رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

# 5-3

## الأهداف

- **تصف** كيف تتشكل معالم الأرض بفعل حركة الصفائح الأرضية.
- **تقارن** بين أنواع حدود الصفائح الأرضية الثلاث والمعالم المرتبطة مع كل منها.
- **توضح** العمليات الجيولوجية المصاحبة لنطاقات الطرح.
- **تلخص** كيف ترتبط حركة الصفائح مع تيارات الحمل.
- **تقارن** بين عمليتي الدفع عند ظهر المحيط والسحب للصفيحة.

## مراجعة المفردات

**ظهر المحيط:** معلم رئيس يمتد على طول قاع المحيط ويرتفع عن القاع 3 km تقريبًا، ويوجد في وسطه واد عميق.

## المفردات الجديدة

الصفيحة الأرضية
الحدود المتباعدة
حفرة الانهدام
الحدود المتقاربة
الطرح
الحدود التحويلية
الدفع عند ظهر المحيط
سحب الصفيحة

# حدود الصفائح وأسباب حركتها

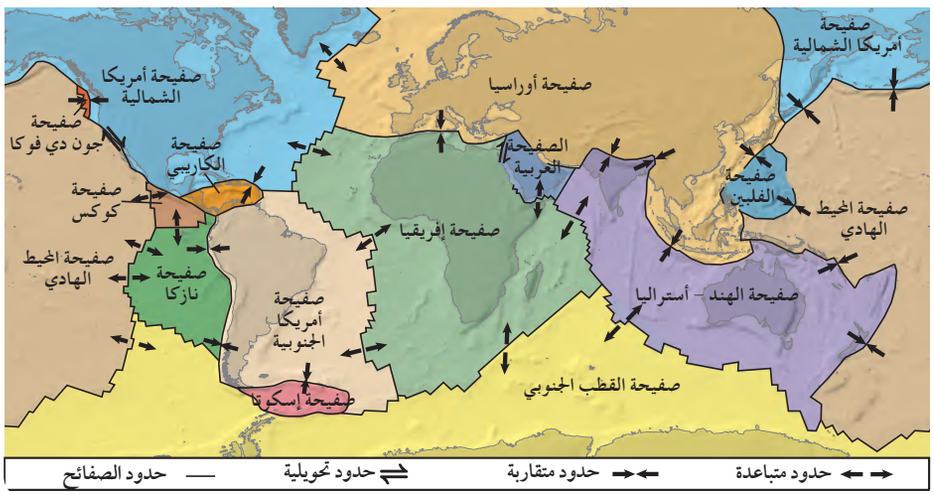
# Plate Boundaries and Causes For motion

**الفكرة الرئيسة** **تتشكل كل من البراكين والجبال والأخاديد البحرية وتحدث الزلازل بين حدود الصفائح، وتؤدي تيارات الحمل في الستار إلى حركة الصفائح الأرضية.**

**الربط مع الحياة** لو وضعت إناء من الحساء في مجمد الثلاجة وتركته فترة من الزمن فستتجمد المواد الدهنية في الحساء مكونّة طبقة صلبة، ولو أملت الإناء إلى الأمام وإلى الخلف، فستنثني هذه الطبقة وتتشقق. هذا النموذج يشبه العلاقة بين الصفائح الأرضية المختلفة.

## نظرية حركية الصفائح Theory of Plate Tectonics

يشير الدليل على توسع قاع المحيط إلى أن القشرة القارية والقشرة المحيطية تتحركان بوصفها صفائح ضخمة، يطلق عليها الجيولوجيون **الصفائح الأرضية Tectonic Plates** وهي قطع ضخمة من الغلاف الصخري الذي يتكون من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب، وتتطابق حواف بعضها مع بعض لتغطي سطح الأرض. ويوضح **الشكل 16–5** الصفائح الأرضية الرئيسة ومجموعة من الصفائح الصغيرة. وتتحرك الصفائح الأرضية حركة بطيئة جدًّا (بضعة سنتمترات في السنة). وتصف نظرية الصفائح الأرضية حركة الصفائح ومعالم سطح الأرض الناجمة عن هذه الحركة؛ حيث تتحرك الصفائح الأرضية في اتجاهات ومعدلات مختلفة بعضها بالنسبة إلى بعض، وتتفاعل معًا عند حدودها، مما يؤدي إلى تكوين معالم جيولوجية مختلفة بحسب نوع حدود الصفائح، فتقترب الصفائح الأرضية بعضها من بعض عند الحدود المتقاربة، ويبتعد بعضها عن بعض




**الشكل 16–5** تتكون الصفائح الأرضية من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب. وتتفاعل هذه الصفائح معًا عند حدودها.



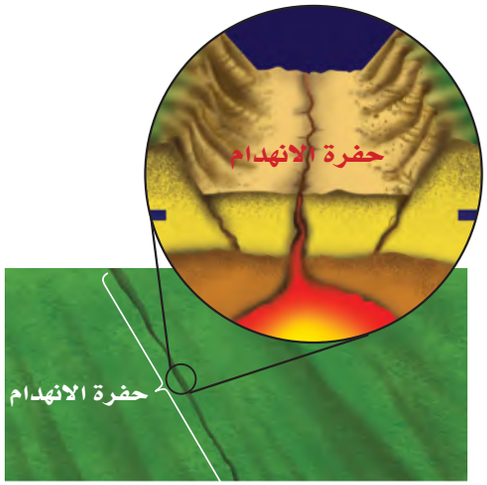
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

عنـد الحدود المتباعدة، وتتحـرك أفقيًّا متحاذية عند الحـدود التحويلية (الانزلاقية).

**الحدود متباعدة Divergent boundaries** تسمى المناطـق التي تبتعد عندها الصفائح بعضها عـن بعض **الحدود المتباعدة Divergent boundaries**. وتوجد معظم الحـدود المتباعدة على امتداد قاع المحيط في **حفر الانهدام Rift valleys** التي تقع في وسط ظهر المحيط. وهي منخفض طولي ضيـق يتكون نتيجة تباعـد الصفائح بعضها عن بعض، وتبدأ في هذا المكان عملية توسـع قاع المحيط. وتتشكل القشرة المحيطيـة الجديدة في معظم الحالات عند الحدود المتباعدة، فضلاً عـن ارتباط هذه الحدود بالـبراكين والزلازل والتدفق الحراري الأرضي المرتفع نسبيًّا.

**ماذا قـرأت؟ حدّد** السبب الذي يجعل الزلازل والبراكين ترتبط مع ظهور المحيطات.

يمكن أن تسبب عملية توسع قاع المحيط عبر ملايين السنين زيادة عرض القاع على نطاق واسع. وعلى الرغم من أن معظم الحدود المتباعدة تشكل ظهور المحيطات في قيعان المحيطات، إلا أن بعضها يتشكل في القارات. فعندما تبدأ القشرة القارية في الانفصال إلى أجزاء طولية تتشـكل حفرة الانهدام، ويوضح **الشـكل 17–5** حفرة الانهدام العظيم التي تتشكل حاليًّا في شرق إفريقيا، وقد تتطور في النهاية إلى حوض محيطي جديد.




تكون الزلازل والبراكين بسبب عملية توسع قاع المحيط وبسبب حركة الصهارة في موقع قريب في قشرة المحيط.

**الحدود المتباعدة**

**الشـكل 17–5** الحدود المتباعـدة هي الأماكن التي يحدث عندهـا انفصـال الصفائح؛ ويعـد ظهور المحيطات في قاع المحيط وحفر الانهدام في القارات - ومنها حفـرة الانهدام العظيـم في شرق إفريقيا- مثالاً على حدود التباعد.

## تجربة

### عمل نموذج لتشكُّل قاع المحيط

**كيـف أدت الحـدود المتباعـدة إلى تشـكل جنـوب المحيط الأطلسي؟** أدت حدود التباعد قبل 150 مليون سنة إلى انقسـام قارة كانت موجودة سابقًا، ومع مرور الوقت أضيفت قشرة جديدة على طول الحدود المتباعدة، وزاد الاتساع بين إفريقيا وأمريكا الجنوبية.

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اسـتعمل **خريطة العالم** لإنشاء **نموذجين ورقيين** لقارتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا.
3. ضع نموذجـي القارتين في وسـط **ورقة كبيرة**، وطابقهما معًا على طول سواحلهما الأطلسية.
4. خطـط بدقة حـول النموذجين باسـتعمال **قلم الرصاص**، وارسـم شـكل القارتـين، ثم أزل النموذجين واكتب تحتهما 150 مليون سنة.
5. ارسم خريطتين تبين إحداهما مرحلة تطور المحيط الأطلسي قبل 150 مليون سـنة، والأخرى تمثله في الوقـت الحالي. على أن يكون متوسـط معدل التوسع 4 cm /y وبمقياس رسم 1 cm = 500 km.

### التحليل

1. **قارن** الخريطة التي رسمتها لتمثل المرحلة الأخيرة بخريطة العالم الحالية. هل عرض جنوب المحيط الأطلسي في الخريطتين هو نفسه؟
2. **تأمل** إلام تعود الفروق بين العرض الفعلي لجنوب المحيط الأطلسي الحالي وعرضه وفق نموذجك؟

جواب 1: من المحتمل أن يكونا غير متساويين تماماً.

جواب 2: قد تتنوع الإجابات الجواب الصحيح: معدل توسع قاع المحيط ليس ثابتاً.

البازلت

الجرانيت

**الشكل 18–5** تتكون معظم القشرة المحيطية من البازلت. وتتكون معظم القشرة القارية من الجرانيت مع وجود طبقة رقيقة نسبيًّا من الصخور الرسوبية، وكلتاهما أقل كثافة من البازلت.

**الحدود متقاربة Convergent boundaries** تقترب الصفائح بعضها من بعض عند **الحدود المتقاربة Convergent boundaries**. فعندما تصطدم صفيحتان معًا فإن الصفيحة الأكبر كثافة تغوص تحت الأقل كثافة. وتُسمى هذه العملية **الطرح Subduction**. وتتكون القشرة المحيطية من معادن غنية بالحديد والماغنسيوم تكوّن الصخور البازلتية، وهي صخور داكنة ذات كثافة كبيرة نسبيًّا، انظر **الشكل 18–5**. أما القشرة القارية فيتكون معظمها من الصخور الجرانيتية، وهي صخور فاتحة اللون وقليلة الكثافة نسبيًّا وتتكون من معادن الفلسبار، انظر **الشكل 18–5**. ويؤثر اختلاف كثافة القشرة في كيفية حدوث عملية التقارب. وبناءً على ذلك، توجد ثلاثة أنواع من الحدود المتقاربة، انظر **الجدول 1–5**، ولاحظ أيضًا التضاريس المصاحبة لكل نوع منها.

**تقارب محيطي-محيطي Oceanic–oceanic** تحدث عملية الطرح في التقارب المحيطي – المحيطي عندما تقترب صفيحة محيطية من صفيحة محيطية أخرى، وتغوص الصفيحة الأكبر كثافة نتيجة للتبريد تحت الصفيحة الأخرى، وتؤدي هذه العملية إلى تشكيل الأخدود البحري، وعندما تهبط الصفيحة الغاطسة في الستار يحدث لها انصهار جزئي؛ حيث يعمل الماء الموجود في الصفيحة على خفض درجة الانصهار، فتنصهر الصفيحة انصهارًا جزئيًّا على أعماق قليلة، وتكون الصهارة الناتجة أقل كثافة من الصخور المحيطة بها، فترتفع إلى أعلى في اتجاه السطح، وتثور مشكِّلةً قوسًا من الجزر البركانية يوازي الأخاديد البحرية. ومن ذلك أخدود وأقواس جزر ماريانا في غرب المحيط الهادي، وأخدود وأقواس جزر ألوشيان في شمال المحيط الهادي.

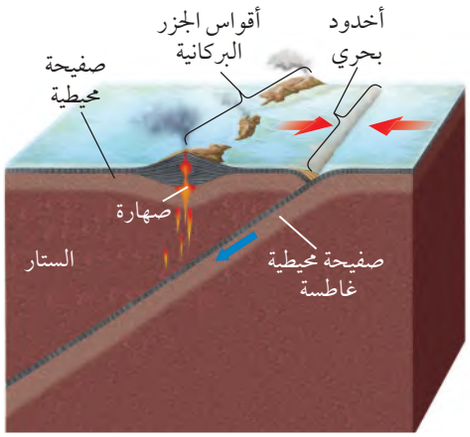
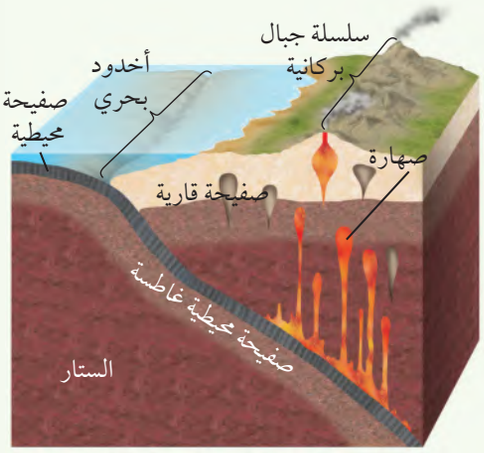
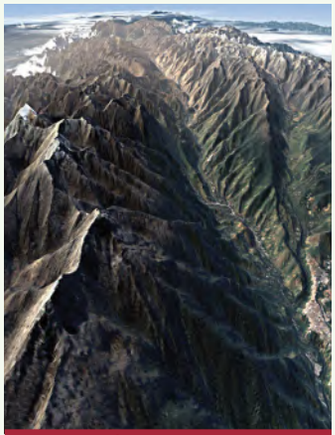
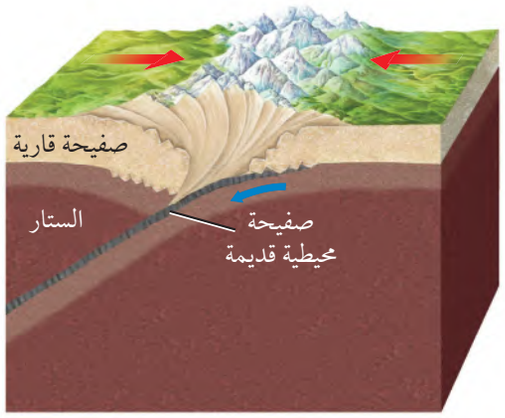
**تقارب محيطي-قاري Oceanic–continental** تحدث عملية الطرح أيضًا في حالة تقارب محيطي-قاري. حيث تُطرح القشرة المحيطية؛ لأن كثافتها أكبر من الصفيحة القارية، كما ينجم عن هذا النوع من التقارب أخدود بحري وقوس بركاني يتشكل على شكل سلسلة من البراكين تمتد على طول حافة الصفيحة القارية. ومن المعالم المرتبطة مع هذا النوع من التقارب كل من سلسلة جبال الأنديز وأخدود بيرو-تشيلي اللذين يمتدان على جانبي ساحل أمريكا الجنوبية.

**تقارب قاري-قاري Continental–continental** يتشكل النوع الثالث من الحدود المتقاربة عندما تصطدم صفيحة قارية بصفيحة قارية أخرى، وتحدث بعد فترة طويلة من انتهاء مرحلة طرح صفيحة محيطية أسفل صفيحة قارية. تذكّر أنه لا توجد في الغالب صفيحة قارية إلا ومعها جزء محيطي، لذا فإنه مع طرح هذا الجزء كاملاً في الستار، وبعد مرور فترة من الزمن، فإنه يجر وراءه القارة الملتصقة به إلى نطاق الطرح، فتصطدم الصفيحتان القاريتان معًا بدلاً من غوصهما في الستار بسبب انخفاض كثافتيهما، مما يؤدي إلى ارتفاع الصخور وطيها في منطقة التصادم، وتتشكل سلسلة جبلية ضخمة على طول منطقة التصادم، مثل جبال الهملايا.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

**الجدول 1–5** ملخص أنواع الحدود المتقاربة

| نوع الحد التقاربي | مثال على منطقة تأثرت بالحدود المتقاربة | مثال على التضاريس |
|---|---|---|
| **تقارب محيطي ـ محيطي**<br>  | <br>جزر ألوشيان | <br>جزيرة شاجولاك في ألاسكا |
| **تقارب محيطي ـ قاري**<br>  |  <br>سلسلة جبال الأنديز | <br>بركان أزورنو في تشيلي |
| **تقارب قاري ـ قاري**<br>  | <br>سلسلة جبال الهملايا | <br>قمة أما ـ دبلان في نيبال |


وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

**الحدود تحويلية (جانبية) Transform boundaries** تسمى المنطقة التي تتحرك عندها صفيحتان أفقيًّا إحداهما بجانب الأخرى **الحدود التحويلية Transform boundaries**، كما في **الشكل 19–5**، وتمتاز بأنها تحدث على صدوع طويلة قد يمتد بعضها مئات الكيلومترات، كما تمتاز بحدوث زلازل ضحلة على طولها، وسميت هذه الحدود التحويلية؛ لأن اتجاه الحركة النسبي والسرعة يختلفان على طولها من جانب إلى آخر. تذكر أن القشرة الجديدة تتشكل عند الحدود المتباعدة وتستهلك عند الحدود المتقاربة، أما عند الحدود التحويلية فلا تتكون قشرة جديدة ولا تستهلك، بل تتشوه أو تتكسر على طولها إلى حد ما.

توجد معظم الحدود التحويلية في قاع المحيط؛ حيث تؤدي إلى إزاحة قِطع ظهور المحيطات جانبيًّا، كما ستلاحظ في مختبر حل المشكلات الآتي، ولكن في بعض الحالات تحدث الصدوع التحويلية على القارات.

ومن الأمثلة المعروفة صدع البحر الميت التحويلي، وصدع سان أندرياس في ولاية كاليفورنيا غرب الولايات المتحدة الأمريكية. ويُحدث هذان الصدعان العديد من الزلازل الضحلة، فمعظم الزلازل التي تضرب كاليفورنيا في كل عام تُعزى إلى صدع سان أندرياس. كما يعد صدع البحر الميت التحويلي السبب الرئيس في نشوء الزلازل التي تحدث في الأردن وفلسطين.

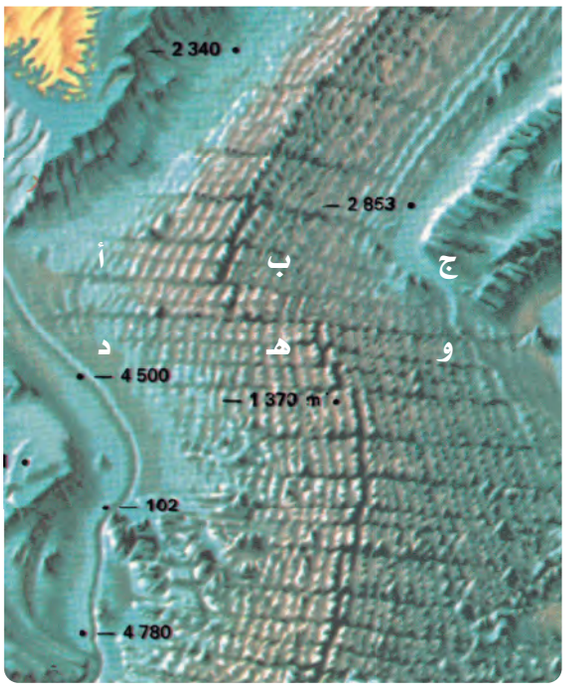
**المطويات**

ضَمّن معلومات هذا الدرس في المطوية الخاصة بك.

## مختبر حل المشكلات

**تفسير الرسم**

**كيف تتحوّل حركة الصفيحة الأرضية على طول الحدود التحويلية؟** يوضح الشكل المجاور الجزء الشمالي من ظهر المحيط الأطلسي الذي يفصل بين قارتي أمريكا الشمالية وأوروبا. انسخ الشكل في دفترك، ثم نفذ الخطوات الآتية:




### التحليل

1. **ارسم** أسهمًا على نسختك، مبينًا الحركة النسبية لقشرة المحيط في المواقع: أ ب ج د هـ و.
2. **قارن** اتجاه الحركة في المواقع الآتية: أ مع د، ب مع هـ، ج مع و.

### التفكير الناقد

3. **ميّز** أي المواقع الثلاثة يقع على صفيحة أمريكا الشمالية؟
4. **استنتج** الحد الفاصل بين أمريكا الشمالية وأوروبا الذي يقع في نطاق الكسر.
5. **حدّد** أقدم موقعين في القشرة المحيطية من النقاط الست.

**جواب 1:** ينبغي أن تشير الأسهم إلى أن قاع المحيط يتحرك في اتجاهين متعاكسين على جانبي ظهر المحيط.

**جواب 2:** تكون الحركة في الاتجاه نفسه بين (أ، د) وفي اتجاهين متعاكسين بين (ب، هـ) وفي الاتجاه نفسه بين (ج، و).

**جواب 3:** أ، (و) د، (و) هـ.

**جواب 4:** يعد ظهر المحيط حداً صفائحيّاً بين صفيحتين.

**جواب 5:** ج، (و) د.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

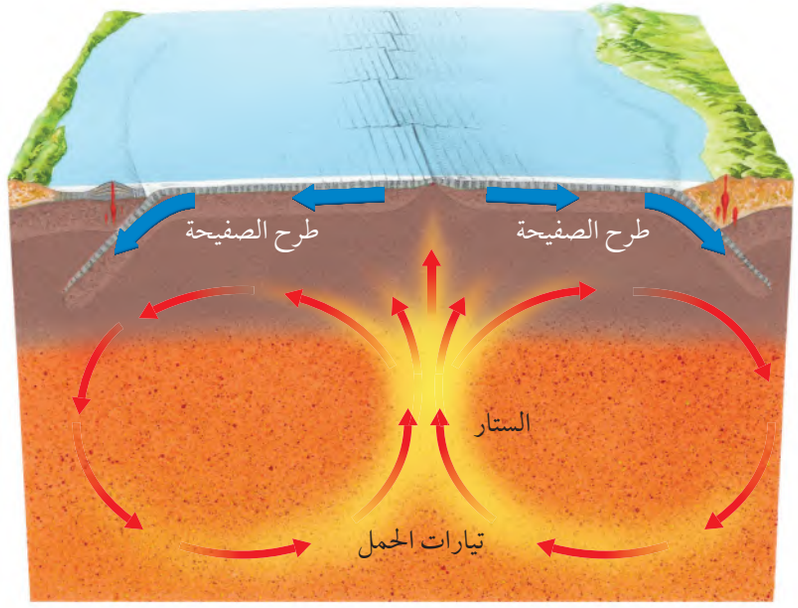
**الشكل 19–5** تتحرك الصفيحتان أفقيًّا متحاذيتين على طول الحدود التحويلية. الانثناء في السكة الحديدية ناتج عن حركة الصدع التحويلي.

## أسباب حركة الصفائح Causes of Plate Motions

وضع العلماء الكثير من الفرضيات لتفسير أسباب حركة الصفائح. ومن هذه الفرضيات:

**تيارات الحمل Convection Currents** يعتقد العلماء أن تيارات الحمل في الستار هي المسؤولة عن تحريك الصفائح. انظر **الشكل 20–5**، وتحدث تيارات الحمل على النحو الآتي: نتيجة لتسخين مناطق معينة في الستار تقل كثافة المواد المكونة لها فترتفع إلى أعلى وتحل محلها مواد من الستار باردة نسبيًّا وأكبر كثافة، وتأتي من أسفل الصفائح الأرضية، حيث تغوص ببطء إلى أسفل.

تؤدي تيارات الحمل المستمرة في الستار – من هبوط المادة الباردة وارتفاع المادة الساخنة – إلى نقل الطاقة الحرارية من المناطق الساخنة في باطن الأرض إلى المناطق الباردة في الأعلى.




**الشكل 20–5** تؤدي تيارات الحمل التي تنشأ في الستار إلى حركة الغلاف الصخري (القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب)، وتنقل الطاقة الحرارية من باطن الأرض إلى سطحها الخارجي.


وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وعلى الرغم من أن تيارات الحمل في الستار تيارات ضخمة قد تمتد آلاف الكيلومترات، إلا أنها تتدفق بمعدلات تصل إلى بضعة سنتمترات في السنة، ويعتقد العلماء أن هذه التيارات تبدأ الحركة بسبب سحب الصفيحة الغاطسة إلى أسفل في الستار.

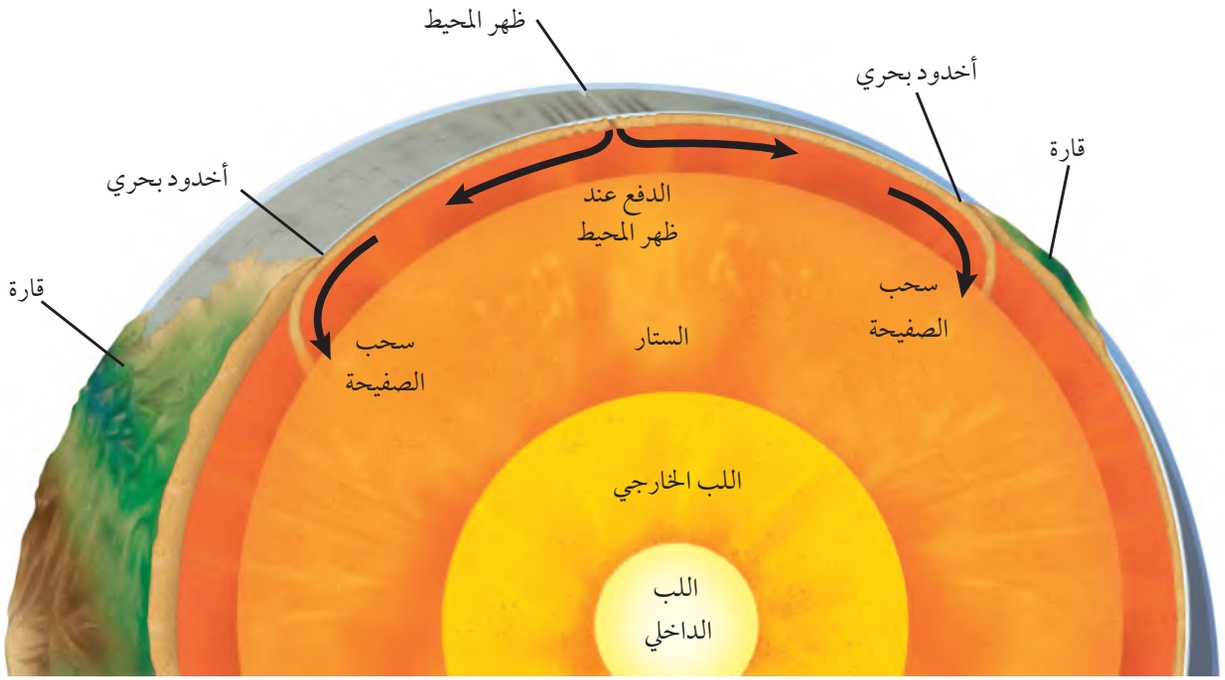
قد تتنوع الإجابات ينتج الحمل الحراري بفعل غوص المادة الأكثر كثافة لتحل محل المادة الأقل كثافة غير أن الجيولوجيين غير متفقين تماماً حول مصدر القوة الدافعة في الستار.

**ماذا قرأت؟ ناقش** ما الذي يؤدي إلى تدفق تيارات الحمل: ارتفاع المواد الساخنة إلى أعلى أم هبوط المواد الباردة إلى أسفل؟

كيف ترتبط حركات الصفائح الأرضية المتقاربة والمتباعدة مع تيارات الحمل في الستار؟ تنتشر المواد الصاعدة إلى أعلى في تيارات الحمل لدى وصولها إلى الصفيحة الأرضية، لذا ينجم عنها قوى رأسية وجانبية، مما يؤدي إلى رفع الغلاف الصخري وتشققه عند الحدود المتباعدة، فترتفع المواد المصهورة من الستار لتملأ التشققات هناك، ثم تتصلب مكوّنة قشرة محيطية جديدة.

أما الجزء الهابط من تيار الحمل فيحدث عند الحدود المتقاربة؛ إذ تؤثر هذه التيارات بقوة سحب تسبب غوص الصفائح الأرضية إلى أسفل في الستار.

**الدفع والسحب Push and Pull** يفترض العلماء وجود عمليات عدة تحدد كيف تؤثر تيارات الحمل في حركة الصفائح الأرضية. لاحظ **الشكل 21–5**، وأن القشرة المحيطية القديمة نسبيًّا تبرد كلما ابتعدت عن الحدود المتباعدة في مناطق ظهر المحيط، وتصبح أكثر كثافة مقارنة بالقشرة المحيطية الحديثة الأقل كثافة، فتهبط مكونة الجوانب المنحدرة لظهر المحيط، ونتيجة لزيادة وزن الجزء المرتفع والمنحدر




**الشكل 21–5** الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة عمليتان تؤديان إلى تحريك الصفائح الأرضية.

**جواب 1:**

عندما تصطدم الصفائح بعضها ببعض عند الحدود المتقاربة يتكون العديد من المعالم الجيولوجية ومنها: الجبال والبراكين وأقواس الجزر، أما عندما ينفصل بعضها عن بعض عند الحدود المتباعدة فتكون ظهور المحيطات وحفر الانهدام وقشرة محيطية جديدة.

**جواب 2:**

قبل حدوث عملية تصادم صفيحتين قاريتين عادة ما تكون إحدى الصفيحتين القاريتين مرتبطة مع الصفيحة المحيطية وبعد طرح الصفيحة المحيطية كلها تصطدم الصفيحة القارية المرتبطة معها بصفيحة قارية أخرى ولأن كلتا الصفيحتين لا تطرحان فإن الطيّات والتجعدات تتشكل في منطقة التصادم وترتفع إلى أعلى مكونة سلاسل جبلية ضخمة.

**جواب 3:**

- تقارب محيطي - محيطي: أخاديد بحرية وأقواس جزر بركانية.
- تقارب محيطي - قاري: أخاديد بحرية سلسلة من الجبال البركانية على اليابسة.
- تقارب قاري - قاري: سلسلة من الجبال الضخمة شديدة الطي.

**جواب 4:**

عند مناطق ظهور المحيطات.

**جواب 5:**

تسبب تيارات الحمل حركة الصفيحة بعيداً عن ظهر المحيط ومع استمرار حركة هذه الصفيحة تلتقي بصفائح أخرى في الجانب الآخر فإما أن تطرح أسفل صفيحة قارية أو أسفل صفيحة محيطية أخرى أو أن تُطرح صفيحة محيطية أخرى أسفل منها.

**جواب 6:**

ينبغي أن يبين النموذج أن قوى الدفع تكون عند ظهر المحيط وقوى السحب عند نطاقات الطرح.

**جواب 7:**

يجب أن تجتمع إجابات الطلاب حول ما يعرفونه عن حركات الصفائح وما يحدث لها إجابات محتملة تختفي صفيحة نازكا أسفل صفيحة أمريكا الجنوبية ويزداد عرض المحيط الأطلسي بين صفيحتي أوراسيا وأمريكا الشمالية ويتوسع المحيط بين القارة المتجمدة الجنوبية وصفيحة المحيط الهادي.

**جواب 8:**

تتشكل القشرة الجديدة عند الحدود المتباعدة وتستهلك عند الحدود المتقاربة أما عند الحدود التحويلية فلا تتكون قشرة جديدة ولا تستهلك بل تتشوه أو تتكسر على طولها إلى حد ما.

**جواب 9:**

هذه الجملة غير صحيحة فتيارات الحمل تحرك جميع الصفائح على سطح الأرض.

**جواب 10:**

لأن تيارات الحمل تحرك جميع الصفائح على سطح الأرض فتسبب تغير المواقع النسبية للصفائح التي تتضمن قشرة قارية.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. **صف** كيف تتشكل معالم الأرض الرئيسة بفعل حركة الصفائح الأرضية وعلاقتها بتيارات الحمل في الستار.
2. **لخّص** عمليات تقارب الصفائح الأرضية التي شكّلت جبال الهملايا.
3. **اعمل** قائمة بالمعالم الجيولوجية المرافقة لكل نوع من حدود الصفائح المتقاربة.
4. **حدّد** المعلم الجيولوجي الذي يوجد به معظم الحدود التحويلية.
5. **أكّد** على العلاقات بين كل من تيارات الحمل ومناطق ظهور المحيطات ونطاقات الطرح.
6. **صمم نموذجاً يوضح العمليات الحركية لكل من** الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة.

### التفكير الناقد

7. **اختر** أنواع حدود الصفائح الثلاث التي في الشكل 16-5، وتوقع ما يحدث عند كل حد منها بعد مرور فترة من الزمن.
8. **صف** كيف تتحرك قطعتان لقشرة محيطية جديدة بين جزأين من ظهر المحيط تم إزاحتهما بصدوع التحويل؟
9. **قوّم** الجملة الآتية: تحرك تيارات الحمل القشرة المحيطية فقط.
10. **لخّص** كيف تُعَد تيارات الحمل مسؤولة عن ترتيب القارات على سطح الأرض؟

### الكتابة في الجيولوجيا

11. اكتب تقريرًا إخباريًّا حول تأثر البحر الأحمر بحركة الصفائح الأرضية.