משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א' מדעים
הפיקוח על הוראת הפיזיקה

הפיקוח על הוראת הפיזיקה

המחלקה להוראת המדעים

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

סינהלת מל"ם
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט

علوم الكرة الأرضية للصفوف الثانوية

مبنى الكرة الأرضية ونظرية الالواح

كرّاسة عمل للطالب

رون بن شالوم
نير أوريون

فريق التطوير:
رون بن شالوم
بروفيسور نير اوربون
ياعل كيلي

مشورة علمية:
د. شمعون فيدوبينسكي
د. شموئيل ماركو

تحرير لغوي:
عدي شموئيل أيال

الترجمة للعربية:
جمال عاشور

تحرير مُحوسب:
أفي تال

الرسومات والتخطيط المُحَوْسَب:
شلوميت زهروني

تصميم وإنتاج:
شلوميت زهروني

لا يجوز تصوير أو نسخ أو تسجيل أو ترجمة أو خزن أو بث أو التقاط بأي طريقة إلكترونية اخرى سواء كانت ضوئية او ميكانيكية او غيرها أي جزء من المادة في هذا الكتيب. أي استخدام تجاري للمادة الموجودة في الكتيب محظورة تماماً إلا بإذن خطي واضح من الناشر.

©
جميع الحقوق محفوظة
معهد وايزمان للعلوم ووزارة التربية والتعليم

محتويات المواضيع

اطار - جوهر العلم وتطوره 5

اطار - فعّالية رقم 1 الآراء المتعلقة بجوهر العلم والطريقة التي يتقدم بها 7

الفصل الأول - هل توجد آلية عمل في الكرة الأرضية؟ 9-32

فعّالية رقم 1: مواقف شخصية..... 11

فعّالية رقم 2 : مفهوم الكرة الأرضية في القرن التاسع عشر..... 16

فعّالية رقم 3: سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية 24

الفصل الثاني - نظرية تزحزح القارات..... 33-50

الفعّالية رقم 1: مشاهدات ومعطيات جمعها ألفرد فاغنر..... 35

الفعّالية رقم 2 – نظرية تزحزح القارات..... 45

أُطُر – الفعّالية رقم 2 تغيير مواقف؟ 50

الفصل الثالث - مبنى الكرة الأرضية..... 51-78

الفعّالية رقم 1 - مصادر المعلومات عن وجه الكرة الأرضية..... 53

الفعّالية رقم 2 - الامواج الزلزالية..... 55

الفعّالية رقم 3 - العثور على مركز الزلزال..... 62

الفعّالية رقم 4 - مرور الامواج الزلزالية في الكرة الأرضية..... 68

الفعّالية رقم 5 - مبنى الكرة الأرضية..... 78

الفصل الرابع - نظرية تمدد قاع المحيط 79-96

فعالية رقم 1 - سلاسل جبال محيطية 81

فعالية رقم 2 -عُمر قاع المحيطات..... 85

فعالية رقم 3 - تيارات الحمل الحراري (convection)..... 88

الفعّالية رقم 4: دراسة قاع البحر..... 95

الفصل الخامس - مساهمة الباليومغناطيسية 97-138

فعّالية رقم 1 - الكرة الرضية مغناطيس والصخور بوصلات متحجرة..... 99

فعّالية رقم 2 - الباليومغناطيسية وتزحزح القارات..... 112

فعّالية رقم 3 - "تزحزح" الأقطاب المغناطيسية 118

فعّالية رقم 4 - انعكاسات الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية..... 124
فعّالية رقم 5 - لغز في قاع المحيط..... 131
فعالية رقم 6: مبنى الكرة الأرضية..... 137
الفصل السادس - نظرية الالواح المتحركة.....139-186
فعالية رقم 1 - الالواح التكتونية..... 141
فعّالية رقم 2 - الحدود بين الالواح..... 146
فعالية رقم 3 - النظام الذي يُحرك الالواح..... 163
فعالية رقم 4 - نقاط ساخنة (HOT SPOTS)..... 165
فعالية رقم 5 - نقاط ساخنة..... 171
الفعّالية رقم 6 - مسطحات بانيوف وأداتي..... 172
الفعّالية رقم 7 - تكتونية الالواح ودورة الصخور..... 175
إطار - فعالية رقم 3 - تغييرات أخرى في المواقف؟..... 177
إطار – الفعّالية رقم 4 - ما هو العلم؟..... 178

مصادر الصور

نتقدم بالشكر للهيئات التالية التي تكرمت وأتاحت لنا استخدام الصور الموجودة في الكُتيب:

د. حنان غيننات – صورة الغلاف الأمامي وصورة في صفحة 88.

المديرية الأمريكية الوطنية للمحيطات والبيئة (NOAA) – صورة الغلاف الخلفي.

المعهد الجيولوجي الأمريكي – صور في صفحات: 5, 9, 53, 79, 87, 96, 97, 149, 151, 154, 155, 158, 162, 169, 175, 176.

صندوق نوبل، مكتبة الكتب النادرة والمخطوطات في جامعة كولومبيا، ومعهد ماري كيري- سولودوفسكيا – صور في صفحة 111.

شلوميت زهروني – صورة في صفحة 35.

موقع الإنترنت http://ateret.huji.ac.il – صورة في صفحة 146.

اطار
جوهر العلم وتطوره

فعّالية رقم 1 - الآراء المتعلقة بجوهر العلم والطريقة التي يتقدم بها

فعّالية رقم 2 - تغيير مواقف؟

فعّالية رقم 3 - تغييرات أخرى في المواقف؟

فعّالية رقم 4 - ما هو العلم؟

الإطار - فعّالية رقم 1

الآراء المتعلقة بجوهر العلم والطريقة التي يتقدم بها

أ. ناقش صلتك بالأسئلة: ما هو العلم وكيف يتطور العلم والتقدم؟

ملخص

ب. بعد المناقشة ، لخص موقفك من هذه الأسئلة. صف كيف يختلف موقفك عن موقف أعضاء الفرقة.

1. ما هو العلم؟

_____

_____

2. كيف تعتقد أن العلم يتطور ويتطور؟

_____

_____

3. كيف تختلف مواقفك الشخصية عن مواقف أعضاء الفريق؟

_____

_____

الفصل الأول
هل توجد آلية عمل في الكرة الأرضية؟

فعّالية رقم 1: مواقف شخصية

فعّالية رقم 2 : مفهوم الكرة الأرضية في القرن التاسع عشر

فعّالية رقم 3: سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية

فعّالية رقم 1 :

مواقف شخصية

(أ). ظواهر وعمليات

1. أمامكم قائمة ظواهر جيولوجية شاهدتموها أثناء الجولات التعليمية التي قمتم بها. ارسموا دائرة حول العملية أو العمليات التي تؤدي إلى تكوين الظواهر الجيولوجية التالية:

الظاهرة	عملية التكوين
طيّة جبال يهودا (جبال الخليل) المُحدبة	رفع، انكشاف، تآكل، حمل، تطبُّق، تحجُّر، اندفان في عمق قشرة الكرة الأرضية، تحوُّل، انصهار، تبلوُر بطيء، اندفاع، تبلور سريع.
كسور انشداد في جرف التجاعيد في صدع البحر الميت	رفع، انكشاف، تآكل، حمل، تطبُّق، تحجُّر، اندفان في عمق قشرة الكرة الأرضية، تحوُّل، انصهار، تبلوُر بطيء، اندفاع، تبلور سريع.
صخور جرانيت مكشوفة في جبل تمناع	رفع، انكشاف، تآكل، حمل، تطبُّق، تحجُّر، اندفان في عمق قشرة الكرة الأرضية، تحوُّل، انصهار، تبلوُر بطيء، اندفاع، تبلور سريع.
صخور متحولة ومكشوفة في جبال إيلات	رفع، انكشاف، تآكل، حمل، تطبُّق، تحجُّر، اندفان في عمق قشرة الكرة الأرضية، تحوُّل، انصهار، تبلوُر بطيء، اندفاع، تبلور سريع.
جيوب نافذة في جُرن رامون (وادي الرمان) وفي جبال إيلات	رفع، انكشاف، تآكل، حمل، تطبُّق، تحجُّر، اندفان في عمق قشرة الكرة الأرضية، تحوُّل، انصهار، تبلوُر بطيء، اندفاع، تبلور سريع.
صخور بازلت في هضبة الجولان وفي جرن رامون	رفع، انكشاف، تآكل، حمل، تطبُّق، تحجُّر، اندفان في عمق قشرة الكرة الأرضية، تحوُّل، انصهار، تبلوُر بطيء، اندفاع، تبلور سريع.
كسر انزياح أفقي في صدع البحر الميت	رفع، انكشاف، تآكل، حمل، تطبُّق، تحجُّر، اندفان في عمق قشرة الكرة الأرضية، تحوُّل، انصهار، تبلوُر بطيء، اندفاع، تبلور سريع.

2. ما هي الأسئلة التي تتبادر إلى أذهانكم بالنسبة لعمليات تكوُّن مختلف الظواهر الجيولوجية؟

الظاهرة الجيولوجية	أسئلة عن عملية تكوُّن الظاهرة
صخور جرانيت	
صخور ريوليت	
أجسام بلوتونية نافذة (جيب نافذ، اندساس صخري بركاني، بلوتون)	
طبقات مائلة من الصخور الثقيلة	
طيّات مُحدبة ومُقعَّرة	
صخور متحولة	
صخور بركانية وصخور متحولة مكشوفة على سطح الأرض	

3. حاولوا التفكير بظواهر أخرى تثير لديكم أسئلة وتساؤلات مشابهة.

_____

_____

4. صنفوا أسئلتكم في الجدول إلى أسئلة بخصوص العمليات التي تجري في قشرة الكرة الأرضية أو أصلها من قشرة الكرة الأرضية (عمليات داخلية) وأسئلة بالنسبة للعمليات التي تجري على سطح الكرة الأرضية (عمليات خارجية).

أسئلة عن العمليات الداخلية	أسئلة عن العمليات الخارجية

5. هل تعتقدون أن قيام العمليات الداخلية في الكرة الأرضية يدل على مبنى الكرة الأرضية وتركيبتها الداخلية؟ إذا كان يدل، فكيف؟ (رمز: فكروا بدرجة الحرارة وحالات المادة وأنواع الصخور)

العمليات	هل يدل على مبنى الكرة الأرضية الداخلي وتركيبتها وكيف؟
1. الانصهار	نعم / لا:
2. العمليات الجوفية	نعم / لا:
3. العمليات البركانية	نعم / لا:
4. عمليات التحوّل	نعم / لا:
5. عمليات التجعيد	نعم / لا:
6. عمليات الكسر	نعم / لا:

6. هل تعتقدون أن هناك علاقة بين العمليات الداخلية؟

_____

7. ما هو السؤال المركزي الذي ينبع من حقيقة أن هناك عمليات داخلية تجري في الكرة الأرضية؟

_____

ب. معلومات سابقة عن الكرة الأرضية

1. أمامكم قائمة من الجمل عن الكرة الأرضية. اكتبوا بجانب كل جملة إذا كانت صحيحة أم غير صحيحة واشرحوا لماذا.

أ. الكرة الأرضية تتقلص طيلة الوقت.

_____

(ب). الكرة الأرضية تبرد طيلة الوقت.

_____

(ج). في الكرة الأرضية مصادر حرارة داخلية.

_____

(د). أشعة الشمس هي مصدر الحرارة الوحيد للكرة الأرضية.

_____

(هـ). درجة الحرارة داخل الكرة الأرضية ثابتة.

(و). المادة في جوف الكرة الأرضية جميعها منصهرة.

(ز). الحرارة التي تنتج في جوف الكرة الأرضية تصل إلى السطح في مناطق معينة أكثر من مناطق أخرى.

(ح). المادة في جوف الكرة الأرضية ساكنة- ثابتة في مكانها.

(ط). توزيع مناطق اليابسة والبحار على وجه الكرة الأرضية كان في الماضي كما هو اليوم.

(ي). توزيع مناطق اليابسة والبحار على وجه الكرة الأرضية سيكون في المستقبل كما هو الآن.

(ك). مبنى الصخور التي تتكون منها القارات شبيه بمبنى الصخور التي يتكون منها قاع المحيطات.

(ل). جميع المحيطات أعمارها متساوية.

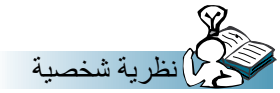
(م). أعمار القارات شبيهة بأعمار المحيطات.

(ن). يتغير وجه الكرة الأرضية بسبب عمليات داخلية تجري داخلها.

(س). في قشرة الكرة الأرضية تجري عمليات عمودية فقط.

(ع). انفجار الجبال البركانية هو دليل على أن الأرض تبرد.

(ف). الحركة الأفقية في قشرة الكرة الأرضية قد تسبب ارتفاع سلاسل الجبال.



2. لخصوا باختصار رأيكم بالنسبة للكرة الأرضية: مبناها، تركيبتها والعمليات التي تجري فيها والآلية المسؤولة عن حدوث تلك العمليات. من المحبذ الاستعانة برسومات.
تطرقوا في تلخيصكم إلى الاسئلة التالية: هل الكرة الأرضية ثابتة أم متحركة؟ هل تتغير تركيبة الكرة الأرضية كلما نزلنا إلى أعماقها؟ هل تتغير درجة الحرارة مع العُمق؟ هل تتغير حالات المواد مع العُمق؟ هل تمر مواد وحرارة بين مختلف قشور الكرة الأرضية؟ هل توجد في الكرة الأرضية مصادر حرارة داخلية؟ ما هي الحركات المحتملة في الكرة الأرضية؟

_____

_____

_____

_____

لقد قمتم من خلال هذه الفعّالية ببلورة نظرياتكم الشخصية تجاه الكرة الأرضية وتجاه العمليات التي تجري فيها. وكانت نقطة انطلاقكم هي المشاهدات التي قمتم بها في مراحل التعليم السابقة.

فعّالية رقم 2 :

مفهوم الكرة الأرضية في القرن التاسع عشر

القسم الأول – خارطة وجلوبوس (مُجسَّم الكرة الأرضية)

1. تخيلوا أنكم في سفينة فضائية تقترب من كوكب سيّار جديد لا تعرفونه واسمه **الأرض**. تمعنّوا من **بعيد** بمُجسَّم الكرة الأرضية الموجود على طاولة المعلم. ما الذي نعرفه عن الكوكب الجديد حين ننظر إليه من بعيد؟

_____

2. السفينة الفضائية التي تركبونها اقتربت جداً من الكوكب الجديد وهي على وشك الهبوط على سطحه. تمعّنوا بمجسم الكرة الأرضية من **قريب**. ما هي المعلومات الجديدة التي نتعلمها عن سطح الكوكب حين ننظر إليه من قريب؟

_____

_____

3. استعينوا بخرائط الكوكب التي معكم وأجيبوا عن الأسئلة التالية: هل تتدخل عمليات داخلية في تصميم سطح الكوكب؟ إذا كانت الإجابة نعم، فحاولوا تكهُن تلك العمليات.

_____

تبين أن هناك بشر يعيشون على كوكب الأرض. بل وبعضهم يعمل على دراسة الكوكب السيّار الذي يعيشون عليه. علماء الجيولوجيا يدرسون المحيط الأرضي (منظومة الصخور) للكوكب ويحاولون فهم العمليات التي تجري فيه وآلية عمله.
تطور الفهم العلمي للكرة الأرضية على امتداد تاريخ البشرية بالتوازي مع تطور أدوات وأساليب البحث.

سنخرج في الفعاليات القادمة في رحلة تفكيرية بناءً على المفهوم العلمي للكرة الأرضية منذ القرن التاسع عشر وحتى اليوم.

القسم الثاني – نظريات الماضي

أوراق عمل للفرقة رقم 1

علماء الجيولوجيا الذين درسوا الكرة الأرضية في القرن الثامن عشر وفي القرن التاسع عشر استعانوا بالخرائط وبمُجسم الكرة الأرضية وبالمشاهدات الميدانية التي قاموا بها، وذلك لأجل بلورة نظريات حول الكرة الأرضية وحول العمليات التي تجري فيها.

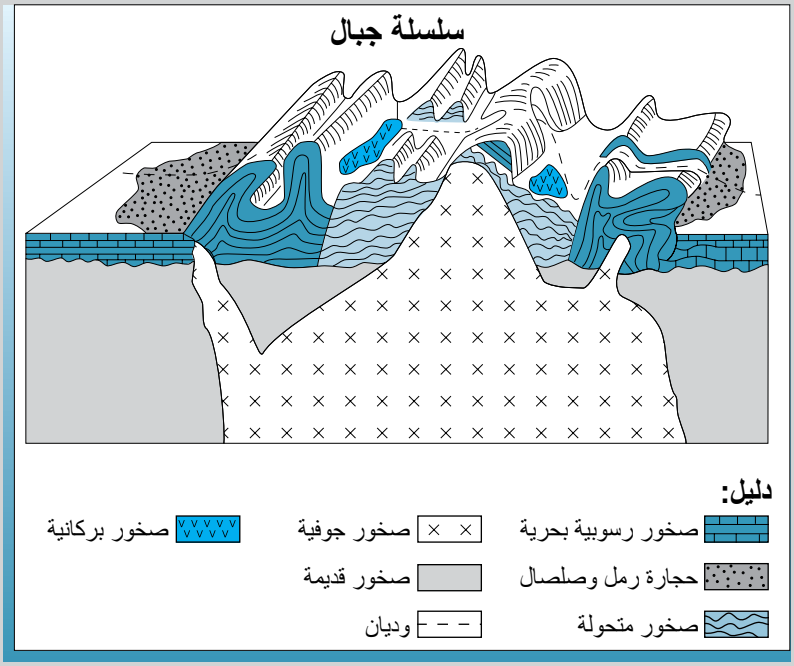
مشاهدة

تخيلوا أنكم علماء جيولوجيا في القرن التاسع عشر وقمتم بإجراء المشاهدات التالية:

(أ). في مركز سلاسل الجبال الشاهقة توجد صخور مغناطيسية مختلفة وصخور متحولة (مثل الشِست غنايس والرُخام).

(ب). وعلى جوانب سلاسل الجبال توجد طبقات مُجعّدة من الصخور الرسوبية البحرية.

(ج).وعلى أطراف سلاسل الجبال توجد أغوار مبنية من طبقات غير مُجعّدة من الصخور الرسوبية ذات المبنى الحُبَيْبي (معظمها صخور رمل وصلصال).



أسئلة

1. تكهنوا كيف تتكون سلاسل الجبال بناءً على المعطيات المُكتسبة من المشاهدات.

_____

_____

2. اقترحوا نظرية بالنسبة لآلية عمل الكرة الأرضية بناءً على المعطيات المُكتسبة من تلك المشاهدات وبناءً على المعلومات التي اكتسبتموها من مُجسم الكرة الأرضية ومن الخرائط.

_____

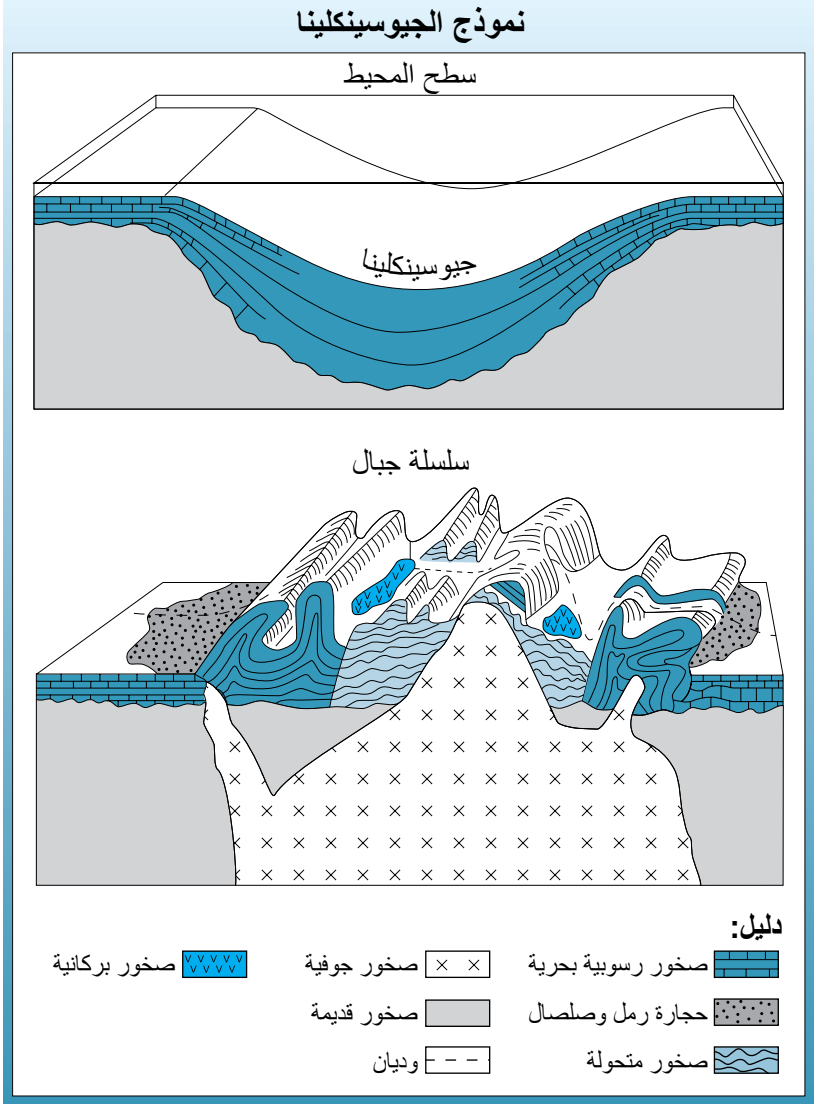
_____

نظرية

فيما يلي إحدى النظريات التي وضعها علماء الكرة الأرضية بناءً على مُعطيات المشاهدات التي فحصتموها:
نظرية كرة الأرض المُستقرة (Permanentism) – نموذج الجيوسينكلين (طية مُقعّرة هائلة)
كانت هذه النظرية شائعة بالأساس في أوساط علماء الجيولوجيا البريطانيين والأمريكيين وكانت النظرية المُهيمنة حتى منتصف القرن العشرين.
وتقول هذه النظرية بأن عملية تكوّن الكرة الأرضية كانت مصحوبة بتبريد وتقلُّص تكونت من خلالهما اليابسات. انتهت عملية تكوّن اليابسات في بداية عمر الكرة الأرضية. ومنذ ذلك الحين ظلت اليابسات والمحيطات مستقرة في مكانها. كما ولم تتكوّن بعد ذلك يابسات أو محيطات جديدة.
حركة ارتفاع الأجسام الصخرية الكبيرة على أطراف اليابسات أدت إلى تكون سلاسل الجبال العالية. وقد كانت حركة تلك الأجسام الصخرية الكبيرة مصحوبة بهزّات أرضية وانفجارات بركانية بسبب احتكاك الأجسام الصخرية وبسبب الحرارة المُنبعثة بفعل الاحتكاك.

استنتاج

وبناءً على المعطيات المأخوذة من المشاهدات التي قمتم بمراجعتها تم التوصل إلى **الاستنتاجات التالية**:
نشأت سلاسل الجبال نتيجة ارتفاع **الجيوسينكلين**. والجيوسينكلين هو قعر ضيق وطويل في المحيط – على أطراف اليابسة – ومملوء بطبقات ثخينة من الصخور الرسوبية البحرية.
الارتفاع العمودي للجيوسينكلين هو الذي أنشأ سلسلة الجبال. حيث اندفعت إلى الأعلى طبقات صخرية يبلغ سُمكها حوالي 51 كلم بقوة هائلة إلى ارتفاع 3-1 كلم. هذا الاندفاع كان مصحوباً بحرارة وضغط عاليين. والضغط والحرارة تسببت بتجعد الطبقات وتسببت بتحول وانصهار في قلب سلسلة الجبال. وفي بعض الحالات حدث انفجار بركاني للماجما التي نتجت. وهكذا تكونت صخور الماجما والصخور المتحولة. حركة اندفاع الأجسام الصخرية الكبيرة تنتج عنها هزّات أرضية. وبعد الاندفاع بدأت عمليات التآكل تؤثر على سلسلة الجبال. وانجرفت نواتج عملية التآكل في الوديان وترسبت على جوانب سلسلة الجبال وهكذا تكونت لصخور الرسوبية الحُبيبية (انظروا الرسم في الصفحة التالية).



أسئلة

3. حاولوا شرح تكوّن سلاسل الجبال العالية والهزّات الأرضية والجبال البركانية من خلال نظرية الكرة الأرضية المُستقرة:

_____

4. هل تقدم النظرية شرحاً لآلية اندفاع الجيوسينكلينات إلى الأعلى؟ _____

5. هل تجري بحسب هذه النظرية أي أنشطة جيولوجية في اليابسات أو في المحيطات؟ اشرحوا:

_____

6. ما هي الحركات المُحتملة في غلاف الكرة الأرضية بحسب نظرية الكرة الأرضية المُستقرة؟ (أحيطوا بدائرة).

(أ). حركة أفقية (ب). حركة عمودية

القسم الثاني – نظريات الماضي

أوراق عمل للفرقة رقم 2

علماء الجيولوجيا الذين درسوا الكرة الأرضية في القرن الثامن عشر وفي القرن التاسع عشر استعانوا بالخرائط وبمُجسم الكرة الأرضية وبالمشاهدات الميدانية التي قاموا بها، وذلك لأجل بلورة نظريات حول الكرة الأرضية وحول العمليات التي تجري فيها.

مشاهدة

تخيلوا أنفسكم علماء جيولوجيا في القرن التاسع عشر وقمتم بإجراء المشاهدات التالية:
كمية الحرارة المُنبعثة من داخل الكرة الأرضية إلى سطح اليابسة أكبر من كمية الحرارة التي تمتصها اليابسة من الشمس.

أسئلة

1. ما هو الاستنتاج الذي قد نتوصل إليه بشأن توازن حرارة الكرة الأرضية بناء على هذه المشاهدة؟

_____

2. أمامكم على الصينية تُفاحتين: إحداها طازجة والأخرى تم خبزها في الفرن ومن ثم بردت.
استعينوا بالتفاحة المخبوزة التي أمامكم لبناء نظرية حول آلية عمل الكرة الأرضية.

(ا). اكتبوا في هذا الجدول الفروق بين التفاحتين:

ايجابيات	سلبيات

(ب). ما هي العمليات التي تعرضت لها التفاحة المخبوزة؟ _____

(ج). أي من التفاحتين تشبه الكرة الأرضية اليوم حسب رأيكم؟ اشرحوا.

_____

(د). اقترحوا نظرية لعمل الكرة الأرضية بناءً على المشاهدة وبناء على نموذج التفاحة المخبوزة وبناءً على المعلومات التي اكتسبتموها من مُجسم الكرة الأرضية ومن الخرائط.

_____

_____

نظرية

فيما يلي إحدى النظريات التي بناها علماء الكرة الأرضية بناءً على معطيات المشاهدة التي قمتم بفحصها:

نظرية الكرة الأرضية المُتقلصة (Contractionism) – نموذج "التفاحة التي تبرد"

كانت نظرية كرة الأرض المتقلصة شائعة بالأساس في أوساط علماء الجيولوجيا الأوروبيين، وخاصة من فرنسا وألمانيا، حيث كان من الصعب على هؤلاء العلماء تقبل نظرية استقرار الكرة الأرضية بسبب معرفتهم لسلسلة جبال الألب الموجودة في بلادهم.

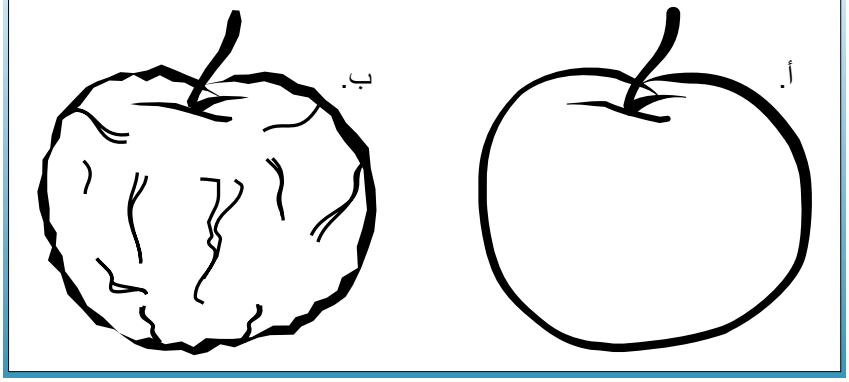
وبحسب نظرية الكرة الأرضية المتقلصة، فإن الكرة الأرضية تتطور وتتغير وتمر بعملية ارتقاء. ما يعني أن ماضي الكرة الأرضية يختلف عن حاضرها.

استنتاج

بناءً على معطيات المشاهدات التي قمتم بفحصها تم التوصل إلى **الاستنتاجات** التالية:

الكرة الأرضية تبرد باستمرار منذ أن تكوّنت وخلال برودها تفقد من حجمها وتتقلص. وتقلُّص القشرة الخارجية للكرة الأرضية يتمثل في انخفاض مقاطع من اليابسة. وهذا الأمر يشبه التفاحة المخبوزة التي يتم إخراجها من الفرن فتبرد وتتقلص قشرتها وتتجعد. وانخفاض مقاطع اليابسة يؤدي إلى تكوّن المحيطات على حساب اليابسة. وقاع المحيط يتكون من يابسة غائرة إلى الأسفل (انظروا الرسم).

نموذج التفاحة التي تبرد



3. اشرحوا بواسطة نظرية الكرة الأرضية المتقلصة كيف نشأت سلاسل الجبال العالية والهزّات الأرضية والجبال البركانية.

_____

_____

4. اشرحوا بحسب نظرية الكرة الأرضية المتقلصة كيف نشأت اليابسات والمحيطات.

_____

_____

5. هل تتوافق مشاهداتكم لسطح الكرة الأرضية مع مشاهداتكم لسطح التفاحة المخبوزة؟

_____

_____

6. ما هي الحركات المحتملة في غلاف الكرة الأرضية بحسب نظرية الكرة الأرضية المتقلصة؟ (أحيطوا بدائرة)

(أ). حركة أفقية (ب). حركة عمودية

القسم الثالث – تلخيص نظريات الماضي

1. ما هي بحسب رأيكم نقاط الضعف ونقاط القوة لكل نظرية؟ لخصوها في الجدول.

النظرية	نقاط القوة	نقاط الضعف
الكرة الأرضية مُستقرة		
الكرة الأرضية مُتقلصة		

2. ما هي الحركات المُحتملة في غلاف الكرة الأرضية بحسب نظريات الماضي؟

(أ). حركة أفقية (ب). حركة عمودية

القسم الرابع – إعادة النظر في النظرية الشخصية

قارنوا بين نظريتكم الشخصية (الفعّالية رقم 1) وبين نظريات الماضي التي استعرضناها في هذه الفعّالية.

1. بالنسبة لكل ظاهرة من الظواهر المذكورة في العمود الأيمن من الجدول، اكتبوا إذا كانت نظريتكم الشخصية **مشابهة** لنظريات الماضي أو **مختلفة** عنها.

الظاهرة الجيولوجية	نظريتكم الشخصية ونظرية الكرة الأرضية المُستقرة	نظريتكم الشخصية ونظرية الكرة الأرضية المُتقلصة
حركة اليابسات		
شرح نشوء سلاسل الجبال		
حركات محتملة في غلاف الكرة الأرضية		
العلاقة بين توزيع سلاسل الجبال والجبال البركانية والهزّات الأرضية		
تغيُّر وجه الكرة الأرضية		
تحوُّل اليابسة إلى محيط والعكس		

2. أي من النظريتين أقرب إلى نظريتكم الشخصية؟

_____

3. ما هي المعطيات الأخرى التي تحتاجونها لتوسيع معلوماتكم وتعزيز مفهومكم بالنسبة للكرة الأرضية وبالنسبة لآليات العمل فيها؟

_____

_____

فعّالية رقم 3 - الفرقة رقم 1:

سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية

أوراق عمل للفرقة رقم 1

القسم الأول – سلاسل الجبال العالية

المهمة: إعداد خارطة لامتداد سلاسل الجبال العالية في العالم وعرضها أمام الصف.

مراحل العمل:

1. اكتبوا على "الخارطة المُجردة" التي استلمتموها من المعلم اسماء القارات والمحيطات.
2. أمامكم قائمة مواقع الإنترنت المختصة بسلاسل الجبال العالية. تصفحوا المواقع وأعدوا قائمة لسلاسل الجبال ومواقعها (انتبهوا: تظهر في بعض المواقع خرائط قد تساعدكم في البند التالي).
3. علّموا على "الخارطة المجردة" موقع سلاسل الجبال المذكورة في القائمة. استعينوا بالأطلس وبالخرائط المأخوذة من مواقع الإنترنت.
4. استعداداً للنقاش داخل الصف، أعدوا شريحة عرض لخارطة امتداد سلاسل الجبال العالية في العالم. علّموا سلاسل الجبال باللون البنيّ.
5. أجيبوا عن الأسئلة في الصفحة التالية.
6. اعرضوا أمام الصف الخارطة التي أعددتموها وإجاباتكم عن الأسئلة.

رابط لموقع إنترنت

الأدوات المُساعدة لهذه الفعالية وقائمة مواقع الإنترنت المُحدثة موجودة على صفحة "برامج التعليم" في موقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

مواقع الإنترنت المختصة بسلاسل الجبال:

http://www.accessone.com/~gregsl/cont/cas.htm

http://www.accessone.com/~gregsl/cont/as.htm

http://www.accessone.com/~gregsl/cont/worldmap.htm

http://hammer.ne.mediaone.net/landforms/html/mountainrange.html

http://www.goski.com/1home.htm

/http://www.tradoc.net/john/webcams

تمعنوا في الخارطة التي أعددتموها وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. ما الذي يُميز سلاسل الجبال هذه؟

_____

_____

2. انتبهوا: يبدو أن بعض سلاسل الجبال هي امتدادات لسلاسل جبال أخرى. اذكروا أسماء تلك السلاسل وأسماء امتداداتها.

_____

3. أتعتقدون أن امتداد سلاسل الجبال على سطح الكرة الأرضية جاء صدفة أم أنها تمتد بحسب نموذج معين؟ اشرحوا.

_____

4. اقترحوا فرضيات تشرح كيف نشأ نموذج امتداد سلاسل الجبال.

_____

_____

5. كيف يمكن فحص نظرياتكم؟

_____

فعّالية رقم 3 - الفرقة رقم 2:

سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية

أوراق عمل للفرقة رقم 2

القسم الأول – الهزّات الأرضية

المهمة: إعداد خارطة توزُع محاور الهزّات الأرضية في العالم وعرضها أمام الصف.

مراحل العمل:

1. اكتبوا على "الخارطة المجردة" التي استلمتموها من المعلم أسماء القارات والمحيطات.
2. أمامكم قائمة لمواقع إنترنت مختصة بالهزّات الأرضية. تصفحوا المواقع واطبعوا عدداً من القوائم والخرائط للأماكن التي حدثت فيها هزات أرضية.
3. علموا على "الخارطة المجردة" الأماكن التي حدثت فيها هزات أرضية. استعينوا بالأطلس وبخرائط من مواقع الإنترنت.
4. استعداداً للنقاش داخل الصف، أعدوا شريحة عرض لخرائط توزيع مراكز الهزات الأرضية في العالم. علموا محاور الهزات الأرضية باللون الأخضر.
5. أجيبوا عن الأسئلة في الصفحة التالية.
6. اعرضوا أمام الصف الخارطة التي أعددتموها وإجاباتكم عن الأسئلة.

رابط لموقع إنترنت

الأدوات المُساعدة لهذه الفعالية وقائمة مواقع الإنترنت المُحدثة موجودة على صفحة "برامج التعليم" في موقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

مواقع الإنترنت المختصة بالهزات الأرضية:

/http://wwwneic.cr.usgs.gov

http://lasker.princeton.edu/index.shtml

http://www.geo.ed.ac.uk/quakexe/quakes

/http://www.iris.edu

http://www.iris.washington.edu/seismic/60_2040_1_8.html

http://www.geophys.washington.edu/seismosurfing.htm

تمعنوا الخارطة التي أعددتموها وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. أتعتقدون أن توزيع مراكز الهزات الأرضية على سطح الكرة الأرضية جاء صدفة؟

_____

2. أين يوجد ازدحام كبير لمراكز الهزات الأرضية؟

_____

3. ما هي ميزات انتشار مراكز الهزات الأرضية على سطح الكرة الأرضية؟

_____

4. تكهنوا ما هي الآلية التي يمكن أن تشرح توزيع مراكز الهزات الأرضية في العالم.

_____

_____

5. كيف يمكن فحص تكهناتكم؟

_____

فعّالية رقم 3 - الفرقة رقم 3:

سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية

أوراق عمل للفرقة رقم 3

القسم الأول – الجبال البركانية

المهمة: إعداد خارطة انتشار الجبال البركانية ومناطق النشاط البركاني في العالم.

مراحل العمل:

1. اكتبوا على "الخارطة المجردة" التي استلمتموها من المعلم أسماء القارات والمحيطات.
2. أمامكم قائمة مواقع إنترنت مختصة بالجبال البركانية النشطة وبالانفجارات البركانية. تصفحوا المواقع واطبعوا عدداً من القوائم والخرائط للمواقع التي حدثت فيها انفجارات بركانية.
3. علموا على "الخارطة المجردة" الأماكن التي تفجرت فيها جبال بركانية. استعينوا بالأطلس وبالخرائط من مواقع الإنترنت.
4. استعداداً للنقاش داخل الصف، أعدوا شريحة لخارطة انتشار الجبال البركانية في العالم. علموا الجبال البركانية باللون الأحمر.
5. أجيبوا عن الأسئلة في الصفحة القادمة.
6. اعرضوا أمام الصف الخارطة التي أعددتموها وإجاباتكم عن الأسئلة.

رابط لموقع إنترنت

الأدوات المُساعدة لهذه الفعالية وقائمة مواقع الإنترنت المُحدثة موجودة على صفحة "برامج التعليم" في موقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

مواقع الإنترنت المختصة بالانفجارات البركانية:

http://volcano.und.edu/vwdocs/current_volcs/current.html
/http://volcano.und.nodak.edu
http://www.usgs.gov/themes/volcano.html
http://library.thinkquest.org/tq-admin/month.cgi
/http://members.tripod.com/volcanoesk
http://onlinebiz.com/zach/index.htm
http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/world.html
http://volcano.und.edu/volcanoes.html
http://volcano.und.edu/vwdocs/volc_images/volc_images.htm

تمعنوا في الخارطة التي أعددتموها وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. أتعتقدون أن توزيع الجبال البركانية على سطح الكرة الأرضية تم بالصدفة؟

_____

2. تُسمى أطراف المحيط الهادي "حزام النار". ما أصل هذه التسمية؟

_____

3. ما هي خصائص "حزام النار" (شكل الانتشار على الأرض والموقع الجغرافي)؟

_____

4. هل هناك "أحزمة نارية" أخرى على وجه الكرة الأرضية؟ إذا كانت هناك احزمة أخرى فأين تقع وهل ميزاتها شبيهة بميزات "حزام النار" حول المحيط الهادي؟

_____

5. تكهنوا ما هي الآلية التي يمكن أن تشرح انتشار الجبال البركانية على سطح الكرة الأرضية؟

_____

6. كيف يمكن فحص تكهناتكم؟

_____

القسم الثاني سلاسل الجبال والهزّات الأرضية والجبال البركانية - تلخيص

(أ). ضعوا الشريحة التي أعددتموها على جهاز العرض وضعوا شرائح الفرق الأخرى الواحدة فوق الأخرى. الصورة التي تنتج تعكس انتشار سلاسل الجبال العالية ومحاور الهزّات الأرضية والجبال البركانية في العالم. شاهدوا الشريحة المعروضة وأجيبوا عن الأسئلة.

1. ما هي المشاهدات البارزة بالنسبة لانتشار سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية؟

_____

_____

2. هل التكهن الذي عرضتموه في فعالية الفرقة بالنسبة لانتشار سلاسل الجبال/ الهزات الأرضية/ الجبال البركانية تشرح هذه المشاهدات؟ اشرحوا.

_____

_____

3. هل يجوز بحسب رأيكم أن الآلية المسؤولة عن تكوّن سلاسل الجبال هي التي تسبب أيضاً إلى الهزّات الأرضية والجبال البركانية؟ اشرحوا.

_____

_____

(ب). إعادة النظر في نظريات الماضي بناءً على المشاهدات الأخيرة

أسئلة

1. هل تفسر نظرية الكرة الأرضية المستقرة مشاهداتكم بالنسبة لامتداد سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية؟ اشرحوا.

_____

_____

2. هل تفسر نظرية الكرة الأرضية المُتقلصة مشاهداتكم بالنسبة لامتداد سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية؟ اشرحوا.

_____

_____

نظرية شخصية

(ج). راجعوا نظرياتكم الشخصية بناءً على المشاهدات الأخيرة وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. هل تفسر نظرياتكم الشخصية مشاهداتكم الأخيرة بالنسبة لتوزيع سلاسل الجبال والهزات الأرضية والجبال البركانية؟ اشرحوا.

_____

_____

2. ما الذي ينبغي عليكم تغييره في نظرياتكم لكي تتطابق مع شرح المشاهدات الأخيرة؟

_____

_____

سنقوم في الفصل القادم بمراجعة المشاهدات التي قام بها عالم الأرصاد الجوية الألماني ألفرد فاجنر.

الفصل الثاني
نظرية تزحزح القارات

فعّالية رقم 1: مشاهدات ومعطيات جمعها ألفرد فاغنر

فعّالية رقم 2: نظرية تزحزح القارات

أُطُر – الفعّالية رقم 2 تغيير مواقف؟

الفعّالية رقم 1

مشاهدات ومعطيات جمعها ألفرد فاغنر

ألفرد فاغنر (Alfred Wegener)

العالِمُ الفَلَكِيّ وعالم الأرصاد الجوية الألماني

لاحظ فاغنر في عام **1910** أن هناك تطابق بين سواحل أفريقيا وسواحل أمريكا الجنوبية. وقد لاحظ أن التطابق بين أطراف المنحدرات القارّية (الأرصفة القارّية - امتدادات قارية مغطاة بالماء) أفضل بكثير من التطابق بين السواحل.

وفي عام **1911** عثر فاغنر على تقرير من علم المُتحجرات يظهر فيها تشابه بين متحجرات من أفريقيا ومن البرازيل.

أثارت هذه الاكتشافات اهتمام فاغنر فقام بدراسات شاملة وعلى نطاق واسع ومن خلالها قام بفحص العديد من المعطيات التي جمعها من دراسات أجراها عدد كبير من العلماء.

جمع فاغنر معطيات من مختلف مجالات دراسة علم الجيولوجيا، مثل: علم طبقات الأرض، الجيوفيزياء (علم الفيزياء الأرضية)، علم المتحجرات وعلم تاريخ المناخ.

بناء على المعطيات والمعلومات التي جمعها، وضع فاغنر نظرية ونشرها لأول مرة في عام **1912** واسمها "أصل القارات". وكانت هذه النظرية بمثابة علامة فارقة على مسار تطور علم الجيولوجيا الحديث.

ستتعرفون على هذا الرجل وعلى أفكاره بشكل أفضل في تتمة هذه الوحدة.

ستقومون بأنفسكم خلال هذه الفعّالية بفحص بعض المعطيات التي أثارت حب الاستطلاع لدى فاغنر وستحاولون العثور على تفسير لها.

رابط لموقع إنترنت

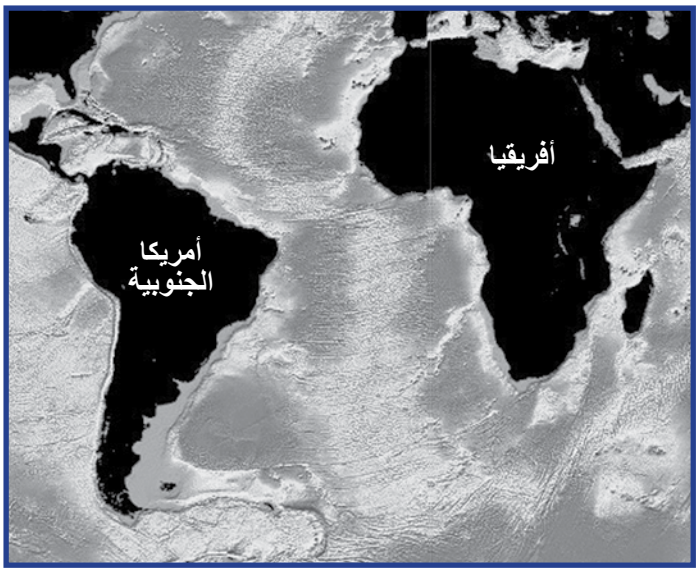
الصوّر المساعدة اللازمة لهذه الفعّالية موجودة على صفحة "برامج التعليم" في موقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

القسم الأول – سواحل المحيط الأطلسي

أوراق عمل للفرقة رقم 1

أمامكم على الطاولة صورة يظهر فيها المحيط الأطلسي.
تمعّنوا في الصورة وتفقدوا شكل قارات أفريقيا وأمريكا الجنوبية وشكل المحيط الأطلسي الفاصل بينهما.



أسئلة

1. هل هناك ظاهرة بارزة للعيان ترتبط بشكل القارات والمحيط؟ ما هي هذه الظاهرة؟

_____

2. هل بوسعكم طرح فرضية تفسر هذه الظاهرة؟

_____

_____

3. كيف يمكن فحص هذه الفرضية؟

_____

_____

4. هل هناك نقاط ضعف في فرضياتكم تستدعي المزيد من الفحص؟ ما هي تلك النقاط؟

_____

القسم الأول – متحجرات كلبيّ الفك (سينغوناتوس- حيوان منقرض)

أوراق عمل للفرقة رقم 2

أمامكم على الطاولة صورة حيوان بري قديم من فصيلة الزواحف واسمه سينغوناتوس. كان هذا الحيوان موجوداً قبل **240** مليون سنة. تم العثور على متحجراته في أفريقيا وفي أمريكا الجنوبية.
تمعنوا في الصورة وافحصوا الأماكن التي تم العثور فيها على المتحجرات.

أسئلة

1. هل هناك "مشكلة" ما بخصوص مشاهدة انتشار المتحجرات على ناحيتي المحيط؟

_____

2. هل تستطيعون صياغة فرضية تشرح كيف يمكن حل هذه المشكلة؟

_____

_____

3. كيف يمكن فحص فرضياتكم؟

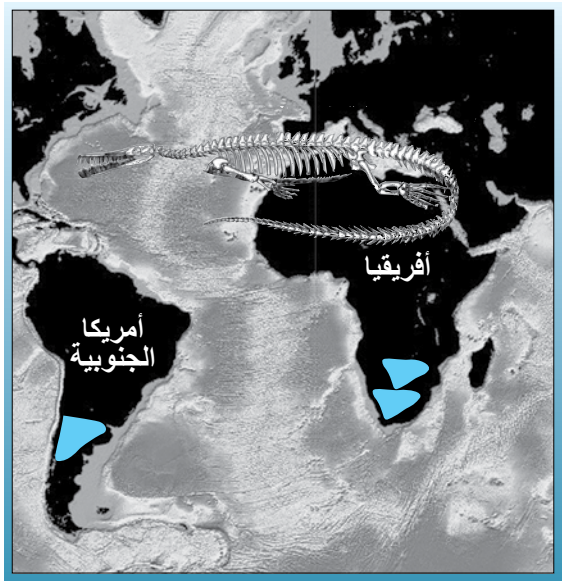
_____

4. هل هناك في فرضياتكم نقاط ضعيفة تحتاج إلى إعادة التفكير؟ ما هي تلك النقاط؟

_____

القسم الأول – متحجرات الموزاصور (سحلية ديناصور)

أوراق عمل للفرقة رقم 3



أمامكم على الطاولة صورة لحيوان قديم من فصيلة الزواحف واسمه موزاصور. هذا الحيوان الصغير (طولة لا يتجاوز عشرات السنتيمترات) كان يعيش قبل **260** مليون سنة في المياه العذبة فقط. وتم العثور على متحجرات الموزاصور في أفريقيا وفي أمريكا الجنوبية.
تمعّنوا في الصورة وتفقدوا الأماكن التي تم العثور فيها على المتحجرات.

أسئلة

1. هل هناك "مشكلة" ما بالنسبة لانتشار المتحجرات على ناحيتيّ المحيط الأطلسي؟

_____

2. هل يمكنكم اقتراح فرضية تشرح كيف يمكن حل هذا اللغز؟

_____

_____

3. كيف يمكن فحص فرضياتكم؟

_____

4. هل هناك في فرضياتكم نقاط ضعيفة تحتاج إلى إعادة التفكير؟ ما هي تلك النقاط؟

_____

القسم الأول – متحجرات الليستروصورس أو سحلية المجرفة

أوراق عمل للفرقة رقم 4

أمامكم على الطاولة صورة حيوان بري قديم من فصيلة الزواحف ويشبه الحيوانات الثدّية واسمه ليستروصورس. كان هذا الحيوان يعيش قبل **240** مليون سنة. وتم العثور على متحجرات هذا الحيوان في قارات أفريقيا والهند وإنتراكتيكا.
تمعنوا في الصورة وتفقدوا الأماكن التي تم العثور فيها على المتحجرات..

أسئلة

1. هل هناك "مشكلة" ما بالنسبة لانتشار المتحجرات على ناحيتيّ المحيط الهندي؟

_____

2. هل يمكنكم اقتراح فرضية تشرح كيف يمكن حل هذا اللغز؟

_____

_____

3. كيف يمكن فحص فرضياتكم؟

_____

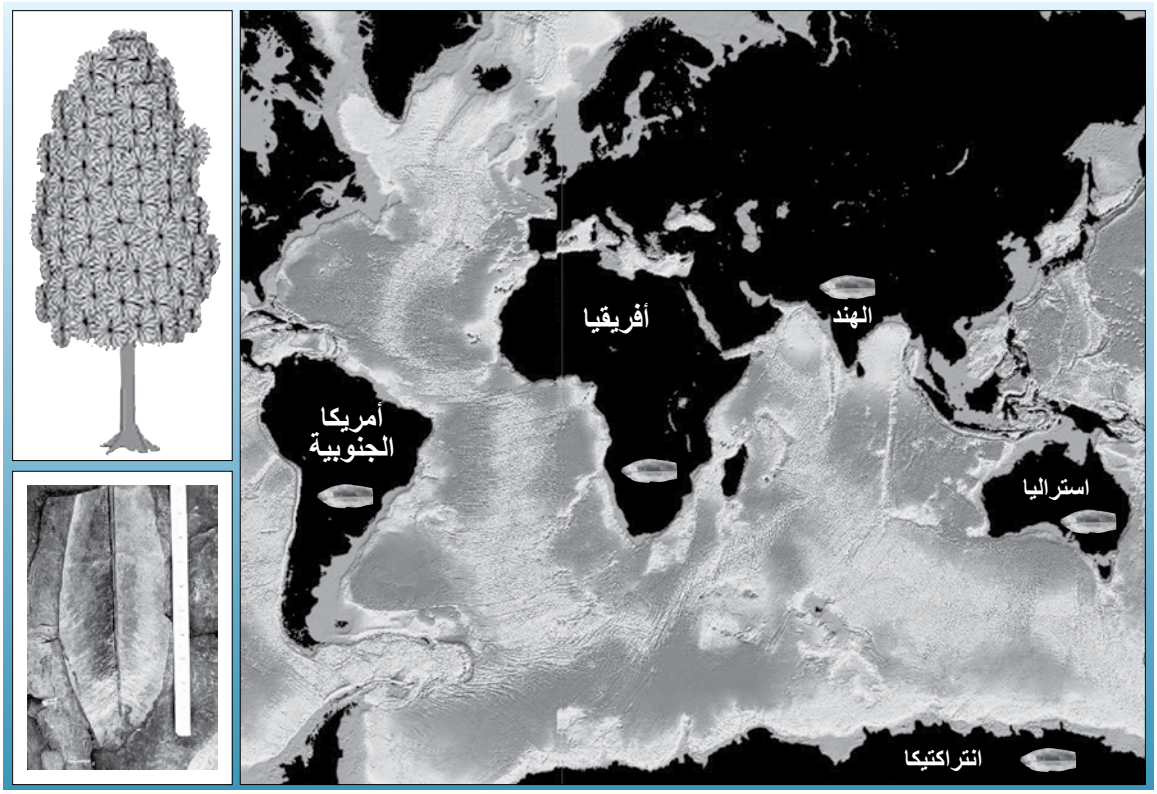
4. هل هناك في فرضياتكم نقاط ضعيفة تحتاج إلى إعادة التفكير؟ ما هي تلك النقاط؟

_____

القسم الأول - متحجرات الجلوسوبتيريس

أوراق عمل للفرقة رقم 5

أمامكم على الطاولة صورة شجرة قديمة اسمها جلوسوبتيريس.
كانت تعيش هذه الشجرة على الأرض قبل حوالي **260** مليون سنة. وتم العثور على متحجرات لأوراقها في قارات أمريكا الجنوبية وأفريقيا والهند واستراليا وإنتراكتيكا. تمعنوا في الصورة وتفقدوا الأماكن التي تم العثور فيها على المتحجرات..



أسئلة

1. هل هناك "مشكلة" ما بالنسبة لانتشار المتحجرات على ناحيتيّ المحيط الهندي والمحيط الأطلسي؟

_____

2. هل يمكنكم اقتراح فرضية تشرح كيف يمكن حل هذا اللغز؟

_____

3. كيف يمكن فحص فرضياتكم؟

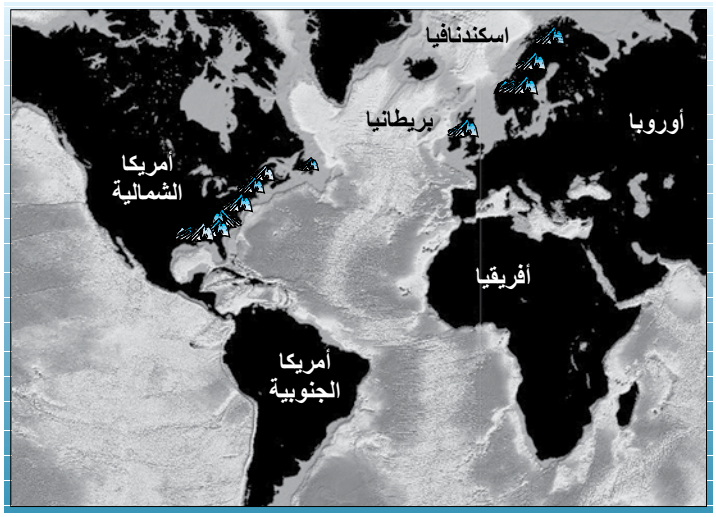
_____

4. هل هناك في فرضياتكم نقاط ضعيفة تحتاج إلى إعادة التفكير؟ ما هي تلك النقاط؟

_____

القسم الأول – سلاسل الجبال في أمريكا الشمالية وفي بريطانيا واسكندنافيا

أوراق عمل للفرقة رقم 6



أمامكم صورة تظهر فيها سلاسل جبال في أمريكا الشمالية (جبال الأبالاش) وفي بريطانيا واسكندنافيا.
لجميع هذه السلاسل أعمار ومباني واتجاهات متشابهة.
تمعنوا في الصورة وافحصوا امتداد هذه السلاسل الجبلية.

أسئلة

1. هل يبدو لكم أن التشابه بين سلاسل الجبال في أماكن مختلفة هو محض الصدفة؟ إذا لم يكن كذلك، فحاولوا طرح فرضية تشرح هذا التشابه.

_____

_____

2. كيف يمكن فحص فرضياتكم؟

_____

_____

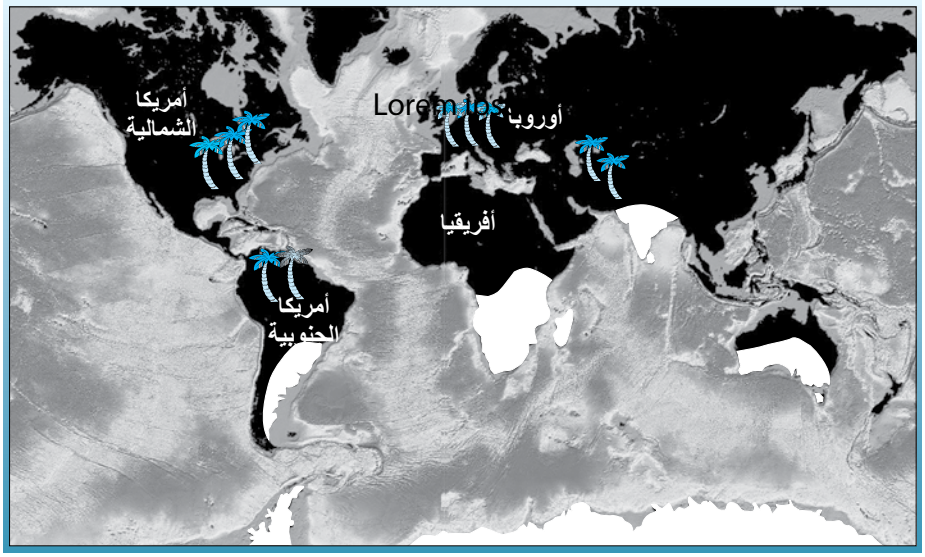
3. هل هناك في فرضياتكم نقاط ضعيفة تحتاج إلى إعادة التفكير؟ ما هي تلك النقاط؟

القسم الأول – المناطق المناخية القديمة

أوراق عمل للفرقة رقم 7

أمامكم على الطاولة صورة وفيها خارطة مناطق مناخية كانت تسود في العالم قبل حوالي **250** مليون سنة، وذلك وفقاً لكيفية استعادة تلك المناخات بحسب الصخور التي تكوّنت في تلك الفترة. تم استعادة المناطق الاستوائية بحسب رواسب الفحم والمناطق التي كانت مغطاة بالجبال الجليدية تم استعادتها بحسب رواسب خاصة نتجت عن تآكل الجبال الجليدية.

تمعّنوا في الصورة وافحصوا فرضياتكم بالنسبة لمناطق المناخات القديمة.



أسئلة

1. هل هناك "مشاكل" ما ناتجة عن انتشار المناطق المناخية في الماضي؟ ما هي تلك المشاكل؟

_____

2. هل يمكنكم طرح فرضية تشرح الانتشار الغريب للمناطق المناخية في الماضي؟

_____

_____

3. كيف يمكنكم فحص فرضياتكم؟

_____

4. هل هناك في فرضياتكم نقاط ضعيفة تحتاج إلى إعادة التفكير؟ ما هي تلك النقاط؟

_____

القسم الثاني - تلخيص

اعرضوا أمام الصف المشاهدة التي فحصتموها والفرضية التي طرحتموها لشرح المشاهدة.

1. هل المشاهدات التي فحصتها المجموعات الأخرى تؤكد أم تدحض الفرضية التي طرحتها مجموعتكم لشرح المشاهدة التي فحصتموها؟

_____

2. حاولوا طرح فرضية تشرح جميع الشواهد.

_____

_____

3. اقترحوا طرق لفحص هذه الفرضية.

_____

القسم الثالث – ألغاز القارّات

اطلبوا من المعلم صورة رسم لغز القارات الذي يظهر في الصفحة التالية.
هذا الرسم يشمل قارّات الكرة الأرضية وعليها علامات الشواهد المختلفة التي فحصها فاجنر.

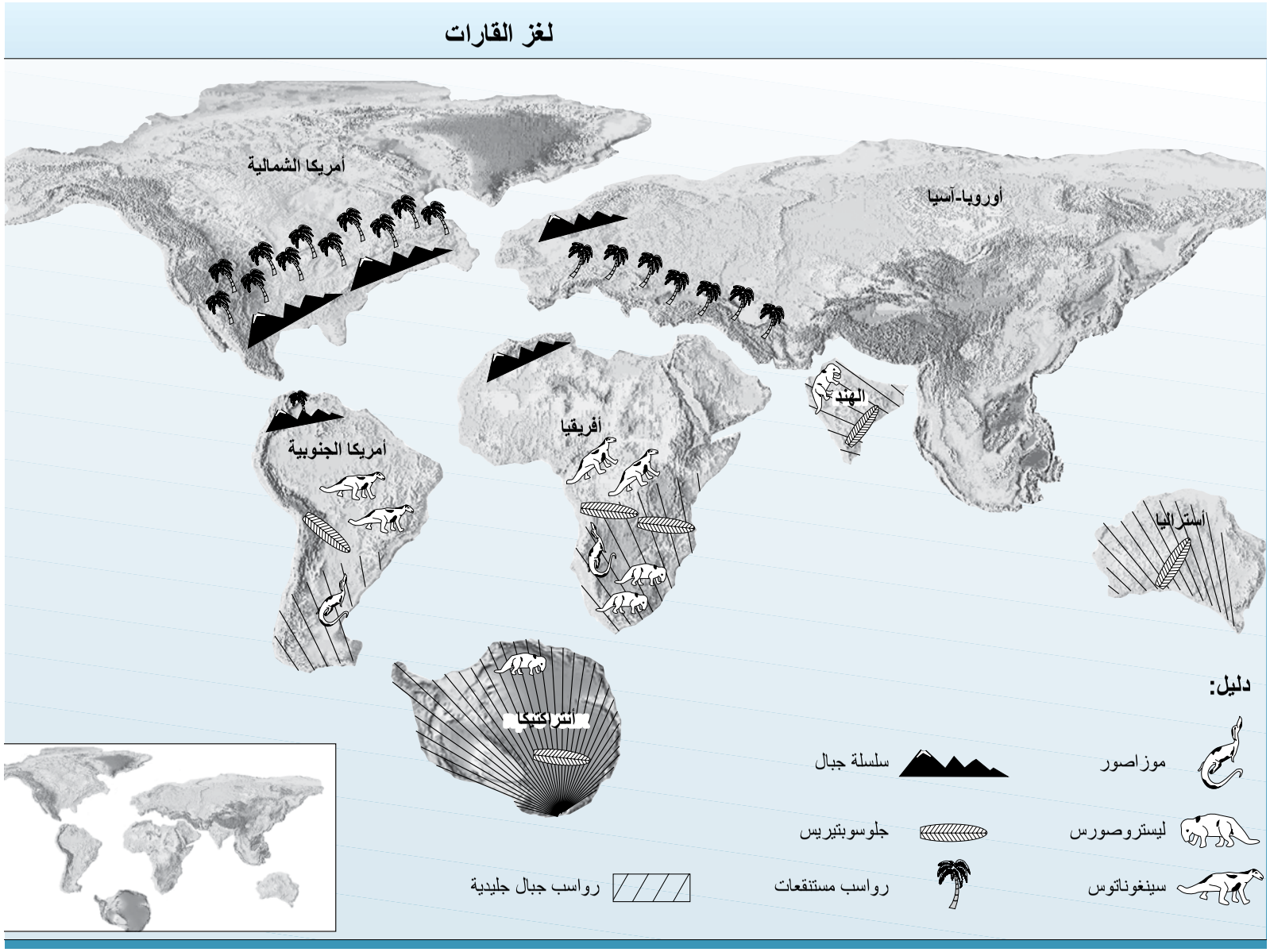
قُصّوا القارات المختلفة واستخدموها كما تستخدمون قطع الصورة اللغز لكي تفحصوا الفرضيات التي طرحتموها.
ما هي استنتاجاتكم من هذه الفعّالية؟

_____

_____

صفحة اللغز موجودة على صفحة "برامج التعليم" في موقع:
http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

لغز القارات


أمريكا الشمالية
أوروبا-آسيا
الهند
أفريقيا
أمريكا الجنوبية
أستراليا
أنتراكتيكا
دليل:
موزاصور
سلسلة جبال
ليستروصورس
جلوسوبتيريس
سينغوناتوس
رواسب مستنقعات
رواسب جبال جليدية

الفعّالية رقم 2

نظرية تزحزح القارات

القسم الأول – الرجل ونظريته

قطعة للقراءة

أمامكم معلومات عن ألفرد فاجنر وعن نظرية تزحزح القارات التي قام بصياغتها بالاعتماد على الشواهد والمعطيات التي جمعها.

شخصيات

ألفرد فاجنر (1880-1930)

وُلد فاغنر في عام **1880** في برلين.

درس في جامعات هايدلبرغ وإنسبروك وبرلين. في عام **1905** نال شهادة الدكتوراه في علم الفلك. اهتم كثيراً بعلم الأرصاد الجوية وانضم إلى عدد من البعثات الدراسية في جرينلاند.

ألفرد فاجنر

نشر فاجنر نظرية "تزحزح القارّات" لأول مرة في عام **1912** تحت عنوان أصل القارات.

وفي عام **1913** تزوج من أليس، ابنة عالم الأرصاد الجوية كوبن (**Koppen**) الذي كان متخصصاً في دراسة مناخ الكرة الأرضية في العهود الماضية. وكان صهرة بالنسبة له مصدر للمعلومات والدعم. حيث كان يناقش معه مسائل مثل: كيف نفسر وجود طبقات من الفحم (أصلها من نباتات شبه استوائية) في جزيرة شبيتسبيرجن القطبية؟ أو كيف يجوز أن تتكون رواسب جليدية في أستراليا؟

فاجنر مع إينويت في جرينلاند

في عام **1914** التحق فاجنر بصفوف الجيش الألماني وشارك في الحرب العالمية الأولى، حيث أصيب اثناء الحرب وبينما كان يرقد ليتعافى من إصابته دأب على صياغة النظرية التي نشرها في كتاب: أصل القارات والمحيطات.
وبعد الحرب بدأ يعمل مدرساً لعلم المناخ في جامعة هامبورغ.
في عام **1924** تمت ترجمة كتابه للغة الإنجليزية لأول مرة. وفي تلك السنة فاز فاجنر بوظيفة في جامعة جراز في النمسا.
وفي خريف **1930** خرج فاجنر مع بعثة إمدادات من ساحل جرينلاند باتجاه محطة أبحاث جوية شتائية.
اصطدمت البعثة بحالة طقس قاسية، حيث هبطت درجة الحرارة إلى **45** درجة تحت الصفر. استمرت الرحلة حوالي خمسة أسابيع وانسحب العديد من أعضاء البعثة منذ بداية الرحلة. وبعد وصول المحطة بيوم واحد خرج فاجنر لوحده في رحلة العودة إلى الساحل لكنه لم يصله أبداً، فقد تجمّد ولقي حتفه في طريق العودة وتم العثور على جثمانه في الصيف التالي.

نظرية تزحزح القارّات

دأب فاجنر على تطوير نظرية تزحزح القارات والدفاع عنها أمام معارضيها منذ عام **1912** إلى أن توفي في عام **1930**.

أهم أسس النظرية

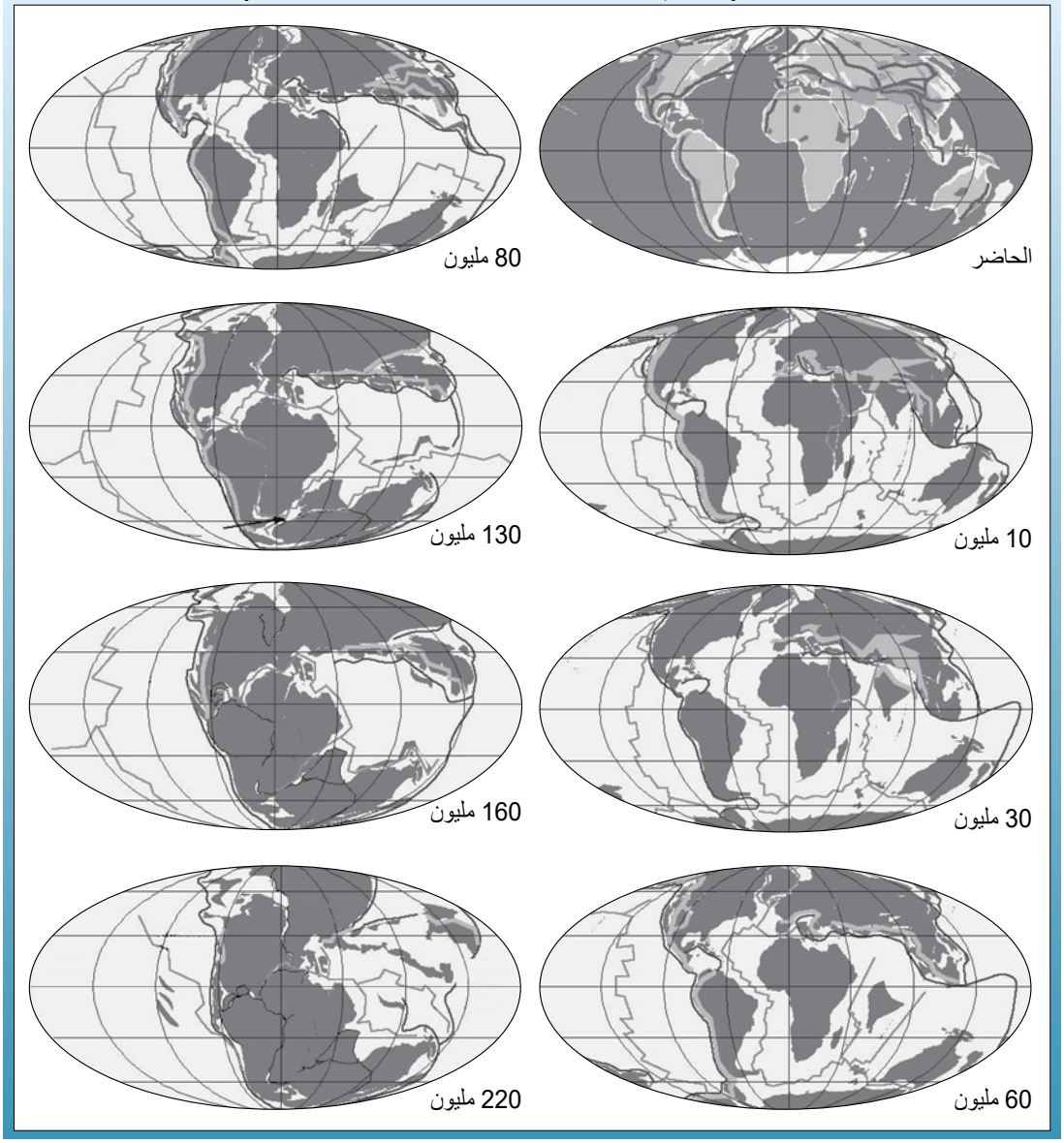
1. الكرة الأرضية مبنية من قشور مُتَرَاكِزة (أحادية المركز).
2. قشرتها الخارجية – قشرة القارّات – ليست مترابطة. وهذه القشرة مكوّنة من مواد خفيفة (سيليكون وألمنيوم) وطافية على وجه القشرة التي تحتها.
3. الطبقة التي تحت القارّات مكوّنة من مواد أثقل (غنية بالسيليكون والمغنزيوم). وحين يتم الضغط بشكل متواصل على هذه الطبقة فإنها تتحرك كمادة لزجة، وهذا ما يتيح حركة القارات التي عليها.
4. القارّات تتحرك كذلك بحركة أفقية – بموازاة سطح الكرة الأرضية – وحركتها ليست عمودية فقط كما كان يُعتقد حتى ذلك الحين.
5. في الماضي الجيولوجي كانت القارّات متصلة ببعضها في قارة عملاقة واحدة – بانجيا (باللغة اليونانية = كل القّارات).
6. أطلق فاجنر اسم بانتلوس (باللغة اليونانية = كل المحيط) على المحيط العملاق الذي كان موجوداً في زمن بانجيا.
7. قبل حوالي مائتي مليون سنة بدأت قارة بانجيا العملاقة تتفتت إلى قارّات، ومنذ ذلك الحين وحتى اليوم لم تتوقف تلك القارّات عن الحركة (تمعنوا في صورة "تفكك بانجيا").
8. وحين تتحرك القارات فإنها "تشق" طريقها في الطبقة اللزجة الموجودة تحتها، وهكذا تندفع كميات هائلة من المواد إلى أطرف القارّات وتتراكم هناك. وسلاسل الجبال على أطراف القارّات (مثل جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية) هي مثال على تلك المواد المتراكمة.
9. قد تصطدم القارات ببعضها أثناء حركتها وحينها تبرز بينها سلسلة جبال (مثل: جبال الهملايا بين الهند وآسيا).

10.القوى التي تدفع حركة القارات هي:

أ. القوة الآتية من الأقطاب باتجاه خط الاستواء نتيجة دوران الكرة الأرضية حول نفسها.

ب. قوة المّد التي تؤثر باتجاه شرق-غرب وأصلها من قوى الجاذبية بين القمر والشمس والكرة الأرضية.

تفكك بانجيا (الأرقام تشير إلى ملايين السنوات قبل الحاضر)



رابط لموقع إنترنت

يوجد رسم متحرك لتفكك بانجيا في برنامج التعليم "الالواح التكتونية" في الموقع:

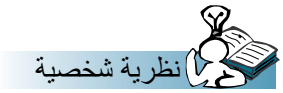
http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

القسم الثاني – مقارنة النظرية بالنظريات السابقة والنظرية الشخصية

1. ما هي الفروق الأساسية بين نظرية تزحزح القارات وبين نظرية الكرة الأرضية الثابتة؟

---

2. ما هي الفروق الأساسية بين نظرية تزحزح القارّات وبين نظرية الكرة الأرضية المتقلصة؟



3. ما هي الفروق الأساسية بين نظرية تزحزح القارات وبين نظريتكم الشخصية؟

---

4. هل تقدم نظرية تزحزح القارات تفسيراً أفضل من باقي النظريات لظاهرة انتشار سلاسل الجبال والهزّات الأرضية والجبال البركانية؟

---

5. ما هي بحسب رأيكم سلبيات نظرية تزحزح القارات؟

ايجابيات	سلبيات

القسم الثالث – تطوُّر العلم

1. هل تتوقعون أن يتقبل العلماء نظرية تزحزح القارات التي وضعها فاجنر؟

_____

استهتر المجتمع العلمي بنظرية تزحزح القارات ورفضها حين اقترحها فاجنر اول مرة. زعم العلماء أن النظرية غير لائقة لأن الآلية التي اقترحها فاجنر بالنسبة لحركة القارات غير معقولة. لكن الجدير ذكره أنه لم ينشأ جدل بخصوص المشاهدات والأدلة التي جمعها فاجنر.
أما نظرية الصفائح التي اعتمدت على نظرية تزحزح القارات فقد قبل بها المجتمع العلمي فقط بعد خمسون سنة.

2. هل تعتقدون أن الآلية الإشكالية التي اقترحها فاجنر بخصوص تزحزح القارات كانت سبباً كافياً لرفض النظرية؟ اشرحوا:

_____

3. هل تعتقدون أن من الجائز أن هناك اعتبارات غير علمية أثرت على المجتمع العلمي عند إبداء رأيه بنظرية فاجنر؟ اشرحوا:
استعينوا بالمعلومات المتعلقة بفاجنر شخصياً وتذكروا: المجتمع العلمي الجيولوجي في عهد فاجنر كان في بريطانيا المحافظة.

_____

_____

4. ما الذي نستنتجه بالنسبة لطريقة تطور وتقدم العلم من حكاية رفض نظرية تزحزح القارات؟

_____

_____

أُطُر – الفعّالية رقم 2

تغيير مواقف؟

أ. عودوا للفعالية التي افتتحنا بها البرنامج – الفعّالية رقم 1 في الإطار واقرأوا إجاباتكم عن الأسئلة.

ب.أجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. هل تتوافق حكاية تزحزح القارات كما وضعها ألفرد فاجنر مع آرائكم بالنسبة لطريقة تطور العلم وتقدمه؟ اشرحوا:

_____

_____

_____

2. ما هي التغييرات أو الإضافات التي طرأت على آرائكم بالنسبة لتطور العلم وتقدمه بسبب حكاية نظرية تزحزح القارات؟

_____

_____

_____

الفصل الثالث
مبنى الكرة الأرضي

فعّالية رقم 1: مصادر المعلومات عن وجه الكرة الأرضية

فعّالية رقم 2: الامواج الزلزالية

الفعّالية رقم 3: العثور على مركز الزلزال

الفعّالية رقم 4: مرور الامواج الزلزالية في الكرة الأرضية

الفعّالية رقم 5: مبنى الكرة الأرضية

الفعّالية رقم 1

مصادر المعلومات عن وجه الكرة الأرضية

لكي نفهم تطور نظرية تزحزح القارات يتعين علينا أولاً ان نتعرف على مبنى وتركيبة الكرة الأرضية.

ناقشوا المواضيع التالية في فرقتكم:

1. هل يعرف علماء الكرة الأرضية مبنى الكرة الأرضية ووجهها؟
2. هل هذه المعلومات مؤكدة؟
3. ما هي المشاكل التي تواجهنا حين نبدأ بدراسة مبنى الكرة الأرضية وتركيبتها الداخلية؟
4. كيف يمكننا ان ندرس مبنى الكرة الأرضية وتركيبتها الداخلية؟

المعلومات ومصادرها

اقرأوا المشاهدات التالية (1-4) وأجيبوا عن الأسئلة المُرفقة.

وجه الكرة الأرضية ليس وموحداً. هناك مناطق مرتفعة ومناطق منخفضة. هناك مجموعتان أساسيتان من المناطق: واحدة في قاع المحيط على عمق 5-6 كيلومترات تحت سطح البحر، والأخرى على القارات بارتفاع مئات الأمتار حتى كيلومتر واحد فوق سطح البحر.

1. هل تركيبة قشرة الكرة الأرضية الخارجية موحدة أم متغيرة أفقياً (للجوانب)؟ اشرحوا:

---

2. هل يمكننا أن نعرف بالتأكيد ما هو المبنى الداخلي للكرة الأرضية؟ لماذا؟

---

3. ما هي المُكتشفات التي تدل على الظروف السائدة داخل الكرة الأرضية؟

مشاهدة 2

معدل كثافة الكرة الأرضية (حوالي 5 غرام/سم^3) أعلى بكثير من معدل كثافة الصخور الموجودة في قشرة الكرة الأرضية (حوالي 3 غرام/سم^3).

4. ما هو الاستنتاج الذي نتوصل إليه من هذه المشاهدة؟

مشاهدة 3

الكتلة النوعية لعنصر الحديد عالية جداً وهو نادر نسبياً في صخورقشرة (انظروا الرسومات 7 و 8، صفحة 77).

5. ما الذي نستنتجه من هذه المشاهدات بالنسبة لمبنى الكرة الأرضية وتركيبتها؟

مشاهدة 4

تصل إلى سطح الكرة الأرضية نيازك أصلها من المجموعة الشمسية. حوالي 30% من النيازك التي تسقط على الكرة الأرضية مبنية من عناصر معدنية وبالأساس من الحديد.

6. هل تعتقدون أن بوسعنا أن نعرف تركيبة الكرة الأرضية من هذه المشاهدة؟

هناك مصدر إضافي مهم للمعلومات عن جوف الكرة الأرضية وهو **الزلازل والهزّات الأرضية**. حين يحدث زلزال تنطلق طاقة وتمر في الكرة الأرضية على شكل امواج. ويتم التقاط هذه الامواج في أجهزة قياس الزّلازل (سيسموجراف) الموزعة على سطح الكرة الأرضية. الامواج الزلزالية تمر عبر الكرة الأرضية وتؤثر على مبناها، ولهذا فإنها تحمل معها معلومات عن المبنى الداخلي للكرة الأرضية.

ستتعرفون من خلال الفعّاليات القادمة على الامواج الزلزالية وسترون كيف يمكن الاستنتاج منها عن جوف الكرة الأرضية.

الفعّالية رقم 2

الامواج الزلزالية

الزلازل

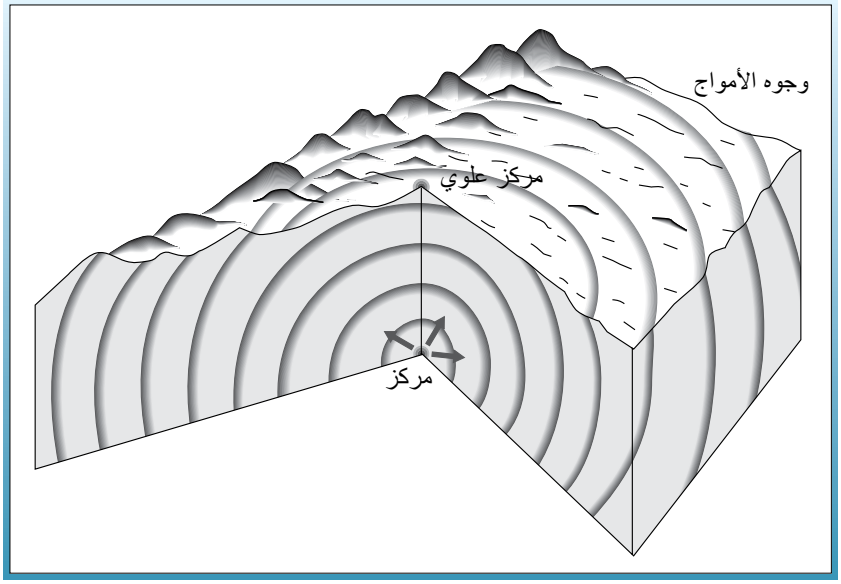
يحدث الزلزال حين تتحرك المادة الصخرية الصلبة في قشرة الكرة الأرضية وتنتظم من جديد بفعل قوات داخلية تؤثر عليها. تحدث هذه الحركة على ظهر كسور (شقوق).

إذا ظلت القوى تضغط على الأجسام الصخرية لمدة طويلة من الزمن، فسوف يتغير شكل الصخور وتتراكم داخلها **طاقة وضعية انشدادية** (مثل الطاقة التي تنحبس في زنبرك أو في شريط مطاطي عند شده). وحين تزيد الطاقة عن درجة معينة يحدث **زلزال**: تتشقق الصخور وتحدث حركة على امتداد مناطق التشقق (مثل شريط المطاط الذي نشده أكثر من اللازم فيتمزق).

الطاقة الوضعية المخزونة داخل الصخور تنطلق عند حدوث الزلزال وتتحول إلى طاقة حركية - طاقة حركة.

حين يحدث زلزال تنطلق الطاقة وتنتشر في الكرة الأرضية كلها. تنتشر الطاقة على شكل امواج تُسمى **امواج زلزالية**.

يعرض الرسم رقم 1 أوجه الامواج الزلزالية المنتشرة من مركز الزلزال (المكان الذي يحدث فيه الزلزال تحت سطح الأرض).



الرسم رقم 1 - انتشار الامواج الزلزالية من مركز الزلزال

امواج زلزالية

هناك ثلاثة أنواع من الامواج الزلزالية: امواج P، امواج S وامواج سطحية.

القسم الأول - تمثيل امواج P بواسطة زنبرك "سلينكي"

امواج P - الامواج الأولى. تُسمى بهذا الاسم لأنها امواج سريعة وهي أول الامواج التي تلتقطها أجهزة قياس الزلازل. وتُسمى أيضاً **امواج ضغط** (Primary - أولي، Pressure - ضغط).

تجربة

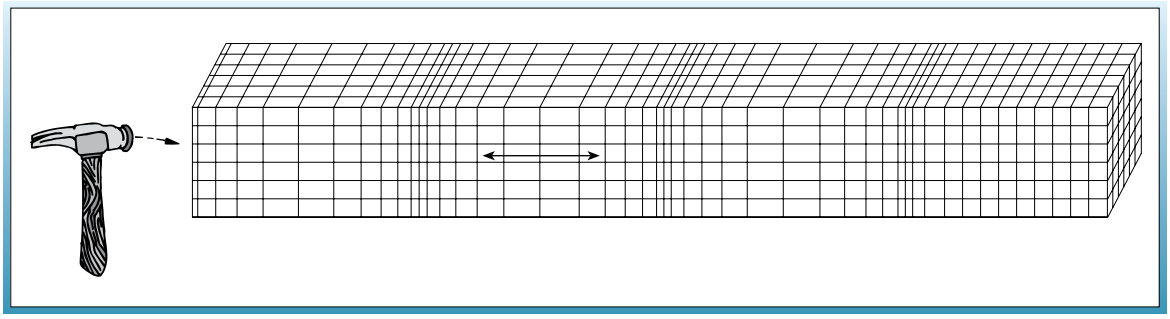
أ. ضعوا زنبرك "سلينكي" الذي أمامكم على الطاولة وشدوه قليلاً.

ب. ادفعوا قليلاً أحد أطرف الزنبرك باتجاه الطرف الآخر.

ج. صفوا ما يحدث _____

_____

د. تمعنوا في الرسم رقم 2 الذي يجسد طريقة تقدم امواج P في مادة صلبة.



الرسم رقم 2 - امواج P

أسئلة

1. لماذا تُسمى امواج P كذلك امواج ضغط حسب رأيكم؟ (استعينوا بمثال الزنبرك وبالرسم رقم 2).

2. ما هو اتجاه ذبذبات امواج S بالنسبة لاتجاه تقدم الامواج (موازي أم عمودي)؟ _____

طاقة الحركة التي منحتها اليد الدافعة لطرف الزنبرك تقدمت مثل موجة P على طول الزنبرك.

عندما تمر امواج P في المادة تحدث في المادة ذبذبات بسبب تقلص المادة وعودتها إلى حالتها الأصلية.

القسم الثاني - تمثيل امواج S بواسطة حبل

امواج S - **امواج ثانوية**. وتُسمى بهذا الاسم لأن سرعتها أقل من سرعة امواج P، ولهذا تتسجل بالمرتبة الثانية على أجهزة قياس الزلازل. وتُسمى أيضاً **امواج القطع** (**S**econdary - ثانوية، - **S**hear قطع).

تجربة

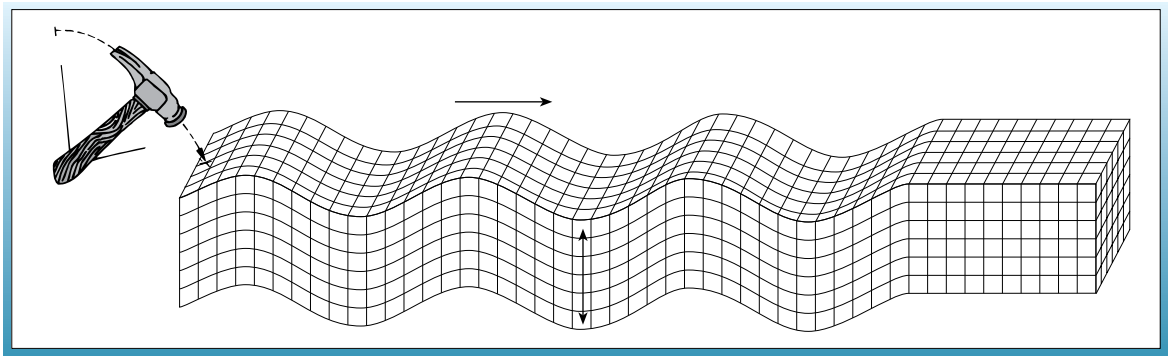
أ. أمسكوا حبلاً وشدوه قليلاً.

ب. هزوا أحد أطراف الحبل بحركة اليد للأعلى وللأسفل.

ج. صفوا ما يحدث _____

_____

د. تمعنوا في الرسم رقم 3 الذي يمثل طريقة تقدم امواج S في مادة صلبة.



الرسم رقم 3 - امواج S

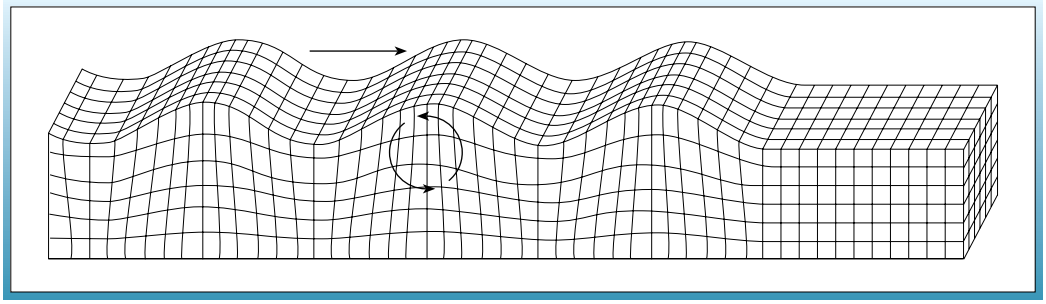
سؤال

ما هو اتجاه ذبذبات امواج S بالنسبة لاتجاه تقدم الامواج (موازي أم عمودي)؟ _____

طاقة الحركة التي منحتها اليد التي تهز لطرف الحبل تقدمت على شكل **موجة S** على طول الحبل.
عندما تمر امواج S في المادة تحدث في المادة ذبذبات بسبب تقلص المادة وعودتها إلى حالتها الأصلية.

القسم الثالث - الامواج السطحية

الامواج السطحية - امواج تمر فقط على وجه سطح الكرة الأرضية. هذه امواج بطيئة أكثر من امواج P وامواجS . وقد تكون هذه الامواج هي الامواج الأكثر تدميراً (انظروا الرسم رقم 4).



الرسم رقم 4 - الامواج السطحية

عندما تمر الامواج السطحية في المادة تحدث في المادة ذبذبات بسبب تقلص المادة وعودتها إلى حالتها الأصلية.
ما هو اتجاه ذبذبات الامواج السطحية بالنسبة لاتجاه تقدم الامواج (موازي أم عمودي)؟

امواج P وامواج S هي امواج جسمية تمر داخل الكرة الأرضية وتتأثر بخصائص المواد الموجودة في جوف الكرة الأرضية، ولهذا فهي مهمة لفهم مبنى الكرة الأرضية.

تتناول الفعّاليات الآتية هذه الامواج.

القسم الرابع - سرعة الامواج الزلزالية

بعد زلزال معين تسجلت امواج P وامواج S على أبعاد مختلفة من مركز الزلزال.

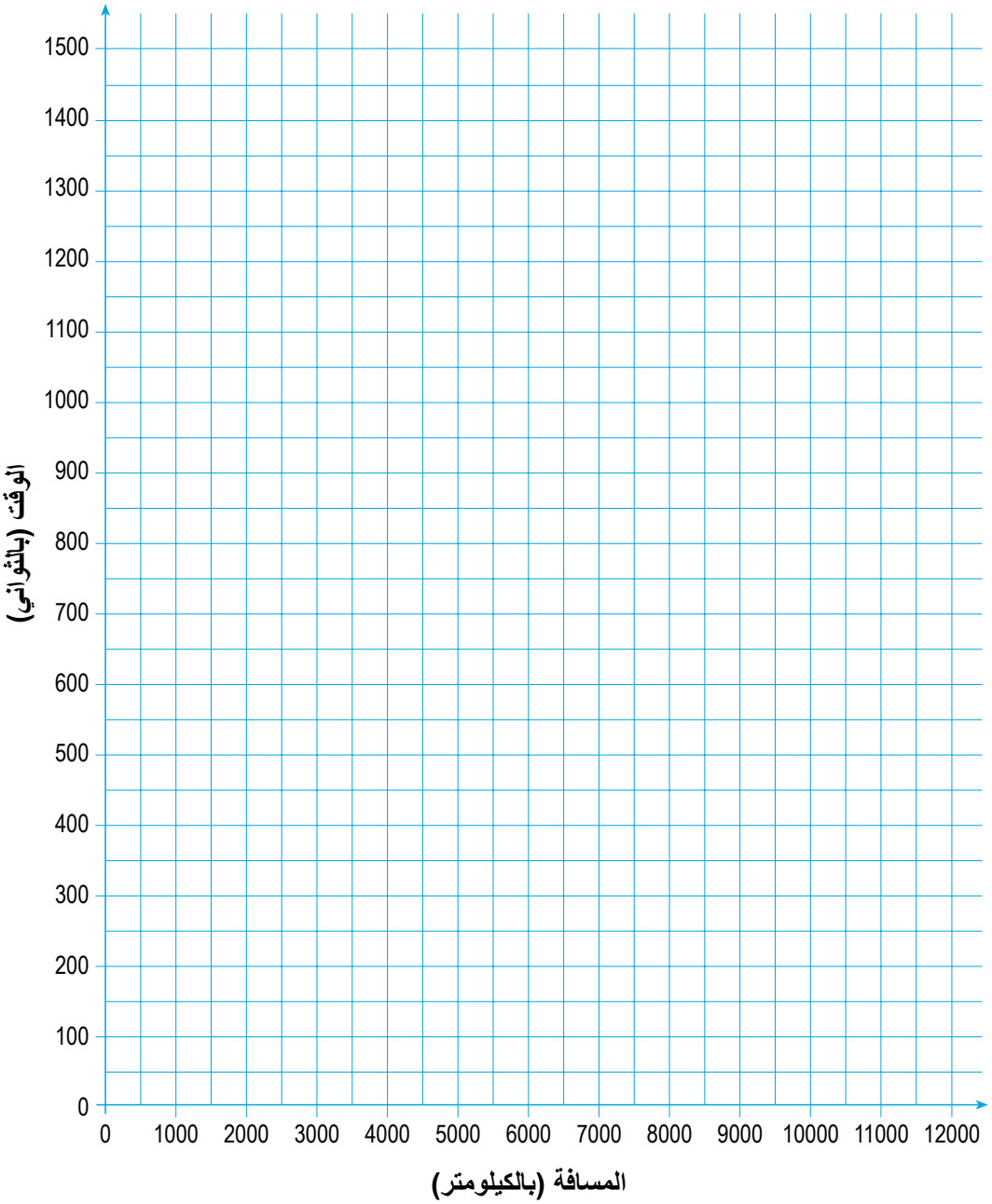
في الجدول أمامكم معطيات عن الفواصل الزمنية ما بين حدوث الزلزال حتى وصول الأمواج إلى محطات قياس الزلازل الموجودة على أبعاد مختلفة من المصدر.

المسافة بين المحطة والمركز (بالكيلومترات)	الزمن المستغرق لوصول امواج P (بالثواني)	الزمن المستغرق لوصول امواج S (بالثواني)
1,500	200	350
3,000	350	650
5,000	500	900
8,500	700	1,300
10,500	800	1,450

أ. ارسموا الرسمين البيانيين التاليين (في الصفحة التالية):

1. رسم بياني يعرض وقت مرور امواج P مقابل مسافة البُعد عن المركز.
2. رسم بياني يعرض وقت مرور امواج S مقابل مسافة البُعد عن المركز.

رسم بياني لتقدم امواج P وامواج S



أسئلة

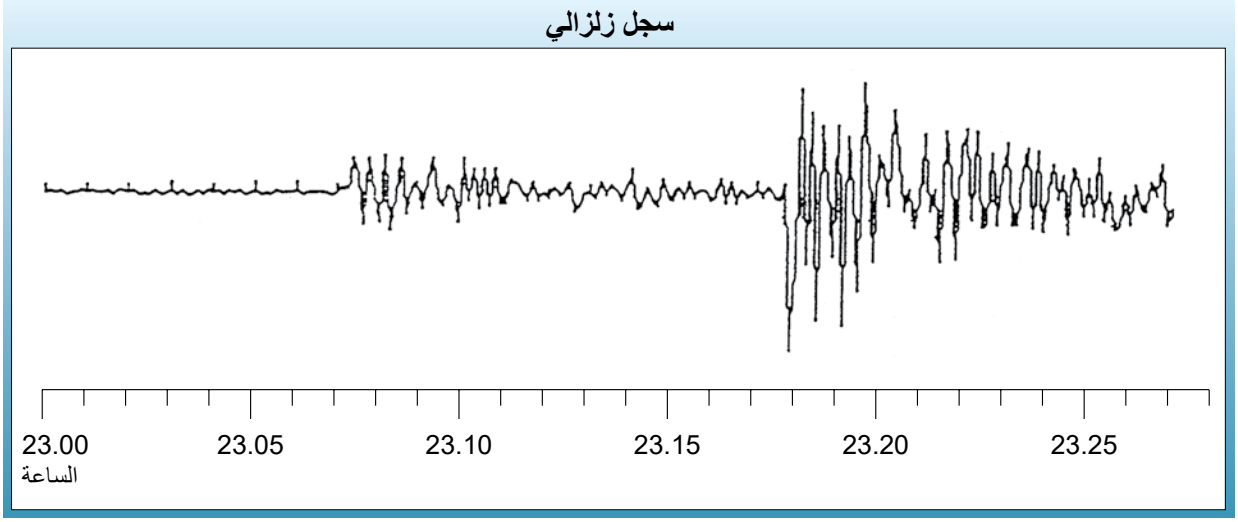
ب.أجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. هل يمر منحنى الرسوم البيانية من خلال رؤوس المحاور؟ اشرحوا:

2. هل تعتقدون أن الرسوم البيانية التي رسمتموها تعبر عن هذا الزلزال المعين أم إنها ملائمة لكل زلزال؟ اشرحوا:

_____

3. الرسم الآتي هو سجل زلزالي لتوثيق زلزال كما تسجل في محطة قياس الزلازل. بدأ التوثيق الساعة 23:00



أ. لأي من الامواج (P أم S) يوجد تشويش أكبر؟ حاولوا أن تخمنوا لماذا.

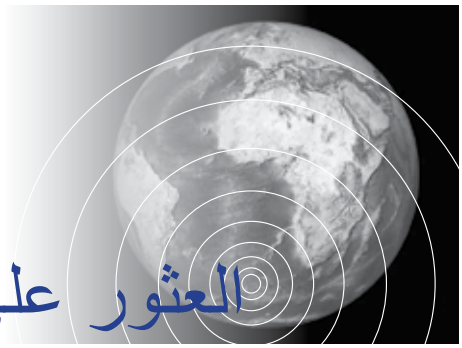
_____

ب. علّموا على السجل الزلزالي وقت وصول موجة P إلى المحطة ووقت وصول موجة S (ارسموا خطاً عمودياً على مركز الوقت في الساعة التي تعبر عن بداية وصول الموجة).

ج. كم ثانية مرت بين وصول موجة P وبين وصول موجة S؟ _____

د. استعينوا بإجابتكم بالبند (ج) وبالرسم البياني لتقدم امواج P و S الذي رسمتموه من قبل لكي تجدوا المسافة التي تبعدها المحطة عن مركز الزلزال ووقت حدوث الزلزال.

1. مسافة بُعد محطة قياس الزلازل عن مركز الزلزال: _____
2. المدة المنقضية منذ حدوث الزلزال حتى وصول امواج P إلى المحطة: _____
3. الساعة التي حدث فيها الزلزال:: _____



الفعّالية رقم 3

العثور على مركز الزلزال

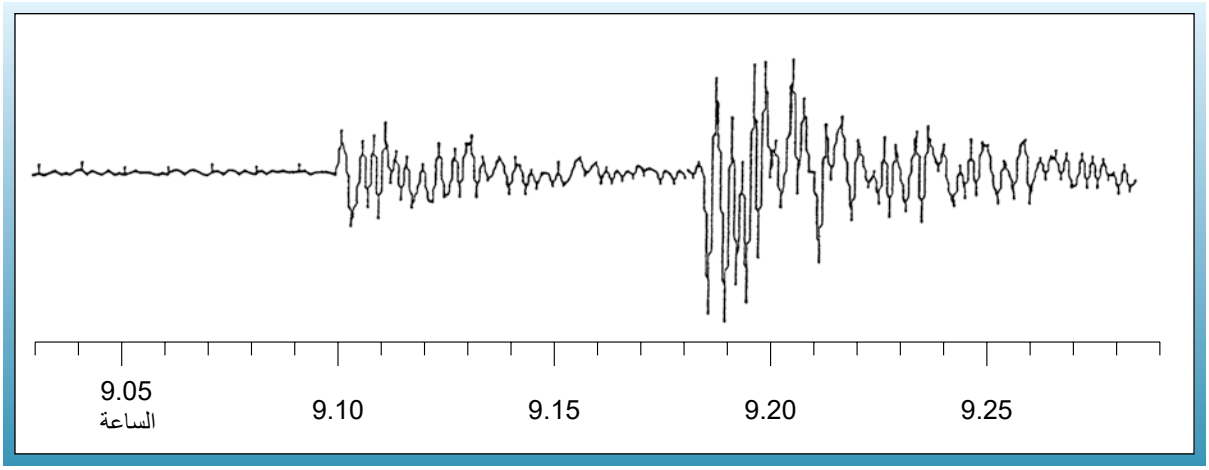
أوراق عمل للفرقة رقم 1

رسم زلزالي لفريق النرويج

فرقتكم تمثل محطة قياس الزلازل **بيرجن** في النرويج (علامة المحطة: BER.)

جدوا موقع محطتكم على الخارطة المُرفقة في صفحة 67 وضعوا عليه علامة.

في تاريخ 1.1.2009 تسجل في محطتكم الرسم الزلزالي التالي:



أسئلة

أجيبوا عن الأسئلة في صفحة 66

أوراق عمل للفرقة رقم 2

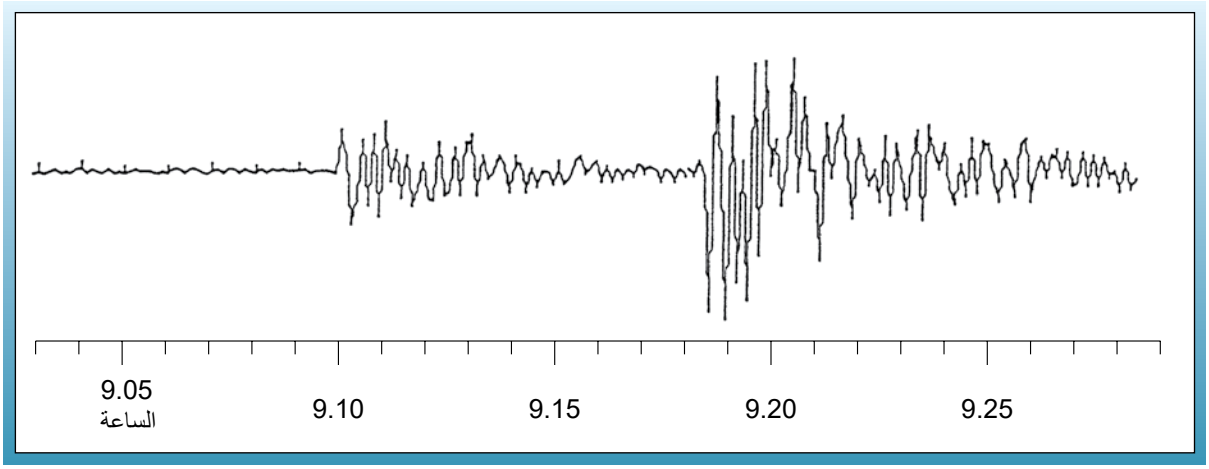
رسم زلزالي لفريق جنوب أفريقيا

فرقتكم تمثل محطة قياس الزلازل **سيلفرتون** في جنوب أفريقيا

(علامة المحطة SLR)

جدوا موقع محطتكم على الخارطة المُرفقة في صفحة 76 وضعوا عليه علامة.

في تاريخ 1.1.1999 تسجل في محطتكم الرسم الزلزالي التالي:



أسئلة

أجيبوا عن الأسئلة في صفحة 66

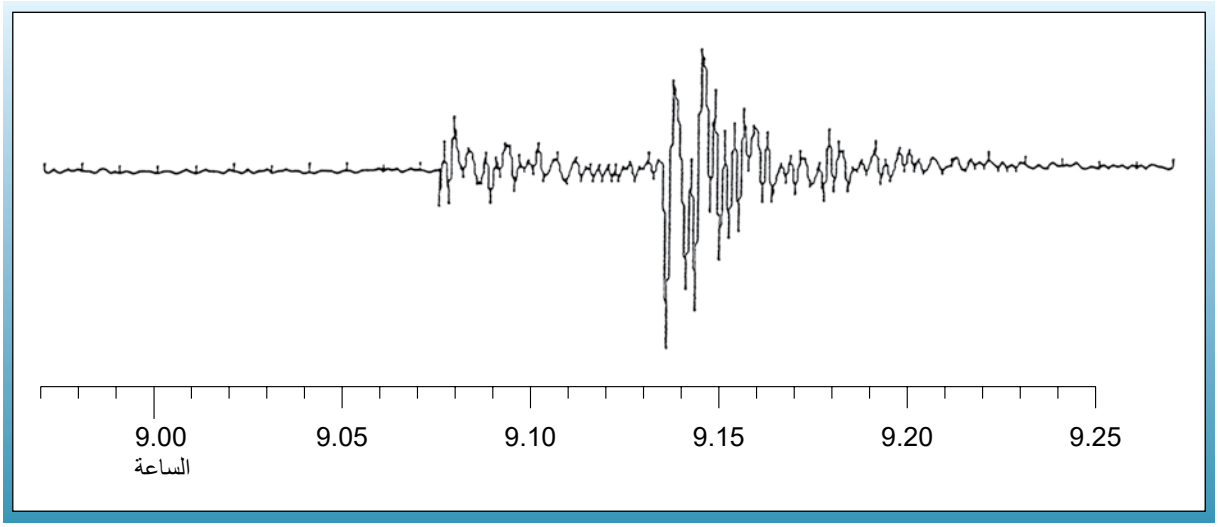
أوراق عمل للفرقة رقم 3

رسم زلزالي لفريق أسبانيا

فرقتكم تمثل محطة قياس الزلازل **طوليدو** (علامة المحطة: TOL)

جدوا موقع محطتكم على الخارطة المُرفقة في صفحة 67 وضعوا عليه علامة.

في تاريخ 1.1.2009 تسجل في محطتكم الرسم الزلزالي التالي:



أسئلة

أجيبوا عن الأسئلة في صفحة 66

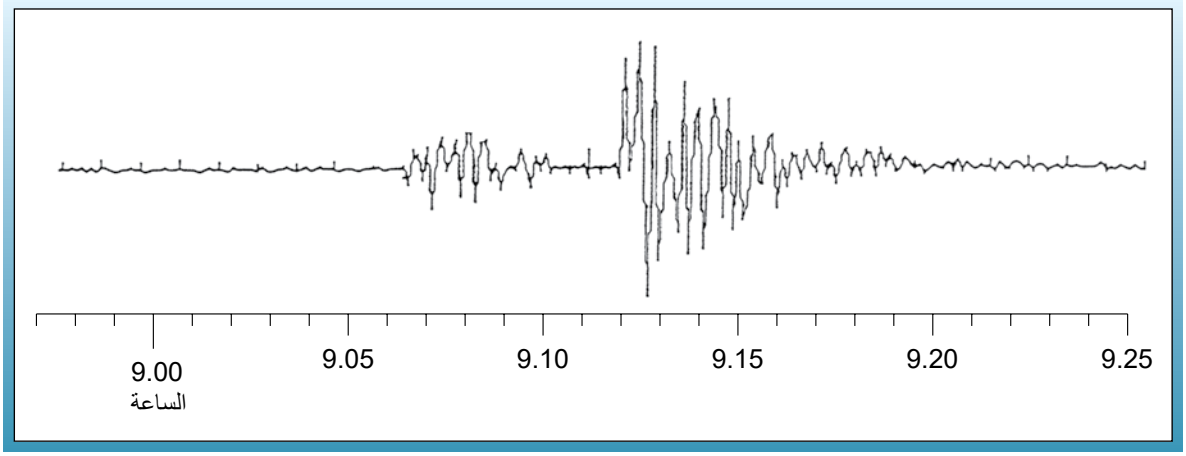
أوراق عمل للفرقة رقم 4

رسم زلزالي لفريق الباكستان

فرقتكم تمثل محطة قياس الزلازل كواتا في الباكستان (علامة المحطة: QUE)

جدوا موقع محطتكم على الخارطة المُرفقة في صفحة 76 وضعوا عليه علامة.

في تاريخ 1.1.2009 تسجل في محطتكم الرسم الزلزالي التالي:



أسئلة

أجيبوا عن الأسئلة في صفحة 66

أسئلة

1. عليكم إيجاد المسافة بين مركز الزلزال وبين محطتكم والساعة التي حدث فيها الزلزال. استعينوا بالرسم البياني لتقدم امواج P وامواج S الذي أعددتموه في الفعالية السابقة.

   اشرحوا بالتفصيل عن مراحل عملكم وعن المعطيات التي وجدتموها:

_____

_____

_____

_____

2. هل يمكنكم العثور على مركز الزلزال بواسطة المعلومات التي لديكم؟ اشرحوا:

_____

3. إذا كانت إجابتكم عن السؤال السابق سلبية، فاقترحوا طريقة للعثور على المكان الدقيق لمركز الزلزال.

_____

_____

_____

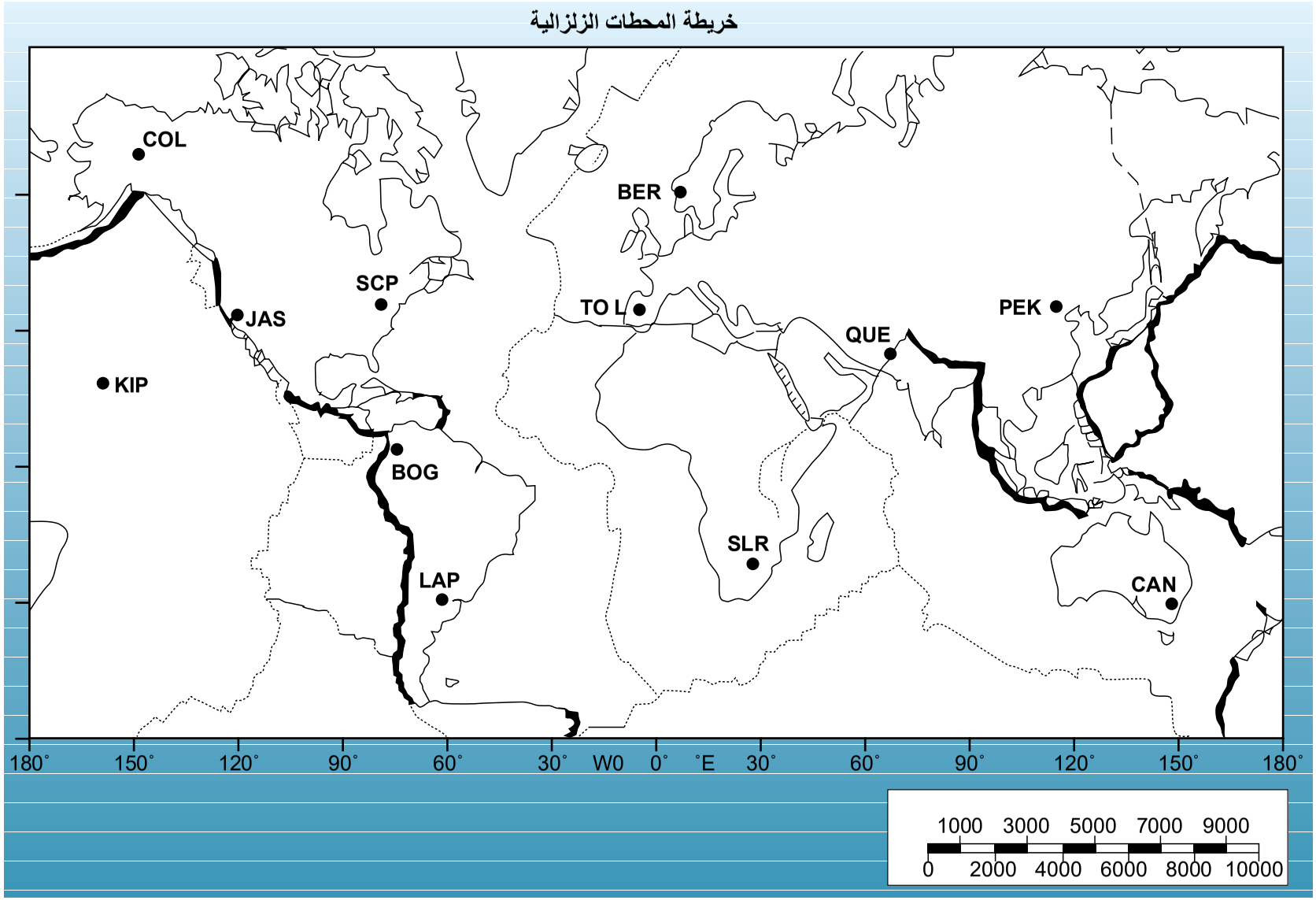
4. جدوا مكان المركز الزلزال بالطريقة التي اقترحتموها. علموا مكان المركز على الخارطة المُرفقة في صفحة 67.

   مكان مركز الزلزال هو: _____

رابط لموقع إنترنت

يتوفر توسيع لهذه الفعّالية في البرنامج التدريسي "تزحزح القارات" في صفحة "برامج تعليم" في موقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth


خريطة المحطات الزلزالية
COL
BER
SCP
JAS
TO L
PEK
QUE
KIP
BOG
SLR
LAP
CAN
180˚ 150˚ 120˚ 90˚ 60˚ 30˚ W0 0˚ ˚E 30˚ 60˚ 90˚ 120˚ 150˚ 180˚
1000 3000 5000 7000 9000
0 2000 4000 6000 8000 10000

الفعّالية رقم 4

مرور الامواج الزلزالية في الكرة الأرضية

القسم الأول - مرور الامواج في المادة

قواعد:

1. تتقدم امواج P و S بسرعات ثابتة في مادة ثابتة.
2. تتقدم امواج P بسرعات أعلى من امواج S في مادة معينة.
3. تتقدم امواج P و S بسرعة أكبر في المادة الصلبة كلما زادت كثافة المادة.
4. امواج S لا تمر في المادة السائلة.
5. امواج P تسير في المادة الصلبة بسرعة أعلى من سرعتها في المادة السائلة.
6. امواج P و S تغير اتجاه تقدمها من مادة تتقدم فيها بسرعة واحدة إلى مادة تتقدم فيها بسرعة أخرى.

لتمثيل طريقة تغيير اتجاه حركة الأمواج عند الانتقال من مادة إلى أخرى، سنقوم بفحص المشكلة التالية:

شخص يرغب بالانتقال من نقطة A إلى نقطة B بأعلى سرعة ممكنة. والنقطتين موجودتان في مناطق تتغير فيها سرعته في المشي (مثلاً: منطقة رمال متحركة مقابل منطقة أرض معبدة).

رسم

ارسموا مسار مشي متوقع من النقطة A إلى النقطة B بحيث يستغرق قطع المسار أقل وقت ممكن لكل واحدة من الحالات التالية.

(استعينوا بالدليل).

الحالة (أ)

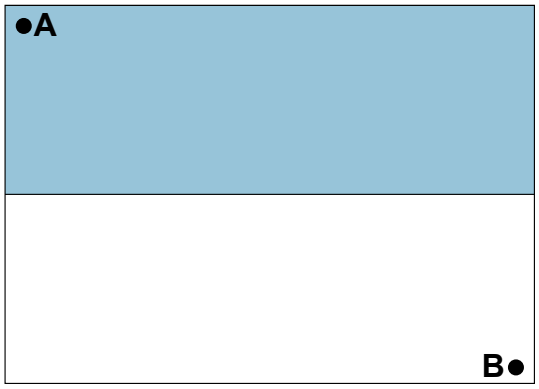
الحالة (ب)

اسطوره:

منطقة يمكن المرور منها بسرعة بطيئة

منطقة يمكن المرور منها بسرعة عالية

الحالة (ج)

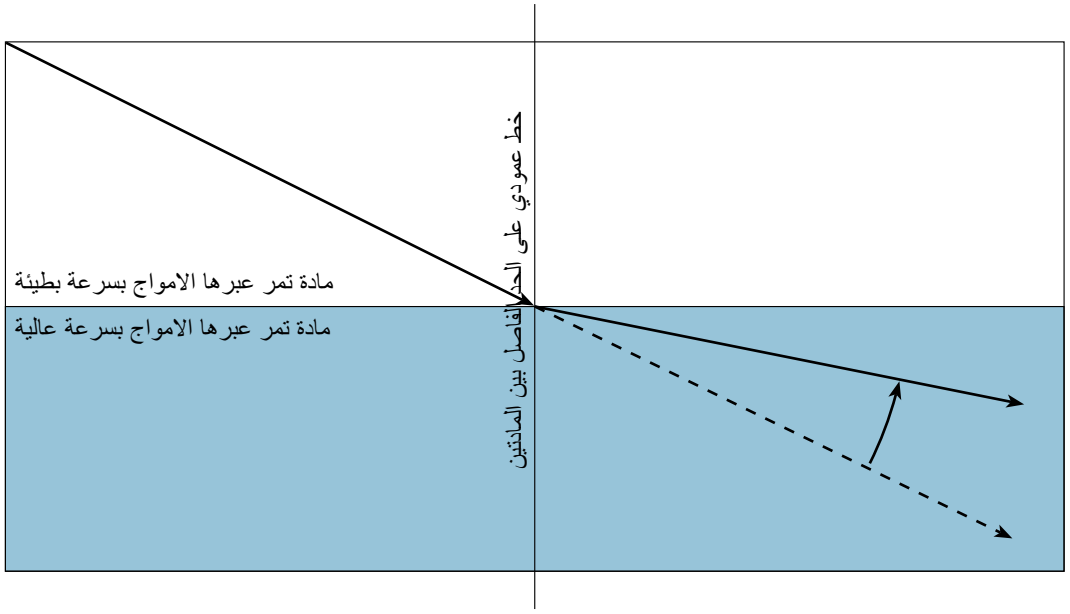


عندما تنتقل الأمواج من مادة تسير فيها بسرعة واحدة إلى ماد تسير فيها بسرعة مختلفة، فإنها تغير اتجاه تقدمها بما يشبه مسار المشي الذي رسمتموه. انتقال الامواج بين نقطتين يتم باتجاهات تناسب وقت المرور الأقل عبر المواد المختلفة. تغيير اتجاه تقدم الموجة نتيجة الانتقال من مادة إلى أخرى يُسمى **انكسار**.

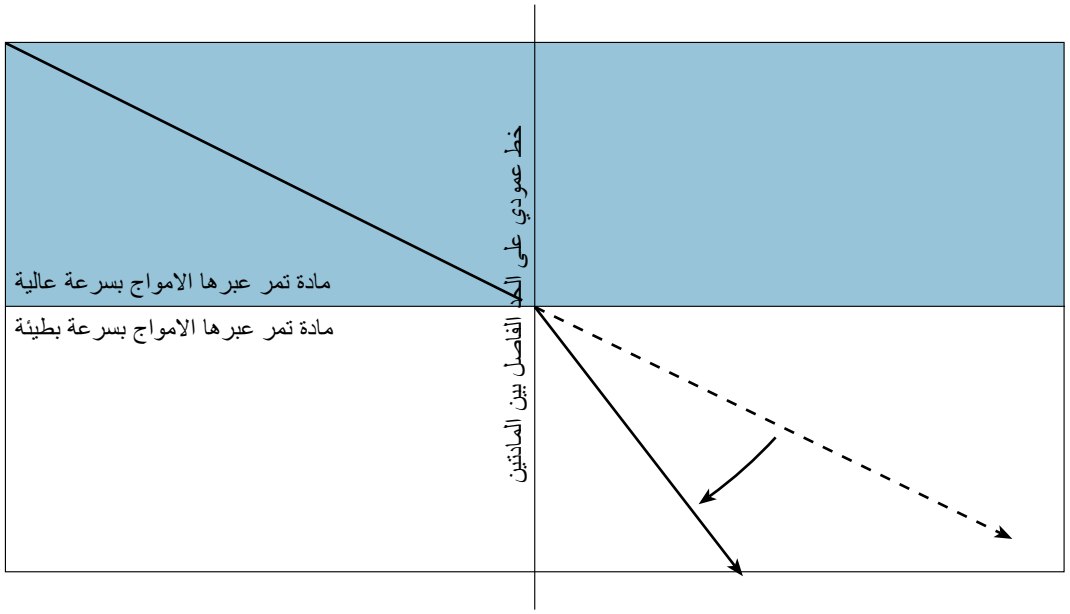
قوانين انكسار الأمواج

فيما يلي قوانين انكسار الأمواج (تنطبق هذه القوانين على جميع أنواع الأمواج، بما فيها الأمواج الزلزالية):

أ. عندما تنتقل الموجة من مادة تسير فيها بسرعة بطيئة إلى مادة تسير فيها بسرعة أعلى فإن الموجة تغير اتجاهها وتبتعد عن الخط العمودي على الحد بين المادتين (الرسم رقم 1).

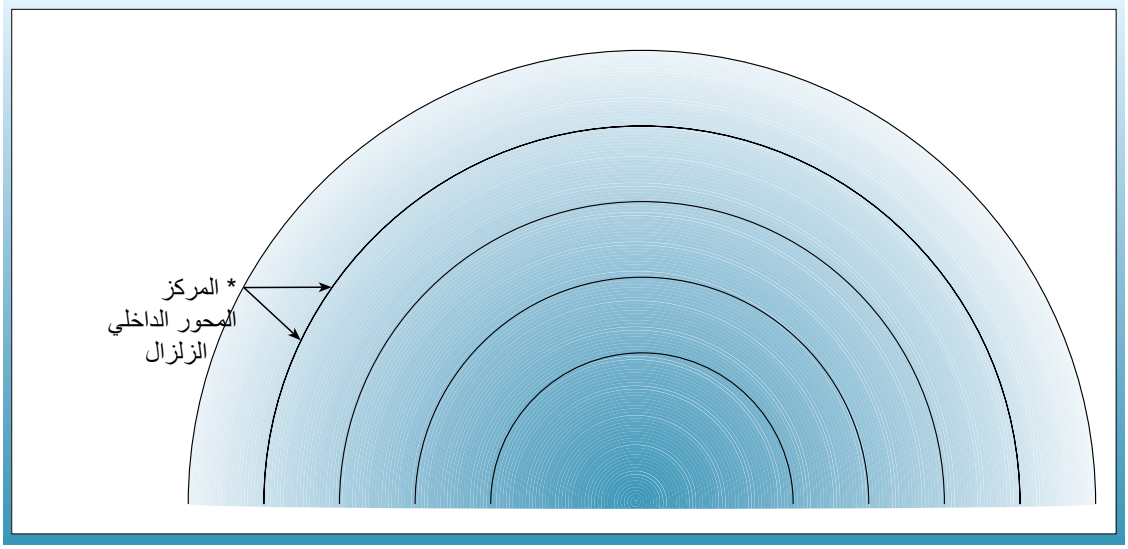


ب. عند الانتقال من مادة تسير فيها الموجة بسرعة عالية إلى مادة تسير فيها الموجة بسرعة أقل فإن الموجة تغير اتجاهها وتقترب من الخط العمودي على الحد بين المادتين (الرسم رقم 2).



القسم الثاني - مرور الأمواج في مواد ذات كثافات متغيرة

في الرسم 3 يوجد مقطع على تتابع طبقات كروية. تزداد كثافة الطبقة كلما زاد العمق. حدث زلزال في الطبقة الخارجية لهذا المبنى ومركزه معلم بالنجمة.



أسئلة

1. في أي طبقة تتقدم الامواج بأكبر سرعة وفي أي طبقة تتقدم بأبطأ سرعة؟

_____

_____

2. استعينوا بقوانين الانكسار لرسم اتجاهات تقدم الموجتين المُشار إليهما بالأسهم. لغاية هذا التمرين استخدموا زاوية انكسار 100 بين اتجاه تقدم الموجة في مادة واحدة وبين اتجاهها في المادة التالية.

3. هل تعتقدون أن اتجاهات تقدم الموجتين التي رسمتموها هي الاتجاهات الوحيدة التي ستتحرك بها الامواج الزلزالية المنبثقة عن الزلزال المُعطى؟ اشرحوا:

_____

_____

القسم الثالث - مرور الامواج في الكرة الأرضية

تدل معطيات من زلازل كثيرة أن في كل زلزال هناك على سطح الكرة الأرضية مناطق لا تصلها امواج P وامواج S. وتُسمى هذه المناطق **مناطق الظل**. بناء على مواقع مناطق الظل وبناء على معطيات أخرى بالنسبة لزمن وصول امواج P وامواج S إلى أماكن أخرى على وجه الكرة الأرضية، استنتج علماء الجغرافيا الفيزيائية استنتاجات بالنسبة للمبنى الداخلي للكرة الأرضية. وبناء على هذه الاستنتاجات قاموا برسم مسارات تخطيطية لمرور الامواج الزلزالية عبر الكرة الأرضية.

ستحاولون في التمارين الآتية تتبُع مبنى الكرة الأرضية بواسطة المسارات التخطيطية للأمواج الزلزالية كما تم رسمها بناء على استنتاجات علماء الجغرافيا الفيزيائية.

1. يظهر في الرسم رقم 4 مقطع تخطيطي في الكرة الأرضية وفيه مسارات تقدم امواج P من مركز الزلزال.

أسئلة

أ. علموا على الرسم نقطة انكسار امواج P.

ب.صلوا النقاط التي علمتموها لكي تحصلوا على شكل هندسي بسيط. ما هو الشكل الذي حصلتم عليه؟

_____

ج. ما الذي يمثله خط الحدود الذي علمتموه في وصل نقاط الانكسار ببعضها البعض؟

_____

د. هل سرعة امواج P أقل أم أعلى في المنطقة الداخلية؟ _استعينوا بقوانين انكسار الامواج).

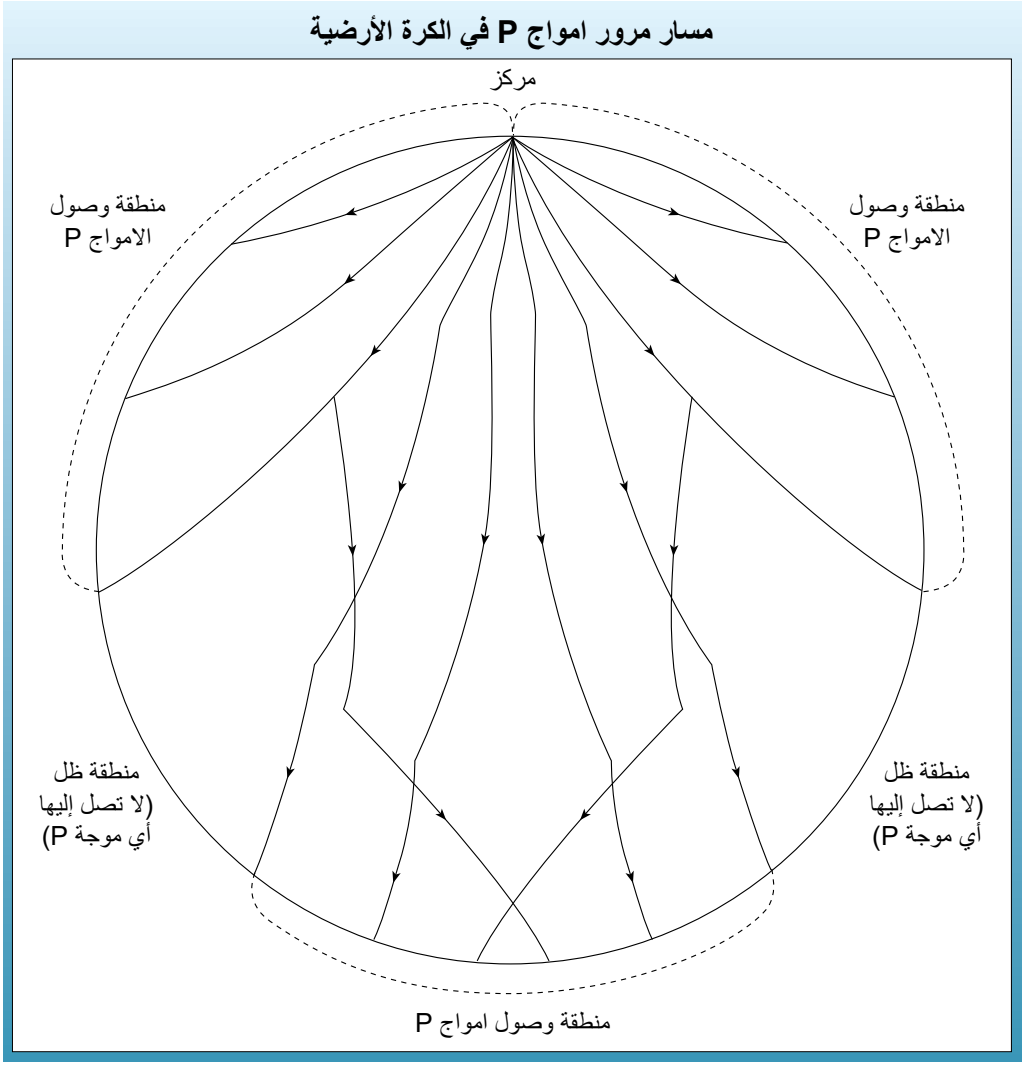
_____

فرضية

ج. اقترحوا إمكانيتين لشرح التغيير الذي طرأ على سرعة مرور امواج P في الحدود التي علمتموها (استعينوا بقوانين انكسار الامواج وبقوانين تقدم الامواج).

_____

_____



الرسم رقم 4

لأجل التوصل إلى استنتاجات أخرى بالنسبة لخصائص المادة التي تتكون منها نواة الكرة الأرضية التي تعرفتم عليها في التمرين السابق، افحصوا الآن المسارات التخطيطية لمرور امواج S في الكرة الأرضية كما تم رسمها بناء على استنتاجات علماء الجغرافيا الفيزيائية.

2. يظهر في الرسم رقم 5 مقطع تخطيطي في الكرة الأرضية وفيه مسارات تقدم امواج S من مركز الزلزال.

أسئلة

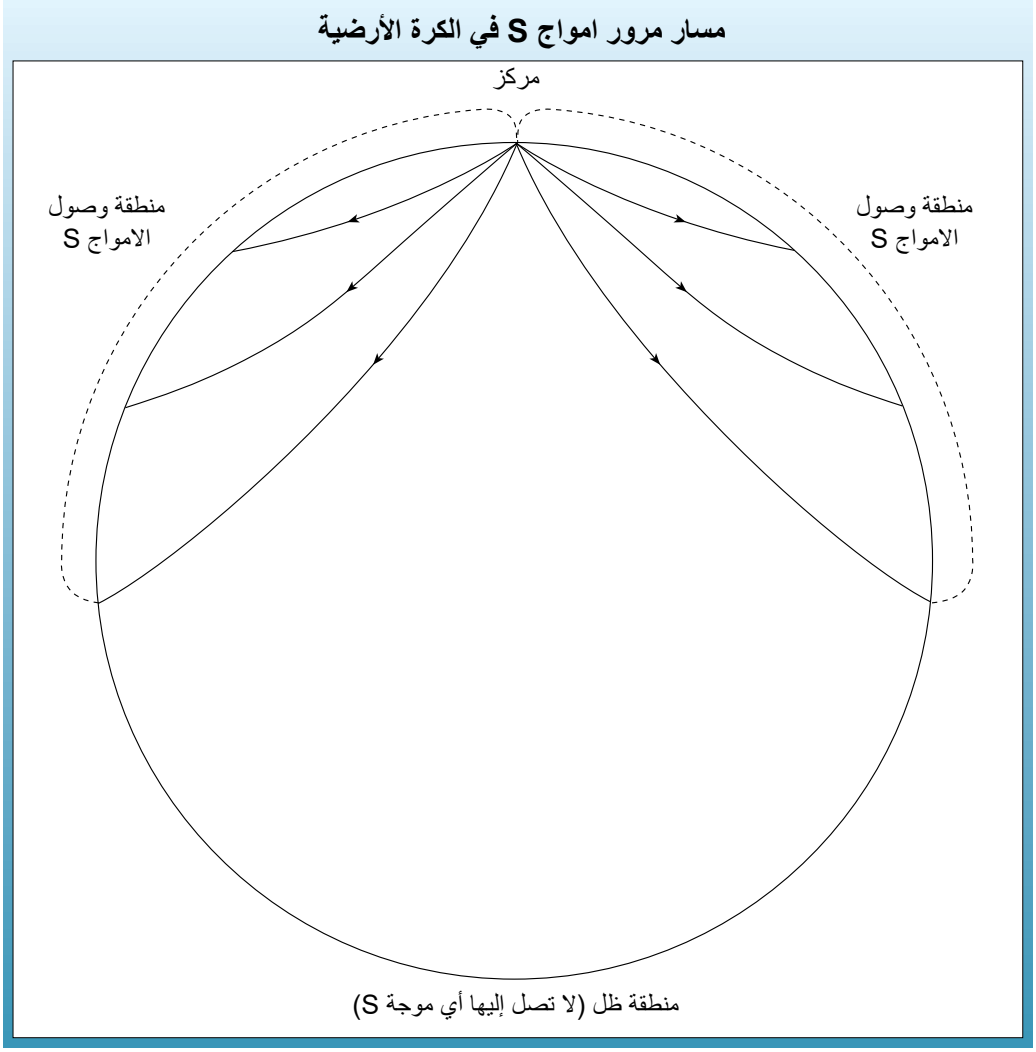
أ. ارسموا على الرسم حدود النواة التي حصلتم عليها في التمرين رقم 1.

ب.ما هو الفرق الأساسي بين مسارات امواج P (الرسم رقم 4) وبين مسارات امواج S (الرسم رقم 5)؟

فرضية

ج. اقترحوا شرحاً لهذا الفرق؟

(استعينوا بقوانين الانكسار وقوانين تقدم الأمواج)



الرسم رقم 5

رابط لموقع إنترنت

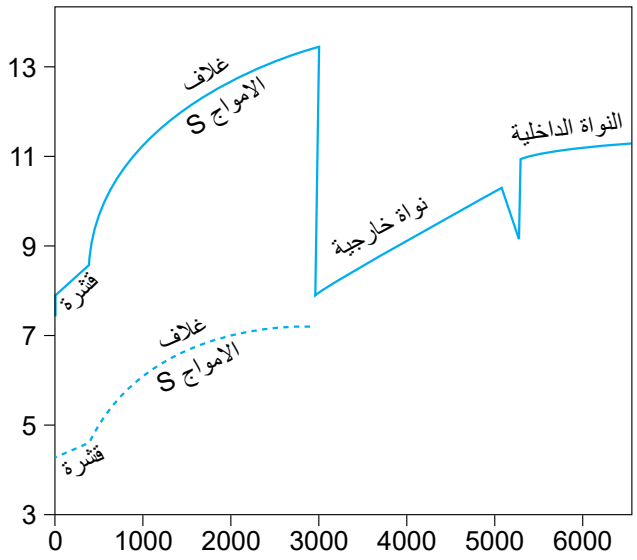
يتوفر توسيع لهذه الفعّالية في البرنامج التدريسي "تزحزح القارات" في صفحة "برامج تعليم" في موقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

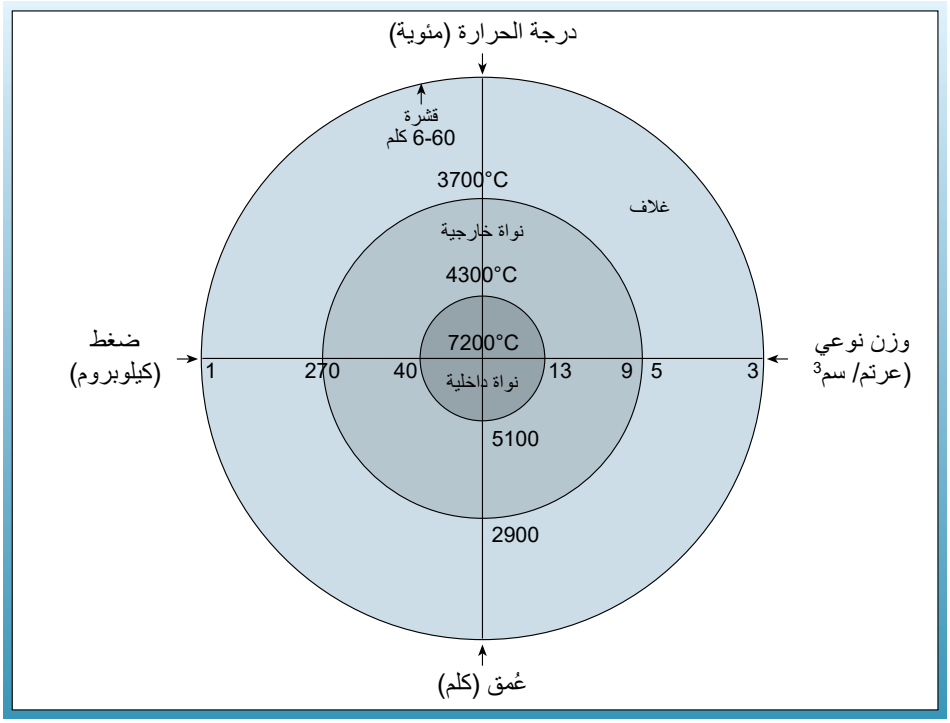
القسم الرابع - مبنى الكرة الأرضية

من تحليل سرعات مرور الأمواج الزلزالية الناتجة عن زلازل كثيرة جداً حصلنا على صورة لمبنى الكرة الأرضية والظروف السائدة في جوفها.

يعرض الرسم البياني التالي استنتاجات بالنسبة لسرعات امواج P وامواج S في أعماق مختلفة في الكرة الأرضية وتحليل مبنى الكرة الأرضية بحسب تلك السرعات.

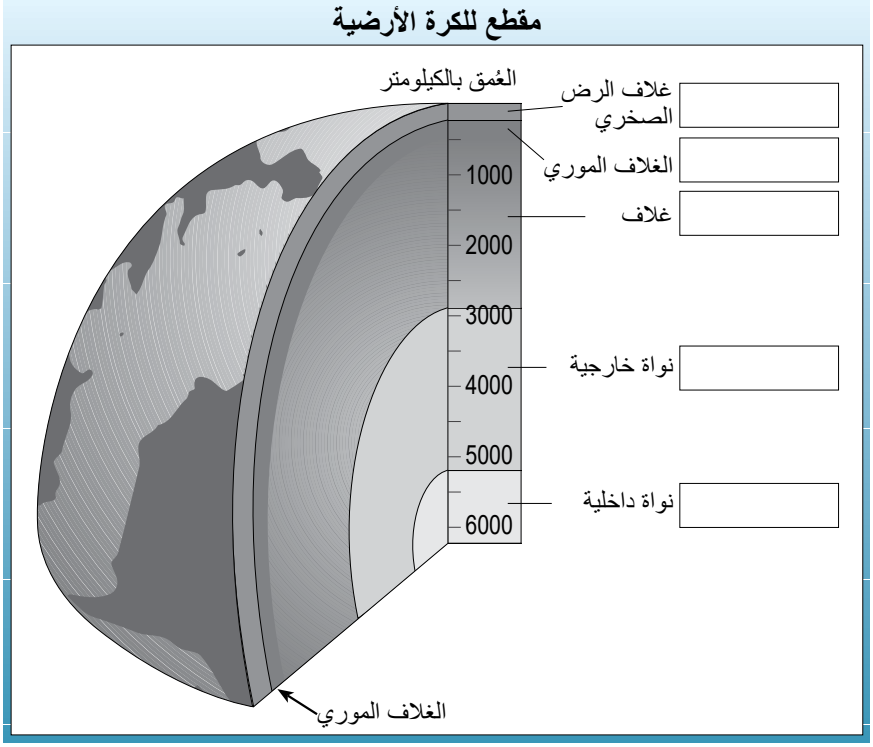


في الرسم رقم 6 يظهر بيان الظروف السائدة في مختلف قشور الكرة الأرضية.



الرسم رقم 6

أمامكم مقطع للكرة الأرضية. ما هي حالة المادة للصخور في كل طبقة (صلبة أم سائلة)؟



غلاف الأرض الصخري (ليتوسفير) هي أرق طبقة خارجية للكرة الرضية، وهي طبقة الصخور الصلبة (ليتوس = صخرة). وهذه طبقة يتغير سمكها وتركيبتها. تركيبة **الغلاف الصخري البحري** بازلتية وسمكها 1000 كيلومتر. والغلاف الصخري على اليابسة ذو تركيبة غرانيتية وسمكها بالمعدل 250-100 (الرسم رقم 7). يتكون الغلاف الصخري من صخور قشرية وصخور الطبقة الأعلى في **الغلاف** (انظروا لاحقاً).

الغلاف المَوْرِي (استنوسفير) هي طبقة تقع تحت الغلاف الصخري. هذه الطبقة مرنة والصخور فيها تتحرك كمادة لزجة للغاية (استنوس = هش، ضعيف). في الطبقة المورية يتم انصهار الصخور بشكل جزئي. صخور الطبقة المورية تنتمي إلى صخور الغلاف (انظروا لاحقاً).

الغلاف هو الطبقة الموجودة بين قشرة الكرة الأرضية وبين نواتها. تركيبة صخور الغلاف تختلف عن تركيبة صخور النواة وصخور القشرة. هذه صخور لينة وتتجاوب كالسائل حين تتعرض لضغوط مستمرة (الرسم رقم 8). صخور الجزء السفلي من الغلاف الصخري وصخور الطبقة المورية تابعة لغلاف الكرة الأرضية.

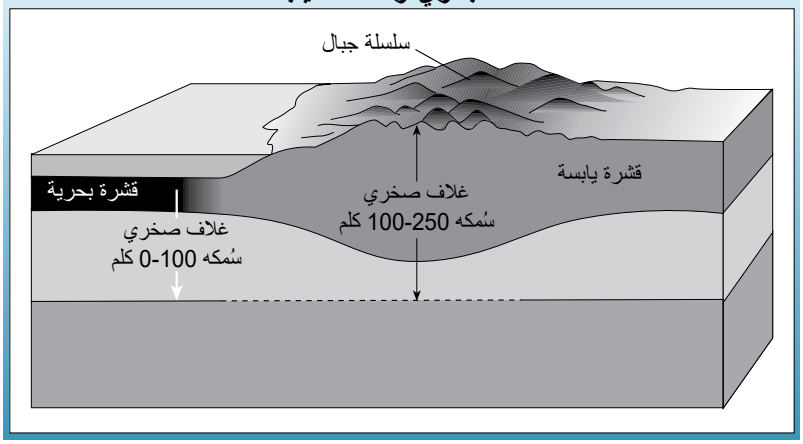
النواة هي أعمق طبقة في الكرة الأرضية. وتتكون بالأساس من الحديد. النواة الخارجية سائلة والنواة الداخلية صلبة (الرسم رقم 8)

رابط لموقع إنترنت

يتوفر توسيع لهذه الفعّالية في البرنامج التدريسي "تزحزح القارات" في صفحة "برامج تعليم" في موقع:

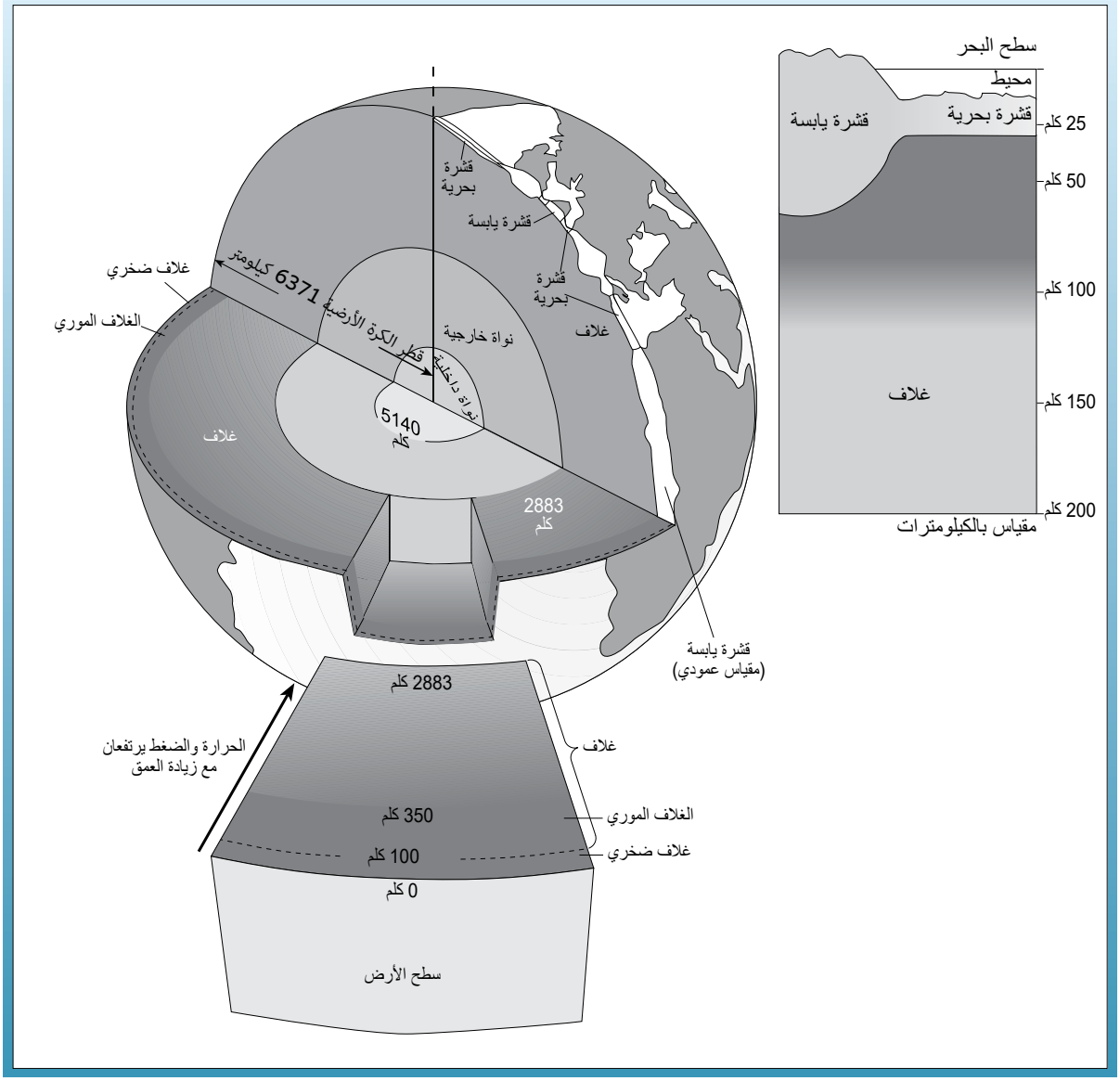
http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

الغلاف البحري وغلاف اليابسة



الرسم رقم 7

مبنى الكرة الأرضية



الرسم رقم 8

الفعّالية رقم 5 - مشاهدة فيلم

مبنى الكرة الأرضية

"أسرار الكرة الأرضية" - جوف الكرة الأرضية (00:00 - 18:00 دقائق)

أسئلة

وبعد مشاهدة الفيلم أجيبوا عن الأسئلة التالية:

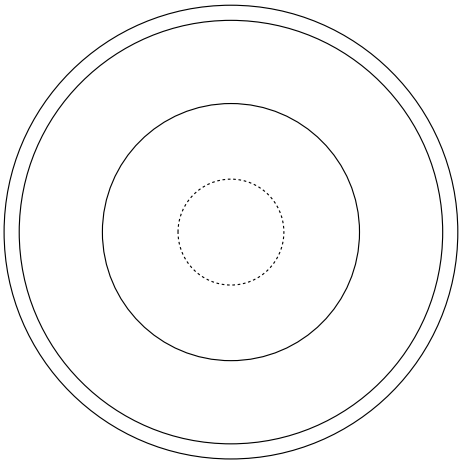
(من المحبذ قراءة الأسئلة قبل مشاهدة الفيلم والبحث عن أجوبة لها أثناء مشاهدة الفيلم)

1. ما هي الأساليب المذكورة في الفيلم والتي يستخدمها علماء الجغرافيا الفيزيائية لتعليم مبنى الكرة الأرضية وتركيبتها الداخلية؟

_____

_____

2. أجزاء الكرة الأرضية المذكورة في الفيلم هي (من الخارج إلى الداخل):



1. _____
2. _____
3. _____
   أ. _____
   ب. _____

3. ما هي الفروق بين الغلاف البحري والغلاف اليابس؟

_____

4. ما هي صخور الأوفيوليت؟ وما اهميتها لدراسة جوف الكرة الأرضية وماذا يمكننا أن نتعلم من وجودها؟

_____

5. لأي هدف يستخدمون القياسات الوزنية؟

_____

الفصل الرابع
نظرية تمدد قاع المحيط

فعّالية رقم 1: سلاسل جبال محيطية

فعّالية رقم 2: عُمر قاع المحيطات

الفعّالية رقم 3: تيارات الحمل الحراري (convection)

الفعّالية رقم 4: دراسة قاع البحر

الفعّالية رقم 1

سلاسل جبال محيطية

علم المحيطات (أوقيانوغرافيا)

خلال السنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية حدثت تطورات كبيرة في مجال دراسة الكرة الأرضية. فبعد كثرة استخدام الغواصات في الحرب تقدم العلم في مجال مسح قاعات المحيطات والبحار وتم تطوير وسائل تكنولوجية مناسبة لهذا العلم. ومنذ فترة الحرب بدأت تتراكم معلومات ومعطيات جديدة اثارت اهتمام الباحثين والعلماء.

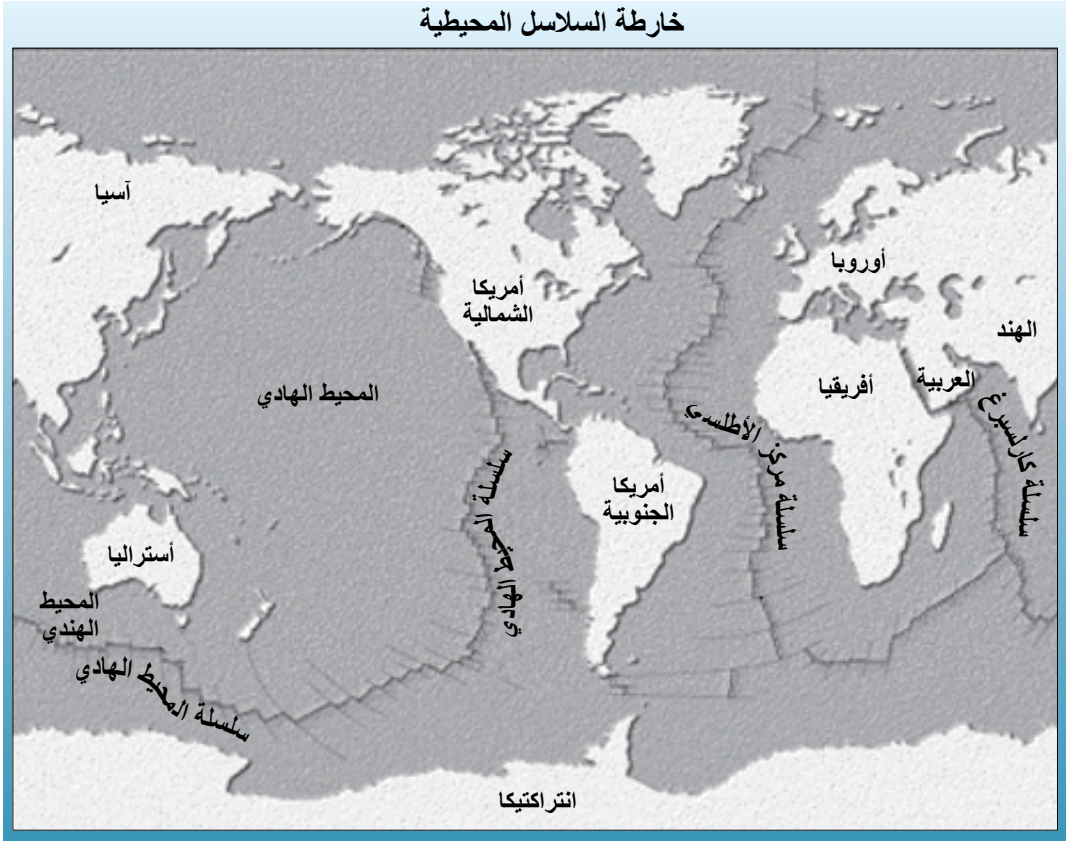
وهذا ما أدى إلى تطور مجال علمي جديد - الأوقيانوغرافيا - علم دراسة المحيطات. وقد بدأ هذا العلم يحتل مكانة مركزية في دراسة الكرة الأرضية. وبدأت الحكومات ترصد موارد ضخمة لمشاريع أبحاث ودراسات كبيرة. واجتذب هذا المجال العلمي الجديد والواعد العديد من الطلاب الجامعيين الموهوبين. وفي الوقت ذاته بدأ العمل على معالجة وتحليل المعطيات الكثيرة التي تم جمعها خلال سنوات الحرب.

وفي تلك الفترة كان العلماء يعتقدون أن المحيطات هي الجزء الأقدم والأكثر استقراراً في غلاف الكرة الأرضية. لكن الدراسات والأبحاث الجديدة أثبتت أن المحيطات هي مسرح تحدث فيه عمليات جيولوجية لا تقل أهميتها عن العمليات التي تحدث على اليابسة.

تطور العلم

تطور العلم

وقد أتاح التطور التكنولوجي إجراء مسح مفصل لقاع المحيطات. وتبين من المسح أن هناك في قاع المحيطات منظومة عالمية من سلاسل الجبال في مراكز المحيطات. أطلق العلماء على هذه السلاسل في البداية اسم "سلاسل مراكز المحيطات". وفيما بعد تم تغيير اسمها إلى "سلاسل محيطية" حيث تبين أن قسم كبير منها لا يمر من مراكز المحيطات (انظروا الرسم رقم ١).

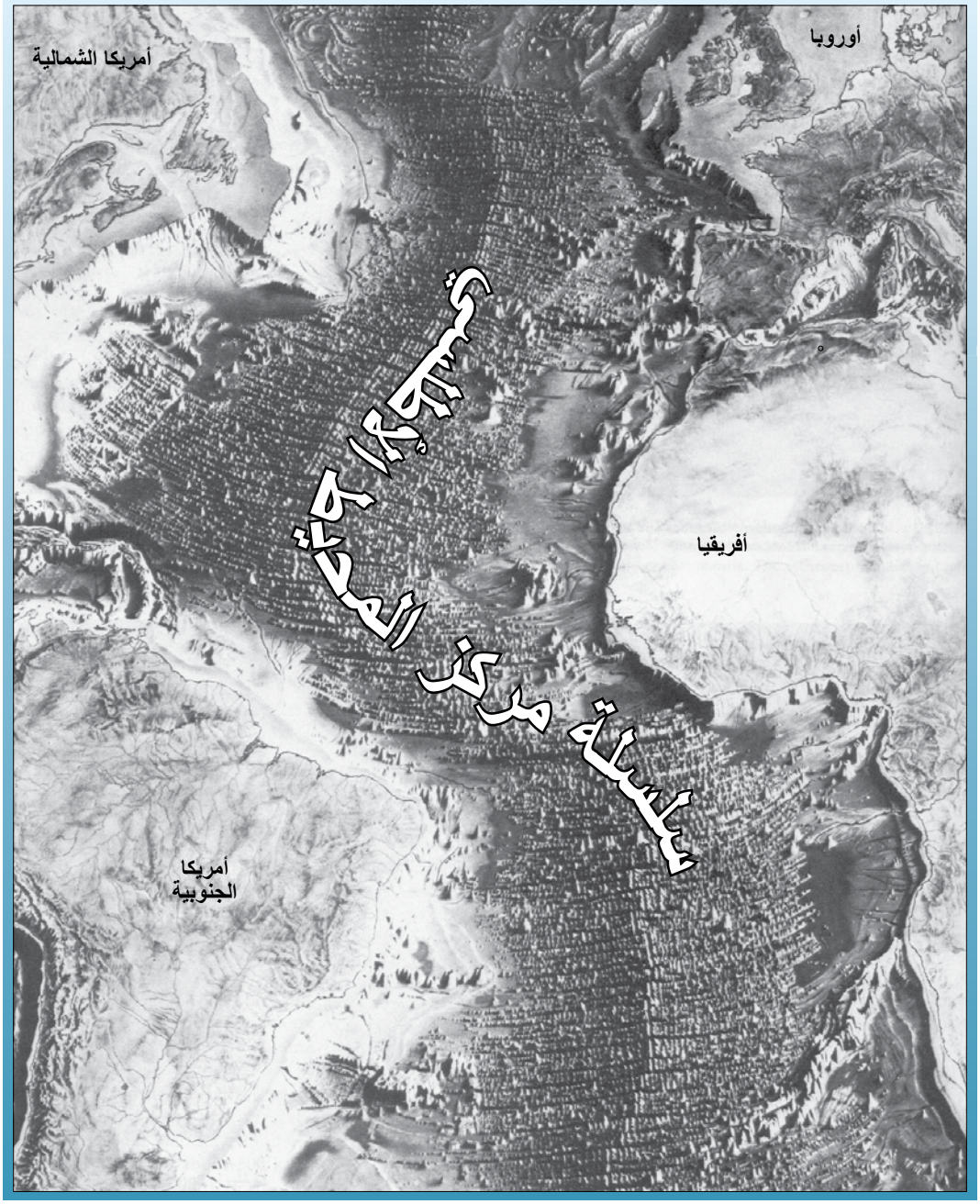


الرسم رقم 1 - خارطة السلاسل المحيطية.

مشاهدة 1

تأملوا في الرسم رقم ٢ للمحيط الأطلسي وتعرفوا على سلسلة مركز المحيط التي تمر على طوله.

سلسلة مركز المحيط الأطلسي



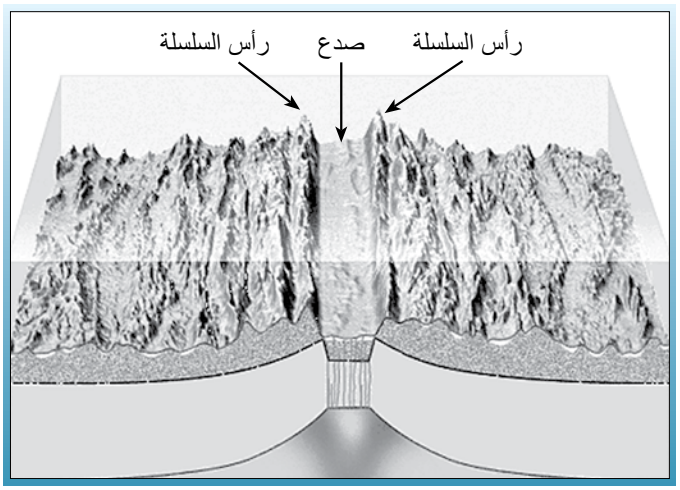
الرسم رقم 2

سؤال

صفوا شكل امتداد سلسلة مركز المحيط الأطلسي.

مشاهدة 2

خلال المسح الدقيق والقياسات التي تمت في سلسلة مركز المحيط الأطلسي وفي سلاسل محيطات أخرى، تبين أن في مركز كل سلسلة يمتد صَدْع مركزي (rift valley) وعلى جانبيه منظومة متكاملة من الصدوع الأخرى. كما وتبين أن السلاسل تمتاز بموجة حرارة عالية جداً ونشاط بركاني (انظروا الرسوم رقم ٣ و ٤).



الرسم رقم 3 - مبنى السلسلة المحيطية

أسئلة

1. ما هي الظاهرة التي يدل عليها المبنى الطوبوغرافي للسلسلة المحيطية؟

_____

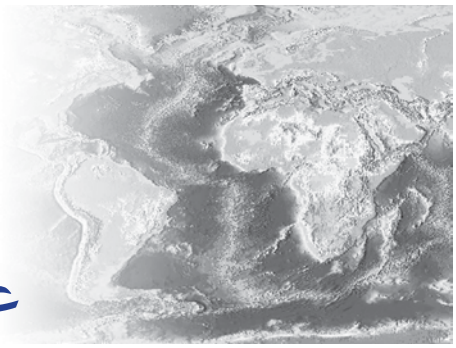
2. تأملوا في خارطة المحيط الأطلسي (الرسم رقم 2) وفكروا: كيف يمكن تفسير المشاهدات (1 و 2)؟

_____

_____

3. هل تعتقدون أن في المشاهدات (1 و 2) ما يدعم أو يخالف نظرية تزحزح القارات؟

_____



فعالية رقم 2

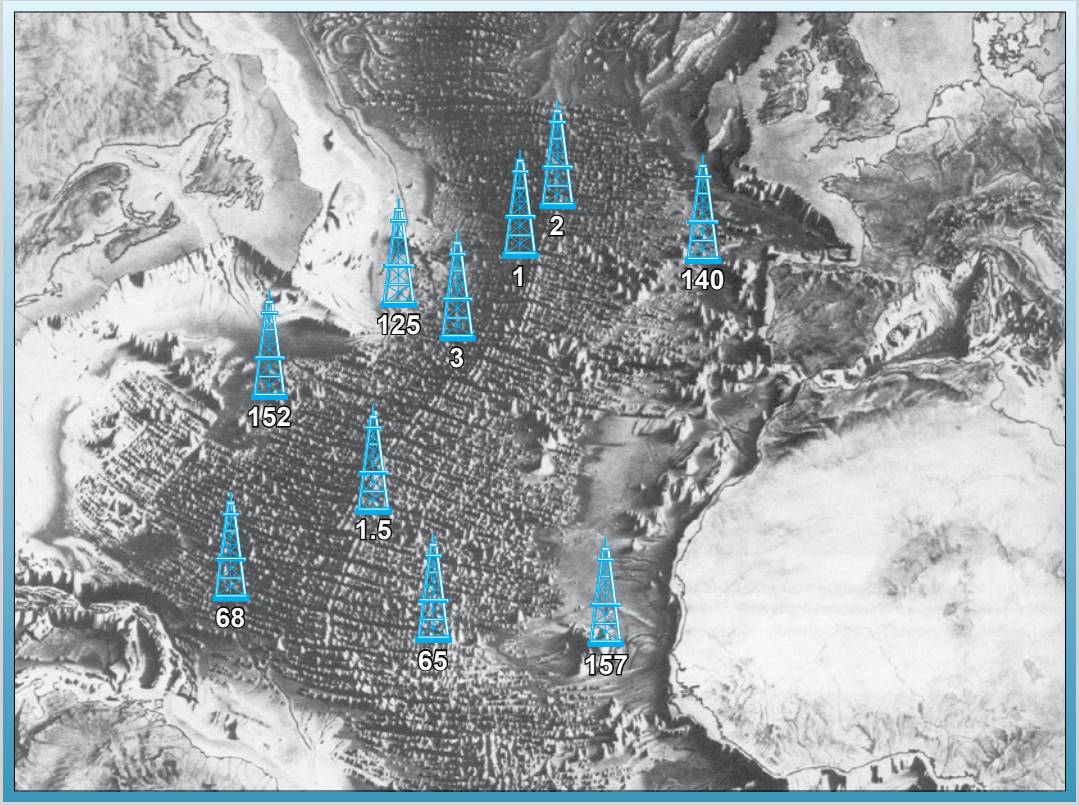
عُمر قاع المحيطات

بالتوازي مع مسح قاع المحيطات، تم جمع عينات من الصخور الموجودة في قاع المحيطات وتم فحص عمر العينات الصخرية. وفوجئ العلماء حين تبين أن أقدم صخور تم فحصها عمرها ٢٠٠ مليون سنة. لكن توجد على اليابسة صخور أقدم منها بكثير. إذن تبين أن الصخور في قاع المحيطات هي صخور صغيرة العمر نسبياً!

وخلال سنوات البحث التي تلتها تم جمع معطيات من حفريات تمت في قاع المحيطات. وخلال الحفريات تبين ان قاع المحيط يتكون من مصبات بازلت مكسوة بطبقة رقيقة من الرواسب. وعند فحص عمر صخور البازلت حصل العلماء على نتيجة مثيرة للغاية.

مشاهدة

أمامكم خارطة للمحيط الأطلسي وعليها علامات لمواقع الحفريات التي تمت في عام ١٩٦٨ (الرسم رقم ٤). وعند كل حفرية عمر صخور البازلت التي تم فحصها.



الرسم رقم 4: خارطة مواقع الحفر في قاع المحيط الأطلسي وعمر الصخور بملايين السنوات.

أسئلة

١. أين تقع أقدم صخور في قاع المحيط الأطلسي؟

_____

٢. أين تقع أصغر الصخور عمراً في قاع المحيط الأطلسي؟

_____

٣. حاولوا تمييز طبيعة انتشار أعمار صخور البازلت في قاع المحيط الأطلسي.

_____

٤. كيف يمكن شرح نمط انتشار الأجيال هذا؟

_____

_____

٥. استعينوا بمجمل المشاهدات التي تمت في السلاسل المحيطية (طوبوغرافيا، موجة الحرارة، النشاط البركاني، تركيبة الصخور وعمر الصخور) وحاولوا أن تعرفوا: ما هي العمليات التي تحدث في السلاسل المحيطية؟

_____

_____

٦. كيف تؤثر تلك العمليات على اليابسة على أطراف المحيط الأطلسي؟

_____

٧. هل تعتقدون أن هذه العملية تؤثر على حجم الكرة الأرضية؟

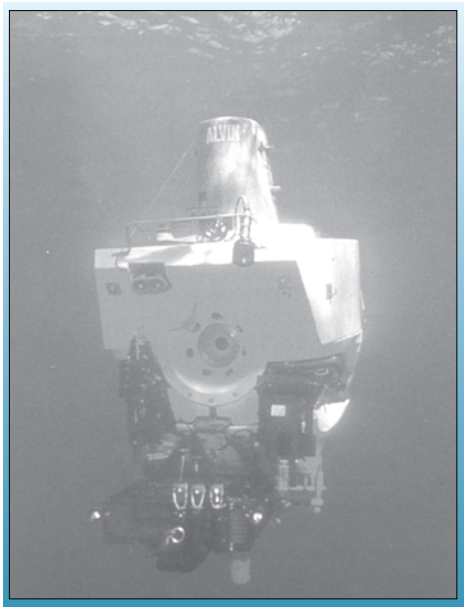
_____

التكنولوجيا والأبحاث

سفينة حفر - تكنولوجية الحفر البحري

سفينة "غلومار تشالينجر" هي أول سفينة تم تصميمها خصيصاً في نهاية سنوات الستينيات للحفر ولأخذ عينات من صخور قاع المحيط العميق. نواة الحفريات التي جمعتها السفينة أدت إلى معرفة عمر الصخور في قاع المحيط الأطلسي.

الغواصات الجيبية - جعلت الإنسان يرى قاع المحيط



غواصة **ألفين** (على اليمين) هي الغواصة الجيبية الأولى التي كان يركبها البشر، حيث كشفت هذه الغواصة للعالم خفايا السلاسل المحيطية في أواخر سنوات السبعينيات. الغواصة اليابانية الجيبية **شينكاي 6500** (على اليسار) تم بنائها عام 1989 وقادرة على حمل فريق من العلماء إلى عمق 6-5 كيلومتر. وظلت هذه الغواصة هي الغواصة التي يركبها البشر وأكثر غواصة "متعمقة" في العالم.

فعالية رقم 3

تيارات الحمل الحراري (convection)

شخصيات

أرثور هولمس (Arthur Holmes) 1890-1965

وهو عالم جيولوجيا اسكتلندي قال منذ عام 1928 ان تيارات الحمل الحراري للمادة الصخرية الحارة الموجودة في غلاف الكرة الأرضية قد تكون هي النظام الذي يحرك زحزحة القارات الذي اقترحه ألفرد فاجنر. بدأ هولمز مشواره العلمي كطالب يدرس الفيزياء في الكلية الامبريالية للعلوم في لندن، وفي مرحلة مبكرة من دراسته للفيزياء تحول إلى دراسة الجيولوجيا.

في عام 1913 وقبل أن ينتهي من كتابة رسالة الدكتوراه، اقترح هولمس طريقة جديدة لحساب **مركز الزمن الجيولوجي**. وقد استند في اقتراحه على ظاهرة النشاط الإشعاعي التي تم اكتشافها قبل ذلك بمدة قصيرة. ووفقاً لحسابات مركز الزمن الذي اقترحه، استنتج هولمس أن **عمر الكرة الأرضية هو 4 مليار سنة** - أقدم من الأعمار التي كانت معروفة في تلك الفترة الزمنية.

كان أرثور هولمس عالم جيولوجيا معروف ومحترم حين شرح كيف يمكن لتيارات الحمل الحراري في غلاف الكرة الأرضية أن تكون هي الآلية التي تحرك القارات. ومع ذلك فقد تحفظ على استنتاجه وقال أنه مجرد تكهن وليس له قيمة علمية طالما لم يتم العثور على براهين تدعمه.

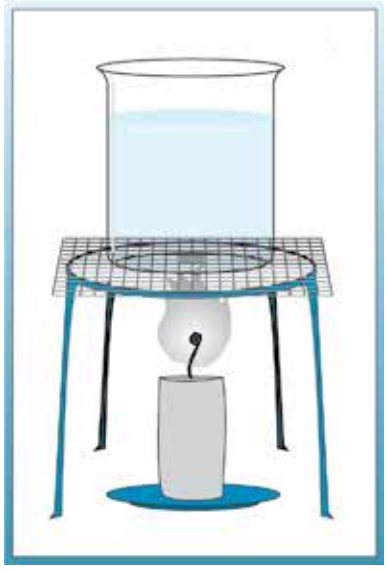
ومرت منذ ذلك الحين حوالي 30 سنة إلى أن تراكمت معطيات كافية تدعم نظرية تيارات الحمل الحراري التي اقترحها هولمس وإلى أن قام هاري هس باستخدام فكرة الحمل الحراري كنموذج **لتمدد قاع المحيط**.

تيارات الحمل الحراري في الغلاف

سنحاول أن نفهم في هذه التجربة كيف يمكن أن تكون تيارات الحمل الحراري في غلاف الكرة الأرضية آلية لزحزحة القارات.

القسم الأول - تيارات الحمل الحراري

سنحاول في هذا القسم فحص التيارات التي تنشأ في كأس ماء موضوعة على مصدر حرارة. لمتابعة هذه التيارات سنستخدم صبغ طعام.



تجربة

أ. املأوا كأس بحجم لتر أو لترين بماء من الحنفية وضعوها على حمّالة ثلاثية الأرجل.

ب. اسحبوا بالقطّارة قليلاً من صبغ الطعام من الكأس الصغيرة التي أمامكم.

ج. أدخلوا القطّارة إلى مركز كأس الماء إلى أن تصل إلى قاعها وثم قطّروا بلطف صبغ الطعام. ومنذ هذه اللحظة لا تحركوا الكأس.

د. ضعوا شمعة تحت الكأس بحيث يكون رأس الشمعة تماماً تحت صبغ الطعام.

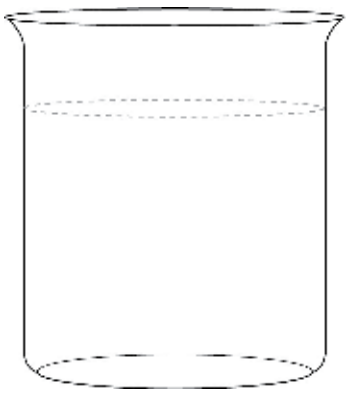
هـ أشعلوا الشمعة وشاهدوا ما سيحدث.

مشاهدة

1. صفوا مشاهدتكم: _____

_____

رسم



2. ارسموا بالأسهم اتجاه تيّارات الماء التي نتجت في الكأس.

تحليل العمليات التي حدثت في الكأس

أسئلة

1. ما التغيير الذي حدث في الكأس عند بداية التسخين؟

_____

2. ما الذي سبب هذا التغيير؟

_____

3. لماذا بدأ تدفق المياه للأعلى حسب رأيكم؟

_____

4. ماذا حدث للمياه التي وصلت إلى الأعلى؟

_____

5. لماذا بدأ تدفق المياه حسب رأيكم إلى الأسفل؟

_____

6. اتجاه تدفق المياه في القسم العلوي من الكأس، قرب سطح الماء هو **أفقي / عمودي**.
أحيطوا الإجابة الصحيحة بدائرة واشرحوا.

_____

7. ما هي حسب رأيكم وظيفة صبغ الطعام في هذه التجربة؟

_____

8. حدثت في هذه التجربة حركة لعاملين. الأول هو المادة (أحيطوا بدائرة): هواء، نار، ماء، حرارة، زجاج
والآخر هو (أحيطوا بدائرة): هواء، نار، ماء، حرارة، زجاج.

هذا الشكل لحركة الحرارة يُسمى حمل.

تيارات حمل الحرارة التي نشأت في كأس الماء المُسخنة تُدعى تيارات خلط أو تيارات حمل حراري. خلية الحمل الحراري هي خلية حمل حراري دائرية.

القسم الثاني - تيارات الحمل الحراري كقوة دافعة

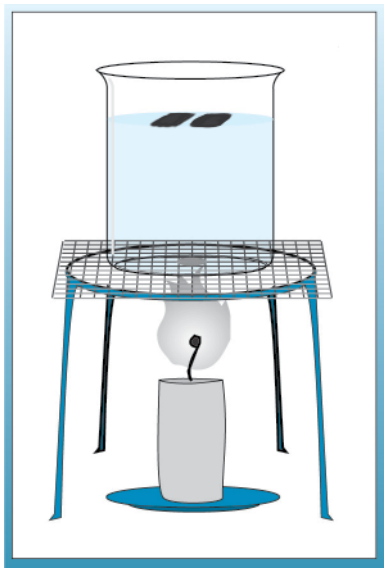
سنفحص في هذا القسم تأثير تيارات الحمل الحراري التي تنشأ في الكأس على قطع من الكرتون تطفو على سطح الماء.

فرضية

كيف تؤثر تيارات الحمل الحراري في الكأس على قطع الكرتون التي تطفو على سطح الماء؟

_____

_____



تجربة

1. ضعوا عدداً من قطع الكرتون الصغيرة على سطح الماء في مركز الكأس.
2. أشعلوا الشمعة وشاهدوا ماذا يحدث.

تحليل العمليات التي حدثت في الكأس

أسئلة

1. لأي اتجاه تحركت قطع الكرتون؟

_____

2. هل تتوافق نتائج التجربة مع فرضيتكم؟

_____

3. لماذا تحركت قطع الكرتون بهذا الاتجاه؟

_____

_____

القسم الثالث - ماذا يحدث في غلاف الكرة الأرضية؟

التجربة التي قمتم بها الآن تشبه عمليات تحدث في غلاف الكرة الأرضية؟ سنحاول الآن أن نعرف ما هي العلاقة بين التجربة التمثيلية وبين تلك العمليات.

1. أمامكم قائمتين: واحدة تشمل مركبات التجربة التمثيلية والأخرى تشمل ظواهر طبيعية تمثلها التجربة. ارسموا خطاً بين كل مركب من مركبات التجربة وبين الظاهرة الطبيعية التي يمثلها.

مركبات التجربة التمثيلية		الظاهرة الطبيعية	
تيارات الحمل الحراري التي تنشأ في الكأس	○	مصدر الحرارة الداخلي في الكرة الأرضية	○
الماء في الكأس	○	ألواح غلاف الأرض الصخري	○
قطع الكرتون	○	نقل الحرارة بواسطة صخور الغلاف	○
نقل الماء للحرارة	○	تيارات حمل حراري في الغلاف	○
الشمعة	○	غلاف الكرة الأرضية	○

2. لخصوا استنتاجاتكم من خلال إكمال الجمل التالية. استخدموا بنك المصطلحات أدناه.
(انتبهوا: يشمل البنك مصطلحات زائدة ويمكنكم استخدام المصطلح أكثر من مرة واحدة)

أ. بسبب وجود _____ في جوف الكرة الأرضية، تنشأ في الغلاف _____ .

ب. عندما تسخن المادة فإنها _____ وتصبح اكثر _____ ، وهذا ما يجعلها تتدفق نحو_____ .

ج. أثناء تدفق المادة الساخنة نحو الأعلى فإنها _____ لأنها تبتعد عن _____ .

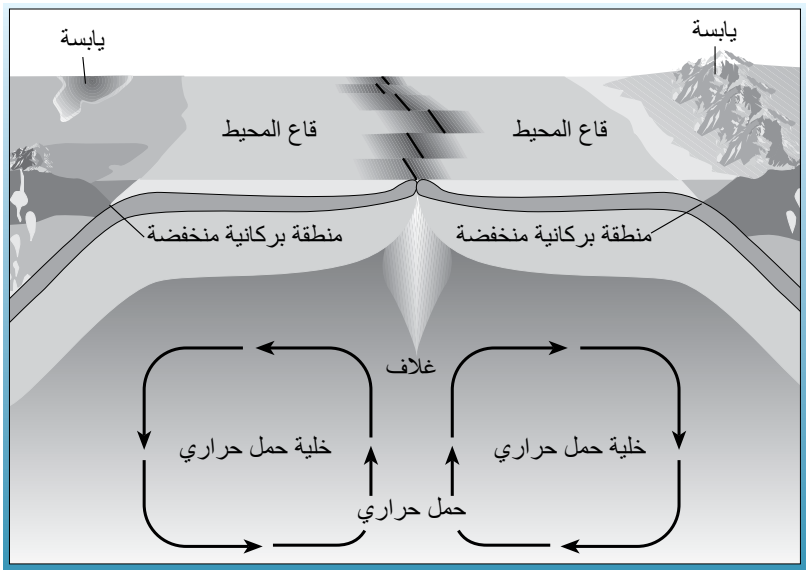
د. عندما تبرد المادة فإنها _____ وتصبح أكثر _____ ، وهذا ما يجعلها تتحرك نحو _____ .

هـ. في القسم العلوي من خلية الخلط يكون اتجاه الحركة _____ .

ו. حركة الخلط في القسم العلوي من الغلاف تحرك _____ "الطافية" على سطح الغلاف.

زلازل	ألواح الغلاف الصخري للارض	الغلاف	عمودي	أفقي	محيطات
تبرد	تسخن	تتقلص	تتمدد	جبال بركانية	خفيفة
ثقيلة	قشرة	مصادر حرارة داخلية	للأسفل	للأعلى	
قارات	تيارات حمل حراري				

كان هناك عالم من جامعة برينستون اسمه هاري هس (Harry Hess) قام باستخدام هذه المعطيات الجديدة في بداية سنوات الستينيات (قبل أعمال الحفر في قاع المحيط). وقد قام بربط تلك المعطيات معاً وحولها إلى نموذج سمّاه"تمدد قاع المحيط" (انظروا الرسم رقم 5 والتوسيع لاحقاً).



الرسم رقم 5 - نموذج تمدد قاع المحيط.

بحسب هذا النموذج فإن السلاسل المحيطية تقع فوق تيارات مرتفعة من خلايا الخلط في الغلاف (في جوف الكرة الأرضية). وهذه التيارات الساخنة مسؤولة عن النشاط البركاني الذي يُنتج قاع جديد للمحيط في مراكز السلاسل. قاع المحيط الذي ينتج ينتقل محمولاً على تيارات الخلط من مركز السلاسل إلى الخارج وكأنه يسير على شريط متحرك. وهكذا يتمدد قاع المحيط. واعتقد هس أن على التيارات النازلة لخلايا الخلط تقع قنوات محيطية. القنوات المحيطية هي أعمق مناطق في قاع المحيط. وبحسب هذا النموذج فإن هذه القنوات تبتلع قاع المحيط القديم وتعود إلى وجه الكرة الأرضية. وهكذا يتكرر قاع المحيط.

وفي عملية تمدد قاع المحيط تنشأ حركة أفقية كبيرة لمقاطع من قشرة الكرة الأرضية.

نظرية تزحزح القارات التي تم القبول بها في نهاية سنوات الستينيات تعتمد إلى حد كبير إلى نموذج تمدد قاع المحيط كما وصفه هس.

شخصيات

هاري هس (Harry Hess) 1933-1969

بروفيسور في الجيولوجيا من جامعة برنستون في الولايات المتحدة.
تخصص في السنوات التي سبقت الحرب العالمية الثانية في دراسة سلاسل من الجزر التي توجد فيها جبال بركانية نشطة.
وفي الحرب العالمية الثانية كان هس قائداً لقاعدة غواصات خلال خدمته العسكرية الاحتياطية في الأسطول الأمريكي. وتابع العمل في خدمته العسكرية بعد انتهاء الحرب وبلغ مرتبة أدميرال.
وشارك هس في الحرب العالمية الثانية في معارك ضد اليابان في المحيط الهادي بصفته قائد مركبة إنزال حربية. وكانت المركبة التي يقودها مزودة بجهاز لقياس عمق قاع المحيط (إيكوساوندر). وقد استخدم هس هذا الجهاز لأغراض عسكرية وكذلك للبحث الجيولوجي.
وفي عام ١٩٤٥ قام هس بقياس قاع المحيط الهادي ومسحه. وشملت قياساته **قنوات محيطية** يصل عمقها إلى أكثر من ١١ كيلومتر. وقد اكتشف مئات الجبال التي انتصبت فوق قاع المحيط والتي تقع قممها المستوية على عمق ما يقارب ٢ كيلومتر. وسمى هس هذه الجبال **جيوت (Guyots)** (جبل طاولة) على اسم البروفسور الأول في علم الجيولوجيا في جامعة برنستون.
وبعد الحرب واصل هس دراسة الجويتات والسلاسل المحيطية. وحين تم في عام ١٩٥٣ اكتشاف منظومة السلاسل المحيطية مع الصدع البركاني في مركزها، قام هس بإعادة النظر في المعطيات التي جمعها خلال سنوات الحرب.
وفي عام ١٩٦٠ نشر هس نظرية **تمدد قاع المحيط** في مقال نشره بعنوان "مقال في الشعر الجيولوجي". وعاد ونشر النظرية بالتفصيل في عام ١٩٦٢. وتقول النظرية أن قاع المحيط ينتج من عملية انفجار بركاني في الصدع الذي يقع في مركز السلاسل المحيطية. والماغما المندفعة من البركان تبرد وتدفع الصخور إلى أطراف قاع المحيط من جهتي الصدع - وهكذا يتمدد قاع المحيط.
في هذه النظرية قام هس بربط أجزاء كثيرة من المعلومات من مجال دراسة قاع المحيط: عمر صخور قاع المحيط الصغير نسبياً، السلاسل المحيطية، القنوات المحيطية، أقواس الجُزُر والجيوتات (جبال الطاولة).
وافترض هس أن جبال الطاولة كانت جبال بركانية برزت على سطح الماء على هيئة جزر ومن ثم تقطعت رؤوسها بفعل عمليات التآكل حتى مستوى سطح البحر. وقد رسبت هذه الجبال البركانية إلى قاع المحيط وابتعدت عن السلسلة المحيطية المركزية.
وبعد أن عمل رئيساً لقسم الجيولوجيا في جامعة برينستون تم تعيين هس رئيساً لمجموعة علماء كانوا يقدمون المشورة لمشروع ناسا للفضاء وشارك في عملية هبوط إنسان على القمر. توفي هس في آب ١٩٦٩ عن عمر يناهز ٣٦ سنة قبل انطلاق رحلة أبولو ١١ الناجحة إلى القمر.

الفعّالية رقم 4 - مشاهدة فيلم

دراسة قاع البحر

"أسرار الكرة الأرضية" - قاع البحر (56:00-29:00)

أسئلة

بعد مشاهدة الفيلم أجيبوا عن الأسئلة التالية:
(من المحبذ قراءة الأسئلة قبل مشاهدة الفيلم والبحث عن الإجابات أثناء مشاهدة الفيلم).

1. ما هي الصعوبات التي ينبغي التغلب عليها في دراسة قاع المحيط؟

_____

2. ما هي نسبة المحيطات من مساحة سطح الكرة الأرضية وما هي نسبة القارات؟

المحيطات: _____ القارات: _____

3. ما هو مصدر مياه المحيطات بحسب الفيلم؟

_____

4. ما هو مصدر الأملاح في مياه المحيطات بحسب الفيلم؟

_____

5. ارسموا مقطعاً على عرض المحيط ليشمل مختلف مناطق قاع المحيط:
رصيف قاري، منحدر قاري، منطقة غورية، سلسلة محيطية، قناة محيطية.

6. تظهر في الفيلم وسائل تكنولوجية تُستخدم لدراسة قاع المحيط. صفوها.

_____

_____

7. ما هي الاكتشافات ذات القيمة الاقتصادية التي توصلت إليها دراسات قاع المحيط؟

_____

8. في الينابيع الحارة في السلاسل المحيطية تصل درجة الحرارة إلى 350° درجة مئوية. كيف يُمكن ان يحدث هذا؟

_____

9. تبين من دراسة أغوار المحيط أن هناك أنظمة حياتية متطورة في الأعماق الساحقة.

أ. ما هي الصعوبات التي قد تواجهها الكائنات الحية في الأعماق السحيقة؟ _____

_____

ب.مصدر الطاقة للأنظمة الحياتية على وجه القارات وفي البحر غير العميق يأتي من خارج الكرة الأرضية.

مصدر الطاقة هذا هو: _____.

ג. هل مصدر الطاقة للأنظمة الحياتية التي تعيش في أعماق المحيط هو مصدر خارجي؟

نعم / لا (أحط بدائرة).

د. ما هو إذن مصدر الطاقة للأنظمة الحياتية التي تعيش في أعماق المحيط؟

_____

الرسم رقم 6: أ. الديدان الأنبوبية

ب. سرطان العنكبوت

الديدان الأنبوبية والسرطانات العنكبوتية الضخمة هي جزء من نظام الحياة المزدهر في أعماق البحار- في السلاسل المحيطية. هذا النظام الحياتي يصمد بفضل البكتيريا التي تستغل الطاقة الكيماوية المحصورة في المركبات الكبريتية لإنتاج طعامها.

الفصل الخامس
مساهمة الباليومغناطيسية

فعّالية رقم 1: الكرة الرضية مغناطيس والصخور بوصلات متحجرة

فعّالية رقم 2: الباليومغناطيسية وتزحزح القارات

الفعّالية رقم 3: "تزحزح" الأقطاب المغناطيسية

الفعّالية رقم 4: انعكاسات الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية

الفعّالية رقم 5: لغز في قاع المحيط

فعالية رقم 6: مبنى الكرة الأرضية

الباليومغناطيسية

سمّى هاري هس مقاله الذي نشره عن نظرية تمدد قاع المحيط باسم "شعر جيولوجي". حيث كان يعلم أن ليس من السهل جمع معطيات تدعم نظريته.
سنرى في هذا الفصل كيف تحولت **الباليومغناطيسية** من فرع دراسة فريد وهامشي إلى فرع هام ومركزي وكيف وفر هذا الفرع المعطيات اللازمة لدعم نظرية هس.
باليومغناطيسية (باليو = قديم) هو فرع من علم الجيوفيزياء (علم فيزياء الأرض) يهتم بدراسة البيانات المُقاسة للمغناطيسية الأرضية للصخور.

فعّالية رقم 1

الكرة الأرضية مغناطيس والصخور بوصلات متحجرة

سنفحص في هذه الفعّالية خصائص الحقول المغناطيسية بشكل عام ونتعرف بشكل خاص على خصائص الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

القسم الأول – حقل مغناطيسي ذو بُعدَين

سنفحص في هذا القسم القوة التي يطلقها مغناطيس بسيط (مغناطيس قضيب).

أ. تأثير المغناطيس على شظايا الحديد

1. ضعوا المغناطيس الذي أمامكم على الطاولة.
2. ضعوا صفحة من الورق على المغناطيس وارفعوها قليلاً عن الطاولة بواسطة حلقات بلاستيكية.
3. علموا على الورقة موقع المغناطيس.
4. انثروا قليلاً من شظايا الحديد على الورقة.

رسم

5. صفوا بالرسم كيف يؤثر المغناطيس على شظايا الحديد.

سؤال

لماذا اصطفت شظايا الحديد بهذا الشكل؟

اصطفت شظايا الحديد على الورقة لأن المغناطيس أثر عليها بقوته. فالشظايا التي تقع في نطاق حقل قوة المغناطيس تصطف بحسب اتجاه خطوط قوة الحقل المغناطيسي.
حقل القوة الذي يُطلقه المغناطيس يُسمى **الحقل المغناطيسي**.
خطوط قوة الحقل المغناطيسي تُسمى **خطوط الحقل**.

تجربة

ب. تأثير المغناطيس على البوصلة

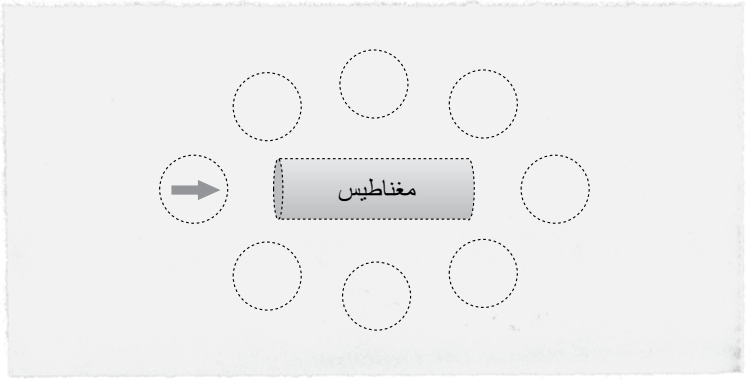
1. ضعوا بوصلة في أماكن مختلفة حول المغناطيس على الورقة، وضعوها أيضاً على مقربة من أطراف قضيب المغناطيس وكذلك على جانبيه.
2. شاهدوا ماذا يحدث.

أسئلة

1. كيف يؤثر المغناطيس على عقرب البوصلة؟

---

2. ارسموا أسهم تُبين الاتجاهات التي يتحرك إليها عقرب البوصلة في أماكن مختلفة حول المغناطيس.



3. قارنوا بين رسم اتجاهات عقرب البوصلة وبين رسم اتجاهات خطوط الحقل المغناطيسي. هل هناك تشابه بينهما؟

---

4. أكملوا الجملة الآتية: الاتجاه الذي يشير إليه عقرب البوصلة الموجودة في الحقل المغناطيسي هو اتجاه

مغناطيس بسيط (مغناطيس قضيب) **ثنائي الأقطاب** (يوجد فيه **قُطبيْن**). تُسمى الأقطاب "شمالي" و"جنوبي".
خطوط قوة الحقل المغناطيسي ثنائي الأقطاب تخرج من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.
عقرب البوصلة (هو بحد ذاته مغناطيس صغير) موجود داخل حقل مغناطيسي ويوجه نفسه بحسب اتجاه خطوط الحقل. القُطب الشمالي لعقرب البوصلة يؤشر باتجاه القطب الجنوبي للحقل.

القسم الثاني – حقل مغناطيسي بثلاثة أبعاد

سنفحص في هذا القسم الحقل المغناطيسي ثُلاثي الأبعاد لمغناطيس بسيط (مغناطيس قضيب).

أ. تأثير المغناطيس على مسحوق الحديد في علبة غليسرين

1. هزهزوا العلبة بحذر إلى أن يتوزع مسحوق الحديد ويطوف في الغليسرين بشكل موحد.
2. ضعوا المغناطيس في المكان المُخصص له في العلبة.
3. راقبوا ماذا يحدث.

4. صفوا بالرسم كيف يؤثر المغناطيس على مسحوق الحديد.

ب.تأثير المغناطيس على عقرب البوصلة الجيروسكوبية

لأجل متابعة خطوط الحقل المغناطيسي في الفضاء سنستخدم بوصلة جيروسكوبية. وخلافاً للبوصلة العادية، فإن عقرب البوصلة الجيروسكوبية يتحرك كذلك بشكل عمودي.

تجربة

أمسكوا البوصلة الجيروسكوبية قرب أحد أقطاب المغناطيس. حركوا البوصلة ببطء حول المغناطيس حتى تصلوا إلى القطب المعاكس.

أسئلة

1. صفوا التغيير في الاتجاه الذي يشير إليه العقرب مع تحريك البوصلة من قطب إلى القطب المعاكس.

_____

_____

2. لأي اتجاه يؤشر العقرب قرب كل واحد من الأقطاب؟

_____

3. علّموا على الرسم مكان الأقطاب المغناطيسية وخطوط الحقل المغناطيسي (تذكروا – خطوط الحقل تخرج من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي).

القسم الثالث – الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية

أ. تأثير الكرة الأرضية على عقرب البوصلة

1. أمسكوا البوصلة بيدكم بعيداً عن المغناطيس.
2. حركوا البوصلة ببطء في الفضاء وراقبوا العقرب.

1. هل تلاحظون تغييراً في الاتجاه الذي يشير إليه عقرب البوصلة؟

_____

2. هل تعتقدون أن عقرب البوصلة يتأثر الآن بأي حقل مغناطيسي؟ إذا اعتقدتم ذلك، فعلى أي مشاهدة تعتمدون؟

_____

3. ما هو الحقل المغناطيسي الذي يؤثر الآن على عقرب البوصلة؟

_____

استخدموا البوصلة الجيروسكوبية وكرروا التجربة (المراحل ١ و ٢).

4. لأي اتجاه يشير عقرب البوصلة الجيروسكوبية؟

_____

5. هل تعتقدون أن عقرب البوصلة الجيروسكوبية سيشير إلى نفس الاتجاه في كل مكان على وجه الكرة الأرضية؟

_____

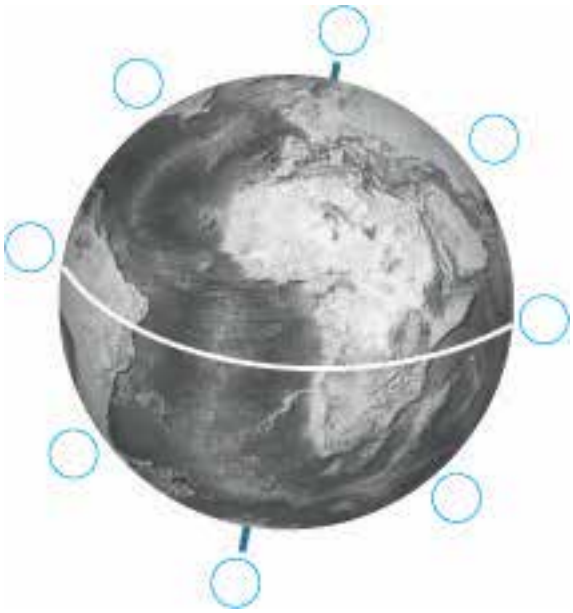
سنستخدم نموذج لكي نتعرف على خصائص الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

ب.مُحاكاة (تشبيه) – تاثير الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية على عقرب البوصلة الجيروسكوبية

نموذج الجلوبوس المغناطيسي يمثل بشكل قريب جداً الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

1. قرّبوا البوصلة الجيروسكوبية إلى القطب الشمالي للجلوبوس المغناطيسي.
2. حركوا البوصلة ببطء جنوباً باتجاه خط الاستواء وواصلوا حتى القطب الجنوبي. لاحظوا الاتجاه الذي يشير إليه عقرب البوصلة أثناء حركتها.

3. اذكروا الاتجاهات التي يشير إليها عقرب البوصلة الجيروسكوبية عند الأقطاب وعند خط الاستواء وفي النطاق الواقع بينها.
ارسموا في الدوائر أدناه أسهم تعبر عن اتجاه عقرب البوصلة نسبة إلى وجه الكرة الأرضية.

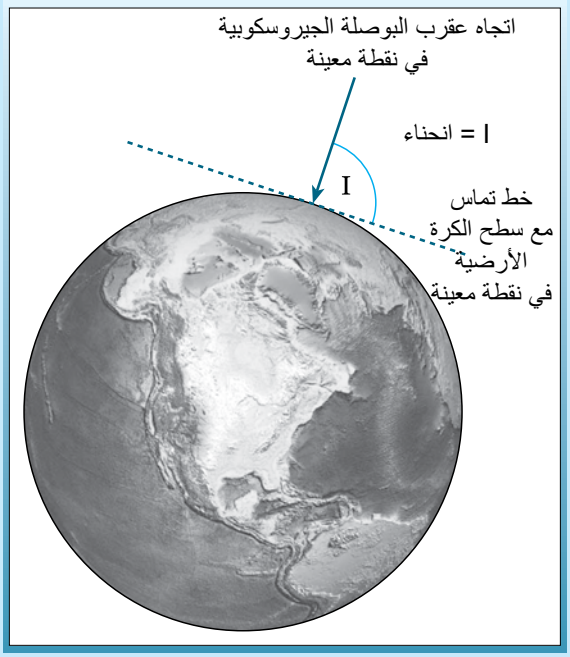


يتبين أنه إضافة إلى الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية، والذي يمكن التعرف عليه بمساعدة البوصلة العادية (الأفقية)، فهناك كذلك زاوية ميلان للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية، ويمكن معرفتها بمساعدة البوصلة الجيروسكوبية.

يمكن تفكيك اتجاه الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في الفضاء إلى مُركبين:

1. اتجاه – اتجاه الحقل المغناطيسي الذي يُقاس على مستوى أفقي مماس لسطح الكرة الأرضية. هذا هو اتجاه الشمال المغناطيسي. ولهذا الاتجاه يوجد انحراف عن اتجاه الشمال الجغرافي، وزاوية الانحراف هذه تُسمى المَيْل (declination).
2. ميلان – ميلان اتجاه الحقل المغناطيسي نسبة إلى سطح الكرة الأرضية (انظروا الرسم في الصفحة التالية). تُقاس زاوية الميلان على مستوى عمودي لسطح الكرة الأرضية ويُسمى الميلان (inclination).

زاوية الميلان (inclination) تعبر عن انحناء عقرب البوصلة الجيروسكوبية نسبة إلى خط التماس مع سطح الكرة الأرضية في نقطة معينة. وكما رأيتم فإن هذه الزاوية تتغير من مكان إلى آخر على وجه الكرة الأرضية.



تم اكتشاف علاقة حسابية بين زاوية الميلان وبين خط العرض: $\text{tg } \theta = 0.5 \text{ tg } I$

θ = خط العرض

I = الميلان

4. أكملوا الجمل الآتية بالاعتماد على التجارب التي أجريتموها:

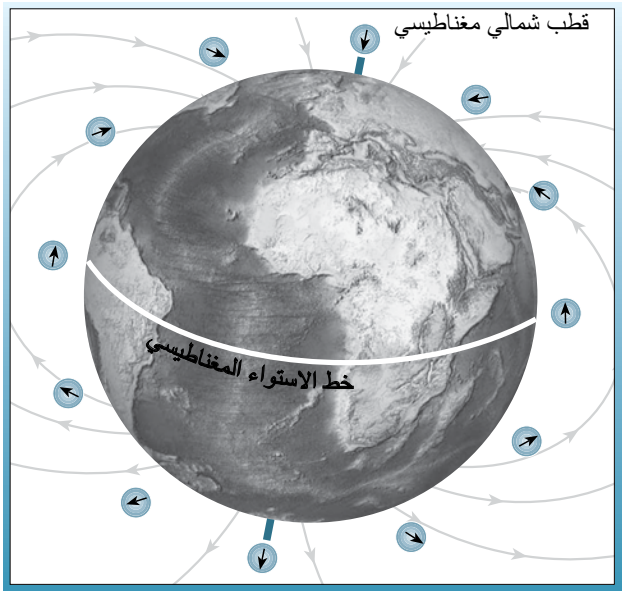
زاوية الميلان (inclination) الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في أماكن مختلفة على وجه الكرة الأرضية:

- زاوية الميلان في القطب الشمالي _____
- زاوية الميلان في القطب الجنوبي _____
- زاوية الميلان على خط الاستواء _____
- زاوية الميلان بين القطب الشمالي وبين خط الاستواء _____

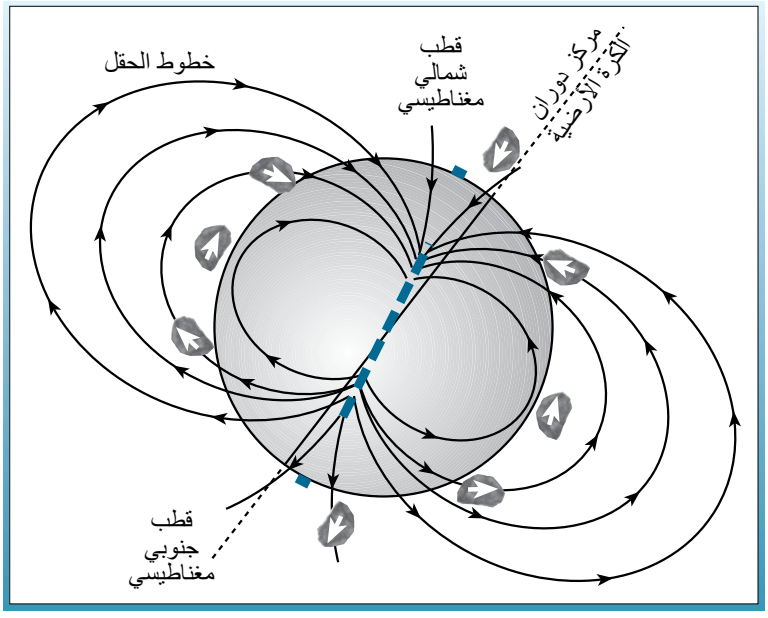
5. بماذا تتعلق زاوية انحناء الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية؟

كما شاهدتم فإن **زاوية ميلان** الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية تتغير على خطوط عرض مختلفة.

6. ما هو العامل الذي يقرر زاوية الميلان في مختلف خطوط العرض؟
للإجابة عن هذا السؤال، تأملوا الرسوم ١ و ٢ في الصفحة التالية وقارنوا بينهما.



الرسم 1 – اتجاه عقرب البوصلة الجيروسكوبية على خطوط عرض مختلفة على سطح الكرة الأرضية (زاوية الميلان)



الرسم 2 – الأقطاب الجغرافية والأقطاب المغناطيسية وخطوط الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

الأقطاب الجغرافية هي أقطاب مركز دوران الكرة الأرضية حول نفسها.
الأقطاب المغناطيسية هي أقطاب الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية ومكانها محاذي لكنه غير مطابق لمواقع الأقطاب الجغرافية (الرسم ٢).

تلخيص – الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية

النموذج الذي استخدمناه شبيه إلى حد كبير بحقل الكرة الأرضية المغناطيسي. إذن فإن الاستنتاجات التي توصلنا إليها ملائمة لحقل الكرة الأرضية المغناطيسي، وهو حقل شبيه جداً بحقل ثنائي الأقطاب.

أكملوا الجمل الآتية بكلمات من بنك الكلمات أدناه. استعينوا بالرسوم الموجودة على الصفحة التالية.

أ. الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية هو حقل _____.

ب.لحقل الكرة الأرضية المغناطيسي يوجد _____: شمالي وجنوبي.

ج. الأقطاب الجغرافية للكرة الأرضية هي أقطاب _____ _____ الكرة الأرضية حول نفسها.

د. نلاحظ في الرسم رقم ٢ أن الأقطاب المغناطيسية للكرة الأرضية يقعان بمحاذاة

_____ _____ .

هـ._____ _____ المغناطيسي للكرة الأرضية شبيهة جداً بخطوط حقل _____ _____ _____.

و. زاوية _____ تتعلق بـ _____ _____.

ز عقرب البوصلة يتجه في كل مكان بحسب اتجاه _____ _____ للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في المكان ذاته.

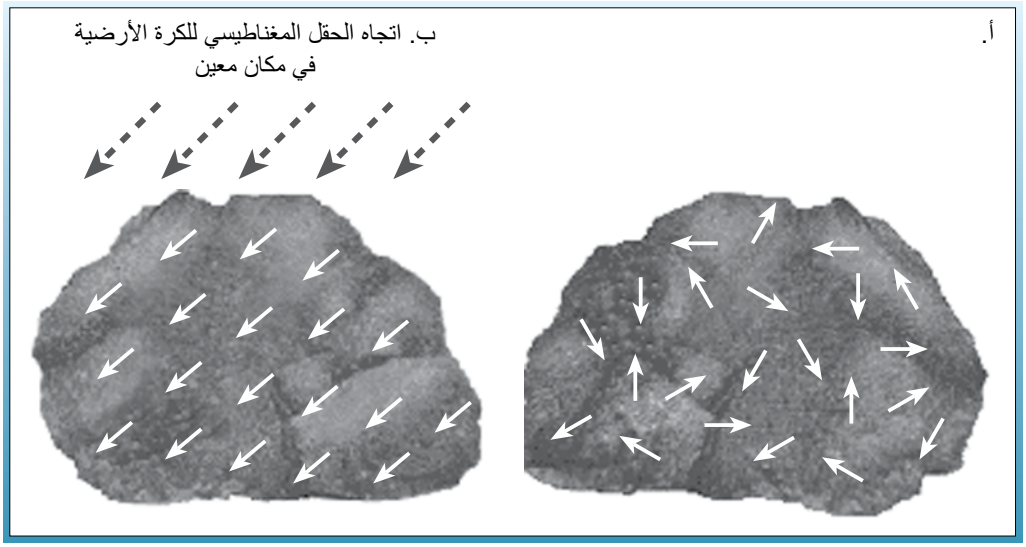
خطوط الحقل	(inclination) ميلان	مغناطيس ثنائي الأقطاب
مركز دوران	قُطبين	الأقطاب الجغرافية
عرض جغرافي	ثقب أسود	

القسم الرابع – الصخور بوصلات متحجرة

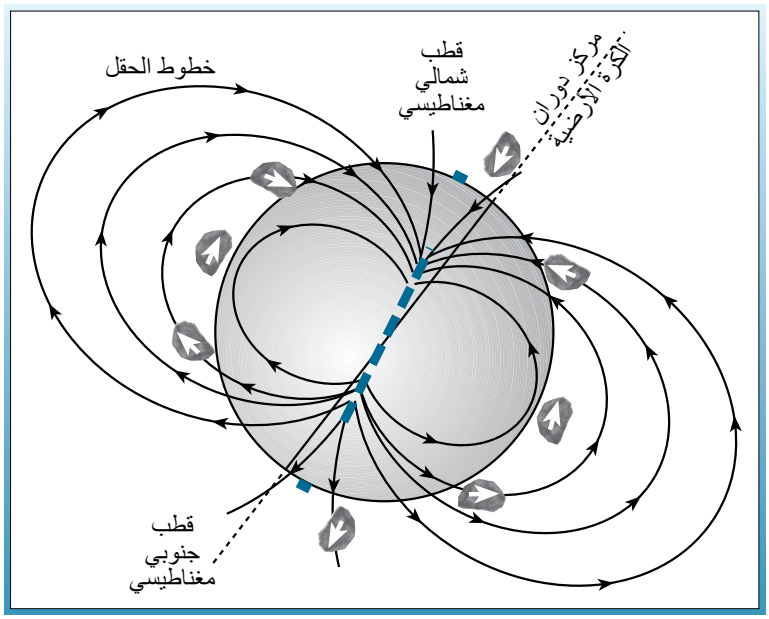
لكي ندرس الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في ماضيها الجيولوجي – **الحقل الباليومغناطيسي** – سنستعين بالصخور التي تشكل بوصلات متحجرة.
البوصلات المتحجرة هي صخور اكتسبت الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية أثناء تكوّنها.
إحدى الطرق التي تكتسب الصخور من خلالها الحقل المغناطيسي تحدث عندما يحدث تبريد سريع للماغما التي تحتوي على معادن مغناطيسية.
صخرة **البازلت** على سبيل المثال تحتوي على المعدن **الماغنيتيت** (أكسيد الحديد الأسود) المغنطيسي. الماغنيتيت هو معدن حديدي ذو خصائص مغناطيسية. يتكون صخر البازلت حين تبرد الماغما التي تحتوي على مكونات البازلت وتتصلب. وخلال برود الصخر الناتج تتصرف كتل الماغنيتيت مثل عقارب البوصلة وتصطف بحسب اتجاه خطوط الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية. وعندما تنخفض درجة الحرارة إلى ما تحت الحرارة الحدودية المُسماة **حرارة كيري**(حوالي ٥٠٠ درجة مئوية بالنسبة لمعدن الماغنيتيت في صخرة البازلت، راجعوا شرح مفصل) تثبت مغناطيسية كُتل الماغنيتيت ولا تتغير (تمعنوا بالرسوم ٣ و ٤). المغنطة التي تثبُت في الصخر تُسمى "**مغناطيسية متخلفة**".

الرسم 3(ب) – حين يتواجد حقل مغناطيسي للكرة الأرضية تصطف كُتل المعادن المغناطيسية في صخر البازلت الذي يبرد بحسب اتجاه الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في مكان معين أثناء تكوّن الصخرة.

الرسم 3(أ) – لو لم يكن هناك حقل مغناطيسي أثناء برود صخر البازلت لكانت كتل المعادن المغناطيسية تصطف بشكل عشوائي.

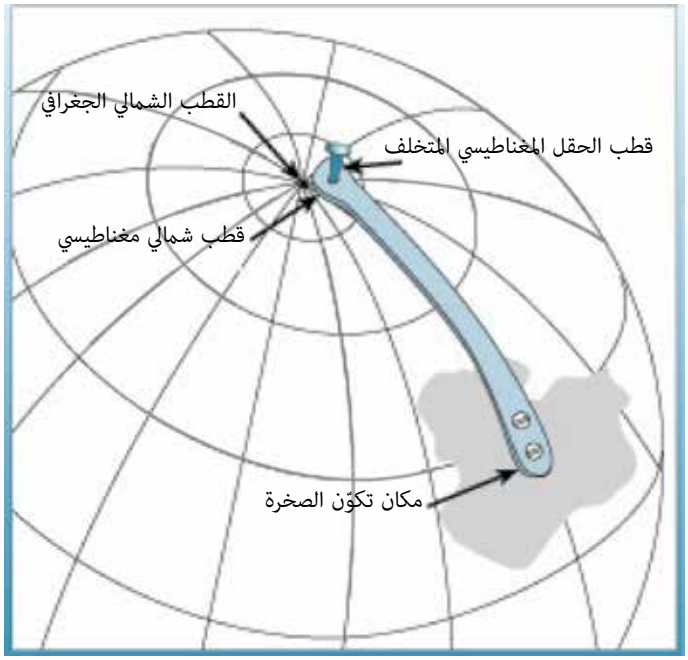


وبعد ان تبرد الصخرة تماماً تظل فيها **المغناطيسية المتخلفة** التي اكتسبتها أثناء تكوّنها، طالما لم تسخن الصخرة لدرجة حرارة أعلى من درجة كيري.
اتجاه الحقل المغناطيسي المتخلف في الصخرة يتوافق مع الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية ويتعلق بالمكان الذي تكونت فيه الصخرة. ومركب الميلان يتعلق بخط العرض الذي تكونت فيه الصخرة كما رأينا سابقاً (الرسم رقم ٤).



الرسم رقم 4 – صخور بركانية تتكون في أماكن مختلفة على وجه الكرة الأرضية وتكتسب اتجاه الحقل المغناطيسي بحسب خط العرض في المكان الذي تكونت فيه.

الحقل المغناطيسي المتخلف في الصخرة له قُطب يتناسب مع مكان القطب المغناطيسي للكرة الأرضية أثناء تكوّن الصخرة (الرسم رقم ٥).



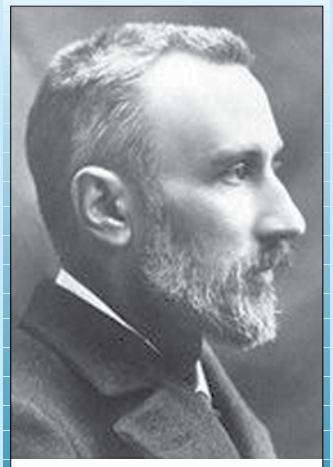
مادة للتفكير

ما الذي نتعلمه من قياس الحقل المغناطيسي المتخلف في الصخور؟

رابط لموقع إنترنت

يتوفر شرح موسع لهذه الفعّالية في برنامج "الالواح التكتونية" في صفحة "برامج تعليمية" في موقع:
http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

بيير كيري (Pierre Curie) – 1859-1906


بيير كيري

عالم فيزياء وباحث مرموق عاش في باريس مع زوجته، الباحثة الشهيرة ماري كيري (Curie Marie).

عمل كيري على دراسة البلورات واكتشف مع أخيه جاك التأثير الفيزيائي الذي يسمح باستخدام بلورات المعادن، مثل الكوارتز، في الأجهزة الإلكترونية وفي الساعات.

ومن ثم عمل كيري على دراسة العلاقة بين الاتساق وبين ظواهر فيزيائية مختلفة وكذلك **الخصائص المغناطيسية** لمواد مختلفة.

ودرس كيري مع زوجته ماري العناصر المُشِعة. وفي عام 1898 اكتشفا العنصرين المشعين البولونيوم والراديوم. وبفضل دراساتهم في هذا المجال نالا جائزة نوبل في الفيزياء في عام 1903 بالتشارك مع بيكورل- مُكتشف الإشعاع النووي.

وقد شكلت دراسات الزوج والزوجة كيري قاعدة للأبحاث التي تمت فيما بعد في مجالات الكيمياء والفيزياء النووية.

حرارة كيري

ماري كيري

درس كيري تأثير الحرارة على الخصائص **المغناطيسية** لمواد مختلفة. واكتشف أن تسخين مادة ذات خصائص مغناطيسية لدرجة حرارة معينة تجعل المادة تفقد خصائصها المغناطيسية. وتختلف درجة الحرارة هذه من مادة إلى أخرى وتختلف بحسب حجم الكتلة، لكنها بالنسبة للمعادن المغناطيسية تتراوح ما بين 500-600 درجة مئوية.

واكتشف كيري أيضاً أن تبريد شظية من مادة مغناطيسية إلى درجة حرارة اقل من الدرجة الحدودية يجعل المادة تتحول إلى مغناطيس.

وسُميت درجة الحرارة الحدودية هذه على اسم بيير كيري- **حرارة كيري**.

فعّالية رقم 2

الباليومغناطيسية وتزحزح القارات

تطور العلم

تم بناء وتطوير أجهزة قياس الباليومغناطيسية في الصخور بينما كانت مجموعتين من علماء الفيزياء والجيوفيزياء البريطانيين تتنافسان على العثور على شرح لظاهرة الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية. وكان هؤلاء العلماء هم أول من استخدموا المعطيات الباليومغناطيسية لدعم فكرة تزحزح القارات في بداية سنوات الخمسينات.

شخصيات

بلاكيت باتريك (Patrick Blackett)

عالم فيزياء درس في جامعة كيمبريج وعمل في منطقة مانشستر في لندن. وقبل الحرب العالمية بسنوات كان يعمل على دراسة الإشعاعات الكونية. وإبان الحرب وأثناء خدمته في الأسطول البريطاني، بدأ بلاكيت يهتم بموضوع المغناطيسية، وذلك بعد أن دأب على تطوير وسائل للحماية من الألغام المغناطيسية. وفي عام 1947 صادف مكتشفات مثيرة للاهتمام: كوكب 78 فيرغينيوس يدور حول نفسه بسرعة فائقة وفيه حقل مغناطيسي.

واعتمد بلاكيت على هذه الاكتشافات ووضع نظرية تشرح نشوء الحقول المغناطيسية. وبحسب هذه النظرية فإن المغناطيسية هي خاصية أساسية في كل جسم يدور حول نفسه. وعلى هذا الأساس فإن الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية نشأ نتيجة دوران الأرض حول نفسها.

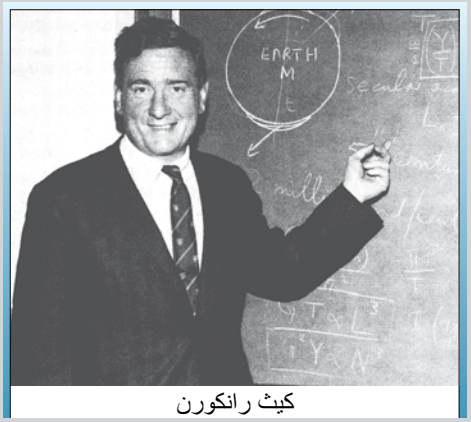
التجربة الفاشلة

في عام 1950 قام بلاكيت بإجراء تجربة لإثبات نظريته. وفي هذه التجربة حاول دون جدوى قياس الحقل المغناطيسي الذي يتكون في جسم يدور حول نفسه. ولأجل هذه التجربة بنى بلاكيت جهاز **الماغنومتر** - وهو جهاز حسّاس جداً يقيس الحقول المغناطيسية من خلال إلغاء حقول مغناطيسية خارجية (مثل الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية).

هذه التجربة الفاشلة لم تساعد باتريك بلاكيت على تعزيز نظريته القائلة بأن لكل جسم يدور حول نفسه يوجد حقل مغناطيسي، لكن جهاز **الماغنومتر** الذي بناه تحول إلى أداة مفيدة للغاية، وذلك بفضل قدرة هذا الجهاز على قياس المغناطيسية المتخلفة المثبتة في عينات الصخور. قامت مجموعة من باحثي مغناطيسية الصخور بقيادة بلاكيت بالتركيز على الماغنومتر في الكلية الامبريالية في جامعة لندن. وبرغم أن التجربة لم تكن مدعومة بنظرية، لكن بلاكيت لم يهملها ولم يتحول لدعم النظرية المنافسة التي وضعها زملائه بلارد ورنكورن.

شخصيات

إدوارد بيلارد (Edward Bullard) وكيث رانكورن (Keith Runcorn)



كيث رانكورن

درس إدوارد بيلارد الفيزياء في جامعة كيمبريج مثل باتريك بلاكيت، لكنه تحول إلى دراسة الجيوفيزياء لكي يحظى بوظيفة في القسم الجديد الذي تم بنائه في جامعة كيمبريج.

وفي فترة الحرب كان بيلارد يعمل تحت قيادة بلاكيت في الأسطول البريطاني.

في عام 1949 اقترح بيلارد نظرية بديلة لشرح تولُّد الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية: **نموذج الدينامو الذاتي**.

وبحسب هذه النظرية فإن تيارات الحمل الحراري الداخلية في جوف الكرة الرضية هي المسؤولة عن تولُّد الحقل المغناطيسي.

ونشأت بين بيلارد وبلاكيت خصومة ودية بالنسبة لصحة النظرية التي تفسر الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

درس كيث رانكورن الجيوفيزياء لدى بيلارد في كيمبريج، ومن ثم عمل معيداً في قسم بلاكيت في مانشستر.

كان رانكورن يفضل النظرية الداخلية التي وضعها بيلارد وحين عاد إلى كيمبريج قام بتصميم خطة دراسية مستقلة للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

وفي عام 1951 عرض بلاكيت على رانكورن التعاون معه في عمل مسح باليومغناطيسي لبريطانيا.

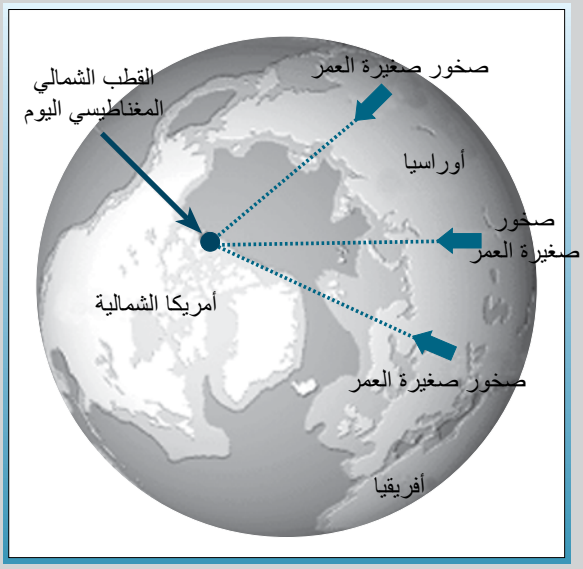
وفيما بعد تم فحص المعطيات الباليومغناطيسية التي جمعها بلاكيت ورانكورن وغيرهم من الباحثين وتساءلوا عما إذا كانت كافية لإلقاء مزيد من الضوء على نظرية تزحزح القارات.

المعطيات التي يتم الحصول عليها من قياس عينات الصخور بواسطة جهاز الماغنومتر هي قوة واتجاه الحقل المغناطيسي المثبت في تلك الصخور. ويتم الحصول على اتجاه الحقل المغناطيسي بمركبات، احدها هو زاوية الميلان.

مشاهدة

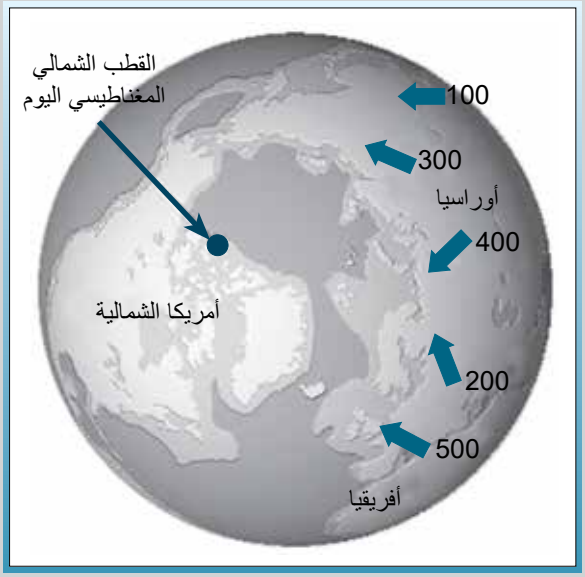
قياسات باليومغناطيسية في صخور بازلت صغيرة العمر

من أماكن مختلفة في بريطانيا وفي قارة أوراسيا دلت أن اتجاه الحقل المغناطيسي المُثبت فيها يتطابق مع اتجاه الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في أيامنا هذه. والانحناء الذي تم قياسه في مختلف الصخور يتوافق مع خط العرض الذي أُخذت منه عينات الصخور (الرسم رقم 6).



الرسم رقم 6:

لكن القياسات التي تمت على صخور بازلت أقدم في بريطانيا وفي قارة أوراسيا نتجت عنها معطيات مختلفة. اتجاه الحقل المغناطيسي المثبت في الصخور بمختلف الأجيال يتطابق مع اتجاه الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في أيامنا (الرسم رقم 7). زاوية الميلان لا تتطابق مع خط العرض الذي أُخذت منه عينات الصخور.



الرسم رقم 7 - الأرقام تشير إلى عمر الصخور بملايين السنين والأسهم تشير إلى اتجاه القطب المغناطيسي الذي يتجه إليه الحقل المغناطيسي في الصخور

أسئلة

1. ما الذي نستنتجه من هذه المُكتشفات؟ حاولوا طرح أكثر من فرضية واحدة.

_____

_____

2. كيف يمكن فحص فرضيتكم؟

_____

استنتاج

بناء على هذه المُكتشفات توصل بلاكيت إلى الاستنتاج بأنه حقاً حدثت تزحزح للقارات على سطح الكرة الأرضية. وفي هذه المرحلة لم يتضح بعد بالتأكيد أن القارات تحركات تجاه بعضها البعض وكانت هناك فرضية بأنه ربما كانت قشرة الأرض قد تحركت ككتلة واحدة فوق غلاف الكرة الأرضية.

3. لو كنتم في فريق البحث الذي ترأسه بلاكيت، فكيف كنتم ستقترحون عليه فحص عما إذا كانت القارات قد تحركت تجاه بعضها البعض؟

_____

مشاهدة

ما بين الأعوام 1955-1953 أجرى رانكورن قياسات باليومغناطيسية لصخور في قارة شمال أمريكا. وهناك ايضاً اكتشف أن اتجاه الحقل المغناطيسي المُثبت في الصخور من مختلف الأعمار لا يتوافق مع اتجاه الحقل المغنطيسي للكرة الأرضية في أيامنا.

كما اكتشف أن الحقل المغناطيسي المثبت في صخور بعمر معين في قارة شمال أمريكا لا يتطابق مع اتجاه الحقل المغناطيسي المثبت في صخور من نفس العمر في أوراسيا.

4. إذا تأملنا في مُكتشفات رانكورن، فما الذي يمكننا استنتاجه عن حركة القارات تجاه بعضها البعض؟

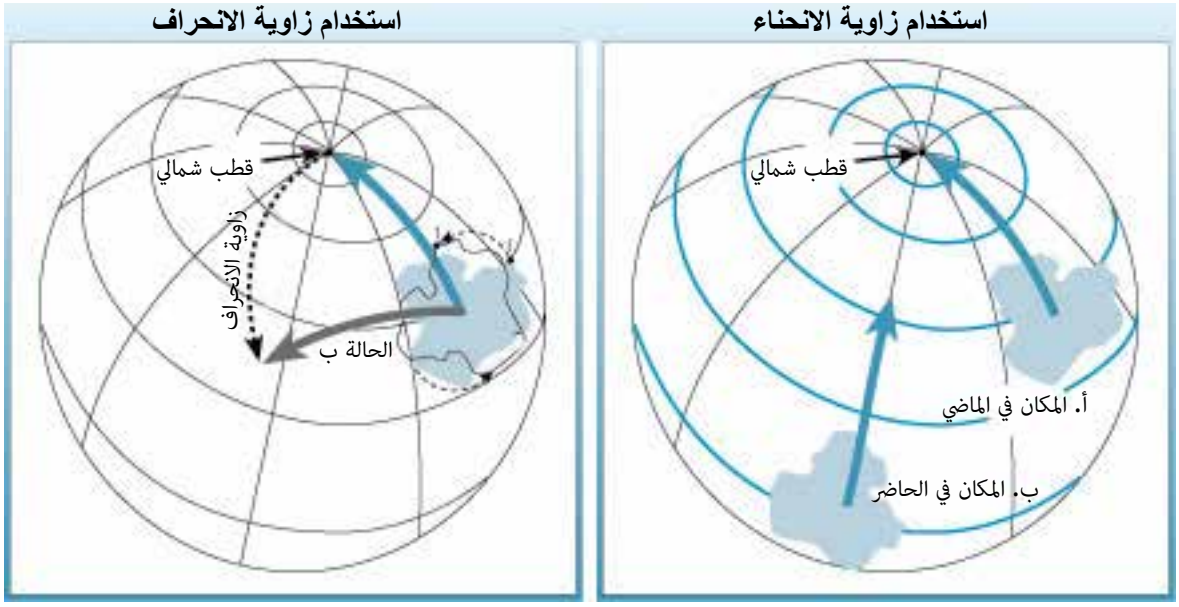
_____

استنتاج

وبناء على هذه تزحزح ومكتشفات أخرى كثيرة توصل رانكورن في عام 1956 إلى الاستنتاج بحدوث تزحزح قارات، بل واستنتج أن القارات تحركت الواحدة تجاه الأخرى.

القسم الخامس - استخدام المعطيات الباليومغناطيسية للتعرف على حركة القارات

سنستعين الآن بالرسم رقم 8 لكي نفهم كيف تساعدنا المعطيات الباليومغناطيسية في اكتشاف حركة القارات.



الرسم 8 (أ)

الرسم 8 (ب)

الرسم 8 (أ) يمثل استخدام **زاوية الميلان**: في فترة ما في الماضي، حين كانت القارة موجودة في **المكان (أ)**، انفجر عليها جبل بركاني ونتجت صخور بركانية. وأثناء تكوّن الصخور انطبع فيها حقل مغناطيسي متخلف. السهم في الرسم يشير إلى مكان القطب المغناطيسي للحقل المتخلف المطابق للقطب المغناطيسي للكرة الأرضية. وفيما بعد تحركت القارة إلى **المكان (ب)**.
من زاوية الميلان التي تم قياسها يمكننا أن نعرف المسافة (السهم في المكان "ب") التي كانت تبعدها القارة عن القطب الشمالي حين كانت في المكان "أ"، وهو عملياً خط العرض.

الرسم 8(ب) يمثل استخدام زاوية الانحناء: حين كانت القارة في الحالة "أ" في الماضي، نتجت عليها صخور بركانية وانطبع في تلك الصخور حقل مغناطيسي متخلف. السهم الملون في الرسم يشير إلى مكان القطب المغناطيسي المتخلف، والذي يتطابق مع القطب المغناطيسي للكرة الأرضية. وفيما بعد تعرضت القارة لحالة دوران من حالة "أ" إلى حالة "ب".
وعند قياس الباليومغناطيسية في الصخور تبين أن قطب الحقل المتخلف لا يتطابق مع قطب الكرة الأرضية (السهم الأسود). ومن زاوية الاتجاه التي تم قياسها يمكننا أن نعرف التغيير الذي حدث في اتجاه القطب المنطبع في الصخور في الحالة "ب" نسبة إلى الحالة "أ"، وهي عملياً مقدار الدوران الذي حدث في القارة.

رابط لموقع إنترنت

يتوفر شريط رسم متحرك يمثل هذا الموضوع في برنامج "الالواح التكتونية" في موقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

أسئلة

تأملو الرسم رقم 8 وأجيبوا عن الأسئلة:

1. ما هي المعلومة التي يمكن الحصول عليها من **زاوية الاتجاه** بالنسبة لحركة القارة؟ _____
(رمز: تغيير اتجاه ...)

2. ماذا يمكننا أن نعرفه عن حركة القارة بحسب **زاوية الميلان**؟ _____
(رمز: تغيير المسافة ...)

نقطة هامة: لا يمكننا استعادة المواقع الدقيقة التي كانت فيها القارات في الماضي بالاعتماد على المعطيات الباليومغناطيسية. يمكن استعادة خط العرض الذي كانت فيه القارات واستعادة مقدار الدوران الذي حدث فيها.

توسيع

قمنا بأخذ عينات من صخور بركانية من منطقة معينة في قارة ما. تم تحديد تواريخ عينات الصخور وتم قياسها بجهاز الماغنومتر. المعطيات أمامكم في الجدول. استخدموا المعطيات لإكمال خط العرض الذي تقع فيه منطقة أخذ العينات في الجدول في كل فترة ومقدار الدوران الذي حدث في القارة بالنسبة للفترة السابقة. (تذكير: العلاقة الحسابية بين الميلان وخط العرض هي $tg\ \theta = 0.5 tg\ I$)

العمر (بملايين السنين)	زاوية الميلان	خط العرض في هذه الفترة	زاوية الانحدار	مقدار الدوران بداية من الفترة السابقة
200	19.5°		70°	
170	43°		75°	
140	63.5°		83°	
100	80°		96°	

تلخيص:
خلال حوالي مائة مليون سنة تحركت القارة حوالي _____ درجة عرض، من خلال دوران بمقدار _____ درجة

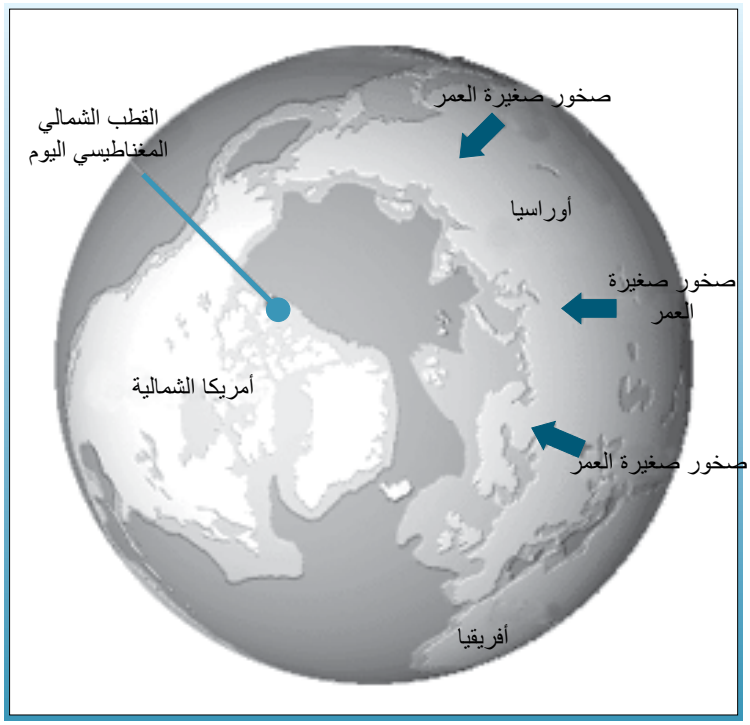
كانت الباليومغناطيسية فرعاً جديداً وغير معروف ووفرت أدلة على حركة القارات. ومع ذلك فإن معظم العلماء لم يعرفوا بعد تلك الأجهزة وأساليب القياس والحساب، ولهذا فقد تعامل المجتمع العلمي مع تلك المعطيات بصفتها معطيات غير موثوقة وتحفظوا من المعطيات.

فعّالية رقم 3 - توسيع

"تزحزح" الأقطاب المغناطيسية

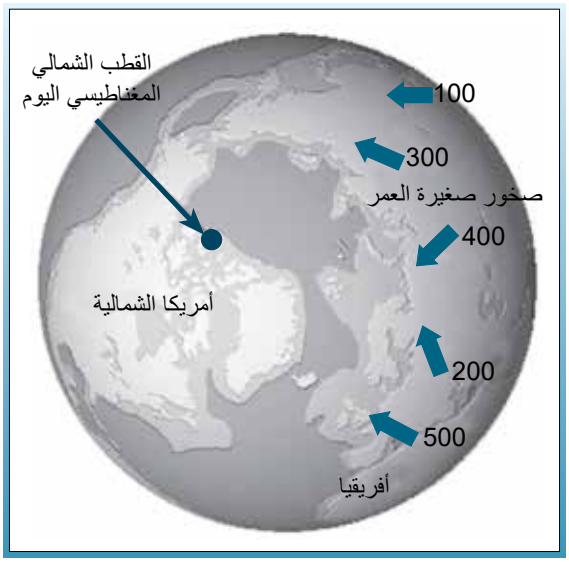
مشاهدة

بحسب اتجاه الحقل المغناطيسي في عينات الصخور التي تم قياسها بالماغنومتر، وتم حساب مكان قطب الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية، وبحسب بلد منشأ الصخور وبحسب المعطيات التي جمعها بلاكيت ورانكورن عن صخور بازلت صغيرة العمر في أماكن مختلفة من بريطانيا ومن قارة أوراسيا، يتبين أن مكان القطب المغناطيسي فيها يتطابق مع مكان القطب المغناطيسي للكرة الأرضية اليوم. ومن هنا نستدل أن الحقل الباليومغناطيسي المنطبع في تلك الصخور يتطابق مع الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية اليوم (الرسم رقم 9).



الرسم رقم 9 - الحقل الباليومغناطيسي المنطبع في الصخور صغيرة العمر من قارة أوراسيا يشير إلى القطب الشمالي المغناطيسي الحالي.

لكن القياسات التي تمت على صخور أقدم منها دلت أن القطب الشمالي المغناطيسي في فترات مختلفة كان في أماكن مختلفة (انظروا الرسم رقم 10). وبناء على هذه المعطيات قاموا برسم منحنى يصف مكان القطب المغناطيسي الشمالي بالنسبة للصخور من قارة أوراسيا في فترات مختلفة. وهذا المنحنى يُسمى "منحنى تزحزح القطب المغناطيسي" (انظروا الرسم رقم 11).



الرسم رقم 10 - الحقل الباليومغناطيسي المطبوع في الصخور من أعمار مختلفة في قارة أوراسيا يشير إلى اتجاهات مختلفة.
(الأرقام تشير إلى ملايين السنين).

الرسم رقم 11 - مسار "تزحزح" القطب الشمالي المغناطيسي لقارة أوراسيا (الأرقام تشير إلى ملايين السنين).

أسئلة

1. تأملوا في الرسم رقم 11 - مسار تزحزح القطب المغناطيسي لقارة أوراسيا. ما الذي نستنتجه من هذا المنحنى بالنسبة للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية؟ _____

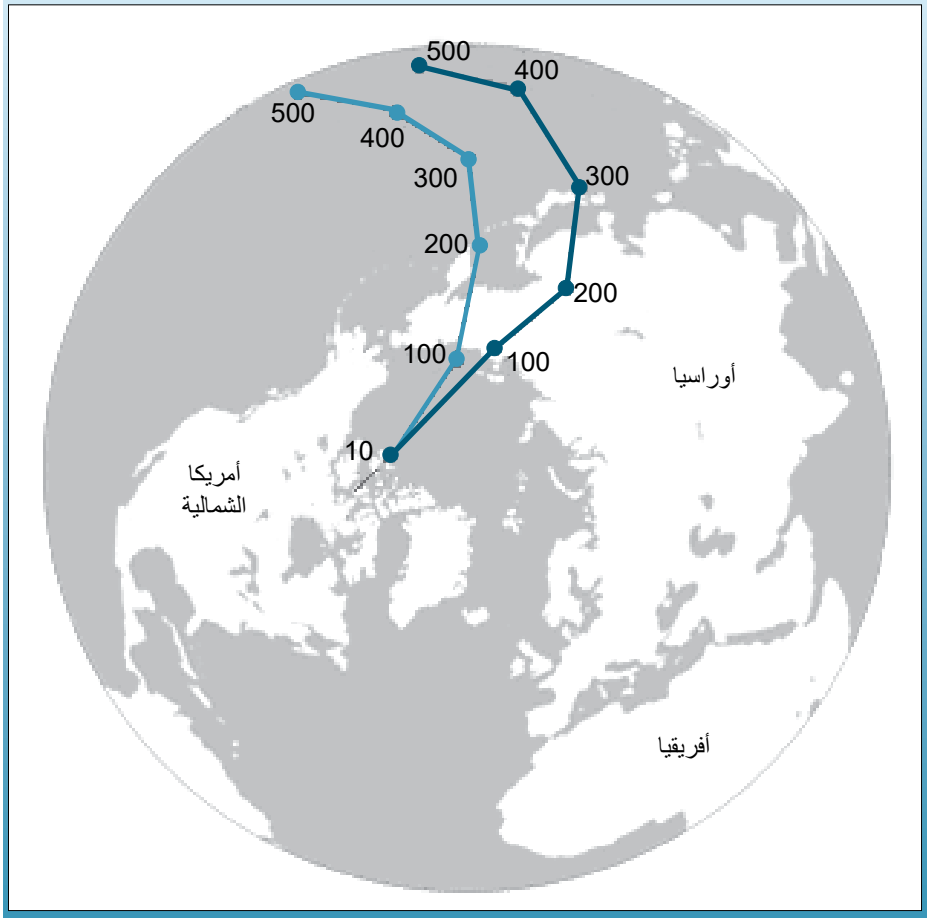
2. هل يمكن أن يكون هناك تفسير آخر للتغييرات التي طرأت على مكان القطب المغناطيسي لقارة أوراسيا مع مرور الزمن؟ _____

3. ما هي الإمكانية التي تبدو لكم منطقية أكثر من غيرها؟ حاولوا التفكير بطريقة لفحص هذا الأمر.

_____

بناء على المُكتشفات توصل بلاكيت إلى الاستنتاج بانه فعلاً حدثت حركة للقارات على سطح الكرة الأرضية. وفي هذه المرحلة لم يكن مؤكداً ان القارات تحركت الواحدة باتجاه الأخرى ودار الحديث عن إمكانية أن قشرة الكرة الأرضية تحركت كلها بالنسبة للغلاف.

مسارات "تزحزح" الأقطاب الشمالية المغناطيسية لقارات أوراسيا وأمريكا الشمالية



الرسم رقم 12 - النقاط تشير إلى "مكان" الأقطاب بملايين السنين إلى الوراء.

مشاهدة

بين السنوات 1955-1953 فحص رانكورن صخور في قارة أمريكا الشمالية. وهناك أيضاً وجد رانكورن أنه في فترات مختلفة كان القطب الشمالي المغناطيسي موجوداً في أماكن مختلفة.

في الرسم رقم 12 تظهر منحنيات تزحزح الأقطاب المغناطيسية للقارتين: أوراسيا وأمريكا الشمالية.

أسئلة

4. تأملوا في الرسم رقم 12 وقارنوا بين منحنيات التزحزح. ما أوجه التشابه وأوجه الاختلاف بينهما؟

_____

_____

5. كيف يمكن تفسير حقيقة الاختلاف بينهما؟ هل تعتقدون أنه كان قطبين مغناطيسيين شماليين في الوقت ذاته؟

_____

_____

6. تذكروا الآن نظرية تزحزح القارات التي وضعها ألفرد فاجنر (يمكن الرجوع للخلف في الكتاب). هل هناك في المعطيات الباليومغناطيسية ما يؤكد أو ينفي النظرية؟

_____

_____

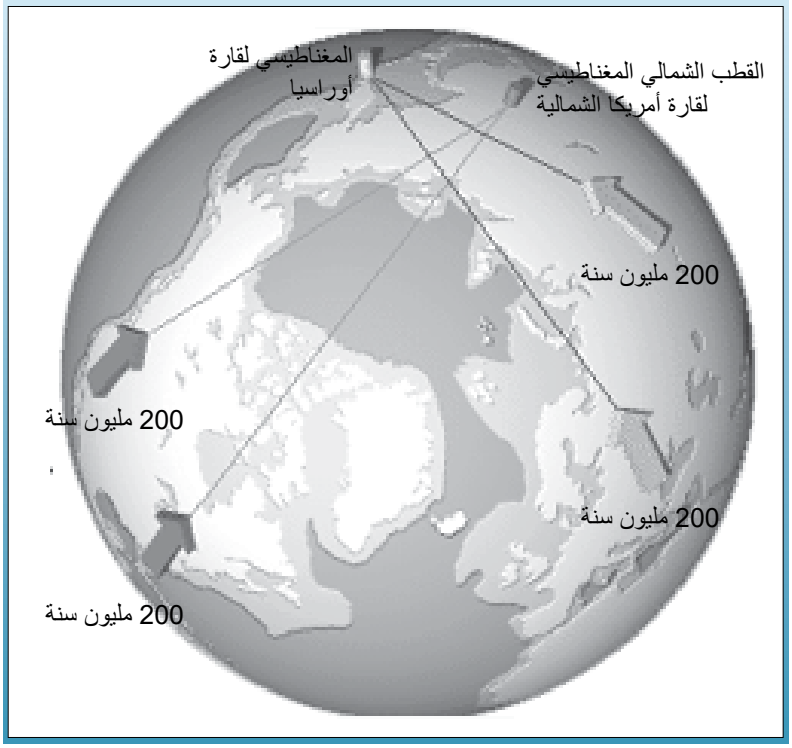
استنتاج

في المرحلة الأولى اعتقد رانكورن أن تزحزح القطب المغناطيسي لصخور أمريكا الشمالية يشبه إلى حد كبير تزحزح القطب في صخور بريطانيا، ولهذا استنتج أن القطب المغناطيسي للكرة الأرضية قد غيّر مكانه على مر التاريخ. وتطابق هذا الاستنتاج مع نظرية رانكورن بشأن الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية (نتج من التيارات الداخلية ولهذا فيمكن أن يتغير). وأخيراً وفي عام 1956 وبعد أن تراكمت معطيات كثيرة أخرى، غيّر رانكورن رأيه وتوصل إلى الاستنتاج بأن القارات تحركت باتجاه بعضها البعض.

مشاهدة

وبحسب نظرية تزحزح القارات التي وضعها فاجنر، فقد كانت قارات أوراسيا وأمريكا الشمالية متصلتان ببعضهما البعض كجزء من قارة بانجيا (القارة العملاقة) قبل 200 مليون سنة. وعند إجراء فحوصات باليومغناطيسية على صخور عمرها 200 مليون سنة من القارتين تبين أن الأقطاب الباليومغناطيسية للقارتين كانت بعيدة بمسافات كبيرة عن بعضها البعض (انظروا الرسم رقم 13).

مكان الأقطاب الباليومغناطيسية لقارات اوراسيا وأمريكا الشمالية قبل 200 مليون سنة



الرسم رقم 13

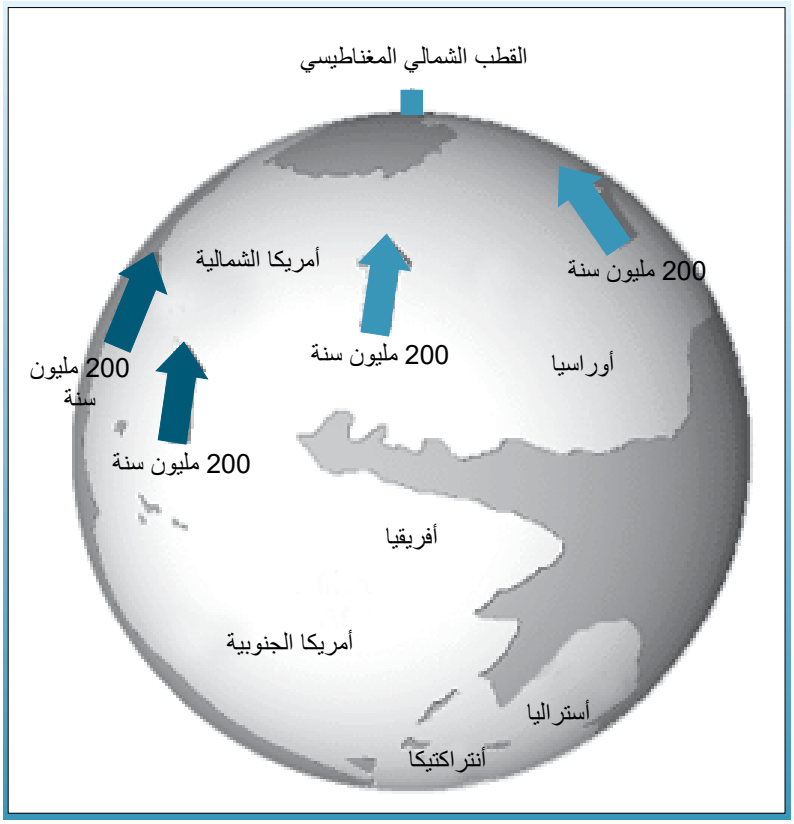
أسئلة

7. هل يمكن فحص ادعاء فاجنر بأن القارتين كانتا متصلتان ببعضهما البعض قبل 200 مليون سنة بالاعتماد على المعطيات الباليومغناطيسية؟ كيف؟

_____

_____

لو أوصلنا القارتين ببعضهما كما اقترح فاجنر، سنرى أن الأقطاب الباليومغناطيسية للصخور بعمر 200 مليون سنة تتماسك ببعضها (انظروا الرسم رقم 14).



الرسم رقم 14 - الأقطاب الباليومغناطيسية لقارات أوراسيا وأمريكا الشمالية كما تم قياسها في صخور عمرها 200 مليون سنة، تتماسك إذا أوصلنا القارتين معاً كما اقترح فاجنر.

استنتاج

في عام 1956 وبعد أن تراكمت مُكتشفات كثيرة كذلك من قارات اخرى، توصل بلاكيت ورانكورن (وغيرهم من الباحثين البريطانيين والاستراليين) إلى استنتاج أن تزحزح القارات الواحدة بالنسبة للأخرى قد حدثت فعلاً.

لقد أثار علم الباليومغناطيسية الاهتمام مجدداً بنظرية تزحزح القارات التي وضعها فاجنر وقدم هذا العلم أدلة إضافية تدعم الفكرة القائلة بأن القارات على الكرة الأرضية تتحرك.

ومع ذلك لا بد من التنويه بأنه وبرغم المُكتشفات التي تراكمت، إلا أن غالبية علماء الجيولوجيا في العالم تحفظوا من هذه الفكرة. لقد كانت الباليومغناطيسية فرعاً جديداً في الأبحاث ولم يعرفه معظم علماء الجيولوجيا. لقد كانت الأجهزة وتقنيات القياس والحسابات جديدة وغير معروفة، ولهذا فقد تم التعامل مع المعطيات كمعطيات غير موثوق بها. لكن وعلى مدى سنوات الدراسة القادمة تطور فرع الباليومغناطيسية واجتذب إليه الكثير من العلماء المرموقين وبضمنهم علماء جيولوجيا من الولايات المتحدة.

وهؤلاء العلماء هم من وفروا قاعدة المعلومات التي سنناقشها في الفعّالية القادمة، وهي معلومات رجّحَت الكفة وحسمت الأمر.

فعّالية رقم 4

انعكاسات الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية

مشاهدة

أثناء أبحاثهم خلال السنوات الأولى من القرن العشرين لاحظ علماء الجيولوجيا الفرنسيون برونس وديفيد ظاهرة غريبة في صخور مصبات البازلت التي درسوها: لقد كان اتجاه الحقل المغناطيسي المنطبع في الصخور معاكساً لاتجاه الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في أيامنا. وعندما تم وضع بوصلة بقرب تلك الصخور فقد أشار عقربها إلى جهة الجنوب وليس إلى جهة الشمال كما توقعوا. واكتشف الباحث ماركنتون من جامعة لوزان في سويسرا ظاهرة شبيهة كذلك في صخور بازلت كانت قد أحضرتها من جرينلاند البعثة التي شارك فيها ألفرد فاجنر.

وفي سنوات الخمسينان من القرن العشرين وبعد أن تراكمت مُكتشفات كثيرة أخرى من أماكن مختلفة في العالم، مثل: جنوب أمريكا وفرنسا واليابان وإيسلندا وبريطانيا وروسيا، تبين أن نصف الصخور التي تم فحصها يوجد فيها حقل مغناطيسي معاكس. وعندها بدأ العلماء يهتمون بظاهرة الحقل المغنطيسي المعكوس في الصخور وقدموا شروحات مختلفة لتفسير هذه الظاهرة.

فرضية

ما هي الأنظمة التي قد تجعل الحقل المغناطيسي المنطبع في الصخور معكوساً؟

تطور العلم

وعلى ضوء تلك المكتشفات بدأ كثير من العلماء في العالم بدراسة مسألة الانعكاسات المغناطيسية في الصخور.

فرضيات البحث الأساسية التي تم فحصها:

1. **انعكاسات الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية:** ينعكس الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية بشكل دوري، حيث تتبدل الأقطاب المغناطيسية- يتحول الشمالي إلى جنوبي وبالعكس. الحقل المغناطيسي المنطبع في الصخرة يعكس الحقل الذي كان موجوداً **حين تكوّنت الصخرة**.
2. **انعكاسات ذاتية:** ينقلب الحقل المغناطيسي المنطبع في الصخرة بفعل تغييرات كيميائية تحدث في المعادن المغناطيسية في الصخرة **بعد تكوّنها**.

أسئلة

كيف يمكننا أن نفحص كل واحدة من تلك الفرضيات؟

1. يمكننا فحص فرضية انعكاس الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية على النحو الآتي:

_____

_____

2. يمكننا فحص فرضية الانعكاس الذاتي للصخور على النحو الآتي:

_____

_____

مجموعة مؤلفة من ثلاثة علماء أمريكان: ريتشارد دوال، ألن كوكس وبرنس دلريمبل صمموا في بداية سنوات الستينات من القرن العشرين برنامجاً دراسياً هدفه فحص فرضيات انعكاس الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

شخصيات

ريتشارد دوال (Richard Doell)

ريتشارد دوال (على اليسار)
مع مرشده بول فيرهوجن

وُلد ريشتارد دوال في كاليفورنيا عام 1923 والتحق بالدراسة الجامعية مرتين وانسحب منها (في المرة الأولى بدأ يدرس الرياضيات وفي المرة الثانية درس الفيزياء) وبدأ يهتم بالجيولوجيا فقط حين عمل لعدة سنوات في شركة للتنقيب عن النفط بوسائل جيوفيزيائية. في عام 1950 قرر دوال إكمال دراسته لنيل لقب جامعي في الجيوفيزياء في جامعة باركلي. وفي مرحلة مبكرة من دراسته بدأ دوال يهتم بمجال الباليومغناطيسية. وبنى جهاز ماغنومتر وفي أطروحته للدكتوراه عمل على دراسة المغناطيسية في صخور الجراند كانيون. وتابع دوال عمله الأكاديمي وبعد سنوات من التدريس عاد إلى كاليفورنيا للتعاون مع ألن كوكس في دراسة الباليومغناطيسية.

شخصيات

ألن كوكس (Allan Cox)

وُلد كوكس في كاليفورنيا في عام 1926. وفي عام 1948 بدأ يدرس الكيمياء في جامعة باركلي. شارك كوكس في معسكر صيفي في ألاسكا بصفة باحث مساعد وهناك بدأ يهتم كثيراً بالجيولوجيا. وانشغاله بهذا المجال الجديد في المعسكر وتجنيده للخدمة العسكرية أثراً سلباً على دراسته. وبعد تسريحه من الجيش عاد كوكس إلى باركلي لمتابعة دراسة الجيوفيزياء. وبعد مشاركته في دراسة الجبال الجليدية في ألاسكا، بدأ كوكس يهتم منذ فترة مبكرة بمشاكل تأريخ (تحديد أعمار) وترابط الصخور صغيرة العمر. وبتأثير من مرشده بول فيرهوجن تحول كوكس إلى دراسة مجال الباليومغناطيسية كأداة لفحص حركة القارات. درس كوكس صخور البازلت في ولاية أوراغون ووجد أن الأقطاب المغناطيسية أثناء تكون تلك الصخور تتطابق مع مكان الأقطاب في صخور من نفس العمر في الهند. واستنتج من ذلك أن القطب المغناطيسي هو الذي تزحزح وليس القارات. نتائج هذا البحث أحبطت حماسه تجاه موضوع تزحزح القارات فتوجه للعمل في موضوع آخر كان متحمساً له.

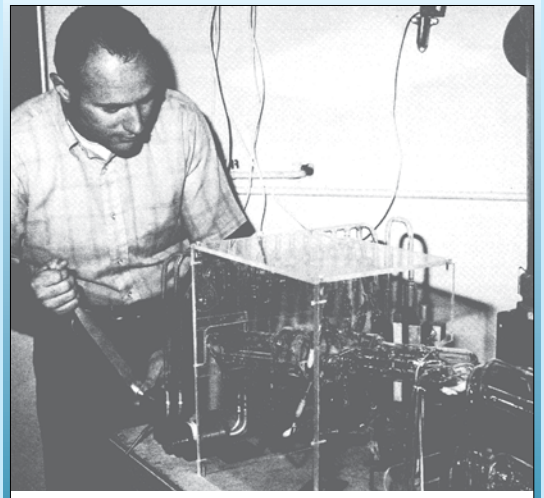
- **الانعكاسات المغناطيسية**. وتبين فيما بعد أن هذا القرار الذي اتخذه كوكس كان مصيرياً لقبول نظرية التزحزح. وفي أطروحته للدكتوراه درس كوكس الانعكاسات المغناطيسية في مصبات البازلت في ولاية أيدهو. واعتقد في بداية الأمر أن نظرية الانعكاسات الذاتية في الصخور هي نظرية صحيحة، لكن خلال عمله جمع مُكتشفات لا تدعم هذه النظرية. وفي السنوات 1959-1958 بدأ كوكس ودوال بتخطيط مختبر باليومغناطيسي وتجهيزه بمعدات لمشروع دراسة الانعكاسات المغناطيسية في المعهد الجيولوجي الأمريكي. وفي صيف 1961 حين كانا يأخذان عينات من صخور بازلت لفحص باليومغناطيسي في جبال سييرا نيفادا في كاليفورنيا، التقي كوكس ودوال ببرينت دلريمبل لأول مرة - حيث كان يعد أطروحة الدكتوراه لتحديد تاريخ ارتفاع سلسلة جبال سييرا نيفادا. وبعد هذا اللقاء بدأ التعاون الهام بين كوكس ودوال ودلريمبل.

ألن كوكس

شخصيات

برنت دلريمبل (Brent Dalrymple)

وُلد برنت دلريمبل في كاليفورنيا في عام 1937. وفي عام 1955 بدأ دراسته للقب الأول في الفيزياء في أوكسيدينتال كوليج. بعد أن درس مساق مدخل إلى الجيولوجيا اختار أن يواصل دراسة الجيولوجيا. جاء دلريمبل إلى جامعة باركلي لإعداد أطروحة الدكتوراه. واعتقد دلريمبل ان طريقة تحديد عمر الصخور بطريقة قياس مستوى الإشعاع الجديدة بوتاسيوم- أرغون هي أداة مهمة لا بد له من معرفتها. كانت تلك الطريقة في حينه لا تزال في بداياتها ولم تتوفر في جامعة باركلي دورات لتعليمها. وتعلم دلريمبل استخدام هذه الطريقة لتحديد الأعمار في مختبر في جامعة باركلي. وفي أول يوم دخل فيه دلريمبل إلى المختبر بدأ دكتور من أستراليا الدراسة في نفس المختبر واسمه أيان ماكدوجل. ومن خلال أداة تحديد أعمار الصخور التي تعلموها فقد لعب الاثنان أدواراً هامة في مختلف فرق البحث: فريق في الولايات المتحدة وفريق آخر في أستراليا عملا على دراسة انعكاس الحقل



برنت دلريمبل

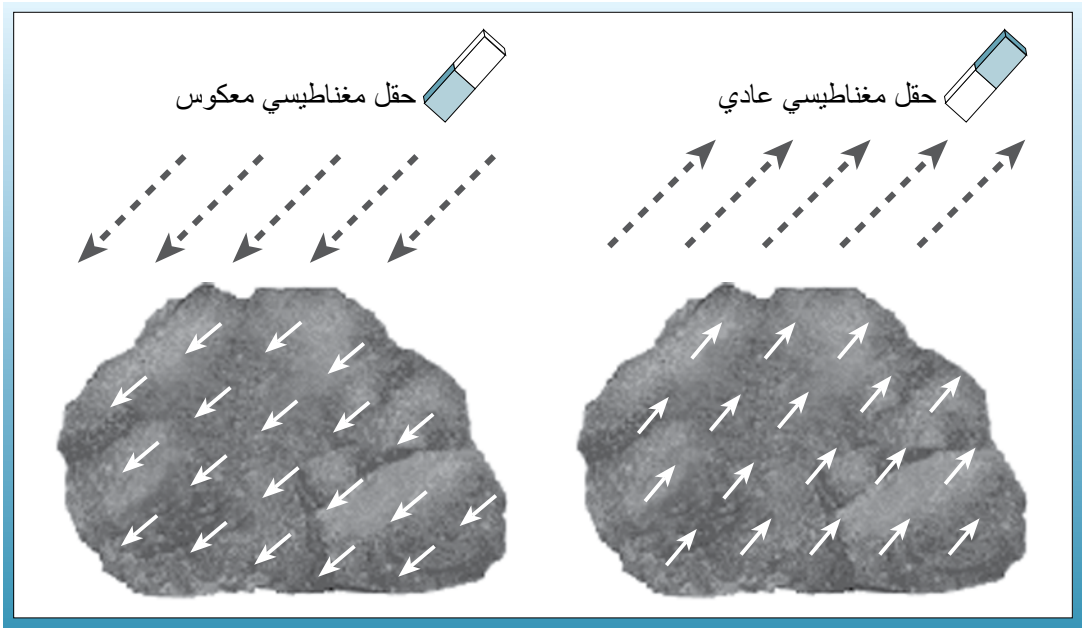
المغناطيسي للكرة الأرضية. لقد كانت أطروحة دلريمبل للدكتوراه طموحة للغاية: محاولة لتحديد زمن ارتفاع سلسلة جبال سييرا نيفادا في كاليفورنيا من خلال تحديد عمر المصبات البازلتية الموجودة على أسطح التآكل. في صيف 1961 وخلال رحلة لجمع عينات من صخر البازلت، قام دلريمبل بزيارة لمعكسر التعليم التابع لجامعة باركلي في جبال سييرا نيفادا وهناك التقى مع كوكس ودوال. ودار حديث ليلي بينه وبين كوكس مما أثار فضوله حول موضع الانعكاسات المغناطيسية.

واقترح كوكس ودوال على دلريمبل أن ينضم إلى مشروعهم البحثي. وقد تعثر مشروع مغناطيسية الصخور منذ بدايته بسبب ضغط العمل في مختبر تحديد أعمار الصخور وبسبب توترات نشبت بين أعضاء المعهد الجيولوجي. وتم التغلب على المشاكل في صيف 1964 مع تدشين خط تحديد أعمار الصخور بطريقة بوتاسيوم - أرغون التي ابتكرها دلريمبل في المختبر الباليومغناطيسي. كان برنت دلريمبل مسؤولاً عن تحديد أعمار الصخور التي قام كوكس ودوال بقياس حقولها المغناطيسية.

وبموازاة مشروع دراسة الانعكاسات المغناطيسية في المعهد الجيولوجي الأمريكي، انطلق مشروع بحثي مشابه في الجامعة الوطنية في مدينة كنبره في أستراليا. وفي المشروع الأسترالي برزت شخصيتان رئيسيتان وهما **أيان مكدويل** (Ian McDugal) الذي تخصص بتحديد أعمار الصخور في مختبر جامعة باركلي مع دليرمبل و**دونالد ترلينغ** (Donald Tarling) - وهو عالم جيوفيزياء كان يعمل في دراسة الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية.

وتنافس الفريق الأمريكي والفريق الأسترالي فيما بينهما في "سباق" لإعداد سلم زمني لانعكاس الحقل المغنطيسي للكرة الأرضية وانطلق فريقا العمل من **الافتراض الأساسي** الآتي: أ. الحقل المغناطيسي المنطبع في الصخرة يعكس الحقل المغناطيسي الذي كان قائماً عندماً تكونت الصخرة. ب. الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية ينعكس بطريقة دورية ، حيث تنعكس الأقطاب المغناطيسية.

الشمالي يصبح جنوبي والجنوبي يصبح شمالي. الصخور التي نشأت في الفترة التي كان فيها الحقل المغناطيسي طبيعي (كما هو في الحاضر) ستبدو فيها مغناطيسية طبيعية. والصخور التي نشأت في الفترة التي كان فيها الحقل المغناطيسي غير طبيعي ستبدو فيها مغناطيسية غير طبيعية (الرسم رقم 15).



الرسم رقم 15 - اكتساب الصخور لحقل مغناطيسي طبيعي وغير طبيعي، بحسب الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية أثناء تكوّن تلك الصخور

فرضية

فرضية البحث قالت أن هناك ارتباط بين عمر الصخرة وبين الحقل المغناطيسي المنطبع فيها. كان الحقل المغناطيسي في الصخور من نفس العمر متشابه (عادي أو معكوس) بغض النظر عن تركيبة المعادن في الصخرة وبغض النظر عن المكان الذي نتجت فيه الصخرة.

ريتشارد دوال

ريتشارد دوال يقيس اتجاه عينة بازلت تم حفرها لأجل قياس الباليومغناطيسية وتحديد العمر.

مشاهدة

تم قياس الحقل المغناطيسي في مئات العينات الصخرية من أماكن مختلفة وتم تحديد أعمارها. وفي الصخور التي كانت أعمارها متشابهة فعلاً كان فيها نفس الاتجاه المغناطيسي.

وعندما تأكدت فرضية البحث اتجه العلماء لبناء سلم زمني لانعكاسات الأقطاب المغناطيسية للكرة الأرضية.

استنتاج

بناء على المُكتشفات استنتجت فرق البحث أن الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية ينعكس من حين لآخر، وهذا ما يتجلى في انعكاس الأقطاب المغناطيسية.

ولهذا فإن الفرضية بشأن الانعكاسات المغناطيسية الذاتية في الصخور بفعل التغييرات الكيميائية هي فرضية غير صحيحة.

إعداد جدول زمني لانعكاسات الحقل المغناطيسي

الرسم رقم 16 يعرض معطيات المغناطيسية والأعمار التي تم قياسها في مصبات البازلت في جبل بركاني معين خلال البحث.

الرسم رقم 16 - مصبات البازلت في جبل بركاني التي تمغنطت بشكل غير طبيعي أو طبيعي، بحسب حالة الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية أثناء نتوج تلك الصخور.

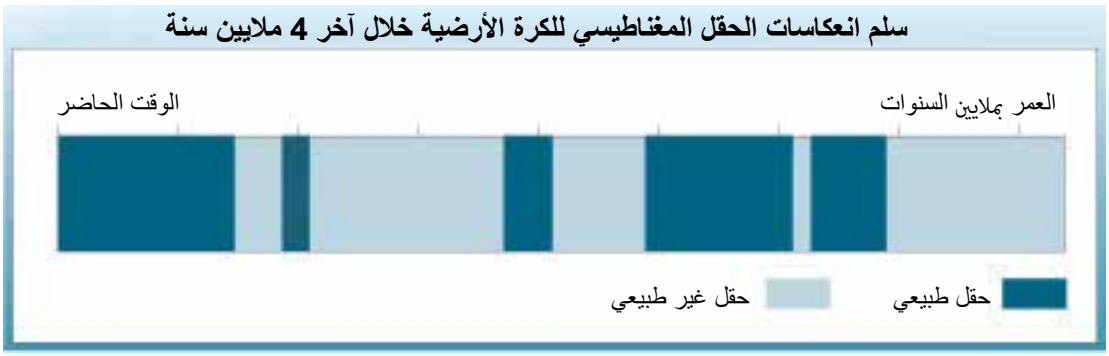
رسم

استخدموا المعطيات (الرسم رقم 16) لإعداد جدول زمني لانعكاس الأقطاب المغناطيسية للكرة الأرضية.

1. علموا محور زمني على الساق الطويل لمستطيل الجدول.
2. اكتبوا على محور الزمن عمر الصخور التي تم قياسها.
3. اكتبوا على محور الزمن الأوقات المفترضة التي حدثت فيها انعكاسات الأقطاب المغناطيسية.

4. علموا الفترات التي كان فيها الحقل المغناطيسي طبيعي وغير طبيعي بألوان مختلفة على سلم الزمن في الدليل.

وبطريقة مشابهة أعدت فرق البحث في الولايات المتحدة وفي أستراليا جداول لانعكاس الأقطاب المغناطيسية للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية. نشر الجدول الأول كوكس ودوال ودلريمبل في شهر حزيران 1963، وفي شهر تشرين أول من نفس السنة تم نشر الجدول الأول للفريق الأسترالي. وخلال السنوات الثلاث التي تلتها تم نشر عشرات الجداول الأخرى، حيث كان كل جدول أدق من سابقه. وكلما تراكمت المزيد من المعطيات صار بالإمكان التعرف بدقة أكبر على أوقات انعكاس الأقطاب والمدة التي كان فيها الحقل طبيعي أو معكوس. وتم تقسيم الجدول الزمني إلى فترات متواصلة كان فيها الحقل المغناطيسي طبيعياً أو معكوساً وكذلك لأحداث قصيرة الأمد كان فيها الحقل في حالة طبيعية أو معكوسة. الجدير ذكره أن آخر خمسة جداول زمنية (من اصل أحد عشر جدولاً تم نشرها خلال تلك السنوات) وكذلك الجدول الأول نشرها الفريق الأمريكي (كوكس ودوال ودلريمبل). والفريق الأمريكي هو أيضاً الفريق الذي تعرف على احداث الانعكاس القصيرة، بما فيها الحدث المعروف باسم "حدث جيرميلو" (THE JERMILLO EVENT) الذي تم التعرف عليه ونشره في شهر ايار 1966. وسُمي الحدث على اسم جدول في نيو مكسيكو، حيث أُخذت منه عينات صخور تبين فيها الحدث. اسمه باللغة الأسبانية "حارميو" (انظروا الرسم رقم 17). وكان لمعرفة حدث جرميلو تأثير حاسم على القبول بنظرية الصفائح التكتونية والتي سنتحدث عنها لاحقاً.



الرسم رقم 17 - جدول انعكاسات الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في آخر 4 ملايين سنة كما شخصه ونشره الفريق الأمريكي في عام 1966.

إن اكتشاف انعكاس أقطاب الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية والتوصل إلى إمكانية التعرف على مواقيت الإنعكاس بشكل دقيق كانت عاملاً رئيسياً لفك ألغاز مُكتشفات مبهمة من قاع المحيط.

توسيع لهذه الفعالية يتوفر في برنامج التعليم "الألواح التكتونية" في الموقع:

http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

فعّالية رقم 5

لغز في قاع المحيط

في بداية سنوات الخمسينات من القرن العشرين بدأت مجموعات مختلفة من علماء الجيوفيزياء والأوقيانوغرافيا دراسة منهجية للسلاسل المحيطية التي تم اكتشافها قبل ذلك بمدة قصيرة. في عام 1953 تم التبليغ لأول مرة عن انحراف في قوة الحقل المغناطيسي لقاع المحيط في سلسلة في وسط المحيط الأطلسي. - في عام 1957 تم التبليغ عن مُكتشفات شبيهة كذلك في خليج عدن وفي أماكن أخرى على السلسلة المحيطية.

ميسون وراف

شخصيات

رونالد ميسون - عالم جيوفيزياء من جامعة لندن تمت دعوته للعمل باحثاً ضيفاً في معهد الأوقيانوغرافيا الأمريكي - سكريبس. قام ميسون بتركيب ماغنومترات على سفن البحث التابعة للمعهد لأجل جمع معطيات عن الحقل المغناطيسي لقاع المحيط.

أرثور راف - خبير إلكترونيات كان يعمل في معهد سكريبس. - ومنذ عام 1952 كان يعاون ميسون على تركيب وتشغيل المغنومترات.

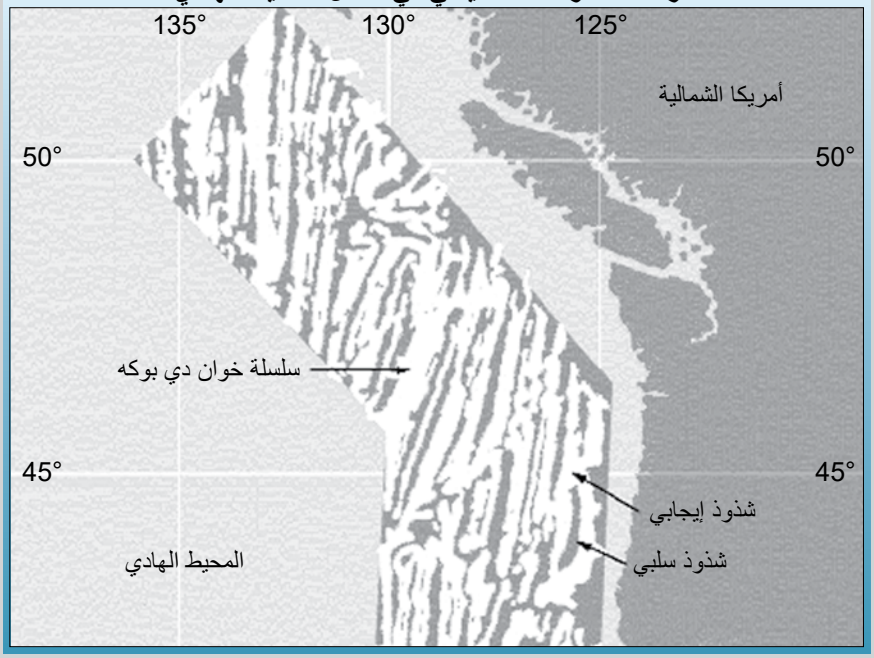
- في عام 1955 انضم ميسون وراف لسفينة الأبحاث بيونير، حيث كانت تقم بمسح شريط عرضه 550 كيلومتر في المحيط الهادي، إلى الغرب من شواطئ الولايات المتحدة. وأبحرت السفينة على عرض الشريط ذهاباً وإياباً لمسافات بطول ما يقارب 15 كيلومتر. وخلال إبحارها كانت السفينة تجر ماغنومتر يقوم بقياس قوة الحقل المغناطيسي.

مشاهدة

ودلت المعطيات التي تم جمعها بان صخور قاع المحيط ممغنطة بأشرطة ضيقة وطويلة ومتواصلة على مدى مئات آلاف الكيلومترات. وفي جزء من الأشرطة تم قياس قوة مغناطيسية أعلى من القوة المتوقعة للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في هذا المكان، وكانت القوة في أقسام أخرى أقل من القوة المتوقعة. هذه الانحرافات عن القوة المتوقعة للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية في مكان معين تُسمى **ظواهر مغناطيسية شاذة**. حين تكون قوة الحقل التي تُقاس أعلى من المتوقع فهي تُسمى **شذوذ إيجابي**، وحين تكون قوة الحقل اقل من المتوقع فتُسمى **شذوذ سلبي**.

- في عام 1956 عاد ميسون إلى لندن وتابع راف جمع المعطيات على سفينة بيونير. وحين عرض راف المعطيات على المسؤولين عنه في سكريبس، رفضوها باستهزاء: "لا بد أنه خطأ ما، الجهاز أخطأ بالتأكيد". في عام 1961 نشر ميسون وراف المعطيات التي جمعوها على امتداد شواطئ شمال غرب الولايات المتحدة في منطقة السلسلة المحيطية خوان دي بوكه. الشذوذات المغناطيسية تُنتِج شكل شبيه بخطوط الحمار الوحشي - أشرطة شذوذ إيجابية وسلبية بالتناوب (انظروا الرسم رقم 18). عرض شريط الشذوذ يتغير من كيلومترات معدودة حتى 80 كيلومتر.

خارطة الشذوذ المغناطيسي في شمال المحيط الهادي



الرسم رقم 18 - نموذج خطوط الحمار الوحشي للشذوذ المغناطيسي كما نشرها ميسون وراف في عام 1961.

حين اكتشفت ظاهرة الشذوذ المغناطيسي في قاع المحيط اعتقد الجميع أنها لغز حقيقي.

أسئلة

1. كيف يمكن باعتقادكم أن نشرح الشذوذات المغناطيسية التي تم قياسها في قاع المحيط؟

_____

_____

تم فيما بعد جمع مُكتشفات أخرى على أشرطة الشذوذ المغناطيسي في قاع المحيط الهندي وفي المحيط الأطلسي إلى الجنوب من أيسلاندا.

واين وماتيوس

(وبالتزامن معهم كذلك **موريلي** - راجعوا "تفاصيل أخرى" لاحقاً)

شخصيات

درموند ماتيوس - عالم جيوفيزياء من جامعة كيمبريج. قام بقياسات جيوفيزيائية مفصلة جداً في سلسلة كارلسبرغ في شمال غرب المحيط الهندي. ومن جملة ذلك قام ماتيوس بمسح مفصل لأشرطة الشذوذ المغناطيسية في سلسلة كارلسبرغ.

فريد واين - طالب بحث لدى ماتيوس في كيمبريج، قام بمعالجة المعطيات بواسطة برامج كمبيوتر ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد.

مشاهدة

أ. أشرطة الشذوذ المغناطيسي في قاع المحيط موازية للسلسلة في وسط المحيط.

ب. أشرطة الشذوذ المغناطيسي متناظرة من جهتي مركز السلسلة. كل جهة هي انعكاس مرآة للجهة الأخرى.

استعينوا بمُكتشفات ماتيوس وواين وحاولوا حل لغز الشذوذ المغناطيسي في قاع البحر (من المحبذ الرجوع للخلف في الكتاب ومراجعة نظرية تمدد قاع المحيط التي وضعها هس، ومراجعة اكتساب الصخور للحقل المغناطيسي).

2. هل تعتقدون أن نشوء الشذوذ المغناطيسي مرتبط بالعمليات التي تتم في السلسلة الموجودة وسط المحيط؟ اشرحوا.

---

3. ما هو النظام الذي قد يؤدي إلى نشوء الشذوذ المغناطيسي

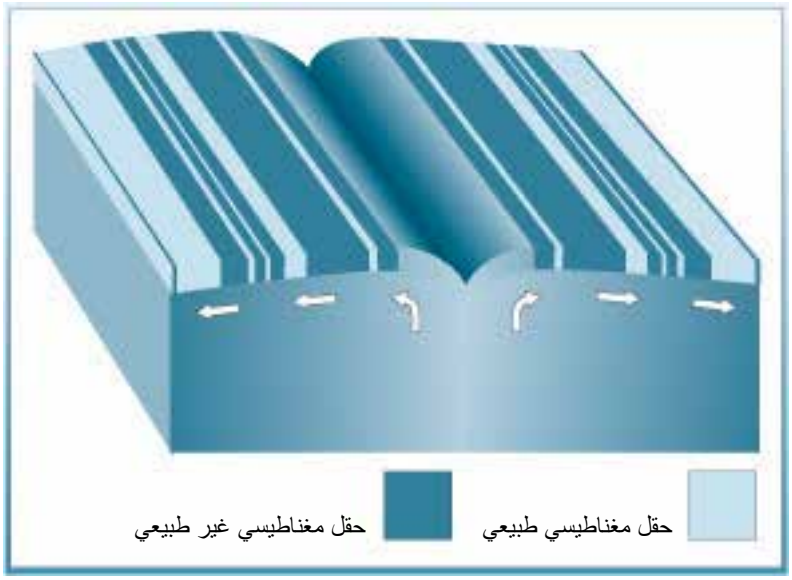
فرضية

- في عام 1963 افترض واين وماتيوس فرضية بعيدة المدى تربط بين نظرية تمدد قاع المحيط التي وضعها هس وانعكاسات الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية من جهة وبين نشوء أشرطة الشذوذ المغناطيسي في قاع المحيط.

تفاصيل مثيرة للاهتمام:

- كان واين مطلعاً على نظرية هس قبل أن يتم الإعلان عنها رسمياً، وذلك حين كان هيس يمكث في كيمبريج.
- وبالتزامن معهم طرح كذلك لورانس موريلي من المعهد الجيولوجي الكندي نفس الفرضية لكن المقال الذي حاول نشره تأخر نشره بسبب محرري النشرة العلمية الفصلية التي أرسل إليها المقال. ولهذا فقد حظي وايت وماتيوس بنشر الفرضية قبله.

تأملوا في الرسم رقم 19 الذي يعرض فرضية واين وماتيوس وموريلي.



الرسم رقم 19 - نشوء الشذوذ المغناطيسي في قاع المحيط

أسئلة

4. هل يؤكد الرسم 19 أم يفند الفرضية التي طرحتموها في السؤال 3؟ إذا لا، فاستعينوا بالمعلومات الظاهرة في الرسم لكي تفترضوا مرة أخرى ما هو النظام الذي يسبب نشوء الشذوذ المغناطيسي في قاع المحيط.

_____

_____

_____

5. ماذا كانت تعليقات المجتمع العلمي حسب رأيكم على الفرضية التي طرحها واين وماتيوس وموريلي؟

_____

في تلك الفترة كان معظم أفراد المجتمع العلمي الأمريكي يتمسكون بنظرية ثبات القارات وأحواض المحيطات. وهكذا وبالرغم من شيوع نظرية "الحركة" في كيمبريج في بريطانيا، إلا أن معظم العلماء رفضوا فرضية واين وماتيوس وموريلي.

تطور العلم

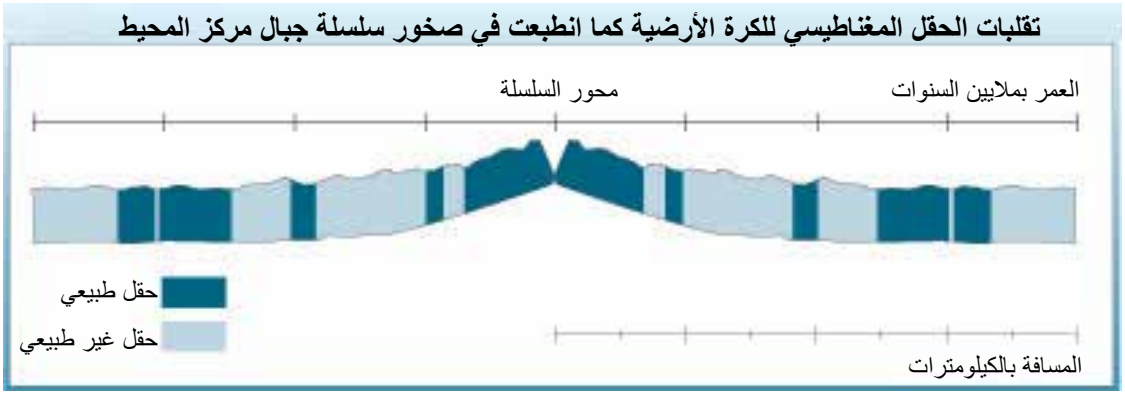
تطور العلم

- بدأ التغيير يلوح في الأفق في عام 1966.

في تلك السنة نشر دوال ودلريمبل **حدث جيرميلو** على جدول الانعكاسات المغناطيسية رقم 11. وفي الوقت ذاته، إنما بتأخير طفيف تم رصد هذا الحدث كذلك بواسطة مجموعة من الباحثين في معهد لامونت للأبحاث في جامعة كولومبيا في نيويورك. وهذه المجموعة برئاسة **نيل أوفديك** رصدت الانعكاسات المغناطيسية في المسح المغناطيسي لقاع المحيط في جنوب المحيط الهادي من سفينة الأبحاث "ألتنين" وكذلك من خلال اختبارات باليومغناطيسية تم إجرائها في عينات تم أخذها من الحفريات في البحر العميق.

فريد واين مع عالم الجيولوجيا الكندي **توزو ويلسون** فحصا المعطيات التي جمعها ميسون وراف من سلسلة خوان دي بوكه، في حين كان ويلسون في إجازة في كيمبريج. وعندما تم نشر جدول الانعكاسات المغناطيسية رقم 11 لدوال ودلريمبل، وجدواتطابقاً دقيقاً بينه وبين الشذوذ المغناطيسي في السلسلة (انظروا الرسم رقم 20).

تقلبات الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية كما انطبعت في صخور سلسلة جبال مركز المحيط



الرسم رقم 20

وحين تبين تطابق معطيات الانعكاسات المغناطيسية من ثلاثة مصادر مختلفة: الشذوذ في قاع المحيط، ومن صخور الحفريات في البحر العميق، فقد اعتقد علماء الجيولوجيا أن هذا يدعم نظرية تمدد قاع المحيط التي وضعها هس ويدعم فرضية واين وماتيوس وموريلي:

- قاع المحيط يتمدد من السلاسل المحيطية.
- قاع المحيط الجديد ينشأ بفعل نشاط مغناطيسي في السلاسل المحيطية.
- الانعكاسات المغناطيسية للكرة الأرضية تنطبع وتُحفظ في صخور قاع المحيط أثناء العملية.

والمرحلة القادمة: إذا كان قاع المحيط يتمدد فعلاً فإن القارة يمكن أن تتزحزح!!
وهكذا أدت مجموعات من المكتشفات من مجالات مختلفة وعديدة إلى حدوث انقلاب: تشكل وقبول النظرية المقبولة في أيامنا هذه:
الالواح التكتونية أو نظرية حركة الالواح الأرضية.

رابط لموقع إنترنت

توسيع لهذه الفعالية يتوفر في برنامج التعليم "الالواح التكتونية" في الموقع:
http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth

فعالية رقم 6 - مشاهدة فيلم

مبنى الكرة الأرضية

"أسرار الكرة الأرضية"- جوف الكرة الأرضية (من الدقيقة 18:00 - 27:30)

بعد مشاهدة مقطع الفيلم أجيبوا عن الأسئلة التالية:

(من المحبذ قراءة الأسئلة قبل مشاهدة الفيلم والبحث عن الأجوبة أثناء مشاهدة الفيلم!).

1. ما هو الشرح الذي يقدمه الفيلم لظاهرة "الشفق القطبي" (المُسمى في الفيلم "أورورا")؟

_____

_____

2. منذ عام 1832 خفتت قوة الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية بنسبة 5% -

بحسب الفيلم، ما هو الشرح المقبول لهذا الاكتشاف؟

_____

_____

الفصل السادس
نظرية الالواح المتحركة

فعّالية رقم 1: الالواح التكتونية

فعّالية رقم 2: عمر قاع المحيط

الفعّالية رقم 3: النظام الذي يُحرك الالواح

الفعّالية رقم 4: نقاط ساخنة (HOT SPOTS)

الفعّالية رقم 5: نقاط ساخنة

فعالية رقم 6: مسطحات بانيوف وأداتي

فعالية رقم 7: تكتونية الالواح ودورة الصخور

تكتونيات الالواح - نظرية الالواح المتحركة

لقد تعلمنا أن معطيات الباليومغناطيسية دعمت نظرية تمدد قاع المحيط التي وضعها هِس:

مقاطع غلاف الأرض الصخري تتحرك باستمرار باتجاه بعضها البعض.

وينتج قاع جديد للمحيط من خلال عملية ماغماتية في السلاسل المحيطية.

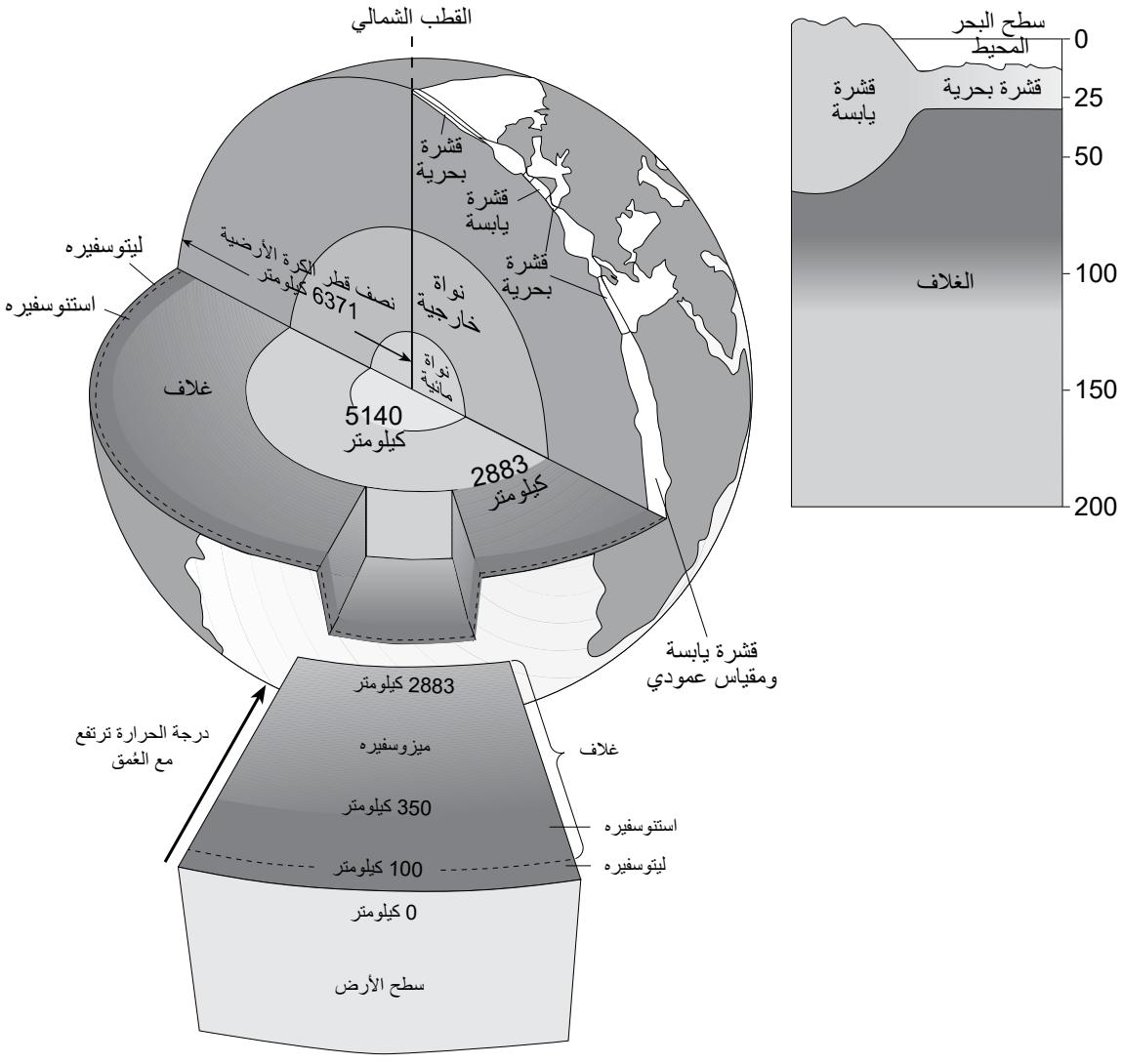
لقد تم توحيد نظرية هس هذه مع المكتشفات الجديدة في نظرية موسعة سُميت تكتونية الالواح أو نظرية الالواح المتحركة.

فعّالية 1

الالواح التكتونية

القشرة الخارجية الرقيقة للكرة الأرضية تُسمى **ليتوسفيره** (غلاف الأرض الصخري) وتتكون هذه الطبقة من صخور صلبة مقسمة إلى **الواح** (مقاطع ليتوسفيره) وتتحرك باستمرار تجاه بعضها البعض.

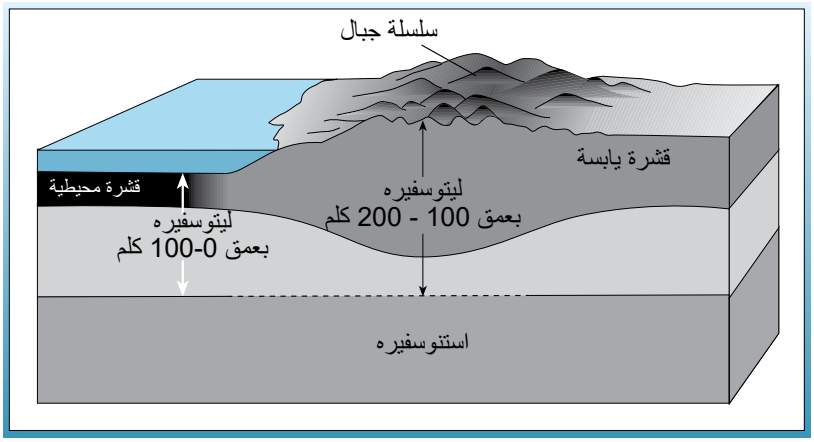
الرسم رقم ١ يعرض مختلف الطبقات التي تتكون منها الكرة الأرضية.



رسم رقم 1

تنقسم الليتوسفيره إلى نوعين: ليتوسفيره محيطية وليتوسفيره أرضية.

وتحت طبقة الليتوسفيره تقع طبقة **الأستنوسفيره (الغلاف المَوْرِي)** (انظروا الرسم رقم ٢).



رسم رقم 2

1. ماذا برأيكم يجب أن تكون خصائص طبقة الاستنوسفيره الموجودة تحت طبقة الليتوسفيره لكي تستطيع الواح الليتوسفيره أن تتحرك عليها؟

_____

_____

طبقة الاستنوسفيره (استنوس باليونانية = متقلقل، ضعيف) تتكوّن بالأساس من الصخور البلاستيكية التي تتصرف كالسائل الصمغي. وكما يبدو فإن ضعف هذه الطبقة هو ما يسمح بحركة الواح الليتوسفيره الموجودة فوقها.

تتكون الليتوسفيره من ١٣ جزءً اساسياً تُسمى الالواح (Plates).

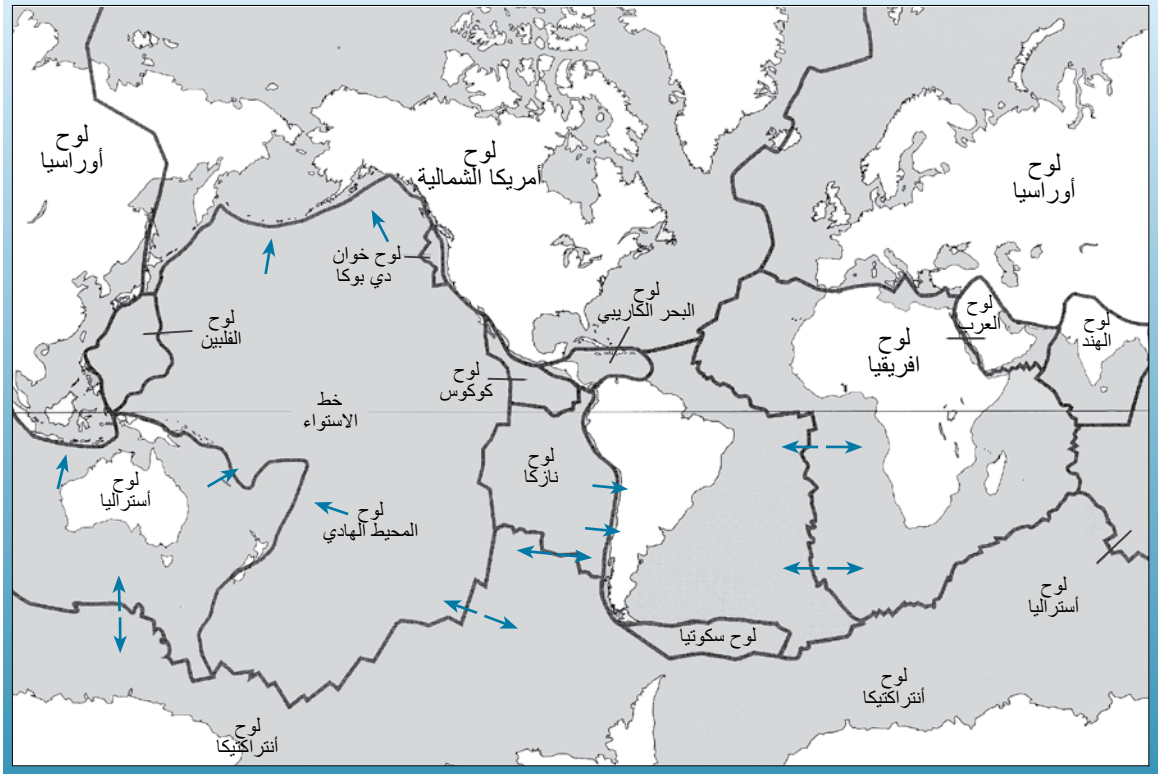
2. أتعتقدون أن الواح الليتوسفيره مسطحة أم معوجة (مثل قشرة البيضة المكسرة)؟ اشرحوا:

_____

أمامكم قائمة تشمل الالواح الثلاثة عشر الأساسية:

لوح أوراسيا (أوروبا - آسيا)	لوح أمريكا الشمالية	لوح أمريكا الجنوبية	لوح البحر الكاريبي
لوح أفريقيا	لوح أنتراكتيكا	لوح سكوتيا	لوح العرب
لوح الفلبين	لوح نازكا	لوح خوان دي بوكا	لوح كوكوس
لوح أستراليا - الهند			

خارطة الالواح التكتونية



رسم رقم 3

3. تمعنوا في خارطة الالواح (الرسم رقم 3) وراجعوا تقسيم المحيطات واليابسة بين مختلف الالواح. (ضعوا دائرة حول الإجابات المناسبة).

أ. معظم الالواح تتكون من أراضي يابسة / محيطات / أراضي يابسة ومحيطات .

ب. هناك الواح مكونة من يابسة / محيط فقط. أعطوا مثالاً لثلاثة الواح من هذا النوع:

_____

4. هل تعتقدون أن جميع الالواح لها نفس السُمك؟(رمز: تمعنوا في الرسم رقم 1)

_____

5. هل يجوز أن يتغير السُمك في لوح واحدة؟ (رمز: تمعنوا في الرسم رقم 2 وفي خارطة الالواح)

_____

6. ما هو العامل الذي يحدد سُمك الالواح؟

_____

بما أن الالواح التي تتحرك هي الواح صلبة، فإن المسافة بين أي نقطتين على اللوح تظل كما هي، أما المسافة بين نقطتين على الواح مختلفة فإنها تتغير مع حركة الالواح. تظهر في الرسم رقم ٤ خارطة وفيها مدن لندن ونيو يورك ودنفر.

رسم رقم 4

7. استعينوا بخارطة الالواح (الرسم رقم 3) لكي تحددوا فيما إذا كانت المسافات بين المدن الثلاث تتغير.

أ. المسافة بين دنفر ونيويورك تتغير / تظل ثابتة

اشرح: _____

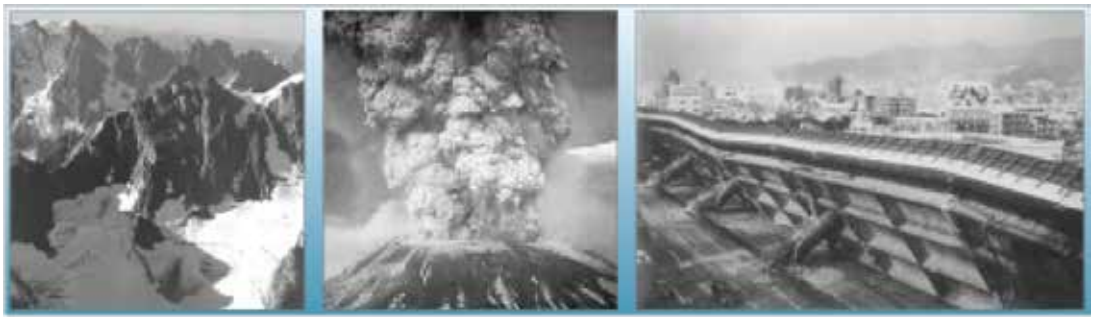
ب. المسافة بين لندن ونيويورك تتغير / تظل ثابتة

اشرح: _____

ج. المسافة بين دنفر ولندن تتغير / تظل ثابتة

اشرح: _____

سلاسل الجبال، الزلازل، الجبال البركانية والالواح التكتونية



1. هل تعتقدون أن هناك علاقة بين امتداد سلاسل الجبال العالية وانتشار مراكز الزلازل والجبال البركانية على وجه الكرة الأرضية (تلك التي فحصتموها في الفصل الأول، الفعّالية رقم 3) وبين الالواح التكتونية؟ خمنوا واشرحوا:

_____

_____

2. تمعنوا مرة أخرى في خارطة انتشار سلاسل الجبال والزلازل والجبال البركانية (الفصل الأول) وقارنوا بينها وبين خارطة الالواح (الرسم رقم 3). ما هو المُكتشف الأبرز من هذه المقارنة؟

_____

_____

3. اكتبوا استنتاجاً ينبع من هذا المُكتشف:

_____

_____

4. ارسموا دائرة حول التتمة المناسبة للجملة الآتية:

المناطق التي تتركز فيها ظواهر جيولوجية أصلها من القوى الباطنية هي:

مراكز الالواح التكتونية / مناطق الحدود بين الالواح التكتونية

فعّالية 2

الحدود بين الالواح

الالواح التكتونية تتحرك باستمرار.

الحدود بين الالواح تتحدد بحسب اتجاه الحركة النسبي لكل زوج من الالواح المتجاورة:

أ. حدود تداخل - حين تتحرك الصفيحتين الواحدة باتجاه الأخرى.

ب.حدود حركة تباعدية - حين تتحرك الالواح باتجاهات معاكسة وتبتعد عن بعضها البعض. وتُسمى أيضاً حدود التباعد.

ج. حدود الحركة الأفقية - حين تتحرك الالواح بموازاة بعضها البعض. وتُسمى أيضاً حدود التحوُّل.

القسم الأول - حدود التداخل

هناك ثلاثة أنواع محتملة من حدود التداخل:

1. تداخل الواح يابسة
2. تداخل لوح محيط ولوح يابسة
3. تداخل لوحي محيط.

أ. تداخل الواح اليابسة

1. تصوروا ما هي العمليات التي تحدث في مناطق تداخل الواح اليابسة وما هي الظواهر الجيولوجية التي من المتوقع أن نجدها هناك:

_____

_____

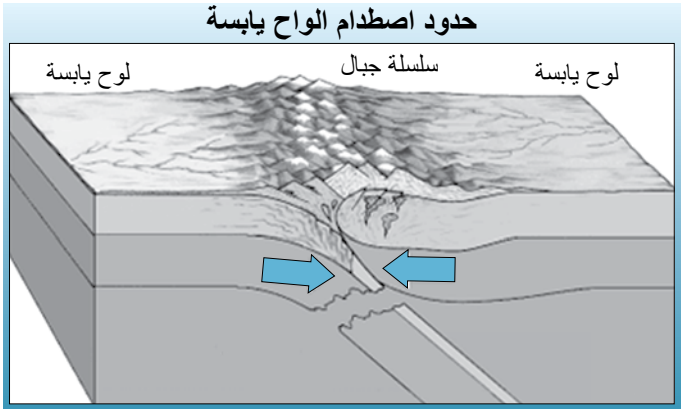
أسئلة

2. اعرضوا تصوركم بواسطة رسم تخطيطي:

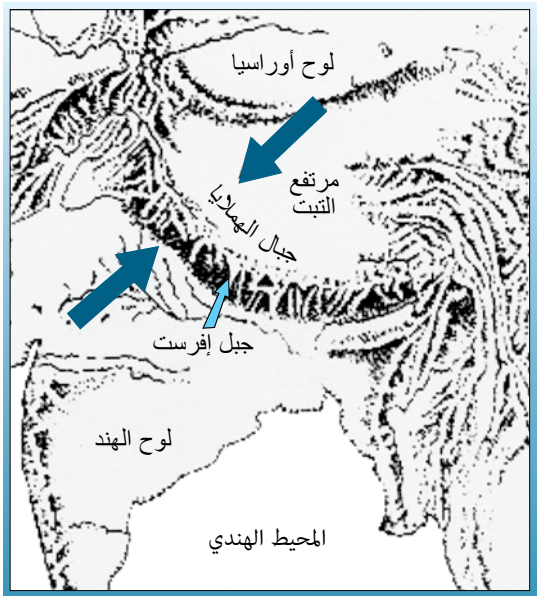
3. علموا بقلم رصاص اسود على خارطة الالواح (الرسم رقم 3، صفحة 143) مناطق تداخل الواح اليابسة.

تصادم اليابسات: يحدث تصادم اليابسات حين تتداخل لوحي يابسة.

4. تمعنوا الآن في الرسم رقم 5 الذي يعرض مقطعاً في منطقة تصادم اليابسات وقارنوه بالرسم الذي رسمتموه في السؤال 2. هل يؤكد ما تصورتم؟ يؤكد / لا يؤكد



رسم رقم 5



الرسم رقم 6 ترتفع سلسلة جبال الهملايا نتيجة اصطدام لوح الهند مع لوح أوراسيا

ب. تداخل لوح محيط ولوح يابسة

فرضية

1. تصوروا ما هي العمليات التي تحدث في مناطق تداخل لوح محيط ولوح يابسة وما هي الظواهر الجيولوجية التي من المتوقع أن نجدها في تلك المناطق (تذكروا أن الليتوسفيره المحيطية أثقل من الليتوسفيرة اليابسة).

_____

_____

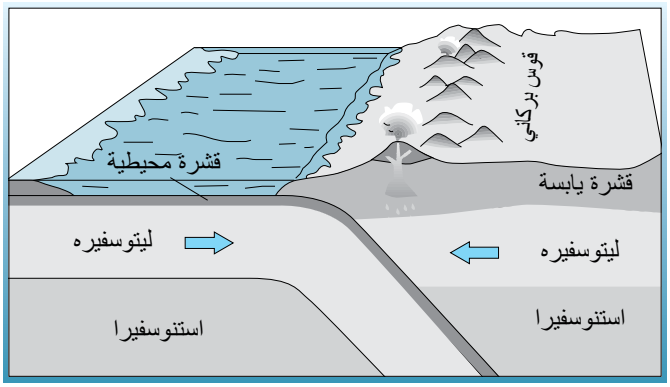
أسئلة

2. اعرضوا تصوركم بواسطة رسم:

3. علموا على خارطة الالواح (الرسم 3، صفحة 143) مناطق تداخل لوح محيط مع لوح يابسة بقلم رصاص أحمر.

4. تمعنوا الآن في الرسم رقم 7 الذي يعرض مقطعاً من منطقة تداخل لوح محيط ولوح يابسة وقارنوها بالرسم الذي رسمتموه في السؤال رقم 2.

هل يؤكد ما تصورتم؟ يؤكد / لا يؤكد



رسم رقم 7

قمم جبال الأنديز في البيرو (أمريكا الجنوبية)

رسم رقم 8

قناة اندساس: عند اصطدام لوح يابسة بلوح محيطية. اللوح المحيطية التي تكون كثافة صخورها أعلى تنثني تحت اللوح اليابسة التي تكون كثافة صخورها أقل وتعود للاندساس في الغلاف. وهذه العملية تُسمى **قناة اندساس**. تتطور قناة الاندساس بالطريقة التالية: هبوط اللوح السفلية يولد قوى قطع تجذب اللوح العُليا إلى داخل الكرة الأرضية (مثل الشق الذي تُحدثه السكينة حين نغرزها في مرطبان عسل).

سلسلة جبال: إذا اصطدم لوح يابسة بلوح محيط فإن اللوح محيط ترتفع لتكون سلسلة جبال على أطراف لوح اليابسة بموازاة قناة الاندساس (انظروا الرسم رقم 7 - 8).

5. حاولوا ان تتصوروا لماذا ترتفع سلسلة جبال في منطقة داخل اللوح محيط مع لوح اليابسة.

_____

_____

قوس بركاني: تنبعث من اللوح الهايط مواد متطايرة (أغلبها مياه) وتسبب انخفاض حرارة الانصهار في اللوح العلوية. والماغما التي تنتج في اللوح العلوية ترتفع للأعلى. وقليل من الماغما تدخل إلى الغشاء الذي فوقها وتُنتج صخور بلوتونية، في حين يبرز بعضها على شكل سرب من الجبال البركانية. وهذا السرب يُسمى **قوس بركاني**.

ج. تداخل لوحي محيط.

فرضية

1. تصوروا ما هي العمليات التي تحدث في مناطق تداخل الالواح محيط وما هي الظواهر الجيولوجية التي نتوقع وجودها في تلك المناطق.

_____

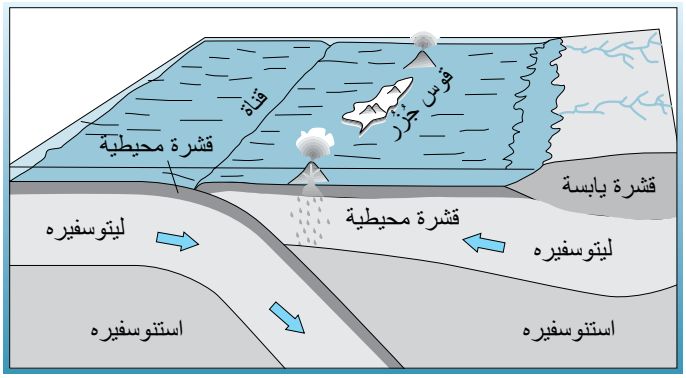
_____

أسئلة

2. اعرضوا تصوركم بواسطة رسم:

3. علموا بقلم رصاص أزرق على خارطة الالواح (الرسم رقم 3، صفحة 143) مناطق تداخل الالواح المحيطية.

4. تمعنوا الآن في الرسم رقم 9 الذي يعرض مقطعاً في منطقة تداخل الواح محيطية وقارنوه بالرسم الذي رسمتموه في السؤال 2. هل يؤكد ما تصورتم؟ أحيطوا بدائرة. يؤكد / لا يؤكد



الرسم رقم 9 - تداخل الالواح المحيطية

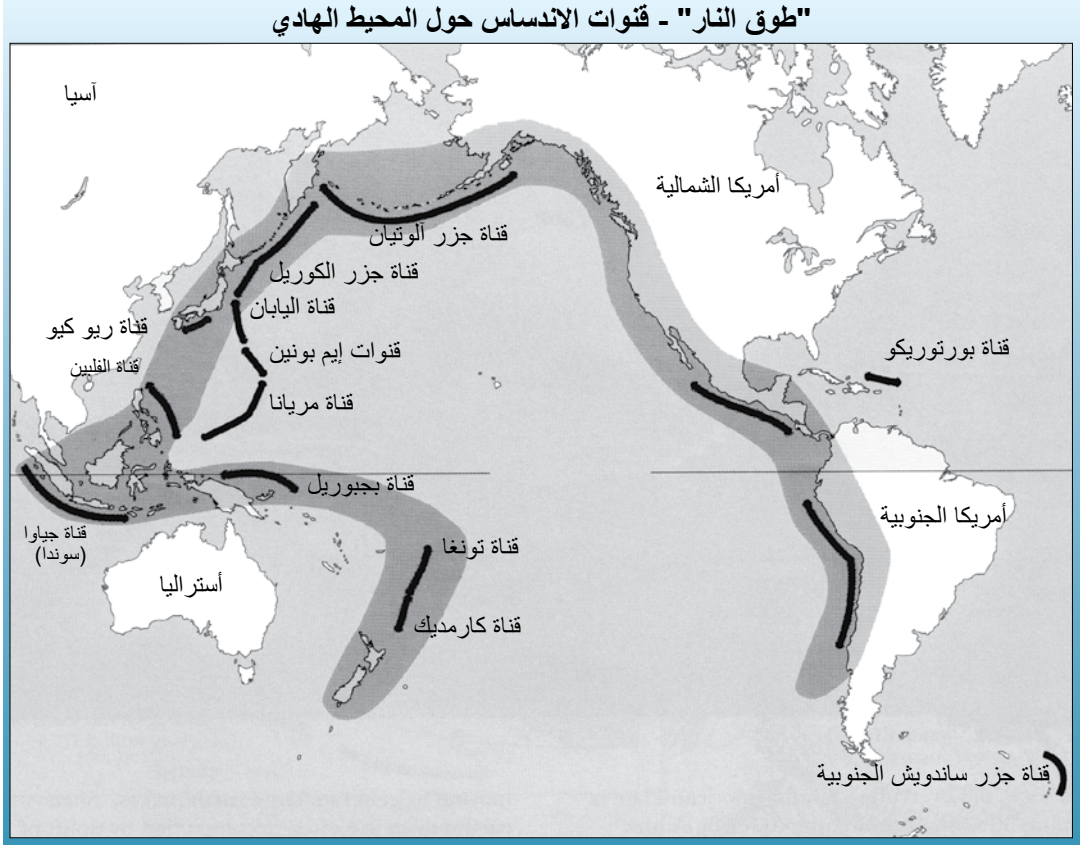
انفجار بركان بينتوبو (Pinatubo) في الفلبين في 12 حزيران 1991

الرسم رقم 10 - جزر الفلبين هي قوس جزر بركانية يقع بمحاذاة منطقة اندساس لوح الفلبين تحت لوح أوراسيا. جبل فينتوبو البركاني هو أحد الجبال البركانية النشطة في تلك الجزر. وقد أثر انفجاره في عام 1991 على مناخ العالم بأسره.

وتنتج قناة اندساس كذلك عند تصادم لوحي محيط. تنثني لوح منها تحت الأخرى وتعود للاندساس في غلاف الكرة الأرضية. وهذه العملية تؤدي إلى نشوء **قناة اندساس** بالطريقة التالية: هبوط اللوح السفلية يولد قوى قطع تجذب اللوح العُليا إلى داخل الكرة الأرضية (مثل الشق الذي تُحدثه السكينة حين نغرزها في مرطبان عسل).

قوس الجزر: تنبعث من الالواح الهابطة مواد متطايرة (أغلبها مياه) وتسبب انخفاض حرارة الانصهار في اللوح العلوية. والماغما التي تنتج في اللوح العلوية ترتفع للأعلى وتبرز على هيئة سرب من الجبال البركانية. وتطل الجبال البركانية من فوق سطح الماء وتتحول إلى جزر. وسرب الجزر هذا بمحاذاة منطقة الاندساس يُسمى **قوس جزر** (انظروا الرسم رقم 9-10).

"طوق النار": المحيط مطوق بثلاث مناطق اندساس من ثلاث جهات: الشمال والشرق والغرب. شريط الجبال البركانية التي تكونت في مناطق الاندساس هذه تُعرف بتسميتها "طوق النار" (انظروا الرسم رقم 11).



الرسم رقم 11

تلخيص حدود تداخل الالواح:

فرضية

1. تصوروا ما هو نوع الانكسارات التي تميز مناطق تداخل الالواح. أحيطوا بدائرة واشرحوا.

كسور انشدادية / كسور ضغط/ كسور حركة أفقية

---

2. تصوروا ماذا يحدث لسُمك غشاء الكرة الأرضية في مناطق تداخل الالواح. أحيطوا بدائرة واشرحوا.

يزداد سُمك الغشاء/ لا يتغير / يصغر

القسم الثاني - حركة تباعدية

في نظرية **تمدد قاع المحيط** قال هاري هس إن قاع المحيط ينتج في _____
وهناك أيضاً يحدث انفتاح وابتعاد بين مقاطع الليتوسفيره المحيطية

1. تصوروا ما هي العمليات التي تحدث في مناطق التباعد بين الالواح وما هي الظواهر الجيولوجية التي من المتوقع أن نجدها في تلك المناطق..

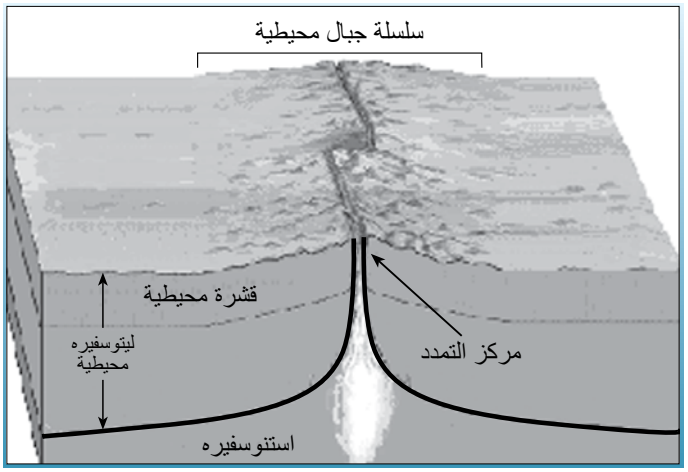
_____

_____

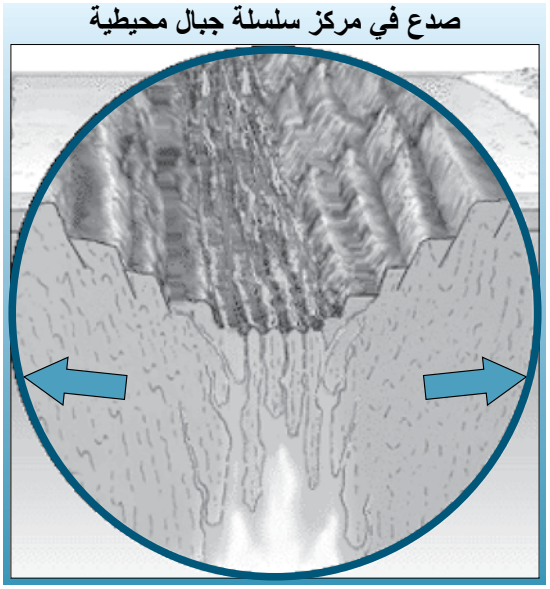
2. اعرضوا تصوركم بواسطة رسم:

3. علموا بقلم الرصاص الأصفر على خارطة الالواح
(الرسم رقم 3، صفحة 143) مناطق تباعد.

4. تمعنوا الآن في الرسمين رقم 12 و 13 التي تعرض مقاطع من سلسلة محيطية وقارنوها بالرسم الذي رسمتموه في السؤال 2.
هل يؤكد ما تصورتم؟ أحيطوا بدائرة. يؤكد / لا يؤكد

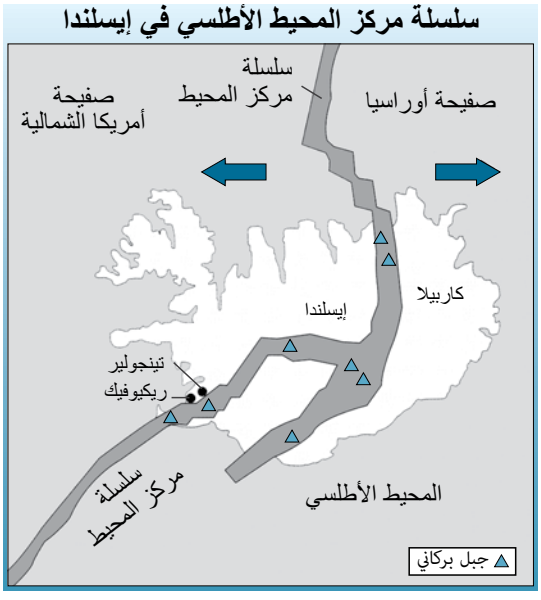


الرسم رقم 12 - مقطع عرضي لسلسلة جبال محيطية،

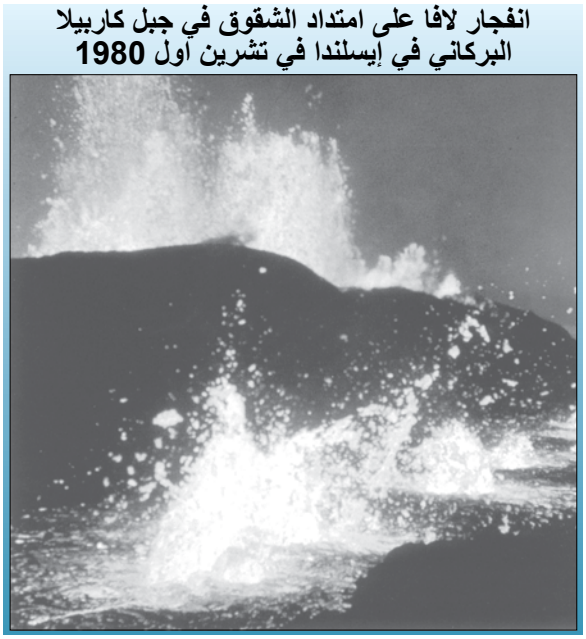


الرسم رقم 13 - مقطع على عرض الصدع المركزي في سلسلة محيطية. يحدث على طول هذا الصدع انفتاح بين الألواح وابتعادها عن بعضها البعض.

سلسلة مركز المحيط الأطلسي هي حدود الانفتاح بين الالواح. وعلى امتداده تبتعد لوح أوراسيا ولوح أمريكا الشمالية عن بعضها البعض (في شمال المحيط الأطلسي). وجزيرة ايسلندا تقع تماماً على ظهر سلسلة مركز المحيط الأطلسي. وفي إيسلندا تنكشف سلسلة مركز المحيط الأطلسي فوق سطح الماء (الرسم رقم 14).



الرسم رقم 14 - جزيرة إيسلندا تقع على ظهر سلسلة مركز المحيط الأطلسي، تماماً في المكان الذي تبتعد فيه لوح أمريكا الشمالية ولوح أوراسيا عن بعضها البعض.



الرسم رقم 15 - النشاط البركاني في جبل كاربيلا البركاني في إيسلندا يعبر عن النشاط في سلسلة مركز المحيط. وهنا تبرز سلسلة مركز المحيط على سطح الجزيرة.

أسئلة

1. لماذا تحدث انفجارات بركانية في إيسلندا؟

شقوق تينجولير

المكان الذي تنكشف فيه سلسلة جبال مركز المحيط الأطلسي في إيسلندا

الرسم رقم 16 - نستطيع في إيسلندا إلقاء نظرة على سلسة مركز المحيط. وفي المكان الذي تبرز فيه السلسلة على سطح الجزيرة نجد شقوق عميقة.

2. ما هي برأيكم هذه الشقوق وكيف تكوّنت؟

(رمز: في حركة تباعدية هناك نظام قوى شد)

صدع - حركة تباعدية يابسة بين الالواح

حدود التباعد بين الالواح يمكن أن تمر كذلك من اليابسة. إذا مرت حدود التباعد بين لوحين في الليتوسفيره اليابسة فيتكوّن صدع. هناك تشابه بين الظواهر الجيولوجية في صدع اليابسة وبين السلاسل المحيطية.

1. الظواهر الجيولوجية التي نتوقع وجودها في صدوع اليابسة هي (أحيطوا بدائرة واشرحوا):

أ. كسور ضغط / كسور شد

_____

ب. تثخّن غشاء الكرة الأرضية / ترقق غشاء الكرة الأرضية

_____

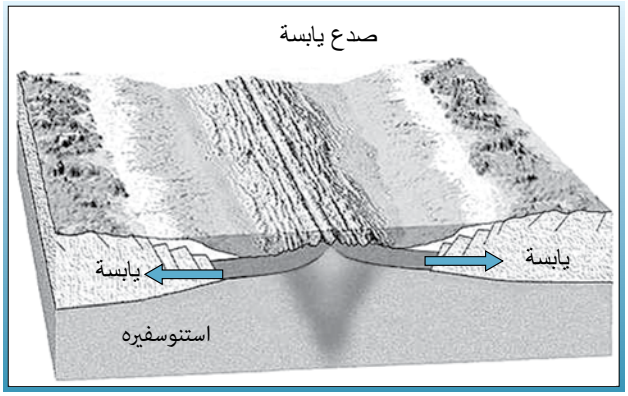
ج. نشاط بركاني نعم / لا

_____

د. زلازل نعم / لا

_____

2. حين تمر حدود التباعد بين الالواح عبر اليابسة فإنها تشق اليابسة إلى مقطعين يبتعدان عن بعضهما البعض إلى جوانب الصدع (الشق) الذي يبدأ بالتكون. ماذا يتكون حسب رأيكم في المنطقة الفاصلة بين المقطعين إذا استمرت عملية التباعد؟ (رمز: الرسم رقم 17).



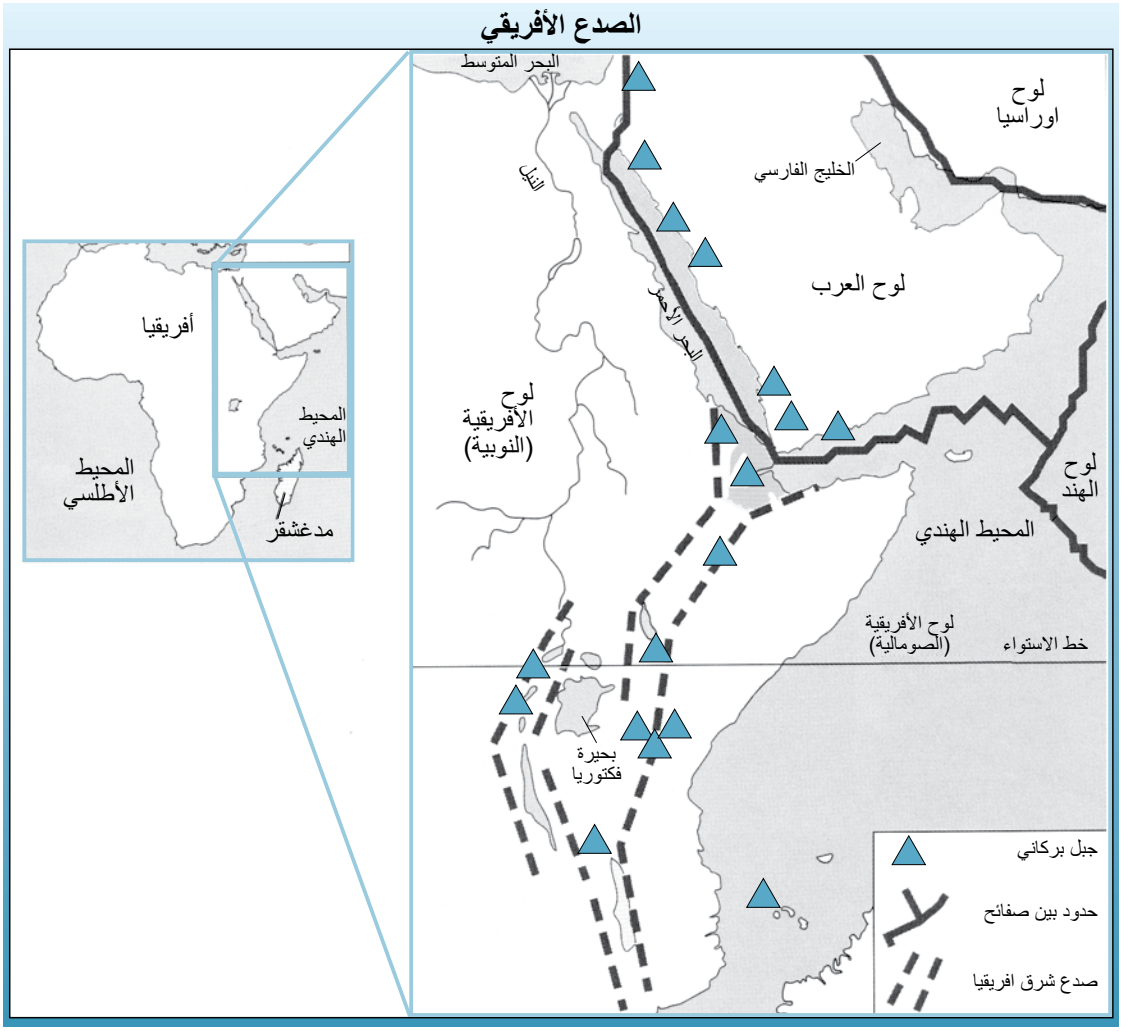
الرسم رقم 17 - سلسلة مركز المحيط تتكون في مركز الصدع الذي يشق اليابسة إلى يابستين جديدتين.

الشق السوري الأفريقي

يوجد في شرق أفريقيا شق يابسة هائل. وتحديداً هي منظومة من الشقوق المنتمية إلى بعضها البعض (انظروا الخارطة في الرسم رقم 18). وعلى طول هذا الشق يبدأ فصل قارة أفريقيا. القرن الأفريقي (لوح الصومال الثانوية) ينفصل عن باقي أفريقيا (اللوح النوبي).

رسم

علموا على الخارطة اتجاه حركة اللوح الافريقي - الصومالية واتجاه حركة اللوح الأفريقية - النوبية بالنسبة إلى بعضهما البعض.



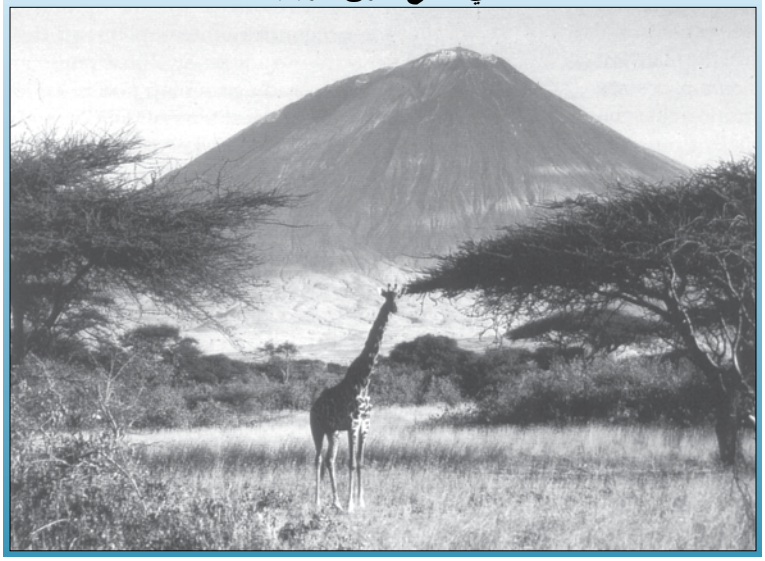
الرسم رقم 18 - في شرق أفريقيا، إلى الجنوب من البحر الأحمر، توجد منظومة شقوق كبيرة جداً وتُعرف باسم "الشق السوري الأفريقي". وعلى امتداد منظومة الشقوق هذه تنفصل اللوح الأفريقية إلى لوحين ثانويتين تبتعدان عن بعضهما البعض.

أسئلة

وعلى امتداد الشق الأفريقي يوجد عدد من الجبال البركانية النشطة (انظروا الرسم رقم ١٩ و ٢٠).

ما الذي يدل عليه هذا النشاط البركاني حسب رأيكم؟

جبل أولدينيو لينجاي (Oldoinyo Lengai) البركاني في صدع شرق أفريقيا



الرسم رقم 19

فوهة جبل Erta Ale البركاني في أثيوبيا

الرسم رقم 20

مناطق تباعد - تلخيص

أسئلة

1. تصوروا ما هو نوع الانكسارات التي تميز مناطق تباعد وابتعاد الالواح. أحيطوا بدائرة واشرحوا.

كسور انشداد / كسور ضغط/ كسور حركة أفقية

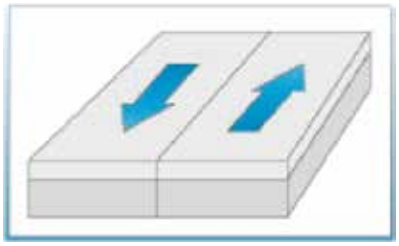
2. تصوروا ماذا يحدث لسُمك غشاء الكرة الأرضية في مناطق تباعد. أحيطوا بدائرة واشرحوا.

يزيد سُمك الغشاء / لا يتغير / يترقق

3. استخدموا المصطلحات من القائمة التالية لتلخيص العمليات التي تحدث في مناطق التباعد.

مناطق التباعد	تبتعد	الواح	يابسة
يابسات	انشقاق	ترقق	ليتوسفيره
شد	كسور انشداد	بركانية	تيارات حمل
تباعد القارات	محيط	سلسلة مركز المحيط	ليتوسفيره محيطية

القسم الثالث - حدود الحركة الأفقية



فرضية

1. تصوروا ما هي العمليات التي تحدث في مناطق حدود الحركة الأفقية وما هي الظواهر الجيولوجية التي نتوقع العثور عليها في تلك المناطق.

_____

_____

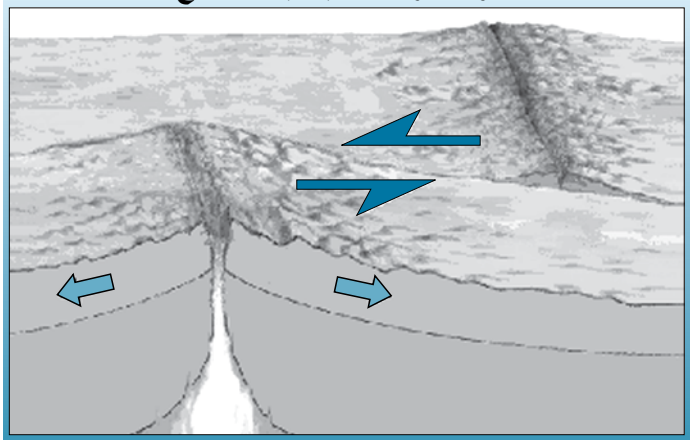
رسم

2. اعرضوا تصوركم بواسطة رسم:

3. علموا بقلم رصاص أخضر على خارطة الالواح (الرسم 3، صفحة 143) حدود الحركة الأفقية.

4. تمعنوا الآن في الرسم رقم 21 الذي يعرض منطقة حدود الحركة الأفقية بين الالواح وقارنوها بالرسم الذي رسمتموه في السؤال رقم 3. هل يؤكد تصوراتكم؟ يؤكد / لا يؤكد

حدود الحركة الأفقية بين الصفائح

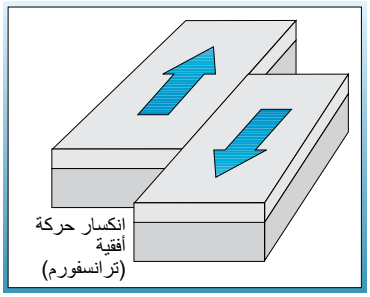


الرسم رقم 21 - حدود الحركة الأفقية بين الالواح.

في هذه الحالة يفصل الحد بين مقطعين من سلسلة مركز المحيط.

انتبهوا: حدود الحركة الأفقية الظاهرة في الرسم رقم 21 تربط بين حديّ تباعد. حدود الحركة الأفقية في هذه الحالة تنقل حركة تباعد من مكان إلى مكان آخر.

مناطق الحركة الأفقية بين الالواح موجودة أيضاً في القارات. في منطقتنا يوجد شق البحر الميت.



5. تمعنوا في خارطة الالواح (الرسم رقم 3، صفحة 143) وحددوا بين أي لوحين يفصل شق البحر الميت.

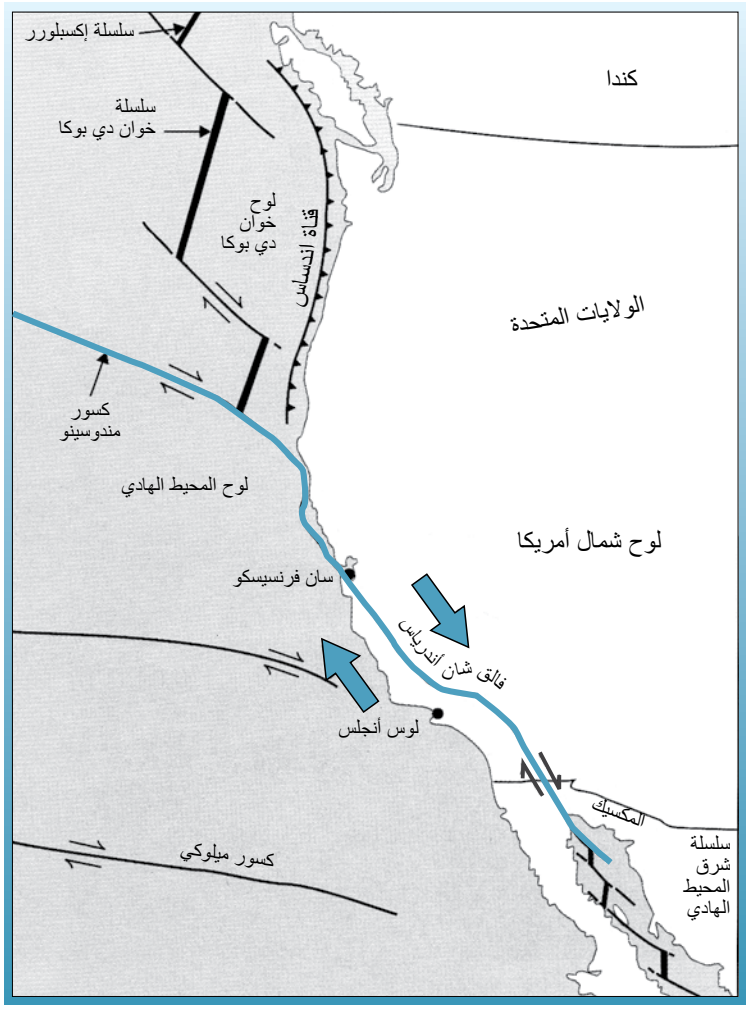
_____

6. تمر في غرب الولايات المتحدة حدود حركة أفقية بين لوحين هائلتين وهو معروف باسم فالق سان أندرياس (الرسم رقم 22). بين اي لوحين يفصل فالق سان أندرياس؟

_____

7. تمعنوا في صورة فالق سان أندرياس (الرسم رقم 23). هل يتكون في منطقة الفالق نتوء شديد البروز في المنظر الطبيعي؟ (للمقارنة: فكروا بالنتوء الذي ينتج في مناطق اصطدام القارات).

_____



الرسم رقم 22 - فالق سان أندرياس - حدود الحركة الأفقية بين الالواح.

انتبهوا:

فالق سان أندرياس الذي يظهر في الرسم رقم 22 هو حدود حركة أفقية يربط بين حدي تباعد.

فالق سان أندرياس ينقل حركة الانفتاح من سلسلة محيطية إلى سلسلة محيطية أخرى.

فالق سان أندرياس ينقل حركة انفتاح من سلسلة _____ إلى سلسلة _____ .

الرسم رقم 23 - حدود الحركة الأفقية بين الالواح - فالق سان أندرياس في كاليفورنيا.

8. ما هي وظيفة حدود الحركة الأفقية؟ (استعينوا بالرسمين رقم 21 و 22 وبالملاحظات المُرفقة بها).

_____

9. ما أنواع الكسور التي تُميز حدود الحركة الأفقية بين الالواح. أحيطوا بدائرة واشرحوا.

كسور انشداد / كسور ضغط/ كسور حركة أفقية

_____

10. تصوروا ماذا يحدث لسمك الغشاء في حدود الحركة الأفقية بين الالواح. أحيطوا بدائرة واشرحوا.

سمك الغشاء: يزداد / لا يتغير / يترقق

_____

11. لقد تعرفتم على شق البحر الميت في الجولات التعليمية التي قمتم بها سابقاً. هل تعتقدون أن شق البحر الميت نتج فقط عن انكسارات حركة أفقية؟ اشرحوا:

_____

فعالية رقم 3 - مشاهدة فيلم

النظام الذي يُحرك الالواح

"أسرار الكرة الأرضية" - حركة الالواح (الدقائق من 40:40 حتى 51:00)

أسئلة

بعد مشاهدة مقطع الفيلم أجيبوا عن الأسئلة التالية:

(من المحبذ قراءة الأسئلة قبل مشاهدة الفيلم والبحث عن الأجوبة أثناء مشاهدة الفيلم!).

1. هل هناك إجماع بين العلماء بالنسبة للنظام الذي يُحرك الالواح؟

_____

2. ما هي الأنظمة الثلاثة المحتملة لتحريك الالواح كما ورد ذكرها في الفيلم؟

_____

_____

_____

3. تحدث الفيلم عن مصدرين للحرارة الداخلية في الكرة الأرضية، ما هما؟

_____

_____

4. ما هي المواضيع التي لا تزال موضع خلاف بالنسبة لنظرية تزحزح القارات؟

_____

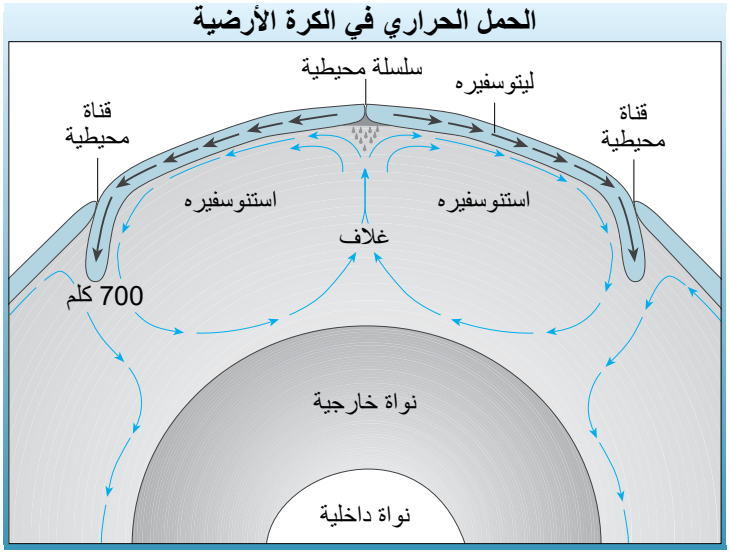
_____

5. ما هو الدليل الذي ورد ذكره قبيل نهاية الفيلم بالنسبة لوجود خلط (حمل حراري) داخل الكرة الأرضية؟

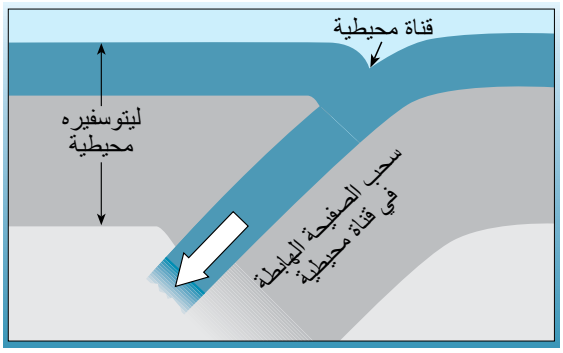
_____

_____

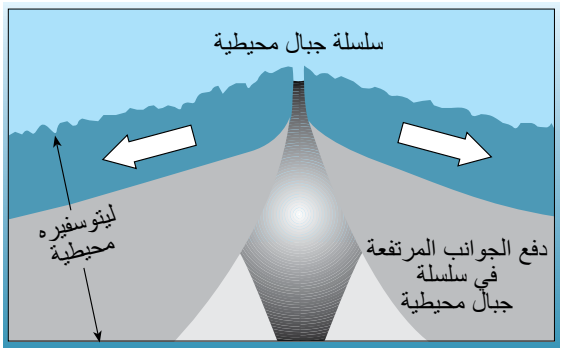
النظام الذي يُحرك الواح الليتوسفيره: 1. تيارات الحمل الحراري في غلاف الكرة الأرضية، وهي تيارات تُحرك مقاطع الليتوسفيره وكأنها تسير على شريط متحرك (انظروا الرسم رقم 24). 2. قوة جاذبية الكرة الأرضية التي تشد للأسفل أطراف الالواح التي تهبط في القنوات المحيطية (الرسم رقم 25). 3. قوة جاذبية الكرة الأرضية التي تشد للأسفل الأطراف المرتفعة من سلاسل مركز المحيط، وهكذا تدفع الالواح (الرسم رقم 26).



الرسم رقم 24



الرسم رقم 25 - شد لوح تهبط في قناة محيطية



الرسم رقم 26 - دفع الألواح المرفوعة في سلسلة محيطية

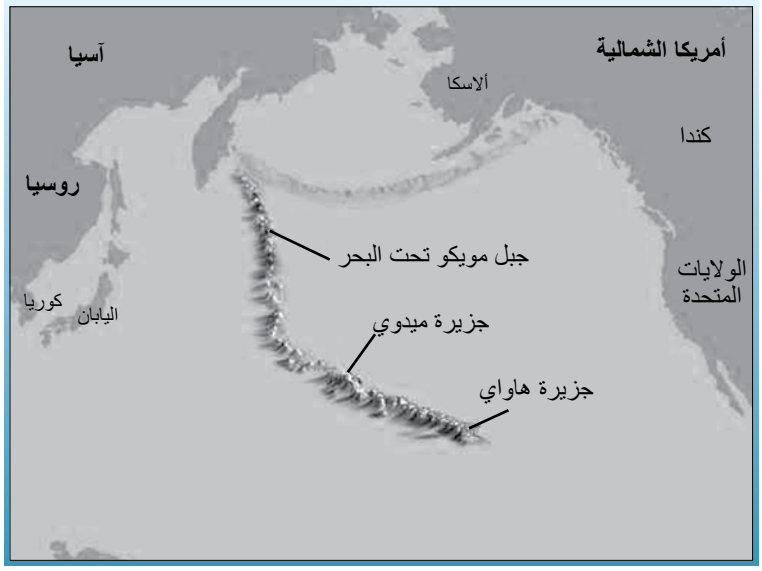
فعالية رقم 4

نقاط ساخنة (HOT SPOTS)

مشاهدة

توجد في المحيط سلاسل جزر بركانية وسلاسل جبال بركانية تحت الماء، وتمتد هذه السلاسل على طول آلاف الكيلومترات.

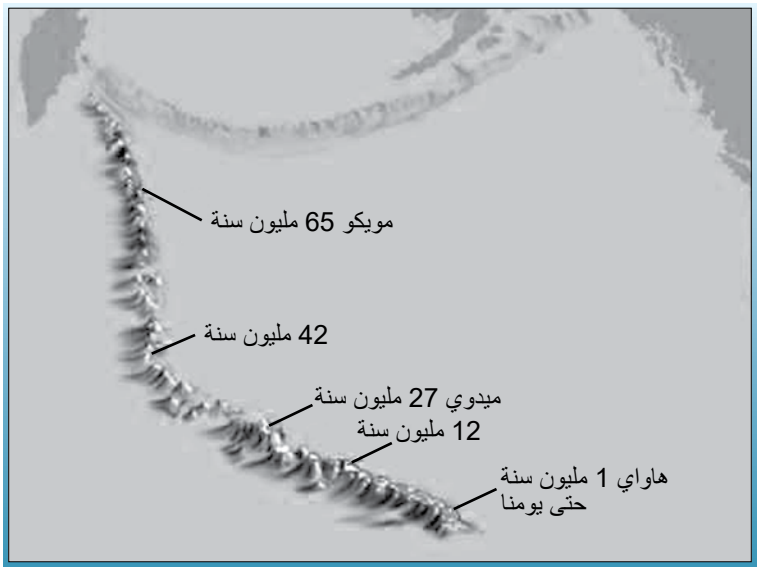
جزر هاواي في مركز المحيط الهادي هي جزء من سلسلة طويلة جداً تشمل جبال إمبيرور البركانية تحت الماء (الرسم رقم 27).



الرسم رقم 27 - سلسلة الجزر والجبال تحت المائية المُسماة هاواي إمبيرور.

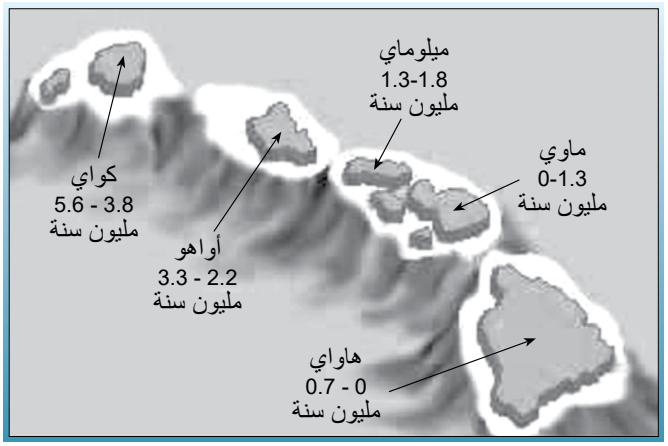
حين تم فحص عمر صخور البازلت في تلك الجبال البركانية تبين أن هناك قانون يحكم عمر الصخور في مختلف جبال تلك السلسلة.

تمعنوا في الرسم رقم 28 (في الصفحة التالية) الذي يعرض عمر الصخور في السلسلة وصفوا العلاقة بين عمر الصخور وبين موقع الجبل البركاني في السلسلة.



الرسم رقم 28 - عمر الصخور في سلسلة هاواي- إمبيرور.

وقد تم اكتشاف نظام مشابه لعمر الصخور في جزر هاواي ذاتها (انظروا الرسم رقم 29).



الرسم رقم 29 - عمر صخور البازلت في جزر هاواي.

أسئلة

أ. اعتمدوا على المُكتشفات لمحاولة تخمين كيف تكوّنت سلسلة الجبال البركانية هاواي- إمبيرور.

تذكروا: 1. تتألف السلسلة من جبال بركانية بعضها تظهر كجُزُر وبعضها تحت الماء.

2. السلسلة بأكملها موجودة في لوح المحيط الهادي.

اكتبوا تصوراتكم بالتفصيل لاحقاً.

ب. خططوا تجربة تمثيلية لفحص تصوراتكم بالنسبة لتكوّن سلسلة هاواي -إمبيرور.

تذكروا: 1. من المفروض أن تقوم التجربة التمثيلية بتجسيد تكوّن السلسة وفقاً لتصوراتكم.

2. يجب أن تكون التجربة بسيطة قدر الإمكان ويجب أن تكون المعدات اللازمة لإجرائها بسيطة وفي متناول اليد في الصف أو في المختبر.

أ. المَعدات اللازمة:

ب.سير التجربة:

ج. نفذوا التجربة التي خططتموها.

د. صفوا نتائج التجربة:

هـ قوموا بملائمة مركبات التجربة التمثيلية مع الظواهر الطبيعية التي تمثلها تلك المركبات:

مركبات التجربة التمثيلية	الظواهر الطبيعية

و. أجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. أتعتقدون أن نتائج التجربة تؤكد أم تُفنّد تصوراتكم بالنسبة لتكوُّن سلسلة الجبال البركانية البحرية هاواي-إمبيرور؟ اشرحوا.

_____

_____

2. لا بد أنكم قد انتبهتم لنقطة التغيير في اتجاه سلسلة الجبال البركانية (بين جزيرة ميدوي وبين الجبل التحت مائي يويكو - الرسوم 27 و 28). هل يقدم التصور الذي اقترحتموه وقُمتم بفحصه في التجربة التمثيلية شرحاً لتغيير الاتجاه هذا؟

نعم / لا (أحيطوا بدائرة).

3. إذا أجبتم لا عن السؤال السابق، فتصوروا كيف نتج هذا التغيير في اتجاه السلسلة.

_____

_____

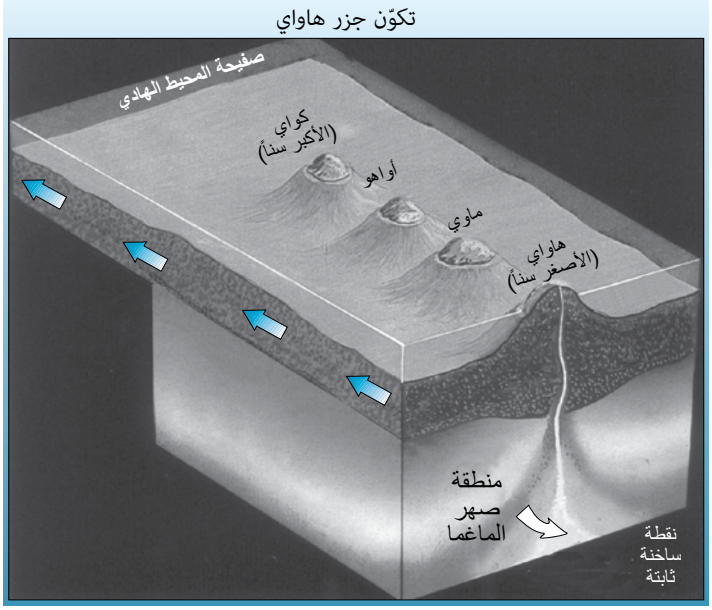
4. تدخلت في تكوين سلسلة الجبال البركانية البحرية هاواي- إمبيرور:

أ. عامل يتحرك: _____

ب. عامل ثابت (مستقر): _____

يعرض الرسم رقم 30 طريقة تكوّن جزر هاواي.

توجد تحت جزر هاواي نقطة ساخنة ثابتة في مكانها، أما لوح المحيط الهادي فإنها تتحرك فوقها؟

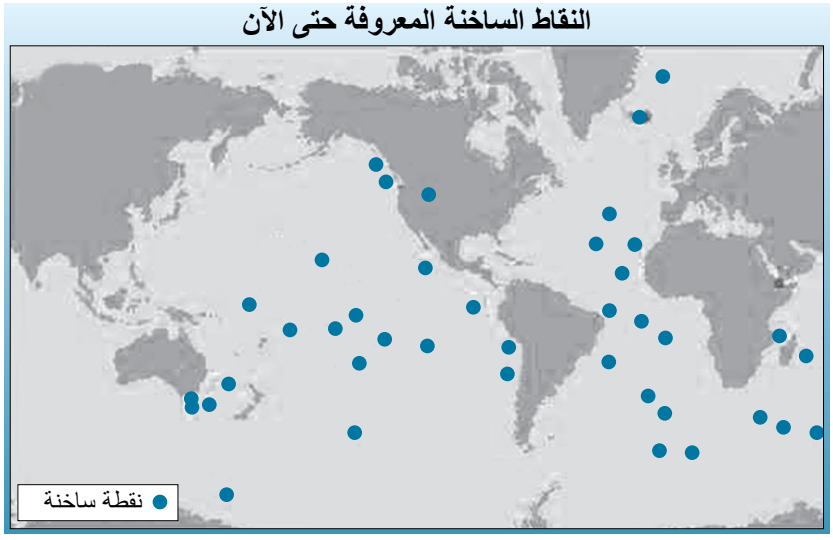


الرسم رقم 30

نقاط ساخنة

الفكرة المقبولة اليوم هي أن النقاط الساخنة موجودة في مناطق تخرج منها مادة ساخنة من الحدود بين نواة الكرة الأضية وغلافها (Mantle Plume). هذه المادة الساخنة مسؤولة عن الانصهار وعن الانفجارات البركانية فوق النقاط الساخنة.

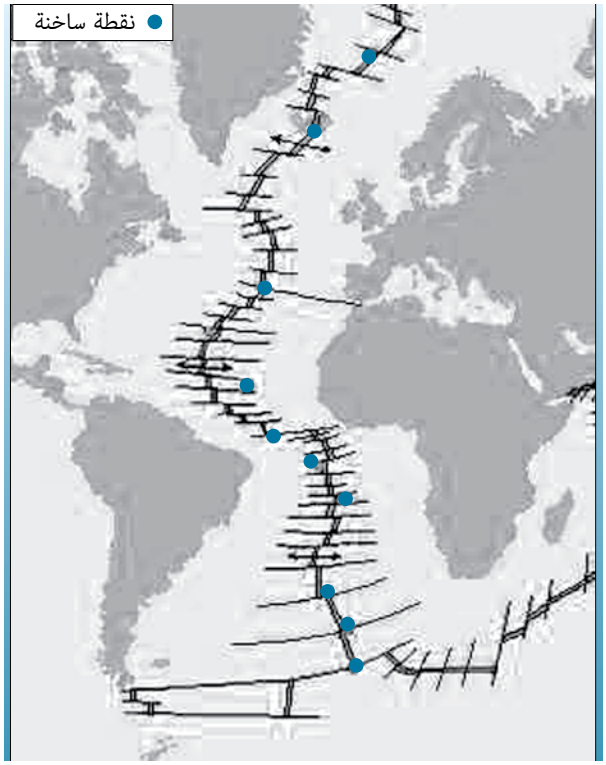
لقد تم حتى الآن اكتشاف أكثر من خمسين نقطة ساخنة (الرسم رقم 31).



الرسم رقم 31

مشاهدة

تحت سلسلة مركز المحيط الأطلسي توجد حوالي اثنتي عشر نقطة ساخنة (انظروا الرسم رقم 32).



الرسم رقم 32 - نقاط ساخنة في المحيط الأطلسي

5. أتعتقدون أن من الجائز أن هناك علاقة بين موقع سلسلة مركز المحيط الأطلسي وبين مواقع النقاط الساخنة؟ اشرحوا.

_____

_____

لتلخيص الموضوع نعود إلى **سلسلة هاواي- إمبيرور**:

6. ماذا كان اتجاه حركة لوح المحيط الهادي حين تكوّن جبل سويكو تحت البحر (انظروا الرسم 27 في صفحة 165)؟

_____

7. ما هو اتجاه حركة لوح المحيط الهادي اليوم؟

_____

سلاسل الجزر والجبال تحت البحرية هي مثال على ظواهر كانت معروفة لكن غير مفهومة في السابق والتي جاءت نظرية تزحزح القارات لشرحها.

فعالية رقم 5 - مشاهدة فيلم

نقاط ساخنة

"أسرار الكرة الأرضية" - جوف الكرة الأرضية (الدقائق 51:00 - 57:00)

أسئلة

بعد مشاهدة مقطع الفيلم أجيبوا عن الأسئلة التالية:

(من المحبذ قراءة الأسئلة قبل مشاهدة الفيلم والبحث عن الأجوبة أثناء مشاهدة الفيلم!).

1. هل "انبعاثات الغلاف" (Mantle Plumes) المسؤولة عن النقاط الساخنة تتحرك باستمرار أم هي ثابتة في مكانها؟

_____

_____

2. ما هي الأسئلة المفتوحة التي ورد ذكرها في الفيلم ولا تتوفر إجابة عنها حتى الآن؟

_____

_____

3. ما هو "الجيوت" (Guyots) (جبل الطاولة) وما هي مراحل تكوّنه؟

_____

_____

4. ما هي "الآتولات" (Atoles) (الشعاب الحلقية)؟

_____

_____

فعالية رقم 6

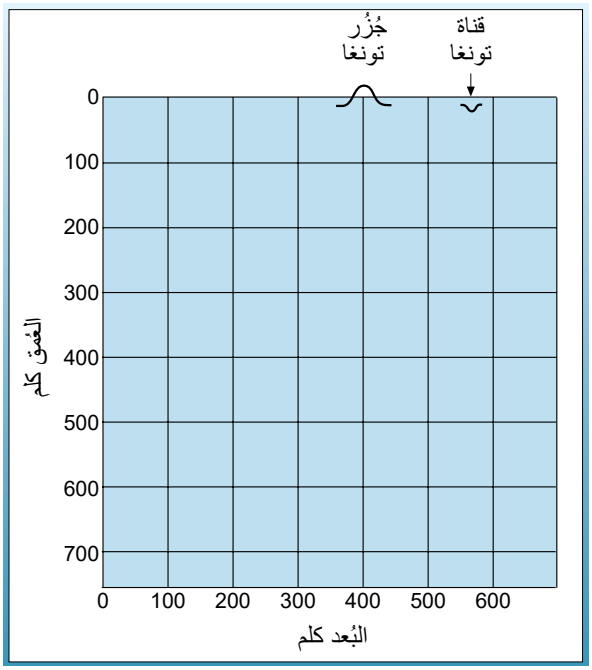
مسطحات بانيوف وأداتي

مشاهدة

في الجدول أمامكم معطيات عن موقع مراكز الهزّات الأرضية التي حدثت في منطقة جُزُر تونغا في المحيط الهادي. لكل هزة أرضية تمت كتابة عُمق المركز وبُعده عن نقطة تنسيب معينة.

المركز	العمق (كلم)	البُعد (كلم)
غير عميق	50	520
عميق	650	50
عميق	500	200
متوسط	200	450
غير عميق	20	610
متوسط	250	375
عميق	575	100
عميق	425	250
متوسط	125	500
متوسط	350	310

وفي الرسم على الصفحة التالية مقطع من غشاء الكرة الأرضية في منطقة جُزُر تونغا. وعلى المقطع شبكة إحداثيات العُمق والبُعد.



رسم

أ. علموا على المقطع موقع مراكز الهزّات الأرضية.

أسئلة

ب.أجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. هل المراكز منتشرة في المقطع بطريقة عشوائية أم أنها مرتبة وفق نظام معين؟ اشرحوا.

---

2. الهزّات الأرضية تحدث عادة في الليتوسفيره: طبقة الصخور الصلبة في الكرة الأرضية. وفي منطقة جُزُر تونغا تحدث هزّات أرضية كذلك في عمق أكبر من عمق الليتوسفيره. كيف يمكن تفسير وجود هزّات أرضية في هذا العُمق السحيق؟

---

3. هل تعتقدون أن هناك حد بين الواح تكتونية يمر في منطقة جُزُر تونغا؟ اشرحوا.

---

4. إذا أجبتم بنعم عن السؤال السابق، فأي نوع من الحدود بين الالواح يمر في منطقة جُزُر تونغا؟
حد انفتاح / حد اصطدام / حد حركة أفقية أحيطوا بدائرة واشرحوا:

_____

_____

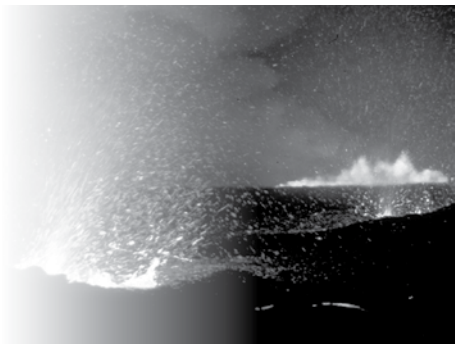
5. إذن ما هي قناة تونغا التي تظهر في الرسم رقم 1؟

_____

6. الالواح المصطدمة في منطقة جُزُر تونغا هي:
يابسة / محيطية / يابسة محيطية

7. وفقاً لمفهوم تكتونية الالواح فإن جُزُر تونغا هي: _____

تم اكتشاف نمط انتشار كهذا لمراكز الهزّات الأرضية لأول مرة في نيوف وفي أداتي وسمي على اسمهما: في منطقة نيوف وأداتي كان حدوث الهزّات الأرضية في الأعماق السحيقة معروفاً لكن لم يكن مفهوماً إلى أن ظهرت نظرية الالواح التكتونية. تقدم النظرية شرحاً لهذه الظاهرة.



فعالية رقم 7

تكتونية الالواح ودورة الصخور

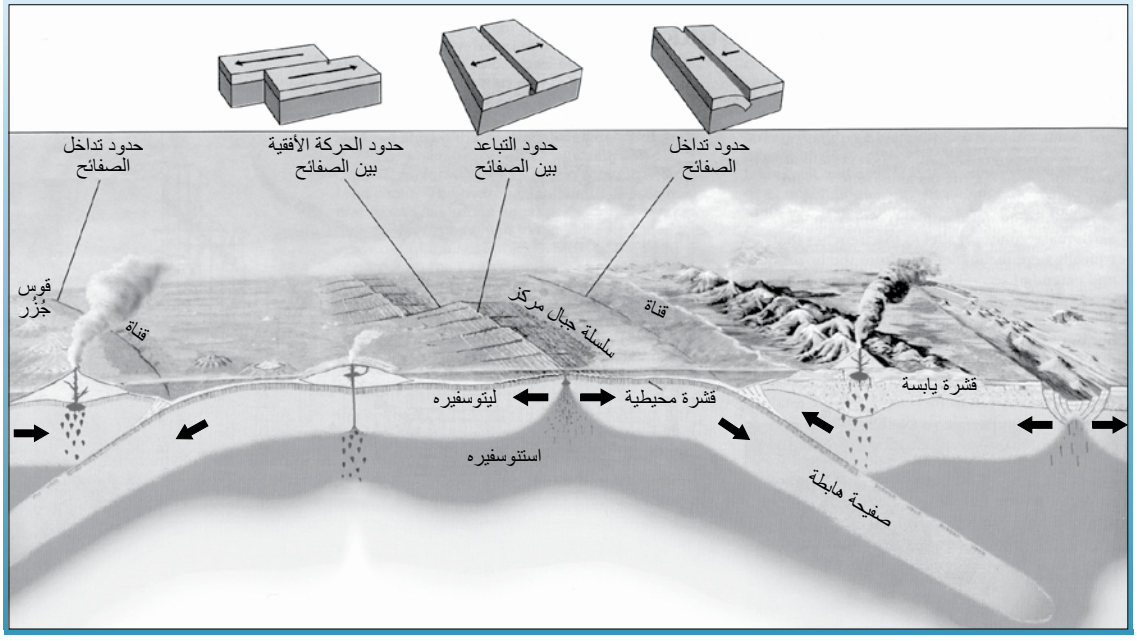
أمامكم قائمة عمليات في دورة مواد الكرة الأرضية:

1. عمليات انصهار
2. عمليات ماغماتية وبلوتونية (تبلور بطيء للماغما في عمق قشرة الكرة الأرضية)
3. عمليات ماغماتية بركانية (انفجارات وتبلور سريع للماغما على سطح الكرة الأرضية)
4. عمليات التحوُّل
5. عمليات رفع وانكشاف
6. عمليات تآكل ونقل
7. عمليات تراكُم الطبقات
8. عمليات الدفن والتصخُّر

رسم

تعرفوا في رسم تكتونية الالواح على المواقع التي تحدث فيها عمليات دورة مواد الكرة الأرضية. علموا رقم كل عملية في الأماكن الملائمة في الرسم.

مخطط تكتونية الالواح



إطار - فعالية رقم 3

تغييرات أخرى في المواقف؟

اندلعت ثورة الجيولوجيا الحديثة في نهاية سنوات الستينيات حين أكدت المعطيات الباليومغناطيسية نموذج تمدد قاع المحيط الذي صممه هِس (الفصل الرابع) وتأكدت صحة افتراضات واين وماتيوس وموريلي (نهاية الفصل الخامس). الجدير ذكره أن المعطيات الباليومغناطيسية تم جمعها ومعالجتها في المختبرات كانت تستخدمها المؤسسة الجيولوجية في تلك الفترة. ومن ثم قام علماء الجيولوجيا تقريباً دفعة واحدة بإهمال نظرية الكرة الأرضية المستقرة (راجعوا الفصل الأول) لصالح النظرية الجديدة: نظرية الالواح.

في بداية سنوات السبعينيات تم استبدال جميع كُتُب الجيولوجيا بكُتُب جديدة لا يرد فيها ذكر النظريات السابقة. حيث تم عرض علم الجيولوجيا بأكمله من منظور نظرية الالواح.

أ. عودوا إلى الفعاليات 1 و 2 في الإطار واقرأوا إجاباتكم عن الأسئلة.

ب.أجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. هل تتوافق حكاية نظرية الالواح مع آرائكم بالنسبة لكيفية تطور وتقدم العلم؟ اشرحوا.

_____

_____

2. ما هي التغييرات أو الإضافات التي طرأت على آرائكم بالنسبة لتطور العلم وتقدمه بعد أن عرفتم حكاية نظرية الالواح؟

_____

_____

مادة للتفكير

هل تعتقدون الآن أن من المحتمل أن تتغير في المستقبل نظرية الالواح وتأتي محلها نظرية أكثر تقدماً؟

أحيطوا بدائرة واشرحوا.

أ. غير مُحتمل على الإطلاق ب. احتمال قليل ج. احتمال كبير

_____

_____

إطار – الفعّالية رقم 4

ما هو العلم؟

القسم الأول – نماذج فلسفية لتطور العلم

أوراق عمل للفرقة رقم 1

نموذج فرنسيس بيكون (1551-1626)

قطعة للقراءة

اقرأوا القطعة التالية:

فرنسيس بيكون

عاش العالم فرنسيس بيكون في إنجلترا منذ نصف القرن السادس عشر وحتى بداية القرن السابع عشر. حظي مفهوم بيكون لماهية العلم بتأييد واسع وكان النموذج الرائد حتى منتصف القرن العشرين.

قال بيكون إن المعرفة العلمية تُكتسب عن طريق الحواس. والمعرفة المُكتسبة هي معرفة حقيقية ومؤكدة وقطعية ويمكن تأكيدها وإثباتها بطريقة إيجابية. العملية العلمية وفقاً لتعريف بيكون هي عملية جمع مُكتشفات بواسطة الحواس، ويقوم بها العالِم بطريقة موضوعية تماماً. والمُكتشفات تقود العالِم إلى التعميم. ووفقاً لمفهوم بيكون، يتعين على العالِم أن يبدأ كل بحث حين تكون "مخيلته خالية" من أي توقعات أو افتراضات وأن يتوصل إلى استنتاجات ويبني نظريات فقط بالاعتماد على المُكتشفات التي جمعها. واعتقد بيكون أن كل شخص يجمع المُكتشفات بطريقة صحيحة ويقوم بالحسابات بطريقة صحيحة سيتوصل إلى نفس النظرية.

و وفقاً لمفهوم بيكون فإن تطور النظرية العلمية هو ثمرة جمع المعطيات بطريقة منهجية، وتطوير مفاهيم ومبادئ ومن ثم تعميمها لمستوى النظرية. والفحص النهائي للنظرية العلمية يتبين من قدرة النظرية على التنبؤ. وقال بيكون إن تقدم العلم هو عملية تدريجية من تراكم المعرفة وتغيير المفاهيم أو إن تطور النظرية العلمية الجديدة يتم نتيجة تراكم علم يكون أكثر صحة وأكثر دقة مع مرور الوقت.

أسئلة

1. كيف تُكتسب المعرفة العلمية وفقاً لنموذج بيكون؟

2. وفقاً لنموذج بيكون، هل المعرفة العلمية هي مؤكدة ومطلقة أم أنها ربما تصلح للزمن التي تُبنى فيه فقط؟

3. هل يعتقد بيكون أن هناك أهمية لشخصية العالِم نفسه، بمعنى أن نسأل من هو العالم في العملية العلمية؟

4. كيف يتقدم العلم وفقاً لنموذج بيكون؟

5. هل يقول بيكون إنه يكفي أن تُكتسب معرفة علمية جديدة لكي نقوم بترك نظرية ما لصالح نظرية أخرى؟

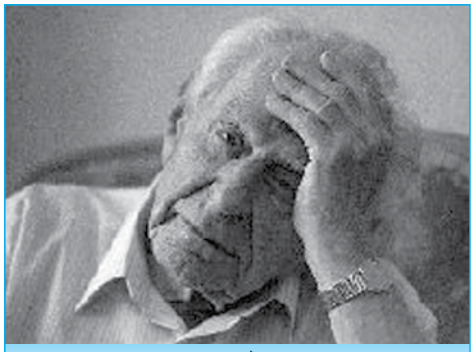
القسم الأول - نماذج فلسفية لتطور العلم

أوراق عمل للفرقة رقم 3

نموذج كارل بوبر (1902-1994)

قطعة للقراءة

اقرأوا القطعة التالية:


كارل بوبر

كان كارل بوبر فيلسوفاً يعيش ويعمل في نيوزلندا وفي بريطانيا، بل ونال لقب الشرف وأثر كثيراً على المفهوم ما بعد الحداثي لماهية العلم في القرن العشرين. ويقول بوبر إن **العلم** ليس قطعياً ومؤكداً. وعدا عن ذلك فإنه لا يمكن أبداً تأكيد العلم بشكل إيجابي وإثباته. فالإنسان يبني أفضل علم حالي يمكنه بنائه ويكون صالحاً لفترة زمنية معينة. لكن العلم الأفضل هو كذلك مؤقت وسيتغير مع الوقت حين يتم التوصل إلى علم أفضل يفند العلم القائم. ولاختيار العلم الأفضل يجب الرجوع إلى اعتبارات علمية: اعتبارات تجارب واعتبارات منطق وتفكير.

والعالِم بنظر بوبر هو شخص غير محايد (غير موضوعي) على الإطلاق. النظريات العلمية يمكن أن تبدأ من "فكرة لامعة" إبداعية يبتكرها عالم كبير وليس من تأمل موضوعي في سلسلة من المعطيات. قال بوبر إن **العلمية** تنبع من افتراضات أساسية يقترحها العالِم. ويقول بوبر إن العالِم يطمح إلى تفنيد نظرية قائمة أو تفنيد النظرية التي يقترحها هو نفسه. وإذا كانت نتائج التجربة التي تم تصميمها بناء على الفرضيات تختلف عن المتوقع فهذا يعني **تفنيد** النظرية وإتاحة مجال لنظرية جديدة. اذا تبين ان نتائج التجربة تتوافق مع الفرضيات الاساسية فهذا يعني ان النظرية قد **تأكدت**. وعملية بناء النظرية العلمية الجيدة وفقاً لبوبر تشبه الى حد كبير عملية مراقبة الجودة عند انتاج سلعة صناعية . كلما شملت النظرية شرحاً أكثر تفصيلاً للمكتشفات السابقة وربطت ظواهر لم ترتبط بها من قبل، واجتازت النظرية اختبارات فشلت نظريات سابقة في اجتيازها واقترحت اختبارات جديدة لم تقترحها نظريات سابقة - فهذا ما يجعلها نظرية أفضل من سابقاتها. هذا **التغيير في المفاهيم** أو **الانتقال من نظرية إلى أخرى** ينطوي حسب بوبر على العملية التالية: إبداع ← تطوير النظرية ← تجربة حاسمة ← تفنيد النظرية (أو الإبقاء عليها) ← إبداع وتطوير نظرية جديدة.

أسئلة

1. كيف تُكتسب المعرفة العلمية وفقاً لنموذج بوبر؟

2. وفقاً لنموذج بوبر، هل المعرفة العلمية هي مؤكدة وقطعية أم أنها ربما تصلح لزمانها فقط؟

3. هل يعتقد بوبر أن هناك أهمية لشخصية العالِم نفسه، بمعنى أن نسأل من هو العالِم في العملية العلمية؟

4. كيف يتقدم العلم وفقاً لنموذج بوبر؟

5. هل يعتقد بوبر أن المعرفة العلمية كافية لجعلنا نترك نظرية واحدة لصالح نظرية أخرى أم ربما هناك عوامل إضافية تؤثر على العلماء وتجعلهم يستبدلون النظريات؟

أوراق عمل للفرقة رقم 3

نموذج توماس كون (1922-1996)

قطعة للقراءة

كان توماس كون مؤرخاً للعلوم وعاش في أمريكا. نُشرت ابحاثه عن تطور النظريات الكبيرة في الفيزياء في سنوات الستينيات من القرن العشرين وأحدثت تغييراً في المفهوم السائد لماهية العلم وأدت إلى دحض المفهوم الذي وضعه بيكون والذي كان سائداً لأكثر من ٣٠٠ سنة.

توماس كون

وكما قال بوبر فقد قال كون أيضاً إن **المعرفة العلمية** هي مؤقتة وليست مطلقة ومؤكدة. وهو أيضاً وافق على المبدأ القائل بأن **العالِم** يبني العلم الآني الأفضل بناء على وجهة نظره الشخصية وإن هذا العلم غير قابل للتأكيد والإثبات. كما ووجد كون ايضاً أن الاعتبارات التي يؤخذ بها لتعريف واختيار العلم الأفضل ليست بالضرورة اعتبارات علمية إنما اعتبارات اجتماعية - نفسانية.

وبحسب الأبحاث التي أجراها، استنتج كون أن **تقدم العلم** ليس تدريجياً إنما يتم بقفزات. وفي الوضع العادي عادة ما تكون هناك نظرية مسيطرة يسير عليها البحث العلمي في تلك الفترة. وحين تتراكم أدلة كافية لدحض النظرية المسيطرة ولا يمكن تجاهل الأدلة، فحينئذ تقع النظرية في أزمة. وإذا برزت في فترة الأزمة أدلة أقوى تدعم نظرية أخرى، فيتم حينئذ إهمال النظرية المسيطرة لصالح النظرية الجديدة من خلال قفزة (أي: دفعة واحدة) ومن خلال انقلاب.

وغالباً ما يقود هذا **الانقلاب** عالِم شاب وجديد في مجال عمله ولا تسيطر النظرية المسيطرة على تفكيره وتوجهاته. ويعمل في فترة الأزمة التي تمر بها النظرية السائدة. ويكون هذا العالِم الثوري منهمكاً بكل طاقاته في العثور على حلول للمشاكل التي سببت الأزمة للنظرية المسيطرة.

ومن وجهة نظر كون فإن نتائج التجربة التي تنفي النظرية أو المكتشفات التي لا تتوافق مع النظرية ليست كافية للدفع باتجاه إهمال نظرية واحدة لصالح نظرية أخرى. **فالعوامل التي تفرض قلب المفاهيم** هي "قوى ميدانية" تفرض ممارسات العلم، مثل السياسة والميزانيات والصفات الشخصية القيادية والمكانة.

أسئلة

1. كيف تُكتسب المعرفة العلمية وفقاً لنموذج كون؟

2. وفقاً لنموذج كون، هل المعرفة العلمية هي مؤكدة ومطلقة أم أنها ربما تصلح للزمن التي تنتج فيه فقط؟

3. هل يعتقد كون أن هناك أهمية للعالم نفسه، بمعنى أن نسأل من هو العالم في العملية العلمية؟

4. كيف يتقدم العلم وفقاً لنموذج كون؟

5. بحسب مفهوم كون: هل تكفي المعرفة العلمية الجديدة لإهمال نظرية واحدة لصالح نظرية أخرى، أم ربما تكون هناك عوامل أخرى تؤثر على العلماء في تغيير النظريات؟

القسم الأول - نماذج فلسفية لتطور العلم

أوراق عمل للفرقة رقم 4

نموذج إيمري لاكتوش (1922-1974)

قطعة للقراءة

اقرأوا القطعة التالية:

إيمري لاكتوش

فيلسوف العلوم إيمري لاكتوش عاش في فترة كارل بوبر وتوماس كون. وُلد في هنغاريا وكان يعمل في بريطانيا. ومثله كمثل كون وبوبر اللذان نشطا في التيار ما بعد الحداثي، فقد اعتبر لاكتوش **المعرفة العلمية** كياناً مؤقتاً ليس مطلقاً وليس مؤكداً. وكذلك هو كان يعتقد أن العالِم يبني العلم القائم الأفضل من وجهة نظره الشخصية وأن هذا العلم غير قابل للتأكيد الإيجابي والإثبات. ومثله كمثل كون لكن خلافاً لبوبر، قال لاكتوش أن الاعتبارات لاختيار المعرفة العلمية الحالية الجيدة ليست بالضرورة اعتبارات علمية، إنما اعتبارات اجتماعية - نفسانية.

والفرق الجوهري بين نموذج لاكتوش وبين النماذج الأخرى ينبع من طريقته في فهم **تقدم العلم**. قال لاكتوش إن تطور العلم هو نتيجة جدل مستمر بين النظريات العلمية المتنافسة في جميع المجالات العلمية. لم يوافق لاكتوش مع نموذج كون بالنسبة للنظرية العلمية المسيطرة. ويعتقد أن هناك دائماً أساليب تتنافس فيما بينها حتى وإن بدى في فترة زمنية معينة أن أسلوب منها يحظى بنجاح ودعم أوسع من غيره في أوساط علمية معينة. ووفقاً لاعتقاد لاكتوش فإن **تغيير المفهوم** أو **الانتقال من نظرية إلى أخرى** هو عملية **تدريجية** وطويلة وتتطور مع الوقت. كما وقال لاكتوش أن هناك مجال لنفي فكرة معينة من نظرية قديمة لصالح فكرة جديدة دون إهمال النظرية القديمة بكاملها. وإن تفضيل نظرية واحدة عن نظرية أخرى يتم حين توفر نظرية معينة أرضية خصبة للأبحاث.

أسئلة

1. كيف تُكتسب المعرفة العلمية وفقاً لنموذج لاكتوش؟

2. وفقاً لنموذج لاكتوش، هل المعرفة العلمية هي مؤكدة ومطلقة أم أنها ربما تصلح للزمن التي تنتج فيه فقط؟

3. هل يعتقد لاكتوش أن هناك أهمية للعالم نفسه، بمعنى أن نسأل من هو العالم في العملية العلمية؟

4. كيف يتقدم العلم وفقاً لنموذج لاكتوش؟

5. بحسب مفهوم لاكتوش: هل تكفي المعرفة العلمية الجديدة لإهمال نظرية واحدة لصالح نظرية أخرى، أم ربما تكون هناك عوامل أخرى تؤثر على العلماء في تغيير النظريات؟

القسم الثاني - مع أي نموذج يتشابه رأيي؟

قوموا الآن بتشكيل فِرَق تعلُّم مختلطة بحيث يكون في كل فرقة تمثيل لكل نموذج من النماذج الأربعة التي راجعتموها في القسم الثاني.

نقاش في الفرق المختلطة.

أ. اعرضوا أمام أعضاء الفرقة المختلطة النموذج الذي راجعته فرقتكم.

ب.ناقشوا الفروق بين النموذجين المختلفين. تطرقوا في نقاشكم إلى النقاط التالية:

1. هل المعرفة العلمية مُطلقة أم مؤقتة؟
2. هل العالِم موضوعي أم غير موضوعي؟
3. كيف تتبدل النظريات العلمية؟
4. كل يكفي تراكم المعرفة العلمية لإقناع العلماء بقبول نظرية جديدة؟

النقاط التي أرغب بكتابتها لنفسي:

_____

_____

_____

_____

ج. أي نموذج ملائم أكثر لحكاية نظرية الالواح حسب رأيكم؟

_____

_____

د. اقرأوا مرة أخرى آرائكم الشخصية بالنسبة لتطور العلم وتقدمه، وهي الآراء التي كتبتموها في فعاليات الإطار رقم 1 و 2 و 3.

أي نموذج من النماذج الأربعة أكثر تشابهاً مع آرائكم؟ اشرحوا بالتفصيل:

_____

_____