

## 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.

#### الفكرة الرئيسية

تشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط وتصبح جزءاً من قاعه. **الربط مع الحياة** هل قمت يوماً بعد 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 عموماً مستو، كما كانت تسيطر عليهم مفاهيم خاطئة حول القشرة المحيطية بأنها لا تتغير، وهي أقدم عمراً من القشرة القارية. بيد 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؛ فقد استُعمل لدراسة قاع المحيط، انظر الشكل 5-8a، وهو جهاز صغير يُستعمل للكشف عن التغيرات الطفيفة في المجالات المغناطيسية، ويوصل خلف السفينة لتسجيل المجالات المغناطيسية لصخور قاع المحيط.

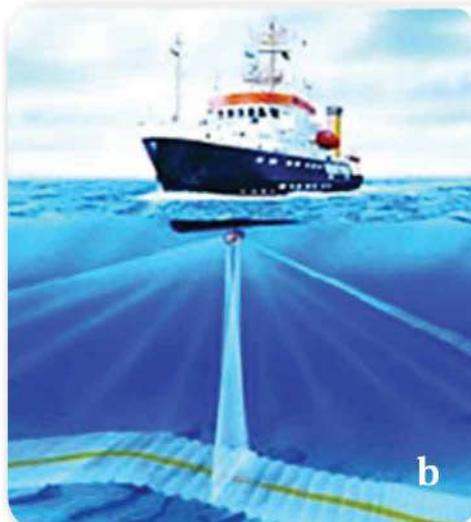
وهناك تطور آخر أتاح للعلماء دراسة قاع المحيط بقدر كبير من التفصيل، وهو تطوير طرائق السبر الصوتي. ومن الأدوات المستعملة في ذلك السونار؛ وهو جهاز يستعمل الموجات الصوتية لتحديد المسافات عن طريق قياس الزمن الذي تستغرقه هذه الموجات المرسله من السفينة إلى قاع البحر حتى ارتدادها عنه وعودتها إلى السفينة انظر الشكل 5-8b، وقد مكنت التطورات في مجال تقنية السونار العلماء من قياس عمق المياه، ثم رسم خريطة لتضاريس قاع المحيطات.

#### 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



الشكل 5-8

**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 جمعت بهذين الجهازين فهم العلماء للصخور والتضاريس الموجودة في قاع المحيط.



الشكل 9-5 كشفت البيانات المسجلة بالسونار وجود ظهور المحيطات والأخاديد البحرية العميقة. حيث يكثر على امتدادهما الزلازل والبراكين.

يوجد هذا الشكل مكبراً في مرجعيات الطالب في نهاية الكتاب

## 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 9-5 الذي يبين تضاريس المحيطات الرئيسة. ومن أهم التضاريس التي أثارت فضول العلماء سلسلة جبلية ضخمة 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؟  
توجد على امتداد ظهور المحيطات**

كما كشفت خرائط السونار تضاريس أخرى تحت سطح الماء، وهي عبارة عن أخاديد ضيقة عميقة تمتد طويلاً في قاع البحر آلاف الكيلومترات تسمى الأخاديد البحرية، انظر الشكل 9-5. 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 تقريباً، فسوف نصل إلى مستوى سطح البحر.

بعد اكتشاف علماء الجيولوجيا هذين المعلمين من تضاريس المحيطات، وهما: ظهور المحيطات، والأخاديد البحرية تحيروا مدة تزيد على عقدين من الزمان، وبرزت جملة من التساؤلات، منها: كيف تشكلت سلسلة الجبال تحت الماء التي تمتد حول الأرض؟ وما مصدر البراكين المرتبطة مع هذه الجبال؟ وما القوى المؤثرة التي جعلت قشرة الأرض تنخفض إلى عمق 11 km في بعض المناطق؟ سوف تجد الإجابة عن هذه الأسئلة لاحقاً في هذا الفصل.

### المفردات

#### مفردة أكاديمية

#### الأخدود

منطقة منخفضة عند حدود الصفائح تنتج عن انزلاق صفيحة تحت صفيحة أخرى. المعنى اللغوي: شق مستطيل في الأرض.

## صخور ورسوبيات المحيطات

### Ocean Rocks and Sediments

#### المهنة في علم الأرض

##### الجيولوجي البحري

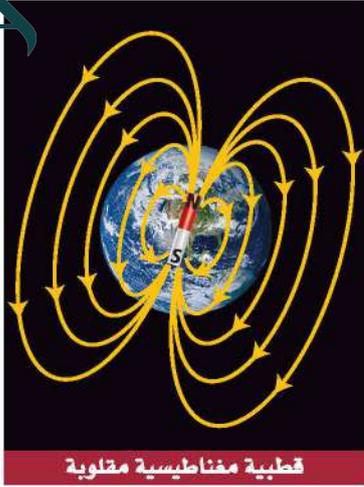
يطلق على علماء الجيولوجيا الذين يدرسون قاع المحيط لفهم العمليات الجيولوجية مثل حركة الصفائح الأرضية الجيولوجيون البحريون.

لم يكتفِ العلماء برسم خرائط لقاع المحيط، بل قاموا بجمع عينات من صخور قاع المحيط ورسوبياته وحللوها، وتوصلوا إلى اكتشافات مهمة، منها: الاكتشاف الأول: أن اختلاف أعمار الصخور عبر قاع المحيط وفق نمط معين يمكن توقعه؛ حيث تزداد أعمار الصخور القشرة المحيطية كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط نحو القارات، وبصورة متناظرة على جانبيه، انظر الشكل 10-5. كما اكتشف العلماء أن أقدم صخور قاع المحيط لا يزيد عمرها على 180 مليون سنة تقريباً، وهو عمر قصير مقارنة بعمر أقدم صخور القشرة القارية الذي لا يقل عن 3.5 مليارات سنة. فلماذا تعد صخور قشرة المحيط أقل عمراً 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؟

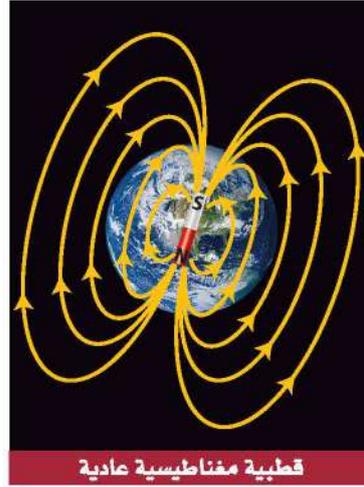
أما الاكتشاف الثاني: فيتعلق برواسب قاع المحيط؛ إذ تشير القياسات إلى أن سُمك رسوبيات المحيطات يصل إلى بضعة مئات من الأمتار عادة، بينما يصل سُمك الصخور الرسوبية التي تغطي مساحات واسعة من القارات إلى 20 كيلومتراً. وعلى الرغم من أن العلماء يعرفون أن المحيطات تتعرض لعملية الحت والترسيب، إلا أنهم لم يعرفوا لماذا يقل سُمك رواسب قاع المحيط عن سُمك نظيراتها القارية، فافترضوا أن سُمك الرسوبيات مرتبط مع عمر القشرة المحيطية، وهذا ما أيده الملاحظات الميدانية؛ إذ يزداد سُمك الرواسب مع زيادة البعد عن ظهر المحيط، وبصورة متناظرة على جانبيه، كما في الشكل 10-5.

الشكل 10-5 كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط ازداد كل من: عمر صخور قشرة المحيط، وسُمك الرسوبيات.

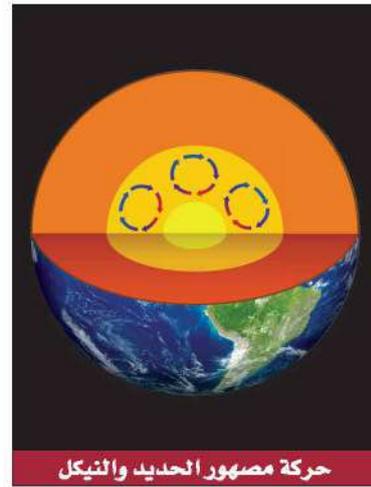




قطبية مغناطيسية مقلوبة



قطبية مغناطيسية عادية



حركة مصهور الحديد والنيكل

## المغناطيسية Magnetism

كما تعلم فإن الأرض تقسم إلى ثلاثة أجزاء رئيسية 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 تياراً كهربائياً، ينشأ عنه مجال مغناطيسي للأرض، انظر الشكل 11-5. ويؤدي ذلك إلى تكون قطبين مغناطيسيين: شمالي وجنوبي. ويسمى اتجاه قطبي المجال المغناطيسي القطبية المغناطيسية العادية عندما يكون اتجاه القطبين في اتجاه قطبي الأرض المغناطيسيين نفسه، كما هو في الوقت الحاضر.

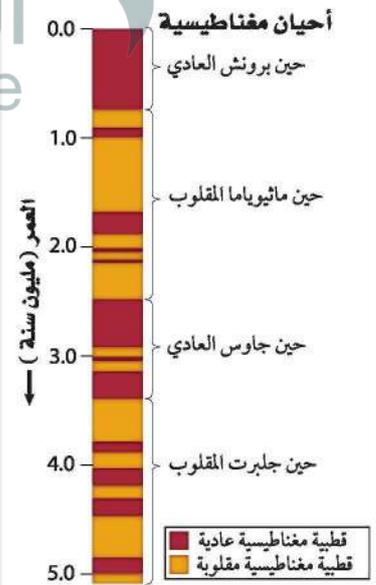
وعندما يتغير اتجاه حركة مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي يحدث تغير في اتجاه سريان التيار الكهربائي، ومن ثم التغير في اتجاه الأقطاب المغناطيسية الأرضية. ويطلق على هذا قطبية مغناطيسية مقلوبة، انظر الشكل 11-5. ويسمى تغير قطبية المجال المغناطيسي للأرض من عادية إلى مقلوبة الانقلاب المغناطيسي **Magnetic reversal**. وقد حدث الانقلاب المغناطيسي عبر تاريخ الأرض مرات عديدة.

**السلم الزمني للقطبية المغناطيسية Magnetic polarity time scale** 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 12-5.

**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 11-5 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.

الشكل 12-5 تتعاقب فترات القطبية المغناطيسية العادية مع فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة، وتسمى التغيرات الطويلة في المجال المغناطيسي الأرضي (أحياناً)، ومفردتها حين، والتغيرات القصيرة (أحداثاً).



الشكل 13-5 سجلات القطبية العادية والمقلوبة والمغناطيسي الأرضي في صخور قاع المحيط.  
حدّد قطبية البازلت المتكون حديثاً في ظهر المحيط.

## النمط متماثل أي متساو على جانبي ظهر محيط

قطبية مغناطيسية عادية  
قطبية مغناطيسية مقلوبة

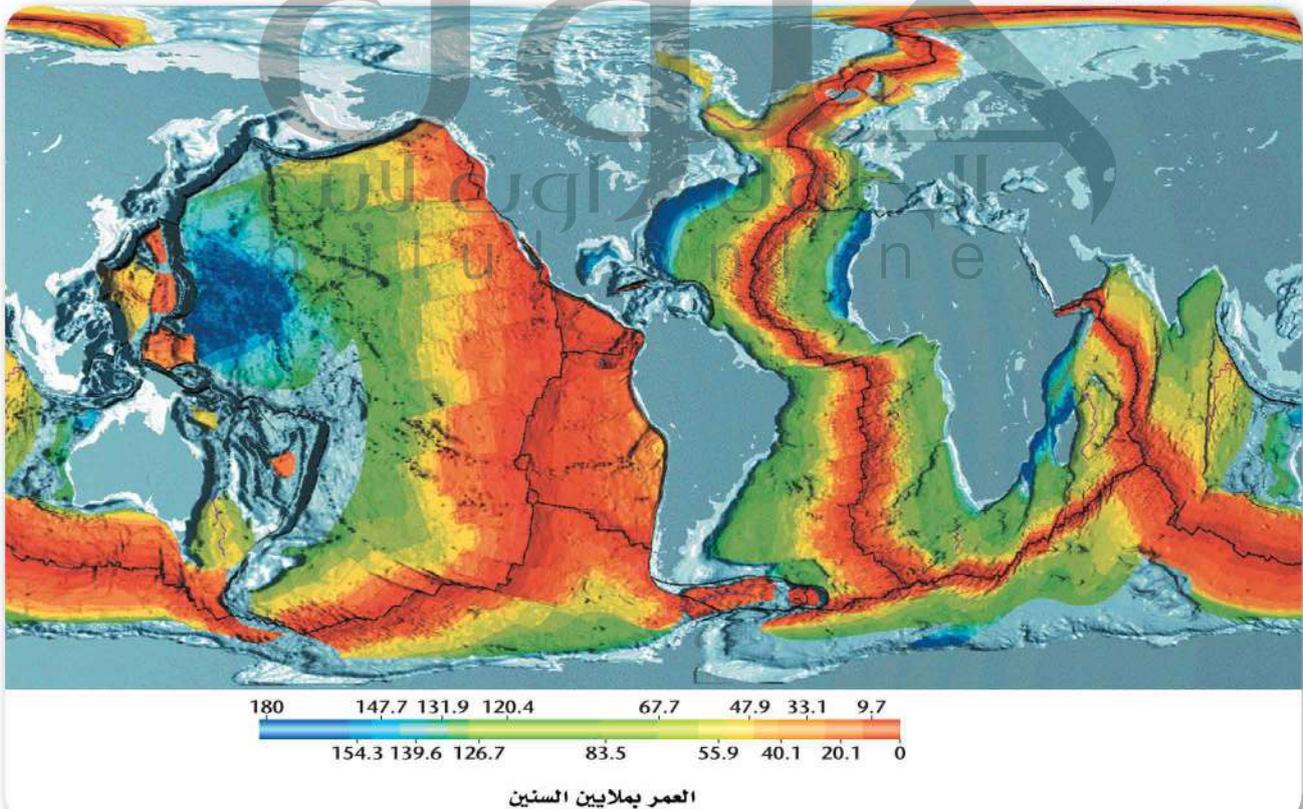


على نتائج مذهلة، منها وجود سلسلة من أشرطة مغناطيسية موازية لظهر المحيط ذات قطبية مغناطيسية عادية ومقلوبة بصورة متعاقبة ومتوازية، ولكنهم اندهشوا أكثر عندما اكتشفوا أن أعمار الأشرطة المغناطيسية وعرضها متماثلة على جانبي ظهر المحيط. قارن النمط المغناطيسي على جانبي ظهر المحيط في الشكل 13-5.

الشكل 14-5 تمثل كل حزمة لونية في خريطة تساوي أعمار قاع المحيط عمر قطاع من قشرة المحيط.

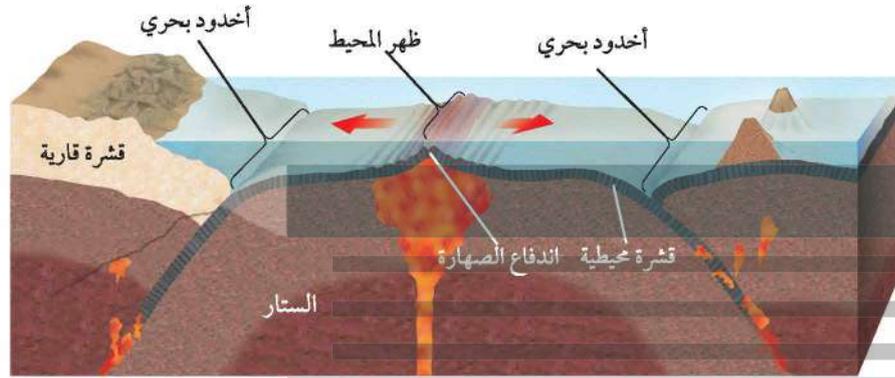
لاحظ. ما النمط الذي تلاحظه في خريطة تساوي العمر؟

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 بسرعة، كما في الشكل 14-5. 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.

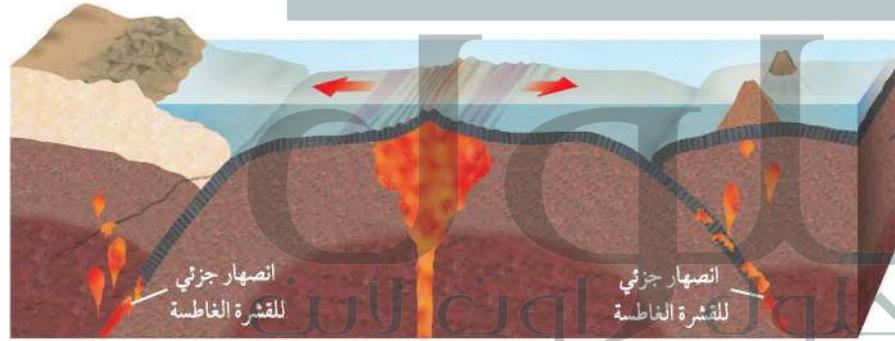


## توسع قاع المحيط Seafloor Spreading

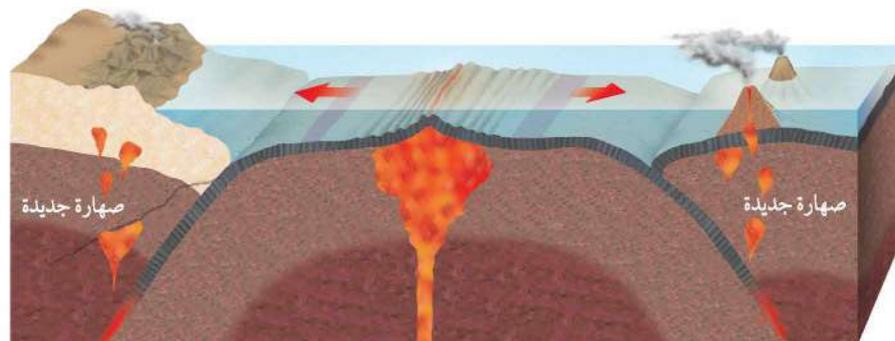
الشكل 15-5 بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة قادت العلماء إلى اقتراح فرضية توسع قاع المحيط. وتوسع قاع المحيط عملية تتشكل من خلالها قشرة محيطية جديدة عند ظهور المحيطات، ثم تتحرك هذه القشرة ببطء بعيداً عن مركز التوسع حتى تُطرح ويعاد تدويرها عند الأخاديد البحرية.



1. تندفع الصهارة إلى قاع المحيط من خلال الفراغات التي تشكلت على امتداد سلسلة ظهر المحيط، وتتصلب مشكّلة 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 للصفائح تقل درجة الانصهار وتنصهر الصفائح الغاطسة مكونة صهارة جديدة، ثم ترتفع الصهارة وتتصلب داخل القشرة أو على السطح وتصبح جزءاً من القشرة القارية.

ج1: لأنه في أثناء عملية توسع قاع المحيط عند ظهر المحيط تضاف قشرة محيطية جديدة، كما يؤدي استمرار خروج الصهارة إلى حركة قاع المحيط (القشرة نحو أطراف الصفيحة المحيطية التي تحب -في النهاية- لتعود إلى الصهارة إلى الأسفل

- ج2: تعد صخور القشرة المحيطية حديثة من الناحية الجيولوجية إذ يتل عمرها في اتجاه ظهر المحيط بما 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 عمرًا مقارنة بالصخور البعيدة عند الأطراف
- ج3: اتجاه المجال المغناطيسي لصخور القطبية المغناطيسية العادية هو نفسه اتجاه المجال الحالي للأرض أما اتجاه المجال المغناطيسي لصخور القطبية المغناطيسية المقلوبة فهو معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي الحالي للأرض
- ج4: تتميز بأخاديد عميقة وظهور مرتفعة؛ وتعد ظهور المحيطات أطول سلسلة جبلية على سطح الأرض، وبالابتعاد عن ظهور المحيطات 6 تكون معظم قيعان المحيطات مغطاة برسوبيات وقمم من الجبال البحرية التي قد جرى تعريتها
- ج5: توضح خريطة خطوط تساوي العمر المغناطيسية التي سجلت في أثناء تبريد اللابة وجود أنماط متماثلة على جانبي ظهور المحيطات؛ تدل عل أن جانبي ظهر المحيط قد تكونا في فترة زمنية واحدة
- ج6: لأن المحيط المادي يتوسع بمعدل أكبر من توسع المحيط الأطلسي

1. الفكرة الرئيسية: صف لماذا تشبه عملية توسع قاع المحيط حركة الحزام الناقل (المتحرك)؟
2. وضح كيف توفر كل من صخور قاع المحيط ورسوبياته أدلة على توسع قاع المحيط؟
3. مميّزين مصطلحي: القطبية المغناطيسية العادية، والقطبية المغناطيسية المقلوبة.
4. صف تضاريس قاع المحيط.
- التفكير الناقد
5. وضح كيف تدعم خريطة تساوي العمر لقاع المحيط فرضية توسع قاع المحيط؟
6. حلل لماذا يكون عرض الأشرطة المغناطيسية في شرق المحيط الهادي أكبر من نظائرها في المحيط الأطلسي؟
- الرياضيات في الجيولوجيا
7. حلل الشكل 12-5، ما نسبة فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة في آخر خمسة ملايين سنة 70%
- 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 مبتعدة عن ظهر المحيط.