

الوحدة 2: بنية الكرة الأرضية

الهدف التعليمي: يقترح نموذج تفسيري لبنية الكرة الأرضية انطلاقاً من معطيات زلزالية والتركيب الكيميائي للمستويات الداخلية للكرة الأرضية.

النص: بينت مختلف الدراسات أن الكرة الأرضية متميزة، تتكون من عدة مستويات مختلفة، تختلف من الناحية الكيميائية والفيزيائية.

الصورة: تظهر الصورة مجسم لمختلف المستويات المكونة للكرة الأرضية.

النشاط 1: الموجات الزلزالية.

النشاط الجزئي 1:

السؤال 1: يستقصي التلميذ المعلومات حول تسجيل الموجات الزلزالية وأنواع أجهزة السيسمو متر حيث يلاحظ وجود نوعين:

السيسمو متر الأفقي: ينصب وفق اتجاهين متعامدين (س/ج)، (ق/غ).

السيسمو متر العمودي.

يعود سبب تركيب السيسمو متر وفق هذه الاتجاهات وذلك لتسجيل الحركات الأفقية التي تكون في اتجاهين والحركات العمودية التي تكون في اتجاه واحد.

السؤال 2: يتعرف التلميذ على مكونات محطة زلزالية التي تتكون من سيسموغراف.

يتكون السيسمو متر من مشفر وملقط بينما يتكون السيسموغراف من سيسمو متر + مضخم ومسجل.

النشاط الجزئي 2:

السؤال 3: يقوم التلميذ بتحليل الوثيقة (4) حيث يلاحظ أن الموجات P تصل الأولى إلى محطة التسجيل الأولى ثم تليها الموجات S ثم تصل بعد ذلك الموجات $R + L$.

كما يلاحظ أن سعة الموجات P أقل من سعة الموجات S وتكون سعة هذه الأخيرة أقل من سعة الموجات $L + R$.

السؤال 4: يقوم التلميذ بتحليل الوثائق 4 و 5 ويستنتج من المنحنيات أنه كلما كانت سعة الموجات صغيرة كانت سرعة الموجات أكبر، وكلما كانت سعة الموجات كبيرة كلما كانت سرعة الموجات أصغر وكلما كانت السعة كبيرة كلما كانت قوة التدمير كبيرة.

السؤال 5: رسم

السؤال 6: يقارن التلميذ بين تسجيلي الوثيقة (5) حيث يلاحظ أن زمن وصول الموجات الزلزالية مختلف حسب

المحطات حيث أن الموجات الزلزالية وصلت إلى زمبيا قبل أمريكا ومن هنا نستنتج أن زمن الوصول مرتبط بالمسافة كلما زادت المسافة زاد زمن الوصول.

النشاط الجزئي 3:

السؤال 1: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة حيث يلاحظ أن الموجات الزلزالية P تنتشر في نفس اتجاه حركة جزيئات المادة بينما تنتشر الموجات S في اتجاه متعاود لحركة جزيئات المادة.

السؤال 5: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة ويستنتج من خلال معاينة إنتشار الموجات الزلزالية بإستعمال المبرمج seismicwaves أن هذه الأخيرة غير منتظمة داخل الكرة الأرضية.

النشاط الجزئي 4:

نمذجة:

السؤال: ينجز التلميذ التركيب التجريبي ثم يلاحظ أن كرة البليستان الموجودة فوق القطعة الحديدية تتحرك قبل كرة البليستان الموجودة فوق القطعة الخشبية، نستنتج أن الحديد ناقل جيد بينما الخشب ناقل سيئ، ومنه نستنتج أن سرعة الموجات الزلزالية مختلفة باختلاف المادة التي تخترقها.

* العلاقة بين سرعة الموجات الزلزالية وطبيعة الصخور:

السؤال 1: يحلل التلميذ الوثيقة (9) يستنتج أن سرعة الموجات الزلزالية (P) تختلف باختلاف طبقة الصخور القشرة المحيطية المبينة على مستوى فائق فيها (Vema) حيث تزيد سرعة الموجات بزيادة العمق. تتوافق هذه النتائج مع نتائج التجربة الوثيقة (8).

السؤال 2: يقترح التلميذ تفسيراً لاختلاف سرعة الموجات P باختلاف الصخور حيث يلاحظ أن سرعة الموجات الزلزالية (P) مختلفة في صخور القشرة الأرضية والبرنس، ويلاحظ أن سرعة الموجات الزلزالية مرتبطة بالكثافة حيث أنه كلما زادت كثافة الصخور زادت سرعة الموجات الزلزالية.

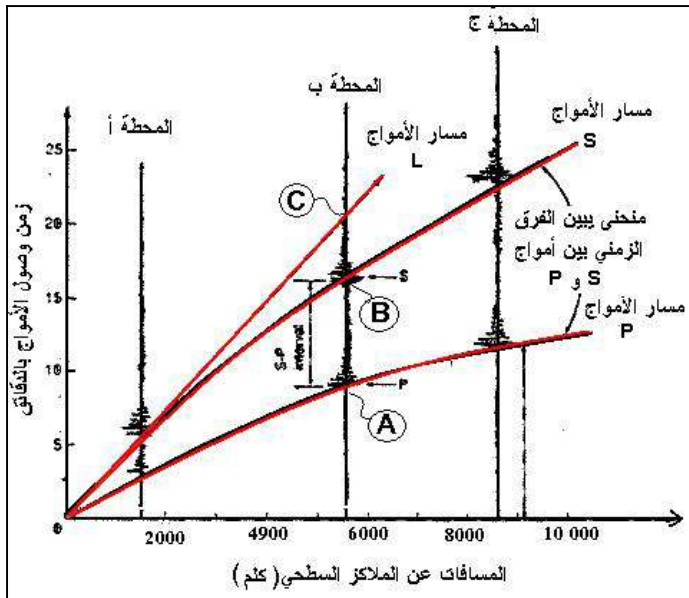
السؤال 3: يستعمل التلميذ قوانين فيزيائية للوصول إلى النتائج التالية:

تصل الموجات الزلزالية (P) إلى النقطة (A) التي تقع على بعد 5800 كلم في زمن قدره 540 ثا ومنه نستنتج سرعتها وتقدر بـ: 10.74 كلم / ثا.

وصلت الموجات الزلزالية (S) إلى النقطة (B) التي تقع على بعد 5800 كلم في زمن قدره 960 ثا ومنه نستنتج سرعتها وتقدر بـ: 6.04 كلم / ثا.

وصلت الموجات الزلزالية L إلى النقطة (C) التي تقع

على بعد 5800 كلم في زمن قدره 1260 كلم/ ثا، ومنه نستنتج سرعتها وتقدر بـ: 4.60 كلم / ثا.



نستنتج أنه بالنسبة لنفس المسافة تكون الموجات (P) أسرع من الموجات (S) وتكون هذه الأخيرة أسرع من الموجات (L).

السؤال 4: يقارن التلميذ بين منحنيي الوثيقتين ويستنتج وجود تطابق على عمق يتراوح بين 100 و 200 كلم

النشاط الجزئي 5:

السؤال 1: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة في تحليل معطيات الوثيقة (12) حيث يلاحظ تزايد مستمر لسرعة الموجات الزلزالية (P) بين عمق 200 كلم و 2900 كلم، ثم يحدث انقطاع مفاجئ لهذه السرعة في 2900 كلم لتبدأ في التزايد من جديد.

كما يبين تحليل منحنى انتشار الموجات الزلزالية (P) تذبذبات في سرعتها حيث نلاحظ انخفاض مفاجئ على عمق 150 م وتزايد مفاجئ على عمق 400 كلم و 700 كلم.

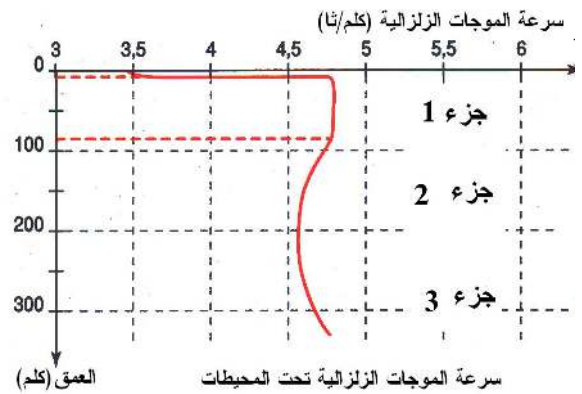
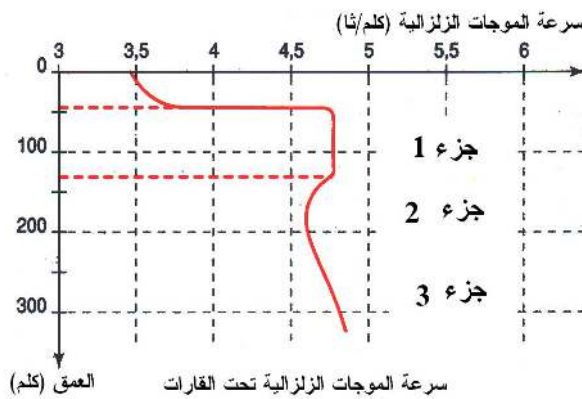
تعود كل هذه الإنقطاعات إلى تغيرات في خصائص المواد المكونة للمستويات السفلى للأرض.

السؤال 2: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة في تحليل معطيات الوثيقة (13) التي تبين منحنى انصهار صخر البيريدوتيت حيث يظهر انخفاض في درجة الحرارة بين عمق 100 و 150 كلم تقريبا.

تتوافق هذه التذبذب مع التغيرات في سرعة انتشار الموجات الزلزالية الموضحة في الوثيقة (12 ب).

السؤال 3: يفسر التلميذ معطيات الوثيقة (13) حيث يستنتج أن الحالة الفيزيائية للمادة في الجزء (1) تختلف عنها في الجزء (2) وتختلف عنها في الجزء (3)، حيث تكون المادة في الجزء (1) صلبة، وفي الجزء (2) انتقالية وفي الجزء (3) مطاطية.

باستغلال نتائج المقارنة السابقة نستخلص أن الحالة الفيزيائية للمواد تؤثر في سرعة الموجات الزلزالية



حيث تبين المنحنيات المقترحة ثبات في الجزء 1 وإنخفاض في الجزء (2) وتزايد في الجزء (3).

* يستخلص التلميذ من خلال هذه التغيرات أن سرعة الموجات الزلزالية تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة وهذا ما يؤدي إلى ظهور مجموعة من الإنقطاعات داخل الكرة الأرضية.

يقع الإنقطاع الأول على عمق أقل من 100 كلم وهو ممثل في الوثيقة (12) حيث يفصل بين القشرة الأرضية الممتلئة بالمستوى الأول والمستوى الثاني الممثل بالبرنس الأرضي.

يقع الإنقطاع الثاني على عمق 150 كلم ويفصل بين الجزء الصلب والجزء المطاطي في المستوى الثاني (البرنس)، ويقع الإنقطاع الثالث على عمق 2900 كلم ويفصل بين البرنس والنواة الأرضية.

- تنقسم القشرة الأرضية إلى قارية ومحيطية.

- ينقسم البرنس إلى جزئين علوي وسفلي وينقسم الجزء العلوي إلى برنس ليتوسفيري وبرنس أستينوسفيري.
- وتنقسم النواة إلى جزء خارجي وجزء داخلي.

النشاط 2: التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية والمعطف (البرنس)

وضعية الانطلاق: يذكر الأستاذ التلميذ بأهم أنواع الصخور المكونة للقشرة الأرضية وأصلها.

النشاط الجزئي 1:

- السؤال 1: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة ويستنتج أن الغرانيت والقاطع يدل على الصخور النارية ويدل الغنايس على الصخور المتحولة كما يدل: الغضار، الكونغلوميرا والحجر الرملي على الصخور الرسوبية.
- كما يمكنه من خلال تحليل الجسم استنتاج أهم مراحل تشكل الصخور:
 - 1- توضع الطبقات المائلة (السفلي).
 - 2- تداخل ناري يؤدي إلى انصهار الصخور المستقبلية ويتشكل الصخور المتحولة.
 - 3- تعرية.
 - 4- توضع الصخور الرسوبية العليا الأفقية.

النشاط الجزئي 2:

- 1- يتعرف التلميذ على الأماكن التي يمكن إجراء زيارة ميدانية لها وذلك من خلال دراسة الخرائط المقترحة.
- 2- يقوم التلميذ باستعمال تقنيات معينة لتحديد مكان الرحلة وكيفية اقتناء عينات

النشاط الجزئي 3:

يتعرف التلميذ على خصائص بعض المعادن المكونة للصخور التي ستنم دراستها فيما بعد

(3) الدراسة المخبرية

- السؤال 1: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة ويستنتج من خلال المقارنة بين التركيب المعدني النسيجي لصخور الغرانيتويد (الغرانيت) البازلت والبيريدوتيت أن الصخور ذات النسيج البلوري (غرانيت + بيريدوتيت) بينما الصخور ذات النسيج الميكروليني (معادن دقيقة + زجاج بركاني).
- السؤال 2: يوظف التلميذ نتائج السؤال السابق ويستنتج أن الغرانيت والبيريدوتيت يبردان ببطء في الأعماق وأن البازلت يبرد بسرعة على السطح.

النشاط الجزئي 4:

- السؤال 1: يحلل التلميذ مختلف أكاسيد الصخور المكونة لكل من الغرانيتويد (الغرانيت)، البازلت والبيريدوتيت ويستنتج أن:
- الغرانيت غني بالسيلييس والألمنيوم وفقير بالحديد والمغنيزيوم.
 - البازلت فقير بالسيلييس وغني بالألمنيوم، الحديد، المغنيزيوم والكالسيوم.
 - البيريدوتيت: فقير بالسيلييس والألمنيوم وغني بالحديد كما هو غني جدا بالمغنيزيوم.
 - يشكل الغرانيتويد المكون من سليكات الألمنيوم (Sial) القشرة القارية.
 - ويشكل البازلت المكون من سليكات المغنيزيوم (SIMA) القشرة المحيطية.

- يشكل البيريدوتيت المكون من سليكات المغنيزيوم والحديد في البرنس الأرضي.
- السؤال 2: يستنتج التلميذ باستغلال نسب العناصر الكيميائية أن الصخور الغنية بسليكات الألمنيوم فاتحة وأن الصخور الغنية بالمغنيزيوم والحديد عاتمة (البازلت + البيريدوتيت).
- يستنتج باستغلال الخصائص المعدنية أن المعادن الغنية بالسيليس والألومينيوم (كوارتز + الفلسبار + البلاجيوكلاز) تكون القشرة القارية وأن المعادن الغنية بالمغنيزيوم والحديد (الأوليفين + البيروكسين) تكون القشرة المحيطية والبرنس الأرضي.

النشاط 3: نمذجة البيئة الداخلية للكرة الأرضية

وضعية انطلاق: يستعين التلميذ بالقوانين الفيزيائية كالضوء مثلا لفهم بعض الظواهر الجيولوجية حيث يمدج انعكاس وانكسار الموجات الزلزالية داخل الكرة الأرضية التي تسمح من تحديد الإنقطاعات الداخلية للكرة الأرضية.

النشاط الجزئي 1 و 2:

- السؤال 1: يستنتج التلميذ قانون انعكاس الضوء: تكون زاوية الورود مساوية لزاوية الإنعكاس عندما ينتشر شعاع الضوء في نفس الوسط .
- يستنتج التلميذ قانون انكسار الضوء: تكون زاوية الانكسار غير مساوية لزاوية الورود عندما ينتشر شعاع الضوء في وسطين مختلفين ويكون القانون كالتالي:

$$N_1 \sin i = n_2 \sin r$$

- السؤال 2: يستنتج التلميذ مفهوم الانعكاس والانكسار حيث أن كل شعاع ضوئي ينتقل من وسط إلى وسط ثان يتعرض جزء منه إلى انعكاس وينكسر الجزء الآخر داخل الوسط الثاني
- السؤال 2: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة و يلاحظ أن جزء من شعاع الليزر ينعكس عندما يصطدم بقعر حوض الماء والجزء الآخر يخترق القعر ثم ينكسر وتكون زاوية الإنكسار مختلفة عن زاوية الورود.

النشاط الجزئي 3:

ينجز التلميذ التركيب التجريبي ثم يقوم بتحليل النتائج:

- السؤال 1: يحلل التلميذ مسار شعاع الليزر في تركيب الوثيقة 4 ويلاحظ أنه يسجل كاملا عندما يخترق وسط متجانس دون أن ينعكس أو ينكسر .
- السؤال 2: يحلل التلميذ مسار شعاع الليزر في تركيب الوثيقة 5 حيث يلاحظ أن جزء من شعاع الليزر ينعكس وجزء آخر ينكسر وذلك وفق قانون ديكارت.
- كما يلاحظ التلميذ أن شعاع الليزر لم يسجل كله على سطح العلبة الكبيرة في الوثيقة 5.
- السؤال 3: يقوم التلميذ بقياس الزاوية المسجلة بين آخر شعاع منعكس ومنبع شعاع الليزر المقطرة ب: 103
- السؤال 4: يقوم التلميذ بقياس الزاوية المسجلة بين أول شعاع منكسر ومنبع شعاع الليزر المقطرة ب: 42.
- 1- يعلل التلميذ غياب شعاع الليزر بين زاوية 103° و 142° إلى الانتقال من وضعية الإنعكاس إلى وضعية الإنكسار ويدل هذا على وجود وسطين مختلفين.

النشاط الجزئي 4:

السؤال 1: يستغل التلميذ نتائج النمذجة التي بينت اختفاء لأشعة الليزر في حالة وجود وسطين مختلفي الكثافة حيث تتشكل منطقة ظل، تتوافق مع الملاحظة التي تتم على مستوى انتشار الموجات الزلزالية (P) أين تختفي هذه الأخيرة على مستوى حزام يقع على بعد 11500 كلم و 14500 كلم من مركز الزلزال.

السؤال 2: يحلل التلميذ الوثيقة 6 ويعاين التغير المفاجئ على مستوى الموجات (P) على مستوى الإنقطاع الذي يقع على عمق 2900 كلم.

السؤال 3: يحلل التلميذ الوثيقتين 7 و 8 ويستنتج وجود حزام الظل على الغلاف الخارجي للكرة الأرضية، ومنطقتي ظل في المقطع.

النشاط الجزئي 5:

السؤال 1: يحلل التلميذ الوثيقة (9) التي تبين سرعة انتشار الموجات الزلزالية (P) في المستويات الداخلية للكرة الأرضية حيث يلاحظ وجود إنقطاعين رئيسيين الأول في 2900 كلم والثاني في 5800 كلم وكما يظهر منحنى انتشار الموجات الزلزالية (S) اختفاء بين عمق 2900 كلم و 5800 كلم.

السؤال 2: يستعمل التلميذ دقة الملاحظة ويستنتج من التحليل أن الكرة الأرضية تتكون من ثلاث طبقات رئيسية السؤال 3: بالاستعانة بخاصية انتشار الموجات الزلزالية في الأوساط نستنتج أن البرنس الأرضي له طبيعة فيزيائية صلبة والنواة الخارجية لها طبيعة فيزيائية سائلة والنواة الداخلية لها طبيعة فيزيائية صلبة.

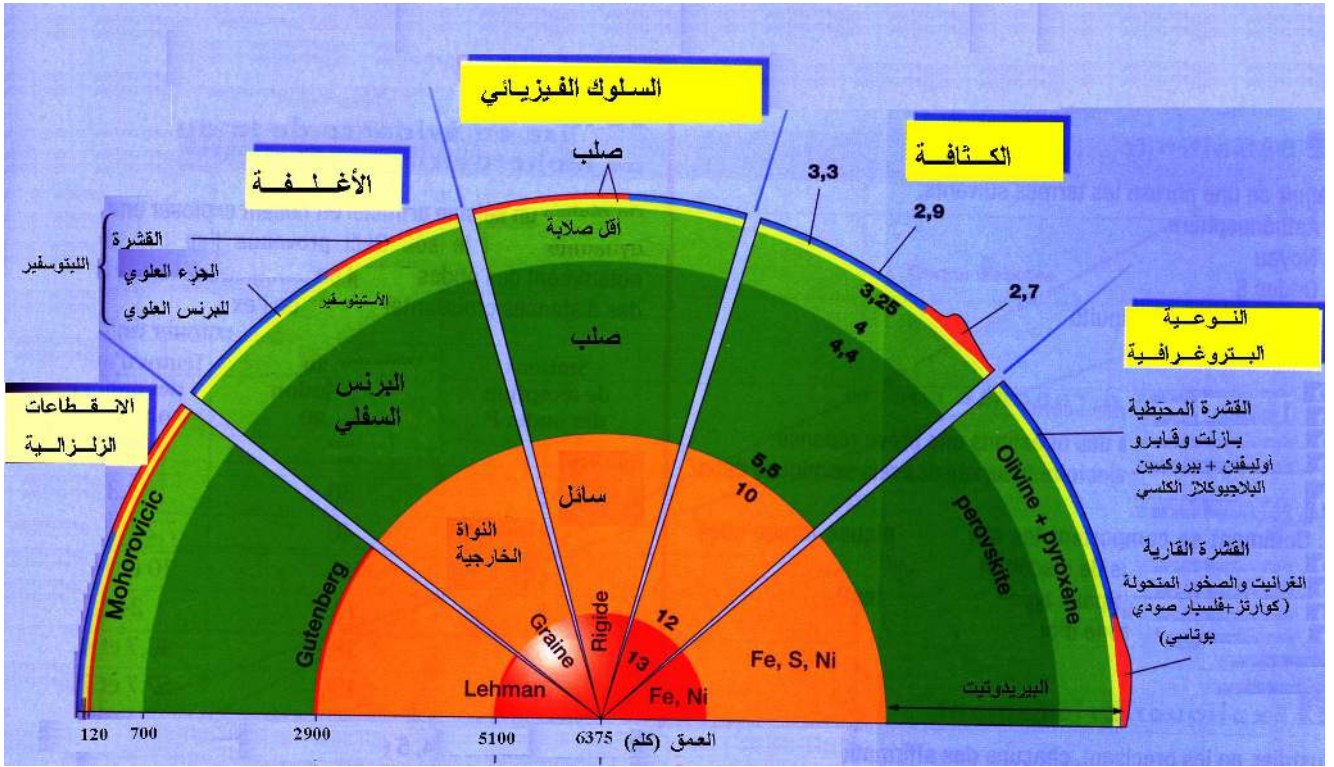
السؤال 4: نستنتج التلميذ من تحليل الوثيقة (10) عدم تجانس البرنس حيث يظهر منحنى سرعة انتشار الموجات الزلزالية (P) تغير على عمق 400 كلم وتغير ثاني على عمق 680 كلم، ويرجع ذلك إلى تغيير المعادن المكونة لهذا المستوى.

النشاط الجزئي 6:

السؤال 1: يقوم التلميذ بتحليل العناصر الكيميائية للأرض والنيازك ويستنتج تماثلها وأنهما من نفس الأصل ولكنهما يختلفان في كون الأرض متميزة إلى مجموعة من المستويات وأن الكونديريت (الممثل الأساسي للنيازك) غير متميز. السؤال 2: يستنتج التلميذ من الوثيقة 12 أن منحني السيليكات والمغنيزيوم يقعان في مجال البرنس وأن منحي الحديد والنيكل يقعان في مجال النواة الأرضية. ويستخلص أن البرنس مكون من سيليكات الحديد والمغنيزيوم وأن النواة تتكون من النيكل والحديد

1- يستنتج التلميذ من خلال 1 و 2 أن البرنس يتكون من مادة عازلة (سيليكات، مغنيزيوم) وأن النواة تتكون من مواد ناقلة (حديد ونيكل)، يتوافق هذا الطرح مع كون النواة الأرضية مولدة للحقل المغناطيسي الأرضي كونها سائلة حيث تنتج عنها تيارات الحمل.

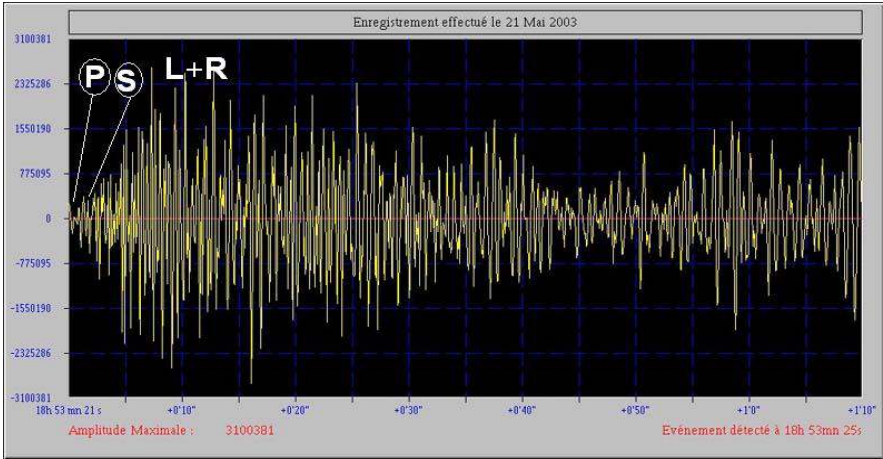
المخطط التحصيلي (الصفحة 279 من الكتاب):



التمارين

التمرين 1:

1- تعيين الموجات P و S و L و R على الرسم.



2- الزمن الذي استغرقته الموجات الزلزالية

للوصول إلى محطة موناكو: 9 د 21 ثا

المسافة التي تفصل إمارة موناكو عن بومرداس: 3646.5 كلم.

3- زمن وصول الموجات S إلى محطة موناكو: 15 د 10 ثا.

التمرين 2:

2- سرعة الموجات الزلزالية (P) في

المحطتين 1 و 5 هي: 5.71 كلم/ثا.

3- سرعة الموجات (P) في المحطتين

3 و 4

في المحطة 3 هي: 5.55 كلم/ثا

و 3.14 كلم/ثا.

المحطة 4: 5.6 كلم/ثا و 3.83 كلم/ثا.

4- يتبين من السؤالين 2 و 3 أن

الموجات الزلزالية المنعكسة تصل

قبل الموجات الزلزالية المنكسرة من

جهة وأن الموجات الزلزالية تفقد من سرعتها عندما تغير الوسط.

التمرين 3:

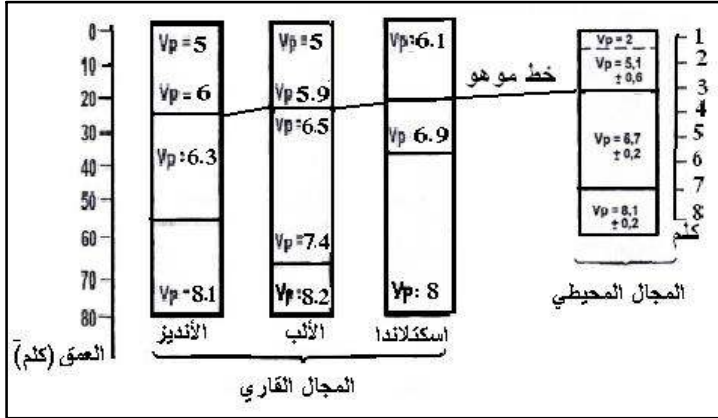
1- يميز منطقة رأس بوقارون صخور حمضية (غرانيتويد) ممثلة أساسا بصخر الغرانيت وصخور فوق قاعدية ممثلة بالبيريدوتيت، ومميز منطقة تاكسنة صخور حمضية (غرانيتويد) ممثلة أساسا بصخر الغرانيت وصخور متحولة كالغنايس وصخور قاعدية كصخر البازلت.

2- الصخر (أ) عبارة عن غرانيت.

الصخر (ب) عبارة عن بازلت. الصخر (ج) عبارة عن بيريدوتي

التمرين 4:

تصحيح خط الخانة 2 من الجدول رسوبات متماسكة عوض رسوبات غير متماسكة.
1- نلاحظ أن عمق الموهو في المجال القاري أكبر من عمقه في المجال المحيطي.



أ- المجال المحيطي: نلاحظ أن الصخور

الموجودة فوق الإنقطاع عبارة عن بازلت

ورسوبات غير متماسكة بينما نجد تحت الإنقطاع صخري الغابرو والبيريديوتيت.

ب- المجال القاري: نلاحظ أن الصخور

الموجودة فوق الإنقطاع عبارة عن غرانيت وصخور متحولة بالنسبة لإسكتلندا رسوبات

متماسكة، غرانيت وصخور متحولة بالنسبة للألب ورسوبات متماسكة وجرانيت بالنسبة للأندلس بينما نجد تحت الإنقطاع بيريدوتيت في كل من إسكتلندا والألب والأندلس.

2- يفوق سمك المجال القاري بـ 10 مرات سمك المجال المحيطي ويعود ذلك لكون المجال المحيطي مكان لتفرق القشرة الأرضية بينما يعتبر المجال القاري مكان لتضاعفها.

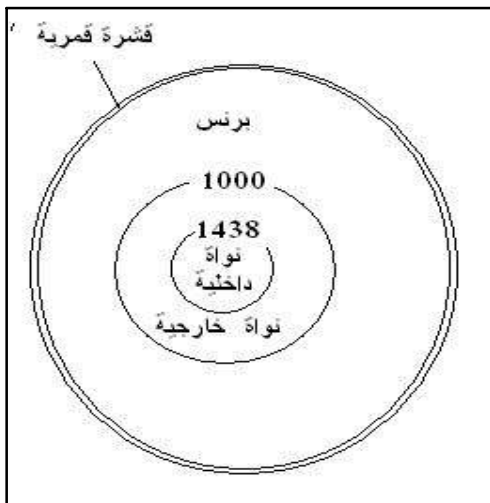
التمرين 5:

1- يبين تحليل المنحنيات الزلزالية أن باطن القمر مكون من مجموعة من المستويات ويرجع ذلك لتغير سرعة الموجات الزلزالية بدلالة العمق.

2- نلاحظ أنه يوجد تشابه بين مسار الموجات الزلزالية داخل الكرة الأرضية وداخل القمر حيث يتوافق التغير المفاجئ لـ V_p وغياب V_s في 2900 كلم تحت الأرض مع التباطؤ لـ V_s داخل القمر.

3- يقابل البازلت الأرضي بازلت قمري ويقابل البيريديوتيت الأرضي بيريدوتيت قمري.

4- مقطع داخلي في باطن القمر



التمرين 6:

1- يمثل الرسم البنية الداخلية للكرة الأرضية.

2- البيانات:

- 1- (الليتوسفير).
- 2- (الأسستينوسفير).
- 3- (البرنس العلوي).
- 4- (البرنس السفلي).
- 5- (انقطاع قوتنبورغ).
- 6- (النواة الخارجية).
- 7- (انقطاع ليهمان).
- 8- (النواة الداخلية).
- 9- (خندق).
- 10- (البرنس العلوي).
- 11- (البرنس السفلي).
- 12- (صلب).
- 13- (مطاطي).
- 14- (سائل).
- 15- (صلب).

3- سرعة الموجات الزلزالية

الوسط	9	10	11	12	13	14	15
سرعة الموجات الزلزالية بالكلم/ثا	6.24	7.25	7.75	10	8.2	8.5	10.5

4- الحالة الفيزيائية للأوساط هي:

الوسط	9	10	11	12	13	14	15
الحالة الفيزيائية	صلب	صلب	صلب	مطاطي	مطاطي	سائل	صلب

التمرين 7:

1- يمثل الرسم: مصادر الطاقة الداخلية للأرض وكيفية تسربها

3- البيانات: (1): الطاقة المتسربة عبرالنقاط الساخنة (2) الطاقة المتسربة عبرالقشرة القارية

(3): الطاقة المتسربة عبر براكين الضهرة (4): الطاقة المتسربة عبر براكين مناطق الغوص

(5): الطاقة المتسربة عبر القشرة المحيطية

3- تمثل الأسهم المبينة في الرسم مختلف مصادرالتدفق الحراري ، حيث تمثل الأسهم السوداء التدفق الحراري الناتج

عن الصخور وتمثل الأسهم الحمراء الطاقة المنتجة عن التحلل العناصر المشعة