



www.jed.edu.sa

صفائح الأرض المتحركة

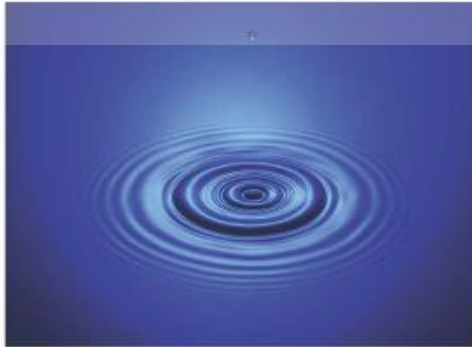
دلائل على تكوين باطن الأرض

إذا قدّم لك شخص هدية مغلفة فكيف يمكنك معرفة ما بداخلها دون أن تفتحتها؟ يمكنك حملها، ورجها بلطف، أو وزنها. يمكن أن تبحث عن دلائل أخرى تساعدك على تعرف ما بداخلها. ولأنك لا تستطيع رؤية ما بداخلها فإن الملاحظات التي تقوم بها تسمى ملاحظات غير مباشرة.

وقد استخدم الجيولوجيون أسلوب الملاحظات غير المباشرة أيضًا لمعرفة ما يوجد في باطن الأرض، فعلى الرغم من أن أفضل طريقة لمعرفة محتويات باطن الأرض تتمثل في حفر نفق إلى مركزها إلا أن تنفيذ ذلك ضرب من المستحيل، فأعمق المناجم على الأرض لا يمثل سوى خدش على سطحها. في حين يتطلب الوصول إلى مركزها حفر نفق بعمق أكثر من ٦٠٠٠ كم. إن استخدام الجيولوجيين لأسلوب الملاحظة غير المباشرة يعني جمع أدلة مختلفة عن مكونات باطن الأرض، ويتطلب ذلك دراسة الزلازل والصخور المكشوفة على سطح الأرض.

الأمواج عندما ترمي حجرًا في بحيرة أو بركة ساكنة فإنك تشاهد أمواجًا، كما في الشكل ١.

فالأمواج اضطراب يحمل الطاقة عبر المادة أو عبر الفراغ. فعندما يرتطم حجر بالماء، تحمل الأمواج جزءًا من الطاقة الحركية للحجر بعيدًا عن مكان الارتطام. وعند حدوث الزلازل تنتقل الطاقة بواسطة الأمواج عبر المواد، وتعتمد سرعة الموجات الزلزالية على كثافة وطبيعة الوسط الذي يتقلها، فالموجات تسير في المواد الصلبة أسرع مما في المواد السائلة، وإضافة إلى ذلك قد تنحني الأمواج الزلزالية عن مسارها الأصلي أو تتوقف كليًا في أوساط معينة، وتقسّم الأمواج الزلزالية إلى ثلاثة أنواع: الأولية، والثانوية، والسطحية. وتعد الأمواج الأولية



الشكل ١ الأمواج تنقل الطاقة عبر الماء كما تنقل الأمواج الزلزالية الطاقة عبر الأرض.

ففي هذا الدرس

الأهداف

- تصف أن باطن الأرض مقسم إلى طبقات.
- تشرح كيف تتحرك الصفائح الأرضية.
- تناقش لماذا تتحرك الصفائح الأرضية.
- تصف كيف تتكون الجبال، وكيف تُحت.
- تقارن بين أنواع الجبال.
- تحدد القوى التي تشكل جبال الأرض.

الأهمية

تتحرك صفائح الأرض مبتعدة أو مقترية إحداها من الأخرى، أو متحاذاة، وتنشأ هذه الحركة عن قوى تشكل سطح الأرض عبر أحداث مختلفة مثل بناء الجبال، وانفجار البراكين، وحدوث الزلازل.

مراجعة المفردات

الصحارة مواد صخرية منصهرة توجد تحت القشرة الأرضية.

المفردات الجديدة

- اللب الداخلي
- اللب الخارجي
- الستار (الوشاح)
- القشرة
- الغلاف الصخري
- الصفائح الأرضية
- الصدوع
- غوص الصفائح
- جبال الكتل المتصدعة
- الجبال المطوية
- الجبال الناهضة
- الجبال البركانية

أسرعها، وتنتقل في المواد: الصلبة، والسائلة، والغازية، وتعمل على تضاعف جسيمات الصخور وتخلخلها في نفس اتجاه حركتها. بينما تنتقل الأمواج الثانوية في المواد الصلبة فقط وتسبب تحريك جسيمات الصخر عمودياً على اتجاه حركتها. أما الأمواج السطحية فهي أبطأ الأنواع الثلاثة، وتنتقل فقط على سطح الأرض وبدراسة سرعة الأمواج والطرق التي سلكتها يستطيع الجيولوجيون معرفة تركيب كوكب الأرض.

الأدلة الصخرية من الأدلة الأخرى التي تساعد على معرفة تركيب باطن الأرض، وجود صخور معينة منتشرة في مواقع مختلفة على سطح الأرض. هذه الصخور تشبه في مكوناتها مكونات باطن الأرض. تتكون هذه الصخور في الأعماق، ثم تُدفع إلى السطح أو بالقرب منه؛ حيث تتعرض للتعرية. وتشير أدلة الأمواج الزلزالية والأدلة الصخرية إلى أن الأرض مكونة من طبقات تختلف في مكوناتها.

طبقات الأرض

اعتماداً على أدلة الأمواج الزلزالية والأدلة الصخرية، وضع العلماء نموذجاً لباطن الأرض يوضح أنه يتكون على الأقل من أربعة نطاقات مميزة، وهي: اللب الداخلي، واللب الخارجي، والستار (الوشاح)، والقشرة. ويمكن تشبيه تركيب باطن الأرض بتركيب ثمرة الخوخ التي تتألف من قشرة رقيقة تغلف الجزء الرطب السميك الذي تأكله، يلي ذلك فجوة كبيرة تغلف البذرة. كما في الشكل ٢.

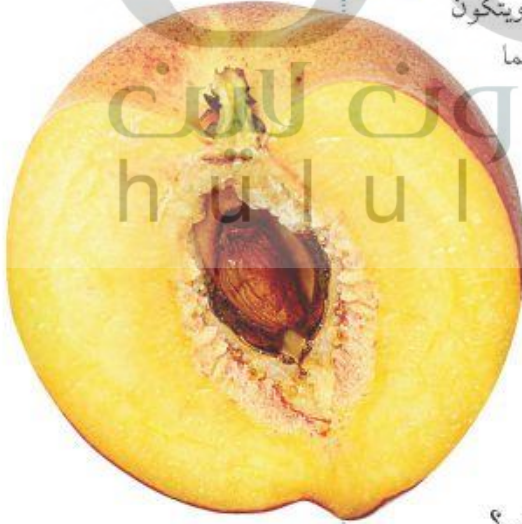
اللب الداخلي يشبه لب الأرض الفجوة والبذرة في ثمرة الخوخ. وقد تم تقسيمه إلى جزأين مختلفين أحدهما سائل والآخر صلب. يسمى النطاق الواقع في مركز الأرض باللب الداخلي، وهو صلب. وهذا الجزء من الأرض يتميز بكثافة مرتفعة، ويتكون معظمه من الحديد. وعندما تصل إليه الأمواج الزلزالية تزداد سرعتها، مما يدل على وجوده في الحالة الصلبة. الظروف في اللب الداخلي ظروف قاسية مقارنة بسطح الأرض؛ فدرجة الحرارة هناك حوالي ٥٠٠٠ °س، كما أن الضغط مرتفع جداً بسبب ثقل الصخور المحيطة.

اللب الخارجي يقع اللب الخارجي فوق اللب الداخلي للأرض ويُعتقد أنه يتكون من عناصر منصهرة. وقد استنتج العلماء أنه موجود في الحالة السائلة؛ لأنه تسبب في انقطاع نوع من الموجات الزلزالية وانخفاض في سرعة نوع ثانٍ.

✓ **ماذا قرأت؟** أي طبقات حبة الخوخ تشبه اللب الخارجي للأرض؟

الجزء الذي تعيش عليه مشابهاً لقشرة
ثمرة الخوخ مما يدل على أن القشرة
الأرضية هي أقل طبقات الأرض سمكاً

الشكل ٢ يشبه تركيب باطن الأرض تركيب ثمرة الخوخ. وضح إذا كان الجزء الذي تعيش عليه من الأرض مشابهاً لقشرة ثمرة الخوخ، بم يخبرك ذلك عن هذه الطبقة من طبقات الأرض؟





الستار الطبقة الموجودة في باطن الأرض وتعلو اللب الخارجي تسمى **الستار**، وهي تشبه الجزء الرطب الذي تأكله في نموذج حبة الخوخ. ويعد الستار النطاق الأكبر في باطن الأرض. وعلى الرغم من كونه صلباً إلا أنه يتحرك ببطء شديد كالمعجون.

القشرة النطاق الخارجي من الأرض هو **القشرة**، وهو يشبه القشرة الرقيقة في نموذج ثمرة الخوخ. وبمقارنة سُمك القشرة بسُمك باقي النطاقات فإنها تبدو رقيقة وغير منتظمة السمك؛ إذ يقل سمكها تحت المحيطات ويزداد في القارات. وجميع المعالم الموجودة على سطح الأرض هي جزء من القشرة.

لب الحديد تتكون قشرة الأرض من الحديد بنسبة ٥%. ويعتقد الجيولوجيون أن اللب يتكون معظمه من الحديد. قم بدراسة النظرية السابقة، وحدد نقاط الضعف والقوة فيها ذاكراً الأدلة والمعلومات التي وصلت إليها.

بنية الأرض

مع أن الأرض مكونة من أربعة نطاقات رئيسة فإنه يمكن تقسيمها إلى نطاقات أخرى اعتماداً على تغير الخصائص الفيزيائية مع العمق. يوضح الشكل ٣ بنية الأرض ويصف بعض خصائصها، ومنها الكثافة ودرجة الحرارة والضغط، وهي خصائص تكون قيمها أقل ما يمكن عند القشرة، وأكبر ما يمكن في اللب الداخلي.

الزلازل وتكشف الصخور التي تكونت في باطن الأرض بفعل التعرية

الشكل ٣ تتكون الأرض من أربعة نطاقات رئيسة تتفاوت في سمكها. حدد الأدلة والأحداث الجيولوجية التي ساعدت العلماء على دراسة مكونات طبقات الأرض.

القشرة الأرضية

توزيع كتلة الأرض

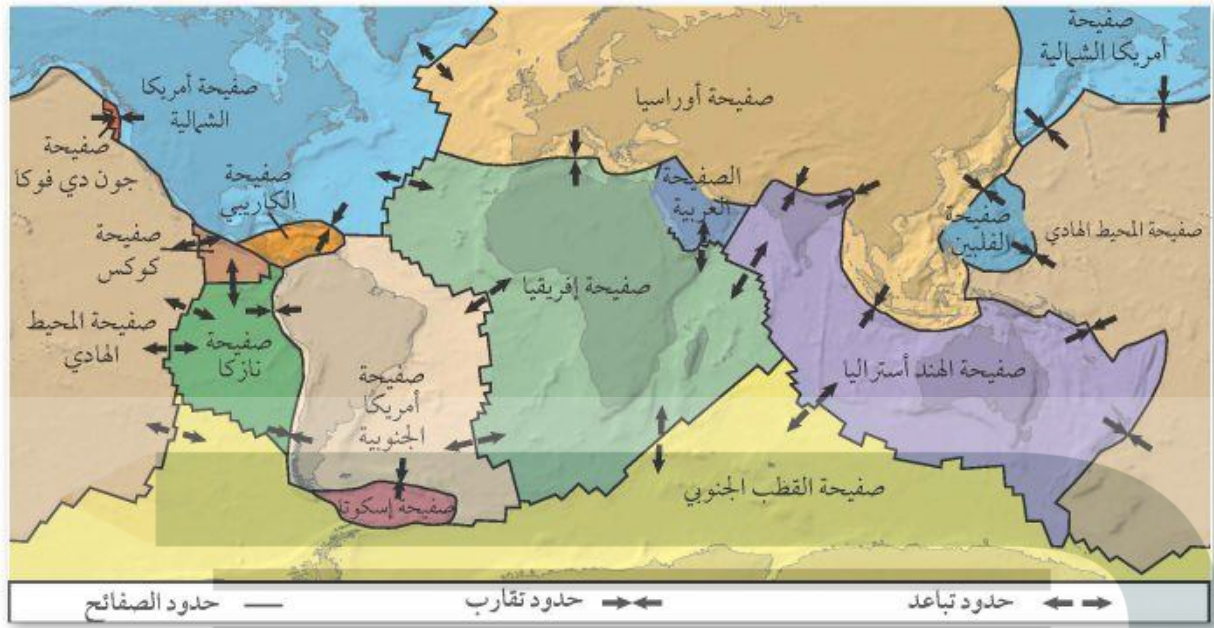


الستار

اللب الخارجي

اللب الداخلي





الشكل ٤: حواف الصفائح الأرضية قابلة للانطباق بعضها على بعض، مثل لعبة الصورة المجزأة. استنتج إذا كانت الصفائح تتحرك، فما الذي يحدث برأيك في مناطق الحدود التي تفصل بينها؟

تتحرك الصفائح مقتربة أو متباعدة أو تنزلق بجانب بعضها بعضاً على طول حدود الصفائح



تدريسه

صفائح الأرض

على الرغم من انفصال القشرة عن الستار فإن الجزء العلوي المتماسك من الستار يتحرك كما لو أنه جزء من القشرة. ويكون الجزء العلوي من الستار مع قشرة الأرض ما يسمى **الغلاف الصخري**، وهو يتجزأ إلى ٣٠ قطعة أو **صفائح أرضية** تتحرك فوق الغلاف اللدن الذي يعد جزءاً من الستار. تختلف صفائح الأرض الرئيسة في الحجم والشكل، كما هو مبين في الشكل ٤.

تتحرك صفائح الأرض حركة بطيئة، بحيث تزحف الصفيحة مسافة بضعة سنتيمترات في السنة الواحدة، وهذا يعني أن هيئة الصفائح ليست ثابتة أو مستقرة، وأن شكلها وحجمها في الماضي مختلف عن شكلها الحالي، كما يعني أن القارات قد تحركت مسافات شاسعة حتى أصبحت على صورتها الحالية كما في الشكل ٤، فمثلاً تقع القارة المتجمدة الجنوبية حالياً في القطب الجنوبي، لكنها كانت في يوم من الأيام عند خط الاستواء. أما أمريكا الشمالية فقد كانت فيما مضى متصلة بأوروبا وإفريقيا.

تستخدم حالياً أشعة الليزر وصور الأقمار الاصطناعية لقياس الحركة الصغيرة للصفائح والتي تصبح مع الزمن مسافات كبيرة. فإذا كانت صفيحة ما تتحرك بمعدل ٢ سم في السنة، فما المسافة التي تقطعها الصفيحة في ١٠٠٠ سنة؟ وما المسافة بعد ١٠ ملايين سنة؟

ما أجزاء الأرض التي تكون الغلاف الصخري؟ **ماذا قرأت؟**

القشرة والجزء العلوي من الستار

حدود الصفائح

تسمى مناطق التقاء الصفائح معاً بحدود الصفائح. وتؤدي حركتها الدائمة إلى توليد قوى تؤثر في سطح الأرض في مناطق الحدود بين الصفائح، وفي بعض الحدود تكون هذه القوى كبيرة لدرجة تؤدي إلى تكون الجبال.

وفي مناطق حدود أخرى تتكون حفر انهدام ضخمة ذات نشاطات بركانية. وفي مناطق حدود ثالثة تتكون صدوع ضخمة. والصدوع كسور كبيرة في الصخور بفعل حركتها. هذه الحركة يمكنها أن تسبب حدوث الزلازل. يوضح الشكل ٥ أنواع الحركات المختلفة للصفائح.

الصفائح المتباعدة تتحرك الصفائح متباعدة نتيجة قوى الشد التي تؤثر فيها في اتجاهين متعاكسين. يوضح الشكل ٦ ما يحدث عندما تستمر قوى الشد في مباعدة صفيحتين إحداهما عن الأخرى. ومن نتائج التباعد تكون قشرة جديدة في الفجوات الناتجة عن الحركة. ومع استمرار التباعد على هذه الحدود تتكون فجوات جديدة تمتلئ تدريجياً بالصحارة المندفعة من الستار، ومع الزمن تبرد الصحارة المتكونة في الفجوات لتكون قشرة جديدة.

الشكل ٥ صفائح الأرض يمكن أن تتقارب أو تتباعد، أو تتحرك متحاذاة.

الصفائح المتباعدة: عندما تتباعد الصفائح تتكون قشرة جديدة تملأ الفراغ بينها. وتكون القشرة الجديدة أقل كثافة من الصخور المحيطة لذلك تكون في الغالب ظهراً مرتفعاً.



الصفائح المتحركة جانبياً (الانزلاقية): عندما تتحرك الصفائح متحاذاة تسبب في وقوع الزلازل التي تستمد قدرتها التدميرية من التحرير المفاجئ للطاقة المخزنة في منطقة الحدود.



الصفائح المتقاربة: عندما تتقارب الصفائح تؤدي القوى الناتجة إلى تكوين جبال مثل جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية.



الوديان الخسفية

الشكل ٦



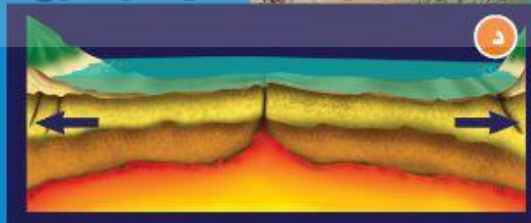
تندفع الصحارة أثناء حركتها من
القشرة الأرضية إلى أعلى مسببة
تشققات في أجزائها الصلبة.



مع تباعد أجزاء القشرة بعضها عن
بعض، تنزلق الواح صخرية كبيرة إلى
أسفل مكونة نطاق انهدام.



مع زيادة التباعد والتوسع يتكون بحر
صيق أو بحيرة



في النهاية يتكون حوض محيط، ويظهر محيط

عندما تتباعد صفيحتان قاربتان
تتكون وديان خسفية. وإذا
استمر التباعد واتصل الحوض
الخسفي بشاطئ بحر فإن المياه
تندفق إلى الحوض الخسفي.

تندفع الصحارة في مناطق
التكسر والضعف في قاع
الحوض الخسفي، ومع مرور
الزمن يتوسع الفراغ المتكون بين
الجزأين المتباعدين مكونًا محيطًا
يتوسع باستمرار، ويمكن رؤية
المراحل الأربع لهذه العملية في
الشكل المرفق هنا.

يمتد الانهدام العظيم في شرق
إفريقيا مسافة ٥٦٠٠ كم بشكل
مواز لساحل إفريقيا الشرقي،
ويمثل هذا الانهدام المرحلة
الثانية من مراحل تكون المحيط
الأربع، وإذا استمرت عمليات
الحسف في الانهدام الإفريقي
فإن الجزء الشرقي من إفريقيا
سينفصل في النهاية عن اليابسة
الرئيسية.





تقارب قاري-قاري تتميز الصفيحتان القاريتان بتساوي كثافتهما وهي أقل من كثافة صخور الستار الواقعة أسفلها. نتيجة لذلك تنطوي الصخور وتلتوي مكونة سلاسل جبلية مثل الهملايا.

تقارب محيطي-محيطي تقارب صفيحتين محيطيتين يسبب غطس الصفيحة الأعلى كثافة مكونة أخاديد عميقة في أماكن التقاء الصفائح، فتندفق اللابة بجانب الأخاديد وتتكون جزر.

تقارب محيطي-قاري عندما تصطدم صفيحة محيطية مع صفيحة قارية فإن الصفيحة المحيطية الأكثر كثافة تنزلق أسفل الصفيحة القارية مكونة البراكين.

تحدث عملية تباعد الصفائح وتكون القشرة الجديدة أسفل المحيط في أماكن معينة منه. ومع تكون القشرة المحيطية الجديدة وتحركها مبتعدة عن وسط المحيط، تبرد وتزداد كثافتها.

الشكل ٧ هناك ثلاثة أنواع من الحدود المتقاربة.

الصفائح المتقاربة عندما تتحرك الصفائح المتقاربة وتتصادم مع بعضها البعض تسمى حدودًا تصادمية وتنشأ عن ذلك عدد من الظواهر، كما ترى في الشكل ٧. وتعتمد نتيجة الاصطدام على كثافة كل من الصفيحتين المتقاربتين. وفي العادة تكون القشرة المكونة لقاع المحيط أو القشرة المحيطية أكثر كثافة من القشرة القارية المكونة للقارات.

فإذا تصادمت صفيحتان قاريتان وكانت كثافتهما متساويتين وأقل من كثافة الستار الموجود تحت الصفائح، أدى هذا التصادم إلى اندفاع القشرة إلى أعلى وتحديدها. كما ينتج عن تصادم الصخور بهذا الشكل قوى ضغط تؤدي إلى طي الصخور في كلتا الصفيحتين وينتج عن ذلك تكوّن جبال.

في بعض الأحيان يكون الطي شديدًا لدرجة أن الطبقات ينشئ بعضها فوق بعض تمامًا وتقلب. ومع تعرض طبقات الصخور إلى الطي والكسر فإنها تندفع إلى أعلى مكونة الجبال. إن أعلى سلاسل جبلية في العالم، وهي الهملايا في قارة آسيا، لا تزال قممها ترتفع إلى أعلى نتيجة تصادم صفيحتين قاريتين معًا.

الشكل ٨ عندما تتحرك صفيحتان متحاذيتين بمحاذاة الأخرى فإن إحداهما تحتك بالأخرى، وتنشأ بينهما قوى قص، وينتج عن ذلك حركة مفاجئة تؤدي إلى حدوث الزلازل وتكون الصدوع.



تجربة

نمذجة الشد والتضاغط

الخطوات

١. أحضر قطعتين (إصبعين) حلويات طرية ومتماسكة ومرنة.
٢. أمسك إحدى القطعتين من طرفيها، ثم قم بالضغط عليها بكلتا يديك.
٣. سجل ملاحظاتك في دفتر العلوم.
٤. أمسك بالقطعة الأخرى وقم بسحبها بلطف من كلا الجانبين.
٥. سجل مشاهداتك في دفتر العلوم.

التحليل

١. في أي قطعة أحدثت شداً، وفي أيهما أحدثت تضاغطاً؟
٢. اشرح كيف ينطبق ذلك على حدود الصفائح؟



غوص الصفائح عندما تقترب صفيحة محيطية مع صفيحة محيطية أو قارية، فإن الصفيحة الأكثر كثافة تنثني إلى أسفل الصفيحة الأخرى، تسمى هذه العملية **غوص الصفائح**. وعندما تنثني الصفيحة فإنها تغطس في الستار. ونتيجة لذلك لا تستمر القشرة الأرضية في النمو. ومع تكون قشرة جديدة في مناطق الانهدام (التباعد)، تغطس مادة القشرة القديمة بدورها في الستار عند مناطق غوص الصفائح.

الصفائح التي تتحرك متحاذية إضافة إلى تحرك الصفائح متباعدة ومتقاربة يمكنها أن تتحرك متحاذية. فيمكن مثلاً أن تتحرك صفيحة نحو الشمال بينما تتحرك الصفيحة المجاورة لها نحو الجنوب. في هذه الحالة تسمى الحدود بين الصفيحتين حدوداً تحويلية. وعندما تؤثر قوتان متوازيتان في اتجاهين متعاكسين في كلتا الصفيحتين ينشأ عن ذلك ما يسمى قوى القص التي تسبب في تكوين زلازل وصدوع في منطقة التماس بين الصفيحتين كما في الشكل ٨. قال تعالى: ﴿وَالسَّيِّئَاتِ أَكْثَرُ﴾ (١١) **وَالْأَرْضِ ذَاتِ الصَّنِيعِ** (١٢) الطارق. ومن الأمثلة على الحدود التحويلية منطقة البحر الميت.

لماذا تتحرك الصفائح؟

من خلال ملاحظتك للصفائح المبيّنة على خرائط الأرض كما في الشكلين ٤، ٥ ترى أنها كبيرة. ولتحريك شيء كبير بهذا الحجم يتطلب الأمر كمية هائلة من الطاقة.

نتج الشد عند سحب قطعة الحلوى للخارج ونتج

الضغط عندما دفعت قطعة الحلوى نحو بعضها بعضاً

يتم الحصول على الضغط عندما تتحرك الصفائح نحو

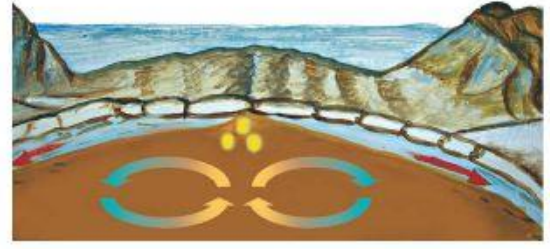
بعضها بعضاً ويتم الحصول على التوتر عندما تتحرك

الصفائح مبتعدة عن بعضها بعضاً

بوصفها جزءاً من الحركة الدورانية لمادة الستار.

الشكل ٩ تتضافر تيارات الحمل وقوة الدفع وقوة السحب لتحريك الصفائح.

التسخين غير المنتظم للستار يسبب تيارات الحمل.



يحدث الدفع مرتفعات في أماكن في وسط المحيط.



تؤدي تيارات الحمل الهابطة إلى سحب الصفائح المحيطية الغاطسة إلى أسفل.

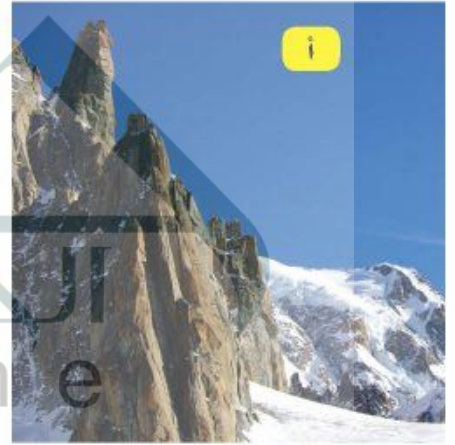
تكون الجبال

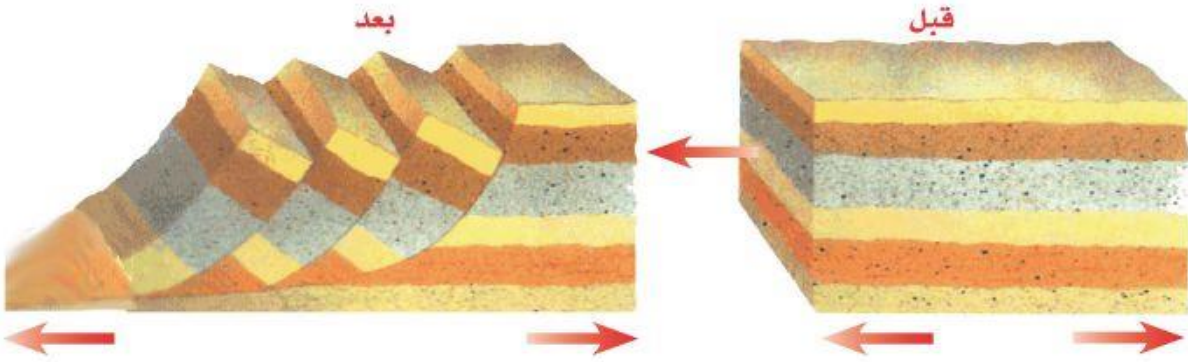
من أفضل الرحلات التي يرغب فيها معظم الناس الرحلة إلى الجبال؛ حيث توفر قممها المرتفعة مشاهد جميلة. وأعلى قمة جبلية على الأرض هي قمة إفرست في جبال الهمالايا في هضبة التبت، والتي يبلغ ارتفاعها أكثر من ٨٨٠٠ متر فوق سطح البحر. أما في المملكة العربية السعودية فيزيد ارتفاع قمة جبل السودة على ٣٠٠٠ متر. ويوجد على الأرض أربعة أنواع من الجبال هي: الكتل الصدعية، والمطوية، والناهضة، والبركانية، وكل نوع يتكون بطريقة مختلفة ويكون جبالاً تختلف في الحجم.

عمر الجبل يمكن أن تكون الجبال وعرة ذات قمم عالية مكسوة بالثلج، أو تكون مستديرة مكسوة بالغابات وتحوي ودياناً صغيرة وجداول. وتعتمد وعورة الجبل على استمرار أو توقف عملية تكوينه. فجبال الهمالايا مثلاً ما تزال ترتفع بمقدار بضعة سنتيمترات كل سنة، بينما توقّف تكون العديد من الجبال القديمة منذ ملايين السنين، وهي الآن في طور التآكل بسبب تعرضها للتحلل بالعوامل الجيولوجية، انظر الشكل ١٠.

جبال الكتل المتصدعة أول أنواع الجبال التي ستدرسها هي الجبال التي تتكون نتيجة انزلاق الكتل المتصدعة. تذكر أن قوى الشد تتولد في منطقة حدود الصفائح المتباعدة وتؤدي إلى تكون صدوع وحفر انهدام. تتكون **جبال الكتل المتصدعة** من كتل صخرية ضخمة مثنية ومنفصلة عن الصخور المجاورة بصدوع. وعند تعرضها لقوى شد من جهتين متقابلتين تنزلق كتل كبيرة إلى أسفل مكونة قمماً وودياناً، انظر الشكل ١١. ومن أمثلتها جبال سييرا نيفادا في ولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية.

الشكل ١٠ تتميز قمم الجبال الحديثة (١٠-أ) بكونها مرتفعة، وذات نهايات مدببة، أما الجبال القديمة (١٠-ب) فتكون قممها منبسطة قليلة الانحدار.



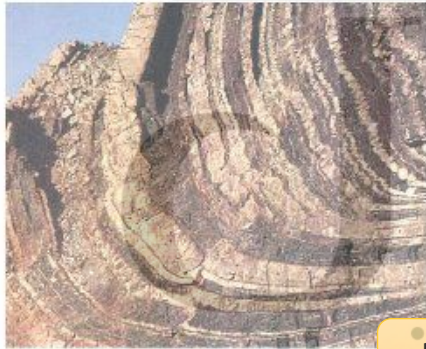


الشكل ١١ قبل تعرضها لقوى الشد تكون الصخور مستوية، وبعد تعرضها للشد تنفصل كتل كبيرة وتنزلق بشكل مائل بطريقة تنشأ عنها وديان وقمم جديدة.

نموذج لتكوين الجبال إذا أمسكت قطعة حلوى بين يديك وبدأت بسحبها من كلتا الجهتين سوف تتكون تشققات على سطحها. وبالمثل، وبطريقة نفسها عندما تتعرض الصخور لقوى شد تتكون الصدوع. وتمتاز الصخور السطحية عن الصخور في باطن الأرض بأنها هشة. لذلك عند تعرضها لقوى شد فإن كتلاً كبيرة منها تتحرك على طول الصدوع.

الآن، أمسك بقطعة مسطحة من الصلصال من طرفيها بين يديك، ثم اضغط عليها برفق إلى الداخل. ستلاحظ أن قطعة الصلصال تنثني ثم تتراكم بعضها فوق بعض. تسبب عملية مشابهة طي الصخور وثنيتها مشكلة الجبال المطوية على سطح الأرض.

الشكل ١٢ الطريق المقصودة في المنطقة كشف صخوراً مطوية.



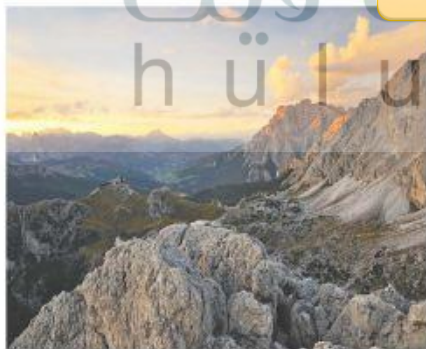
الجبال المطوية إذا سافرت على طريق يمر عبر الجبال فقد ترى طبقات الصخور المطوية التي ستذكرك بما حدث لعينة الطين عندما عرضتها للضغط، انظر الشكل ١٢. إن تأثير قوى ضغط شديدة بسبب حركة صفيحتين قاريتين إحداهما نحو الأخرى يضغط الصخور من كلا الجانبين. ويسبب ذلك طي وثنى الصخور وتشكل الجبال المطوية. فالجبال المطوية جبال تكونت نتيجة طي طبقات الصخور عند تعرضها لقوى الضغط.

الضغط

ما نوع القوى التي تسبب تكون الجبال المطوية؟

✓ ماذا قرأت؟

جبال زاغروس جبال مطوية نشأت بتأثير قوى الضغط الناجمة عن تقارب صفيحة أوراسيا والصفيحة العربية. تعد جبال زاغروس أطول سلاسل الجبال في الهضبة الإيرانية فهي تمتد عبر شمالها الغربي وتستمر في العراق.



الشكل ١٣ جبال الروكي الجنوبية أحد الأمثلة على الجبال الناهضة.

الجبال الناهضة تعد جبال الروكي الجنوبية في كولورادو والمكسيك مثلاً على هذا النوع من الجبال الشكل ١٣. تتكون الجبال الناهضة عندما تعمل قوة من باطن الأرض على دفع القشرة إلى أعلى. ومع الزمن يتم تعرية طبقات الصخور الرسوبية فتكشف الصخور النارية والمتحولة التي تقع أسفلها. وبدورها تتعرض الصخور النارية والمتحولة للتعرية مكونة قمماً ومرتفعات حادة.

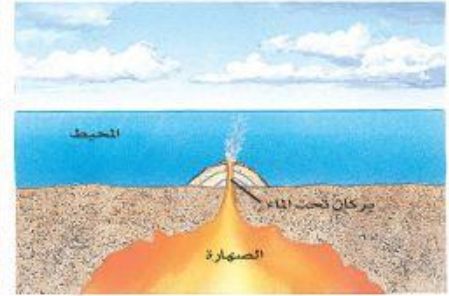
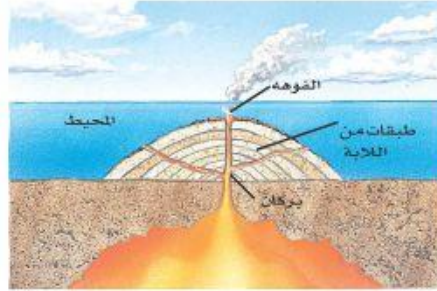
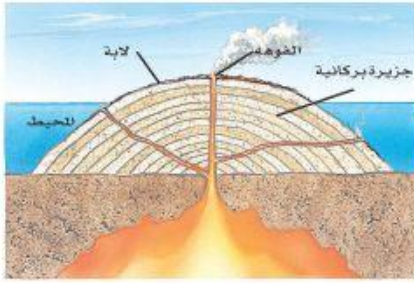
الجبال البركانية عندما تتدفق اللابة منصهرة ساخنة على سطح الأرض تتكون **الجبال البركانية**. ومع مرور الزمن يؤدي تراكم طبقات اللابة إلى تكوّن شكل مخروطي يسمى الجبل البركاني، انظر الشكل ١٤. ويعد الجبل الأبيض في المملكة العربية السعودية مثالاً على هذا النوع من الجبال، حيث تمثل قمته أحدث الفوهات البركانية في منطقة خيبر.

وتتكون بعض الجبال البركانية عندما تغطس صفيحة محيطية داخل الستار في مناطق الغوص أسفل صفيحة أخرى، فتتصهر مكونة صهارة كثافتها أقل من الصخور المجاورة لها فترتفع الصهارة ببطء حتى تصل إلى سطح الأرض. وتتدفق اللابة والرماد على السطح، وتتراكم لتكوّن الجبال البركانية.

الشكل ١٤ تتشكل الجبال البركانية من تراكم اللابة والرماد البركاني عبر الزمن.

الجبال البركانية تحت البحار علمت سابقاً أن الجبال البركانية تتكون على اليابسة، لكن هل تعلم أن هذه الجبال تتكون أيضاً في قاع المحيط؟





الشكل ١٥ جزر هاواي سلسلة من الجبال البركانية، تكونت وامتدت من سطح المحيط الهادي. حيث بدأت بتدفق اللاية على قاع المحيط ومع مرور الوقت زاد حجم الجبل البركاني، وارتفع فوق سطح الماء.

يشكل ثوران البراكين تحت الماء جبلاً في قاع البحار. وفي النهاية، إذا تدفقت كمية كافية من اللاية، فإن هذه الجبال تنمو لتصل إلى سطح البحر. فجزر هاواي مثلاً هي قمم جبال بركانية ضخمة تمتد فوق سطح مياه المحيط الهادي. **الشكل ١٥**

جبال

ماذا قرأت؟

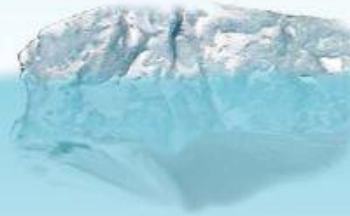
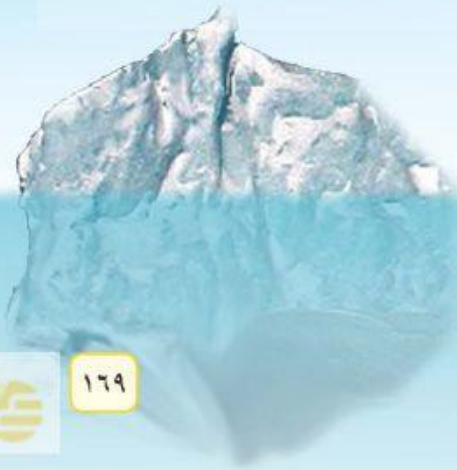
أي أنواع الجبال تكون جزر هاواي؟

أنواع أخرى من الرفع

درست سابقاً منشأ قوى الضغط التي تسبب ثني صخور القشرة أثناء عمليات بناء الجبال. لكن توجد قوة أخرى تعمل على إبقاء الجبال أعلى من المناطق المحيطة بها. فمثلاً إذا وضعت قطعاً خشبية مختلفة السمك في الماء، فستطفو القطع الخشبية السميكة فوق الماء أكثر من القطع الأقل سمكاً. وفي هذه الحالة تعادل (توازن) قوى الطفو في الماء قوى الجاذبية، وتتصرف الجبال الجليدية الطافية بطريقة مشابهة لما يحدث في قطعة الخشب؛ فعندما تنصهر تلك الجبال تفقد جزءاً من كتلتها فترتفع إلى أعلى في الماء. انظر الشكل ١٦.

الشكل ١٦ التوازن يجعل قشرة الأرض تنصرف بنفس طريقة الجبال الجليدية (الجليديات)، فعندما تنصهر أجزاء من الجبال الجليدية يقل وزنها فتطفو أكثر مندفعة إلى أعلى.

الجلول اون لاين
h ü l u l . o n l i n e



١٦٩

وهناك عملية توازن مشابهة في الأرض؛ بناءً عليها يطفو الغلاف الصخري للأرض فوق جزء من الستار يشبه المادة البلاستيكية ويدعى الغلاف اللدن.

لوحظ تأثير التوازن في البداية بجوار السلاسل الجبلية الكبيرة، فقد وجد أن سمك القشرة أسفل الجبال أكبر من سمكها في أي مكان آخر. وكما تستمر الجبال في الارتفاع فإن قاعدة الجبال تستمر في الهبوط ضمن الستار فيزداد سمك القشرة تحت القارات. وقد أشار الله تعالى في كتابه الكريم إلى بديع قدرته في خلق الجبال، قال تعالى: ﴿وَجَعَلْنَا فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِهِمْ وَجَعَلْنَا فِيهَا فِجَاجًا سُبُلًا لَّعَلَّهُمْ يَهْتَدُونَ﴾ (٣١) الأنبياء.

العلوم عبر المواقع الإلكترونية

الجبال البركانية

ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت للبحث عن معلومات حول الجبال البركانية.

نشاط اجمع أكبر قدر من صور الجبال البركانية. ارسم خريطة كبيرة للعالم، وضع الصور في مواقعها الصحيحة. استنتج بعض المعلومات عن الجبال البركانية وأثرها في البيئة من حولها.

سيؤدي ارتفاع القشرة الأرضية إلى طي الشواطئ، لا ترتفع الشواطئ بنفس المقدار فقد تكون الجليديات أكثر سمكاً في بعض المناطق كما يمكن أن تكون بعض مناطق القشرة أقل مرونة وبالتالي تتحرك أقل من المناطق الأخرى

تطبيق العلوم

٢. كيف يمكن أن يسبب ارتفاع القشرة الأرضية ميلان الشواطئ؟ هل تتوقع أن الشواطئ سترتفع بالمقدار نفسه؟ وضع إجابتك.



كيف تسبب الجليديات ارتفاع اليابسة؟

قبل ٢٠٠٠٠ سنة كانت أمريكا الشمالية مغطاة بصفحة ثلجية ضخمة. تُرى، كيف يؤثر الغطاء الجليدي على القشرة الأرضية؟ وماذا تتوقع أن يحدث عندما تنصهر؟

تعريف المشكلة

قبل ١٠٠ سنة، لاحظ الناس الذين سكنوا مناطق كانت فيما مضى مغطاة بالجليد وجود ظواهر معينة، منها ميلان الشواطئ القديمة التي يكون ارتفاعها أعلى في بعض المناطق وأقل في مناطق أخرى. تُرى، كيف حدث ميلان هذه الشواطئ؟

حل المشكلة

١. يدفع وزن الجليديات قشرة الأرض إلى أسفل. ماذا تتوقع أن يحدث عندما ينصهر الجليد؟

ترتد اليابسة أو تندفع إلى الأعلى بعد انصهار الجليد

اختبر نفسك

١. **وضح** كيف توفر الموجات الزلزالية معلومات عن مكونات باطن الأرض؟
٢. **اذكر** أمثلة على أماكن تحدث فيها الأنواع الثلاثة من حركة الصفائح.
٣. **صف** طبقة الأرض الداخلية الأكبر حجماً.
٤. **رتب** طبقات الأرض من الأكثر كثافة إلى الأقل كثافة.
٥. **قارن** بين اللب الداخلي واللب الخارجي، وبين قوة الدفع وقوة السحب.
٦. **استنتج** نوع الجبال التي تتكوّن نتيجة تأثير قوى الضغط على الطبقات الصخرية.
٧. **وضح** كيفية تكون الجبال الناتجة عن الكتل المتصدعة.
٨. **وضح** كيفية تكوّن البركان.
٩. **التفكير الناقد** رتب سلاسل الجبال الآتية من الأحدث إلى الأقدم: الأبالاش، الهملايا، روكي. علماً بأن جبال الهملايا هي الأكثر وعورة، وقممها أشد انحداراً، وجبال الأبالاش هي الأقل وعورة وقممها أقل انحداراً.
١٠. **خريطة المفاهيم** اعمل خريطة مفاهيم لسلسلة أحداث تصف تكوّن الجبال المطوية.

تطبيق المهارات

١٠. **خريطة المفاهيم** اعمل خريطة مفاهيم لسلسلة أحداث تصف تكوّن الجبال المطوية.

الخلاصة

دلائل على تكوّن باطن الأرض

- تم استكشاف باطن الأرض بدراسة الصخور والأمواج الزلزالية.

طبقات الأرض

- يتكوّن باطن الأرض من اللب الداخلي واللب الخارجي، والستار، والقشرة الأرضية.

حدود الصفائح

- تتحرك الصفائح إما متباعدة أو متقاربة أو متحاذية.
- تتحرك الصفائح بفعل تيارات الحمل وعوامل أخرى.

تكوّن الجبال

- تقسم الجبال إلى أربعة أنواع هي: الكتل الصدعية، والكتل المطوية، والكتل البركانية، والكتل الناهضة.
- تتميز الجبال الحديثة بعلوها ووعورتها وشدة انحدار قممها، أما الجبال القديمة فتكون أقل ارتفاعاً ووعورة.
- يمكن أن تتكون الجبال البركانية على اليابسة أو في قيعان المحيطات.

حركة صفيحتين قاريتين نحو بعضهما

تسبب

قوى ضغط شديدة تؤثر على كلا الجانبين للصخور

طي وثني الصخور

تشكل الجبال المطوية

حل الصفحة ١٧١:

ج١- إذا تغيرت قيمة سرعة الموجات الزلزالية أو مسارها فهذا يدل على اختلاف المواد التي تنتقل الأمواج عبرها

ج٢- المتقاربة في الهيمالايا - المتباعدة في الانهدام العظيم وشرق إفريقيا - الجانبية في سان أندرياس

ج٣- بعد الستار النطاق الأكبر في باطن الأرض وهو صلب لكنه يتحرك ببطء

ج٤- اللب الداخلي - اللب الخارجي - الستار - القشرة

ج٥- اللب الخارجي والداخلي كلاهما جزء من باطن الأرض

اللب الخارجي سائل والداخلي صلب

الدفع والسحب كلاهما من طرق تحريك الصفائح، قوة الدفع موجودة عند الحدود المتباعدة وقوة السحب عند الحدود المتقاربة

ج٦- جبال مطوية

ج٧- هي جبال ضخمة مطوية مفصولة بصدوع عن الصخور المجاورة

ج٨- ترغم المجما في باطن الأرض على الصعود لأعلى حتى تتدفق إلى السطح ويتكون البركان عندما تتراكم اللابة بعضها فوق بعض مشكلة شكلاً قمعياً

ج٩- ترتيب الجبال من الأحدث إلى الأقدم: الهيمالايا - روكي - الأبلاتش