أكاديمية نورث سيتي
NORTH CITY ACADEMY

الفصل الدراسي الأول

العام الدراسي 2026/ 2027

الصف : الثاني عشر / المسار الأكاديمي

المادة : علوم الأرض و البيئة

معلمة المادة : مّي سميح صلاح

علوم الأرض و البيئة

الوحدة الرابعة : الصفائح التكتونية

الصف الثاني عشر / المسار الأكاديمي
الفصل الدراسي الأول



الدرس الأول: انجراف القارات

الدرس الثاني: توسع قاع المحيط

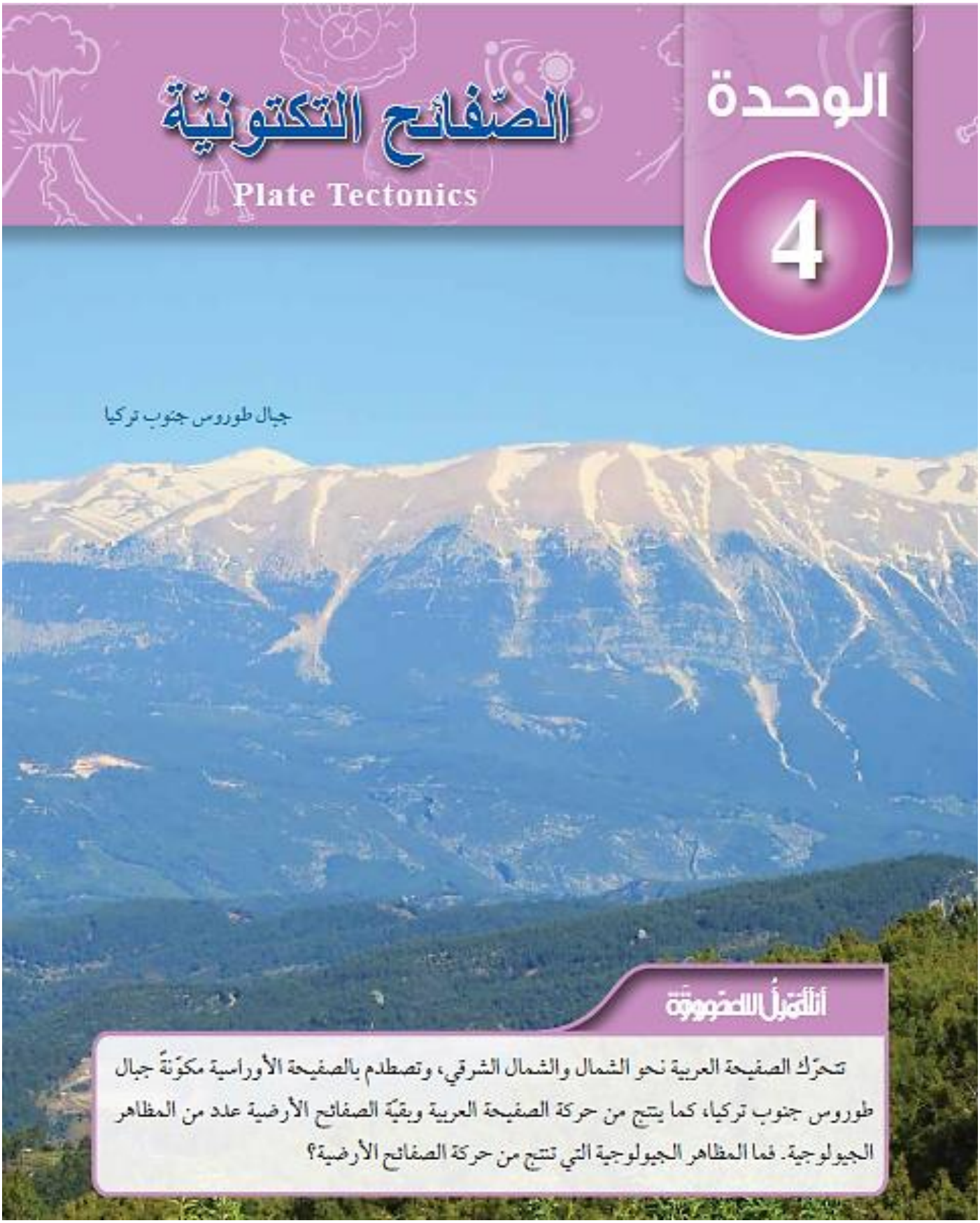
الدرس الثالث: حدود الصفائح

إعداد المعلمة: مي سميح صلاح

الوحدة 4

الصّفائح التكتونيّة

Plate Tectonics



أتأمّلُ الصورةَ

تتحرّك الصفيحة العربية نحو الشمال والشمال الشرقي، وتصطدم بالصفيحة الأوراسية مكوّنةً جبال طوروس جنوب تركيا، كما ينتج من حركة الصفيحة العربية وبقيّة الصفائح الأرضية عدد من المظاهر الجيولوجية. فما المظاهر الجيولوجية التي تنتج من حركة الصفائح الأرضية؟

ما المظاهر الجيولوجية التي تنتج من حركة الصفائح الأرضية؟

من المظاهر الجيولوجية التي تنتج عن حركة الصفائح : تشكّل السلاسل الجبلية، و تشكل البحار والمحيطات و الجزر البركانية و الأخاديد البحرية.

الفكرة العامة:

تتشكل العديد من المظاهر الجيولوجية بفعل حركات الصفائح الأرضية المختلفة و منها:

1. السلاسل الجبلية
2. الجبال البركانية
3. ظهور المحيطات

الدرس الأول: انجراف القارات

الفكرة الرئيسة : كانت جميع القارات الحالية تشكل قارّة واحدة تُسمّى بانغيا ، ثم انقسمت و أخذت بالتباعد حتى وصلت إلى وضعها الحالي.

الدرس الثاني: توسع قاع المحيط

الفكرة الرئيسة: تتوسع قيعان المحيطات بصورة مستمرة عند ظهر المحيط، و من ثمّ يؤدي ذلك إلى بناء قشرة محيطية جديدة فيها.

الدرس الثالث: حدود الصفائح

الفكرة الرئيسة: تتكوّن المظاهر الجيولوجية و منها السلاسل الجبلية، و الأخاديد البحرية عند حدود الصفائح. و تُعد تيارات الحمل في الستار القوى الرئيسة المسؤولة عن حركة الصفائح الأرضية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

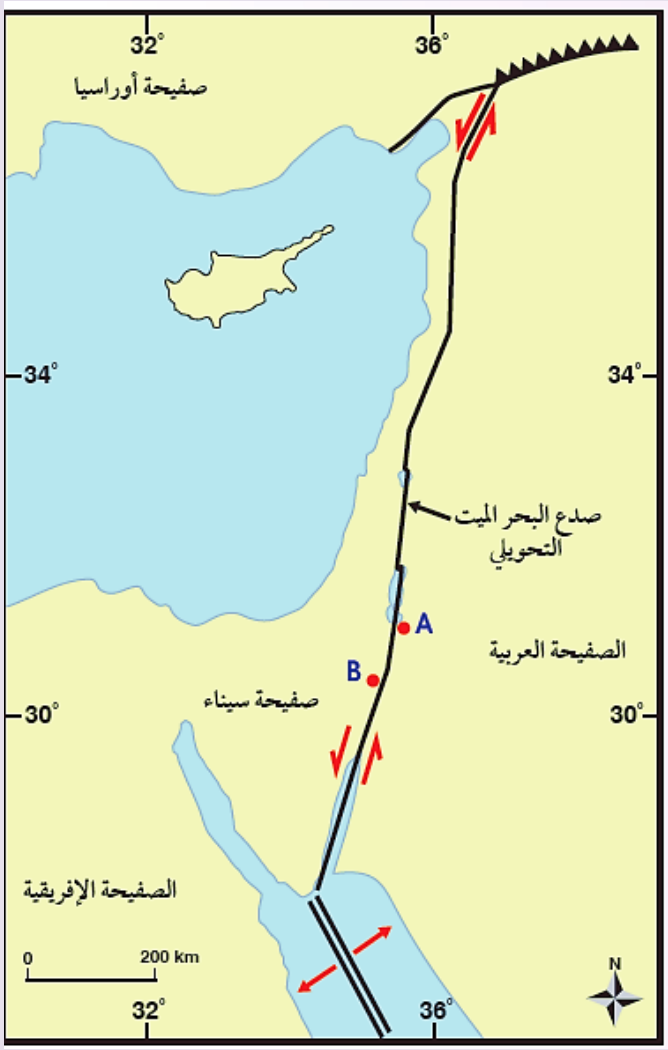
صَدْع البحر الميت التحويلي

صَدْعُ البحر الميت التحويلي:

- يفصل بين الصفيحة العربية في الشرق، وصفيحة سيناء في الغرب
- يبلغ طوله 1000 km تقريباً ، حيث يمتد من بداية خليج العقبة الجنوبي، وحتى جنوب تركيا.

تمثل النقطتان(A وB) على الخريطة صُخورًا لها العمر نفسه، و كذلك التركيب الكيميائي و المعدني نفسه، و تقعان على جانبي صَدْع البحر الميت التحويلي. و قد قدرت سرعة الحركة الأفقية لصدع البحر الميت التحويلي ب 0.47 ± 0.07 cm/y

ملاحظة : يقاس معدل الحركة بقسمة (المسافة بين نقطتين على جانبي الصدع لهما العمر نفسه) على الزمن.



المواد و الأدوات:

1. مسطرة
2. أوراق حجم A4
3. خريطة جيولوجية.

خطوات العمل:

1. أقيس المسافة بين النقطتين A و B مستخدمًا المسطرة.

المسافة بين النقطتين تساوي 0.9 cm

2. أحدّد المسافة الفعليّة بين النقطتين مستخدمًا مقياس رسم الخريطة.

المسافة الفعلية: بما أن 1.7cm = 200 km

بالضرب التبادلي فإن

1.7 × 200

0.9 × ??

فإن $0.9 \times 200 = 1.7 \times ??$

$?? = 180 \div 1.7 = 105.9$ km

التحليل والاستنتاج:

1. أحسب المسافة بين النقطتين (A) و (B) بعد 20m.y إذا علمت أن مُعدَّل الحركة على جانبي صَدْع البحر الميت التحويلي تساوي 0.5 cm/y تقريبًا.

المسافة بين النقطتين (A,B) بعد 20 m.y =

- أولا : نحسب المسافة على جانبي الصدع بعد 20 my وفقا للعلاقة الآتية:

المسافة على جانبي الصدع = الزمن × معدل حركة الصفيحة

20000000 × 0.5 = 10000000 cm

ثانيًا : لإيجاد المسافة على جانبي صدع البحر الميت التحويلي بوحدة ال Km نقسم على 100000

حيث إن 1km= 100000 cm

10000000 /100000 = 100 km

- ثالثًا: نحسب المسافة بين النقطتين بعد 20my(بجمع المسافة الفعلية بين النقطتين) + (المسافة بعد 20 m.y):

105.9 +100 = 205.9 km

2. أحسب المدة الزمنية اللازمة لتصبح المسافة بين النقطتين (A و B) 300 km

أولا : نحسب المسافة التي ستتحركها النقطتين حتى تصبح المسافة بينهما (300km):

=300-105.9

= 194.1 km

ثانيًا : لإيجاد المسافة بوحدة cm نضرب بـ 100000

194.1 km × 100000 = 19410000 cm

ثالثًا: : نحسب المدة الزمنية لتصبح المسافة بين النقطتين 300km

المدة الزمنية = المسافة ÷ معدل حركة الصفيحة

=19410000 ÷ 0.5

= 38820000 y

=38.82 m.y

3. أتوقع ما القوى التي تسبّب الحركة على جانبي صَدْع البحر الميت التحويلي؟

قوى القص الناتجة عن حركة الصفيحة العربية نسبة إلى حركة صفيحة إفريقيا وصفيحة سيناء.

الدرس الأول : انجراف القارات

الفكرة الرئيسة :

كانت جميع القارات الحالية تشكل قارّة واحدة تُسمّى بانغيا، ثم انقسمت وأخذت بالتباعد حتى وصلت إلى وضعها الحالي.

فرضيّة انجراف القارات Continental Drift Hypothesis

ماذا تلاحظ نظرت إلى خريطة العالم؟

ألاحظ أن حواف بعض القارات يمكن أن تتطابق معًا، مثل لعبة تركيب القطع (Jigsaw Puzzle).

ماذا لاحظ رسامو الخرائط الجغرافية منذ أكثر من 400 عام؟

أن هناك تطابقا بين حواف القارات على جانبي المُحيط الأطلسي.

بانغيا Pangaea

ماذا لاحظ عالم الأرصاد الألماني (ألفرد فغنر) ؟

التطابق الكبير بين حواف القارّات، و رأى أن هذا التطابق لا يمكن أن يكون مجرّدَ صُدفة.

ما هو اقتراح (ألفرد فغنر) في عام 1912م ؟

فرضية أسماها فرَضيّة انجراف القارات

ماهو نص فرَضيّة انجراف القارات ؟

تنص على أن " جميع القارات الحالية كانت تشكّل في الماضي قارة واحدة سماها بانغيا Pangaea، وتعني كلَّ اليابسة يحيط بها محيط يسمّى بانثالاسا، ويعني كل المحيط. و قد بدأت قارّة بانغيا منذ 200m.y تقريبًا بالانقسام إلى قارات أصغر ، ثم أخذت القارات بالانجراف ببطء حتى وصلت إلى مواقعها الحالية". أنظر الشكل (1).

الشكل (1): كانت القارات قبل 200m.y تقريبا تشكل قارة واحدة تسمى بانغيا.



التجربة 1

قارة بانغيا



قارّة بانغيا

افترض فغنر اعتمادًا على تطابق حواف القارّات أن القارات قبل 200m. y كانت قارّة واحدة سمّاها بانغيا.

و لتمثيل ما توصل إليه فغنر، أطابِقُ حواف القارّات كما تتوزّع في الوقت الحالي، وأُشكّل قارّة بانغيا.

المواد والأدوات:

1. خريطة العالم صورة تمثّل قارّة بانغيا
2. مِقَصّ
3. قطعة كرتون
4. لاصق.

إرشادات السلامة :

الحذر عند استخدام المقص .

خطوات العمل:

1. أُحضر خريطة العالم ، ثم أقُصُّ القارّات من حوافها، لأفصلها بعضها عن بعض.



2. أُشكّل قارّة بانغيا بوساطة لصق صوّر القارّات على قطعة الكرتون بدقة مستعينًا بالشكل المُرفق في المواد والأدوات الذي يمثل قارة بانغيا.

3 .أكتُب أسماء القارّات كما هي معروفة الآن. الإجابة: أمريكا الجنوبية، أمريكا الشمالية، إفريقيا، الهند، أستراليا، القارة القطبية الجنوبية.

التحليل والاستنتاج:

1. ألاحظ: أيُّ القارات تطابقت حوافها تطابقًا كبيرًا ، وأيُّها تطابقت حوافها تطابقًا أقل؟

هناك تطابق كبير :

1. بين قارة أستراليا مع القارة القطبية الجنوبية
2. قارة إفريقيا مع قارة أمريكا الجنوبية

تتطابق بشكل أقل :

قارة أوروسيا مع قارة أمريكا الشمالية.

2. أفسر سبب عدم وجود تطابق تام بين حواف القارات.

بسبب عمليات الحت و التعرية التي تعرضت لها في أثناء حركتها.

3 .أقارن بين موقع قارّة أمريكا الشمالية الآن، و موقعها في قارة بانغيا.

تقع معظم قارة أمريكا الشمالية الآن في الشمال الغربي من الكرة الأرضية بعيدًا عن دائرة الاستواء بينما كانت تقع في قارة بانغيا أقرب إلى دائرة الاستواء حيث كان جزء ها السفلي يقع على دائرة الاستواء.

4 أستنتج هل كان المحيط الأطلسي متشكّل قبل 200m.y؟ لماذا؟

لا لم يكن المحيط الأطلسي متشكلًا في ذلك الوقت؛ إذ أن المحيط الأطلسي يفصل حاليًا بين قارتي أمريكا الجنوبية و إفريقيا اللتان كانتا ملتصقتان قبل 200my ضمن قارة بانغيا التي كان يحيط بها محيط بانثلاسا.

أدلة على فرضية انجراف القارات Evidences for Continental Drift Hypothesis

واجه فغنر معارضةً كبيرة من العلماء منذ طرح فرضية انجراف القارات أمامهم.

قدّم فغنر مجموعة متنوعة من الأدلة لدعم فرضيته ، منها:

1. تطابق حواف القارّات.
2. تشابه الأحافير.
3. تشابه أنواع الصخور و التراكيب الجيولوجية.
4. المناخات القديمة.

1. تطابق حواف القارات Fit of the Continents Edges:

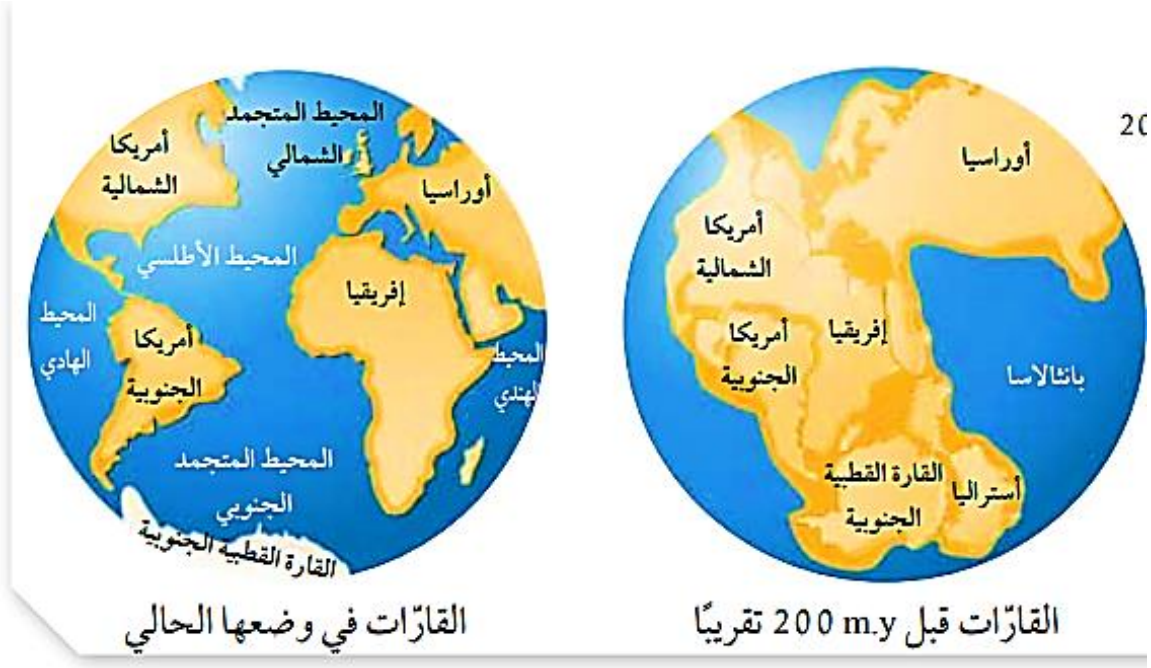
ما الدليل الأوّلَ الذي اعتمد عليه العالم الألماني فغنر لدعم صحة فرضيّته؟

تطابق حواف القارّات

ماذا لاحظ العالم فغنر ؟

لاحظ التطابق بين حواف القارات على جانبي المُحيط الأطلسي. إذ طابق بين الحافة الشرقية لقارة أمريكا الجنوبية مع الحافة الغربية لقارة إفريقيا، فوجدها تتطابق بصورة تقريبية.

أنظر الشكل (1) هناك بعض القارات يكون التطابق بين حوافها أقل مثل قارتي أوروبا و أمريكا الشمالية، و سبب ذلك عمليات الحت و التعرية التي تعرّضت لها حوافُ القارات عبر الزمن.



القارّات قبل 200 m.y تقريبًا — القارّات في وضعها الحالي

2. تشابه الأحافير Matching Fossils

- جمع فغنر العديد من الأحافير التي تُمثل حيوانات و نباتات عاشت على اليابسة قبل 200 m.y لدعم صحة فرَضيّة انجراف القارات.
- من هذه الأحافير أحفورة الميزوسورس ، وهو نوع من الزواحف. أنظر الشكل (2).
- أين عثر العالم فغنر على بقايا أحفورة الميزوسورس؟

في كل من جنوب شرق أمريكا الجنوبية، و جنوب غرب إفريقيا.



الشكل (2): أحفورة الميزوسورس أحَدُ أدلة فغنر على صحة فرضية انجراف القارات

ما دليل على أن قارة إفريقيا و قارة أمريكا الجنوبية كانتا قارة واحدة زمن حياة هذا الكائن الحي (الميزوسورس) ثم انفصلتا و انجرفتا؟

يرى العلماء أن الميزوسورس كان يعيش في بحيرات المياه العذبة ، و الخلجان الضحلة، فهو بذلك لا يستطيع الانتقال بين القارتين، و السباحة عبر مياه المحيط الأطلسي المالحة.

افكر

لماذا لا يوجد تشابه أحفوري بين القارات عند العمر 70 m.y ؟

لا يوجد تشابه أحفوري بين القارات عند عمر 70 m.y ؛ و ذلك لأن القارات في ذلك الوقت كانت مبتعدة عن بعضها بعضًا و لكل قارة ظروفها المناخية والطبيعية الخاصة بها بحسب موقعها.

2. تشابه أنواع الصخور و التراكيب الجيولوجية

ماذا افترض فغنر بحسب فرَضيّة انجراف القارات؟

وجود تشابه بأنواع الصخور المكونة للسلاسل الجبلية و امتدادها في القارات المنفصلة عن بعضها بعضًا.

الأدلة على تشابه أنواع الصخور و التراكيب الجيولوجية :

فقد وجد أن صُخور جبال الأبالاش في قارة أمريكا الشمالية التي يزيد عمرها على 200 m.y تتشابه في أنواعها و أعمارها و تراكيبها الجيولوجيّة مع الصّخور المكوّنة للجبال الكالدونية في قارة أوروبا، أنظر الشكل (3/أ) .



عند مطابقة حواف القارات معًا فإن السلسلتين الجبليتين تشكلان سلسلة واحدة مستمرة تقريبا، أنظر الشكل (3/ (ب)، وهذا يدعم فرضيّته التي تتمثل في أن القارات قبل 200 m.y كانت تشكل قارة واحدة تسمى بانغيا.



3. المناخات القديمة Ancient Climates

❖ **كيف دعم فغنر صحة فرضيّته ؟**

عن طريق دراسة الصخور و الأحافير لتحديد التغيرات المناخية التي سادت على سطح الأرض وقت تشكل قارّة بانغيا.

❖ **كيف دعمت المناخات القديمة صحة فرضية فغنر ؟**

فقد وجد رسوبيات جليدية عمرها يتراوح ما بين(220-300 m.y) في كلّ من جنوب إفريقيا ، و جنوب شرق أمريكا الجنوبية، و الهند و أستراليا التي تقع حاليا بين دائرة عرض 30° ، و دائرة الاستواء التي يسود فيها الآن مناخ شبه استوائي أو استوائي إذ من الصعب أن تتشكل فيها الرسوبيات الجليدية .

❖ حدد المناطق التي تقع حاليا بين دائرة عرض 30° ، و دائرة الاستواء و التي يسود فيها الآن مناخ شبه استوائي أو استوائي و قد وجد فيها رسوبيات جليدية عمرها يتراوح ما بين(220-300 m.y) حيث من الصعب أن تتشكّل فيها الرسوبيات الجليدية؟

1. جنوب إفريقيا
2. جنوب شرق أمريكا الجنوبية
3. الهند
4. أستراليا

تفسير فغنر (اعتمادا على المناخات القديمة) لفرضية انجراف القارات ؟

أن تلك القارات كانت تقع سابقا بالقرب من القطب الجنوبي.

أنظر الشكل (4)؛ لذلك، كانت الظروف ملائمة لتشكل الرسوبيات الجليدية فيها .



الشكل (4): يدل وجود رسوبيات جليدية في المناطق التي تقع الآن على دائرة الاستواء، أو بالقرب منها، على أنها كانت تقع سابقا بالقرب من القطب الجنوبي.

افكر

يوجد الفحم الحجري في كل من قارتي أوروبا و أمريكا الشمالية اللتين يسود فيهما مناخات باردة، فكيف أفسر وجود الفحم الحجري الذي يتكوّن في المناخ الاستوائي فيهما ؟

وجود الفحم الحجري في قارة أوروبا و أمريكا الشمالية يدل على أنهما كانتا تقعان وقت تشكله بالقرب من دائرة الاستواء الذي يسود فيه المناخ الاستوائي حيث كانت الظروف ملائمة لتشكله.

✓ أتحقق : أفسر : كيف يدعم وجود تشابه أنواع الصخور عند حوافِ القارات صحة فرضيّة فغنر ؟

أن تشابه أنواع الصخور المكونة للسلاسل الجبلية عند حواف القارات يدل على أن القارات قبل 200 مليون سنة كانت تشكل قارة واحدة؛ حيث أنه عند مطابقة حواف هذه القارات معًا شكلت هذه السلاسل سلسلة جبلية واحدة لها نفس نوع الصخور و العمر و التركيب الجيولوجي مثل : تشابه أنواع صخور جبال الأبالاش الموجودة في قارة أمريكا الشمالية مع أنواع الصخور المكوّنة للجبال الكالدونية الموجودة في قارة أوروبا.

رفض فرضيّة انجراف القارات

واجه فغنر العديد من الانتقادات على فرضيته، على الرغم من دعمها بالعديد الأدلة. وقد تركزت انتقادات كثير من العلماء في عصره من على نقطتين أساسيتين هما :

1. سبب حركة القارات وانجرافها .
2. آلية حركة انجراف القارات .

أسباب انجراف القارات :

فسر : أخفق فغنر في تقديم تفسير علمي لحركة القارّات؟

إذ لم يستطع أن يُقدّم آلية يُفسّر بها تحريك أو انجراف القارّات الصلبة فوق صخور صلبة تحتها.

ما القوى المسببة لتحرك القارات بحسب افتراضات فغنز ؟

افترض أن قوة جذب القمر للأرض هي القوّة المسؤولة عن انجراف القارّات، على الرغم من معرفته بضعف تلك القوة للحد الذي لا يمكن معه إحداث إزاحة كبيرة في مواقع القارات، إلّا أنه ظنّ أنه بمرور ملايين السنين ستصبح تلك القوة كبيرة يسهل ملاحظتها. لكن ضعف قوة جذب القمر للأرض، لم يُقنع علماء عصره بالتفسير الذي اقترحه لحركة القارات.

آلية انجراف القارات Mechanism of Continental Drift

اعتقد فغنر أن القارّات تنزلق فوق قيعان المحيطات الملساء.

فسر : رفض العلماء تفسيره؟

لأنّ قيعان المحيطات ليست ملساء بل متنوعة التضاريس؛ ما يعني استحالة انجراف القارات الضخمة فوق قيعان المحيطات في مثل هذه الحالة.

✓ أتحقق: أوضح القوى المسببة لتحرك القارات بحسب افتراضات فغنز.

افترض أن قوة جذب القمر للأرض هي القوّة المسؤولة عن انجراف القارّات .

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة : أذكُر نص فرَضيّة انجراف القارّات.

تنص فرضية انجراف القارّات على أن " جميع القارات الحاليّة كانت تشكّل في الماضي قارّة واحدة سمّاها بانغيا، وتعني كلَّ اليابسة يحيط بها مُحيط بانثالاسا ، و يعني كل المحيط. وقد بدأت قارّة بانغيا منذ حوالي 200 m.y تقريبًا بالانقسام إلى قارّات أصغر، ثم أخذت القارّات بالانجراف ببطء حتى وصلت إلى مواقعها الحالية" .

2. أفسّر : كيف استخدم فغنر دليل تشابه الأحافير في إثبات صحة فرضيّته؟

جمع فغنر العديد من الأحافير التي تُمثّل حيوانات و نباتات عاشت على اليابسة قبل 200 m.y حيث عثر على بقايا أحفورة الميزوسورس في ، كلٌّ من جنوب شرق أمريكا الجنوبية، وجنوب غرب إفريقيا و الذي كان يعيش في بحيرات المياه العذبة، و الخلجان الضحلة فهو بذلك لا يستطيع الانتقال بين القارتين ، و السّباحة عبر مياه المحيط الأطلسي المالحة ما يعني أن القارتان كانتا قارة واحد وقت انتشاره.

3. أستنتج كيف كان مناخ جنوب قارّة إفريقيا قبل 200 m.y؟

كان المناخ السائد في إفريقيا بارد و دليل ذلك العثور على رسوبيات جليدية فيها تعود إلى تلك الفترة الزمنية.

4. أقوم صحة العبارة الآتية : (موقع الأردن الجغرافي ثابت لم يتغيّر على مر السنين).

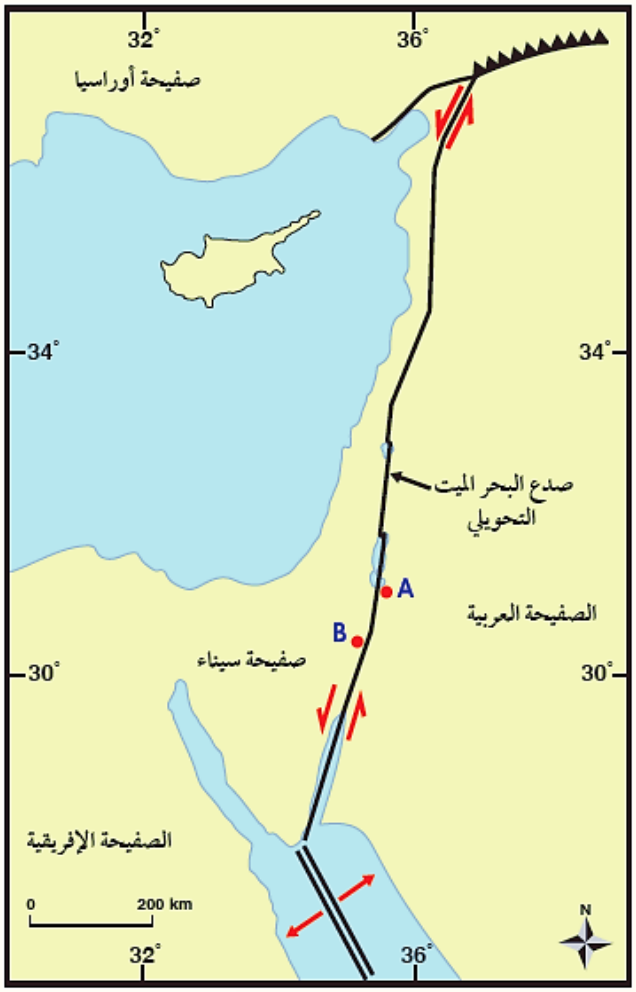
العبارة غير صحيحة ؛ حيث أن القارات تتحرك نسبة إلى بعضها بعضًا لذلك يختلف موقعها الجغرافي مع الزمن و من ضمنها الأردن.

5 أوضح: لماذا تُعَدُّ جبال الأبالاش و الجبال الكالدونية دليل على صحة فرضيّة انجراف القارات؟

لأن صخور سلسلة جبال الأبالاش في أمريكا الشمالية تتشابه في أنواعها و اعمارها و تراكيبها الجيولوجية مع الصخور المكونة لسلسلة الجبال الكالدونية في قارة أروبا و عند مطابقة حواف القارتين معا فإن السلسلتين الجبليّتين تشكلان سلسلة واحدة مستمرة تقريبًا.

5. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

يمثل الشكل المجاور خريطة جيولوجية لصدع البحر الميت التحويلي، أدرسه جيدًا، ثم أجيب عن الأسئلة (1و2) الآتية:



1. إذا كانت المسافة بين النقطتين (A-B) على الخريطة تساوي 0.5 cm، فما تقدير المسافة الفعلية بينهما ؟

أ. 100 cm ب. **100km**

ج. 1 cm د. 1km

2. . إذا علمت أن معدل الحركة على جانبي صَدْع البحر الميت التحويلي تساوي 0.5cm/y تقريبا، فإن المسافة بين النقطتين (A-B):

أ . ستزداد بعد 35 m.y بمقدار 175 cm

ب. ستزداد بعد 35m.y بمقدار 175 km

ج. ستقل بعد 35 m.y بمقدار 175 km

د . ستقل بعد 35m.y بمقدار 175 cm

3 . من الأدلة التي استخدمها فغنر لتأكيد صحة فرضيته:

أ . توسع قاع المحيط ب. تصادم الصفائح القارية.

ج. **تشابه الأحافير.** د . تيارات الحمل.

4. تتشابه جبال الأبالاش من حيث العمر و التركيب الجيولوجي مع إحدى السلاسل الجبلية الآتية، و هي:

1 - جبال الألب. ب .جبال الأنديز. ج. **الجبال الكالدونية.** د . جبال الهيمالايا.

5. من أسباب رفض فرضية انجراف القارات :

أ . عدم وجود آثار أو بقايا للأحافير قبل 200. m.y مليون سنة دالة على تطابق حواف القارات.

ب. عدم وجود تشابه بأنواع الصخور المكونة للسّلاسل الجبلية وامتدادها في القارات المنفصلة عن بعضها بعضا.

ج .لم يستطع فغنر تفسير الآلية التي تحركت بها القارات والقوى المتسببة في حركتها.

د . وجود رسوبيات جليدية في المناطق التي تقع الآن على دائرة الاستواء، أو بالقرب منها.

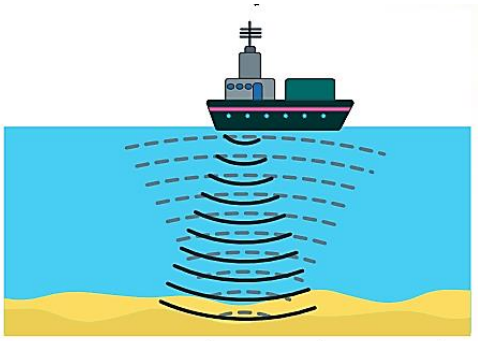
الدرس الثاني : توسع قاع المحيط

الفكرة الرئيسة :

تتوسع قيعان المحيطات بصورة مستمرة عند ظهر المحيط، ما يؤدي إلى بناء قشرة محيطية جديدة فيها.

استكشاف قاع المحيط

- **ما التقنية التي استخدمتها العديد من الدول لدراسة و استكشاف قيعان المحيطات؟**



الشكلُ (5): استخدم العلماء أجهزة السونار لقياس أعماق المُحيطات.

في الخمسينيات من القرن الماضي أرسلت العديد من الدول بعثات استكشافيّةً لدراسة تضاريس قيعان المحيطات استخدموا فيها تقنية السبر الصوتي بوساطة أجهزة السونار (Sonar) التي قيس عن طريقها عُمق المحيط، ثم تبعها رسم خريطة لتضاريس قاع المحيط. أنظر الشكل (5).

- **ما الاكتشافات التي توصل إليها العلماء من خلال دراسة تضاريس قيعان المحيطات؟**

1. اكتشف العلماء وجود سلسلة جبلية ضخمة يتصل بعضها ببعض تمتد في جميع المُحيطات تُسمّى ظهر المحيط و يوجد في وسطها وادٍ عميق ضيق يُسَمّى الوادي المتصدع .
2. اكتشف العلماء أيضًا وجود وِدْيانٍ عميقة ضيّقة تمتد طوليًّا في قيعان المُحيطات تُسمّى الأخاديد البحرية ، و من أمثلتها أخدود ماريانا في المحيط الهادي الذي يُعَدُّ أعمق الأخاديد البحرية في العالم، حيث يبلغ عمقه أكثر من (11km).

- **ما أهمية اكتشاف ظهر المحيط و الأخاديد البحرية؟**

قاد اكتشاف ظهر المحيط و الأخاديد البحرية العلماء إلى التفكير في كيفية تشكّلهما و ما القوى التي أدت إلى ذلك.

الربط بالتكنولوجيا

- **ما طريقة عمل جهاز السونار؟**
- يستعمل جهاز السونار الموجات الصوتية لتحديد أعماق المحيطات
- **يتم قياس الزمن الذي تستغرقه الموجات التي تُرسل نحو قاع المحيط حتى ارتدادها عن القاع و استقبالها في السفينة.**
- **كيف يستطيع العلماء تحديد أعماق المحيطات ؟**

من تحديد الزمن و سرعة الموجات الصوتية في الماء.

فرضية توسع قاع المحيط

ما الفرضية التي وضعها العالم هاري هس؟

وضع العالم هاري هس (Harry Hess) في بداية الستينيات من القرن الماضي بناءً على بيانات تضاريس قيعان المحيطات و مكوناته فرضية توسع قاع المحيط .

ما نص فرضية توسع قاع المحيط؟

تنص على الآتي: "تبنى القشرة المحيطية الجديدة عند ظهور المحيطات، و تُستهلك القشرة المحيطية الأقدم عند الأخاديد البحرية".

كيف تحدث عملية توسع قاع المحيط؟

بحسب العالم هس تحدث عملية توسع قاع المحيط كالآتي:

1. **تندفع الماغما الأقل كثافة من منطقة الستار إلى الأعلى عبر وسط ظهر المحيط.**
2. **عند وصول الماغما إلى السطح عبر القشرة المحيطية تتصلب مكونة قشرة محيطية جديدة على طول ظهر المحيط.**
3. **ثم تتحرك هذه القشرة بعيدا عن منطقة ظهر المحيط ما يؤدي إلى اندفاع ماغما جديدة في منطقة وسط ظهر المحيط و تصلبها مكونة قشرة محيطية جديدة أخرى.**
4. **باستمرار هذه العملية يحدث توسع لقاع المحيط بشكل دائم و متماثل على جانبي ظهر المحيط.**

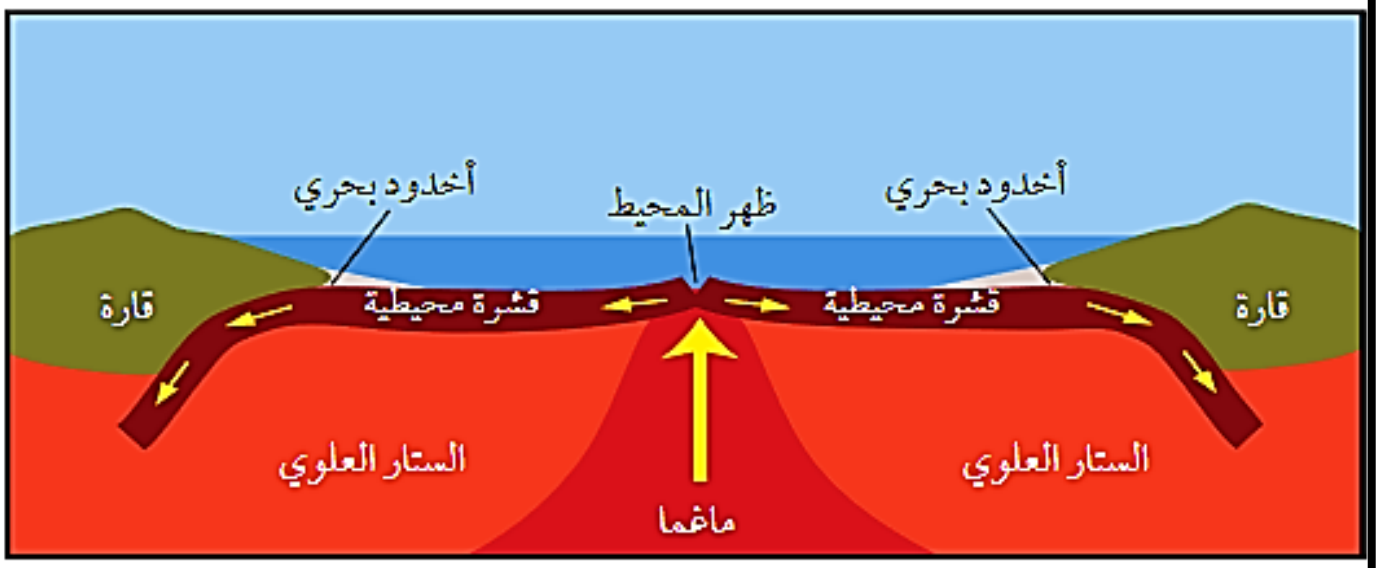
5. في المقابل تنزلق الحافة البعيدة من القشرة المحيطية عن منطقة ظهر المحيط أسفل القشرة القارية مشكلة أخدودًا بحريًا.

6. يؤدي انزلاق القشرة المحيطية إلى ارتفاع درجة حرارتها و انصهارها داخل الستار، و إنتاج ماغما تندفع نحو الأعلى و تتصلب، و تصبح جزءًا من القشرة القارية. انظر الشكل (6).

وضح أهمية فرضيّة توسع قاع المحيط ؟

فسّرت طريقة حركة القارات التي لم تتمكن فرضية انجراف القارات من تفسيرها؛ فبدلا من افتراض أن القارات تتحرك فوق قاع المحيط، افترضت أن المحيطات تتوسع في منطقة وسط ظهر المحيط، ونتيجة لذلك، تتحرك القارات مُبتعِدة بعضها عن بعض.

الشكل (6) يتوسّع قاع المحيط بصورة دائم نتيجة خروج الماغما و تصلبها في منطقة وسط ظهر المحيط.



أقارن بين الصخور المتشكلة على جانبي وسط ظهر المحيط من حيث العمر.

تكون الصخور المتشكلة على جانبي وسط ظهر المحيط يكون لها نفس العُمر و يزداد عمرها كلما زاد بعدها عن ظهر المحيط.

✓ أتحقق : أحدد أين تتكون الصخور الجديدة في قيعان المحيطات، و أين تُستهلك؟

- تتكون الصخور الجديدة في منطقة وسط ظهر المحيط.
- تستهلك عند الأخاديد البحرية.

أدلة على توسع قاع المحيط

واجهت فرضية توسيع قاع المحيط العديد من الاعتراضات من العلماء، و خاصة أن هس لم يستطع أن يوضح سبب توسع قاع المحيط و لكنها مع ذلك حظيت باهتمام علماء آخرين؛ لأنها:

1. توضح طريقة تشكل القشرة الأرضية و استهلاكها.
2. كيفية توسع قيعان المحيطات.

قد ربطت هذه الفرضية بالعديد من الاكتشافات التي عُدَّتْ أدلة تثبت صحتها و تدعمها، منها:

1. أعمار صخور قاع المحيط.
2. الأشرطة المغناطيسية.
3. تركيب صخور قاع المحيط.

أفكر :

هل يتغير حجم الأرض و كتلتها نتيجة توسع قاع المحيط؟

لا يتغير حجم الأرض أو كتلتها ؛ لأن الصخور التي تتشكّل عند وسط ظهر المحيط، يستهلك بدلًا منها صخورًا عند الأخاديد البحرية.

1. عُمر صخور قاع المحيط

كيف عدّ العلماء عمر صخور قاع المحيط من أفضل الأدلة التي دعمت فرضية توسع قاع المحيط؟

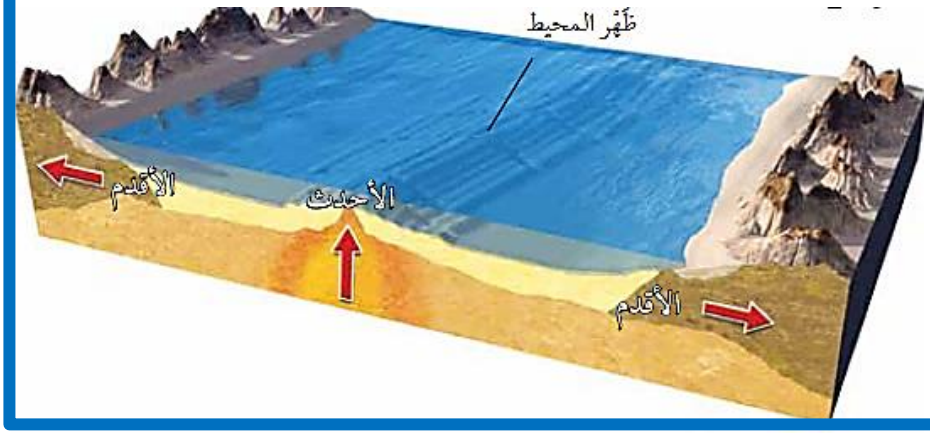
فقد استخدمت سفينة (غلومار شالنجر) منذ عام 1968م لجمع عينات صخرية تمثل قاع المحيط، فالتقطت السفينة تلك العينات من صخور وسط ظهر المحيط و من جانبيه وقد أكدت البيانات التي تم الحصول عليها بعد تحليل تلك العينات صحة فرضية توسع قاع المحيط.

ماذا وجد العلماء ؟

1. أن العينات الصخرية التي أخذت من المناطق البعيدة عن ظهر المحيط الأقدم عُمْرًا.
2. في حين أن العينات الصخرية التي أخذت من وسط ظهر المحيط كانت الأحدث عمرا.

الشكل (7):تقع الصخور الأقدم بالقرب من حافات القارات ، في حين تقع الصخور الأحدث في منطقة وسط المحيط.

أستنتج العلاقة بين الصخور المتناظرة على جانبي ظهر المحيط التي تقع بالقرب من القارات.



تكون الصخور المتناظرة على جانِبَيْ ظَهْر المحيط التي تقع بالقرب من القارات لها نفس العمر وتكون أكبر الصخور عمرًا على جانبي ظهر المحيط.

ما يعني أن :

1. عمر الصخور يزداد كلما ابتعدنا عن منطقة وسط ظهر المحيط باتجاه حواف القارّات أو مناطق الأخاديد البحرية .
2. تتماثل أعمارُها على جانبي ظهر المحيط.

قد أكدت الدراسات أن أقدمَ عُمْرٍ لصخور قشرة محيطية لا يزيد على 180 m.y تقريبا، في حين يزيد أقدم عُمْرٍ لصخور قشرة قارية على 4.4 b.y.

1. الأشرطة المغناطيسية

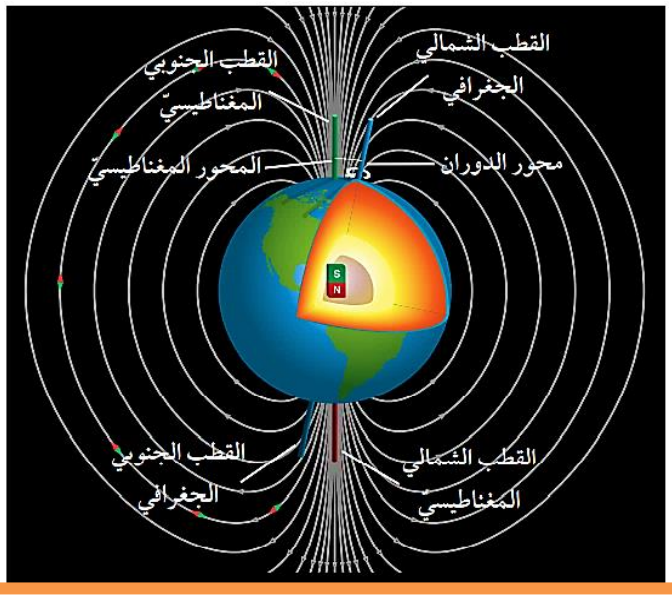
ما مكونات لُبُّ الأرض؟ يتكوّن لُبُّ الأَرض من عنصري الحديد و النيكل.

أجزاء لُبُّ الأرض:

1. لب خارجي يوجد في الحالة السائلة .
2. لب داخلي يوجد في الحالة الصلبة.

ماذا ينشأ عن حركة صهير الحديد و النّيكل في اللب الخارجي؟

ينشأ عن حركة صهير الحديد و النيكل في اللب الخارجي تيار كهربائي ينشأ عنه المجال المغناطيسي الأرضي . أنظر الشكل (8).



الشكل (8): ينتج عن حركة مصهور الحديد و النيكل مجال مغناطيسي له قُطبان شمالي و جنوبي.

دلت الدراسات على أن المعادن المغناطيسية مثل **الماغنيتيت** عندما تتبلور من الماغما المندفعة عند ظهر المحيط، فإنها:

1. تتمغنط و تترتب ذرّاتها باتجاه المجال المغناطيسي الأرضي نفسه.
2. و عندما تتصلب فإنها تحتفظ باتجاه المجال المغناطيسي الأرضي وقت تكوّنها. وتُسمى هذه الظاهرة المغناطيسية القديمة.

المغناطيسية القديمة : ظاهرة تدلّ على تمغنط ذرات المعادن المغناطيسية و ترتيبها عندما تتبلور من الماغما باتجاه المجال المغناطيسي الأرضي السائد نفسه وقت تكونها. وعندما تتصلب فإنها تحتفظ باتجاه ذلك المجال المغناطيسي الأرضي.

أَفكّرُ:

لماذا لا تزيد أعمار صخور قاع المحيط عن 180 m.y بينما يزيد عُمْرُ صخور القشرة القارية عن 4.4 b.y ؟

لأن صخور قيعان المحيطات التي تشكلت في منطقة ظهر المحيط حدث لها استهلاك عند مناطق الأخاديد البحرية بينما الصخور المكونة للقارات لم يحدث لها استهلاك لذلك أعمار صخور قيعان المحيطات تكون حديثة ولا تزيد عن 180 m.y تقريبا .

فسر : اكتشف العلماء أن المجال المغناطيسي الأرضي قد عكس اتجاهه في مدد زمنية مختلفة عبر التاريخ الجيولوجي، ؟ بسبب تغير اتجاه حركة صهير الحديد و النيكل في اللب الخارجي.

القطبيّة العادية : المجال المغناطيسي المحفوظ في الصخور التي تتجه فيها المعادن المغناطيسية باتجاه المجال المغناطيسي الحالي نفسه.

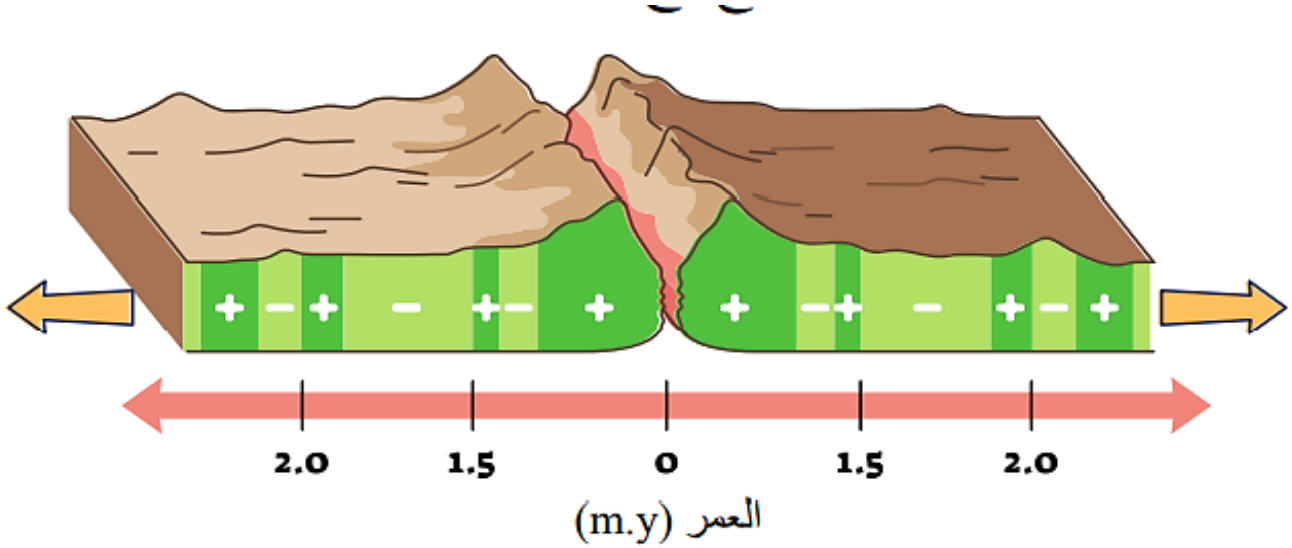
القطبية المقلوبة : المجال المغناطيسي المحفوظ في الصخور التي تتجه فيها المعادن المغناطيسية بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الحالي.

الانقلاب المغناطيسي : التغير في قطبية المجال المغناطيسي للأرض من عاديّة إلى مقلوبة.

أظهرت الدراسات التي قام بها العلماء باستخدام أجهزة قياس الشدّة المغناطيسية لصخور قاع المحيط أن :

1. **هناك نمطا معينًا يظهر في تعاقب الصخور على جانبي ظهر المحيط؛ إذ تكون على شكل أشرطة مغناطيسية ذات شدة مغناطيسية عالية، و أشرطة مغناطيسية ذات شدة مغناطيسية منخفضة بصورة متعاقبة و موازية لظهر المحيط.**
2. **إذ إن كل شريطين متناظرين على جانبي ظهر المحيط لهما الشدّة المغناطيسيّة نفسها، و العمرُ و العرضُ أنفسهما أنظر الشكل (9).**

الشكل (9): تُعَدُّ الأشرطة المغناطيسية المتعاقبة ذات الشدة المغناطيسية العالية (+) والأشرطة المغناطيسية ذات الشدة المغناطيسية المنخفضة (-) الموجودة على جانبي ظهر المحيط أحد الأدلة على فرضية توسع قاع المحيط.



أقارن بين الصخور التي عُمرها m.y (1.6) على جانبي ظهر المحيط من حيث العرض، و الشدة المغناطيسية، و نوع القطبية المغناطيسية.الصخور التي عُمْرُها m.y 1.6 على جانبي ظهر المحيط لها شدة مغناطيسية منخفضة و قطبية مقلوبة و لها العرض نفسه

فسّر العلماء ذلك بأن صخور القشرة المحيطية المكوّنة لهذه الأشرطة عندما تتكوّن في وسط ظهر المحيط تتمغنط معادنُها المغناطيسية بحسب المجال المغناطيسي السائد في ذلك الوقت؛ ولذلك:

1. الأشرطة ذات الشَّدّة المغناطيسية العالية تشكلت عندما كان المجال المغناطيسي السائد ذا قطبيّة عادية.
2. الأشرطة ذاتَ الشِّدّة المغناطيسية المنخفضة تشكّلت عندما كان المجال المغناطيسي السائد ذا قطبيّة مقلوبة.

✓ تُعَدُّ المغناطيسية القديمة للصخور المكوّنة لقاع المحيط و الانقلاب المغناطيسي و الشّدّة المغناطيسيّة من الأدلة على صحة فرضيّة توسع قاع المحيط .

ولتعرف طريقة تشكل الانقلابات المغناطيسية في أثناء توسع قاع المحيط، أنفذ التجربة الآتية:

التجربة 2

الانقلابات المغناطيسية و توسع قاع المحيط

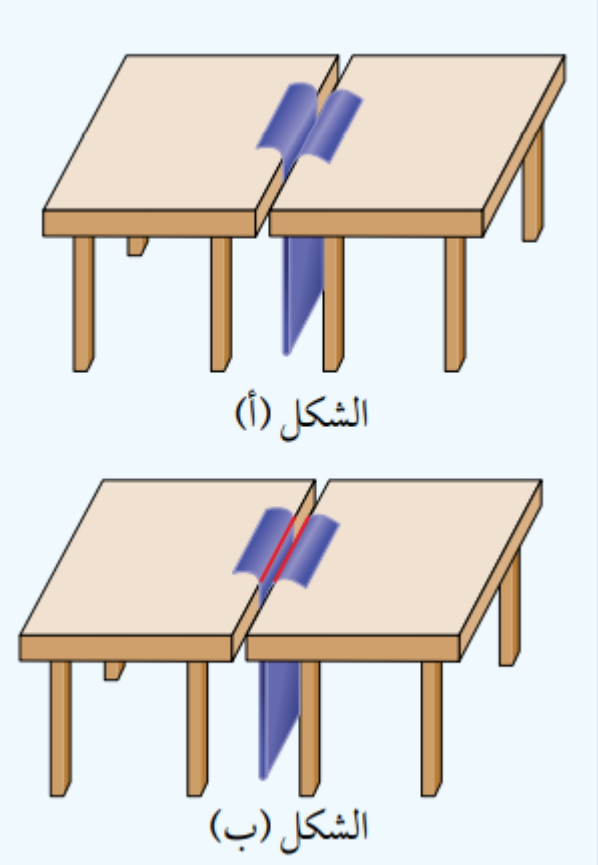
يُعَدُّ الانقلاب المغناطيسي أحد الأدلة على فرضيّة توسع قاع المحيط فما الطريقة التي تتوسّع بها قيعان المحيطات؟ وما علاقتها بالمغناطيسية الأرضية؟

المواد و الأدوات: قطعة من الكرتون أبعادها (100cm X 30 cm)، مغناطيس، طاولتان لهما الارتفاع نفسه، مقص قلم تلوين، بوصلة مغناطيسية.

إرشادات السلامة: الحذر عند استخدام المقص.

خطوات العمل:

1. أضع الطاولتين بجانب بعضهما بعضا، حيث يلتصق طرفاهما تقريبا.
2. أثني قطعة الكرتون من منتصف طولها.
3. أُدخل قطعة الكرتون المثنية بين طرفي الطاولتين من أسفل، حيث تظهر حافتاها من أعلى الطاولة كما في الشكل (أ).
4. أحدد اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي باستخدام البوصلة . ثم أضع المغناطيس باتجاه المجال المغناطيسي الأرضي نفسه ليمثل المجال المغناطيسي الأرضي الحالي .
5. أرسم خطين على امتداد الشق على طرفي قطعة الكرتون كما في الشكل (ب).
6. أكتب على كل طرف من أطراف الكرتون حرف (ع)؛ ليمثل قطبية عادية.
7. أقلب المغناطيس حيث يصبح بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي الحالي، و أحدد اتجاه المجال المغناطيسي باستخدام البوصلة ، ثم أسحب طرفي قطعة الكرتون مبتعدا عن المنتصف ، وأكرر الخطوة 5.
8. أكتب على كل طرف من أطراف الكرتون حرف (م)؛ ليمثل قطبية مقلوبة.
9. أكرر الخطوات من(4 - 8) عدة مرات، و أحرص على أن يكون عرض قطعة الكرتون التي أسحبها متساويًا في كلا الجانبين في كل مرة.



الشكل (أ)

الشكل (ب)

التحليل والاستنتاج :

1. أحدد ماذا يمثل الحد الفاصل بين طرفي الطاولتين المتجاورتين؟

يمثل الحد الفاصل بين الطاولتين وسط ظهر المحيط.

2 .أقارن بين كل شريطين متناظرين على جانبي الشق من حيث قطبية الشريط وعَرْضُه.

كل شريطين متناظرين على جانبي الشق (ظهر المحيط) لهما نفس القطبية المغناطيسية و نفس العرض.

3. أفسر سبب وجود تعاقب أشرطة ذات قطبيّةٍ عادية، وقطبيّةٍ مقلوبة لصخور قاع المحيط.

لأن المجال المغناطيسي الأرضي يقلب اتجاهه باستمرار في فترات زمنية مختلفة، لذلك فإن صخور القشرة المحيطيّة المكوّنة للأشرطة المغناطيسية عندما تتكوّن في وسط ظهر المحيط سوف تتمغنط معادنُها المغناطيسية بحسب المجال المغناطيسي السائد في ذلك الوقت فإذا كان المجال المغناطيسي السائد ذي قطبية عادية تمتلك الأشرطة قطبية عادية و إذا كان المجال المغناطيسي السائد ذي قطبية مقلوبة تمتلك قطبية مقلوبة.

4. أستنتج العلاقة بين الأشرطة المغناطيسية المتناظرة على جانبي ظهر المحيط.

تكون الأشرطة المتناظرة على جانبي ظهر المحيط لها نفس القطبية المغناطيسية، و الشدة المغناطيسية ، و العمر و العرض.

2. مكونات صخور قاع المحيط

كيف تمت دراسة قيعان المحيطات؟

استخدم العلماء في عام 1964م الغواصة ألفين Alvin لدراسة قيعان المحيطات.

حصل العلماء على عينات صخريّة متنوعة تمثل قيعان المحيطات فوجدوا أنها :

1. **جميعها مكوّنة من صخور ناريّة ذاتِ تركيب بازلتي تغطيها طبقات رسوبية يقل سُمكها بشكل تدريجي كلما اتجهنا نحو وسط ظهر المحيط حتى تختفي عند مركزه.**
2. **اكتشف العلماء أن صخورًا بازلتيّة تظهر على شكل وسائد، و توجد على امتداد ظهر المحيط تُسمّى لابَةً وسائدِيَةً. أنظر الشكل (10).**

تفسير العلماء لصخور اللابة الوسادية :

1. **أن مثل هذه الصخور يمكن أن تتكوّن فقط بسبب اندفاع الماغما على امتداد وسط ظهر المحيط**
2. **تتصلّب الماغما المندفعة من الشقوق الموجودة في وسط ظهر المحيط بسرعة، بسبب ملامستها للماء.**
3. **قد أظهرت دراسات صخور قاع المحيط أن الماغما قد اندفعت اندفاعًا متكررا من تلك الشقوق ما يدل على تشابه آلية تشكل صخور قاع المحيط.**



الشكل (10) : تكشفات من اللابة الوسائدية موجودة على سطح الأرض.

أفسر: كيف تتكوّن اللابة الوسائدية؟

تتكوّن اللابة الوسائدية بسبب تصلب الماغما المندفعة على امتداد وسط ظهر المحيط بسرعة، عند ملامستها للماء فتنكمش وتأخذ شكل الوسادة.

الربط بالتاريخ

لماذا سُمّيت غواصة (ألفين Alvin) بهذا الاسم ؟

تقديرًا للعالم الفيزيائي ألين ألفين (Allan Vine) صاحب فكرة الغواصة، و المشرف على تطويرها.

غواصة ألفين : غوّاصة صغيرة بنيت لدراسة قيعان المحيطات.

أهم انجازات الغواصة :

1. **بدأت رحلاتها الاستكشافية منذ عام 1964م و ما زالت تعمل حتى الآن بشكل جيد.**
2. **تستطيع حَمْلَ عدد من العلماء في داخلها.**
3. **تستطيع أيضًا تحمل ضغط الماء على عمق يصل إلى 4 km.**
4. **أجرت الغواصة أكثر من 4700 مهمة تحت الماء منها:**
   - **أ. اكتشاف البراكين الحرمائية في قيعان المحيطات**
   - **ب.دراسة الكائنات الحية البحرية.**

✓ **أتحقق: أذكر ثلاثة أدلّة تدعم فرضيّة توسّع قاع المحيط.**

من الأدلة التي تدعم فرضية توسع قاع المحيط :

1. **أن أعمار صخور المحيط لا تزيد عن 180 m.y**
2. **تناظر الأشرطة المغناطيسية على جانبي ظهر المحيط من حيث العمر، و العرض و القطبية العادية و المقلوبة.**
3. **تكون صخور قيعان المحيطات جميعها من نفس نوع الصخر و هو البازلت.**

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة :** أوضّح كيف تتشكّل القشرة المحيطيّةُ بحسَب فرضيّة توسع قاع المحيط؟

1. عندما تندفع الماغما الأقلُّ كثافةً من منطقة وسط ظهر المحيط ، تتصلب عند وصولها إلى السطح على طول ظهر المحيط، مكونة قشرة محيطية جديدة .

2. ثم تتحرّك هذه القشرة بعيدًا عن منطقة وسط ظهر المحيط ما يؤدي إلى اندفاع ماغما جديدة و تتصلب مكونة قشرة محيطية جديدة وهكذا.

2. **أصف** ظهر المحيط.

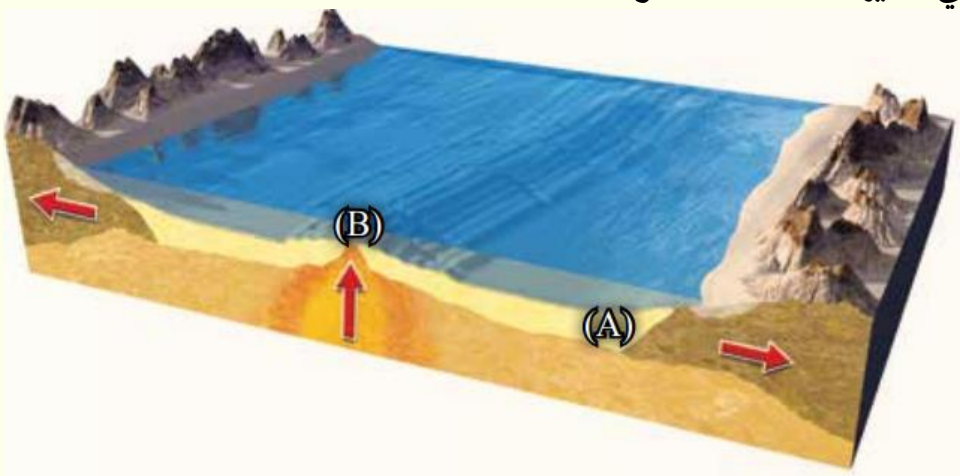
هو سلسلة جبلية ضخمة يتصل بعضها ببعض تمتد في جميع المحيطات، و يوجد في وسطها وادٍ عميق ضيّق يُسَمّى الوادي المتصدع.

3. **أقارن** بين القطبية المغناطيسية العادية، والقطبية المغناطيسية المقلوبة من حيث الشِّدَّة المغناطيسية.

القطبية المغناطيسية العادية : ذات شدة مغناطيسية عالية.

القطبية المغناطيسية المقلوبة : ذات شدة مغناطيسية منخفضة.

4. **أقارن** إذا حصلت على عيّنتين من صخور أحد قيعان المحيطات في الموقعين (A) و (B) كما في الشكل الآتي، فأَيُّهما الأحدثُ عُمْرًا ؟ لماذا؟



العينة (B) : هي الأحدث لأنها تقع بالقرب من ظهر المحيط وذلك لأن الصخور تتشكل في منطقة ظهر المحيط و مع الزمن تبتعد باتجاه القارات ليتشكل محلها صخور جديدة أحدث عمرًا منها.

5.أناقش صحة ما أشارت إليه العبارة الآتية: "تُعَدُّ الأشرطة المغناطيسية دليل يدعم فرَضيّة توسع قاع المحيط".

العبارة صحيحة، و ذلك لأن الأشرطة المغناطيسية توجد على جانبي ظهر المحيط بشكل متعاقب و متناظر من حيث القطبية و الشدة المغناطيسية و العمر ويزداد عمرها كلما ابتعدنا عن وسط ظهر المحيط وهذا يدل على أن هذه الأشرطة كانت متجاورة و تكونت بنفس الوقت في منطقة ظهر المحيط و هذا يتوافق مع فرضية توسع قاع المحيط.

6.أستنتج: لماذا تتكوّن صخور قيعان المحيطات جميعها من النوع نفسه من الصخور و هو البازلت؟

لأنها تكونت بنفس الآلية حيث تتكون جميعها من اندفاع الماغما من منطقة وسط ظهر المحيط.

7.أوضح كيف نشأ المجال المغناطيسي الأرضي.

1.يتكون لب الأرض من عنصري الحديد و النيكل.

2.ينقسم اللب إلى جزأين: لب خارجي يوجد في الحالة السائلة ولب داخلي يوجد في الحالة الصلبة.

3. ينشأ عن حركة صهير الحديد و النيكل في اللب الخارجي تيار كهربائي ينشأ عنه المجال المغناطيسي الأرضي.

8.أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1.كل المشاهدات الآتية صحيحة فيما تتعلق بتوسيع قاع المحيط، ما عدا:

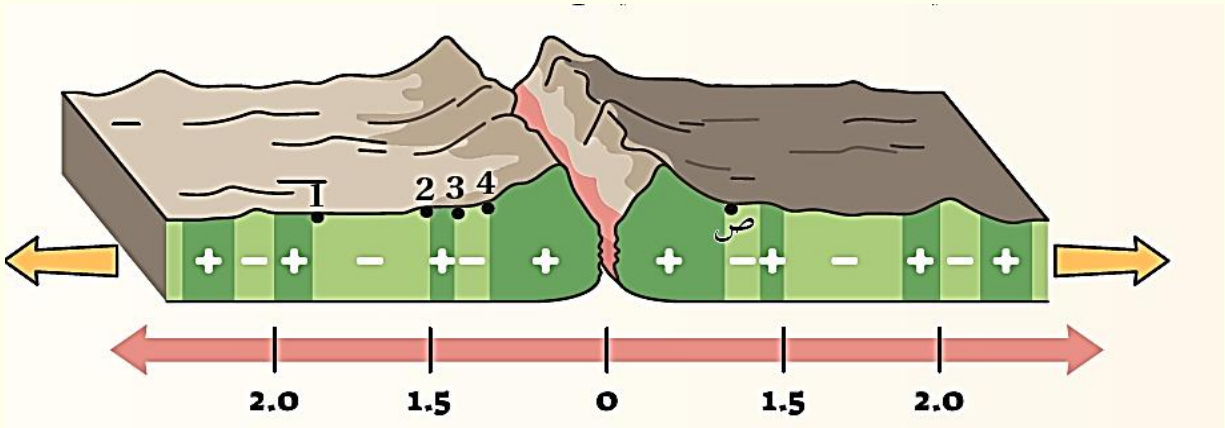
أ. أكبر عمر الصخور يكون عند ظهر المحيط.

ب. تتماثل الشدة المغناطيسية على جانبي ظهر المحيط .

ج. تتماثل أعمار الصخور على جانبي ظهر المحيط.

د. تتدفع الماغما للأعلى باستمرار عند ظهر المحيط.

2. يوضح الشكل الآتي تتابعات الأشرطة المغناطيسية عند مركز التوسع. أدرسه جيدا، ثم أحدد أي الصخور(1 ، 2 ، 3 ،4) التي لها العمر المماثل لتلك التي تقع عند النقطة (ص):



أ. 1 ب. 2 ج. 3 د. 4

3. عند مقارنة أحد الأشرطة المغناطيسية على أحد جانبي ظهر المحيط مع شريط مغناطيسي في الجانب الآخر له البعد نفسه عن ظهر المحيط فإنهما:

أ . لهما العمر نفسه. ب. مختلفان في الشدة المغناطيسية.

ج. مختلفان في العرض. د. مختلفان في القطبية.

4. حصل العلماء على عينات صخرية متنوعة تمثل قيعان المحيطات، فوجدوا أنها مكونة من صخور نارية ذات تركيب:

ا. غرانيتي. ب. أنديزيتي. ج. بازلتي. د. بيريدوتيتي.

5. جمع باحث بيانات عن قيعان تضاريس المحيطات ومكوناتها. التعميم الذي يصدره بخصوصها:

أ . تُبنى القشرة المحيطية الجديدة عند الأخاديد البحرية، و تُستهلك القشرة المحيطية الأقدم عند وسط ظهر المحيط.

ب. تستهلك القشرة المحيطية الجديدة عند الأخاديد البحرية، وتُبنى القشرة المحيطية الجديدة لاحقا عندها.

ج. تُستهلك القشرة المحيطية القديمة عند ظهور المحيطات، وتُبنى القشرة المحيطية الجديدة عند الأخاديد البحرية.

د . تُبنى القشرة المحيطية الجديدة عند ظهور المحيطات، وتُستهلك القشرة المحيطية الأقدم عند الأخاديد البحرية.

الدرس الثالث : حدود الصفائح

الفكرة الرئيسة :

تتكون المظاهر الجيولوجية ومنها السلاسل الجبلية و الأخاديد البحرية عند حدود الصفائح وتعد تيارات الحمل في الستار المسؤولة الرئيسة عن حركة الصفائح الأرضية.

استكشاف بنية الأرض Discovering Earth's Structure

فسر : يُعد تعرف بنية الأرض الداخلية من التحديات الكبيرة التي واجهت العلماء؟

لصعوبة الوصول مباشرة إلى باطن الأرض بسبب العمق الكبير و ارتفاع درجات الحرارة والضغط.

عدد الطرق التي اعتمد عليها العلماء لاستكشاف بنية الأرض؟

1. **الطرق الجيوكيميائية .**
2. **الطرق الجيوفيزيائية .**

الطرق الجيوكيميائية Geochemical Methods

استطاع العلماء باستخدام الطرق الجيوكيميائية، تعرف التركيب الكيميائي والمعدني لأجزاء مختلفة من باطن الأرض. ومن تلك الطرق:

1. **دراسة النيازك، و منها النيازك الفلزية المُكوَّنة من الحديد و النيكل.**
2. **دراسة المحتبسات (xenoliths) وهي قطع صخرية أصلها من أعلى الستار أو أسفل القشرة الأرضية محتبسة في صخور بركانية على سطح الأرض، ومن هذه المحتبسات صخور البيريدوتيت، أنظر الشكل (11).**



الشكل (11): عُرِف التركيب الكيميائي والمعدني لباطن الأرض بتحليل ودراسة المحتبسات المعدنية من صخور البيريدوتيت في صخور بركانية على سطح الأرض.

على الرغم من أهمية الطرق الجيوكيميائية في تعرف تركيب باطن الأرض لم يستطع العلماء تعرف على :

1. **سماكات طبقات الأرض الرئيسة**
2. **حدودها بهذه الطرق.**

الطرق الجيوفيزيائية Geophysical Methods

استخدم العلماء العديد من الطرق الجيوفيزيائية في تعرُّف باطن الأرض ، مثل :

1. الجاذبية 2. المغناطيسية 3.الزلزالية

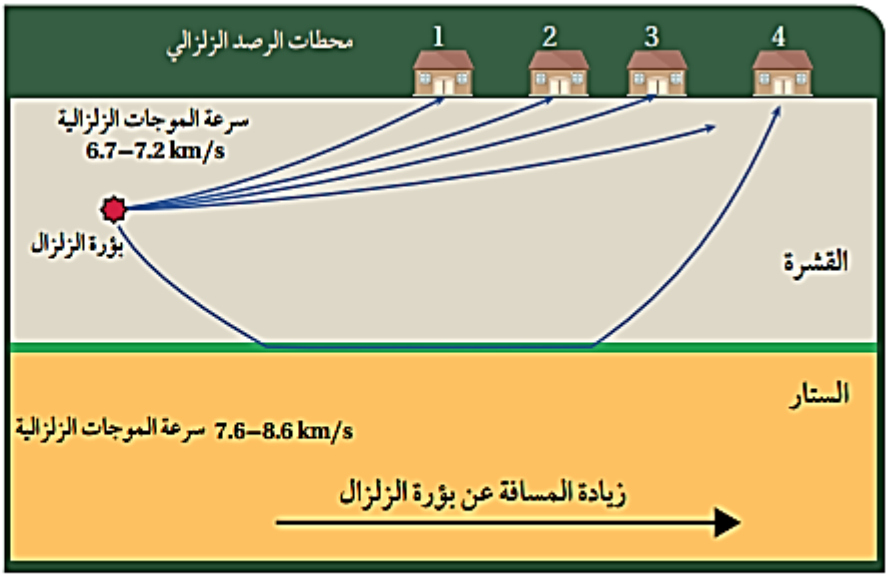
و تُعد الطريقة الزلزالية من أهم الطرق الجيوفيزيائية التي استطاع العلماء عن طريقها معرفة أنطقة الأرض و سماكاتها و كثيرًا من خصائصها.

شرح لكيفية استخدام الموجات الزلزالية في تعرف انقطاع موهو الذي يفصل بين القشرة و الستار.

- ❖ سرعة الموجات الزلزالية الجسمية (الأولية و الثانوية) تعتمد على خصائص الوسط الذي تنتقل فيه، تزداد سرعتها بزيادة العمق نتيجة ازدياد الضغط و الكثافة.
- ❖ عندما تنتقل الموجات الزلزالية في وسط آخر تزداد سرعتها أو تقل بحسب خصائص الوسط الآخر مثل: الحالة الفيزيائية، و الكثافة .
- ❖ الموجات الأولية تنتقل عبر الأوساط جميعها؛ الصلبة والسائلة و الغازية.
- ❖ الموجات الثانوية تنتقل عبر الأوساط الصلبة فقط.

ملاحظات العالم اليوغسلافي أندريا موهوروفيتش أثناء دراسته زلزال كرواتيا عام 1909م:

- ➢ أن الموجات الزلزالية التي تصل إلى أجهزة السيزموغراف في محطات الرصد الزلزالي التي تقع على مسافة أبعد عن بؤرة الزلزال تصل بزمن أقل من زمن الوصول المتوقع اعتمادًا على معرفة سرعة الموجات الزلزالية.
- ➢ أن الموجات الزلزالية تصل إلى أجهزة السيزموغراف في المحطات القريبة من بؤرة الزلزال بالزمن المتوقع الوصول فيه. أنظر الشكل (12).



الشكل (12): تصل الموجات الزلزالية إلى أجهزة السيزموغراف حيث تصل الموجات الزلزالية إلى محطّات الرصد القريبة في الزمن المتوقّع لها، أمّا محطّات الرصد البعيدة فتصل إليها في زمن أقلّ من المتوقّع.

أفسر: لماذا كانت سرعة الموجات الزلزالية الواصلة إلى محطة الرصد الزلزالي (4) أكبر من سرعة الموجات الزلزالية الواصلة إلى محطّات الرصد (3، 2، 1).

سرعة الموجات الزلزالية الموضحّة في الشكل (12) للمطالعة الذاتية.

يصل المحطة 4 نوعين من الموجات الزلزالية الأول يمر فقط في النطاق العلوي و الثاني يمر في كلا النطاقين العلوي و السفلي حيث تصل الموجات التي تمر في النطاقين إلى المحطة رقم 4 أولا لأن سرعتها أكبر.

استنتج موهو روفيتش أن الموجات الزلزالية مرّت عبر نطاقين:

1. النطاق الأول (العلوي) سرعة الموجات الزلزالية فيه أقل من سرعتها في النطاق الثاني الذي يقع أسفل منه.
2. وصلت الموجات الزلزالية إلى أجهزة السيزموغراف في المحطات القريبة من بؤرة الزلزال بالزمن المتوقع؛ لأنها انتقلت في النطاق العلوي.
3. وصلت الموجات الزلزالية إلى أجهزة السيزموغراف في المحطات البعيدة عن بؤرة الزلزال بزمن أقل من المتوقع؛ لأنها انتقلت في النطاق السفلي.
4. يفصل انقطاع موهو نطاق القشرة الأرضية عن نطاق الستار حيث يحدث عنده زيادة مفاجئة و كبيرة في سرعة الموجات الزلزالية .
5. بدراسة الموجات الزلزالية التي تنتقل في باطن الأرض أمكن تعرف سماكات أنطقة الأرض المختلفة و خصائصها.

أفكر : أستنتج سبب اختلاف سرعة الموجات الزلزالية في النطاقين: العلوي و السفلي وفقا لاستنتاج موهورو فيتش.

وفقًا لاستنتاج موهوروفيتش فإن سرعة الموجات الزلزالية في النطاق العلوي أقل من سرعتها في النطاق السفلي بسبب الإختلاف في خصائصهما من حيث التركيب الكيميائي و الكثافة حيث يتميز النطاق السفلي بكثافة أكبر من العلوي.

✓ **أتحقق:** أحدد أهمية المحتبسات في تعرف تركيب باطن الأرض.

بما أن المحتبسات قطع صخرية أصلها من أعلى الستار أو أسفل القشرة الأرضية فإن دراستها يدلنا على التركيب الكيميائي والمعدني لباطن الأرض، فمثلا استدل العلماء على أن الستار العلوي مكون من صخور البيريدوتيت.

بنية الأرض

كيف استطاع العلماء تعرف بنية الأرض الداخلية؟

استطاع العلماء باستخدام الدراسات الجيوفيزيائية تعرف بنية الأرض الداخلية.

فقد وجدوا أن الأرض تتكون من ثلاثة أنطقة رئيسة هي:

1. القشرة الأرضية 2 . الستار 3. اللب

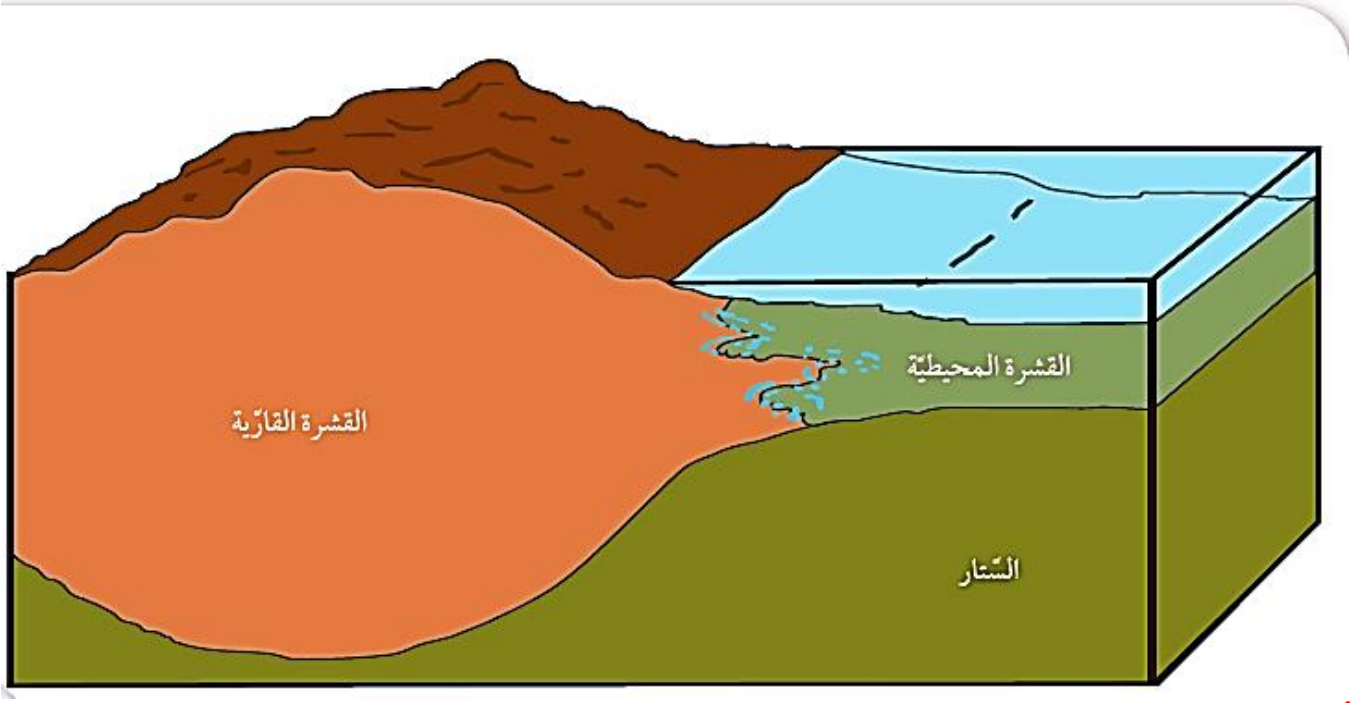
1. القشرة الأرضية

ماذا تمثل القشرة الأرضية؟ تمثل القشرة الأرضية النطاق الخارجي الصلب للأرض.

ما أقسام (أنواع القشرة الأرضية) ؟ تقسم القشرة الأرضية إلى نوعين كما يوضح الجدول الآتي:

نوع القشرة	المكونات	متوسط الكثافة	متوسط السمك	الموقع
قشرة محيطية	صخر البازلت	3 g/cm3	7 Kmتقريبا	أسفل المحيطات
قشرة قارية	تتكون بشكل رئيس من صخر الغرانيت	2.7 g/cm3	35 Km تقريبا	أسفل القارات

الشكل (13): تقسم القشرة الأرضية إلى نوعين قشرة قارية ، و قشرة محيطية.



أقارن بين القشرة القارية، والقشرة المحيطية من حيث السمك و الكثافة

وجه المقارنة	القشرة القارّية	القشرة المحيطيّة
السُّمك	أكبر متوسط سمكها 35 km	أقل متوسط سمكها 7 km
الكثافة	أقل متوسط كثافتها ($2.7\ g/cm^3$)	أكبر متوسط كثافتها ($3\ g/cm^3$)

2. الستار

أين يقع الستار؟ يقع الستار أسفل القشرة الأرضية ، و يمتد إلى عمق 2885 km

ما الأساس المتبع في تقسيم الستار إلى أجزاء مختلفة؟

يقسم الستار إلى أجزاء مختلفة بناءً على الخصائص الفيزيائية لمكوناته على النحو الآتي:

1. الستار العلوي:

الستار العلوي : هو الجزء من الستار الذي يمتد من أسفل القشرة الأرضية حتى عمق 700 km.

أقسام الستار العلوي :

أ.الجزء العلوي :

1. تشبه خصائصه خصائص القشرة الأرضيّة
2. هو في الحالة الصلبة و يتكون من صخور البيريدوتيت .
3. يمتد إلى عمق 100 km .
4. الغلاف الصخري : الجزء الصلب على عمق 100Kmمن الأرض و يشمل القشرة الأرضية و الجزء العلوي من الستار.

ب.الجزء السفلي :

1. يُسمّى الجزء السفلي بالغلاف المائع .
2. يمتد من عمق 100 Km حتى عمق 700 km
3. يتكون من صخور في الحالة اللدنة.

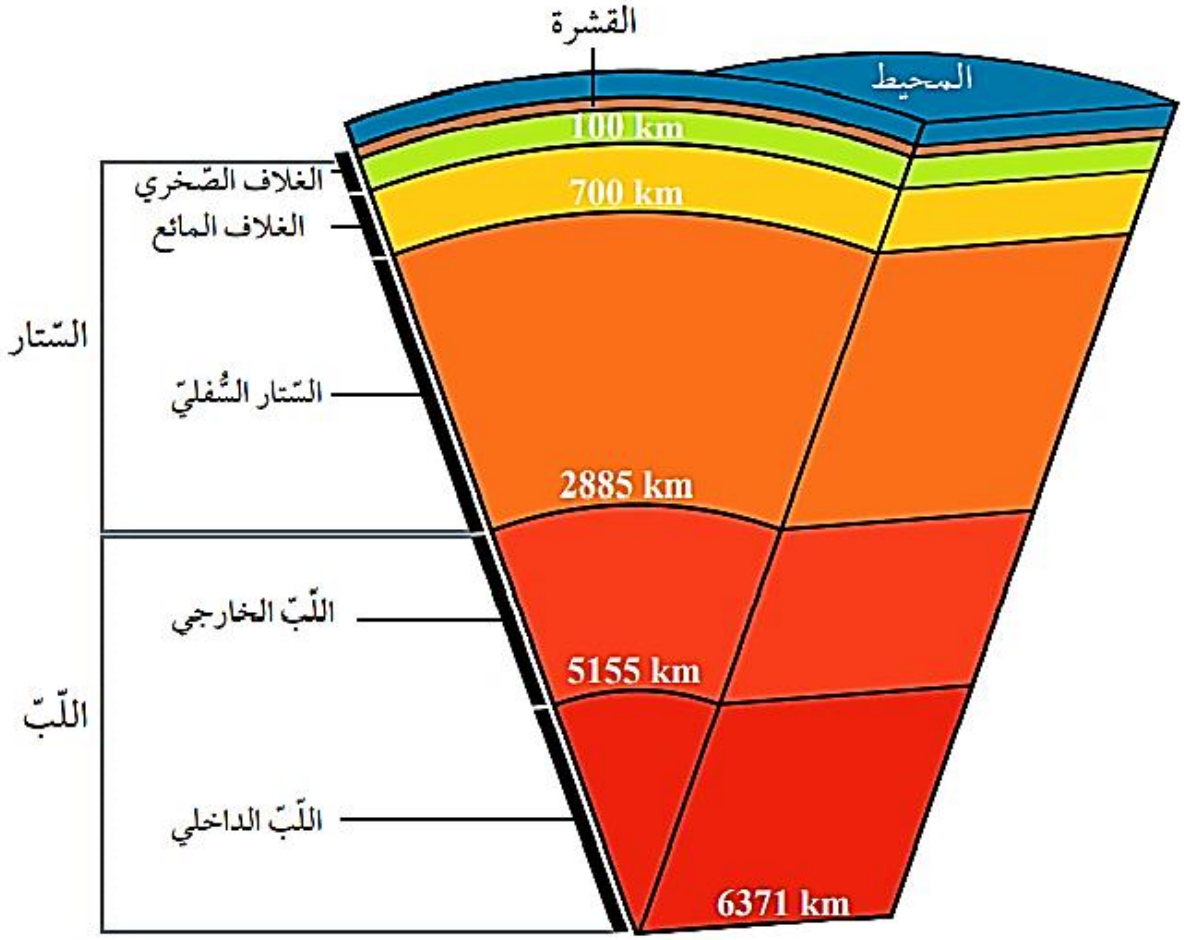
2 . الستار السفلي :

1. يمتد الستار السفلي من عمق 700 km حتى عمق 2885 km
2. هو أكثر سخونة و كثافة و صلابة من الستار العلوي.

3. اللب Core

1. يمتد اللب من عمق 2885 km و حتى مركز الأرض على عمق 6371 km
2. يقسم اللب إلى جزأين : اللب الخارجي و اللب الداخلي

أقسام اللب	الحالة الفيزيائية	العناصر المكونة
اللب الخارجي	السائلة	يتكون بصورة أساسية من عنصري الحديد و النيكل، ومن عناصر أخرى مثل الكبريت والأكسجين والسيليكون.
اللب الداخلي	الصلبة	و يتكوّن من عنصري الحديد و النيكل



الشكل (14): تتكون الأرض من ثلاثة أنطقة رئيسة هي: القشرة الأرضية، والستار، واللب.

أحدد سمك الغلاف المائع ؟ يبلغ سمك الغلاف المائع 600 km

✓ **اتحقق : أصف الحالة الفيزيائية لكل من الغلاف الصخري و الغلاف المائع.**

الغلاف الصخري : في الحالة الصلبة .

الغلاف المائع : في الحالة اللدنة.

الربط بعلم الزلازل

استخدم العلماء المعلومات التي تم الحصول عليها من دراسة سلوك الموجات الزلزالية في باطن الأرض في :

1. تعرّف بنية الأرض
2. تحديد أنطقتها الرئيسة.

توصلوا إلى وجود انقطاعات بين هذه الأنطقة حيث تتغير سرعة الموجات تغيرا مفاجئًا ، منها:

1. نطاق موهو الذي يفصل القشرة الأرضية عن الستار.
2. نطاق غوتنبيرغ الذي يفصل الستار عن اللب.

نظرية الصفيحة التكتونية

- هل استطاع العلماء تفسير تشكل البراكين و الزلازل و الجبال في أحزمة معينة؟

فسّر العلماء من خلال فرضيّة توسع قاع المحيط آلية حركة القارات، و كيفية تشكّل المحيطات، ولكنهم مع ذلك لم يستطيعوا تفسير العديد من المظاهر الجيولوجية الأخرى مثل تشكل البراكين والزلازل والجبال في أحزمة معينة من سطح الأرض.

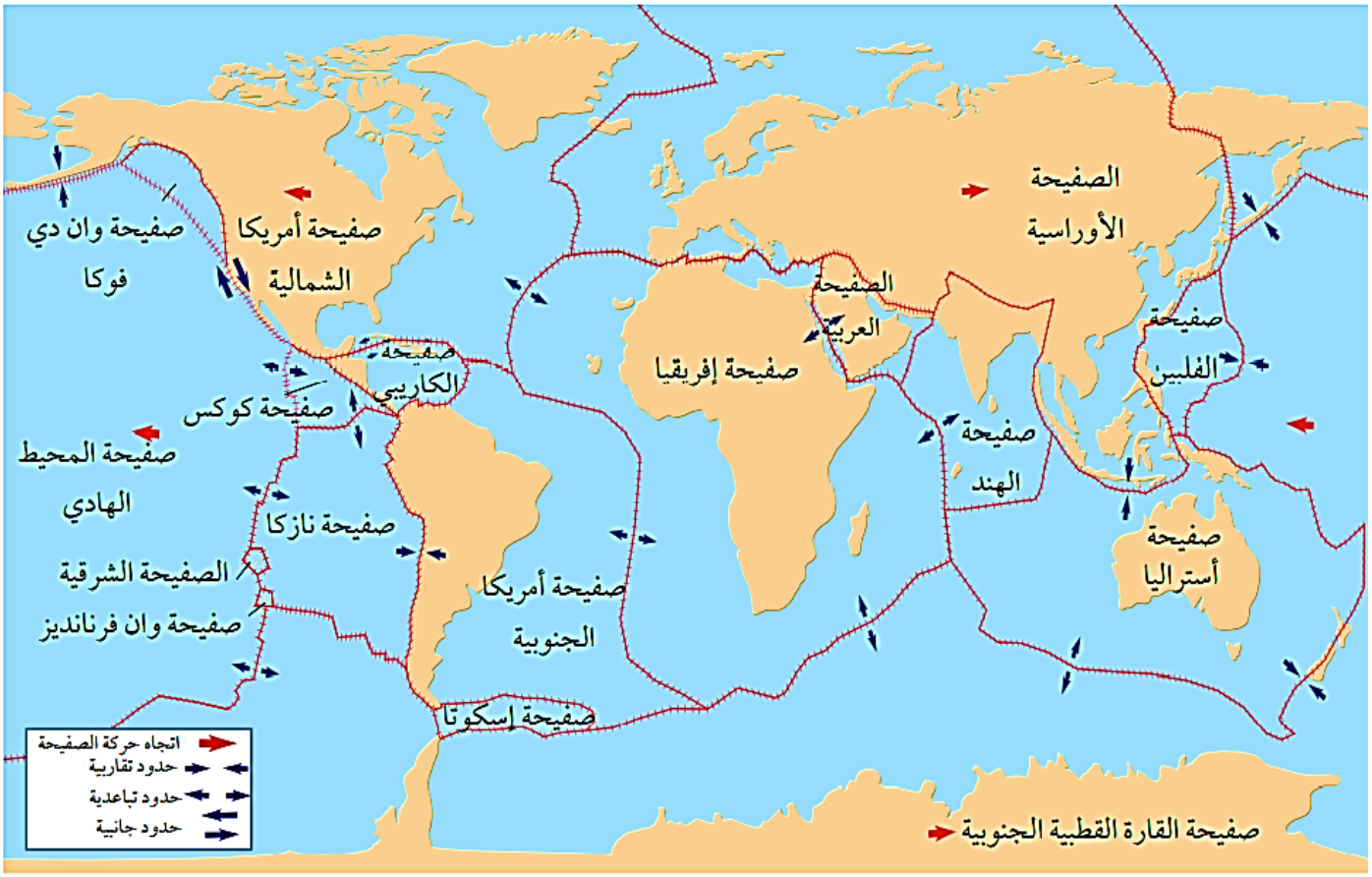
- كيف فسرت نظرية الصفائح التكتونية جميع الظواهر الجيولوجية؟

طور العديد من العلماء نظرية الصفائح التكتونية جديدة اعتمدت على دمج أدلة جديدة مع الأدلة السابقة التي قدمها كل من العالمين فغنر و هس .

- ما نص نظرية الصفائح التكتونية؟

تنص نظرية الصفائح التكتونية على أن " الغلاف الصخري الصلب مقسم إلى عدد من القطع يسمى كل منها صفيحة تتحرك كل صفيحة ببطء فوق الغلاف المائع حركة مستقلة نسبة إلى الصفائح المجاورة لها، إما متقاربة معها، أو متباعدة عنها، أو بمحاذاتها بحركة جانبية ".

انظر الشكل (15)



الشكل (15): ينقسم الغلاف الصخري إلى صفائح مختلفة الأحجام تتحرك كل منها بحركات مختلفة نسبة إلى بعضها بعضاً.

تصنيف الصفائح الأرضية بحسب الحجم :

1. **صفائح كبيرة الحجم** مثل صفيحة أوراسيا
2. **صفائح صغيرة الحجم** مثل صفيحة إسكوتا.

تُصَنَّف الصفائح الأرضية بحسب تركيبها :

1. **صفائح قارّية :** و هي الصفائح التي تتضمن بداخلها القارات، و تتكوّن من صخر الغرانيت، وتحتوي في الغالب على جزء من القشرة المحيطية.
2. **صفائح محيطية :** تقع أسفل المحيطات ، و تتكوّن من صخر البازلت.

اتحقق : أقارن بين الصفائح القارية و الصفائح المحيطية من حيث نوع الصخور المكونة لها.
الصفائح القارية تتكون من صخر الغرانيت .
الصفائح المحيطية تتكون من صخر البازلت.

أنواع حدود الصفائح

تحدث الحركة بين الصفائح الأرضية على امتداد حدودها .

حدود الصفائح : التقاء حواف الصفائح مع بعضهما بعضا .

تقسم حدود الصفائح إلى ثلاثة أنواع اعتمادا على طبيعة حركتها هي:

1. الحدود المتباعدة.
2. الحدود المتقاربة.
3. الحدود التحويلية.

✓ تتميز معظم الصفائح بوجود أنواع مختلفة من الحدود على حوافها.

1. الحدود المتباعدة

- ماذا ينتج عن تباعد الصفائح؟

تتشكل الحدود المتباعدة حينما تبتعد صفيحتان عن بعضهما بعضا.

- أين توجد معظم الحدود المتباعدة؟

في المحيطات على امتداد وسط ظهر المحيط في مناطق الوديان المتصدعة و هي مناطق منخفضة ضيقة تقع على امتداد ظهر المحيط تتكون نتيجة تباعد الصفائح بعضها عن بعض.

- فسر : تُسمى حدود التباعد بمراكز التوسع ؟

1. مراكز التوسع في المحيطات : ينتج عن تباعد الصفائح توسع قاع المحيط و نشأة غلاف صخري محيطي في مناطق ظهر المحيط.
2. مراكز التوسع في القارات : مثل الوادي المتصدع الكبير الذي يتشكل حاليا في شرق أفريقيا.



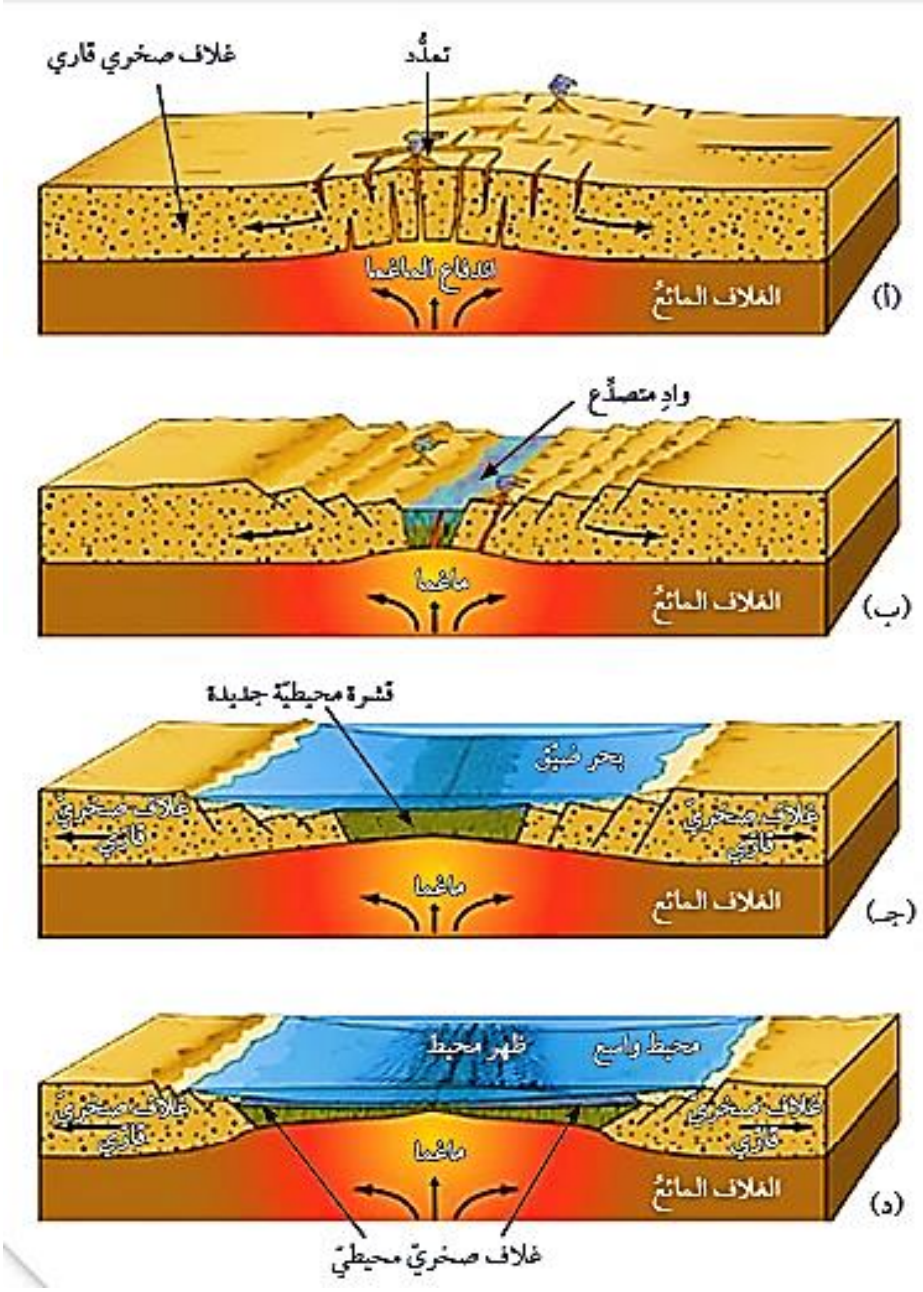
الشكل (16) الوادى المتصدع الكبير شرق إفريقيا الذى يمثل مركز توسع في وسط القارة .

- لماذا تسمى حدود الصفائح المتباعدة بالحدود البناءة ؟

لأنه يحدث فيها بناء غلاف صخري محيطي جديد.

- **كيف ينشأ محيط جديد في وسط القارة؟**

1. تبدأ عملية نشأة المحيط عندما ترتفع التيارات الصاعدة حاملةً معها الماغما للأعلى لتصل إلى أسفل الغلاف الصخري القاري، و نتيجة للحرارة العالية يتمدد.
2. استمرار صعود الماغما تتولد قوى شد تعمل على تشقق الغلاف الصخري القاري، و تكون الصدوع العادية.
3. ثم في النهاية يتشقق الغلاف الصخري القاري و ينقسم إلى صفيحتين بينهما وادٍ متصدع.
4. مع استمرار اندفاع الماغما أسفل الصفيحتين يزداد تباعد الصفيحتين، و تتكون قشرة محيطية جديدة و يُبنى غلاف صخري محيطي جديد، و يتشكل بحر ضيق مثل البحر الأحمر.
5. مع استمرار اندفاع الماغما تتكون قشرة محيطية جديدة، و يُبنى غلاف صخري محيطي جديد، و بازدياد التباعد يتكون محيط مثل المحيط الأطلسي. أنظر الشكل (17).



(أ) تندفع الماغما إلى أعلى، ما يؤدي إلى تمدد الغلاف الصخري القاري و من ثم تشققه.

(ب): ينقسم الغلاف الصخري القاري و يتكون وادٍ متصدع.

(ج): يتشكل بحر ضيق.

(د): في النهاية يتشكل محيط

الشكل (17) مراحل تشكل المحيط، إذ يبدأ باندفاع ماغما أسفل الصفيحة، ويتطوّر حتى يتشكل محيط جديد.

أفكر : لماذا تتميز مناطق ظهر المحيط بحدوث الزلازل والبراكين فيها؟

تتميز منطقة ظهر المحيط بحدوث الزلازل والبراكين؛ لأنها تمثل حدود صفائح متباعدة حيث تؤدي حركة التيارات الصاعدة في منطقة ظهر المحيط إلى توليد إجهادات شد فيها، و نتيجة لتراكم هذه الإجهادات يتشقق الغلاف الصخري في وسط ظهر المحيط و تندفع الماغما مشكلة البراكين و تتحرر الطاقة المخزنة فيه على شكل موجات زلزالية.

2.الحدود المتقاربة

كيف تتشكل الحدود المتقاربة؟

تتشكل الحدود المتقاربة عند تقارب صفيحتين من بعضهما بعضا، و تعتمد المظاهر الجيولوجية الناتجة على نوع الصفائح المتقاربة.

أنواع الصفائح المتقاربة :

1. **تقارب صفيحة محيطية مع صفيحة قارية.**
2. **تقارب صفيحتين محيطيتين.**
3. **تقارب صفيحتين قاريتين.**

لماذا تسمى الحدوة المتقاربة بالحدود الهدامة؟

بسبب حدوث استهلاك للغلاف الصخري المحيطي على حدودها.

تقارب صفيحة محيطية مع صفيحة قارية (نطاق الطرح)

- **ماذا ينتج عند غطس صفيحة محيطية أسفل صفيحة قارية؟**

  تطفو الصفيحة القارية فوق الصفيحة المحيطية .

- **فسر : عند تقارب صفيحة قارية من صفيحة محيطية تطفو الصفيحة القارية فوق الصفيحة المحيطية؟**

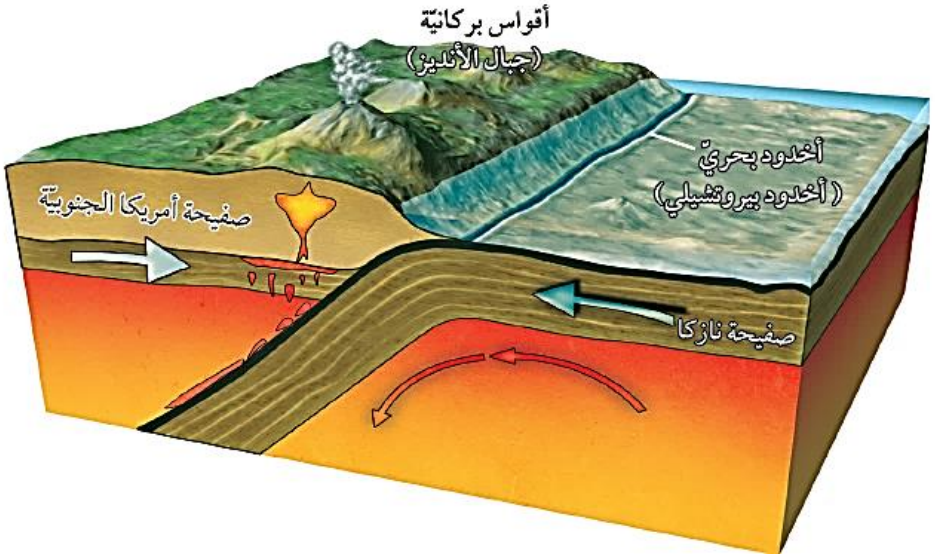
  لأن الصفيحة القارية أقل كثافةً منها، و تغطس الصفيحة المحيطية الأكثر كثافةً في الغلاف المائع. ولذلك، يُسمّى هذا النوع من التقارب نطاق الطرح. أنظر الشكل (18).

- **ماذا ينتج من نطاق الطرح ؟**

  أخدود بحري نتيجة غطس الصفيحة المحيطية أسفل الصفيحة القارية .

- **أذكر أحد أمثلة الأخدود ؟**

  أخدود بيرو - تشيلي الناتج من غطس صفيحة نازكا المحيطية أسفل صفيحة أمريكا الجنوبية القارية.



الشكل (18): ينتج من غطس صفيحة محيطيّة أسفلَ صفيحة قارّية نطاق طرح.

أفسّر سبب تكوُّن أخدود بحريّ بين صفيحتَي نازكا وأمريكا الجنوبيّة.

أفسر : سبب تكون أخدودٍ بحري بين صفيحتي نازكا و أمريكا الجنوبية.

بسبب غطس صفيحة نازكا (المحيطية) أسفل صفيحة أمريكا الجنوبية (القارية) يتشكل نطاق طرح بينهما، وينتج عن انثناء صفيحة نازكا للأسفل أخدود بحري بينهما.

آلية تشكل القوس البركاني :

1. **تحمل الصفيحة المحيطية الغاطسة معها رسوبيات محيطية مشبعة بالمياه، وعندما تصل إلى عمق يتراوح بين km (100-150) تتحرر المياه والغازات من الصفيحة الغاطسة بفعل الضغط والحرارة .**
2. **يؤدي ذلك إلى خفض درجة الانصهار في الستار الواقع فوق الصفيحة الغاطسة، فيحدث انصهار جزئي وتتكوّن ماغما أنديزيتية أقل كثافة من الصخور المحيطة، فترتفع نحو السطح مكوّنة سلسلة من البراكين ذات تركيب أنديزيتي.**
3. **تمتد سلسلة البراكين على طول حافة الصفيحة القارّية موازية للأخدود البحري على شكل قوس يُسمّى القوس البركاني Volcanic Arc**

أذكر مثال على القوس البركاني ؟

مثل جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية.

تقارب صفيحتين محيطيتين

ماذا ينتج عن تقارب صفيحتين محيطيتين؟

عند تقارب صفيحتين محيطيتين من بعضهما بعضا، تغطس الصفيحة الأبرد و الأكثر كثافة تحت الأخرى .

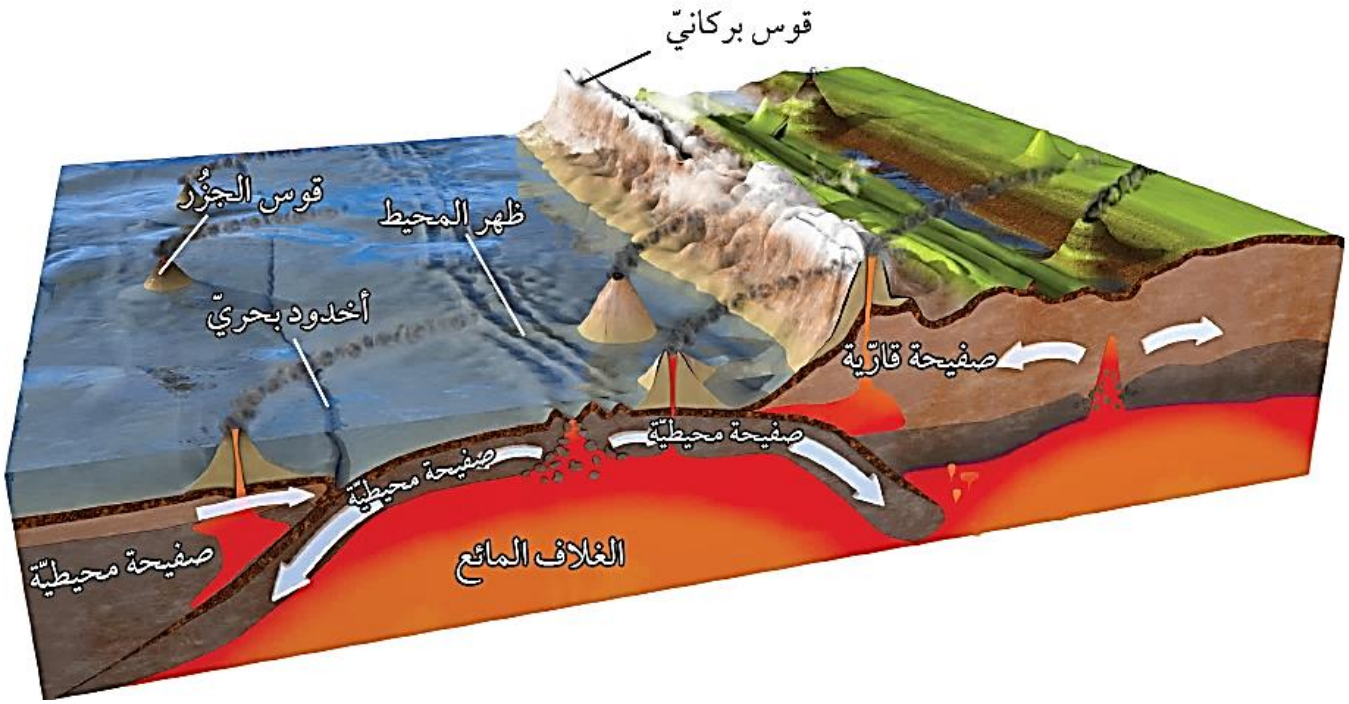
وضح آلية تشكل قوس الجزر الموازي للأخاديد البحرية الناتجة عن تقارب صفيحتين محيطيتين:

1.عند تقارب صفيحتين محيطيتين من بعضهما بعضا ، تغطس الصفيحة الأبرد و الأكثر كثافة تحت الأخرى ما يؤدي إلى حدوث انصهار جزئي لحافتها الغاطسة، و تصعد الماغما البازلتية الناتجة بسبب قلة كثافتها للأعلى حتى تصل إلى قاع المحيط مشكلةً براكين بحريةً يزداد ارتفاعها مع الزمن، وتتحوّل إلى جزر بركانية.

2. و مع استمرار حركة الصفيحة تنتج سلسلة من الجزر على شكل قوس يوازي الأخاديد البحرية ، يُسمّى قوس الجزر.

أعط مثالًا على تشكل قوس الجزر ؟

قوس جزر ماريانا غرب المحيط الهادي الموازية لأخدود ماريانا، الذي نتج من غطس صفيحة المحيط الهادي المحيطية أسفل صفيحة الفلبين المحيطية.



الشكل (19): عند غطس صفيحة محيطية أسفل صفيحة محيطية يتكون قوس الجزر و أخدود بحري.

أَفكَرُ:

عند غطس صفيحة محيطية أسفل صفيحة محيطية أخرى فإنها تنصهر ما نوع الصخور المكوّنة لأقواس الجزرالبركانية الناتجة؟ لماذا؟

تتكون الجزر البركانية من صخور البازلت، و تنتج هذه الصخور بسبب الانصهار الجزئي للصفيحة المحيطية الغاطسة في داخل الستار.

تقارب صفيحتين قاريتين

ماذا ينتج عن تصادم تقارب صفيحتين قاريتين؟

1. **تحتوي معظم الصفائح القارية في نهايتها على جزء محيطي لذلك، عند تقارب صفيحتين قارّيتين من بعضهما بعضًا، يغطس الجزء المحيطي للصفيحة أسفل الصفيحة القارية الأخرى، و يتكوّن نطاق الطرح.**
2. **و مع استمرار الغطس يستهلك الجزء المحيطي و يلتقي الجزء القاري بالجزء القارّي من الصفيحة الأخرى.**
3. **و بسبب الكثافة المنخفضة للصفائح القارية نسبة إلى الصفائح المحيطية، و بسبب سماكاتها الكبيرة تتصادمان مع بعضهما بعضًا، و ينتج عن التصادم تشوة للصخور، و تتشكّل الطيات و الصُّدوع العكسية على امتداد حدود التصادم.**

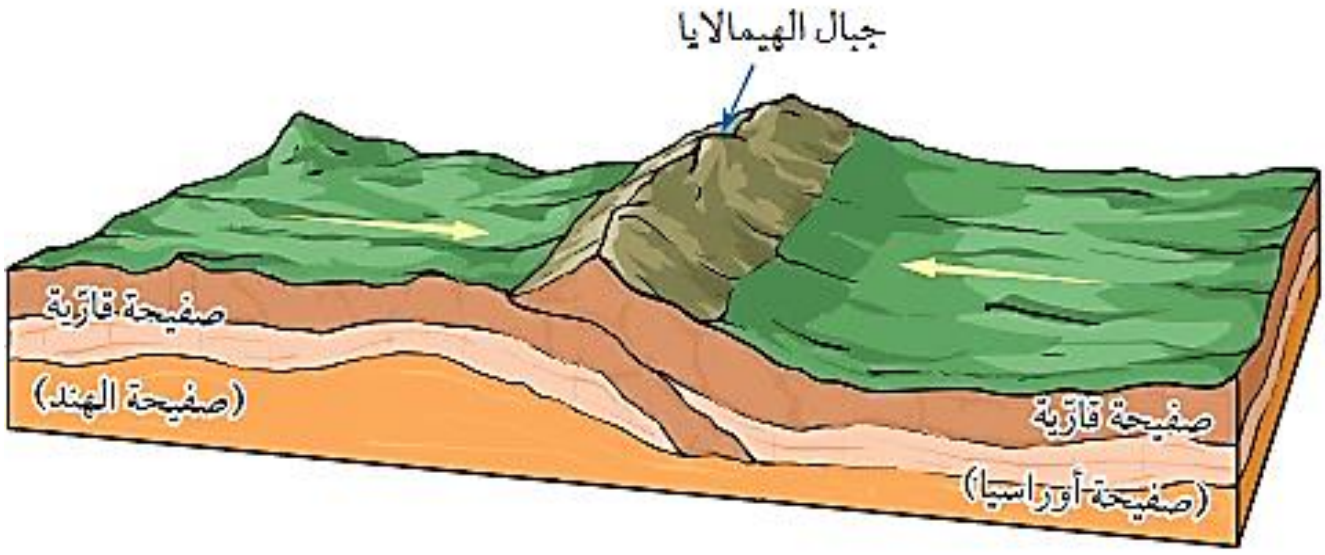
ماذا ينتج من تصادم تقارب صفيحتين قاريتين ؟

سلسلة جبال ضخمة جديدة تتكوّن من صخور رسوبية مشوهة و متحولة، و بقايا من القوس البركاني و أيضًا أجزاء من القشرة المحيطية.

أعط مثال على تلك السلاسل الجبلية ؟

جبال الهيمالايا التي تشكلت نتيجة تصادم صفيحة أوراسيا مع صفيحة الهند.

انظر الشكل (20)



الشكل (20): عند تقارب صفيحتين قاريّتين من بعضهما بعضًا، لا يحدث غطس لأي منهما، ولكن يحدث تصادم للصفيحتين مع بعضهما بعضًا.

أفسر لماذا لا تغطس إحدى الصفيحتين القاريتين أسفل الأخرى عند التقائهما؟

عند تقارب صفيحتين قاريتين من بعضها لا تغطس أحدهما أسفل الأخرى بسبب الكثافة المنخفضة للصفائح القارية نسبة إلى الصفائح المحيطية، وبسبب سماكات الصفائح القارية الكبيرة فإنهما يتصادمان مع بعضهما بعضً بدل غطس أحدهما أسفل الأخرى .

افكر :

لماذا تتشكل الصدوع العكسية في منطقة تصادم الصفيحتين القاريتين؟

تتكون الصدوع العكسية نتيجة إجهادات الضغط في الصخور الهشة ؛ لذلك عند تقارب الصفائح القارية من بعضها بعضًا تنتج اجهادات ضغط بينهما ما يؤدي الى تشكل الصدوع العكسية في منطقة التصادم.

الأدلة على حدود الطرح Evidence of Subduction Zone

اعتمد العلماء على مشاهدات عديدة تثبت وجود عملية طرح للصفائح المحيطية عند الحدود المتقاربة ، أهمها :

1. **قيم التدفق الحراري عند الأخاديد البحرية.**
2. **نطاق واداتي - بينيوف الذي يظهر فيه توزيع البؤر الزلزالية الضحلة و المتوسطة و العميقة عند الأخاديد البحرية.**
3. **نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).**

قيم التدفق الحراري عند الأخاديد البحرية
Heat Flux Measurements at Deep Sea Trenches

- تعد قيم التدفق الحراري عند الأخاديد البحرية دليلًا على وجود طرح للصفيحة المحيطية عندها.
- التدفق الحراري : مُعدّل انتقال الحرارة من باطن الأرض إلى سطحها، إذ تنخفض قيم التدفق الحراري في الستار عند الأخاديد البحرية، و يُفسّر ذلك بأن غطس الصفيحة المحيطية الباردة في الستار يؤدي إلى خفض درجة حرارته.

نطاق واداتي - بينيوف The Wadati - Benioff zone

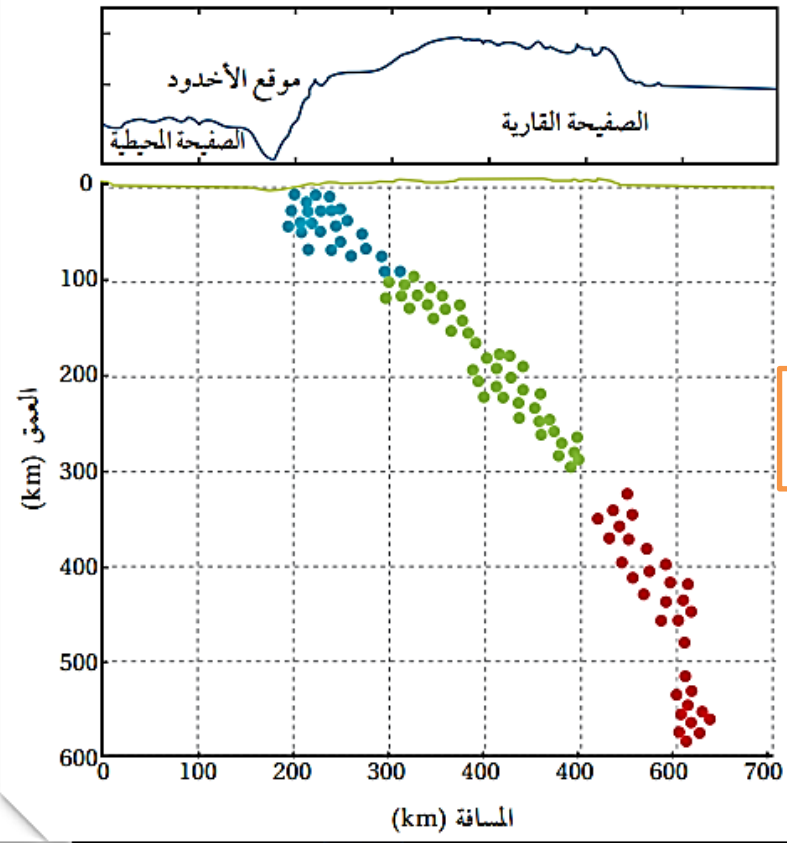
حلل عالم الزلازل الأمريكي هوجو بينيوف Hugo Benioff عام 1954، و العالم الياباني واداتي Wadeti البيانات الزلزالية التي حصل عليها من الأحزمة الزلزالية المنتشرة عند الأخاديد البحرية، و وجدا أن:

- بؤر الزلازل الضحلة و المتوسطة و العميقة تنحصر في نطاق مائل صلب يمتد من الأخدود البحري، و ينحدر إلى الغلاف المائع؛ أي إلى عمق 700 km تقريبا.

- أُطلق على هذا النطاق نطاق واداتي - بينيوف نسبة إليهما إلا أن العالمين لم يستطيعا تفسير وجود زلازل على عمق أكبر من 100 km، إذ إن الزلازل تحدث في الغلاف الصخري، ولا يمكن أن تحدث في الغلاف المائع.

- قد جاءت نظرية الصفائح التكتونية لتتبنى هذه الأدلة التي تؤيد طرح صفيحة محيطية (تمثل الغلاف الصخري) داخل الستار عند حدود الصفائح المتقاربة، أنظر الشكل (21)، و فيها فسر حدوث الزلازل المختلفة عند أنطقة الطرح كالآتي:

1. تتكون الزلازل الضحلة عندما يجتاز الضغط و الطاقة الناتجة من غطس الصفيحة المحيطة قوة مقاومة الغلاف المائع، فتغطس الصفيحة المحيطة فجأة مُحرّرة الطاقة المخزنة على شكل موجات زلزالية، و لأن العمق قليل تتكون الزلازل الضحلة .
2. بزيادة غطس الصفيحة المحيطية تتعرّض لضغوط أكبر، فتتكسر محررة الطاقة فيها على شكل زلازل متوسطة، و هكذا يستمر حدوث الزلازل فيها ما دامت هشة قابلة للكسر.
3. يزداد عمق الزلازل كلّما ابتعدنا عن الأخدود البحري باتجاه الصفيحة القارية.



الشكل (21): توزع أنواع الزلازل بحسب نطاق بنيوف.

أحدّد العمق الذي تتشكّل فيه الزلازل المتوسطة.

تتشكل الزلازل المتوسطة في الأعماق ما بين 100km-300 km

عمق البؤرة الزلزالية:

الزلازل الضحلة: أقل من 100 km

الزلازل المتوسطة: 100 km–300 km

الزلازل العميقة: 300 km–700 km

استخدام نظام تحديد المواقع العالمي Use Global Position System (GPS)

ما أهمية استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ؟

يُعد استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) من الأدلة الحديثة الداعمة النظرية حركة الصفائح التكتونية، بما في ذلك حركتها عند أنطقة الطرح.

وضح مبدأ عمل محطات GPS ؟

1. توضع محطات GPS في أماكن ثابتة من الصفائح المختلفة لتستقبل موجات كهرمغناطيسية من الأقمار الاصطناعية.
2. ثَمَّ تُحلَّل تلك الموجات على مدد زمنية طويلة لتحديد سرعة حركة الصفائح التكتونية و اتجاهها.

وضح العلاقة بين النقاط الثابتة على الصفائح عند أنطقة الطرح مع الزمن ؟

أظهرت دراسة بيانات GPS أن المسافة بين النقاط الثابتة على الصفائح عند أنطقة الطرح تتناقص مع الزمن، مما يدل على تقاربها.

أفكر : تحدث الزلازل في الغلاف الصخري الصلب الذي يمتد إلى عمق 100 km تقريباً، كيف يُفسر حدوث الزلازل على أعماق أكبر من سماكة الغلاف الصخري ؟

يفسر حدوث الزلازل المتوسطة والعميقة على عمق أكبر من 100 km بسبب تحرر الطاقة الناتجة عن تكسر الصفيحة الغاطسة الهشة في أثناء غطسها في الستار حيث تبقى الصفيحة الغاطسة باردة نسبيًا و صلبة إلى أعماق تصل إلى 700 km

الربط بالجغرافيا

يفصل صدع البحر الميت التحويلي بين الصفيحة العربية و صفيحة سيناء.

- تشمل الصفيحة العربية : كل من الأردن و سوريا و لبنان و السعودية و الكويت و قطر و البحرين و اليمن و العراق.
- تشمل صفيحة سيناء :كل من فلسطين و جزيرة سيناء و جزء من قاع البحر الأبيض المتوسط.

3. الحدود التحويلية (الحدود الجانبية)

بماذا تُسمّى الحدود التحويلية ؟

بالحدود الجانبية

كيف تتحرك الصفائح في الحدود التحويلية ؟

حيث تتحرك الصفائح فيها أفقيًا بمحاذاة بعضها بعضا.

أين تحدث هذه الحدود ؟

على امتداد صدوع طويلة يصل طول بعضها إلى مئات الكيلومترات.

علل : سبب تسمية بالصدوع التحويلية؟

لأن اتجاه الحركة النسبية للصفيحتين المتجاورتين و سرعتهما يختلفان على امتداد الحد الفاصل بينهما.

- علل : توصف بأنها حدود محافظة؟

لأنه لا يحدث استهلاك أو بناء للغلاف الصخري عند الحدود التحويلية .

- أين توجد معظم صدوع التحويل؟

توجد معظم صدوع التحويل بشكل متواز على جانبي ظهر المحيط.

- اعط أمثلة على صدوع التحويل ؟

1. صَدْعُ البحر الميت التحويلي الذي يفصل بين الصفيحة العربيّة و صفيحة سيناء
2. صَدْع سان أندرياس الذي يفصل صفيحة أمريكا الشمالية و صفيحة المحيط الهادي.

✓ أتحقق : أذكر مظهرين جيولوجيين يتشكلان نتيجة تصادم صفيحتين قاريتين.

من المظاهر الجيولوجية التي تتشكل نتيجة تصادم صفيحتين قاريتين الصدوع العكسية وتشكل الطيات و السلاسل الجبلية.

و لتعرُّف كيفية اختلاف اتجاه الحركة النسبيّ على امتداد صدوع التحويل أنفذ النشاط الآتي:

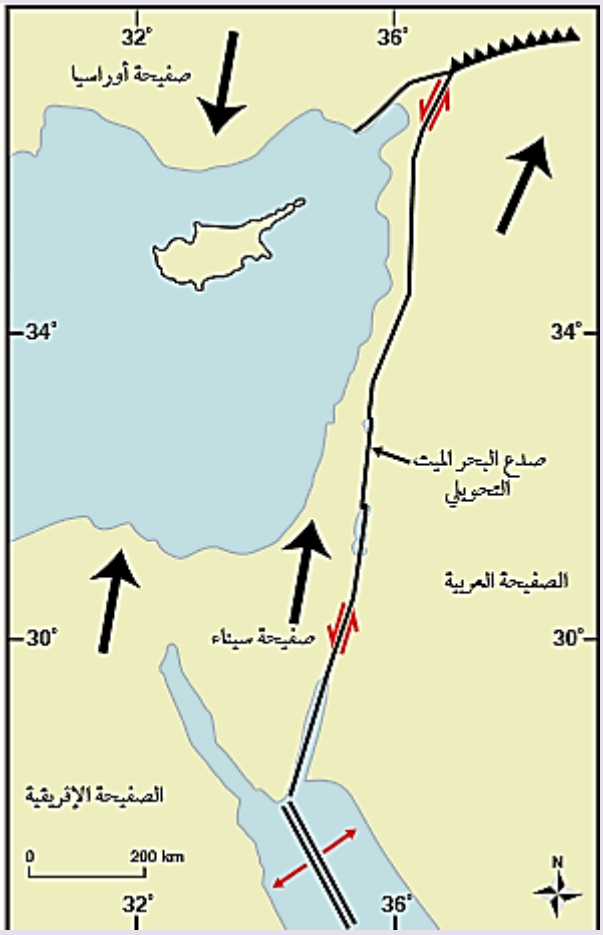
نشاط : صدوع التحويل

يُعَدُّ صَدْعُ البحر الميت التحويلي أحَدَ صُدوع التحويل الناتج عن حركة صفيحة سيناء، و الصفيحة العربية.

وقد تعلمتُ سابقا في التجربة الاستهلالية أن هناك إزاحة أفقية حدثت بين الصفيحتين تمثل :

4. الأسهم ذات اللون الأسود : اتجاه الحركة الحقيقية لصفيحة أوراسيا، والصفيحة العربية، وصفيحة سيناء والصفيحة الإفريقيّة
5. تمثل الأسهم الحمراء الصغيرة : الحركة النسبية لصدع البحر الميت التحويلي.

أدرس الشكل الآتي، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل و الاستنتاج:

1 -أحدد اتجاه الحركة الحقيقية للصفيحة العربية وصفيحة سيناء.

الصفيحة العربية و صفيحة سيناء تتحركان حركة حقيقية نحو اتجاه شمال شرق.

2 -أحدد اتجاه الحركة النسبية على جانبي صَدع البحر الميت التحويلي.

الحركة النسبية حول صدع البحر الميت التحويلي للصفيحة العربية نحو اتجاه شمال شرق، و تتحرك صفيحة سيناء حركة نسبية نحو اتجاه جنوب غرب.

3 أقارن بين الحركة الحقيقية و الحركة النسبية لكل من الصفيحة العربية، و صفيحة سيناء من حيث الاتجاه.

تكون الحركة النسبية و الحركة الحقيقة للصفيحة العربية بنفس الاتجاه، بينما اتجاه الحركة الحقيقية للصفيحة سيناء عكس اتجاه حركتها النسبية.

4. أتوقع سبب اختلاف اتجاه الحركة النسبية لصفيحة سيناء عن الجاه حركتها الحقيقية.

لأن السرعة الحقيقة للصفيحة العربية أكبر من السرعة الحقيقية لصفيحة سيناء، فتبدو صفيحة سيناء أنها تتحرك عكس حركتها الحقيقية.

أسباب حركة الصفيحة

ما القوة المسؤولة عن حركة الصفائح الأرضية؟

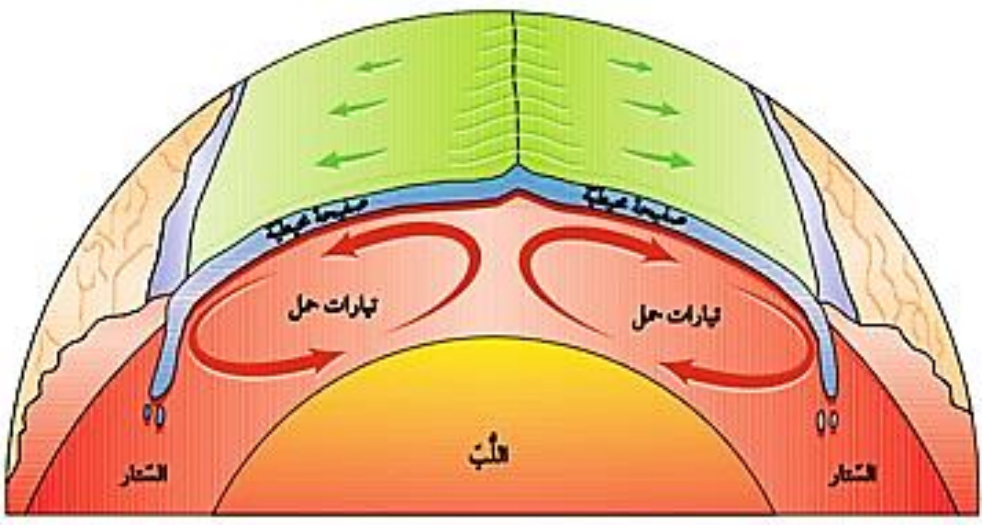
اكتشف العالم ولسون أن تيارات الحمل داخل الستار هي القوة المسؤولة عن حركة الصفائح الأرضية .

آلية حركة تيارات الحمل على النحو الآتي:

1. **يؤدي تحلل العناصر المشعة المتركزة في الستار إلى زيادة تسخين الماغما المحيطة فيها فتقل كثافتها ، مشكلة تياراتٍ صاعدة ترتفع إلى الأعلى، حيث يخرج جزء قليل من الماغما من منطقة وسط ظهر المحيط مكوّنةً غلافًا صخريًّا محيطيًّا جديدًا .**
2. **و تنتشر باقي الماغما جانبيًّا أسفل الصفيحة مبتعدة عن ظهر المحيط ساحبةً معها الصفيحتين على جانبي ظهر المحيط، و بالتدريج تبرد هذه الماغما و تزداد كثافتها ، فتبدأ بالغطس من جديد إلى أسفل؛ لتكمل دورة تيارات الحمل ؛ مشكلةً ما يُسمى التيارات الهابطة التي يمكن أن تسحب معها الصفيحة التي تعلوها مكونةً مع الزمن أنطقة الطرح.**

ملاحظة: (على الرغم من أن تيارات الحمل قد تمتد إلى آلاف الكيلومترات ، إلا أنها تتدفّق في وسط ظهر المحيط بمعدل عدة سنتيمترات في السنة، و يؤدي استمرار حركة التيارات الصاعدة و الهابطة إلى تحريك الصفائح الأرضية).

الشكل (22) تعد تيارات الحمل القوة الرئيسة المسببة لحركة الصفائح الأرضية.



أفسر: ما العلاقة التي تربط التيارات الصاعدة بحركة الصفائح الأرضية؟

عندما ترتفع التيّارات الصاعدة إلى الأعلى، يخرج جزء قليل من الماغما من منطقة ظَهْر المحيط مكوّنةً غلافًا صخريًّا محيطيًا جديدًا، وتنتشر باقي الماغما جانبيًا أسفل الصفيحتين مبتعدة عن ظهر المحيط، ساحبة معها الصفيحتين على جانِبَيْ ظهر المحيط.

✓ اتحقق : أوضح أهمية التيارات الهابطة في حركة الصفائح.

تعمل التيارات الهابطة على سحب الصفيحة إلى أسفل مشكلة مع الزمن نطاق طرح.

البراكين و الزلازل و حركة الصفائح

ما العلاقة التي تربط بين البراكين و الزلازل و حدود الصفائح ؟

عند دراسة توزع البراكين و الزلازل على سطح الأرض نجد أن معظم البراكين و الزلازل تتمركز عند حدود الصفائح.

توزع البراكين

عند دراسة توزُّع البراكين على سطح الأرض نلاحظ أن معظم البراكين تتكون عند حدود الصفائح المتباعدة و المتقاربة ، انظر الشكل (23) .

1. **حدود الصفائح المتباعدة :**

- **تتكون البراكين البازلتية على امتداد الحدود المتباعدة .**
- **تتباعد الصفائح الأرضيّة بعضها عن بعض في :**
  - **مناطق الوديان المتصدعة.**
  - **مناطق ظهر المحيط .**

2. **حدود الصفائح المتقاربة :**

- **الحدود المتقاربة التي تنشأ عن غطس صفيحة محيطية أسفل صفيحة قارية .**
- **الحدود المتقاربة التي تنشأ عن غطس صفيحة محيطية أسفل صفيحة محيطية.**

ماذا ينتج من هذا التقارب؟

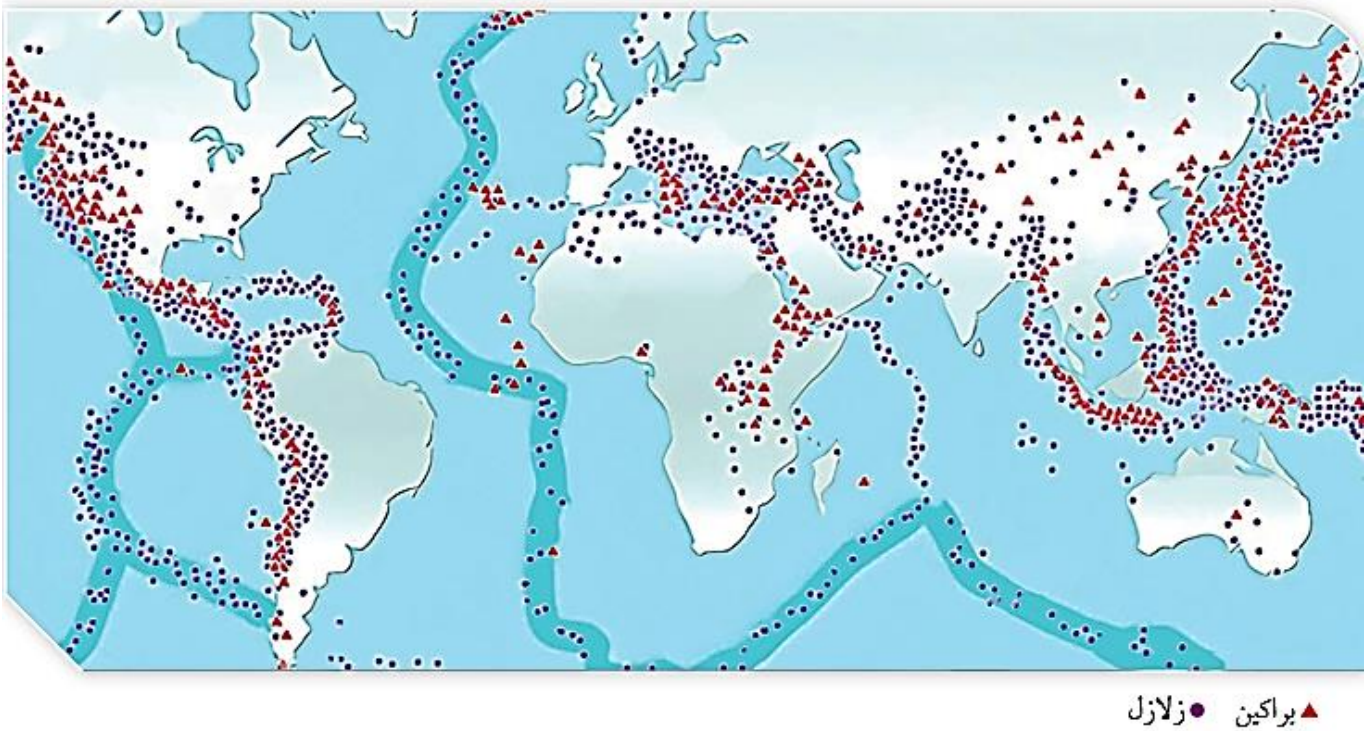
براكين ذات تركيب أنديزيني، أو ذات تركيب بازلتي على امتداد الأخاديد البحرية على التوالي.

مثال : تتكون البراكين المحيطة بالمحيط الهادي بهذه الطريقة التي تنتج من غطس صفيحة المحيط الهادي، و صفيحة نازكا أسفل الصفائح الأخرى المحيطة بها.

توزع الزلازل

- كيف تتشكل الزلازل ؟ نتيجة حركة الصفائح
- أين تتواجد معظم الزلازل؟ تتمركز عند حدود الصفائح الأرضية.
- ماذا تسمّى أماكن تجمعها ؟ أحزمة الزلازل.
- أين يتمركز % 80 من الزلازل تقريبا ؟ حول حزام المحيط الهادي الناري. أنظر الشكل (23).
- تصاحب الزلازل أنواع الحدود الثلاثة :

1. المتباعدة. 2. المتقاربة. 3. التحويلية.



الشكل (23): توزّع البراكين و الزلازل على سطح الأرض.

أحدد الصفائح الأرضية التي أنتجت البراكين التي تقع على الحد الغربي لقارة أمريكا الجنوبية.

تكونت البراكين التي تقع على الحد الغربي لقارة أمريكا الجنوبية نتيجة طرح صفيحة نازكا أسفل صفيحة أمريكيا الجنوبية.

✓ اتحقق : أتحقق : أوضح المقصود بأحزمة الزلازل ؟

هي أماكن تجمع الزلازل على سطح الأرض والتي تتطابق مع حدود الصفائح ومن أمثلتها حزام المحيط الهادي

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة : أحدِّد المظاهر الجيولوجيّة التي تتشكّل عند حدود الصفائح المتقاربة.

من المظاهر الجيولوجية التي تتشكل عند حدود الصفائح المتقاربة الأخاديد البحرية و الأقواس البركانية و أقواس الجزر و الجبال و الصدوع العكسية و الطيّات.

2 . ألخص نص نظرية الصفائح التكتونية.

تنص نظرية الصفائح التكتونية على أن "الغلاف الصّخريّ الصُّلب مُقسم إلى عدد من القطع يُسمّى كل منها صفيحة، و تتحرك كل صفيحة ببطء فوق الغلاف المائع حركة مستقلة نسبة إلى الصفائح المجاورة لها ، إما متقاربة معها، أو متباعدة عنها ، أو بمحاذاتها بحركة جانبية و ينشأ عن هذه الحركة العديد من المظاهر الجيولوجية مثل الزلازل والبراكين".

3 . أتنبأ: كيف سيتغير الوادي المتصدّع الكبير شرق إفريقيا بعد عدة ملايين من السنين؟

مع استمرار التباعد سوف يتحول الوادي المتصدّع الكبير شرق إفريقيا إلى بحر.

4 . أستنتج العلاقة بين أماكن توزُّع البراكين على سطح الأرض، و أماكن توزُّع الزلازل، و أبين الأسباب.

تصاحب الزلازل البراكين عند الحدود المتقاربة و الحدود المتباعدة و ذلك لأن ثوران البراكين يؤدي إلى تراكم إجهادات وتكسر الصخور فتنتج الزلازل

5 . أوضح ماذا يحدث عند تقارب صفيحتين قاريتين من بعضهما بعضًا.

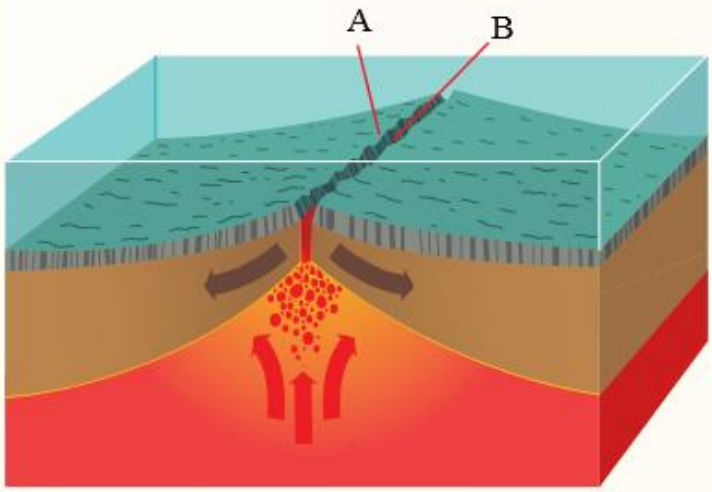
1. معظم الصفائح القارية تحتوي في نهايتها على جزء محيطي. لذلك؛ عند تقارب صفيحتين قاريتين من بعضهما بعضا، يغطس الجزء المحيطي للصفيحة أسفل الصفيحة القارية الأخرى، ويتكون نطاق الطرح.
2. مع استمرار الغطس يستهلك الجزء المحيطي و يلتقي الجزء القاري بالجزء القاري من الصفيحة الأخرى.
3. بسبب الكثافة المنخفضة للصفائح القارية نسبة إلى الصفائح المحيطية، و بسبب سماكات الصفائح القارية الكبيرة تتصادمان مع بعضهما بعضا، و ينتج من التصادم تشوه للصخور، و تتشكل الطيات و الصدوع العكسية على امتداد حدود التصادم.
4. ينتج من التصادم أيضًا سلسلة جبلية ضخمة جديدة.

6. أقارن بين اللب الداخلي و اللب الخارجي من حيث الحالة الفيزيائية و التركيب الكيميائي.

اللب الداخلي: في الحالة الصلبة و يتكون من عنصري الحديد والنيكل

اللب الخارجي : في الحالة السائلة و يتكون من عنصري الحديد والنيكل ومن عناصر أخرى مثل الكبريت والأكسجين والسيليكون.

7. أحسب المسافة بين النقطتين المتجاورتين في منطقة ظهر المحيط(A,B) بعد 20000y إذا كان متوسط توسع قاع المحيط يساوي 3 cm/y



المسافة = متوسط السرعة X الزمن

20000X 3 = 60000cm =0.6km

وهذا يمثل المسافة التي تبعدها كل نقطة عن منطقة وسط ظهر المحيط، لذلك تكون المسافة بين النقطتين (A،B) تساوي:

2x0.6=1.2 km

8. أحدد أين تقع معظم صدوع التحويل على سطح الأرض؟

تقع معظم صدوع التحويل على سطح الأرض بشكل متواز على جانبي ظهر المحيط.

9. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. يفسر العلماء آلية حركة الصفائح الأرضية بأنها:

أ . تطفو فوق المحيطات، وتتحرك بشكل عشوائي.

ب. تتحرك بفعل قوة تيارات الحمل داخل الستار.

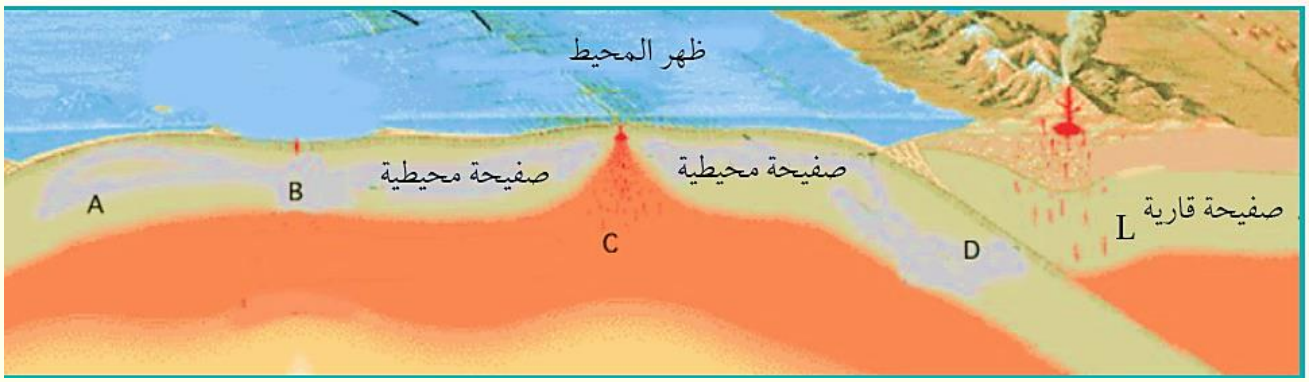
ج. تتحرك نتيجة ثوران البراكين وانزلاق الصخور.

د . تتحرك بفعل دوران الأرض حول نفسها .

2. تتحرك الصفائح الأرضية فوق:

أ . اللب الخارجي. ب. الغلاف الصخري. ج. الغلاف الصلب. د . الغلاف اللدن.

2. أستخدم الشكل الآتي للإجابة عن الفروع (3، 4، 5، 6).



3. غطست الصفيحة المحيطية (D) اسفل الصفيحة القارية (L) لأنها:

أ. أبرد منها وذات كثافة عالية. ب. أبرد منها و ذات كثافة منخفضة.

ج أسخن منها وذات كثافة عالية. د. أسخن منها و ذات كثافة منخفضة.

4. النقطة التي تكون عندها درجة الحرارة مرتفعة جداً هي:

أ. A ب. B ج. C د. D

5. تتحرك الصفائح بالنسبة إلى بعضها بعضا عند النقطة C:

أ . باتجاه بعضها بعضا. ب. بعيدا عن بعضها بعضا .

ج جانبيًا بالنسبة إلى بعضها بعضا. د . إحداهما للأعلى، و الأخرى للأسفل.

6. نوع حدود الصفائح عند النقطة D:

أ. تقاربية. ب. تباعدية ج. تحويلية. د. جانبية.

7. حصل العلماء على عينات صخرية متنوعة تمثل قيعان المحيطات، فوجدوا أنها مكونة من صخور نارية ذات تركيب:

أ. غرانيتي. ب. أنديزيتي. ج. بازلتي. د. بيريدوتيتي.

8. أي الأنطقة الآتية يفصل بينها انقطاع موهو؟

أ . اللب الداخلي و اللب الخارجي.

ب. الستار العلوي والستار السفلي.

ج. القشرة الأرضية وأعلى الستار.

د . الستار واللب الخارجي.

الإثراء و التوسع

(حركة الصفائح التكتونية و التغير المناخي)

كيف تتحرك الصفائح التكتونية ؟

تتحرك الصفائح التكتونية بصورة دائمة حركة بطيئة تدريجياً لا تتجاوز حركتها سنتيمترات عدة في السنة .

ماذا ينتج من هذه الحركة على المدى الطويل؟

العديد من المظاهر الجيولوجية، مثل تشكل الجبال الضخمة و البحار و المحيطات و ثوران البراكين و اختفاء قارات و ظهور قارت أخرى.

ما تأثير المظاهر الجيولوجية على البيئة ؟

1. تؤثر تلك المظاهر في المُناخات السائدة على الأرض.
2. تؤثر الجبال في أنماط الرياح و هَطل الأمطار .
3. تعمل المحيطات و البحار على توازن المناخ.
4. تؤثر تيارات المحيط في درجة حرارة و رطوبة سطح الأرض.

هل توجد علاقة بين حركة الصفائح التكتونية و التغير المناخي ؟ و هل كانت المُناخات السائدة على الأرض مثلا قبل 200m.y في أثناء تشكل قارة بانغيا مشابهة للمُناخات السائدة في الوقت الحاضر ؟

تؤثر حركة الصفائح في توزيع القارات، و هذا يؤدي إلى حدوث تغير مُناخي عبر ملايين السنوات .

ما أسباب حدوث التغير المناخي على سطح الأرض ؟

1. الثورانات البركانية الكبيرة تؤدي إلى حدوث تغير مناخي على سطح الأرض نتيجة انبعاث كميات كبيرة من غازات الدفيئة و الرماد البركاني، لكنه محدود.
2. تعد الأنشطة البشرية هي السبب الرئيس في حدوث التغير المناخي على سطح الأرض.

مراجعة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. الجزء من الأرض الذي يتميز بأنه في الحالة الصلبة ويمتد من سطح الأرض حتى عمق 100 km هو:

أ) الغلاف المائع. ب الستار السفلي.

ج) الغلاف الصخري (د) اللب الداخلي.

2 . . نوع الحد الذي يفصل بين الصفيحة العربية وصفيحة سيناء هو حد:

أ . تباعدي. ب. تقاربي. ج .جانبي. د. هدام.

3. من الأدلة على فرضيّة توسع قاع المحيط:

أ) تزداد أعمار الصخور كلما اتجهنا نحو ظهر المحيط.

ب) أعمار معظم صخور قيعان المحيطات لا يزيد على 180 m.y

ج) ينقلب المجال المغناطيسي دائما بصورة منتظمة.

د) الأشرطة المغناطيسية المتساوية في العمر متعاكسة في الاتجاه المغناطيسي.

4. تتكون الوديان المتصدعة عند:

أ) حدود التصادم. ب) حدود الطرح.

ج) الحدود التحويلية. د) الحدود المتباعدة.

5 .من حدود الصفائح التي لا يصاحبها تكون براكين؟

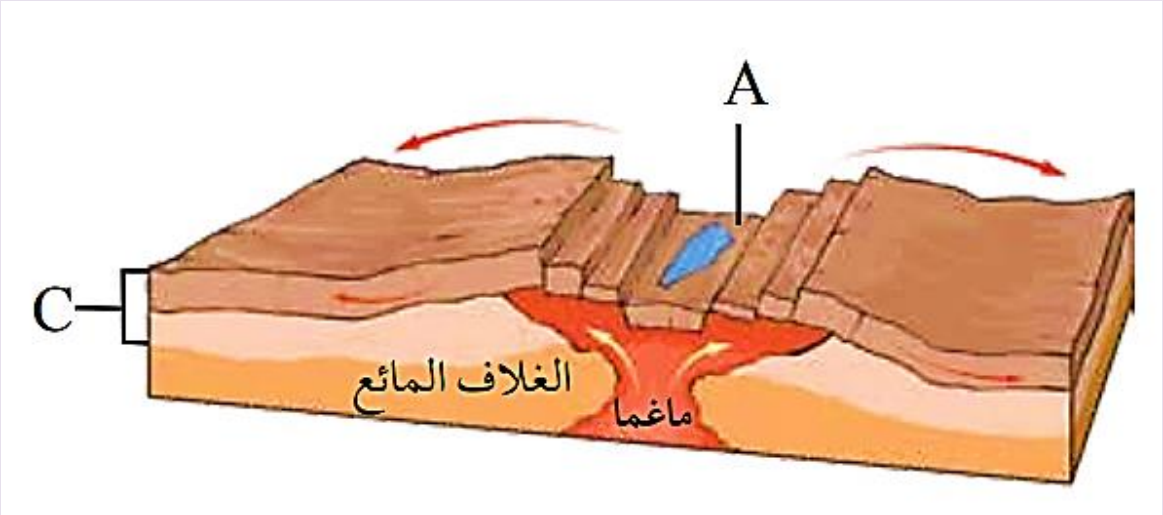
أ) المتقاربة (محيطية - محيطية). ب) المتقاربة (محيطية -قارية).

ج) التحويلية. د) المتباعدة

6. من المظاهر الجيولوجية التي تتشكل نتيجة اصطدام تيارات الحمل الصاعدة بأسفل الصفيحة التكتونية القارية :

أ) وادٍ متصدع. ب) نطاق طرح ج) الحدود التحويلية. د) نطاق تصادم.

- أدرس الشكل الآتي الذي يمثل أحد حدود الصفائح، ثم أجيب عن الأسئلة(7-9) التي تليه:



7. نوع حدود الصفائح في الشكل:

أ) حدود جانبية. ب) حدود تقاربية. ج) حدود تباعُدية. د) حدود تصادم.

8 . المظهر الجيولوجي الذي يشير إليه الحرف (A):

أ) أقواس الجزر. ب) وادٍ متصدع. ج) براكين قوسية. د) نطاق الطرح.

9 .النطاق الذي يشير إليه الحرف (C) :

أ) القشرة الأرضية. ب) الستار العلوي. ج) أعلى الستار. د) الغلاف الصخري.

10 . بدأت قارّة بانغيا بالانقسام إلى أجزاء أصغر قبل:

أ)200m.y ب)400m.y ج) 100m.y د) 50m.y

11 . النطاق الذي يوجد في الحالة السائلة من الكرة الأرضية هو:

أ) الغلاف الصخري. ب) اللب الداخلي. ج) الغلاف المائع. د) اللب الخارجي.

12. تشكلت جبال الهيمالايا بوساطة:

أ) تباعد صفيحة إفريقيا، عن صفيحة أمريكا الجنوبية.

ب تصادم صفيحة الهند، مع صفيحة أوراسيا.

ج) تحرُّك الصدع التحويلي سان أندرياس.

د) تصادم الصفيحة العربية مع صفيحة أوراسيا.

13 . القطعة الصخرية التي تتكون من القشرة الأرضية والجزء الأعلى من الستار بسمك 100 km تُسمى:

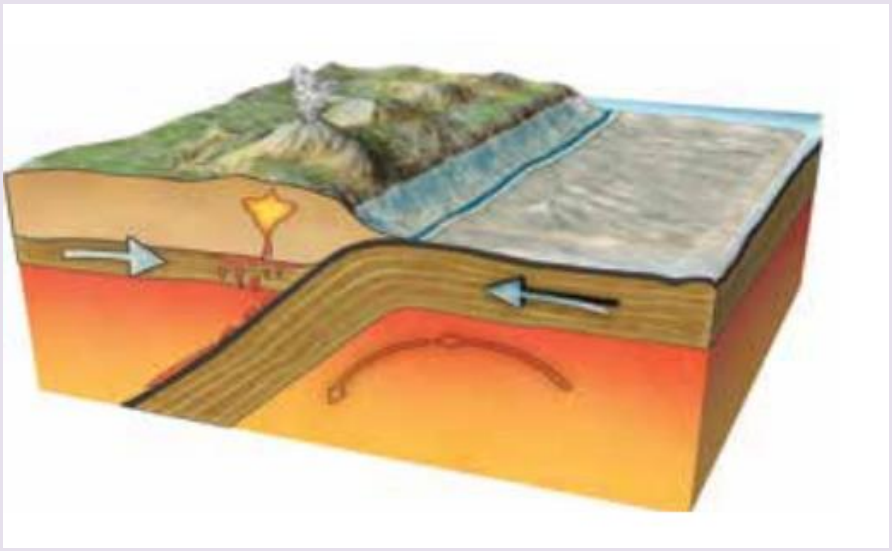
أ) الغلاف المائع. ب) صفيحة أرضية. ج) براكين قوسية. د) ظهر المحيط.

14 . أي من أنطقة الأرض تسلك الصخور المكونة له سلوكا لدنا؟

أ) الغلاف المائع. ب) الغلاف الصخري. ج) القشرة الأرضية. د) اللب الخارجي.

السؤال الثاني:

يمثل الشكل الآتي أحد حدود الصفائح، أدرس الشكل ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. أحدد نوع حدود الصفائح في الشكل.

2. أستنتج: ما المظاهر الجيولوجية الناتجة عن غطس الصفيحة المحيطية أسفل الصفيحة القارية

السؤال الثالث:

أملأ الفراغ في ما يأتي بما هو مناسب من المصطلحات:

أ - الفرضية التي تنص على أن جميع القارات الحالية كانت تشكل في الماضي قارة واحدة تسمى.....

ب التغيّر في قطبية المجال المغناطيسي للأرض من عادية إلى مقلوبة يُسمّى.....

ج - الفرضية التي تنص على أن القشرة المحيطية الجديدة تتشكل عند ظهور المحيطات، وتستهلك عند الأخاديد البحرية هي.....

د - السلسلة من الجُزر التي تتشكّل على شكل قوس مواز للأخاديد البحرية تُسمّى.....

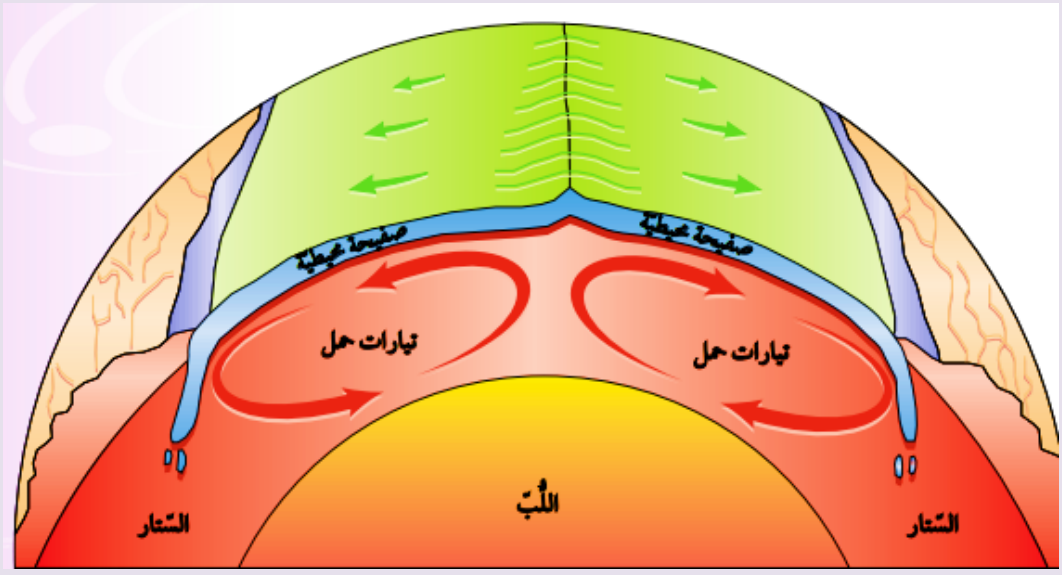
هـ - القوة المسؤولة عن حركة الصفائح الأرضية هي:.....

السؤال الرابع:

أتنبأ هل يبقى شكل صفيحة المحيط الهادي ثابتًا مع الزمن؟ أوضح إجابتي.

السؤال الخامس:

أفسر : كيف تعمل تيارات الحمل الموضحة في الشكل الآتي على حركة الصفائح الأرضية؟



السؤال السادس: أتنبأ بمواقع القارات بعد100 m.y على افتراض أن الصفائح الأرضية تتحرك بالسرعة نفسها، و الاتجاه نفسه.

السؤال السابع: أقارن بين المظاهر الجيولوجية الناتجة من تقارب صفيحتين محيطيتين، و بين تقارب صفيحتين قاريتين.

السؤال الثامن: افسر كيف تنشأ الزلازل عند تقارب صفيحتين قاريتين؟

السؤال التاسع: أستنتج: أين تقع أقدم الصخور في صفيحة نازكا؟

السؤال العاشر:أستنتج : كيف تُعَدُّ أحفورة الميزوسورس دليلا على صحة فَرَضيّة انجراف القارات.



السؤال الحادي عشر

أقوم صحة ما أشارت إليه العبارة الآتية: "يُعدُّ توزيع الزلازل في القشرة الأرضية دليلا على صحة نظرية الصفائح التكتونية "

السؤال الثاني عشر:

أكون فرضية أوضح منها ماذا يمكن أن يحدث إذا غيرت صفيحتا إفريقيا و أمريكا الجنوبية اتجاه حركتيهما ؛ ليتحركا بعكس اتجاه حركتيهما الحالية.

السؤال الثالث عشر:

أحسب: أفترض أن جزيرة بركانية تشكلت في منطقة ظهر المحيط، قد انقسمت بفعل توسع قاع المحيط إلى جزأين، حيث يتحرك كل جزء جانبيًّا بعيدًا عن ظهر المحيط بمعدل 2 cm/y ما المسافة بين الجزأين بعد 1 m.y ؟

السؤال الرابع عشر:

أحدد نوع حدود الصفائح المسببة لكل من المظاهر الآتية:

1. البحر الأحمر.
2. البحر الميت.
3. جبال الهيمالايا.
4. جبال الأنديز.

السؤال الخامس عشر:

أقارن بين أقواس الجزر و الأقواس البركانية من حيث نوع الحدود المكوّنة لكل منهما، و نوع الماغما المكونة لها.

السؤال السادس عشر:

أفسر: سبب تسمية الصدوع التي تتكون عند الحدود التحويلية صدوع التحويل.

إجابات مراجعة الوحدة

السؤال الأول:

1. (ج) الغلاف الصخرى

2. ب) جانبي .

3. ب) أعمار صخور معظم صخور قيعان المحيطات لا يزيد على 180m.y

4. د) الحدود المتباعدة.

5. ج) التحويلية.

6. أ) وادٍ متصدع.

7. ج) حدود تباعُدية.

8. ب) وادٍ متصدع.

9. د) الغلاف الصخري.

10)أ) 200m.y

11. د) اللب الخارجي.

12 ب) تصادم صفيحة الهند، مع صفيحة أوراسيا.

13 .ب) صفيحة أرضية.

14 أ) الغلاف المائع.

السؤال الثاني:

1. حدود تقارب نطاق طرح.

2. براكين، أخدود بحري.

السؤال الثالث:

أ)انجراف القارات.

ب) انقلاب المغناطيسية.

ج- توسع قاع المحيط.

د - قوس الجزر.

هـ – تيارات الحمل.

السؤال الرابع

لا ، سوف تتغير صفيحة المحيط الهادي مع الزمن؛ إذ تقترب صفيحة المحيط الهادي من صفائح أخرى مشكلة حدود تقاربية، و تبتعد عن صفائح أخرى مشكلة حدود تباعدية .

السؤال الخامس:

تنتج تيارات الحمل في الستار نتيجة زيادة تسخين الماغما بسبب تحلل العناصر المشعة في باطن الأرض، مما يؤدي إلى انخفاض كثافتها وصعودها إلى الأعلى مشكلة تيارات حمل صاعدة، يخرج جزء قليل منها عند منطقة ظهر المحيط مكوّنة غلاف محيطي جديد ثم تنتشر باقي الماغما جانبيًا أسفل الصفيحة، مبتعدة عن ظهر المحيط ساحبة معها الصفيحتين على جانبي ظهر المحيط ومع مرور الوقت تبرد الماغما و تزداد كثافتها، فتبدأ بالغطس إلى أسفل، مكوّنة تيارات هابطة تسحب الصفيحة التي تعلوها نحو الأسفل، مما يؤدي إلى تكوّن مناطق الطرح وتحريك الصفائح الأرضية باستمرار.

السؤال السادس:

سوف تتغير مواقع القارات فمثلا سوف تتحرك قارة إفريقيا نحو الشمال الشرقي و أمريكا الجنوبية نحو الغرب، و استراليا تتحرك نحو الشمال و قارتي أوروبا وأمريكا الشمالية سوف يتحركان مبتعدنا بعضهما بعضًا.

السؤال السابع:

عند تقارب صفيحتين محيطيتين تنتج أقواس الجزر و أخاديد بحرية بينما ينتج عن تقارب صفيحيتن قاريتين سلاسل جبلية وصدوع عكسية و طيات.

السؤال الثامن:

عندما تتقارب صفيحتين قاريتين من بعضهما بعضًا و تتصادم تتكون إجهادات ضغط بينهما، وعندما تتجاوز هذه الإجهادات حد المرونة تنكسر الصخور، و تنشأ زلازل على حافتي الصفيحيتن المتقاربتين.

السؤال التاسع:

عند حافتها الشرقية التي تقترب من صفيحة أمريكا الجنوبية.

السؤال العاشر :

عاش الميزوسورس على اليابسة قبل 200my في بحيرات المياه العذبة، و الخلجان الضحلة وهو من الزواحف، وقد عثر على أحفورته في كل من جنوب شرق أمريكا الجنوبية، وجنوب غرب إفريقيا. وبما أنه لا يستطيع الانتقال بين القارتين، و السباحة عبر مياه المحيط الأطلسي المالحة لذلك يعد دليل على فرضية انجراف القارات.

السؤال الحادي عشر:

العبارة صحيحة، لأن الزلازل تنشأ عن تراكم الإجهادات المختلفة و تحررها و بما ان معظم الزلازل في العالم تقع على حدود الصفائح فهذا يدل على ان الأرض يحيط بها صفائح تتحرك نسبة لبعضها بعضا بحركات مختلفة متقاربة أو متباعدة أو بمحاذاة بعضها و نتيجة حركتها تتراكم الإجهادات.

السؤال الثاني عشر:

إذا غيرت صفيحتا أفريقيا و أمريكيا الجنوبية اتجاه حركتهما ؛ ليتحركا بعكس حركتيهما فسوف يختفي المحيط الأطلسي و تقترب الصفيحتين من بعضهما بعضًا و بما أنهما صفيحتين قاريتين فسوف يتصادمان في النهاية .

السؤال الثالث عشر:

المسافة = معدل الحركة × الزمن

1000000x2 = 2000000cm = 20km

المسافة بين الجزأين :

2 × 20 = 40 km

السؤال الرابع عشر :

1. الحدود المتباعدة.
2. الحدود التحويلية.
3. الحدود المتقاربة (تصادم).
4. الحدود المتقاربة (نطاق طرح).

السؤال الخامس عشر:

أقواس الجزر تتشكل عند حدود تقارب صفيحتين محيطيتين، و تتشكل من ماغما بازلتية، بينما تتشكل الأقواس البركانية عند حدود تقارب صفيحة قارية مع صفيحة محيطية، وتتشكل من ماغما أندزيتية.

السؤال السادس عشر:

تسمى صدوع التحويل بهذا الإسم لأن اتجاه الحركة النسبية للصفيحتين المتجاورتين و سرعتهما يختلفان على امتداد الحد الفاصل بينهما.

أسئلة مثيرة للتفكير

السؤال الأول:

تضُمُّ الصفيحة العربية عددًا من الدول منها الأردن، و تُعَدُّ هذه الصفيحة إحدى الصفائح المكونة للقشرة الأرضية، وتتحرّك باتجاه الشمال والشمال الشرقي نتيجة التباعد الذي يحصل على امتداد نطاق التوسع في قاع البحر الأحمر، الذي يتوسّع بمعدل 15 mm سنويا تقريبًا؛ ما يتسبب في حدوث العديد من الظواهر الجيولوجية حول حدودها مع الصفائح المحيطة بها، مثل امتداد سلاسل جبال زاغروس على حوافها الشرقية و الشمالية الشرقية، و جبال طوروس على امتداد حوافها الشمالية في تركيا.

ويمثل الشكل الآتي الصفيحة العربية والصفائح المحيطة بها، وتمثل الأسهم اتجاه حركة الصفائح. أدرس الشكل الآتي، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. أستنتج بناءً على حركة الصفيحة العربية أين يمكن أن ينشأ محيط؟ وما الصفائح المسؤولة عن تشكله ؟

يمكن أن ينشأ محيط في البحر الأحمر. وحركة الصفيحة العربية و صفيحة إفريقيا هما المسؤولتان عن تشكل المحيط الجديد.

2. أفسر : ما سبب تشكل جبال زاغروس في إيران، وجبال طوروس في تركيا؟

بسبب تصادم الصفيحة العربية مع صفيحة أوراسيا .

3. أتوقع: هل يمكن أن تحدث زلازل في منطقة البحر الأحمر؟ لماذا؟

نعم ، يمكن ان تحدث زلازل في البحر الأحمر لأنه يمثل منطقة توسع حيث تتراكم اجهادات الشد في مركز التوسع وعندما يحدث كسر و تبتعد الصفيحة العربية شكل من عن صفيحة إفريقيا تتحرر طاقة على شكل موجات زلزالية .

4. أتوقع: إذا ازدادت سرعة توسع البحر الأحمر بمقدار الضعف؛ فما تأثيرات ذلك في كل من: صدع البحر الميت التحويلي، و الحافة الشمالية، و الشمالية الشرقية للصفيحة العربية؟

سوف يزداد طول صدع البحر الميت التحويلي بشكل أسرع ، و سوف تزداد قوة التصادم بين صفيحة أوراسيا و الصفيحة العربية و هذا سوف يؤدي إلى زيادة قوة الزلازل عند تلك الحدود.

السؤال الثاني: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. جميع العبارات الآتية أدلة على صحة فرضية انجراف القارات ما عدا :

أ. تطابق حواف القارات. ب. المناخات القديمة.

ج المغناطيسية المقلوبة د. تشابه أنواع الأحافير.

2. السلسلة الجبلية في أمريكا الشمالية التي استخدمها الفرد فغنر لدعم فرضية انجراف القارات هي:

أ. جبال الأنديز. ب جبال الأبالاش. ج جبال الهيمالايا. د. الجبال الكالدونية.

3. يشير وجود طبقات من الفحم الحجري في كل من قارتي أوروبا و أمريكا الشمالية اللتين يسود فيهما مناخات باردة إلى أنهما كانتا في السابق:

أ. جزءا من إفريقيا. ب. تقعان في مناطق ذات مناخ بارد و جاف.

ج. تقعان في مناطق ذات مناخ معتدل وماطر... د. أقرب إلى خط الاستواء

4. لا يستطيع الميزوسورس الانتقال بين قارتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا عبر المحيط الأطلسي؛ لأنه:

أ. كبير الحجم. ب. يعيش فقط في المياه العذبة.

ج. كائن بطيء الحركة. د. لا يتحمل التغيرات المناخية.

5. الفكرة الرئيسة التي اقترحها الفرد فغنر في فرضية انجراف القارات» هي أن:

أ. القارات الحالية كانت تطفو على طبقة سائلة تسمح لها بالحركة فوقها.
ب. القارات الحالية كانت في السابق قارة واحدة ثم انجرفت و انفصلت.
ج. جميع الأحافير التي عاشت على اليابسة لها العمر نفسه.
د. قاع المحيط أدى إلى انقسام قارة بانغيا إلى قارات منفصلة.

6. يُطلق على السلاسل الجبلية الضخمة التي يتصل بعضها ببعض و تمتد في قيعان جميع المحيطات:

أ. الأخاديد البحرية. ب .السلاسل البركانية. ج. **ظهر المحيط.** د. الوادي المتصدع.

7. أعمق الأخاديد البحرية في العالم، هو أخدود:

أ. **ماريانا في المحيط الهادي.** ب. تونغا في المحيط الهادي

ج. جاوا في المحيط الهندي. د . بيرو- تشيلي في المحيط الهادي.

8. أي من المظاهر الجيولوجية الآتية تنتج من تصادم صفيحتين قاريتين؟

أ. وديان. ب. **جبال.** ج . أخاديد. د. أقواس بركانية.

9. يمثل الغلاف الصخري:

أ . الجزء الأعلى من الستار.

ب .الجزء العلوي من الصفيحة الأرضية.

ج. القشرة الأرضية مع الستار العلوي و السفلي.

د. الصفيحة الأرضية بجزأيها: القشرة الأرضية، وأعلى الستار.

10. يرتبط تشكل الوادي المتصدع الكبير بالحدود:

أ . المتقاربة. ب **المتباعدة.** ج. التحويلية. د. الجانبية.

11. ينتج أخدود بيرو - تشيلي من:

أ . تصادم صفيحة أوراسيا مع صفيحة الهند.

ب تصادم صفيحة المحيط الهادي المحيطية مع صفيحة الفلبين.

ج. غطس صفيحة نازكا المحيطية أسفل صفيحة أمريكا الجنوبية القارية.

د . غطس صفيحة المحيط الهادي المحيطية أسفل صفيحة الفليبين المحيطية.

12. تسمى حدود الصفائح المتقاربة الحدود:

أ. المحافظة. ب. البناءة. ج. الجانبية. د. **الهدامة.**

13. يمتد الغلاف المائع من عمق:

أ. 100 km-700 km ب.700 km-2885 km

ج. 2885 km-5155 km د.5155 km-6371 km

14. يُعد صدع البحر الميت مثالا على الحدود:

أ - **التحويلية.** ب. المتباعدة. ج المتقاربة. د. الهدامة.

15. أهم أدلة فرضية انجراف القارات:

أ . الأشرطة المغناطيسية. ب. الأخاديد البحرية.

ج الأقواس البركانية د. **تطابق حواف القارات.**

16. توجد معظم الحدود المتباعدة في المحيطات على امتداد:

أ. نطاق الطرح. ب. **وسط ظهر المحيط** جـ الحدود الهدامة . د. صدوع التحويل.

17 . تتكون القشرة القارية بشكل رئيس من صخور:

أ. البيريدوتيت. ب. الدونيت. ج. البازلت د. **الغرانيت.**

18. يفصل صدع سان أندرياس التحويلي بين صفيحتي:

أ. أوراسيا و الهند. ب. نازكا وأمريكا الجنوبية.

ج إفريقيا و أمريكا الجنوبية. د. **أمريكا الشمالية و المحيط الهادي.**

19 . تكون صدع البحر الميت التحويلي نتيجة استمرار حركة الصفيحة العربية نحو:

أ. **الشمال و الشمال الشرقي.** ب. الشمال و الشمال الغربي.

ج .الجنوب و الجنوب الشرقي. د. الجنوب و الجنوب الغربي.

20 . تتميز القشرة القارية عن القشرة المحيطية بأنها:

أ. أكثر سمكا و أكثر كثافة. ب. أقل سمكا و أقل كثافة.

ج .**أكثر سمكا و أقل كثافة.** د. أقل سمكا و أكثر كثافة

21. يتميز الستار السفلي عن الستار العلوي بأنه:

أ. أكثر سخونة وأقل كثافة. ب. **أكثر سخونة و أكثر كثافة.**

ج. أقل سخونة و أقل كثافة. د. أقل سخونة و أكثر كثافة.

22. فسرت فرضية توسع قاع المحيط طريقة حركة القارات التي لم تتمكن فرضية انجراف القارات من تفسيرها بافتراض أن:

أ. المحيطات تتوسع في مناطق الأخاديد البحرية، فتتحرك القارات.

ب المحيطات تتوسع في مناطق وسط ظهور المحيطات، فتتحرك القارات.

ج القارات تتحرك مقتربة بعضها من بعض فوق قاع المحيطات.

د. القارات تتحرك مبتعدة بعضها عن بعض فوق قاع المحيطات.

23. من الأدلة على توسع قاع المحيط:

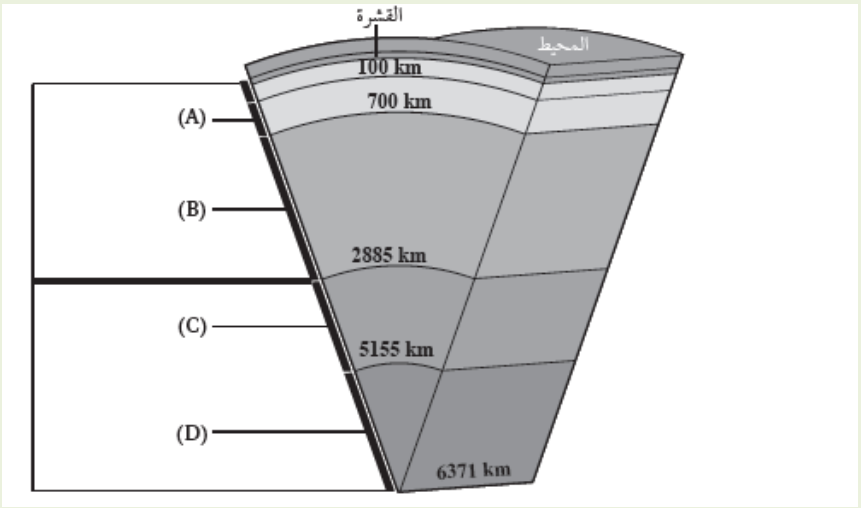
أ. **مكونات صخور قاع المحيط .** ب. تشابه الأحافير.

ج. تطابق حواف القارات. د. المناخات القديمة.

24. أفترض أن جزيرة بركانية تشكلت في منطقة ظهر المحيط قد انقسمت بفعل توسع قاع المحيط إلى جزأين ، حيث يتحرك كل جزء جانبيا بعيدا عن ظهر المحيط بمعدل 2 cm/y، فإن المسافة بين الجزأين بعد (1m.y) بوحدة (km) هي:

1 – 20 ب **40** ج. 60 د. 80

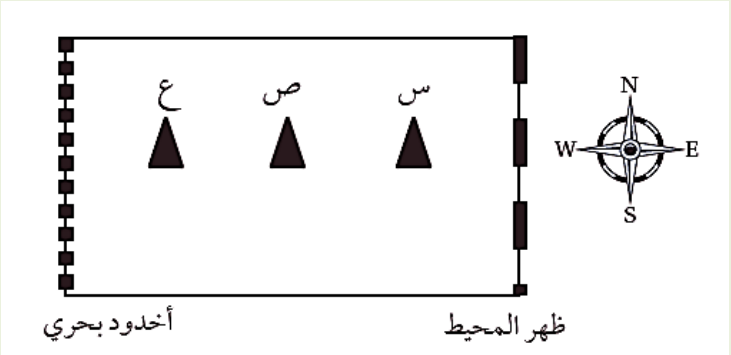
25. يمثل الشكل الآتي بنية الأرض الداخلية. أدرسه، ثم أحدد أي الرموز (A,B,C,D) تدل على الستار السفلي :



أ .(A). ب. (**B**)

ج. (C) د. (D)

استخدم الرسم التخطيطي الآتي الذي يوضح كل من: ظهر المحيط، و الأخدود البحري، و البراكين (س، ص،ع) في إحدى الصفائح المحيطية للإجابة عن الفرعين(26-27):



26. في أي اتجاه تتحرك هذه الصفيحة؟

أ . من الغرب إلى الشرق.

ب من الشرق إلى الغرب.

ج من الجنوب إلى الشمال.

د . من الشمال إلى الجنوب.

27. أي العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بأعمار البراكين (س ، ص ، ع).

أ . جميعها بالعمر نفسه. ب .(س) أقدم من (ص).

ج **(ص) أحدث من (ع).** د . (ع) أحدث من (س) و (ص).