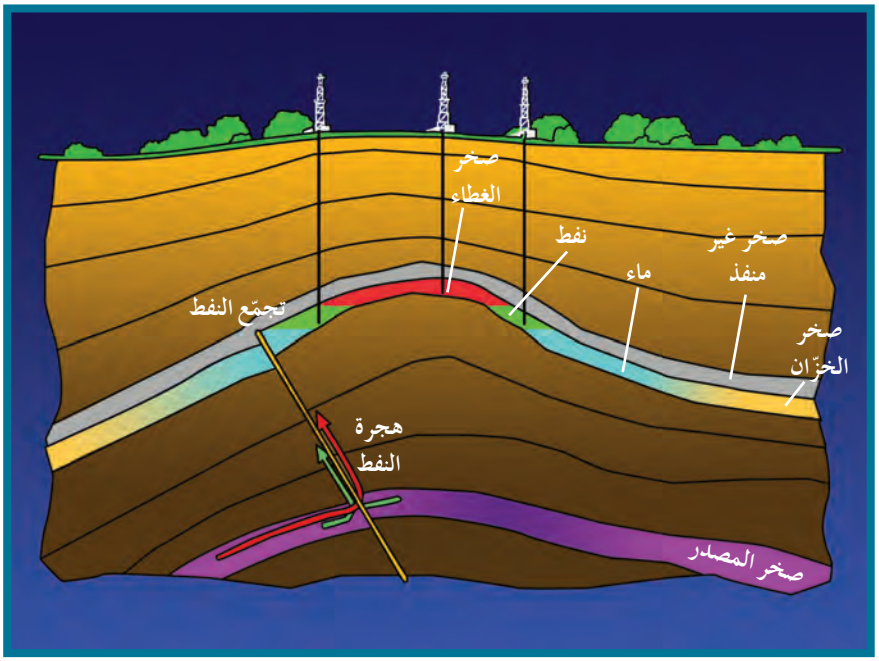
شكل 78
مراحل تكوّن البترول تبعًا لنظرية الأصل العضوي.

3. هجرة النفط Petroleum Migration

لم يتكوّن النفط والغاز الطبيعي في الصخور التي تختزنهما، إنّما هاجرا إليها. وتُعرَف هذه الحركة بالهجرة الأوّلية وهي هجرة النفط من صخور المصدر إلى صخور الخزّان. أمّا حركة النفط داخل صخور الخزّان نفسها فتُعرَف بالهجرة الثانوية والتي يمكن أن تكون هجرة رأسية من خلال مناطق التشقّق والكسور بين الطبقات الصخرية أو أفقية موازية لمستوى الطبقات.

1.3 بعض العوامل التي تساعد على هجرة النفط

- انخفاض مسامية الرواسب الحاوية النفط.
- اختلاف الضغط الناتج عن الحركات التكتونية الأرضية وميل الطبقات.
- الضغط الشديد الناتج عن تراكم الغاز الطبيعي فوق النفط.
- اختلاف الكثافة النوعية بين الماء والنفط.
- حركة المياه الأرضية.



شكل 79
عوامل الهجرة النفطية

4. أنواع النفط Oil Types

يُصنَّف النفط حسب المركّبات الغالبة في التركيب كالآتي:

1.4 النفط الخفيف

ويتّصف بانخفاض الوزن النوعي، واللون المخضّر، واللزوجة المنخفضة، ويُطلَق عليه النفط البرافيني.

2.4 النفط الثقيل

ويتّصف بارتفاع الوزن النوعي، واللون الأسود، واللزوجة العالية، ويُطلَق عليه النفط الأسفلتي.

إنّ النفط المستخرَج من آبار الكويت يشمل أنواع النفط كلّها، فتتدرّج من الخفيف جدًّا فالخفيف والمتوسّط إلى الثقيل، وهذا يعتمد على نسبة الشوائب والعمق المستخرَج منه.

فقرة إثرائية

علاقة الجيولوجيا بالإقتصاد

نوع النفط وقيمته الاقتصادية

يمكن تصنيف النفط بحسب كثافته الى نفط ثقيل (heavy) ونفط خفيف (light)، بحيث يكون النفط الخفيف أغلى ثمنًا. فعلى المستوى العالمي، تم اختيار خام برنت في المملكة المتحدة ليكون مرجعًا عالميًّا للنفط، فيما يُستخدَم خام دبي كمعيار في منطقة الخليج العربي. وقد وضعت منظمة الدول المصدِّرة للنفط (أوبك OPEC) نظامًا مرجعيًّا خاصًّا بها عُرف بسلّة أوبك وهو عبارة عن متوسّط سبعة خامات محدّدة من النفط، وهي:

- الخام العربي الخفيف السعودي
- خام دبي الإماراتي
- خام بوني الخفيف النيجيري
- خام صحاري الجزائري
- خام ميناس الإندونيسي
- خام تيا خوانا الخفيف الفنزويلي
- خام إيستموس المكسيكي

5. مكوّنات الغاز الطبيعي
Components of Natural Gas

الغاز الطبيعي هو خليط من الموادّ الهيدروكربونية فى حالة غازية (ثلاثة غازات هيدروكربونية) عند الضغط والحرارة العاديين، وهذه الغازات هي:

1.5 الميثان (CH_4)

يمثّل النسبة العظمى من الغاز الطبيعي التي تتراوح بين 70% و 100% من وزن الغاز الطبيعي.

2.5 الإيثان (C_2H_6)

تتراوح نسبته بين 1% و 10% من وزن الغاز الطبيعي.

3.5 البروبان (C_3H_8)

ويمثّل نسبة بسيطة جدًّا من وزن الغاز الطبيعي.

6. طبيعة تواجد الغاز الطبيعي
Origin of Natural Gas

1. **الغاز الحرّ:** وهو الغاز الذي يوجد منفردًا فى مكامن خاصّة به.
2. **الغاز المذاب فى النفط السائل:** وهو الغاز الذي يتحرّر من النفط السائل في المكمن فور انخفاض الضغط عليه.

تحتوي خزّانات الغاز على نوعين من الغاز الطبيعي بحسب وجود المكثّفات:

3. الغاز الرطب (غاز غني بالمكثّفات) Rich or Wet Gas
4. الغاز الجافّ (غاز فقير بالمكثّفات) Poor or Dry Gas

مراجعة الدرس 1

1. عرّف النفط قارن بين أنواعه.
2. اشرح النظرية العضوية لتكوّن النفط.
3. اذكر:
   (أ) العوامل التى تساعد على هجرة النفط.
   (ب) مكوّنات الغاز الطبيعي.

فقرة إثرائية

علاقة الجيولوجيا بعلم الكيمياء

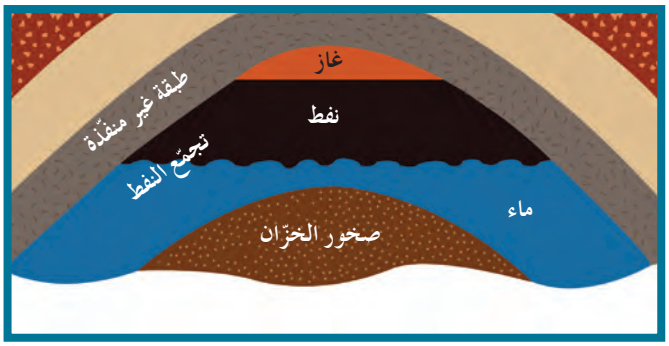
أنواع الغاز الطبيعي

إنّ جميع المكوّنات الهيدروكربونية للغاز الطبيعي هي من نوع البرافينات الخفيفة القابلة للاشتعال بسهولة بوجود الهواء. ويُعتبَر غاز الميثان أكثر مكوّنات الغاز الطبيعي توافرًا إذ تزيد نسبته عن 80% في أغلب الأحيان يليه الإيثان فالبروبان فالبوتان. يُسمّى الغاز الطبيعي "جافا" عندما تكون كمّية المكوّنات الهيدروكربونية السائلة المستخلصة منه، تحت الظروف القياسية من الحرارة و الضغط، أقلّ من0.1 غالون لكلّ قدم مكعّب من الغاز المعالج. أمّا إذا تراوحت هذه الكمّية بين 0.1 و0.3 غالون لكلّ قدم مكعّب، فإنّ الغاز يُعتبَر "متوسط الرطوبة". أمّا إذا زادت كمّية السوائل عن 0.3 غالون لكلّ قدم مكعّب، فإنّ الغاز يُعتبَر "رطباً"، أي أنّه يحتوي على كمّية من السوائل الغازية التي يمكن فصلها والاستفادة منها في مجالات عديدة . وبالإضافة إلى الهيدروكربونات القابلة للاحتراق، توجد كمّيات متفاوتة من الغازات الأخرى غير القابلة للاحتراق مثل النيتروجين "N_2" وكبريتيد الهدروجين "H_2S" وثاني أكسيد الكربون "CO_2"، في حين أنّ بعض الغازات الخاملة مثل الأرجون "Ar" والهيليوم "He" تكون عادةً متوافرة و لكن بكمّيات قليلة جدًّا.

المصائد النفطية
Oil Traps

الأهداف العامة

- يمثّل بالرسم المصائد النفطية.
- يوضّح وسائل التنقيب لاستخراج النفط.
- يوضّح المكوّنات الأساسية للمصيدة النفطية.



شكل 80
عناصر المصيدة البترولية

1. مكونات المصائد النفطية
Components of Oil Traps

تتألّف المصيدة النفطية من العناصر الأساسية التالية: صخور الخزّان، صخر الغطاء وتركيب صخري.

(أ) الصخر الخزّان Reservoir Rock

يتألّف من طبقة صخرية تتميّز بمسامية ونفاذية عاليتين، ما يسمح للصخر باحتواء النفط في داخله. فالمسامية Porosity هي الحجم الكلّي للفراغات بالنسبة لحجم الصخر، فيما تتمثّل النفاذية Permeability في قدرة الصخر على إنفاذ السوائل خلاله، كما هي الحال في الحجر الرملي والحجر الجيري المتشقّق، والكونجلوميرات المسامية.

(ب) صخر الغطاء Cap Rock

يتألّف من طبقة صخرية غير منفذّة تقع في أعلى الصخر الخزّان مانعة الهجرة العمودية للنفط. مثال على ذلك، الطين الصفحي وصخور الجبس والأنهيدريت، وبعض الصخور الملحية والنارية.

(جـ) تركيب صخري Rock Structure

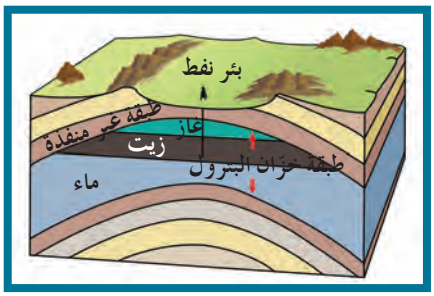
هو تركيب جيولوجي يشتمل على الصخر الخزّان والغطاء الصخري بطريقة توافق منع استمرار هجرة النفط أكانت عمودية أم أفقية. ومثال على ذلك، المصيدة الطيّة أو مصيدة عدم التوافق.

2. أنواع المصائد النفطية

Types of Petroleum Traps

(أ) مصيدة الطيّة Fold Trap

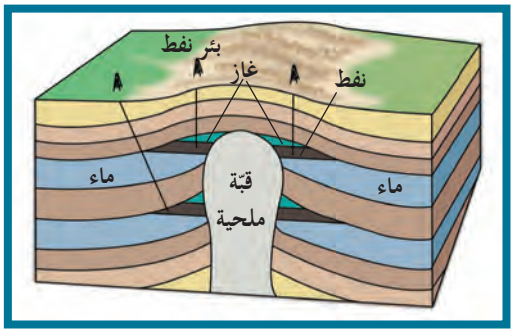
هي عبارة عن طيّة أو ثنية محدبة. تتّصف قمّة هذه الطيّة بأقلّ قيمة للضغط، فتسمح بتجمّع النفط فيها (شكل 81). (هل يمكن أن تتكوّن مصيدة طيّة مقعّرة. اِبحث.)



شكل 81
مصيدة الطية

(ب) المصيدة القبوية Dome Trap

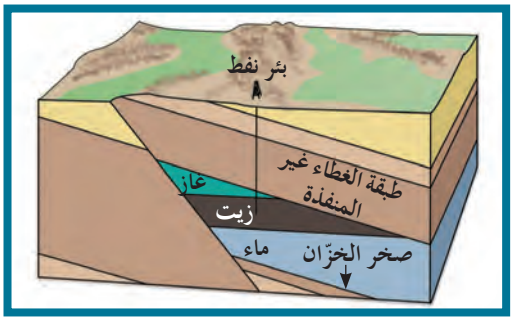
تُعتبَر القباب أحد أنواع الطيّات المحدبة، حيث تميل الطبقة في الاتّجاهات كلّها بالتساوي بعيدًا عن المحور. تُعَدّ القباب مصائد ممتازة للنفط وخصوصًا القباب الملحية التي غلبت على مكامن النفط في الكويت (شكل 82).



شكل 82
المصيدة القبوية

(ج) المصيدة الصدعية Fault Trap

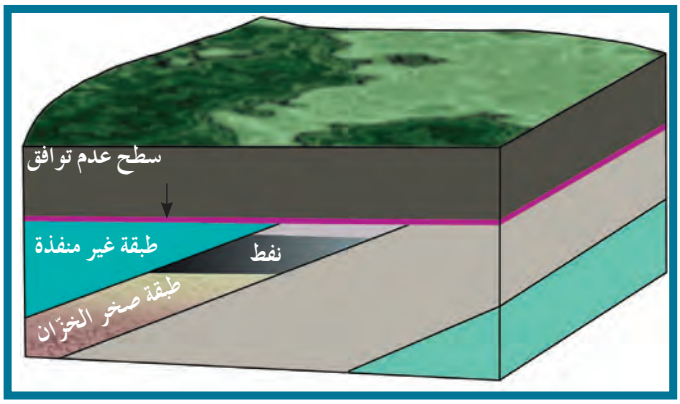
تكوّنت بسبب صدع ذي تباعد طبقي يكفي لأن يضع صخورًا غير منفذّة على أحد جانبي الصدع مقابل صخور الخزّان على الجهة الأخرى من الصدع، ما يؤدّي إلى منع استمرار هجرة النفط (شكل 83).



شكل 83
المصيدة الصدعية

(د) مصيدة عدم التوافق Unconformity Trap

ينتج توقّف الترسيب ما يُسمّى بأسطح عدم التوافق (شكل 84). إنّ وجود هذه الأسطح بين الطبقات الصخرية يساعد في تشكّل مصيدة نفطية



شكل 84
مصيدة عدم التوافق

3. التنقيب على النفط Petroleum Exploration

تؤدّي معرفة شروط تشكّل النفط والغاز الطبيعي إلى البحث عن النفط في البيئات الجيولوجية الملائمة لتكوّنه سواء أكانت برّية أم كانت بحرية، حيث يوجد النفط بكمّيات كبيرة تحت الصخور في المياه الضحلة والعميقة، كما في المنطقة المحيطة بشبه الجزيرة العربية.

يعتمد التنقيب على مجموعة من التقنيات الحديثة التي تتطوّر باستمرار لتساعد في اكتشاف حقول نفطية جديدة. وتعتمد بعض المعالجات على تقنيات الاستشعار عن بُعد التي تساعد في تحليل بعض التراكيب الجيولوجية استنادا إلى الصور الجوّية.

1.3 مراحل التنقيب

(أ) المسح الجيولوجي Geological Survey

تتمّ فيه دراسة التراكيب الصخرية وشواهد العصور الجيولوجية والأحافير الكامنة داخل الصخور الرسوبية، وإجراء عملية التطابق الزمني للصخور والأحافير، ورسم الخرائط الجيولوجية، وإعداد تقرير شامل عن المنطقة.

(ب) التنقيب والمسح الجيوفيزيائي

Geophysical Exploration and Survey

المسح الجيوفيزيائي عبارة عن دراسة بنية الطبقات وتراكيب المكامن البترولية. وتشمل الطرق الجيوفيزيائية المسح الزلزالي ويُسمّى أيضًا المسح السيزمي، بالإضافة إلى الجاذبية، المغناطيسية والكهربائية.

الطريقة الزلزالية (السيزمية) Seismic Method

هذه الطريقة عبارة عن دراسة التكوين الجيولوجي تحت سطح الأرض. تعتمد هذه التقنية على إجراء تفجير في حفر أسطوانية، فتتولّد عنها اهتزازات أرضية تنتقل إلى باطن الأرض على شكل موجات صوتية

(سيزمية) تنتشر في الاتّجاهات كلّها. تسجّل الانعكاسات بواسطة أجهزة حسّاسة سريعة الاستجابة لحركة الأرض تُسمّى الجيوفونات Geofones (شكل 85). وتكمن أهداف هذه الطريقة في حساب سرعة الموجات الصوتية، ومعرفة عمق الطبقات ومعلومات مهمّة كالتراكيب الجيولوجية وخواصّ الصخور ومؤشّرات على تجمّعات النفط.

طريقة الجاذبية Gravitational Method

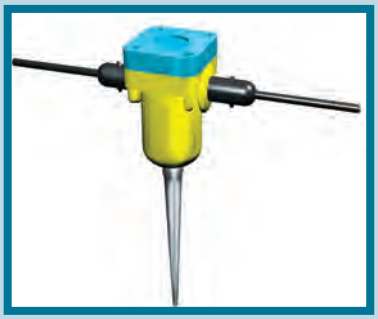
تعتمد هذه الطريقة على الاختلاف الطبيعي لقوّة الجاذبية الأرضية للمكوّنات المختلفة للقشرة الأرضية (فوق سطح الأرض). إذ تختلف الجاذبية الأرضية من مكان إلى آخر طِبقًا لاختلاف كثافة الصخور تحت سطح الأرض. يتمّ قياس الجاذبية بأجهزة تُسمّى الجرافيمترات Gravimeters (شكل 86)، وهي أدوات لقياس التفاوت في قوّة الجاذبية بين الصخور العالية الكثافة وتلك المنخفضة الكثافة ومن خلال قراءة رسم خريطة تغيّرات الجاذبية التي تحدّد وجود تراكيب جيولوجية معيّنة تحت سطح الأرض.

الطريقة المغناطيسية Magnetic Method

تُستخدَم هذه الطريقة لقياس قوّة المجال المغناطيسي للأرض من مكان إلى آخر، واتّجاهه بواسطة جهاز الماجنيتومتر Magnetometer (شكل 87) حيث يُستدَلّ على توزّع الصخور النارية وكثافة الصخور الرسوبية، ثم تُستنتَج التراكيب الإقليمية الجوفية.

الطريقة الكهربائية Electrical Method

تسهّل هذه الطريقة تحديد عمق صخور القاعدة نظرًا إلى ارتفاع المقاومة النوعية. تعتمد هذه الطريقة على اختلاف قياسات المقاومة النوعية الكهربائية بين أنواع الصخور المختلفة. فعلى سبيل المثال، مقاومة الصخور الرسوبية محدودة، أمّا الصخور الجيرية والأنهيدريت فتتميّز بمقاومتها النوعية الكهربائية العالية.



شكل 85
جيوفون

شكل 86
جرافيمتر

شكل 87
ماجنيتومتر

مراجعة الدرس 2

1. عرّف:
   (أ) صخر الخزّان.
   (ب) المصيدة النفطية.
2. اِشرح:
   (أ) أنواع المصائد النفطية.
   (ب) الطريقة الزلزالية للتنقيب عن النفط.
3. أذكر أنواع طرق التنقيب والمسح الجيوفيزيائي.

الدرس 3

النفط في الكويت
Petroleum in Kuwait

الأهداف العامة

- يعرّف أنواع الحفر.
- يعرّف أجزاء منصة الحفر.

شكل 88
حقول النفط في الكويت.

1. الحفر واستخراج النفط
Drilling and Oil Extraction

تُعتبَر عمليّة الحفر من أهمّ عمليّات استخراج النفط وأكثرها كلفة، وهي التقنيّة الوحيدة لاستخراجه من باطن الأرض. تُقسمَ أنواع الحفر في الكويت من حيث آليّة الحفر إلى:

(أ) الحفر الدوّار (الرحوي) Rotary Drilling

يتمّ في خلاله توليد عزم دوران من السطح ليتمكّن الدقاق Bit المركب في نهاية الحفر من ثقب الصخور. ويتمّ استخدامه في الحقول البحرية Offshore Field وفي الحقول البرّية Onshore Fields (شكل 89).

هل تعلم؟

يتكوّن الدقاق من ثلاثة مخاريط مسنّنة بالألماس المصنّع أو كربيد التنجستن. تدور في بعض الدقاقات المخاريط فيما لا تدور في بعضها الآخر. ولكن يُدار رأس الدقاق بأكمله. كلّ هذا يعتمد عل طبيعة الصخور إن كانت رخوة أو صلبة أو شديدة الصلابة. يتمّ استبدال الدقاق عندما تتآكل أسنانه بآخر جديد، وغالبًا ما تتكرّر هذه العملية عند اختراق طبقات شديدة الصلابة.

شكل 89
الحفر الدوار

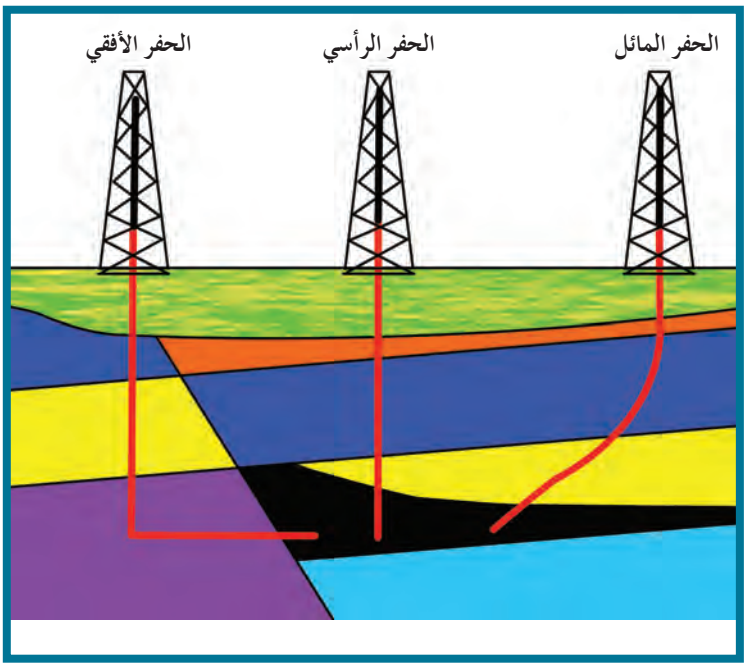
(ب) الحفر الثابت Stationary Drilling

ويتمّ في خلاله توليد عزم دوران من أسفل بواسطة ضخّ سائل الحفر (طين الحفر) فى مواسير الحفر، فيتمّ دوران محرّك الحفر الذي يدير الدقاق المركّب في نهاية مواسير الحفر من أسفل ويتمّ استخدامه في الحقول البحرية وفي الحقول البرية (شكل 90).

تُقسَم أنواع الحفر في الكويت (شكل 91) من حيث شكل الحفر إلى:

- الحفر الرأسي Vertical Drilling
- الحفر المائل Deviated Drilling
- الحفر الأفقي Horizontal Drilling

شكل 90
منصة الحفر الثابت



شكل 91
أنواع الحفر

2. أجزاء نظام الحفر

تتألّف منصّة الحفر من أجزاء مختلفة (شكل 92) هي التالية:

برج الحفر Reg

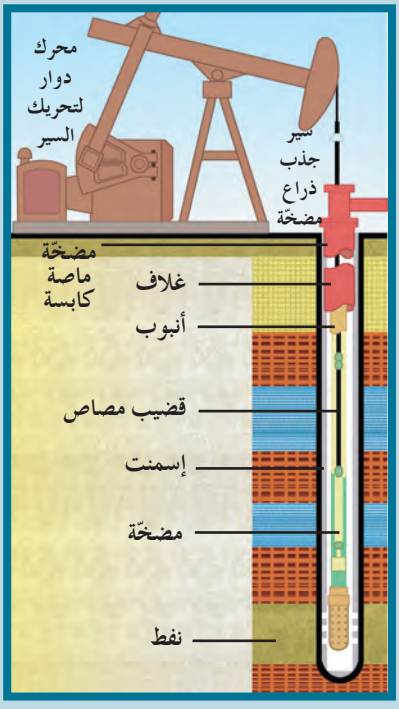
يُستخدَم في عمليّة تثبيت أعمدة الحفر عموديًّا ووصلها بعضها ببعض، ثمّ دفعها إلى أسفل بطريقة لولبية.

أعمدة الحفر Drilling Tubes

هي أعمدة معدنية صلبة مجوّفة تسمح بمرور طين الحفر داخلها.

رأس الحفر (الدقاق) Bit

يكون مصنّعًا بأشكال هندسية مختلفة، وله حوافّ حادّة مصنوعة من سبائك معدنية شديدة الصلادة أو من الألماس المصنّع تعمل على تفتيت الصخور. وهو مجوّف ويحتوي على فتحات في الأسفل تسمح باندفاع طين الحفر عبره إلى تجويف الحفرة.



شكل 92
أجزاء نظام الحفر

طين الحفر Drilling Mud

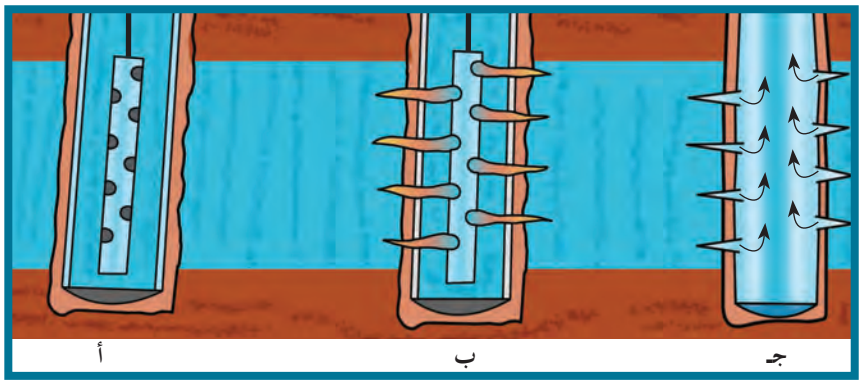
هو عبارة عن موادّ كيميائية ممزوجة بالماء لتكوّن سائلًا غليظًا. يُضَخّ الطين في خلال عملية الحفر بواسطة مضخّات ضخمة عبر التجويف داخل أنابيب الحفر، ليصل إلى رأس الحفر. ثمّ يندفع من قاع البئر إلى السطح حاملًا معه الفتات الصخري الناتج عن عملية الحفر.

تبطين البئر Well Casing

يتمّ تبطين البئر بأنبوب فولاذي يُنزَل من قمّة البئر إلى قاعه، ويُسمّى أنبوب البطانة، وذلك عند وصول الحفر إلى أعماق معيّنة. وتكمن وظيفة هذا الأنبوب في ضخّ نوعية خاصّة من الإسمنت بين جدار البئر وأنبوب البطانة. يمنع هذا الأنبوب انهيار البئر، ويمنع ضياع الطين في أثناء صعوده إلى سطح الأرض. كذلك يمنع هذا الأنبوب تسرّب المياه الجوفية من طبقات الأرض إلى البئر. وقبل البدء بمرحلة حفر جديدة للبئر، يتمّ وصل أنبوب التبطين، بعد تثبيته بالإسمنت، برأس البئر تحت منصّة الحفر. ويتألّف رأس البئر من مجموعة من الوصلات والصمّامات التي تتّصل بجهاز مانع للإنفجار، يمنع خروج الغاز أو النفط أو الماء في أثناء الحفر، إلى أن تتمّ عمليات الحفر والتبطين بشكل كامل.

التثقيب بأنبوب الحفر Perforation Drilling Tube

بعد التأكّد من الوصول إلى الطبقات الحاوية للنفط، تتمّ عملية ثقب بطانة البئر Perforation بتوجيه طلقات متفجّرة في الاتّجاهات كلّها باستخدام جهاز التثقيب (شكل 93).



شكل 93
جهاز التثقيب

وقد تتمّ عملية التنقيب عند عمقين مختلفين في البئر نفسها، وبهذا تصبح البئر مزدوجة الإنتاج. في حال عدم تدفّق النفط بطريقة فعّالة، تتمّ إضافة كمّية من حمض الهيدروكلوريك في الطبقات الجيرية لزيادة نفاذية الصخور. وقد يتمّ تصديع الطبقة الصخرية باستخدام ضغط عالٍ للسماح بنفاذ النفط إلى قاع أنبوب الحفر.

فقرة إثرائية

تثقيب الآبار Perforation

تشكّل عملية تثقيب البئر أهمّ خطوة لتشغيل البئر إذا كان المكان المنتج من الطبقة مغلقًا بواسطة مواسير التغليف ومعزولًا إسمنتيًّا. وبما أنّ هذا النوع من إنهاء الآبار هو الأكثر انتشارًا فإنّ التثقيب بحدّ ذاته يحدّد إمكانية الإنتاج النفطي أو الغازي. ويجري اختراق طبقات التغليف الفولاذي والإسمنتي والتوغّل في الطبقة حتّى الوصول إلى المناطق التي لم تتأثّر بسائل الحفر. من هنا، وُجِدت عدّة طرائق لذلك:

- التثقيب بالطلقات والمتفجّرات
- التثقيب النّفاث
- التثقيب بواسطة تيّار الرمل والماء.

فقرة إثرائية

التأثيرات البيئية للنفط

يؤثِّر استخراج النفط بالقرب من الشواطئ على الكائنات البحرية الحية وبيئتها، كما قد يقتل النباتات البحرية التي تحتاجها الكائنات البحرية للحياة. وتؤثِّر نفايات الزيت الخامّ والوقود المقطّر التي تنتشر من حوادث ناقلات البترول بطريقة كارثية على بيئة الكائنات الحية المهدّدة بالموت والفناء في ألاسكا، وجزر جالاباجوس وأسبانيا، وعدّة أماكن أخرى.

يتسبّب إحراق النفط في انبعاث ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوّي CO_2 وهذا ما يساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري. ونظرًا للدور الرئيسي الذي يؤدّيه النفط والبنزين في وسائل النقل الشخصي والعام، يُعتبَر تخفيض انبعاثات CO_2 من المسائل الشائكة في استخدامه. وتجري مصانع السيارات بحوثًا لتحسين كفاءة محرّكات السيّارات. كما أنّ هناك أفكارًا لاحتجاز ذلك الغاز الناتج عن المحطّات الكهربائية وضخّها تحت الأرض.

مراجعة الدرس 3

1. عدّد أنواع الحفر والآبار في الكويت.
2. أُذكر أجزاء منصّة الحفر.

أسئلة مراجعة الفصل الأوّل

أوّلًا: إختر الإجابة المناسبة.

1. وجود البورفرين والنيتروجين يدلّ على الأصل ..... للنفط.

(أ) العضوي (ب) اللاعضوي

(جـ) البركاني (د) الصهاري

2. الضغط الشديد الناتج عن تراكم الغاز الطبيعي فوق النفط في الخزّان يساعد على .....

(أ) بقاء النفط في مكانه. (ب) هجرة النفط.

(جـ) تحسين نوعه. (د) زيادة لزوجته.

3. من الغازات السائدة في الغاز الطبيعي .....

(أ) الأكسجين. (ب) ثاني أكسيد الكربون.

(جـ) الأوزون. (د) الميثان.

4. ..... من الصخور التي تصلح كصخر غطاء في المصيدة النفطية.

(أ) الرمل (ب) الحجر الجيري المتشقّق

(جـ) الكونجلوميرات المسامية (د) الأنهيدريت

5. يتكوّن النفط من .....

(أ) محلول ملحي لزج. (ب) موادّ صخرية منصهرة.

(جـ) مركّبات هيدروكربونية. (د) أحماض طبيعية.

6. يتميّز الصخر الخزّان بـ .....

(أ) مسامية ونفاذية عاليتين. (ب) فقره في النفاذية والمسامية.

(جـ) بكونه صخرًا ناريًّا. (د) بكونه ملحًا صخريًّا.

7. الموقع الذي يتراكم فيه النفط بسبب تركيب أرضي يُسمّى .....

(أ) صدعًا. (ب) طيّة.

(جـ) قبّة. (د) مصيدة نفط.

8. ..... طريقة لاستكشاف تراكيب تحت سطحية بإجراء تفجيرات واستقبال الاهتزازات على أجهزة خاصّة.

(أ) المسح الجيولوجي (ب) المسح السيزمي الجيوفيزيائي

(جـ) المسح بالجاذبية (د) المسح المغناطيسي

9. ..... طريقة لاستكشاف تراكيب تحت سطحية عن طريق الماجنيتومتر.

(أ) المسح الجيولوجي (ب) المسح السيزمي الجيوفيزيائي

(جـ) المسح بالجاذبية (د) المسح المغناطيسي

ثانيًا: ما المقصود بـ.

1. النفط.
2. طين الحفر.
3. الصخر الخزّان.
4. المصيدة النفطية.
5. المسح الجيولوجي.
6. المسح السيزمي الجيوفيزيائي.
7. الحفر الدوّار.
8. الدقاق.
9. الغطاء الصخري.
10. جهاز التثقيب.

ثالثًا: ما الفرق أو الفروق بين.

1. النظرية العضوية واللاعضوية في تفسير نشأة النفط.
2. النفط الخفيف والنفط الثقيل.
3. المصيدة الطية والمصيدة الصدعية.
4. الطريقة السيزمية والطريقة المغناطيسية في التنقيب والمسح الجيوفيزيائي عن النفط.

رابعًا: أُكتب المصطلح العلمي الدالّ على كلّ ممّا يلي:

1. تحرّك النفط خلال الصخور للوصول إلى مصيدة النفط.
2. النظرية التي تؤكّد تكوّن النفط من العوالق البحرية بعد انطمارها في الصخور الرسوبية.
3. تركيب جيولوجي يؤدّي إلى اعتراض استمرار هجرة النفط وتجمّعه في منطقة معيّنة.
4. البحث عن النفط في بيئات جيولوجية مختلفة.
5. طريقة للبحث عن النفط تعتمد على الاختلاف الطبيعي لقوّة الجاذبية الأرضية.
6. مادّة تُستخدَم لترطيب المواسير ورفع الفتات الناتج من الحفر لأعلى.

خامسًا: أُذكر.

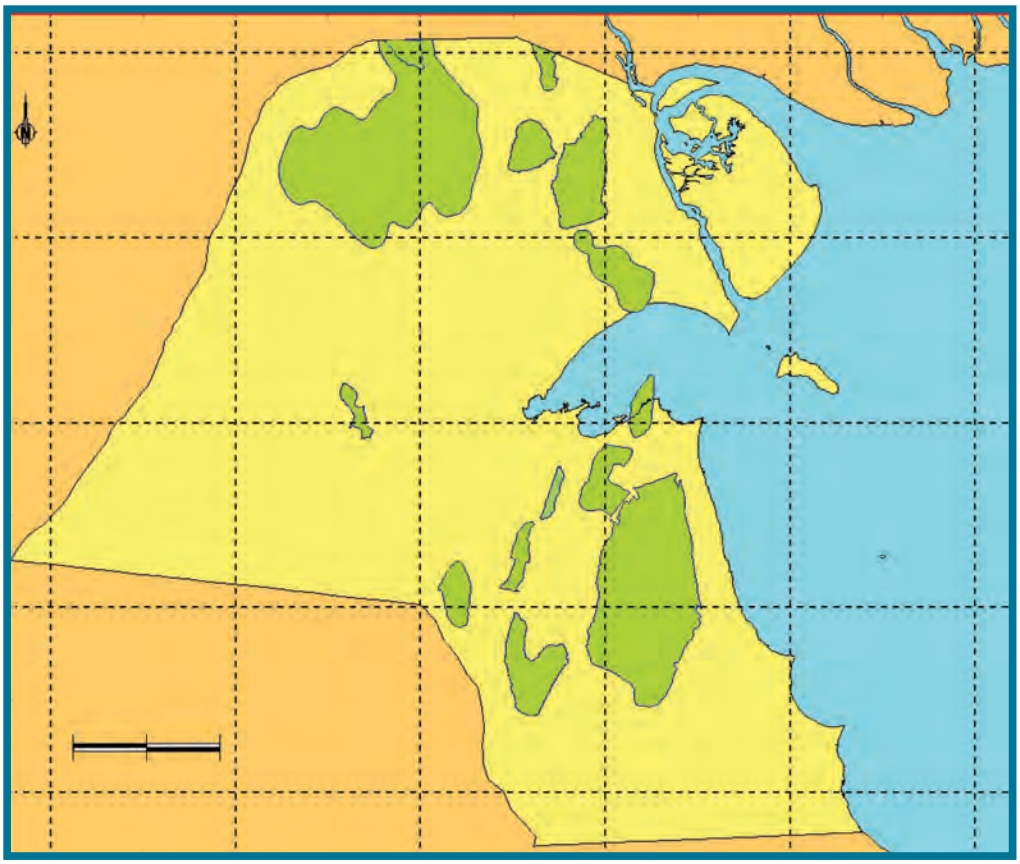
1. أهمّ الغازات التي تكوّن الغاز الطبيعي.
2. أنواع الحفر.
3. طرق التنقيب الجيوفيزيائي.
4. أهمّ حقول النفط في الكويت.

سادسًا: إشرح.

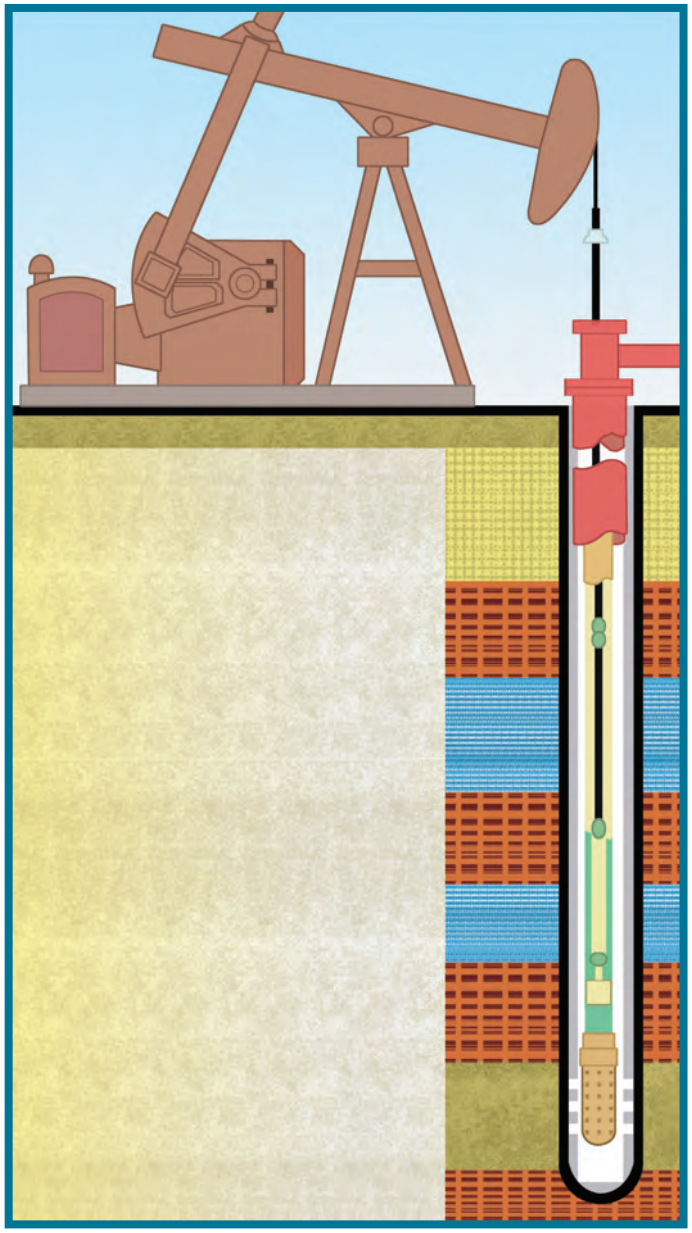
1. مكوّنات المصيدة النفطية.
2. أنواع المصائد النفطية.
3. طرق التنقيب والمسح الجيوفيزيائي.
4. أجزاء نظام الحفر.

سابعًا: أكتب البيانات الآتية.

1. أسماء حقول نفط الكويت على الخريطة.



2. أجزاء نظام الحفر.



3. أُرسم رسمًا توضيحيًّا يوضّح الفرق بين المصائد النفطية المختلفة.

الفصل الثاني

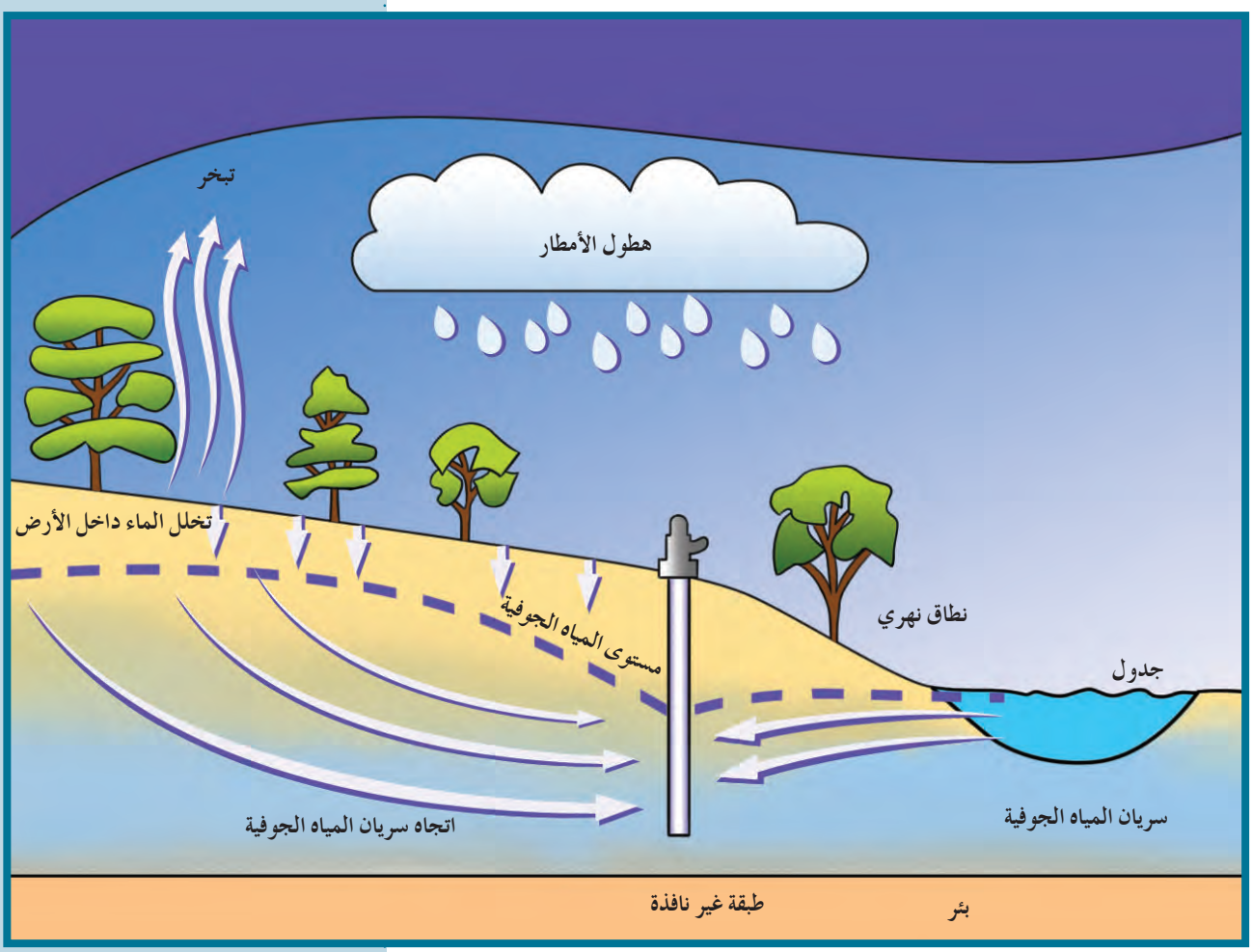
المياه الجوفية
Ground Water

المياه الجوفية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في خزّانات من طبقات مسامية تُسمّى خزّانات المياه الجوفية Water Aquifers. وتُعتبَر المياه الجوفية المصدر الرئيسي لمياه الشرب ومياه الاستخدامات الشخصية فى البلدان التي تفتقر إلى وجود الأنهار والجداول والمناخ المطير.

دروس الفصل

الدرس الأوّل

- المياه الجوفية



المياه الجوفية
Ground Water

الأهداف العامة

- يذكر مصادر المياه الأرضية (الجوفية) .
- يذكر التكوينات الصخرية الحاوية للمياه الجوفية في الكويت .
- يعدّد العوامل المؤثّرة في تحديد نوع المياه الأرضية .

شكل 94
حقول المياه الجوفية في الكويت

﴿ وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ فَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ ﴿٢٢﴾ ﴾ [الحجر: ٢٢]

1. تعريف المياه الأرضية الجوفية
Definition of Ground Water

هي المياه المتواجدة تحت سطح الأرض والتي تتخلّل التربة وما تحتها من صخور ، وتظهر على سطح الأرض في الأماكن المنخفضة .

2. مصادر المياه الجوفية Sources of Ground Water

للمياه الجوفية مصادر عدّة منها:

- **مياه الأمطار:** تُعتبَر المصدر الأساسي للمياه الأرضية حيث إنّ الجزء الأكبر من حجم هذه المياه يتكوّن نتيجة تسرّب مياه الأمطار .

- **مياه الصهير:** مياه تتخلّف عن تكثف البخار المصاحب لعملية تبلور المعادن المكوّنة للصخور.
- **المياه المقرونة:** تنتج عن احتباس المياه في مسامات الصخور الرسوبية في أثناء تكونها.

3. التكوينات الصخرية الحاوية للمياه الأرضية (الجوفية) في الكويت

Rock Constituents Containing Ground Water in Kuwait

ثمّة مجوعتان من الطبقات الصخرية التي تحتوي على المياه الجوفية في الكويت وتُعتبَران مصدرين أساسيين لاستخراج المخزون المائي الأرضي وهما:

مجموعة الكويت الصخرية: تُستخرَج منها المياه العذبة كما في حقل الروضتين وأم العيش.

مجموعة الأحساء الصخرية: تُستخرَج منها المياه القليلة الملوحة كما في حقول الصليبية والشقايا وأم قدير والعبدلي والوفرة.

4. نوعية المياه الأرضية (الجوفية) في الكويت

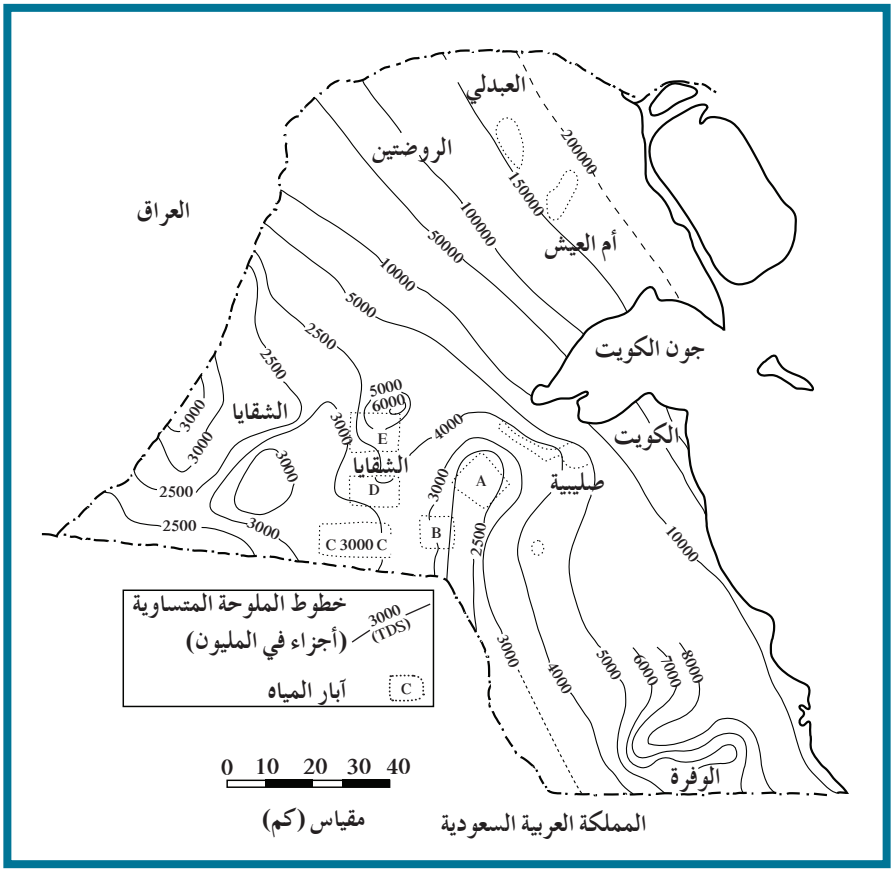
Quality of Ground Water in Kuwait

تُقسَم المياه الأرضية وفقًا لنوع الأملاح الذائبة فيها وكمّيتها كما الجدول التالي:

كمّية الأملاح الذائبة في لتر واحد من الماء	نوع المياه
أقل من 1 جم	عذبة
من 1 – 10 جم	قليلة الملوحة
من 10 – 50 جم	مالحة
أكثر من 50 جم	شديدة الملوحة

تعتمد نوعية المياه الأرضية في الكويت على عدّة عوامل منها:

1. كمّية الأمطار المتساقطة سنويًّا.
2. وجود كمّية كبيرة من الأملاح القابلة للذوبان في الصخور.
3. ميل الطبقات الخازنة للمياه الأرضية من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي. (ماذا تتوقّع أن تكون نوعية مياه الآبار في شرق وشمال شرق الكويت؟ ابحث.)
4. سرعة حركة المياه الأرضية في الصخور.



شكل 95
تدرج ملوحة الماء الجوفي في الكويت

مراجعة الدرس 1 والفصل 2

1. عرّف المياه الأرضية (الجوفية).
2. قسّم المياه الأرضية وفقًا لدرجة الملوحة.
3. أذكر:

(أ) أهمّ حقول المياه الجوفية في الكويت.

(ب) التكوينات الصخرية الحاوية للمياه الأرضية في الكويت.

(جـ) العوامل التى تؤثّر في نوعية المياه الأرضية.

4. ماذا تتوقّع أن تكون نوعية المياه الأرضية في شرق الكويت؟ لماذا؟

ملاحظات