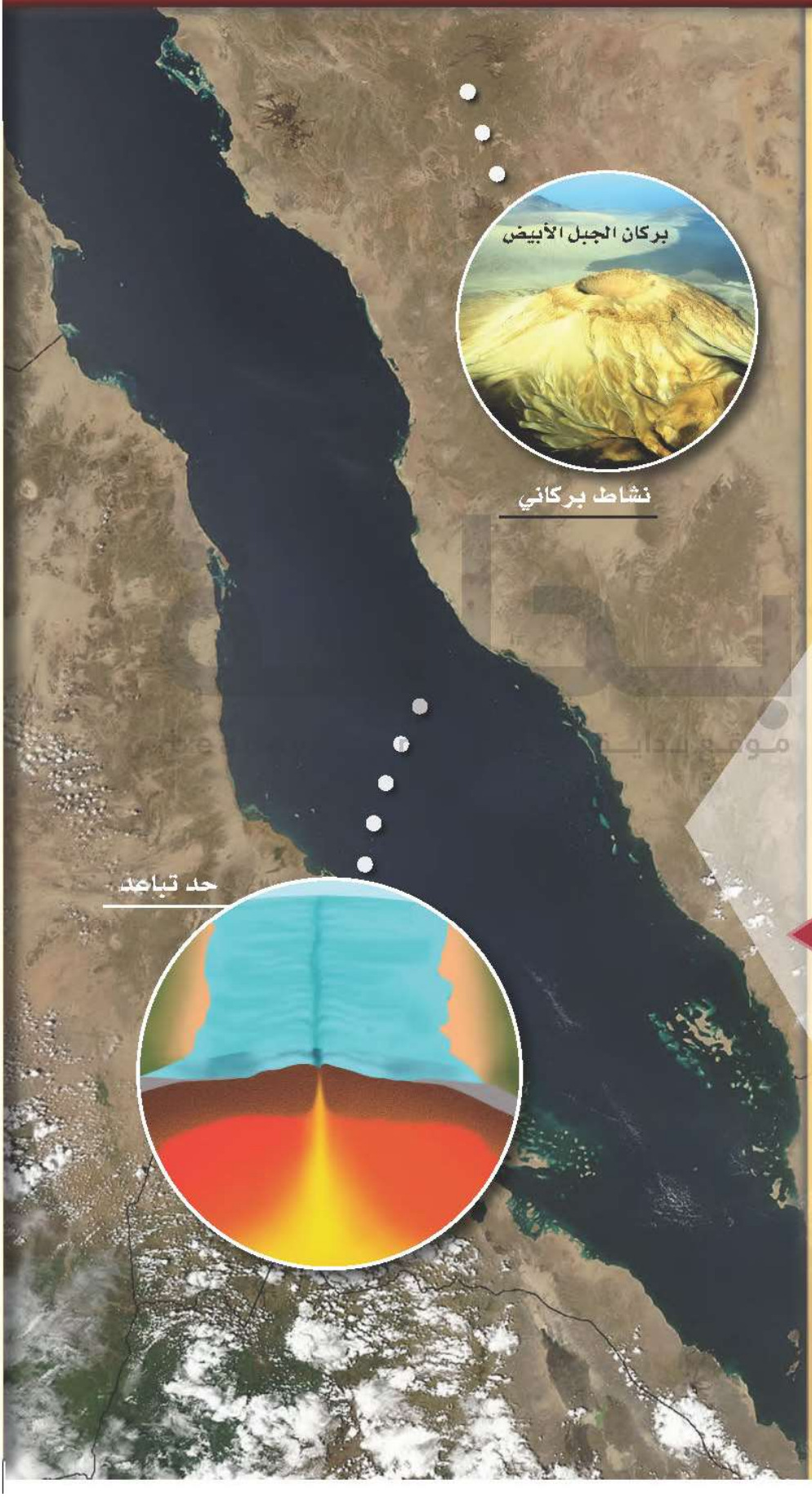
الفصل 5
الصفائح الأرضية وآثارها
Earth's Plates and their effects



الفكرة العامة تحدث معظم الأنشطة الجيولوجية عند حدود الصفائح، وتتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض. وتنتج بعض الزلازل بفعل الحركة على طول الصدوع في القشرة الأرضية.

5–1 انجراف القارات

الفكرة الرئيسة تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معًا يومًا ما.

5–2 توسع قاع المحيط

الفكرة الرئيسة تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط وتصبح جزءًا من قاعه.

5–3 حدود الصفائح وأسباب حركتها

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

حقائق جيولوجية

- نشأ البحر الأحمر نتيجة انفصال الجزيرة العربية عن إفريقيا قبل 27 مليون سنة تقريبًا.
- أظهرت نتائج صور الأقمار الاصطناعية أن قاع البحر الأحمر يتوسع بمعدل 2 cm سنويًا تقريبًا، لذا يطلق الجيولوجيون عليه المحيط الصغير، ويتوقع أن يصبح قاعه محيطًا حقيقيًا في المستقبل.
- توجد الصفيحة العربية – وتظهر جزء منها في هذه الصورة – عن يمين البحر الأحمر، وصفيحة إفريقيا على يساره.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

هل تتحرك مدينة جدة؟

كانت الجزيرة العربية جزءًا من قارة إفريقيا إلى أن حدث شق عظيم بينهما يُدعى حفرة الانهدام. وأخذ هذا الشق يتوسع ببطء، ثم اندفعت فيه المياه من خليج عدن حتى تكوّن البحر الأحمر وخليجَا العقبة والسويس، واستمر البحر في التوسع بمعدل 2 cm كل عام، وهذا يعني أن مدينة جدة تبتعد أكثر فأكثر عن شرق إفريقيا وتتحرك في اتجاه الشمال الشرقي.

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر في دليل التجارب العملية.
2. حدّد المسافة الفعلية بين مدينة جدة في المملكة العربية السعودية ومدينة بورسودان في جمهورية السودان، وكذلك بين مدينتي جدة ومكة المكرمة **باستعمال المسطرة المترية ومقياس رسم الخريطة**.
3. احسب تغير المسافة بين مدينتي جدة وبورسودان، وبين مدينتي جدة ومكة المكرمة بعد 50 مليون سنة، مع افتراض أن البحر الأحمر يتوسع بالمعدل نفسه على طول الخط الواصل بين مدينتي جدة وبورسودان.

التحليل

1. استنتج ما القوى التي أدت إلى ابتعاد شبه الجزيرة العربية عن قارة إفريقيا؟
2. احسب المدة الزمنية التي يستغرقها البحر الأحمر ليزداد عرضه 100 km عن عرضه الحالي، إذا كان معدل توسعه 2 cm في العام الواحد.

جواب 1:

قد تتنوع الإجابات

جواب 2:

100Km = 10.000.000 cm

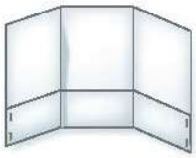
10.000.000cm ÷ 2cm / y = 5.000.000 y

المطويات منظمات الأفكار

حدود الصفائح

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع حدود الصفائح والمعالم الجيولوجية المرتبطة معها.

الخطوة 1 اثن الطرف السفلي للورقة طوليًا بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



الخطوة 2 اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.

الخطوة 3 ألصق الجزء المثني من الورقة من الجوانب لعمل ثلاثة جيوب، وعنونها على النحو الآتي: متباعدة، متقاربة، تحويلية.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراسة القسم 3-5، لخص الخصائص الجيولوجية لأنواع حدود الصفائح الثلاث والعمليات المرافقة لها على بطاقات معنونة، وضعها في الجيوب المناسبة لها.

بداية
bedaya.com | بوابة التعليم

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-1

انجراف القارات

Drifting Continents

الأهداف

- **تتعرّف** الأدلـة التي جعلت العـالم فاجنـر يقـترح أن القارات قد تحركت.
- **تناقش** كيـف دعـم دليـل المناخ القديـم فرضية انجراف القارات.
- **توضح** لماذا لم تحـظ فرضية انجراف القارات بالقبول في البداية.

مراجعة المفردات

الفرضيـة: تفسـير لموقفٍ ما قابل للاختبار.

المفردات الجديدة

الانجراف القاري

بانجيا

الفكرة الرئيسة تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معًا يومًا ما.

الربـط مع الحياة ما خصائص القطع التي تسـتعملها في لعبة تركيب القطع (البازل)؟ يستعمل العلماء خصائص - منها الشكل والموقع - لكي تساعدهم على معرفة لماذا تتشابه حواف القارات وتتطابق على الرغم من تباعدها.

الملاحظات القديمة Early observation

باسـتثناء الأحداث المفاجئة كالزلازل والبراكين والانزلاقات الأرضية، فإن معظم معالم سـطح الأرض لا تظهر تغيراً نسبياً واضحاً في أثناء حياة الإنسان. ومع ذلك فإن الأرض مـرت بتغيرات كثيرة عبر تاريخها الطويل الموثق في سـلم الزمـن الجيولوجي. وأول من اقترح فكرة تغير المعالم الرئيسة للأرض هم رسامو الخرائط. ففي نهاية القرن الخامس عشر لاحظ رسام الخرائط الهولندي إبراهام أورتيليوس تطابقًا بين حافات القارات على جانبي المحيط الأطلسي، فاقترح أن القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية قد انفصلتا عن قارتي أوروبا وإفريقيا بسـبب الزلازل والفيضانات. وقد لاحظ العديد من العلماء وجود تطابق بين الحوافّ القارية. ويوضح **الشكل 1-5** خريطة أعدّها رسامو الخرائط في القرن التاسع عشر.

وكان أول مـن اقترح فكرة حركة القارات العالم الألماني ألفريد فاجنر Alfred Wegener في فرضيته العلمية التي قدمها عام 1912م إلى الأوساط العلمية آنذاك.

ماذا قرأت؟ استنتج ما الذي جعل رسـامي الخرائط من أوائل الذين اقترحوا أن القارات كانت متصلة معًا يومًا ما؟

لاحظ العديد من العلماء وجود تطابق الحواف القارية، ومن بينهم رسام الخرائط ابراهام أورتيلوس الذي لاحظ تطابقاً بين حافات القارات على جانبي المحيط الأطلسي فاقترح أن القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية قد انفصلتا عن قارتي أوروبا وأفريقيا بسبب الزلازل والفيضانات.

القارات قبل الانفصال

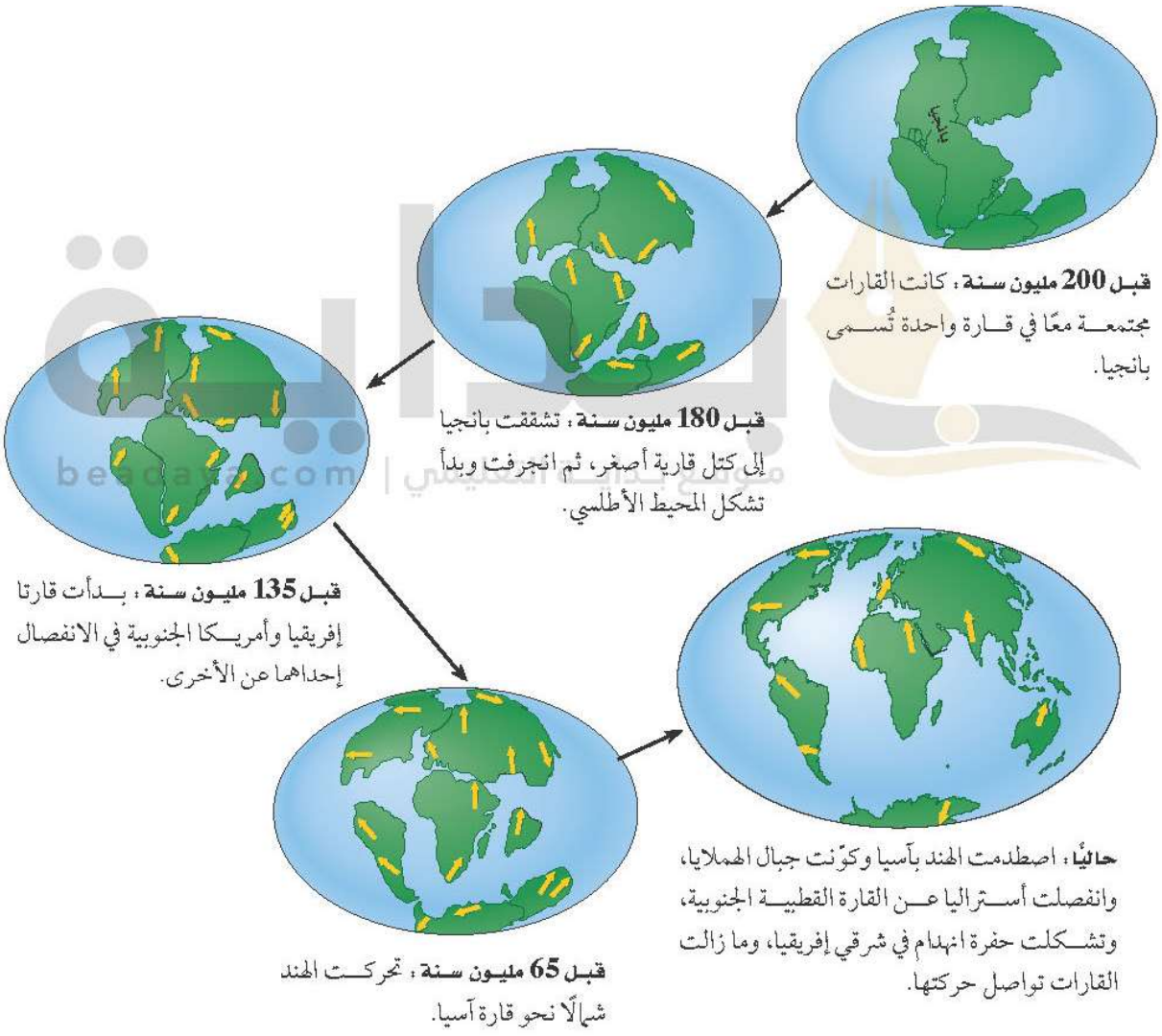
القارات بعد الانفصال

الشكل 1-5 خريطتان تظهران التطابق الظاهري بين حوافّ القارات، أعدّها رسامو الخرائط القدماء عام 1858م، بناءً على ملاحظاتهم.

الانجراف القاري Continental Drift

طوّر العالم فاجنر فكرة تُسمى **الانجراف القاري Continental drift**، وفيها أن القارات كانت مجتمعة معًا في قارة واحدة ضخمة (القارة الأم أو الأصل) أُطلق عليها **بانجيا Pangaea**. وهي كلمة من أصل إغريقي تعني جميع اليابسة، واقترح أن هذه القارة بدأت في الانقسام قبل 200 مليون سنة، وانفصل بعضها عن بعض إلى أجزاء، ثم انجرفت هذه الأجزاء، واستمرت في الحركة ببطء حتى وصلت إلى مواقعها الحالية، كما في الشكل 2–5.

أدلة فاجنر على الانجراف القاري Wegener Evidences for Continental Drift يُعد ألفريد فاجنر أول عالم قدَّم أكثر من دليل على تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي. وقد جمع أدلة، صخرية ومناخية وأحفورية تدعم فكرته.



الشكل 2–5 تنص فرضية فاجنر على أن القارات كانت مجتمعة معًا في قارة واحدة قبل 200 مليون سنة، ثم انجرفت حتى وصلت إلى مواقعها الحالية.

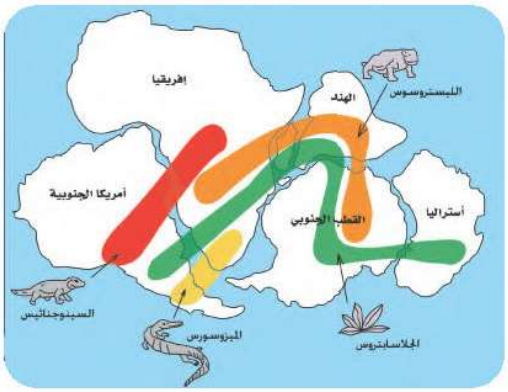
حدّد أجزاء بانجيا التي تشكلت منها القارتان الأمريكيتان الشمالية والجنوبية. متى كانتا متحدتين؟ ومتى انفصلتا؟

كانت القارات متلاصقة معاً قبل 200 مليون سنة وانفصل بعضها عن بعض في الفترة بين 180 مليون سنة إلى 200 مليون سنة.

الشكل 3–5 استعمل ألفريد فاجنر التشابه بين أنواع الصخور والأحافير على جانبي المحيط الأطلسي دليلاً على أن القارات كانت مجتمعة معًا يومًا ما.

حدّد المجموعات التي تثبت أن القارات كانت تشكل قارة واحدة يومًا ما.

تطابق الصخور والسلاسل الجبلية والنباتات وأحافير الحيوانات في القارات



الشكل 4–5 كانت القارات متصلة مع بعضها البعض قبل 200 مليون سنة وقد سميت بانجيا.

التكوينات الصخرية Rock formations بيّن فاجنر أنه عندما بدأت بانجيا في الانقسام إلى أجزاء أصغر، تكسرت تراكيب جيولوجية ضخمة، منها السلاسل الجبلية؛ بسبب انفصال القارات وتباعدها. وبناءً على ذلك اعتقد فاجنر أنه لابد من وجود تشابه في أنواع الصخور على جانبي المحيط الأطلسي. وقد لاحظ تشابهًا بين العديد من الطبقات الصخرية التي يزيد عمرها على 200 مليون سنة في جبال الأبلاش في أمريكا الشمالية مع الطبقات الصخرية للجبال في جرينلاند وأوروبا، مما يدعم فكرته أن القارات كانت مجتمعة معًا قبل 200 مليون سنة. ويوضح **الشكل 3-5** المواقع التي تتشابه عندها مجموعات الصخور المشار إليها.

الأحافير Fossils جمع فاجنر أدلة أحفورية يثبت فيها وجود قارة بانجيا في وقت ما؛ حيث عثر على أحافير لأنواع مختلفة من الحيوانات والنباتات كانت تعيش على اليابسة، وتنتشر انتشارًا واسعًا في القارات، كما في **الشكل 3-5**، واستطاع أن يبرهن على صحة فرضيته من خلال مجموعة من هذه الأحافير، منها أحفورة الميزوسورس؛ وهو نوع من الزواحف كان يعيش في المياه العذبة فقط، وغير قادر على السباحة مسافات طويلة في مياه المحيط المالحة، مما يؤكد أن القارات كانت متصلة معًا في زمن حياة هذه المخلوقات الحية التي عاشت على بانجيا قبل انقسامها انظر **الشكل 4-5**، ولذلك استطاع أن يبرهن على صحة فرضيته.

موقع طريقة التعليم
head-dna.com

المناخ القديم Ancient climate استطاع فاجنر أن يحدد المناخات القديمة من خلال دراسة الأحافير، ومن الأحافير التي استعملت لدعم فرضية انجراف القارات أحفورة جلاسابتروس، وهي أحفورة لنبات سرخسي بذري يشبه الشجيرات الصغيرة؛ وقد عُثر عليها في أماكن متعددة، منها أمريكا الجنوبية والقارة القطبية الجنوبية والهند، انظر **الشكل 3-5**. وقد فسر فاجنر هذا الدليل على النحو الآتي: لأن هذه الأحفورة موجودة في الوقت الحاضر في أماكن منفصلة بعضها عن بعض ومتباعدة جدًّا يصعب أن يسود فيها مناخ واحد، ولأن نبات هذه الأحفورة يعيش في مناخ معتدل، والأماكن التي وجدت فيها أحافير هذا النبات قريبة من خط الاستواء، لذا استنتج فاجنر من ذلك كله أن هذه الأماكن التي تحوي أحفورة هذا النبات لابد أنها كانت متصلة معًا يومًا ما، في مكان معتدل المناخ.

ماذا قرأت؟ استنتج كيف ساعدت خلفية فاجنر العلمية في الأرصاد الجوية على دعم فكرته حول انجراف القارات؟

توضعات الفحم الحجري Coal deposits

توفر الصخور الرسوبية، أدلة على البيئة والمناخ القديمين. وقد وجد العالم فاجنر أدلة في بعض الصخور تثبت بوضوح أن المناخ قد تغير في بعض القارات؛ فقد وُجدت توضعات من الفحم الحجري في القارة القطبية الجنوبية، انظر **الشكل 5-5**. ولمّا كان الفحم الحجري قد تكوَّن نتيجة تراكم نباتات ميتة قديمة في مستنقعات المناطق الاستوائية، لذا اعتبر فاجنر أن وجود طبقة من الفحم الحجري في القارة القطبية الجنوبية يدل دلالة قطعية على أن القارة القطبية الجنوبية كانت تقع على خط الاستواء أو قريبة منه في الزمن البعيد.

الترسبات الجليدية Glacial deposits

تُعدُّ الترسبات الجليدية التي وُجدت في أجزاء من إفريقيا والهند وأستراليا وأمريكا الجنوبية، التي يعود عمرها إلى 290 مليون سنة دليلاً مناخيًّا آخر على انجراف القارات، مما جعل فاجنر يقترح أن هذه المناطق كانت ذات يوم مغطاة بغطاء سميك من الجليد، كما هو الحال في القطب الجنوبي اليوم؛ إذ لا يمكن لمناطق دافئة جدًّا أن تتشكل فيها أغطية جليدية، مما يؤكد أنها كانت في موقع قريب من القطب الجنوبي في ذلك الوقت، انظر **الشكل 6-5**. وقد اقترح فاجنر احتمالين لتفسير الترسبات الجليدية؛ الأول: أن القطب الجنوبي قد غيّر موقعه، والثاني: أن هذه القارات كانت في موقع القطب الجنوبي وغيّرت مواقعها. وقد رجّح فاجنر الاحتمال الثاني، وهو أن القارات هي التي جُرفت بعيداً.

الشكل 5-5 يدل وجود توضعات الفحم الحجري في القارة القطبية المتجمدة على أن نباتات المستنقعات قد ازدهرت في هذه المنطقة يومًا ما.

وضح كيف أن الفحم الحجري الذي تكوَّن في المستنقعات القديمة قد وجد في القارة القطبية الجنوبية؟

لأن هذه الأحفورة موجودة في الوقت الحاضر في أماكن منفصلة عن بعضها البعض ومتباعدة جداً يصعب أن يسود فيها مناخ واحد، ولأن نبات هذه الأحفورة يعيش في مناخ معتدل والأماكن التي وجدت فيها أحافير هذا النبات قريبة من خط الاستواء. لذا استنتج فاجنر من كل هذا أن صخور هذه الأماكن تحوي أحفورة هذه النبات لابد أنها كانت متصلة يوماً ما في مكان معتدل المناخ..

الشكل 6-5 إن وجود الترسبات الجليدية التي يعود عمرها إلى 290 مليون سنة في عدة قارات جعلت فاجنر يقترح أن هذه القارات كانت مجتمعة معًا ومغطاة بالجليد في ذلك الوقت. ويبين اللون الأبيض المنطقة المغطاة بالجليد.

قصور فرضية الإنجراف القاري
Failure Hypothesis of Continental Drift

كانت الفكرة السائدة في المجتمع العلمي في مطلع القرن العشرين أن قيعان المحيطات والقارات هي معالم ثابتة لا تتغير مع الزمن، مما جعل فاجنر يواصل رحلاته والسفر إلى مناطق نائية لجمع المزيد من الأدلة التي تدعم فكرته. وعلى الرغم من أنه حصل على مجموعة قيّمة من البيانات، إلا أن فكرة الانجراف القاري لم تُقبل في المجتمع العلمي آنذاك.

وقد واجهت فرضية الانجراف القاري مشكلتين رئيستين منعتا قبولها:

أولاً: لم توضح على نحو مقنع القوة التي يتطلبها دفع الكتل الكبيرة من القارات ونقلها مسافات بعيدة. وقد أفاد فاجنر أن دوران الأرض حول نفسها قد يكون هو القوة المسؤولة عن ذلك بحسب اعتقاده، غير أن الفيزيائيين بيّنوا أن هذه القوة لا تكفي لتحريك القارات.

ثانيًا: تساءل العلماء عن آلية حركة القارات؛ حيث اقترح فاجنر أن القارات تحركت فوق قيعان المحيطات الثابتة، وكان يعتقد في ذلك الوقت أن ستار الأرض الذي يقع أسفل القشرة الأرضية صلب، فكيف تتحرك القارات عبر شيء صلب؟

وبسبب عجز فرضية انجراف القارات في الرد على هذين السببين تم رفضها في ذلك الوقت. غير أن التقنية الجديدة منذ مطلع الستينات كشفت عن المزيد من الأدلة حول كيفية حركة القارات، مما جعل العلماء يعيدون النظر في أفكار فاجنر؛ فقد أدّى إعداد الخرائط المتطورة لقيعان المحيطات وفهم المجال المغناطيسي للأرض إلى تقديم أدلة جوهرية حول آلية حركة القارات ومصدر القوى المحرّكة لها.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

فهم الأفكار الرئيسة

1. ارسم كيف كانت القارات مجتمعة معًا في قارة بانجيا.
2. وضّح كيف تدعم الرسوبيات الجليدية القديمة الموجودة في إفريقيا والهند وأستراليا والقارة القطبية الجنوبية فكرة الانجراف القاري.
3. لخص كيف تزودنا الصخور والأحافير والمناخ القديم بأدلة على الانجراف القاري؟
4. استنتج كيف كان مناخ أمريكا الشمالية عندما كانت جزءًا من قارة بانجيا.

التفكير الناقد

5. فسّر من خلال الشكل 6–5، اكتشفت ترسبات نفطية في البرازيل عمرها 200 مليون سنة تقريبًا. فأين يمكن أن يعثر الجيولوجيون على ترسبات نفطية لها العمر نفسه؟
6. قوّم الجملة الآتية: "موقع المدينة التي أسكنها ثابت لا يتغير".

الكتابة في الجيولوجيا

7. اكتب عن إحدى الرحلات الاستكشافية التي قام بها العالم فاجنر، مع توضيح رأيك العلمي حول ما توصل إليه خلالها.

جواب 1:
ينبغي أن يشبه رسم الطالب الجزء الأول في الشكل 2-1.

جواب 2:
لا تتشكل الرسوبيات الجليدية الموجودة في إفريقيا والهند وأستراليا ضمن دوائر العرض الحالية فإما أن القطب الجنوبي قد تحرك أو أن هذه القارات كانت مجتمعة معًا في موقع قريب من القطب الجنوبي.

جواب 3:
تتطابق طبقات الصخور والسلاسل الجبلية في عدة قارات يمكن الربط بين أحافير اليابسة المتشابهة من حيوانات ونباتات وبين القارات، أما دليل المناخ حيث وجدت رسوبيات في مناطق لا يمكن أن تتشكل في دوائر العرض الحالية لهذه المناطق تفسير لذلك هو أن القارات كانت مجتمعة في موقع يختلف كثيراً عن موقعها الحالي.

جواب 4:
معظم أمريكا الشمالية القديمة كانت عند خط الاستواء أو قليلًا نحو الشمال حيث كان المناخ استوائياً ودافئاً ورطباً.

جواب 5:
في غرب إفريقيا.

جواب 6:
جملة غير صحيحة لأن دوائر العرض وخطوط الطول للمناطق قد تغيرت عبر الزمن الجيولوجي عدة مرات بسبب حركة الصفائح.

جواب 7:
ينبغي أن تشير الرسالة إلى حقيقة أن العالم فاجنر ليس لديه تفسير مناسب لكيفية حركة القارات.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-2

توسع قاع المحيط

Seafloor Spreading

الأهداف

- **تلخص** الأدلة التي أدت إلى اكتشاف توسع قاع المحيط.
- **توضح** أهمية الأنماط المغناطيسية في قاع المحيط.
- **توضح** عملية توسع قاع المحيط.

مراجعة المفردات

البازلت: صخر ناري سطحي ناعم الحبيبات لونه رمادي داكن إلى أسود.

المفردات الجديدة

جهاز قياس المغناطيسية
ظهر المحيط
الانقلاب المغناطيسي
المغناطيسية القديمة
تساوي العمر
توسع قاع المحيط
الأخاديد البحرية

الفكرة الرئيسة تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط وتصبح جزءًا من قاعه.

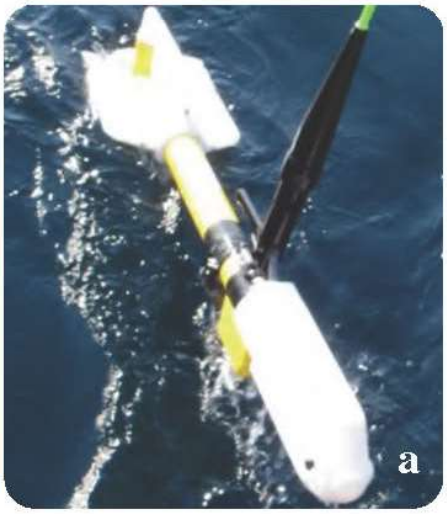
الربط مع الحياة هل قمت يومًا بعدّ الحلقات السنوية في جذع شجرة لمعرفة عمرها؟ يستطيع العلماء تقدير عمر قاع المحيط من خلال دراسة أنماط مشابهة.

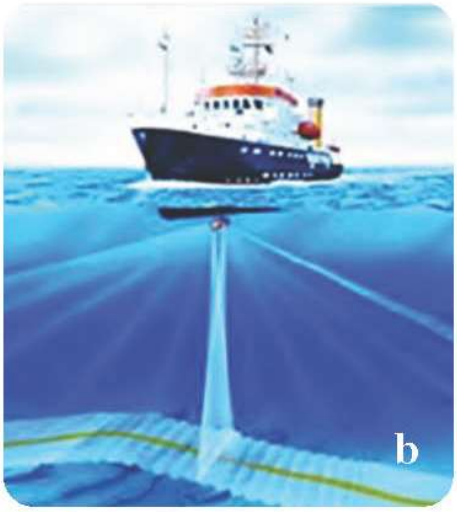
رسم خرائط لقاع المحيط Mapping the Ocean Floor

اعتقد معظم الناس والعديد من العلماء حتى منتصف القرن الماضي أن سطح قاع المحيطات عمومًا مستو، كما كانت تسيطر عليهم مفاهيم خاطئة حول القشرة المحيطية بأنها لا تتغير، وهي أقدم عمرًا من القشرة القارية. بَيْدَ أن التقدم في التقنية في الأربعينات والخمسينات من القرن الماضي أظهر أن جميع هذه الأفكار التي كانت مقبولة على نطاق واسع غير صحيحة.

ويعد **جهاز قياس المغناطيسية Magnetometer** إحدى التقنيات المتقدمة التي استعملت لدراسة قاع المحيط، انظر **الشكل 7a–5**، وهو جهاز صغير يُستعمل للكشف عن التغيرات الطفيفة في المجالات المغناطيسية، ويوصل خلف السفينة لتسجيل المجالات المغناطيسية لصخور قاع المحيط.

وهناك تطور آخر أتاح للعلماء دراسة قاع المحيط بقدر كبير من التفصيل، وهو تطوير طرائق السبر الصوتي. ومن الأدوات المستعملة في ذلك السونار؛ وهو جهاز يستعمل الموجات الصوتية لتحديد المسافات عن طريق قياس الزمن الذي تستغرقه هذه الموجات المرسلة من السفينة إلى قاع البحر حتى ارتدادها عنه وعودتها إلى السفينة انظر **الشكل 7b–5**، وقد مكّنت التطورات في مجال تقنية السونار العلماءَ من قياس عمق المياه، ثم رسم خريطة لتضاريس قاع المحيطات.



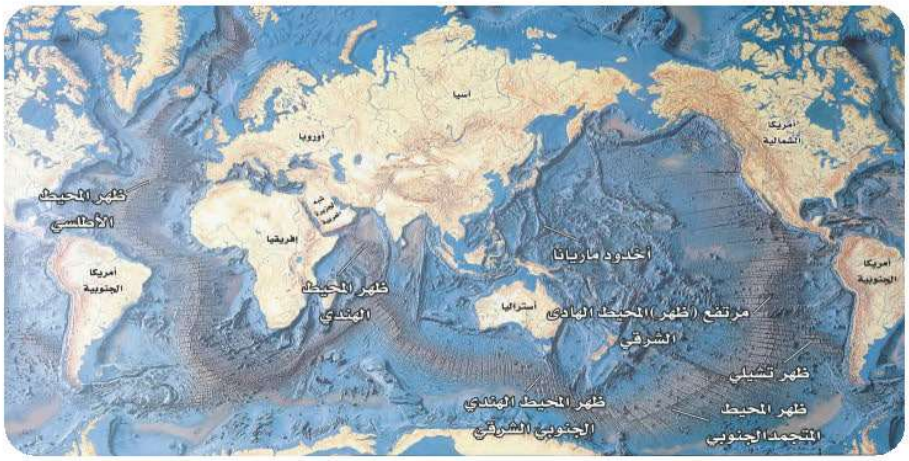


الشكل 7–5

a: يُستعمل جهاز قياس المغناطيسية للكشف عن التغيرات الطفيفة في المجالات المغناطيسية.

b: يستعمل جهاز السونار لتحديد عمق المياه وتضاريس قاع المحيط.

وقد عززت البيانات التي جُمعت بهذين الجهازين فهم العلماء للصخور والتضاريس الموجودة في قاع المحيط.



يوجد هذا الشكل مكبرًا في مرجعيات الطالب في نهاية الكتاب

الشكل 8–5 كشفت البيانات المسجلة بالسونار وجود ظهور المحيطات والأخاديد البحرية العميقة. حيث يكثر على امتدادهما الزلازل والبراكين.

تضاريس قاع المحيط Ocean-Floor Topography

أدهشت الخرائط التي رُسمت باستعمال بيانات جهازي قياس المغناطيسية والسونار العلماء، وساعدتهم على اكتشاف أن للمحيطات تضاريس، كما لليابسة. انظر **الشكل 8–5** الذي يبين تضاريس المحيطات الرئيسة. ومن أهم التضاريس التي أثارت فضول العلماء سلسلة جبلية ضخمة تحت الماء تمتد على طول قيعان المحيطات في جميع أنحاء الأرض؛ أطلقوا عليها اسم **ظهر المحيط Ocean ridge**، وهي أطول سلسلة جبلية على كوكب الأرض؛ إذ يصل طولها إلى 80000 km، وارتفاعها إلى 3 km فوق قاع المحيط، واكتشفوا فيما بعد أن الزلازل والبراكين تحدث على امتدادها بصورة مستمرة.

ماذا قرأت؟ صف أين توجد أطول سلسلة جبلية على الأرض؟

كما كشفت خرائط السونار تضاريس أخرى تحت سطح الماء، وهي عبارة عن أخاديد ضيقة عميقة تمتد طوليًّا في قاع البحر آلاف الكيلومترات تسمى الأخاديد البحرية، انظر **الشكل 8–5**. ويعد أخدود ماريانا في المحيط الهادي أعمق أخدود بحري؛ إذ يزيد عمقه على 11 km. فلو وضعنا جبل إفرست –وهو أعلى جبل في العالم؛ حيث يبلغ ارتفاعه 9 km فوق مستوى سطح البحر– في هذا الأخدود، بالإضافة إلى ما يساوي ارتفاع برج المملكة سبع مرات تقريبًا، فسوف نصل إلى مستوى سطح البحر.

المفردات

مفردة أكاديمية

الأخدود

منطقة منخفضة عند حدود الصفائح تنتج عن انزلاق صفيحة تحت صفيحة أخرى.

المعنى اللغوي: شق مستطيل في الأرض.

توجد على امتداد ظهور المحيطات

صخور ورسوبيات المحيطات
Ocean Rocks and Sediments

لم يكتفِ العلماء برسم خرائط لقاع المحيط، بل قاموا بجمع عينات من صخور قاع المحيط ورسوبياته وحلّلوها، وتوصلوا إلى اكتشافات مهمة، منها: الاكتشاف الأول: أن اختلاف أعمار الصخور عبر قاع المحيط وفق نمط معين يمكن توقعه؛ حيث تزداد أعمار صخور القشرة المحيطية كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط نحو القارات، وبصورة متناظرة على جانبيه، انظر **الشكل 9–5**. كما اكتشف العلماء أن أقدم صخور قاع المحيط لا يزيد عمرها على 180 مليون سنة تقريبًا، وهو عمر قصير مقارنة بعمر أقدم صخور القشرة القارية الذي لا يقل عن 3.5 مليارات سنة. فلماذا تعد صخور قشرة المحيط أقل عمرًا مقارنة بعمر صخور القشرة القارية؟ ولما كان الجيولوجيون يعرفون أن المحيطات كانت موجودة قبل 180 مليون سنة، فقد دفعهم هذا إلى التساؤل: لماذا لا يوجد أثر للقشرة المحيطية التي يزيد عمرها على 180 مليون سنة؟

أما الاكتشاف الثاني: فيتعلق برواسب قاع المحيط؛ إذ تشير القياسات إلى أن سُمك رسوبيات المحيطات يصل إلى بضع مئات من الأمتار عادة، بينما يصل سُمك الصخور الرسوبية التي تغطي مساحات واسعة من القارات إلى 20 كيلومترًا. وعلى الرغم من أن العلماء يعرفون أن المحيطات تتعرض لعمليتي الحت والترسيب، إلا أنهم لم يعرفوا لماذا يقل سمك رواسب قاع المحيط عن سمك نظيراتها القارية، فافترضوا أن سمك الرسوبيات مرتبط مع عمر القشرة المحيطية، وهذا ما أيّدته الملاحظات الميدانية؛ إذ يزداد سمك الرواسب مع زيادة البعد عن ظهر المحيط، وبصورة متناظرة على جانبيه، كما في **الشكل 9–5**.

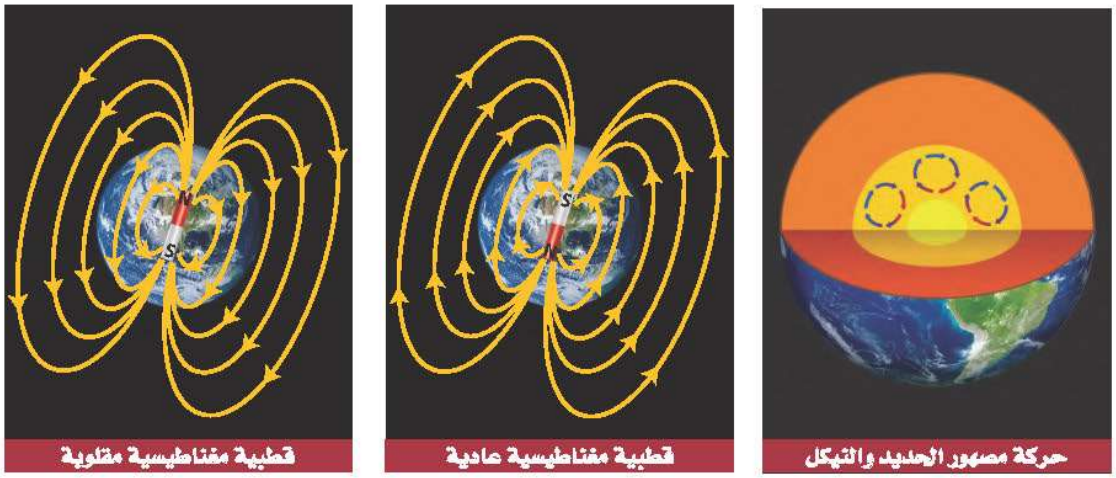
المهن في علم الأرض

الجيولوجيا البحرية

يتم من خلالها دراسة قاع المحيط لفهم العمليات الجيولوجية مثل حركة الصفائح الأرضية.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

الشكل 9–5 كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط ازداد كل من: عمر صخور قشرة المحيط، وسُمْك الرسوبيات.



الشكل 10–5 يتولد المجال المغناطيسي للأرض بفعل جريان مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي. وتتغير قطبية المجال المغناطيسي للأرض من قطبية مغناطيسية عادية إلى قطبية مغناطيسية مقلوبة نتيجة تغير اتجاه جريان المصهور.

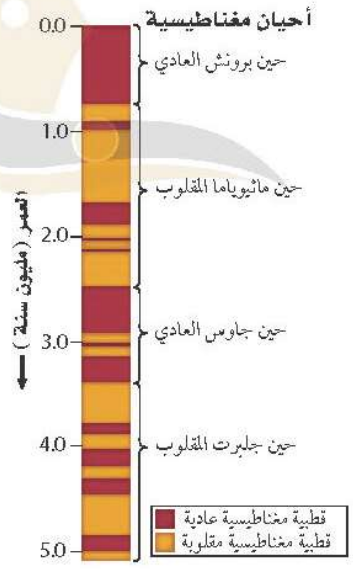
المغناطيسية Magnetism

كما تعلم فإن الأرض تقسم إلى ثلاثة أجزاء رئيسة هي: القشرة والستار واللب. ويتكون اللب من جزأين: لب خارجي يوجد في الحالة السائلة، ويتكون معظمه من الحديد والنيكل. ولب داخلي يوجد في الحالة الصلبة. واللب الخارجي هو المسؤول عن المغناطيسية الأرضية. وتولد حركة مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي للأرض تيارًا كهربائيًّا، ينشأ عنه مجال مغناطيسي للأرض، انظر **الشكل 10–5**. ويؤدي ذلك إلى تكون قطبين مغناطيسيين: شمالي وجنوبي. ويسمى اتجاه قطبي المجال المغناطيسي القطبيةَ المغناطيسيةَ العادية عندما يكون اتجاه القطبين في اتجاه قطبَي الأرض المغناطيسيين نفسه، كما هو في الوقت الحاضر.

وعندما يتغير اتجاه حركة مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي يحدث تغير في اتجاه سريان التيار الكهربائي، ومن ثم التغير في اتجاه الأقطاب المغناطيسية الأرضية. ويطلق على هذا قطبيةً مغناطيسيةً مقلوبةً، انظر **الشكل 10–5**. ويسمى تغير قطبية المجال المغناطيسي للأرض من عادية إلى مقلوبة **الانقلاب المغناطيسي Magnetic reversal**. وقد حدث الانقلاب المغناطيسي عبر تاريخ الأرض مرات عديدة.

السلم الزمني للقطبية المغناطيسية Magnetic polarity time scale

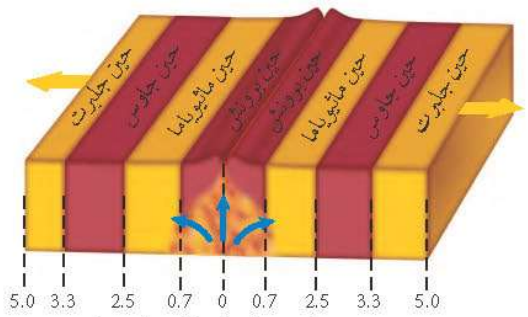
المغناطيسية القديمة Paleomagnetism هي دراسة لتاريخ المجال المغناطيسي للأرض. فعندما تتبلور المعادن الحاملة للحديد في اللابة– مثل تبلور معدن الماجنتيت – فإنها تتصرف في أثناء تبلورها مثل البوصلات الصغيرة، فيتخذ مجالها المغناطيسي اتجاه المجال المغناطيسي للأرض. ومن خلال بيانات المغناطيسية القديمة التي جمعت من دراسات اللابة القارية استطاع العلماء بناء السلم الزمني المغناطيسي، كما في **الشكل 11–5**.



الشكل 11–5 تتعاقب فترات القطبية المغناطيسية العادية مع فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة، وتسمى التغيرات الطويلة في المجال المغناطيسي الأرضي (أحيانًا)، ومفردها حين، والتغيرات القصيرة (أحداثًا).

التماثل المغناطيسي Magnetic symmetry

لأن معظم القشرة المحيطية تتكون من صخور بازلتية وتحتوي على كميات كبيرة من المعادن البركانية المنشأ الحاملة للحديد، فقد افترض العلماء أن صخور قاع المحيط لا بد أنها تحتفظ بسجلات للانقلابات المغناطيسية. لذا بدؤوا اختبار فرضيتهم باستعمال جهاز قياس المغناطيسية؛ لقياس اتجاهات المجالات المغناطيسية لصخور قاع المحيط، وحصلوا



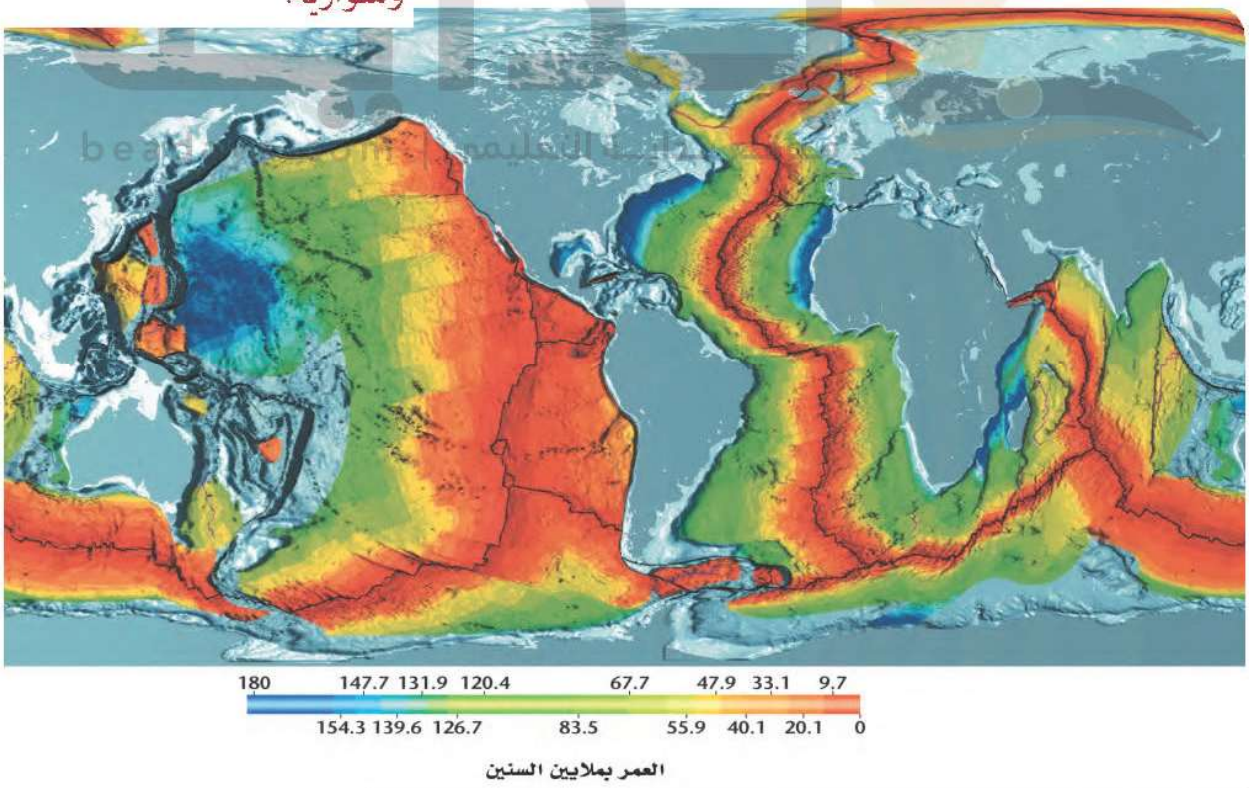
الشكل 12–5 سجلات القطبية العادية والمقلوبة للمجال المغناطيسي الأرضي في صخور قاع المحيط.

حدّد قطبية البازلت المتكون حديثًا في ظهر المحيط.

قطبية عادية. بها سلسلة من أشرطة مغناطيسية موازية لظهر المحيط ذات قطبية عادية ومقلوبة بصورة متعاقبة ومتوازية.

على نتائج مذهلة، منها وجود سلسلة من أشرطة مغناطيسية موازية لظهر المحيط ذات قطبية مغناطيسية عادية ومقلوبة بصورة متعاقبة ومتوازية، ولكنهم اندهشوا أكثر عندما اكتشفوا أن أعمار الأشرطة المغناطيسية وعرضها متماثلة على جانبي ظهر المحيط. قارن النمط المغناطيسي على جانبي ظهر المحيط في **الشكل 12-5**.

استطاع العلماء تحديد عمر قاع المحيط من خلال مقارنة الأنماط المغناطيسية المقلوبة في قاع المحيط بمثيلاتها المعروفة على اليابسة. وقد مكّنتهم هذه الطريقة من إعداد خرائط **تساوي العمر Isochron** لجميع قيعان المحيطات، كما في **الشكل 13-5**. وخط تساوي العمر خط وهمي على الخريطة يصل بين نقاط لها العمر نفسه. لاحظ أيضًا من الشكل أن القشرة المحيطية الحديثة توجد بالقرب من ظهور المحيطات، في حين أن القشرة المحيطية القديمة تكون على طول الأخاديد البحرية.

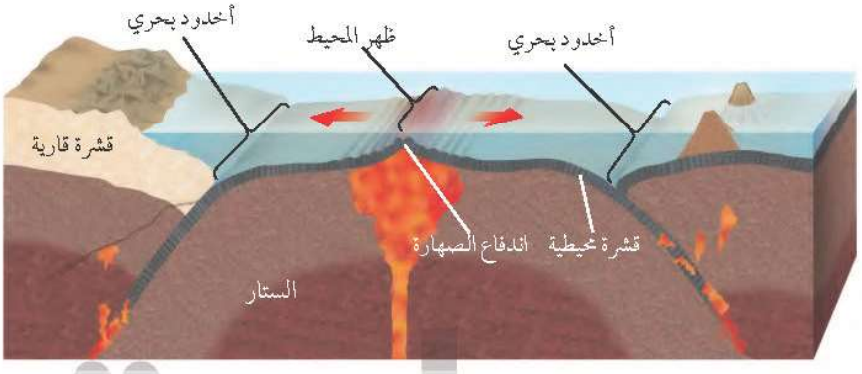


الشكل 13–5 تمثل كل حزمة لونية في خريطة تساوي أعمار قاع المحيط عمر قطاع من قشرة المحيط.

لاحظ. ما النمط الذي تلاحظه في خريطة تساوي العمر؟

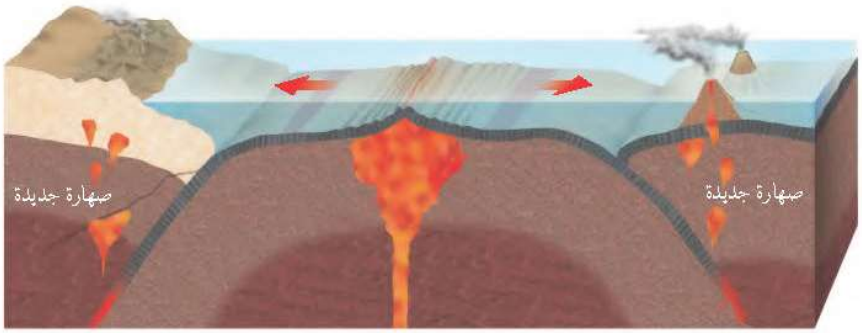
Seafloor Spreading توسع قاع المحيط

الشكل 14–5 بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة قادت العلماء إلى اقتراح فرضية توسع قاع المحيط. وتوسُّع قاع المحيط عملية تتشكل من خلالها قشرة محيطية جديدة عند ظهور المحيطات، ثم تتحرك هذه القشرة ببطء بعيدًا عن مركز التوسع حتى تُطرح ويعاد تدويرها عند الأخاديد البحرية.



1. تندفع الصهارة إلى قاع المحيط من خلال الفراغات التي تشكلت على امتداد سلسلة ظهر المحيط، وتتصلّب مشكِّلةً قشرة محيطية جديدة.

2. يؤدي استمرار اندفاع الصهارة وتوسع قاع المحيط ببطء إلى تشكل قشرة محيطية جديدة وبشكل متساوٍ على جانبي ظهر المحيط.



3. تغطس الأطراف البعيدة للقشرة المحيطية التي تشكلت عند ظهر المحيط أسفل القشرة القارية في الستار، وبسبب وجود المياه داخل الصخور المكونة للصفيحة تقل درجة الانصهار وتنصهر الصفيحة الغاطسة مكونة صهارة جديدة، ثم ترتفع الصهارة وتتصلّب داخل القشرة أو على السطح وتصبح جزءًا من القشرة القارية.

بحاري
موقع بحاري التعليمي
bahareya.com

توسع قاع المحيط Seafloor Spreading

وضعت فرضية **توسع قاع المحيط Seafloor spreading** بناء على بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة، وتنص على أن القشرة المحيطية الجديدة تتشكل عند ظهور المحيطات، وتُستهلك عند **الأخاديد البحرية Ocean trenches**. ويوضح **الشكل 14–5** كيف تحدث عملية توسع قاع المحيط. حيث تندفع الصهارة إلى أعلى في أثناء توسع قاع المحيط؛ لأنها أسخن وأقل كثافة من الصخور التي حولها، وتملأ الفراغات الناتجة عن ابتعاد جانبي ظهر المحيط أحدهما عن الآخر، وعندما تتصلب الصهارة تتشكل قشرة محيطية جديدة تُضاف إلى سطح الأرض. وباستمرار عملية التوسع على طول ظهر المحيط تندفع صهارة أخرى إلى أعلى وتتصلب. ويؤدي استمرار التوسع واندفاع الصهارة إلى استمرار تكوّن قشرة محيطية، تتحرك ببطء مبتعدة عن ظهر المحيط. وتحدث عملية التوسع غالبًا تحت سطح البحر. أما في جزيرة أيسلندا- وهي جزء من ظهر المحيط الأطلسي- فيحدث التوسع فوق مستوى سطح البحر. انظر **الشكل 15–5** الذي يبين تدفق اللابة على طول ظهر المحيط. وقد درست سابقًا أن فاجنر جمع العديد من البيانات لدعم فكرة انجراف القارات فوق سطح الأرض، إلا أنه لم يتمكن من تفسير كيف تحركت القارات، وسبب حركتها. لاحظ أن فكرة توسع قاع المحيط هي الحلقة المفقودة التي كان يحتاج إليها لإكمال نموذجه عن انجراف القارات؛ فالقارات لم تندفع فوق قشرة المحيط كما اقترح فاجنر، بل تتحرك القشرة المحيطية ببطء مبتعدًا بعضها عن بعض عند ظهور المحيطات ساحبةً معها القارات. وستعرف في القسم التالي كيف أدت فرضية توسع قاع المحيط إلى فهم جديد لكيفية حركة كل من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب بوصفه قطعة واحدة.

الشكل 15–5 تقع جزيرة أيسلندا بأكملها على مركز توسع ظهر المحيط الأطلسي؛ لذا يزداد حجمها باستمرار، فمثلاً تدفق أكثر من $12\ km^3$ من اللابة البركانية عام 1783م. وفي عام 2011م حدث ثوران لبركان في جنوب شرق أيسلندا، كان سببًا في تعطيل الملاحة الجوية في أوروبا.

beadaya.com | التعليمي

التقويم 2–5

في الصفحة التالية

الخلاصة

- توفر الدراسات التي أجريت على قيعان المحيطات أدلة على أنها ليست مستوية، وأنها تتغير باستمرار.
- القشرة المحيطية صغيرة العمر من الناحية الجيولوجية.
- تتكون قشرة محيطية جديدة عند ظهر المحيط عندما ترتفع الصهارة وتتصلب.
- عندما تتشكل قشرة محيطية جديدة تتحرك القشرة المحيطية القديمة مبتعدةً عن ظهر المحيط.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **صف** لماذا تشبه عملية توسع قاع المحيط حركةَ الحزام الناقل (المتحرك)؟
2. **وضح** كيف توفر كل من صخور قاع المحيط ورسوبياته أدلة على توسع قاع المحيط؟
3. **ميّز** بين مصطلحي: القطبية المغناطيسية العادية، والقطبية المغناطيسية المقلوبة.
4. **صف** تضاريس قاع المحيط.

التفكير الناقد

5. **وضّح** كيف تدعم خريطة تساوي العمر لقاع المحيط فرضية توسع قاع المحيط؟
6. **حلّل** لماذا يكون عرض الأشرطة المغناطيسية في شرق المحيط الهادي أكبر من نظائرها في المحيط الأطلسي؟

الرياضيات في الجيولوجيا

7. **حلّل الشكل 11–5**، ما نسبة فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة في آخر خمسة ملايين سنة

1- صف لماذا تشبه عملية توسع قاع المحيط حركة الحزام الناقل (المتحرك)؟

الجواب: لأنه في أثناء عملية توسع قاع المحيط عند ظهر المحيط تُضاف قشرة محيطية جديدة كما يؤدي استمرار خروج الصهرة إلى حركة قاع المحيط (القشرة الجديدة) نحو أطراف الصفيحة المحيطية التي تُسحب في النهاية لتعود الصهارة في الأسفل.

.

2- وضح كيف توفر كل من صخور قاع المحيط ورسوبياته أدلة على توسع قاع المحيط؟

الجواب: تعد صخور القشرة المحيطية حديثة من الناحية الجيولوجية إذ يقل عمرها في اتجاه ظهر المحيط مما يعني أن هناك آلية لنشأتها وإعادة تدويرها. أما رسوبيات قاع المحيط فيزداد سمكها كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط مما يدل على أن صخور ظهر المحيط ينبغي أن تكون أحدث عمراً مقارنة بالصخور البعيدة عند الأطراف.

.

3- ميز بين مصطلحي: القطبية المغناطيسية العادية والقطبية المغناطيسية المقلوبة.

الجواب: اتجاه المجال المغناطيسي لصخور القطبية المغناطيسية العادية هو نفسه اتجاه المجال المغناطيسي الحالي للأرض، أما اتجاه المجال المغناطيسي لصخور القطبية المغناطيسية المقلوبة فهو معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي الحالي للأرض.

.

4- صف تضاريس قاع المحيط.

الجواب: تتميز بأخاديد عميقة وظهور مرتفعة وتعد ظهور المحيطات أطول سلسلة جبلية على سطح الأرض وبالابتعاد عن ظهور المحيطات تكون معظم قيعان المحيطات مغطاة برسوبيات وقمم من الجبال البحرية التي قد جرى تعريتها.

.

5- وضح كيف تدعم خريطة تساوي العمر لقاع المحيط فرضية توسع قاع المحيط؟

الجواب: توضح خريطة خطوط تساوي العمر المغناطيسية التي سجلت في أثناء تبريد اللابة وجود أنماط متماثلة على جانبي ظهور المحيطات تدل على أن جانبي ظهر المحيط قد تكونا في فترة زمنية واحدة.

.

6- حلل لماذا يكون عرض الأشرطة المغناطيسية في شرق المحيط الهادي أكبر من نظائرها في المحيط الأطلسي؟

الجواب: لأن المحيط الهادي يتوسع بمعدل أكبر من توسع المحيط الأطلسي تقريباً 8cm /y.

.

7- حلّل الشكل 11-5 ما نسبة فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة في آخر خمسة ملايين سنة.

الجواب: % 70 فالمدة الزمنية للقطبية المغناطيسية العادية (حين برونش + حين جاوس) = 1.5 مليون سنة وبطرح هذه القيمة من 5 ملايين سنة تحصل على 3.5 ملايين سنة وهي مدة القطبية المغناطيسية المقلوبة وبقسمة 3.5 على 5 وضرب ناتج القسمة في % 100 نحصل على % 70.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-3

حدود الصفائح وأسباب حركتها

Plate Boundaries and Causes For motion

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

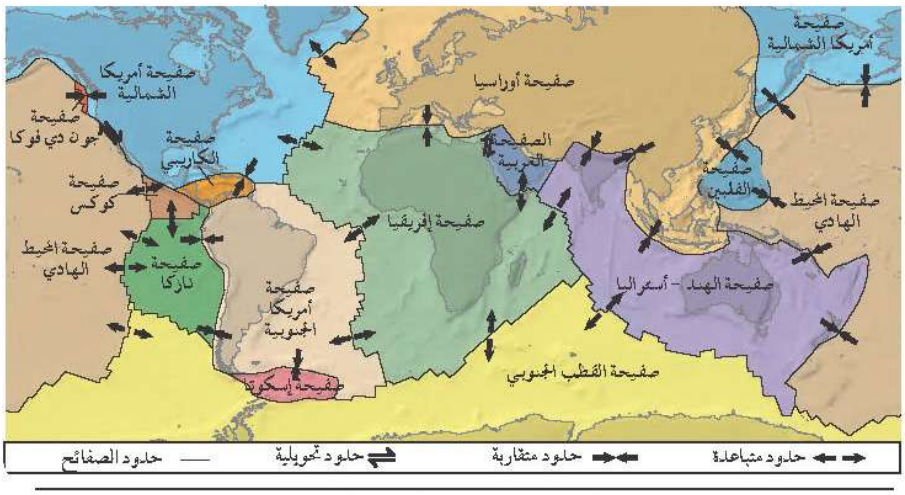
الصفيحة الأرضية
الحدود المتباعدة
حفرة الاندهام
الحدود المتقاربة
الطرح
الحدود التحويلية
الدفع عند ظهر المحيط
سحب الصفيحة

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، فستتثني 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



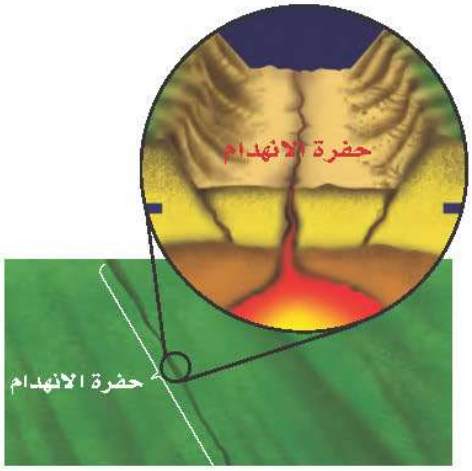
الشكل 16–5 تتكون الصفائح الأرضية من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب، وتتفاعل هذه الصفائح معًا عند حدودها.

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 والتـدفق الحـراري الأرضـي المرتفـع 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.

بداية
beadaya.com | موقـع بـدايـة التعليمي

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 سواحلها 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.

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.

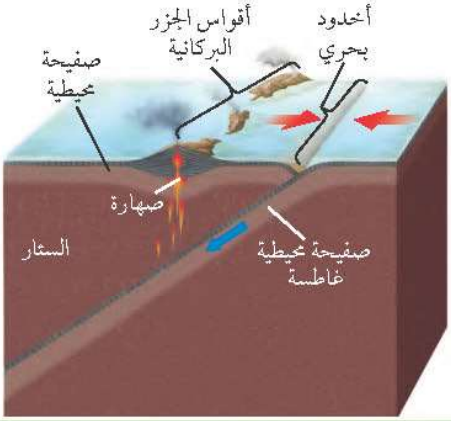
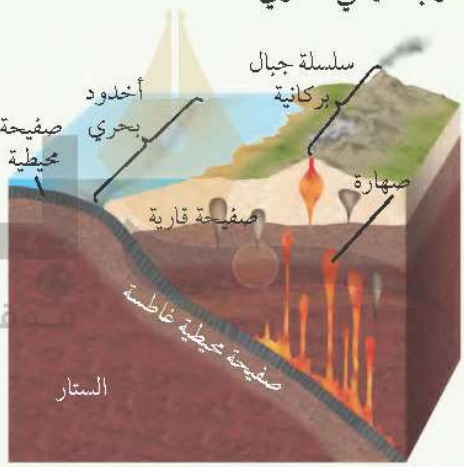
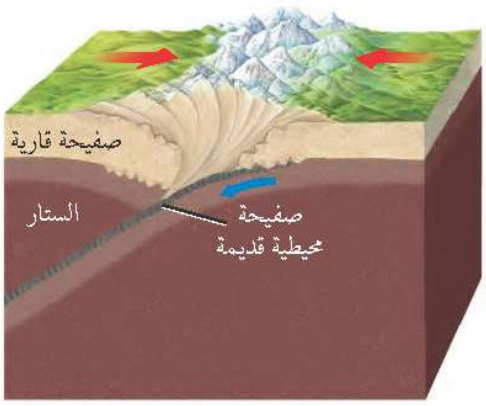
تقارب قاري-قاري Continental–continental يتشكل النوع الثالث من الحدود المتقاربة عندما تصطدم صفيحة قارية بصفيحة قارية أخرى، وتحدث بعد فترة طويلة من انتهاء مرحلة طرح صفيحة محيطية أسفل صفيحة قارية. تذكّر أنه لا توجد في الغالب صفيحة قارية إلا ومعها جزء محيطي، لذا فإنه مع طرح هذا الجزء كاملاً في الستار، وبعد 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.

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.

الجدول 1–5 ملخص أنواع الحدود المتقاربة

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

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.

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).

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 3: أ، (و) د، (و) هـ.

جواب 4: يعد ظهر المحيط حداً صفائحياً بين صفيحتين.

جواب 5: ج، (و) د.

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

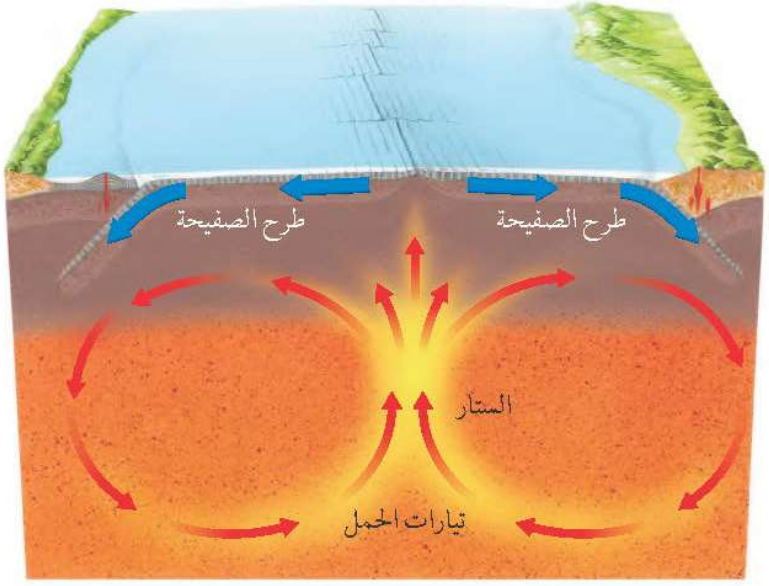
أسباب حركة الصفائح Causes of Plate Motions

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.

beadaya.com



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.

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.

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.

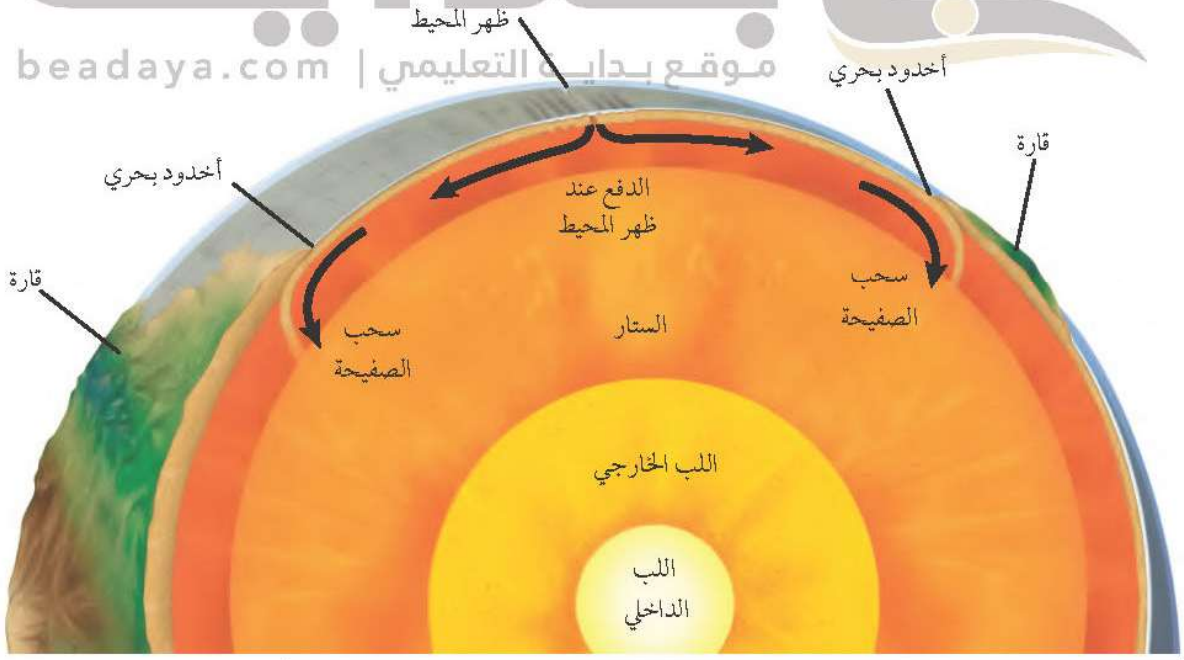
ماذا قرأت؟ ناقش ما الذي يؤدي إلى تدفق تيارات الحمل: ارتفاع المواد الساخنة إلى أعلى أم هبوط المواد الباردة إلى أسفل؟

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

beadaya.com | موقع بداية التعليمي



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.

beadaya.com | بداية التعليمية

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.

الجيولوجيا والبيئة
Geology and the Environment

البحر الأحمر

سمي البحر الأحمر بهذا الاسم لوفرة الطحالب الخضراء المزرقة التي تطفو على سطحه، والتي تحتوي على صبغة حمراء يمكن مشاهدتها من ارتفاعات عالية. وقد بدأ تكون البحر الأحمر في حين الإيوسين بسبب تباعد الصفيحتين العربية والإفريقية، وهو محيط وليد يتميز بنشاط زلزالي عند حوافه القارية ونشاط بركاني عند المرتفعات المحيطية في وسطه، مما ينتج عنه إضافة قشرة محيطية جديدة تقوم بزيادة مسافة التباعد بين الصفيحتين بمقدار 2 cm سنويًّا، كما يقدر طوله بحوالي 2000 km، وعرضه حوالي 300 km، وأعمق نقطة فيه حوالي 2000 m، وأعلى مد قد يصل تقريبا إلى 1m فقط، والمتوسط الإجمالي لدرجة حرارة مياه البحر الأحمر (22°C) والمتوسط الإجمالي لدرجة ملوحته 40 جزءًا في الألف.

ويتم إجراء العديد من الدراسات على البيئة البحرية للبحر الأحمر، منها ما يتعلق بدراسة التغيرات التي تنتج على طول الساحل، ودراسة كل من الخواص الفيزيائية ومنها: اتجاه حركة التيارات وسرعتها، وحرارة مياه البحر وملوحتها، وخواصه الكيميائية ومنها: تحديد العناصر المغذية ومستوى الأحماض؛ لمعرفة جودة المياه، وتحديد مستوى التلوث ومصادره وتأثيره في صحة الشعاب المرجانية، ومعالجة القضايا البيئية والتلوث البحري، وتأثير الحياة البشرية والمنشآت في ظل النمو الاقتصادي والتجاري والسياحي على المدن الساحلية.

ونظرًا لموقع البحر الأحمر الاستراتيجي، ومقدراته الغنية فقد اختير ليكون أحد مشاريع رؤية (2030) وهو مشروع «البحر الأحمر» الذي يستهدف الجزر الواقعة بين مدينتي الوجه وأملج، ويهتم هذا المشروع بسلامة النظام البيئي، وجماله في البحر الأحمر وعدم تأثره بأي شكل من الأشكال، وإحدى توصيات ميثاق مشروع «البحر الأحمر» هي «التخفيف من انبعاثات غاز أكسيد

الكربون، والتلوث الضوئي والنفايات حفاظاً على الموقع لجميع الأجيال، ليصبح مشروع «البحر الأحمر» ضمن أفضل 10 مدن خضراء حول العالم»*.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

الربط مع رؤية ٢٠٣٠
رؤية VISION 2030
المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA
مجتمع حيوي
• من أهداف الرؤية: حماية وتهيئة المناطق الطبيعية (مثل الشواطئ والجزر والمحميات الطبيعية)

الكتابة في الجيولوجيا

ابحث في النشاط الجيولوجي الفريد للبحر الأحمر، واكتب مقالاً يصف طبيعة البيئة البحرية للبحر الأحمر، وأصل نشأته.

في الصفحة التالية

بدأ تشكل البحر الأحمر في عصر الأيوسن نتيجة انفصال الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية حيث تكونت حفرة انهدام بينهما ومع بدء الحركة التباعدية للصفيحة العربية نحو الشمال الشرقي تطوّرت حفرة الانهدام إلى بحر ضيق ويتوقع مع الزمن أن يصبح محيطاً كالمحيط الأطلسي.

يبلغ طول البحر الأحمر حوالي 2250 km ويمتاز بالعديد من الخصائص منها ارتفاع درجة حرارته وملوحته العالية ويبلغ عمقه أكثر من 2000 m وبمقارنة درجة حرارة عمقه مع درجات حرارة باقي البحار والمحيطات وجد أن درجة حرارة مياهه العميقة تصل إلى 21.5 °C بينما لا تتعدى في باقي المحيطات والبحار العميقة درجتين مئويتين.

ولهذا يعد البحر الأحمر من أكثر المناطق تنوعاً في الأحياء المائية حيث يوجد فيه أكثر 1200 نوع من الأسماك كما يتميز بوجود الشعاب المرجانية على امتداد سواحله حيث تضم نحو 250 نوعاً وتدعم هذه الشعاب حياة العديد من الأنواع السمكية واللافقاريات النادرة كما يحتوي البحر الأحمر على العديد من الجزر ومنها: فرسان وتيران وأم القماري توفر الحشائش والغابات الممتدة على سواحل البحر الأحمر وجزره مواطن ملائمة للأحياء البحرية المختلفة ومنها: السلاحف البحرية والطيور وعرائس البحر.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

الفصل 5

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تحدث معظم الأنشطة الجيولوجية عند حدود الصفائح، وتتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض، وتنتج بعض الزلازل بفعل الحركة على طول الصدوع في القشرة الأرضية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5–1 انجراف القارات	
الانجراف القاري بانجيا	**الفكرة الرئيسة** تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معًا يومًا ما. • يوحي تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي بأن القارات كانت مجتمعة معًا يومًا ما. • الانجراف القاري فكرة وضعت في بداية القرن الماضي، تنص على أن القارات تتحرك على قاع المحيط. • جمع العالم فاجنر أدلة من الصخور والأحافير والمناخات القديمة لدعم نظريته. • لم تقبل فكرة الانجراف القاري؛ لأنها لم تقدم تفسيرًا حول كيفية حركة القارات وما يسبب حركتها.
5–2 توسع قاع المحيط	
جهاز قياس المغناطيسية ظهر المحيط الانقلاب المغناطيسي المغناطيسية القديمة تساوي العمر توسع قاع المحيط الأخاديد البحرية	**الفكرة الرئيسة** تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط، وتصبح جزءاً من قاعه. • توفر الدراسات التي أجريت لقيعان المحيطات أدلة على أنها ليست مستوية وأنها تتغير باستمرار. • القشرة المحيطية صغيرة العمر من الناحية الجيولوجية. • تتكون قشرة محيطية جديدة عند ظهر المحيط عندما ترتفع الصهارة وتتصلب. • عندما تتشكل قشرة محيطية جديدة تتحرك القشرة المحيطية القديمة مبتعدة عن ظهر المحيط.
5–3 حدود الصفائح وأسباب حركتها	
الصفيحة الأرضية الحدود المتباعدة حفرة الاندهام الحدود المتقاربة الطرح الحدود التحويلية الدفع عند ظهر المحيط سحب الصفيحة	**الفكرة الرئيسة** تتشكل كل من البراكين والجبال والأخاديد البحرية وتحدث الزلازل بين حدود الصفائح، وتؤدي تيارات الحمل في الستار إلى حركة الصفائح الأرضية. • تقسم القشرة الأرضية والجزء العلوي الصلب من الستار العلوي إلى قطع صخرية ضخمة تسمى الصفائح الأرضية. • تتحرك الصفائح الأرضية بسرعات واتجاهات مختلفة على سطح الأرض. • تبتعد الصفائح الأرضية بعضها عن بعض عند الحدود المتباعدة، ويقترب بعضها من بعض عند الحدود المتقاربة، ويتحرك بعضها بمحاذاة بعض عند الحدود التحويلية (الجانبية). • يتميز كل نوع من حدود الصفائح بمعالم جيولوجية محددة. • الحمل الحراري هو نقل الطاقة عبر حركة المواد الساخنة. • ينتج عن تيارات الحمل نقل الطاقة الحرارية في الستار من باطن الأرض الساخن إلى سطحها الخارجي البارد. • تنتج حركة الصفائح الأرضية بفعل عمليتي دفع ظهر المحيط وسحب الصفيحة.

بداية
موقع بداية للتعليم | beadaya.com

جواب 5: الصفيحة الأرضية قطعة ضخمة تتكون من قشرة الأرض وأعلى الستار تكون بالحالة الصلبة وتنطبق الصفائح معاً عند حوافها.

جواب 6: كلاهما ينتج عن حركة الصفائح ويوجدان في مناطق ظهور المحيطات.

جواب 11: تجلب الرسوبيات إلى المحيطات ببطء ومن ثم ترسب في قاع المحيط ويزداد سمك الرسوبيات بازدياد عمر قاع المحيط ولأن عمر قاع المحيط يزداد كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط لذا يزداد سمك الرسوبيات.

مراجعة المفردات

ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمات التي تحتها خط:

1. تُسمى عملية غطس الصفائح الأرضية في الستار التباعد. طرح
2. تُسمى الحدود الناجمة عن تقارب صفيحتين إحداهما من الأخرى الحدود التحويلية. حد تقارب
3. يتشكّل الأخدود داخل القارات بفعل الحدود المتباعدة. حفرة انهدام
4. جهاز يُستخدم لقياس التغيرات في المجال المغناطيسي للأرض. جهاز قياس المغناطيسية (ماجنيتومتر)

عرّف المصطلحات الآتية بجمل تامة:

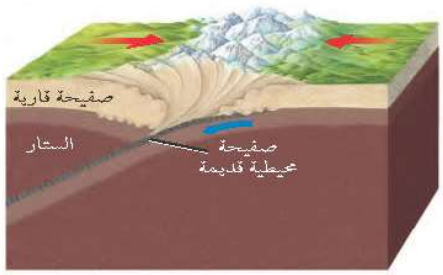
5. الصفيحة الأرضية.

حدّد ما هو مشترك بين كل مصطلحين في الجمل الآتية:

6. الحدود المتباعدة، الحدود التحويلية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 7 و8.



7. ما نوع حدود الصفائح في الشكل أعلاه؟
   a. ظهر المحيط. c. حدود تحويلية.
   b. حدود قارية-قارية. d. حدود قارية-محيطية.

8. ما المعلم الجيولوجي الذي يتكون على طول هذا النوع من حدود الصفائح؟
   a. نطاقات الطرح. c. أقواس الجزر.
   b. أخاديد بحرية. d. جبال مطوية.

9. ما عمر القشرة المحيطية عمومًا؟
   a. لها عمر القشرة القارية نفسه.
   b. أحدث من القشرة القارية.
   c. أقدم من القشرة القارية.
   d. لم يحدد العلم عمرها.

10. ما المنطقة التي يحيط بها حزام النار الكبير؟
    a. المحيط الأطلسي.
    b. قارة أمريكا الشمالية.
    c. البحر المتوسط.
    d. المحيط الهادي.

أسئلة بنائية

11. فسّر ما وجده علماء المحيطات من ازدياد سُمك رسوبيات قاع المحيط بتزايد المسافة بعيدًا عن ظهر المحيط. في الأعلى

12. ميّز بين تولّد المجال المغناطيسي في لب الأرض والمغناطيسية المحفوظة في القشرة المحيطية. في الأسفل

13. حلّل لماذا توجد فروق بين حدود التقارب القاري -القاري وحدود التقارب المحيطي- المحيطي؟ في الأسفل

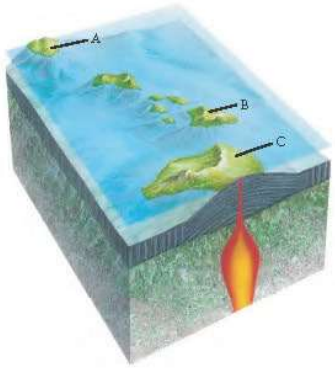
جواب 12: يتولد المجال المغناطيسي الأرضي بفعل حركة مصهور الحديد والنيكل في لب الأرض بينما تتكون المعادن المغناطيسية في القشرة الأرضية وتتمغنط ويتخذ مجاله المغناطيسي اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي وشدته وتحتفظ بالمغناطيسية السائدة وقت تشكلها.

جواب 13: الصخور المكونة للصفائح القارية كثافتها أقل من كثافة الستار وقابليتها للطفو كبيرة فلا تغطس لتعود إلى الستار بل تبقى على السطح وتتراكم لتشكل حزاماً جبلياً بينما الصخور المكونة للصفيحة المحيطية أكثر كثافة فتغطس في الستار وتكون أخاديد عند حدودها.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

5 تقويم الفصل

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 14.



14. **ميِّز** ما أقدم جزيرة؟ وما الاتجاه الذي تتحرك فيه الصفيحة؟ فسر إجابتك.

التفكير الناقد

15. **قارن** بين فرضيتي الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة.
16. **فكر** هل يبقى شكل الصفائح الأرضية وحجمها ثابتين مع مرور الزمن؟ وضح إجابتك.
17. **توقع.** ماذا يمكن أن يحدث إذا لم يكن هناك صفائح أرضية؟

سؤال تحفيز

18. تنبأ ارسم المواقع النسبية للقارات في الكرة الأرضية بعد 60 مليون سنة، مع افتراض أن الصفائح الأرضية مستمرة في الحركة، وفي الاتجاهات نفسها، كما في الشكل (2-5).

جواب 14:

الجزيرة A هي الأقدم لأنها تقع أبعد عن مصدر النشاط البركاني (المُشار إليه باللون الأحمر).
بالنسبة لاتجاه حركة الصفيحة الأرضية، فإنه يمكن تحديده بناءً على مواقع الجزر. نظرًا لأن الجزر تتشكل فوق النقطة الساخنة ومن ثم تتحرك بعيدًا عنها مع حركة الصفيحة، يمكن الاستنتاج أن الصفيحة تتحرك من النقطة الساخنة باتجاه الجزيرة A.

جواب 15:

تكون كلتا القوتين بفعل الجاذبية ووزن المواد المكونة للصفيحة فقوة الدفع عند ظهر المحيط تكونت بفعل وزن السطح الذي تم رفعه إلى أعلى عند ظهر المحيط، أما قوة سحب الصفيحة فتكونت بفعل وزن الصفيحة المطروحة الأكثر كثافة التي تؤدي إلى سحب القشرة المحيطية إلى نطاق الطرح.

جواب 16:

لا بل قد يزداد حجم الصفيحة الأرضية (عندما يكون معدل التباعد أكبر من معدل التقارب (أو يقل) عندما يكون معدل التقارب أكبر من معدل التباعد) كما قد تختفي الصفيحة تماماً.

جواب 17:

لو لم تكن هناك صفائح أرضية، ربما لما شهدنا الزلازل والبراكين وتشكل الجبال والأودية كما نعرفها اليوم. كما أن توزيع القارات والمحيطات كان سيختلف عما هو عليه الآن.

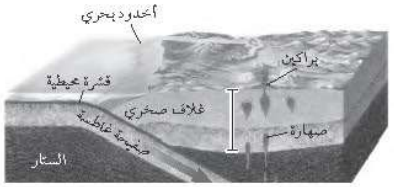
جواب 18:

ينبغي أن تتضمن رسوم الطلاب انغلاق البحر الأبيض المتوسط وتصادم أستراليا مع جنوب شرق آسيا وتوسع قاع المحيط وقد تتضمن الاجابات الأكثر عمقاً زيادة تصادم صفيحتي كل من الهند وشبه الجزيرة العربية مع قارة آسيا.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 1.

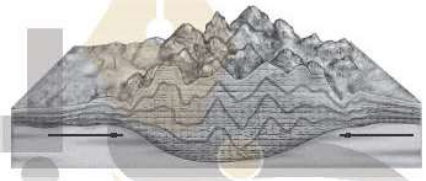


1. ما العملية التي يمثّلها الشكل أعلاه؟

a. تباعد قاري-قاري. c. تباعد محيطي-قاري.

b. طرح قاري-قاري. d. طرح محيطي-قاري.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين 2 و 3.



2. ما نوع حد الصفيحة الذي يظهر في الشكل أعلاه:

a. ظهر محيط. c. حد قاري – قاري.

b. حد تحويلي. d. حد محيطي – قاري.

3. ما الخاصية التي تتشكل على امتداد هذا النوع من الحدود؟

a. نطق طرح. c. أخاديد محيطية.

b. أقواس الجزر. d. جبال تحتوي على طيات.

4. ما الدليل على انجراف القارات الذي لم يستعمله فاجنر في دعم فرضيته؟

a. طبقات الفحم في أمريكا.

b. أحافير الحيوانات التي تعيش على اليابسة.

c. رسوبيات جليدية.

d. بيانات المغناطيسية القديمة.

5. ما اسم العملية التي تُطلق على إنتاج قاع محيط جديد باستمرار؟

a. انجراف القارات. c. البقع الساخنة.

b. توسع قاع المحيط. d. الطرح.

6. يؤدي وزن الصفيحة الغاطسة إلى جرّ طرفها إلى نطاق الطرح. ما اسم هذه العملية؟

a. السحب عند ظهر المحيط.

b. الدفع عند ظهر المحيط.

c. سحب الصفيحة.

d. دفع الصفيحة.

7. من المعالم التي لا توجد عند الحدود المتقاربة:

a. ظهر المحيط. c. سلسلة جبال مطوية.

b. أخدود بحري عميق. d. قوس جزر بركاني.

8. تؤدي عملية طرح صفيحة محيطية تحت صفيحة أخرى إلى تكوّن:

a. أخدود بحري عميق. c. حفرة انهدام.

b. انقلاب مغناطيسي. d. قشرة محيطية جديدة.

بداية
موقع بداية التعليم
beadaya.com

جواب 9: تتحرك 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 نسبياً وأكبر كثافة والتي تأتي من أسفل الصفائح الأرضية حيث تغوص ببطء إلى أسفل.

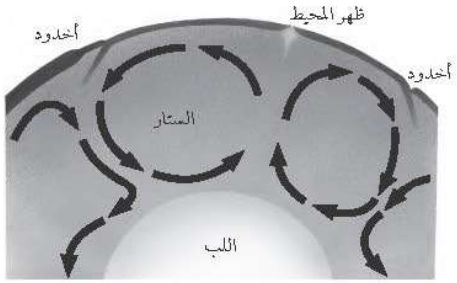
جواب 10: تشير الأسهم في النموذج إلى حركة تيارات الحمل الدائرية في الستار التي يعتقد أنها المسؤولة عن حركة طبقات القشرة الأرضية.

جواب 11: لا بل تحدث تيارات الحمل في الجزء من الستار ذي اللزوجة العالية الذي يقع أسفل الجزء الصلب حيث تتحرك الصهارة ببطء يشبه حركة الأسفلت الساخن.

---

9. كيف تسبب تيارات الحمل حركة الصفائح؟ في الأعلى

استعمل الشكل أدناه في الإجابة عن السؤالين 10 و 11.

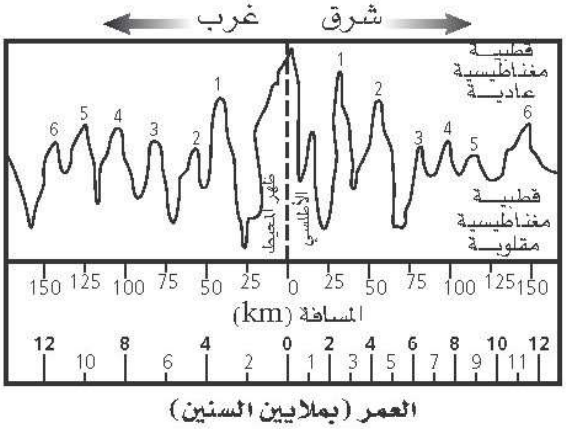


10. صف ما تم نمذجته في الشكل أعلاه، ثم حدد كيف يؤثر في حركة الصفائح. في الأعلى

11. هل يمكن أن تحدث هذه العمليات في الجزء الصلب من ستار الأرض؟ في الأعلى

12. لماذا لا تسبب حركة تيارات الحمل الدائرية زيادة مقدار الحركة على سطح الأرض؟ في الأسفل

13. انتشرت مستنقعات استوائية بصورة واسعة شمال أمريكا قبل نحو 200 مليون سنة، كما غطت الكتل الجليدية في الوقت نفسه مناطق في جنوب إفريقيا وجنوب شرق أمريكا الجنوبية وجزءًا كبيرًا من الهند وأجزاء من أستراليا ومعظم القارة القطبية الجنوبية. كيف يمكن لهذه المعلومات أن تدعم فكرة فاجنر حول الانجراف القاري؟ في الأسفل



14. يستعمل العلماء جهاز قياس المغناطيسية وأجهزة أخرى للحصول على مخطط يمثل شدة المجال المغناطيسي لجزء من قاع المحيط. ما المعلومات التي يمكن أن نحصل عليها عند دراسة المخطط؟ في الأسفل

15. ماذا يمكن أن يستنتج العلماء حول كيفية تكوّن قاع المحيط بالقرب من ظهر المحيط الأطلسي؟ في الأسفل

beadaya.com | بداية التعليمي

جواب 12: تمتد تيارات الحمل عبر آلاف الكيلومترات وتتحرك بضع سنتيمترات في السنة لذا لا يكون لها أثار ملحوظة على سطح الأرض في المد القصير.

جواب 13: قبل 200 مليون سنة تقريباً كانت القارة الضخمة التي سماها العالم فاجنر بانجيا كتلة أرضية ضخمة مكونة من قارات الأرض جميعها وفي ذلك الوقت كانت قارة أمريكا الشمالية الحالية قريبة من خط الاستواء حيث ازدهرت المستنقعات في مناخ استوائي بدليل وجود الفحم الحجري كما جنوب إفريقيا وجنوب شرق أمريكا الجنوبية وأجزاء كبيرة من الهند وأجزاء من أستراليا

تابع جواب 13: ومعظم القارة المتجمدة الجنوبية كانت قريبة من القطب الجنوبي يؤكد على ذلك وجود الرسوبيات الجليدية المكتشفة في تلك القارات وعندما انجرفت القارات تغيرت مواقعها مع الزمن إلى أن وصلت إلى الوضع الحالي وتغيرت مناخاتها.

جواب 14: جواب محتمل: يبين المخطط أن الجزء الأقرب إلى ظهر المحيط الأطلسي هو الأحدث، أما الجزء الأبعد هو الأقدم على كل جانب من الجبل ويظهر المخطط أن هناك ست انقلابات قطبية للأرض.

جواب 15: تندفع المواد المكونة لقاع المحيط من باطن الأرض (الصهارة) بحيث تتدفق على جانبي الظهر مسببة توسع قاع المحيط ومع استمرار خروج هذه المواد ووصولها إلى السطح يتم دفع المواد الأقدم بعيداً عن منطقة الظهر.