

**BAC  
2019**

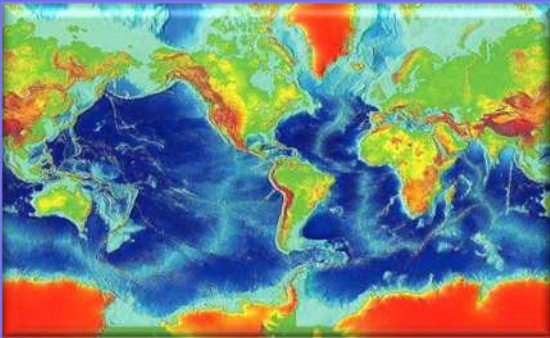
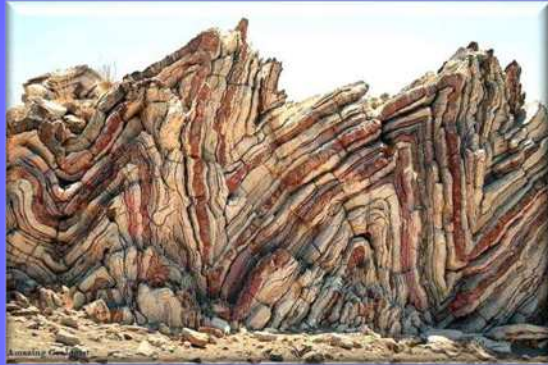
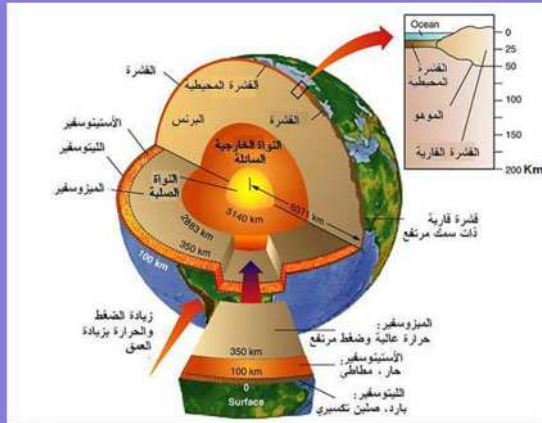


# مجلة النجاح

مادة علوم الطبيعة والحياة

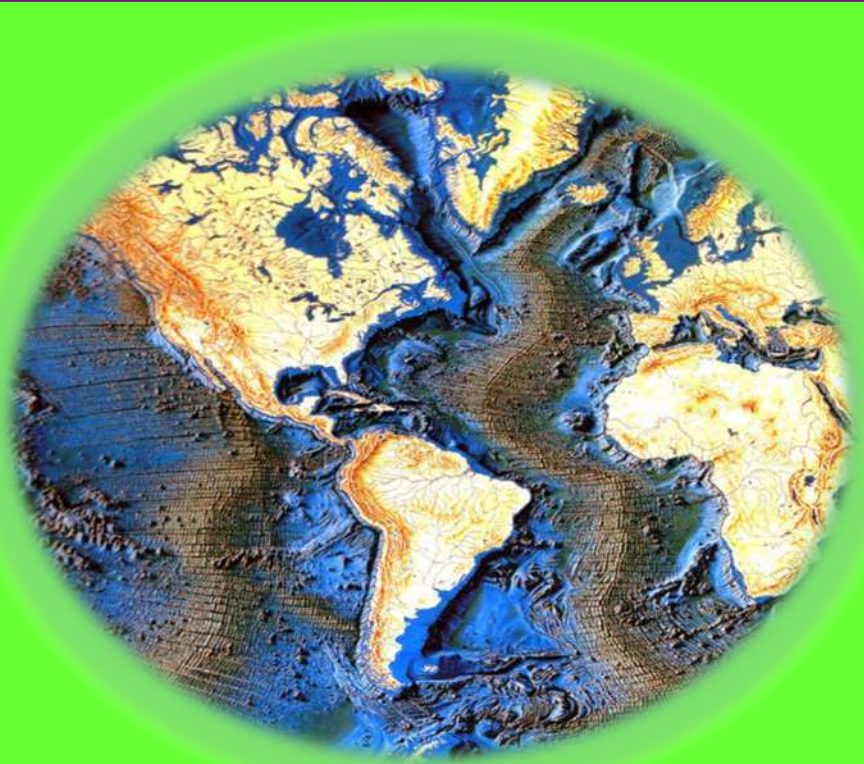
العدد 4

## التحضير الجيد لبكالوريا 2019



المجال 2

التكتونية العامة



### الجزء الأول الدرس

من إعداد الأستاذ بوالريش أحمد :  
استاذ مكون (متقاعد)



## المجال 2

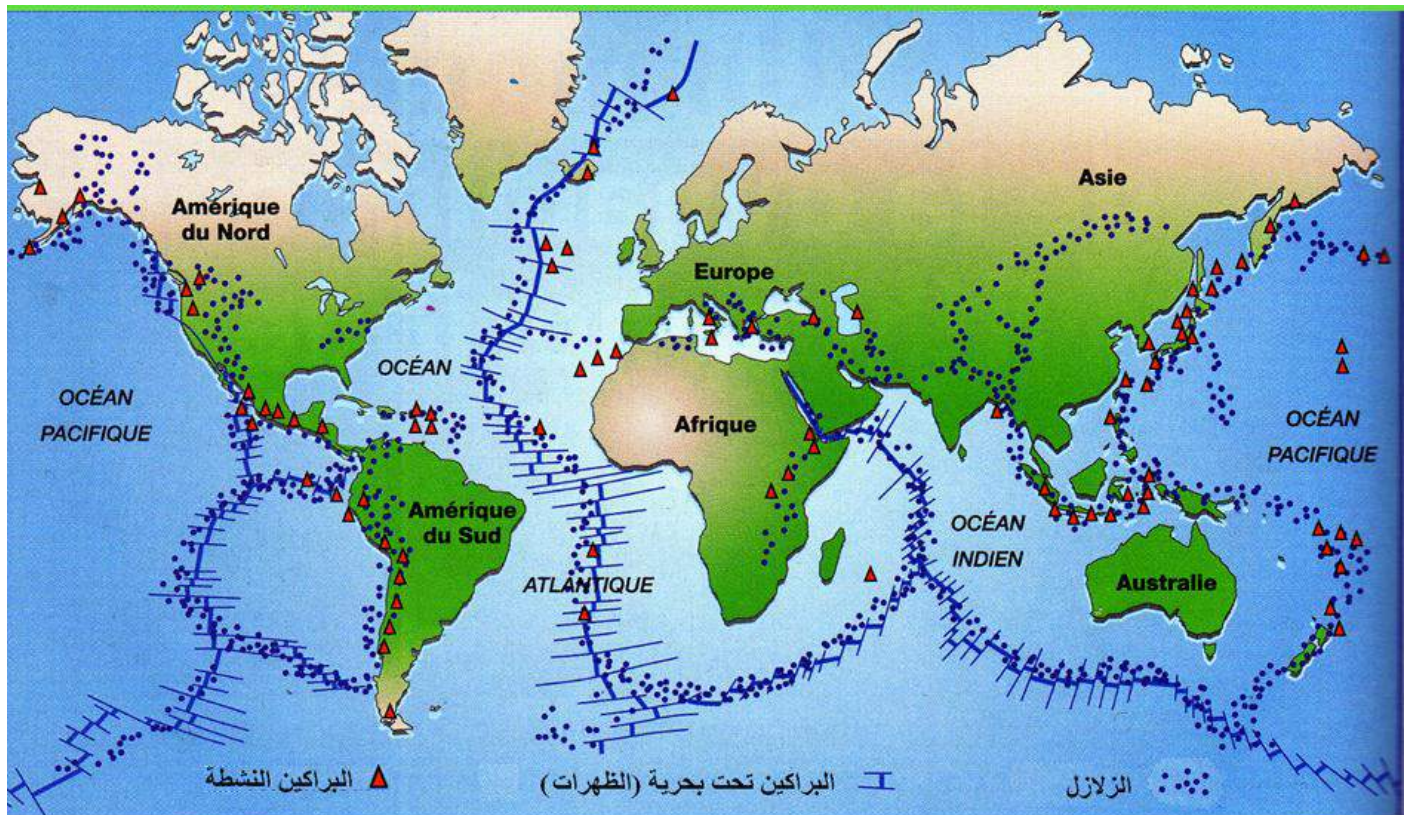
### التكتونية العامة

تهتم تكتونية الصفائح بدراسة بناء مظاهر القشرة الأرضية، فهي لا تصف حركة القارات فحسب بل توضح كذلك حركة الصفائح و تفاعلها بالمظاهر الرئيسية للأرض مثل نشأة المحيطات و توسعها و بناء السلاسل الجبلية و حدوث الزلازل و البراكين و نشأة القارات و تطورها.

#### الوحدة 1 : النشاط التكتوني للصفائح :

##### I – تحديد الصفائح التكتونية :

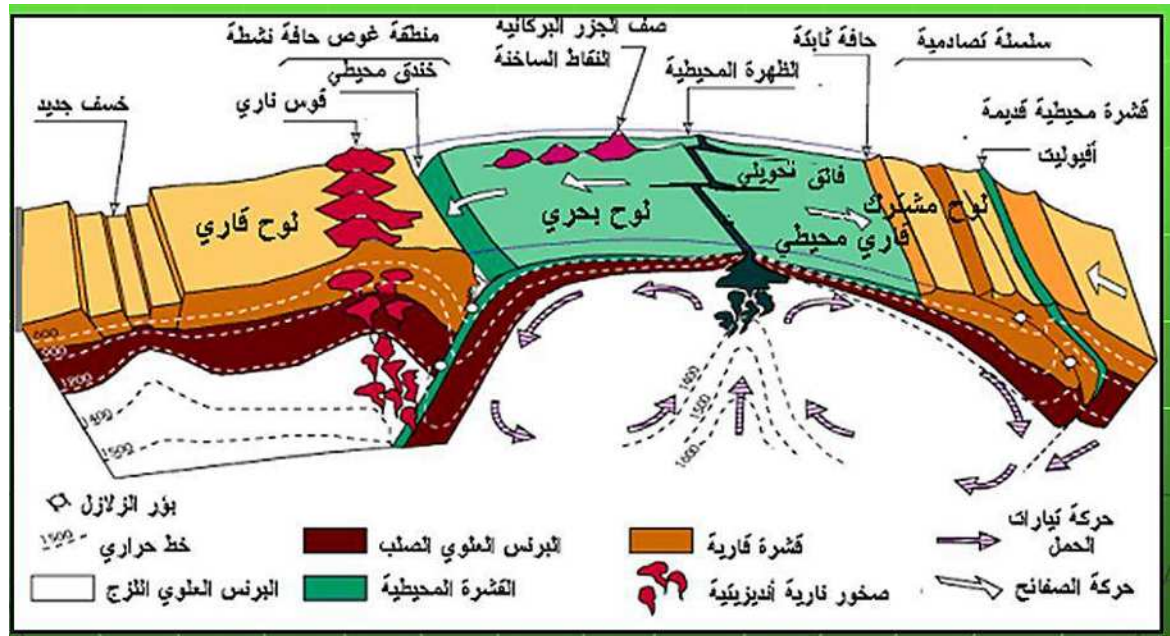
تعتبر الألواح التكتونية قطعا من القشرة الأرضية. تنقسم القشرة الأرضية إلى عشرات الصلبة التي تكون في حركة دائمة و إلي نادرا ما تنطبق حدودها مع حدود القارات و المحيطات تتحرك الألواح تباعديا مشكلة الظهات و سط محيطية أو تقاربيا مشكلة مناطق الغوص أو السلاسل الجبلية.



- ينقسم الغلاف الصخري (الليتوسفير) إلى عدة صفائح صلبة.
- الصفيحة التكتونية منطقة غير نشطة، يمكن أن تكون محيطية، قارية أو مختلطة.
- تُفصل الصفيحة التكتونية عن الصفائح المجاورة بمناطق نشطة تتميزها حركات زلزالية و بركنة قوية و تضاريس خاصة مثل : تضاريس قيعان البحار ( ظهات ) خندق محيطي، سلسلة جبلية قارية...



## 2 - حركة الصفائح التكتونية :



تتحرك الصفائح إما مبتعدة عن بعضها البعض مثل تباعد صفيحتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا و يسمى هذا النوع من حركة الصفائح: الحركة التباعدية (Mouvement de divergence)، أو أنها تتحرك مقتربة من بعضها البعض مثل تقارب صفيحة نازكا من صفيحة أمريكا الجنوبية و هذا النوع من الحركة يسمى الحركة التقاربية (Mouvement de convergence) وهناك نوع ثالث من حركات الصفائح هو الحركة الجانبية(). وعلى هذا الأساس تم تحديد ثلاثة أنواع من حدود الصفائح المتميزة بحركات مختلفة:

- ⊖ حدود تباعدية.
- ⊖ حدود تقاربية.
- ⊖ حدود جانبية (تتحرك الصفائح بمحاذاة بعضها البعض).

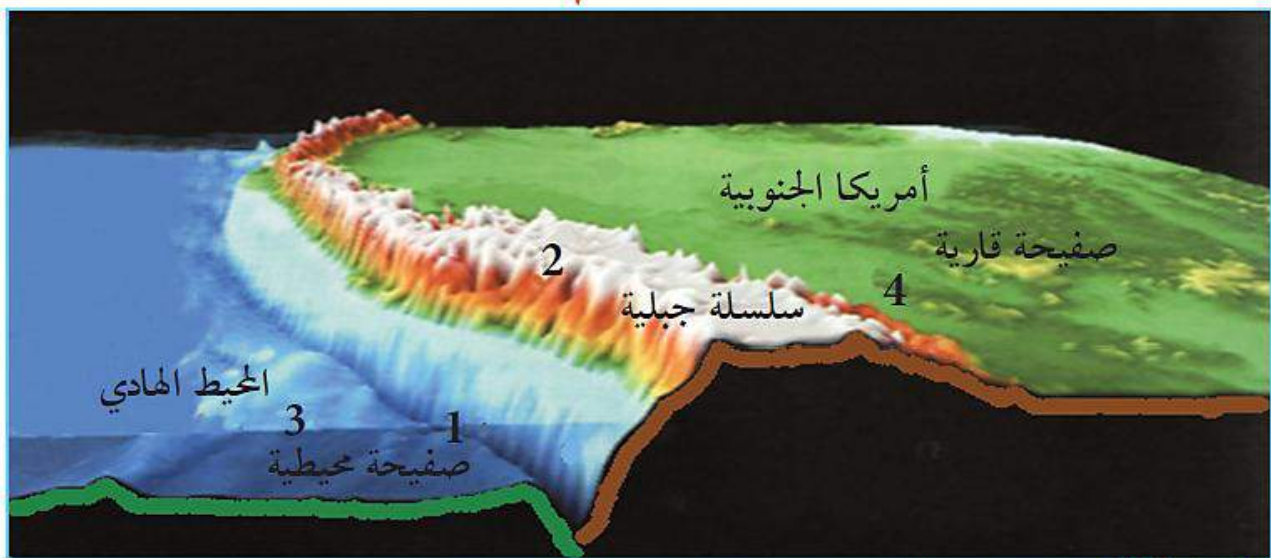
## أ - حركة التبعاد :



- ⊖ يمكن تبرير حركات التبعاد من خلال : زحزحة القارات والتوسع المحيطي .
- ⊖ يتحدد عمر قاع المحيطات اعتمادا على الاختلالات المغنطيسية أو التوضعات الرسوبية التي تغطي اللوح المحيطي.
- ⊖ يزداد عمر اللوح المحيطي بشكل تناظري على جانبي الظهرة و هذا ما يدل على تباعد الصفائح التكتونية عن بعضها البعض.

## ب - حركة التقارب :

إذا كان اللوح يتوسع باستمرار من جهة، فما هي الفرضية أو الفرضيات التي يمكن أن تقترحها لتفسير ثبات حجم الكرة الأرضية ؟



الوثيقة (8) شكل ثلاثي الأبعاد للحواف الغربية لقارة أمريكا الجنوبية (عن Sismolog)

- تتجلى حركات التقارب على مستوى الحدود المقابلة لمناطق التباعد بغطس صفيحة ما تحت صفيحة أخرى ويدعى هذا بالغوص (مثل غوص الصفيحة الإفريقية تحت الصفيحة الأوربية).
- نظرا لكثافتها المرتفعة، مقارنة بالصفيحة القارية، تنزلق الصفيحة المحيطية و تغوص أسفل الصفيحة القارية في الغلاف الذائب نسبيا حيث تنصهر تدريجيا نتيجة ارتفاع درجة الحرارة. تحدث هذه الحركة للصفائح بمناطق الغوص (Zones de subduction). ما يحدث في مناطق الغوص هو أن ما يتشكل من طبقات محيطية عند الحدود التباعية يستهلك في هذا النوع من الحدود التقاربية ( حركة بناء و حركة هدامة).
- إذا اقتربت صفيحتان قاريتان من بعضهما البعض فيؤدي ذلك إلى تصادم الصفيحتين و لن يحصل استهلاك في هذه الحالة بل اصطدام بمعنى الكلمة ومع استمرار الحركة فإن الصخور حينئذ تتشوه و يزداد سمكها نتيجة الطيات و ينشأ من ذلك جبال مرتفعة. يسمى هذا النوع من حركة الصفائح بالتصادم (Collision).

### تقارب صفيحة محيطية مع صفيحة قارية (الغوص)

- تنزلق الصفيحة المحيطية تحت الصفيحة القارية فتتحني الصفيحة المحيطية نتيجة هذه الحركة وتتكون الأغوار (خنادق) المحيطية (Fosses océaniques) للإشارة، فإن الأغوار المحيطية المنتشرة في العالم لها علاقة مباشرة مع حركات الغوص.
- تتكون كذلك سلاسل جبلية مع ظهور البراكين عند الحدود التقاربية بين الصفيحة المحيطية و الصفيحة القارية نتيجة التقاء أسفل الصفيحة القارية مع أعلى الصفيحة المحيطية الغائصة مما يؤدي إلى تشوه أطراف الصفيحة القارية مع تكون طيات بالإضافة إلى نشاط بركاني متعلق بانصهار الصفيحة المحيطية تحت الصفيحة القارية مما يؤدي إلى صهير متوسط إلى حامضي.
- تتميز مناطق الغوص بزلزل يتزايد عمق بؤرتها من المحيط إلى القارة وتصحبا اندفاعات بركانية.
- تتوزع بؤر الزلازل وفق مستوي مائل يدعى مستوى بنيوف الذي يفصل بين الصفيحة الغائصة و الصفيحة الطافية.

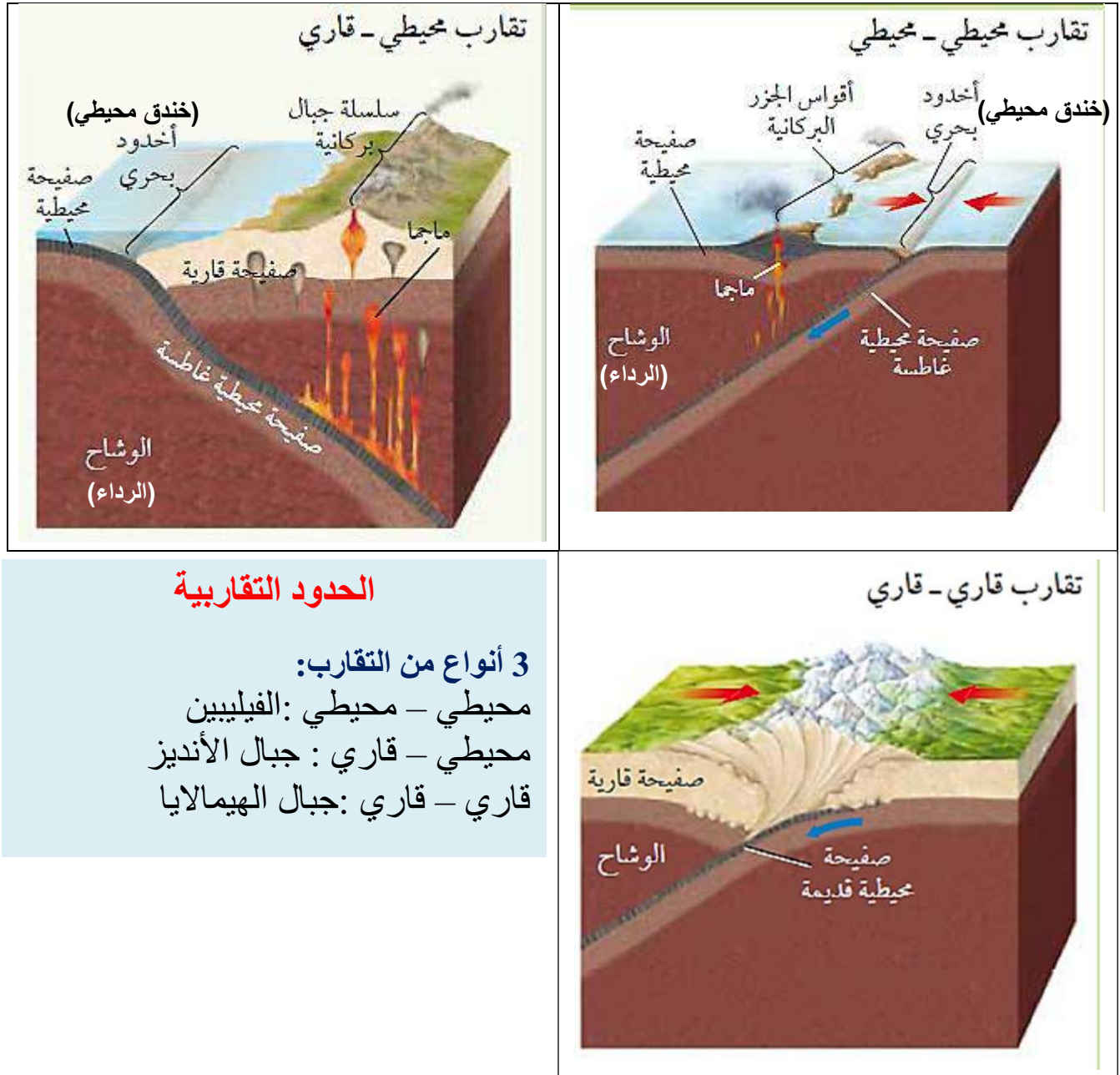
**الخدق المحيطي** هو منخفض ضيق و طويل من قاع المحيط يمتاز بالانحدار الشديد و شدة عمقه و غالبا ما يكون موازيا لحافة القارة.



## تقارب صفيحة محيطية مع أخرى محيطية

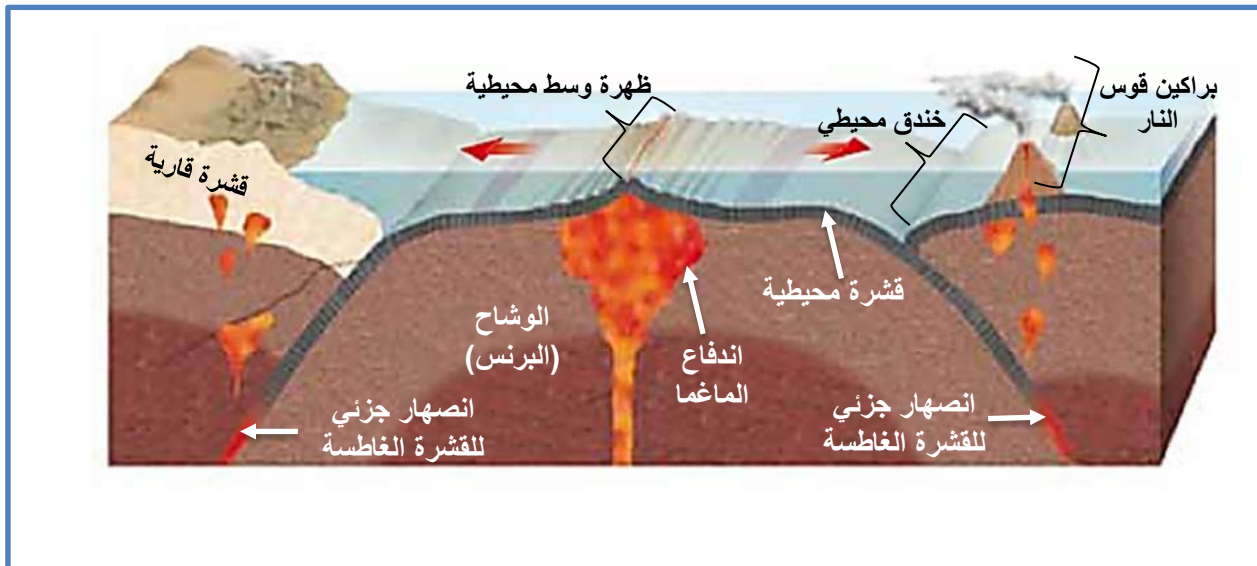
تكون الحدود التقاربية، في هذه الحالة، داخل المحيطات حيث تلتقي صفيحتان محيطيتان و تغوص إحداها تحت الأخرى ويتكون نتيجة هذه الحركة أغوار محيطية مثل ما يحدث في الحالة السابقة و كذلك نكون جزر بركانية.

## ملخص أنواع الحدود المتقاربة



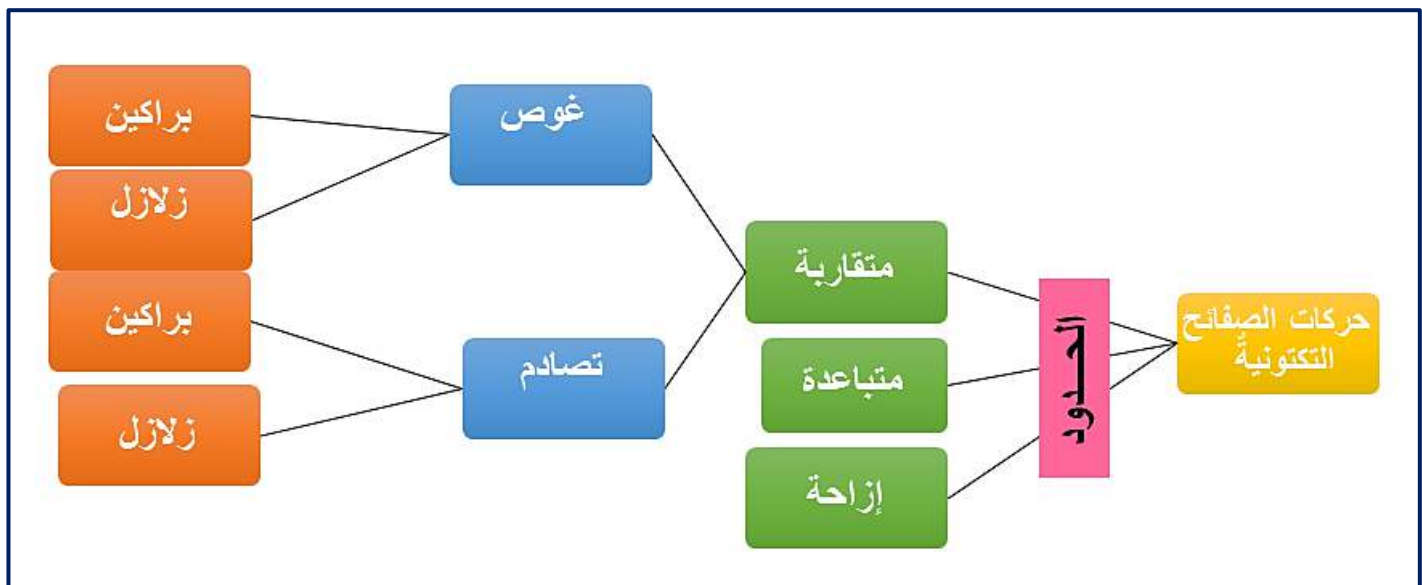
☞ ينقسم الغلاف الصخري (الليثوسفير) الى عدة صفائح متحركة عن بعضها البعض. و هذا ما يدعى بنظرية تكتونية الصفائح.

## مخطط تحصيلي حول حركة الصفائح

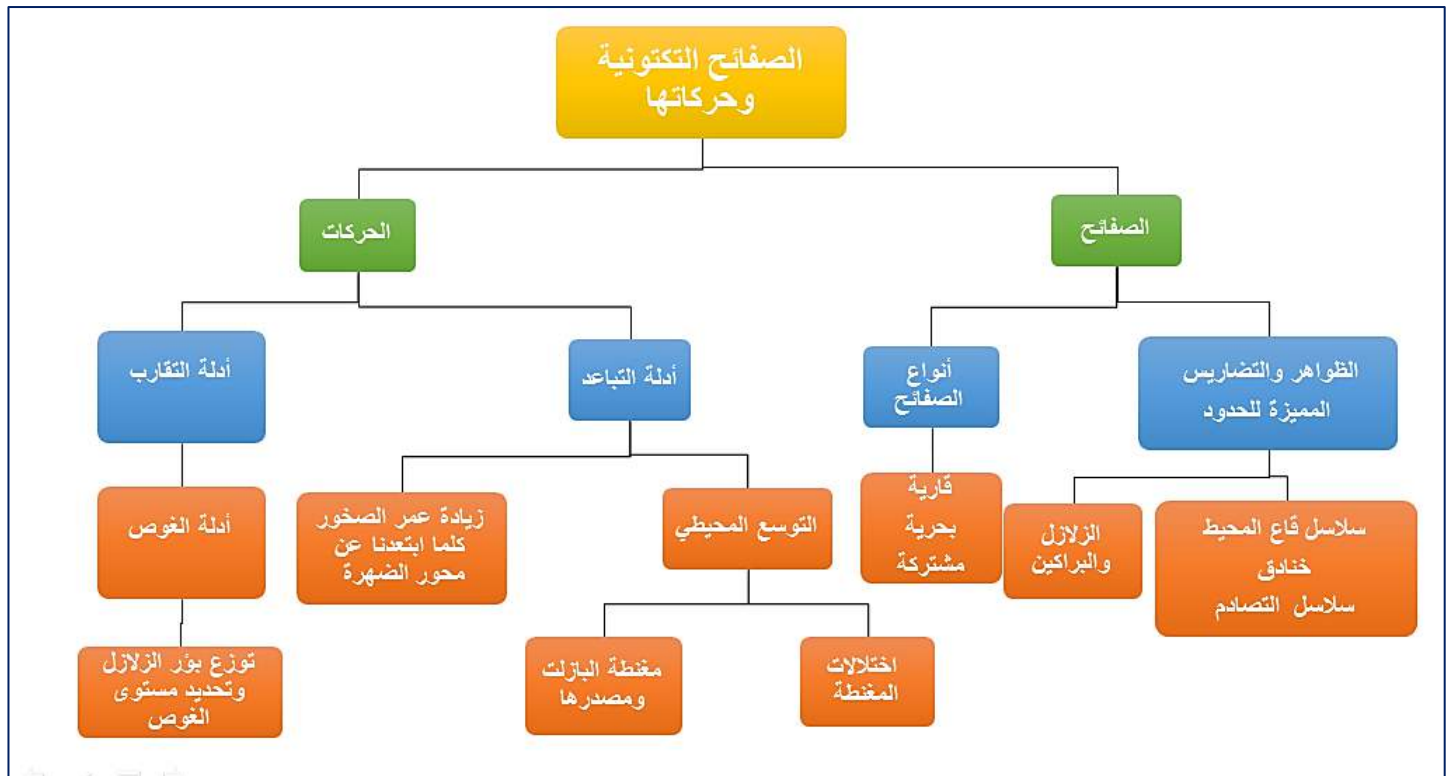
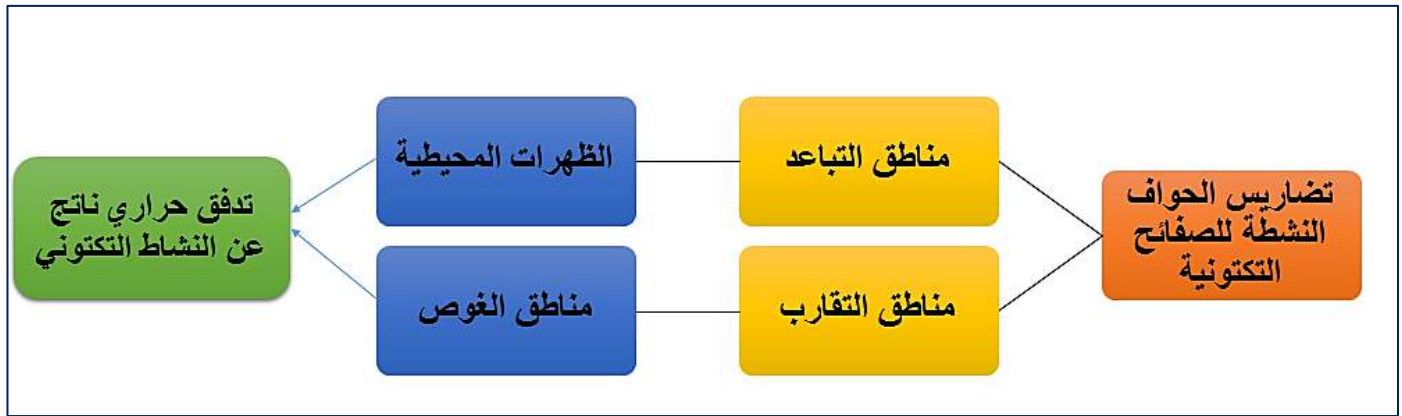


## خرائط المفاهيم

ينقسم الغلاف الصخري أو الليتوسفير إلى عدة **صفائح تكتونية** حركتها دائمة ترتبط أساسا بتسرب **الطاقة الداخلية** وتتجسد مظاهرها في حركات الصفائح التكتونية: التباعد والتقارب تتميز مناطق حدوث هذه الحركات بظواهر جيولوجية مثل زلازل وبركنة القوية وتضاريس خاصة

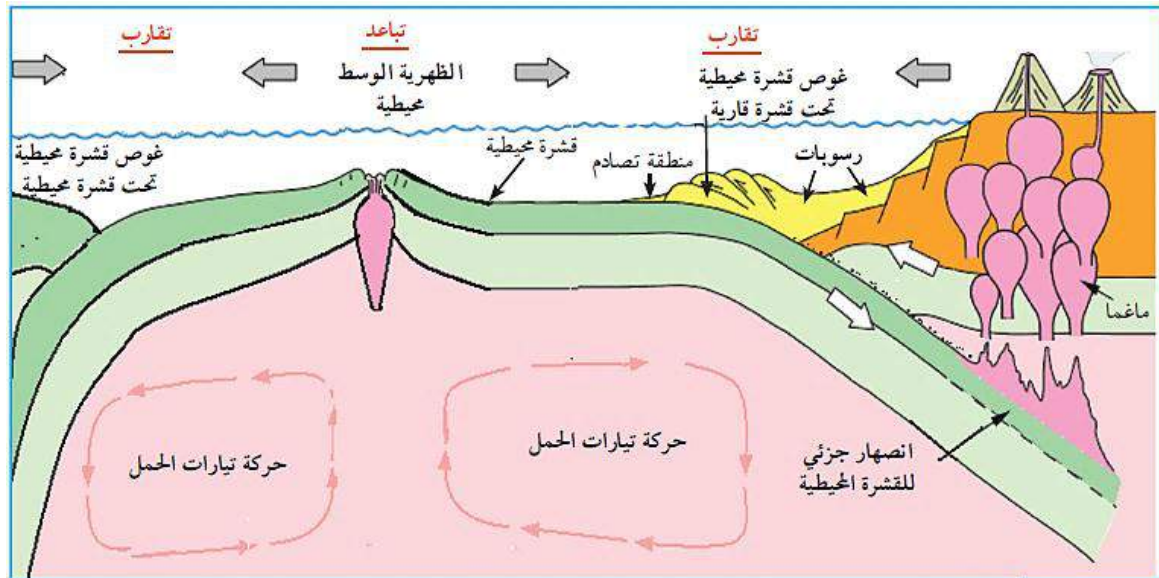


حدود الصفائح التكتونية مناطق نشطة تتميز بظواهر جيولوجية خاصة وبتضاريس خاصة وبتكوين بتروغرافي و معدني خاص، ترتبط هذه الظواهر والتضاريس بحركات البناء على مستوى الظهات وسط محيطية وبحركات الغوص على مستوى الخنادق البحرية والتي ترتبط بدورها بالنشاط المغماتي على مستوى البرنس الليتوسفيري والبرنس الأستوسفيري وبالتدفق الحراري في مناطق تماس الصفائح.

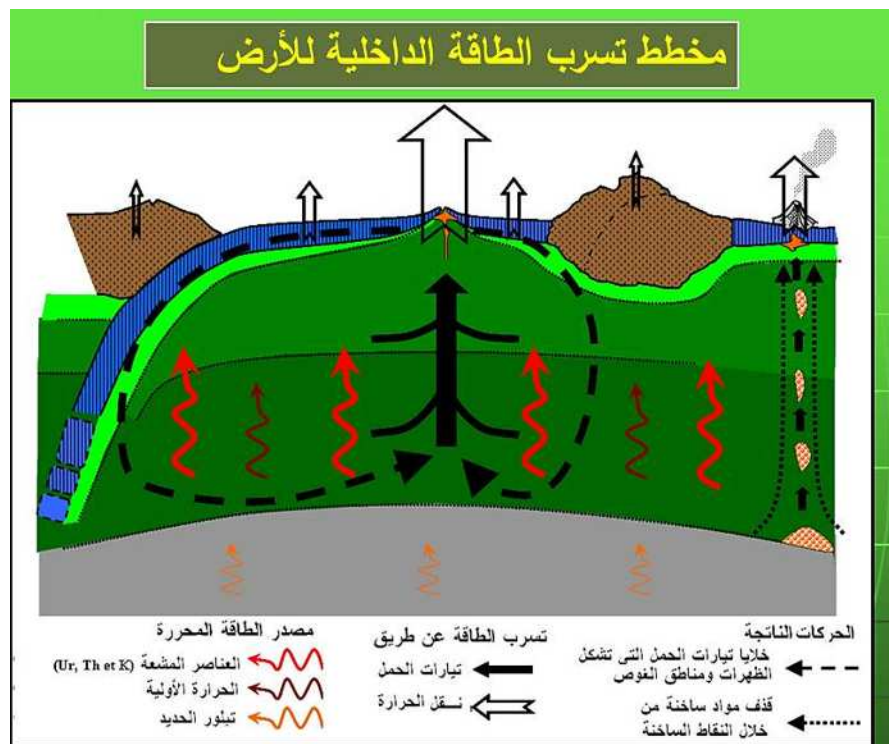




## 3 - الطاقة الداخلية للكرة الأرضية: محرك لحركات الصفائح



الوثيقة (10) مقطع في ظهرة ومنطقة غوص يبين حركة تيارات الحمل

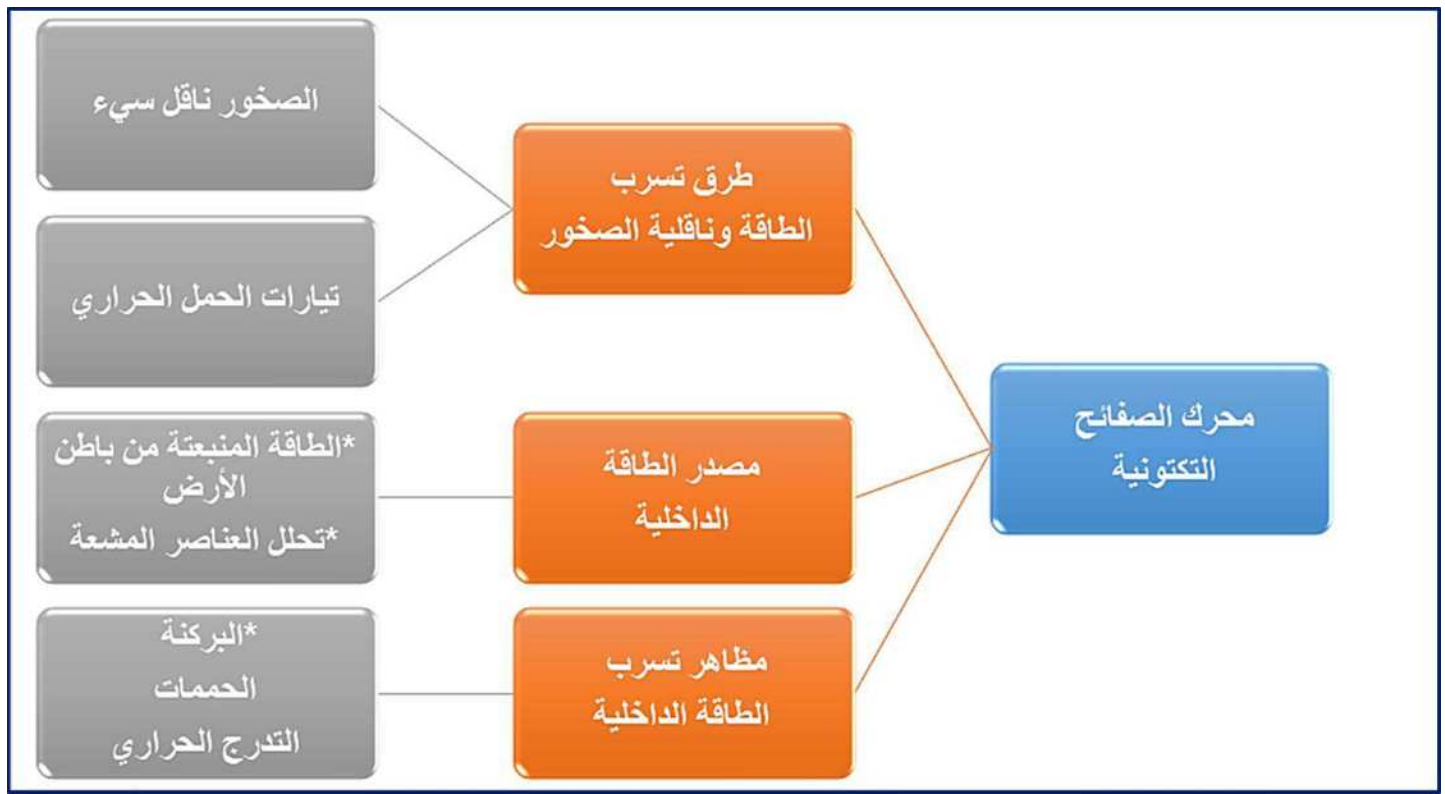


- ☉ تعد الطاقة الداخلية للأرض محركا أساسيا لتنتقل الصفائح الليتوسفيرية، ويعود مصدرها أساسا لتفكك العناصر المشعة.
- ☉ تنتسرب الطاقة الداخلية للأرض ببطء بواسطة ظاهرة الحمل (نقل الحرارة بفضل حركة المادة) وهذا لكون الصخور ناقل سيئ. وعليه فإن حركات الحمل هي المحرك الأساسي للصفائح التكتونية:
  - ✓ تيارات صاعدة ساخنة على مستوى الظهورات المحيطية.
  - ✓ تيارات نازلة تتبرد على مستوى مناطق الغوص.
- ☉ يعود تباعد الصفائح التكتونية إلى صعود طفوح بركانية آتية من البرنس على مستوى مناطق التباعد (الظهورات).



● يغوص الليتوسفير المحيطي تحت الليتوسفير المقابل وذلك لكونه بارد ا وكثيفا وذلك على مستوى مناطق الغوص.

### خريطة المفاهيم



● في مستوى الظهيرات تتسرب الطاقة الداخلية للأرض نتيجة صعود الماغما بواسطة ظاهرة الحمل و أثناء تباعد الصفائح تتبرد القشرة و تزداد كثافة لتغوص تحت الصفيحة القارية و عند انصهارها تصعد من جديد مع الماغما إنها تيارات الحمل (نقل الحرارة بفضل حركة المادة) المسببة لحركة الصفائح. بواسطة ظاهرة الحمل.

● انتقال الطاقة على مستوى الليتوسفير يختلف عن انتقالها في مستوى البرنس

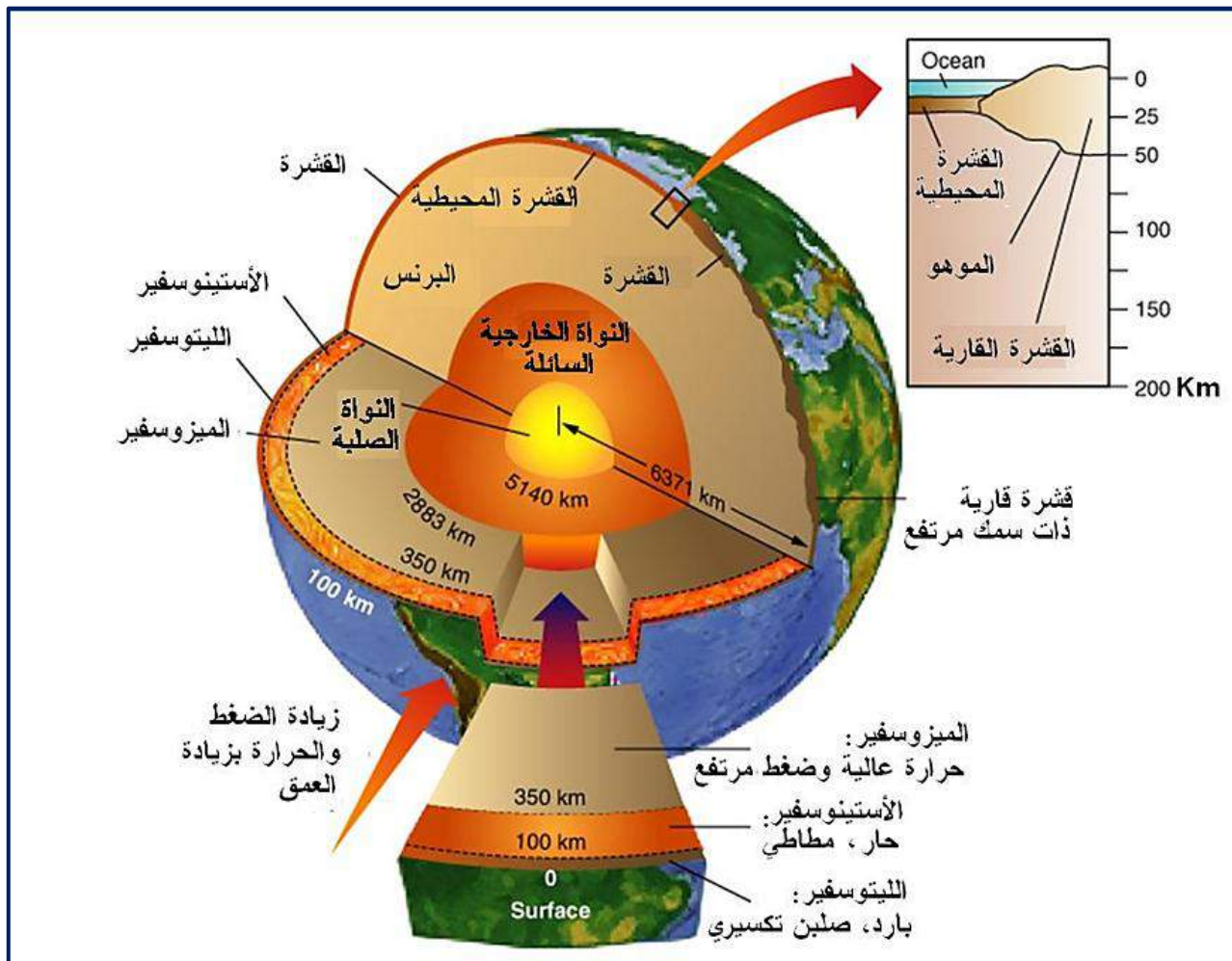
## II – بنية الكرة الأرضية :

## تذكير

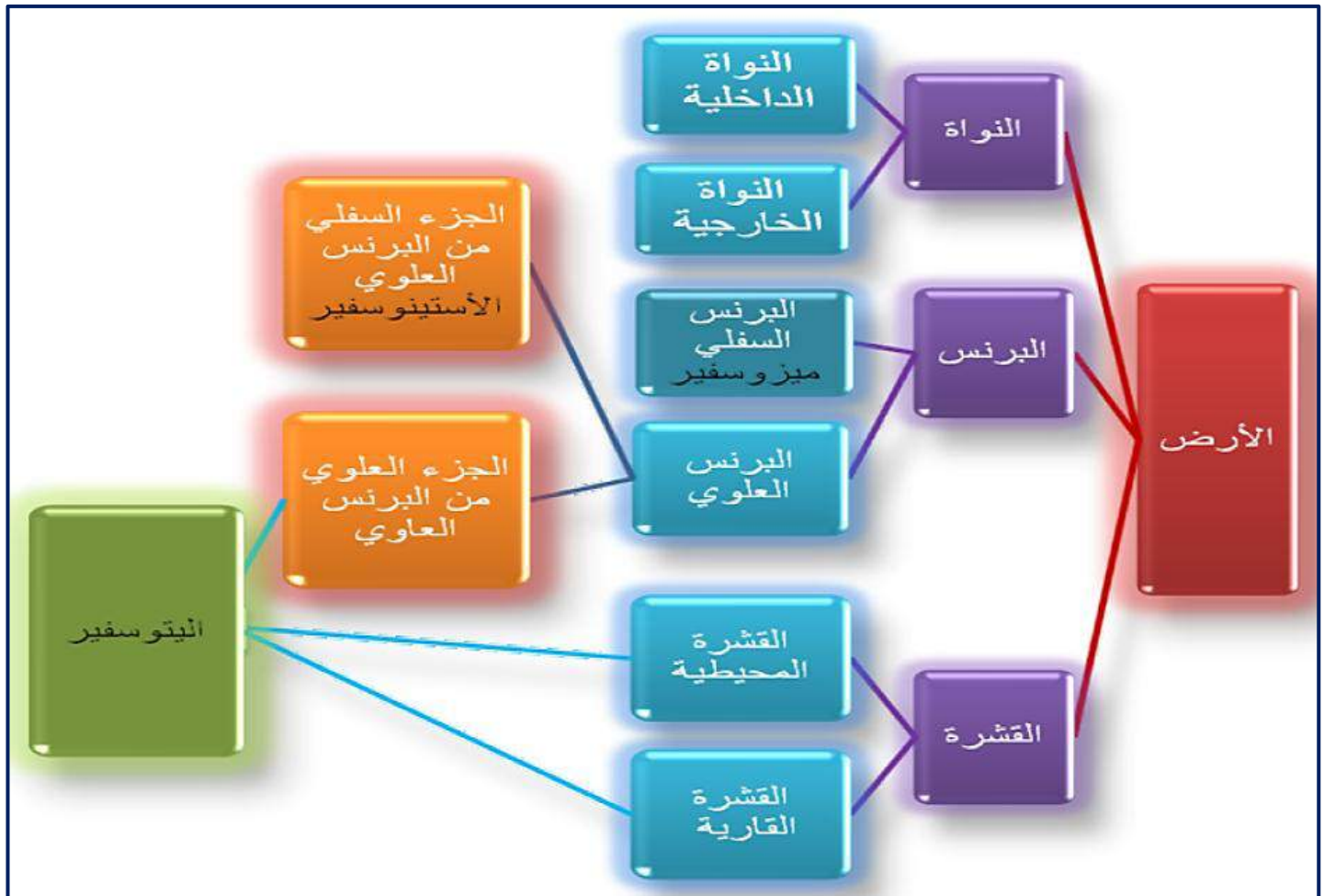
الصفات الفيزيائية لأغلفة الأرض الباطنية

الصفات الفيزيائية	أغلفة الأرض الباطنية
غلاف خارجي صلب و ذو درجة حرارة منخفضة.	ليتوسفير
درجة حرارة مرتفعة، ذوبان نسبي و لزوجة متوسطة للمواد المشكلة لها.	أستينوسفير
أكبر كثافة و أكثر لزوجة من الأستينوسفير	الرداء ، البرنس...
كثافة عالية، سائل لزج و درجة حرارة مرتفعة.	النواة الخارجية
كثافة عالية جدا، صلبة و درجة حرارة مرتفعة جدا.	النواة الداخلية

- ✓ تطفو الليتوسفير الصلبة و الأقل كثافة فوق الأستينوسفير الذائبة نسبيا و الأكثر كثافة.
- ✓ تتجزء القشرة الليتوسفيرية إلى 12 صفيحة كبيرة رئيسية و مجموعة أخرى صغيرة ثانوية.
- ✓ تتحرك هذه الصفائح فوق الأستينوسفير المميزة بالذوبان النسبي.
- ✓ تدخل القارات في تركيب هذه الصفائح وتتحرك معها.



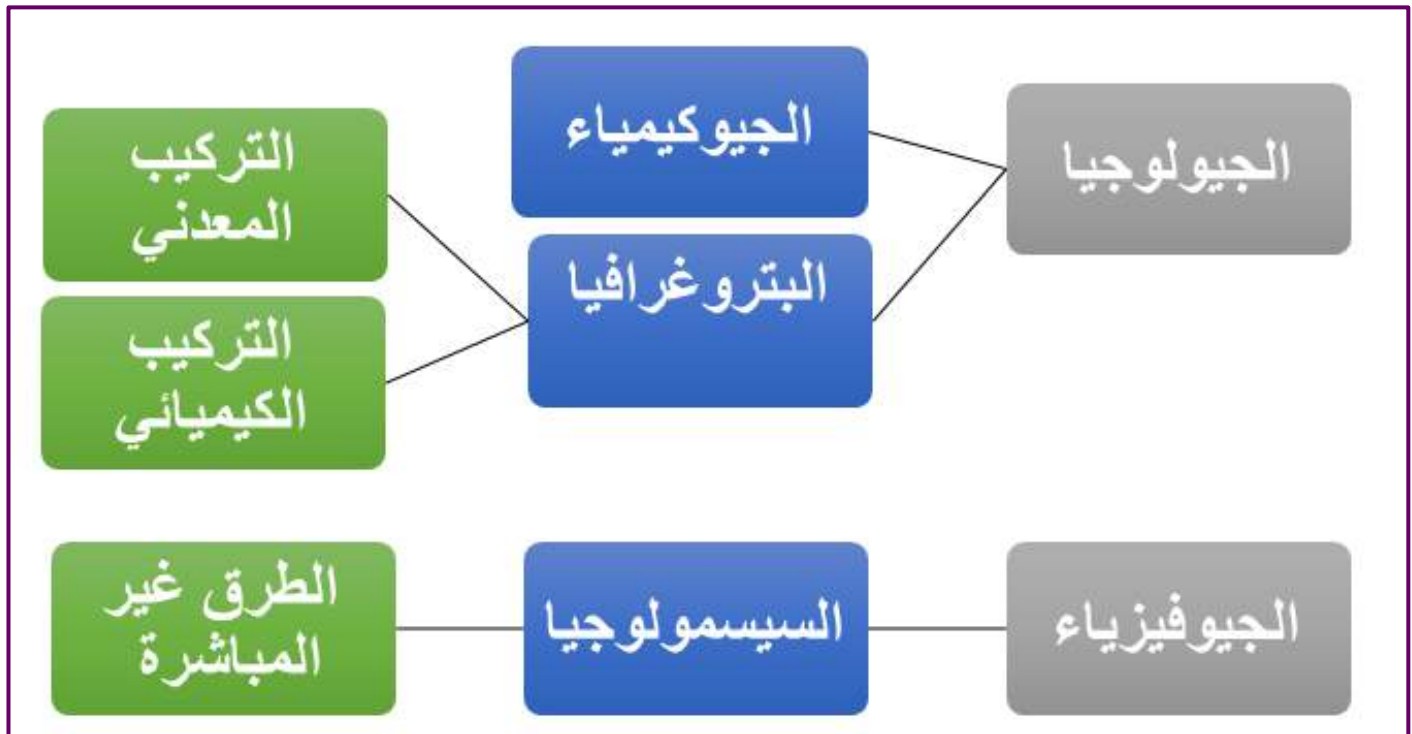




## النشاط 1: نموذج سيسمولوجي للكرة الأرضية

**كيف نوظف خصائص الموجات الزلزالية من أجل معرفة الطبيعة الكيميائية والفيزيائية وبنية الأرض ؟**

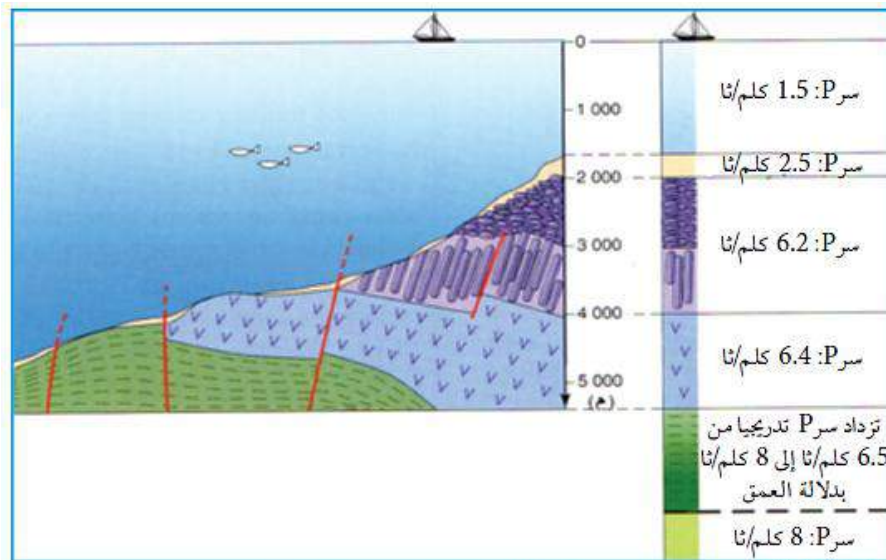
تسمح علوم **السيسمولوجيا، الجيولوجيا، الجيوفيزياء والجيوكيمياء** ، بدراسة الظواهر الجيولوجية المرافقة لحركات الصفائح التكتونية والتركيب المعدني والكيميائي لكل من القشرة الأرضية والبرنس الأرضي ما قدم مؤشرات غير مباشرة تسمح بالتعرف على المستويات السفلى للأرض أي بنية الكرة الأرضية من جهة وبتفسير حركات الليتوسفير من جهة أخرى





## 1- الموجات الزلزالية :

## أ- العلاقة بين سرعة انتشار الموجات الزلزالية وطبيعة الصخور :



توصل العلماء إلى تحديد طبيعة الصخور انطلاقا من معاينة سرعة الموجات الزلزالية  $V_p$  في الخمسة عشرة كيلومتر الأولى من عمق الأرض تحت المحيط. أجريت قياسات فيزيائية تجريبية لسرعة الموجات الزلزالية  $V_p$  في مختلف صخور القشرة الأرضية، والتي تعتبر منطلق لتحديد

الوثيقة (9) قياس سرعة الموجات الزلزالية  $V_p$  في صخور قاع المحيط

بعض الخصائص الفيزيائية للطبقات الأرضية بدلالة العمق وذلك بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. بعض الخصائص الفيزيائية للطبقات الأرضية بدلالة العمق وذلك بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

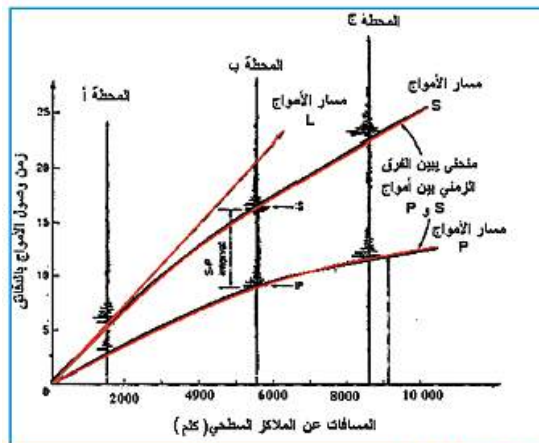
نوع الصخر	غرانيت	بازلت	غابرو	بيريدوتيت
السرعة $V_p$ (كلم/ثا)	6,24	6,73	7,25	7,75
الكثافة	2,65	2,90	3	3,2

الوثيقة (10) قياس سرعة الموجات الزلزالية  $V_p$  في صخور القشرة الأرضية

لتأكيد المعلومات المتوصل إليها سابقا نستعرض التجربة التالية: باستغلال منحنيات الموجات الزلزالية P, S, L المسجلة في ثلاث محطات مختلفة (أ، ب، ج) حيث تقع الأولى على بعد 1500 كلم، الثانية على بعد 6000 كلم والثالثة على بعد 9000 كلم من المركز السطحي للزلزال. والممثلة في معلم يتضمن زمن وصول مختلف الموجات الزلزالية بدلالة المسافة التي تفصل المركز السطحي للزلزال.

## استغلال الوثائق:

1. وافق بين الوثيقتين (8 و 9). ماذا تستنتج ؟
2. اقترح تفسيراً لاختلاف سرعة الموجات الزلزالية في الصخور الموضحة في (الوثيقة 10)
3. بناء على المعلومات حول نمط انتشار مختلف



الوثيقة (11) منحنيات مسار الأمواج الزلزالية بدلالة المسافة

الموجات الزلزالية وباستغلال منحنيات الوثيقة (11): عين على كل منحنى نقطتين متباعدتين من اختيارك ثم أحسب سرعة انتشار الموجات الزلزالية P, S, L ماذا تستنتج؟

## استغلال الوثائق :

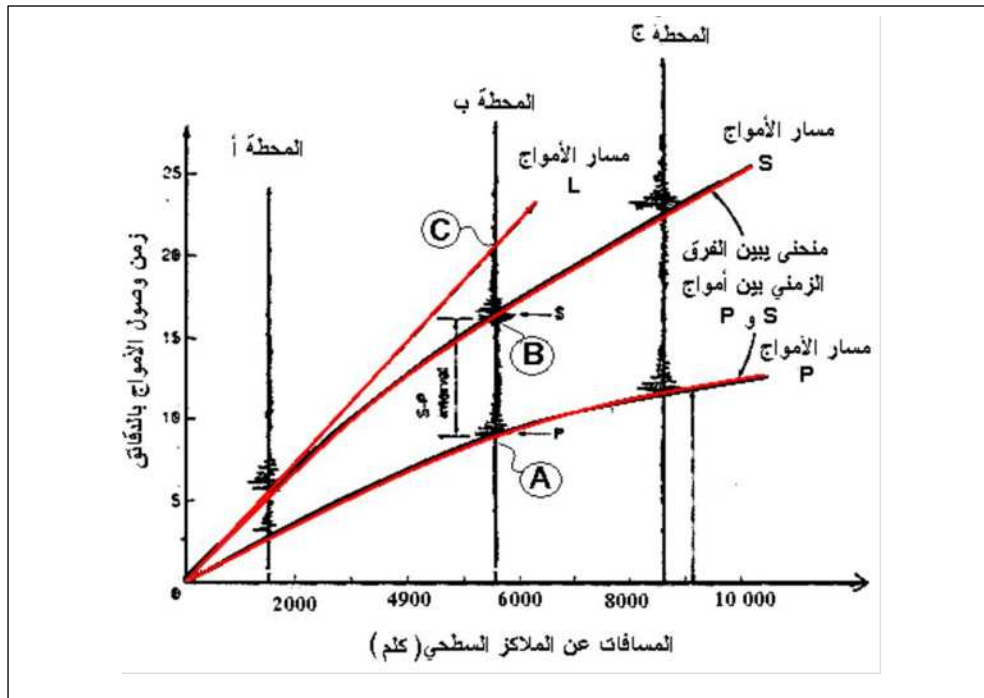
## من الوثيقة 9 :

سرعة الموجات الزلزالية (P) تختلف باختلاف طبقة صخور القشرة المحيطية المبينة على مستوى فائق فيها (Vema) حيث تزيد سرعة الموجات بزيادة العمق.

## من الوثيقة 10 :

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 و العمق حيث أنه كلما زادت كثافة الصخور زادت سرعة الموجات الزلزالية.

من الوثيقة 11 :



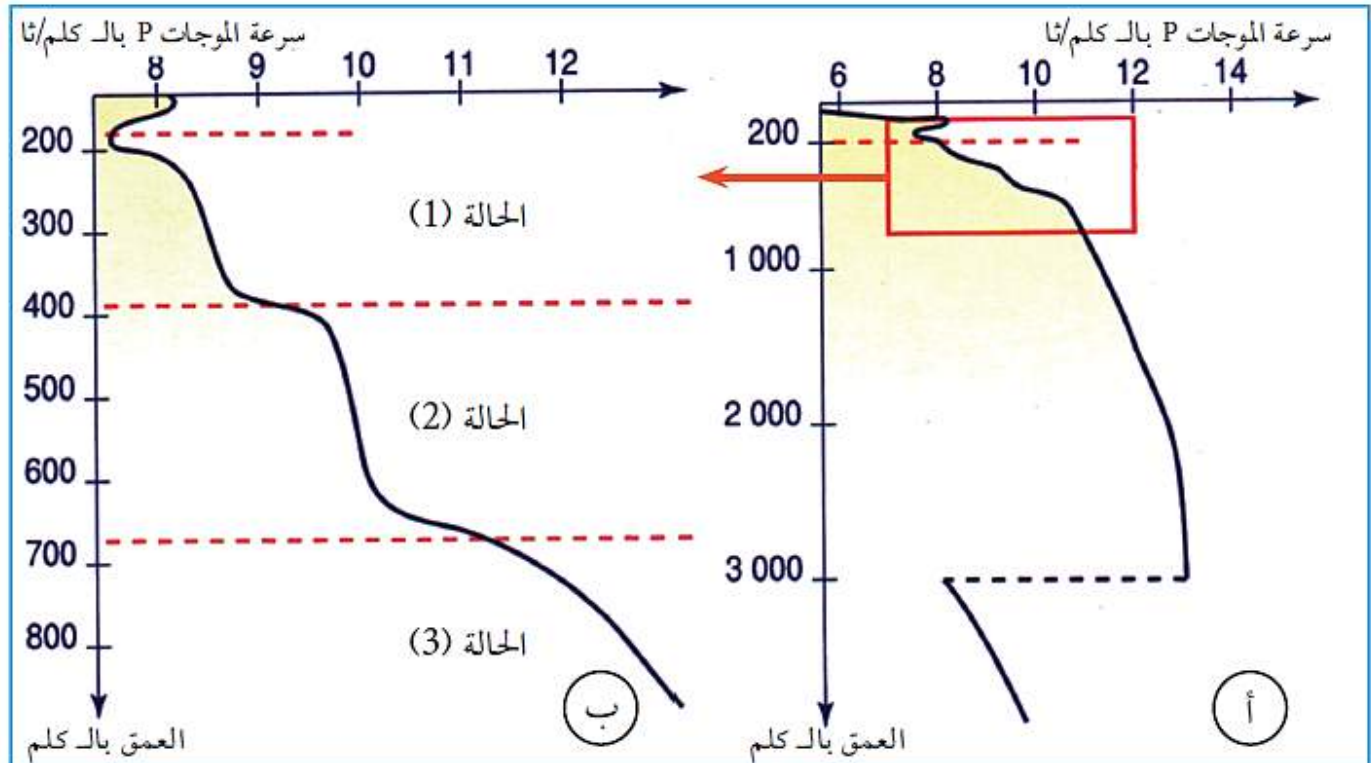
تصل الموجات الزلزالية (P) إلى النقطة (A) التي تقع على بعد 5800 كلم في زمن قدره 540 ثا ومنه نستنتج سرعتها وتقدر بـ: 10.74 كلم/ثا.  
وصلت الموجات الزلزالية (S) إلى النقطة (B) التي تقع على بعد 5800 كلم في زمن قدره 960 ثا ومنه نستنتج سرعتها وتقدر بـ: 6.04 كلم/ثا.  
وصلت الموجات الزلزالية (L) إلى النقطة (C) 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).



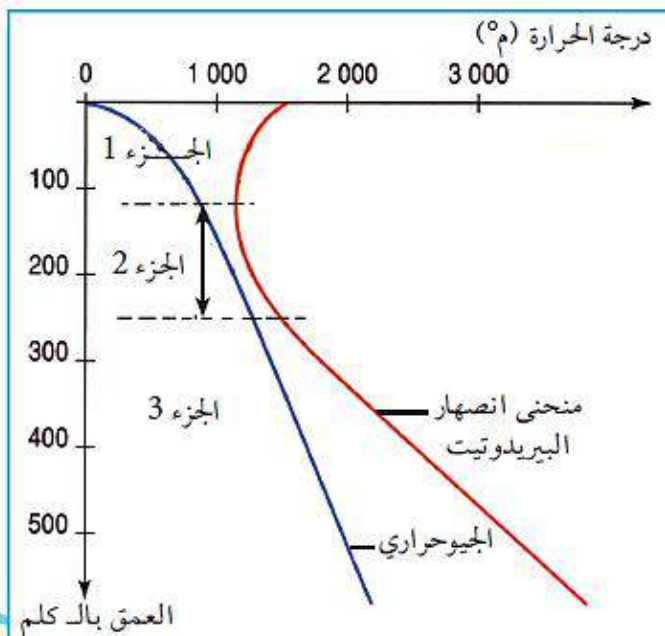
## ب - العلاقة بين خصائص المواد وسرعة انتشار الموجات الزلزالية :

يرتبط انتشار الموجات الزلزالية بالحالة الفيزيائية والكيميائية لمختلف المواد المكونة للمستويات الأرضية التي تخترقها.

لتفسير تغيرات سرعة الموجات الزلزالية بين عمق 40 و 2900 كلم نقترح دراسة منحنيات الوثائق التالية:



الوثيقة (12) منحنى تغير سرعة انتشار مختلف الموجات الزلزالية بدلالة العمق



الوثيقة (13)

### استغلال الوثائق:

1. حلل معطيات الوثيقة (12)، ماذا تستنتج حول: - سرعة الموجات بدلالة العمق. - اختلاف سرعة الموجات الزلزالية في والوثيقة (12-ب).
3. علل حالة الفيزيائية لمادة البريدوتيت في الأجزاء 1، 2 و 3 من الوثيقة (13).
4. اعتمادا على الحالة الفيزيائية للبريدوتيت في الأجزاء السابقة، فسّر تغيرات سرعة انتشار الموجات الزلزالية الموضحة في الوثيقة ؟
5. قارن بين الوثيقتين (12 و 13)

\* باستغلال نتائج المقارنة استخلص إذا العوامل المؤثرة في سرعة الموجات الزلزالية.

## استغلال الوثائق :

## الوثيقة 12:

- يلاحظ تزايد مستمر لسرعة الموجات الزلزالية (P) بين عمق 200 كلم و 2900 كلم، تم يحدث انقطاع مفاجئ لهذه السرعة في 2900 كلم لتبدأ في التزايد من جديد.
- كما يبين تحليل منحني 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.

## الوثيقة 13 :

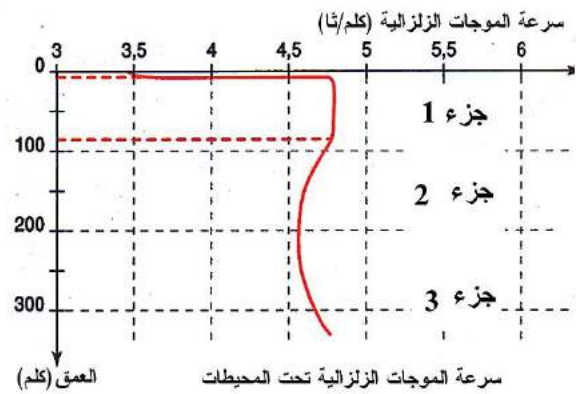
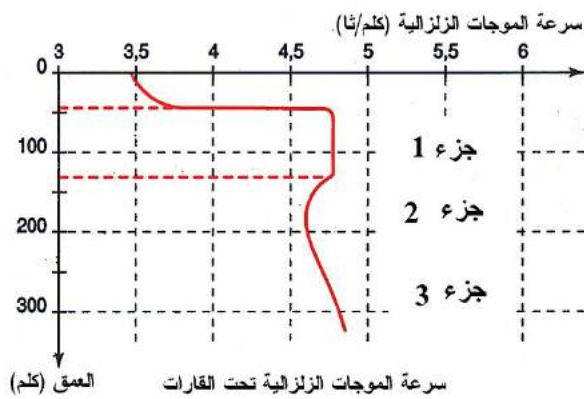
- معطيات الوثيقة (13) التي تبين منحني انصهار صخر البيريدوتيت حيث يظهر انخفاض في درجة الحرارة بين عمق 100 و 150 كلم تقريبا.

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

## تفسير تغيرات سرعة انتشار الموجات الزلزالية الموضحة في الوثيقة 13:

- 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).

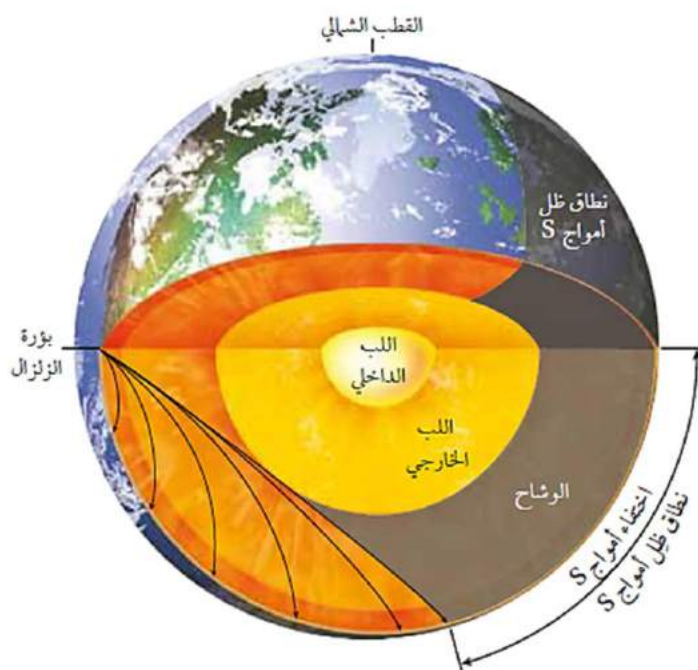
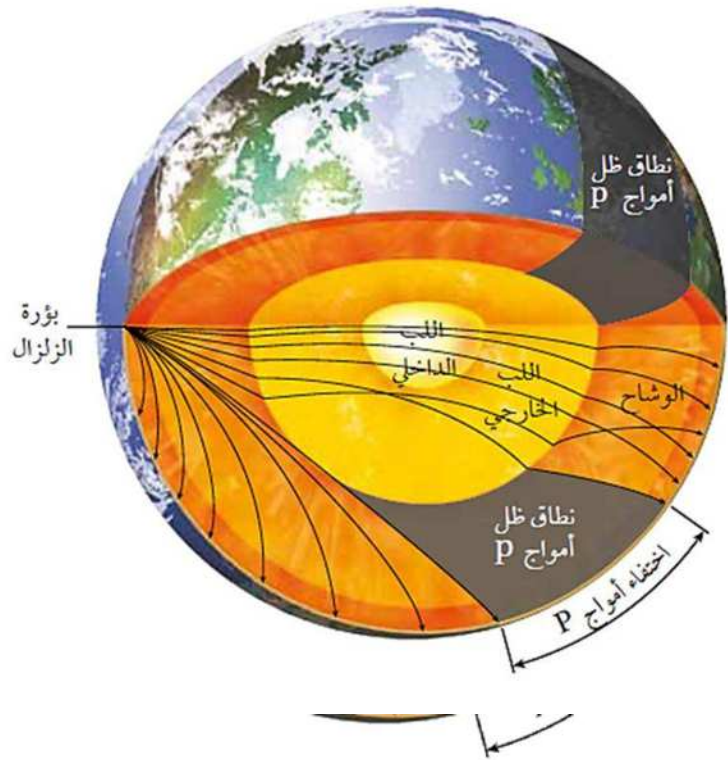
- من خلال هذه التغيرات أن سرعة الموجات الزلزالية تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة وهذا ما يؤدي إلى ظهور مجموعة من الإنقطاعات داخل الكرة الأرضية.
- يقع الإنقطاع الأول على عمق أقل من 100 كلم وهو ممثل في الوثيقة (12أ) حيث يفصل بين القشرة الأرضية الممتلئة بالمستوى الأول والمستوى الثاني الممثل بالبرنس 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.



## معلومات إضافية

يزودنا كل من زمن الوصول وسلوك الموجات الزلزالية بصورة تفصيلية لبنية الأرض الداخلية. كذلك تزودنا هذه الأمواج بأدلة على مكونات أجزاء الأرض المختلفة.

يؤدي انكسار أمواج P عند اللب الخارجي إلى تكوين نطاق ظل على سطح الأرض، بحيث لا تظهر أمواج P على المخطط الزلزالي (السيزموجرام) على بعد زاوي يتراوح بين  $103^{\circ} - 143^{\circ}$  عن المركز السطحي للزلازل، بينما تظهر أمواج P على أجهزة السيزمومتر في الجانب المقابل للمركز السطحي للزلازل.



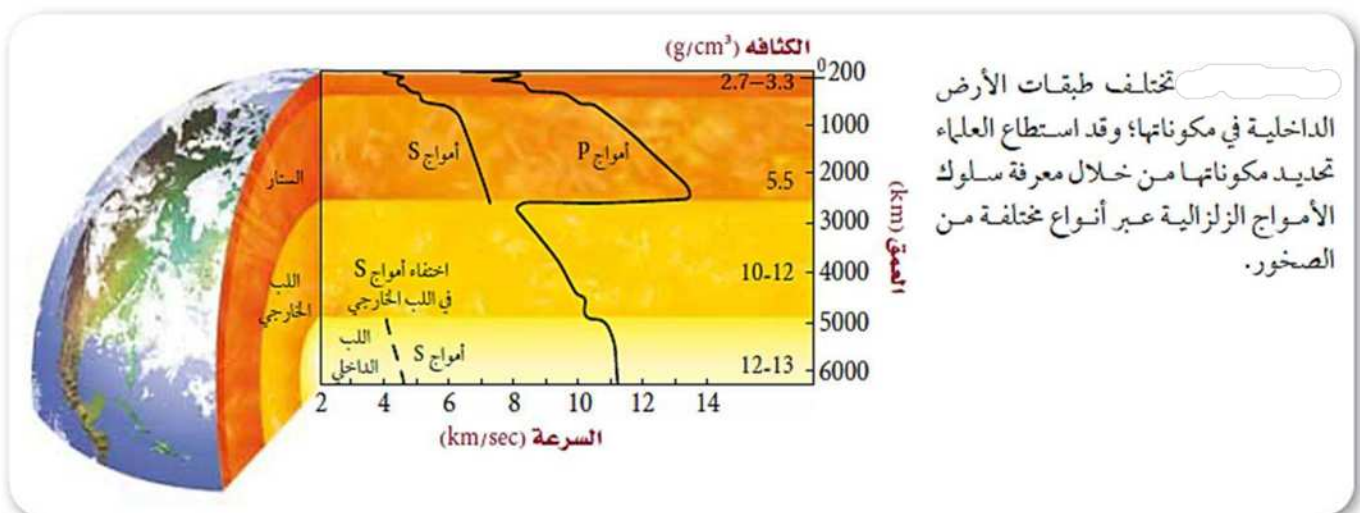
لأن أمواج S لا تمر من خلال اللب الخارجي للأرض السائل، لذلك فإنها لا تظهر ضمن نطاق يسمى ظل أمواج S على بعد زاوي يتراوح بين  $103^{\circ} - 180^{\circ}$  عن المركز السطحي للزلازل.

## الخلاصة

- من مقارنة سرعة انتشار الموجات الزلزالية P. S في الوسط الصلب أو السائل نجد أن الموجات الزلزالية P تنتشر في جميع الأوساط الصلب والسائل معا أم الموجة S تنتشر في الأوساط الصلبة فقط ومنه نستطيع تحديد الحالة الفيزيائية لكل طبقة.
- من دراسة سرعة انتشار الموجات الزلزالية في طبقة معينة ذات طبيعة كيميائية واحدة لكن تختلف في طبيعتها الفيزيائية وجد أن سرعة تكون كبيرة في المادة الصلبة و تنقص في المطاطة ثم في المادة المنصهرة (السائلة) ومنه يمكن تحديد الطبيعة الفيزيائية لكل طبقة و بزيادة الكثافة و الحرارة .
- و تتغير السرعة بتغيير المعادن المشكل للغلاف .
- ويمكن معرفة نوع المعدن المشكل للأرض من الموجات الزلزالية بتجريبها على معادن شاهدة ثم مقارنة هذه السرعة على الأرض .

## الخواص الفيزيائية المستنتجة من الموجات الزلزالية نصل الى :

- 📖 القشرة مع البرنس العلوي الجزء العلوي صلب و يكون الليتوسفير او الصفيحة
- 📖 البرنس العلوي الجزء السفلي منه مطاطي في جزء منه فقط و ليسى بالكامل
- 📖 سمك كل غلاف
- 📖 النواة الخارجية مائعة
- 📖 النواة الداخلية صلبة .
- 📖 تحديد اماكن الانقطاعات



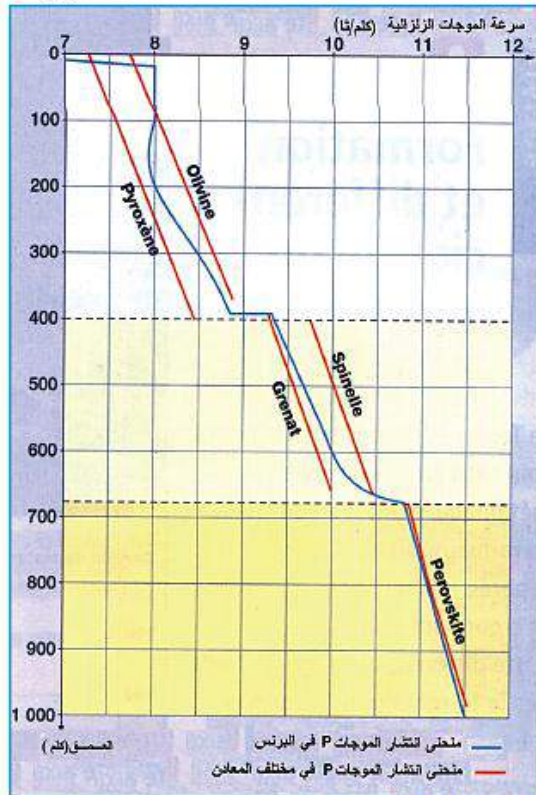
## النشاط 2 – النموذج المعدني الكيميائي للكرة الأرضية :

كيف تنتظم مكونات باطن الأرض بناء على مختلف المعطيات السيسمولوجية ؟

## 1- التركيب المعدني للبرنس

## ⊙ سرعة انتشار الموجات الزلزالية P و S :

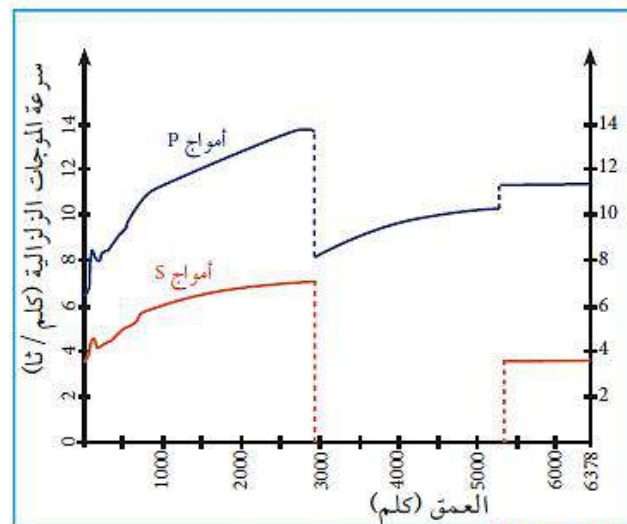
سرعة انتشار الموجات الزلزالية S,P بدلالة العمق



الوثيقة (10) منحنى العلاقة بين تغير سرعة الموجات الزلزالية مع تغير المعادن بدلالة العمق في البرنس.

بينت تحاليل السيسموغراف المسجل في مختلف محطات الاستقبال تغيرات مفاجئة لسرعة انتشار الموجات الزلزالية.

تبين الوثيقتان (9 و 10) سرعة انتشار الموجات الزلزالية بدلالة العمق في البرنس.



الوثيقة (9) تغير سرعة الموجات الزلزالية بدلالة العمق

## ⊙ استغلال الوثائق:

1. باستغلال الوثيقة (9) حلل منحنى انتشار الموجات الزلزالية P و S داخل الكرة الأرضية ؟
2. باستغلال مسار الموجات الزلزالية S,P (الوثيقة 9), حدد عدد وحدود الطبقات المكونة للكرة الأرضية.
3. اعتمادا على خصائص انتشار الموجات الزلزالية S في الأوساط, حدد الحالة الفيزيائية للطبقات التي توصلت إلى تحديدها
4. حلل منحنى الوثيقة (10), ماذا تستنتج ؟

## استغلال معطيات الوثيقتين :

## ج 1 – تحليل منحنى انتشار الموجات الزلزالية P و S داخل الكرة الأرضية :

## ج 1 – التحليل :

✓ تبين الوثيقة 9 تغير سرعة الموجات الزلزالية بدلالة العمق .

تردد سرعات انتشار الموجات P و S على عمق يتراوح بين 0 كلم و 2800 كلم , انخفاض سرعة انتشار الموجات الزلزالية P على عمق 2900 كلم و 5800 كلم .



✓ اختفاء الموجات الزلزالية S بين عمقي 2900 كلم و 5800 كلم .

ج2 - تحديد عدد وحدود الطبقات المكونة للكرة الأرضية :

✓ الكرة الأرضية تتكون من ثلاث طبقات رئيسية: البرنس - النواة الداخلية والنواة الخارجية وجود انقطاعين , الاول على عمق 2900 كلم يفصل البرنس عن النواة الخارجية (انقطاع غتنبرغ) والثاني على عمق 5800 كلم يفصل النواة الداخلية عن النواة الخارجية (انقطاع ليمان) .

ج3 - نستنتج أن :

✓ البرنس الأرضي له طبيعة فيزيائية صلبة والنواة الخارجية لها طبيعة فيزيائية سائلة والنواة الداخلية لها طبيعة فيزيائية صلبة.

ج4 - استغلال الوثيقة 10 :

✓ من خلال مقارنة سرعة انتشار الموجات الزلزالية P في البرنس وسرعة انتشارها في بعض المعادن وهي معادن تدخل في تركيب صخور تنتمي إلى البيريدوتيت , 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.

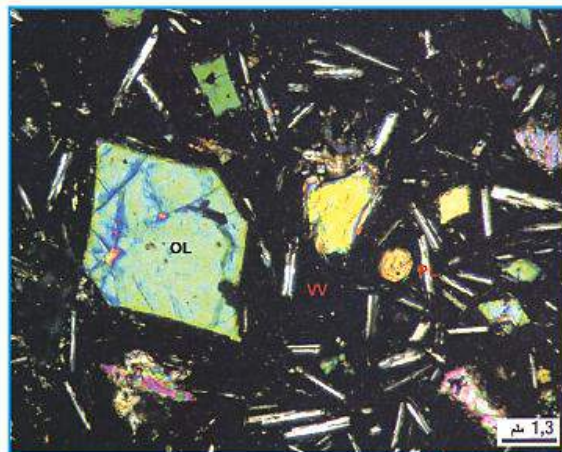
الاستنتاج :

✓ البرنس غير متجانس يتكون من طبقتين : برنس علوي إلى غاية 700 كلم وبرنس سفلي إلى غاية 2900 كلم .  
✓ البرنس العلوي ينقسم إلى طبقتين عمق الأولى حوالي 400 كلم ويصل عمق الثانية إلى حوالي 700 كلم . تتميز كل طبقة بتركيب معدني خاص .  
✓ البرنس يتكون من صخر البيريدوتيت الذي يتغير تركيبه المعدني حسب ظروف الحرارة والضغط .

2 - خصائص بعض معادن الصخور القشرة الأرضية :

البازلت:

صخر ناري بركاني قاعدي، يتشكل على سطح الكرة الأرضية، يدخل في تكوين القشرة المحيطية يتكون من وزجاج بركاني تسبح فيه معادن كبيرة من الأوليفين، البالجيوكلاز و معادن صغيرة تكون ما يسمى بالنسيج الميكروليتي



الوثيقة (13) شريحة صخر البازلت تحت المجهر المستقطب بالخلل

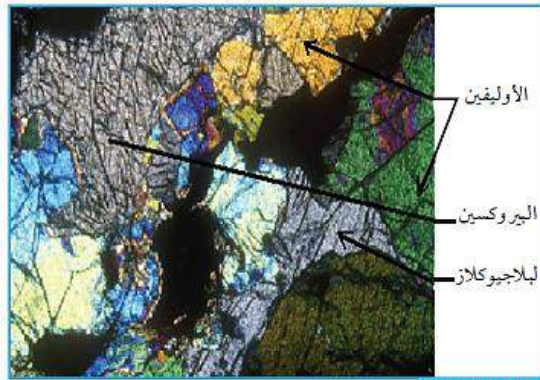


الوثيقة (12) صورة لعينة صخر البازلت بالعين المجردة

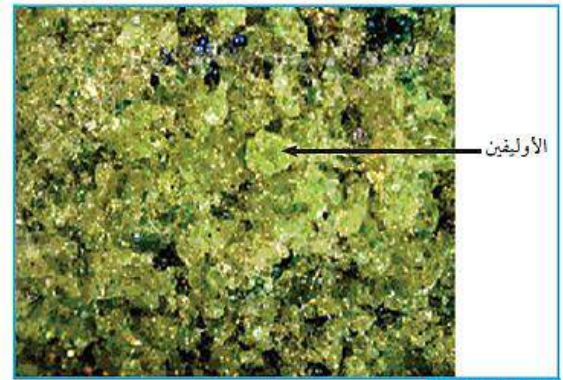
تظهر صخور البازلت عادة محتويات من صخور عاتمة ترى معادنها بالعين المجردة تدعى البيريدوتيت.

← البيريدوتيت:

صخر ناري فوق قاعدي، يتشكل داخل البرنس، يتكون أساسا من معدن الأوليفين وقليل من البيروكسين.



الوثيقة (15) شريحة صخر البيريدوتيت تحت المجهر



الوثيقة (14) عينة من صخر البيريدوتيت

### استغلال الوثائق:

1. باستغلال الوثائق السابقة قارن بين التركيب المعدني والنسيجي لصخور الغرانيتويد والبازلت والبيريدوتيت ؟
2. ما هي العلاقة بين نسيج هذه الصخور ومستويات التبريد على مستوى القشرة الأرضية والبرنس ؟

### استغلال الوثائق :

**ج 1 -** نستنتج من خلال المقارنة بين التركيب المعدني والنسيجي لصخور الغرانيتويد (الغرانيت) والبازلت والبيريدوتيت أن الصخور ذات النسيج البلوري (غرانيت + بيريدوتيت) بينما الصخور ذات النسيج الميكروليني (معادن دقيقة + زجاج بركاني).

**ج 2 -** نستنتج أن الغرانيت والبيريدوتيت يبردان ببطء في الأعماق وأن البازلت يبرد بسرعة على السطح.

### ب - دراسة التكوين الكيميائي والمعدني للصخور :

التركيب الكيميائي: يمثل جدول الوثيقة (16) نسب الأكاسيد المكونة لصخر للغرانيتويد البازلت والبيريدوتيت.

البيريدوتيت	البازلت	الغرانيتويد	نسب الأكاسيد
44	49.81	70.37	SiO <sub>2</sub>
2	16.17	14.70	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
8.5	10.89	2.91	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO
42	6.08	0.91	MgO
3	9.81	2.14	CaO
0.3	2.76	3.67	Na <sub>2</sub> O
0	0.90	4.10	K <sub>2</sub> O
	3.58	1.20	

الوثيقة (16)

يمثل جدول الوثيقة (17) نسب المعادن المكونة لصخور الغرانيتويد البازلت والبيريدوتيت:

نسبة المعدن في الصخر	الغرانيتويد (الغرانيت)	البازلت	البيريدوتيت
الكوارتز	21		
الفلسبار البوتاسي	41.8	9	
البلاجيوكلاز	27.3	15	
الميك	7		
الأوليفين		10	71.28
البيروكسين		10	28.71
الزجاج البركاني		55	

الوثيقة (17)

## استغلال الوثائق:

1. حلل نسب التركيب الكيميائي والمعدني لكل من الغرانيتويد، البازلت والبيريدوتيت ؟ ماذا تستنتج ؟
2. ما هي العلاقة بين نسب العناصر الكيميائية وألوان الصخور ؟

\* لنخص في نص علمي الخصائص المعدنية والكيميائية لكل من الغرانيتويد، البازلت والبيريدوتيت.

## استغلال الوثائق :

## ج1 - من تحليل مختلف أكاسيد الصخور المكونة لكل من الغرانيتويد (الغرانيت)، البازلت والبيريدوتيت يستنتج أن:

- الغرانيت غني بالسيليس والألمنيوم وفقير بالحديد والمغنيزيوم.
- البازلت فقير بالسيليس وغني بالألمنيوم، الحديد، المغنيزيوم والكالسيوم.
- البيريدوتيت: فقير بالسيليس 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.

## ج2 - يستنتج من خلال استغلال نسب العناصر الكيميائية أن :

- الصخور الغنية بسليكات الألمنيوم فاتحة وأن الصخور الغنية بالمغنيزيوم والحديد عاتمة (البازلت + البيريدوتيت).

- نستنتج باستغلال الخصائص المعدنية أن المعادن الغنية بالسيليس والألمنيوم (كوارتز + الفلسبار + البلاجيوكلاز) تكون القشرة القارية وأن المعادن الغنية بالمغنيزيوم والحديد (الأوليفين + البيروكسين) تكون القشرة المحيطية والبرنس الأرضي.



## 3 - تحديد الطبيعة الكيميائية للمواد المكونة للبرنس والنواة



الوثيقة (11) عينات صخرية من النيازك

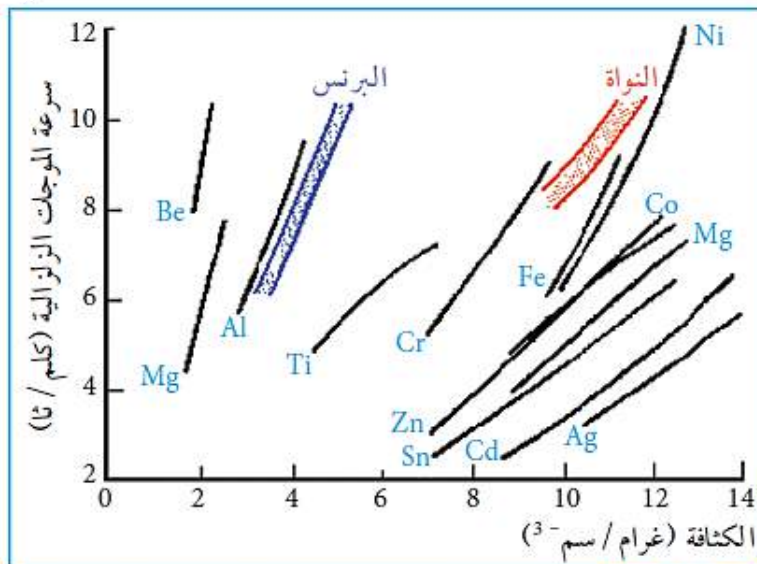
- بينت الدراسات الجيوفيزيائية وجود ثلاث مستويات أرضية تتمثل على التوالي في البرنس، النواة الخارجية والنواة الداخلية؛ ويمكن استعمال النيازك أو تجربة Birch لتحديد الطبيعة الكيميائية للمواد المكونة لهذه المستويات.

(1) تصدر النيازك عن الحزام الذي يقع بين كوكبي المريخ وزحل وتمثل الكوندرت 85% منها.

- بينت التحاليل الجيوكيميائية التي أجريت على هذه الأجسام (الكوندرت) أن لها نفس تركيب الكواكب الصخرية (الأرض) لكونها تشكلت من نفس المواد ولها نفس العمر وتختلف النيازك عن الأرض في كونها غير متميزة. تتوزع نسب المواد المكونة للكرة الأرضية على النحو التالي: قشرة: 1%، البرنس 74%، النواة: 25%، يحتوي باطن الأرض على سائل ناقل للكهرباء ونظرا لكون البرنس عازل لها فإن هذا الوسط لا يمكن أن يكون سوى فلزيا.

الأرض	السيليكات (الأوليفين + البيروكسين): 75% والعناصر الثقيلة غير المعروفة: 25%
الكوندرت	السيليكات (الأوليفين + البيروكسين): 75%، الباقي تحتوي على حديد: 20%، 5% (Fe + Ni + S + P)

يبين الجدول المقابل دراسة مقارنة بين الأرض والنيازك (الكوندرت):



الوثيقة (12) العلاقة بين سرعة انتشار الموجات الزلزالية في كل من البرنس والنواة وسرعة موجات التصادم في بعض الأجسام الكيميائية

(2) تجربة Birch: كما أجريت قياسات سرعة موجات التصادم على عناصر كيميائية (Fe, Cr, Al, Mg, Na) تحت عاملي الضغط والحرارة المتغيرين والمماثلين لظروف البرنس والنواة. سمحت هذه القياسات بإنشاء مجموعة من الخطوط تمثل سرعة انتشار الموجات الزلزالية بدلالة الكثافة يقع. الخط الذي له خواص البرنس في مجال السيليسيوم والألومينيوم ويقع الخط الذي له خواص النواة في مجال الحديد والنيكل يمكن مقارنة هذه النتائج مع ظروف انتشار الموجات الزلزالية في البرنس والنواة.

## استغلال الوثائق :

س1 - قارن بين مكونات كل من الأرض والكوندرت :

ج1 - المقارنة :

العناصر الكيميائية للأرض والنيازك متماثلة وأنها من نفس الأصل ولكنهما يختلفان في كون الأرض متميزة إلى مجموعة من المستويات وأن الكوندرت (الممثل الأساسي للنيازك) غير متميز.

س2 - انطلاقا من المقارنة السابقة ومعطيات الوثيقة 12 , حدد العناصر المكونة للبرنس والنواة , ماذا تستخلص من ذلك ؟

ج2 -

يستنتج من الوثيقة 12 أن منحني السيلكات والمغنيزيوم يقعان في مجال البرنس وأن منحني الحديد والنيكل يقعان في مجال النواة الأرضية.

الاستخلاص :

أن البرنس مكون من سيليكات الحديد والمغنيزيوم وأن النواة تتكون من النيكل والحديد

س3 - حدد الطبيعة الفيزيائية للنواة , علما أن المواد المكونة للبرنس عازلة والمواد المكونة للنواة ناقلة للكهرباء .

ج2 -

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.

### الخلاصة :

#### صخور القشرة و البرنس : 1 صخور القشرة :

##### أ- القارية

##### غرانوتويد ( الغرانيت ) :

وهي صخور جوفية إندساسية حمضية ذات بنية بلورية تامة لتبردها في الأعماق ببطء . أما إذا تبردت على السطح بسرعة فإنها تشكل صخر أندزيت . صهارتها جد لزجة لاحتوائها على السيليس . و تعتبر الصخور الجرانيتية أوسع الصخور انتشارا في القارة حيث أنها تكون سلاسل الجبال الممتدة آلاف الكيلومترات مكونة الكتل العميقة المعروفة بالباتوليت

وبالإضافة لصخور النارية توجد صخور المتحولة نظرا لوجود الضغط أو تحول بعض الصخور نتيجة تماسها مع الصهارة المندسة ضمن صخور القشرة القارية .

وتوجد صخور رسوبية نتيجة حدوث عمليات التجوية لصخور الأصلية المشكلة للقارات . إنها تشكل القشرة القارية وتسمى Si Al لوفرة هذا المعدن فيها

##### ب- المحيطية

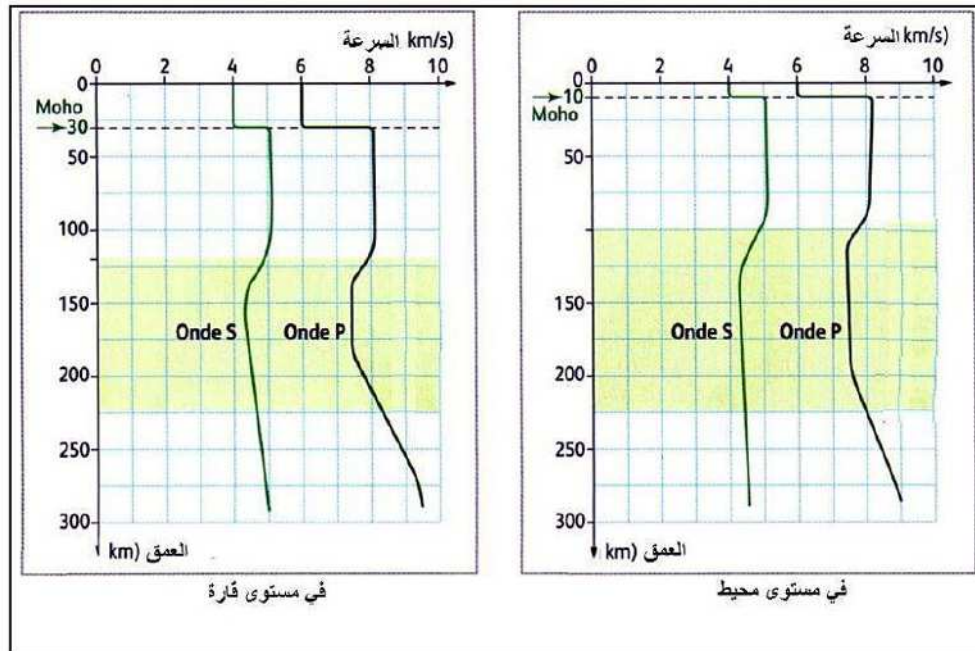
##### البازلت :

صخور البازلت قاعدية ذات بلورات مكرولتية أو ذات بنية زجاجية نتيجة لتبلور السريع على سطح الأرض أم إذا تبردت في الأعماق وببطء تشكل صخور الجابرو

إنها تشكل القشرة المحيطية وتسمى Si Ma نسبة لوفرة هذا المعدن



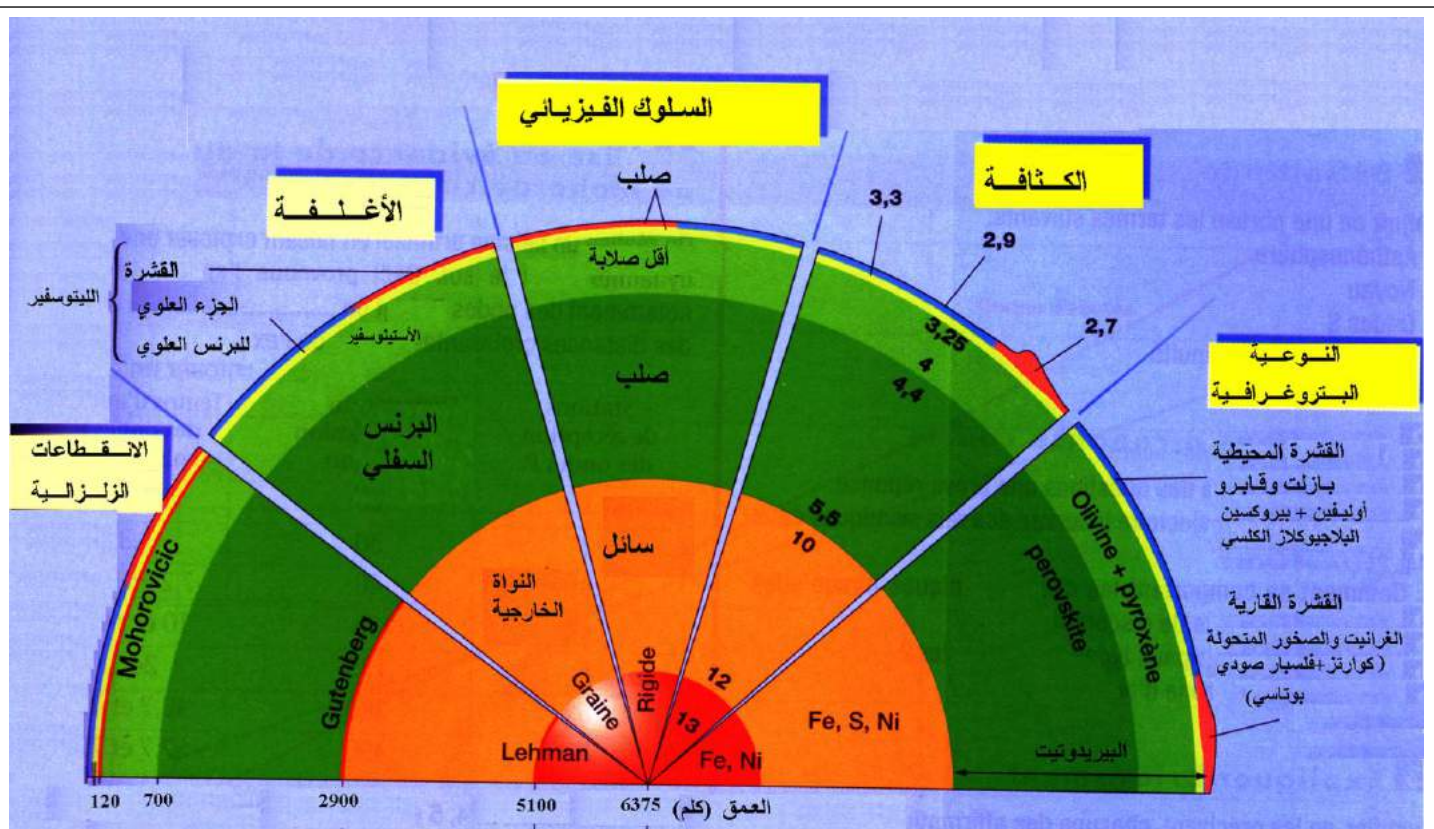
## كيف يمكن التمييز بين القشرة القارية والقشرة المحيطية



## سرعة انتشار الموجات P و S في مستوى قارة و في مستوى المحيط بدلالة العمق

يقع خط مو هو على مستوى القارة على بعد 30 كلم و على مستوى المحيط يقع على بعد 10 كلم من السطح مما يدل على أن سمك القشرة القارية أكبر من سمك القشرة المحيطية .

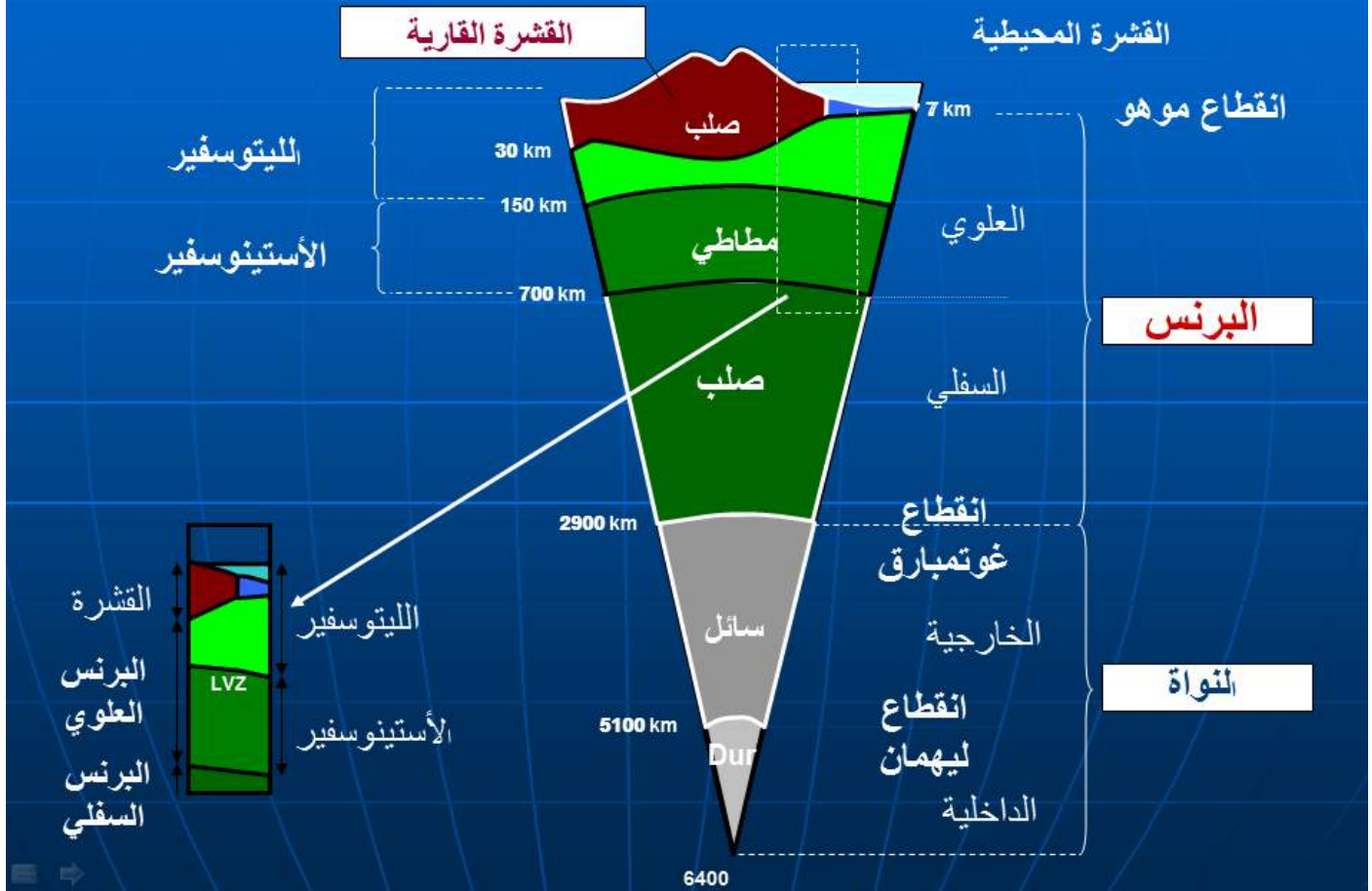
يبدا الحد الفاصل بين الليتوسفير القاري والاسستينوسفير من العمق 125 كلم و يبدأ الحد الفاصل بين الليتوسفير المحيطي و الاستينوسفير على عمق 100 كلم مما يدل على أن القشرة القارية تتغرز في البرنس ( وتد )



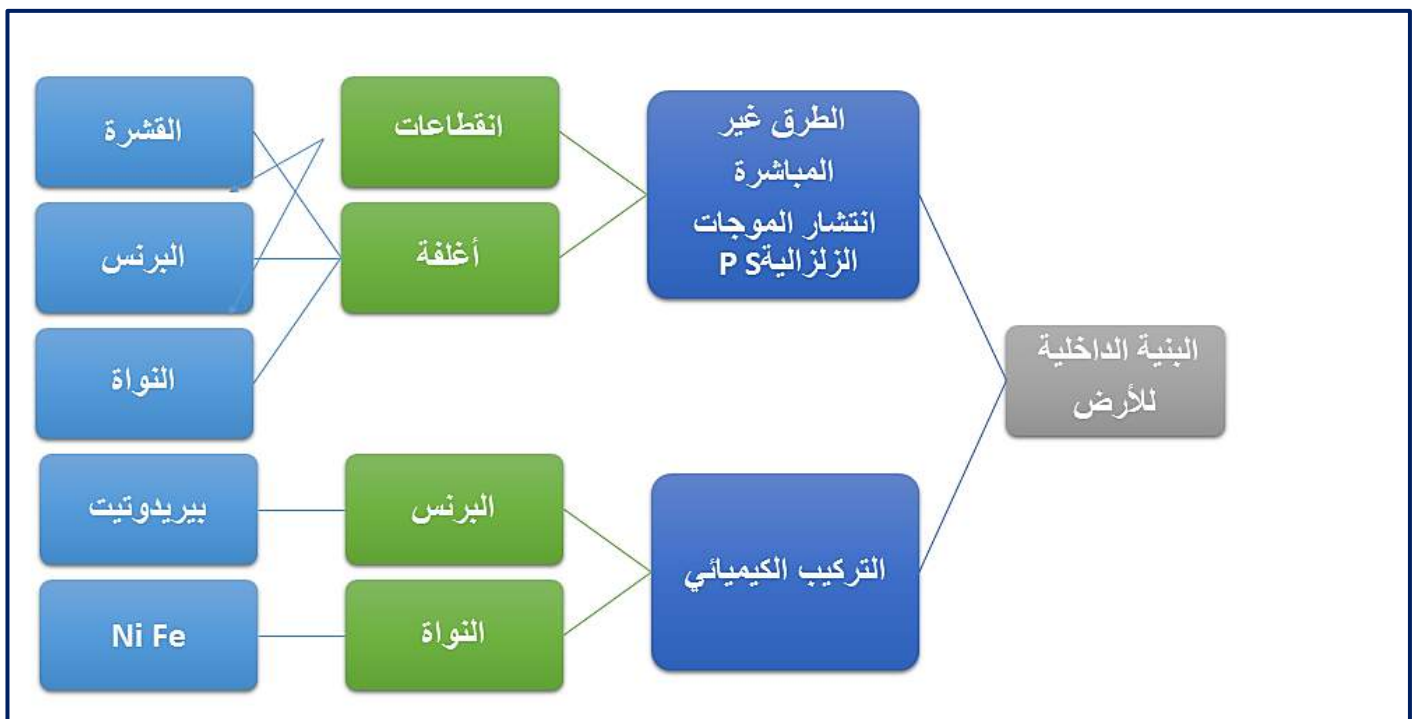
## مخطط تحصيلي : مجسم لبنية الكرة الارضية على شكل طبقات



## رسم تحصيلي يبين مختلف مستويات الكرة الأرضية



### خريطة المفاهيم



## الحصيلة :

## النشاط ①: الموجات الزلزالية

الزلازل عبارة عن حركات أرضية تحدث داخل القشرة الأرضية. نسمي النقطة التي حدث فيها الكسر بالبؤرة والنقطة السطحية بالمركز السطحي. ينتج الزلزال عن عدم مقاومة المواد الداخلية للكرة الأرضية لقوى الشد وتنبثق عنه موجات تسجل على أجهزة خاصة تدعى السيسمو متر. تسمح أجهزة السيسمو متر من تسجيل الموجات الزلزالية وفق الأبعاد الثلاثة وتنقسم إلى نوعين: - السيسمو متر الأفقي: يسجل الموجات الزلزالية وفق الاتجاهين: شمال-جنوب و شرق -غرب - السيسمو متر العمودي: يسجل الموجات الزلزالية الشاقولية. يدعى التسجيل الزلزالي بالسيسموغراف يسمح السيسموغراف من تحديد أنواع الموجات الزلزالية وذلك من خلال زمن وصولها وسعتها. - الموجات الأولية P: تصل الأولى وذات سعة صغيرة. - الموجات الثانوية S: لها سرعة أقل من الأولى وسعتها أكبر. - الموجات L و R لها سرعة أقل ولكن سعتها أكبر وبالتالي ملة وصولها أطول. تنتشر الموجات P و S في جميع الاتجاهات ولذا تدعى بموجات الحجم. الموجات P هي موجات طولية من النوع التضاعطي التمددي، تنتشر في كل من الأوساط الصلبة والسائلة تسجل بشكل جيد على السيسمو متر الشاقولي. الموجات S: هي موجات عرضية (قصية) تنتشر في الأوساط الصلبة فقط، تسجل بشكل جيد على السيسمو متر الأفقي.

الموجات L و R: تنتشر فوق سطح الأرض، تسجل بشكل جيد على السيسمو متر الأفقي وتحدث أضرار كبيرة على المنشآت. تنتشر الموجات P و S داخل الكرة الأرضية، تتوقف سرعتها على الطبيعة الكيميائية والحالة الفيزيائية للمادة المخترقة. تتوقف سرعة الأمواج الزلزالية على: - كثافة الوسط حيث أنها تزداد مع زيادة كثافة المواد التي تخترقها. - ضغط الوسط حيث أنها تزداد مع زيادة ضغط الأوساط التي تخترقها. - حرارة الوسط حيث أنها تزداد مع زيادة حرارة الأوساط التي تخترقها. تكون سرعة الموجات الزلزالية في مادة ذات نفس التركيب الكيميائي، أكبر في الحالة السائلة منه في الحالة الصلبة.

## النشاط ②: التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية والمعطف

تكون صخور الغرانيتويد القارية تتكون أساسا من صخور نارية حمضية ومتحولة، يمثل الصخور النارية الحمضية صخور الغرانيت الذي تشكل داخل القشرة الأرضية له نسيج بلوري ويتكون من المعادن التالية: الكوارتز الفلسبار والميكا، فهو صخر اندساسى حمضي.

يدخل عنصر السيليس في تركيب الغرانيت ب 70 % ويدخل الألومين ب 15% ولذا تعتبر القشرة القارية غنية بالسيليس والألومين وتسمى سيل (Sial).  
 يكون صخر البازلت القشرة المحيطية له نسيج ميكروليتي ( بلورات كبيرة من الأوليفين والبيروكسين ودقيقة من البلاجيوكلاز تسبح في زجاج بركاني)، لذا يعتبر صخر بركاني قاعلي.  
 يدخل عنصر السيليس في تركيب البازلت ب 49 % والألومين ب 15% المعدن الحديدية المغنيزية ب 20%، ولذا تعتبر القشرة المحيطية فقيرة بالسيليس وغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم وتسمى سيل (Sima).  
 يكون صخر البيريدوتيت البرنس، له نسيج بلوري، لونه أخضر داكن يتكون أساسا من معدن الأوليفين  $(Fe-Mg)_2 SiO_4$ ، لذا يعتبر صخر ناري فوق قاعلي.  
 يدخل عنصر السيليس في تركيب البيريدوتيت بنسبة 44% والمغنيزيوم ب 42% والحديد ب 8.5%، لذا تعتبر صخور البرنس فقيرة بالسيليس وغنية بالحديد والمغنيزيوم.

### النشاط ③:

يتشكل باطن الأرض من أغلفة دائرية ذات خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة تحددها انقطاعات.  
 يتكون الغلاف العلوي من قشرة صلبة حجمها أقل من 2% ، وتنقسم إلى قسمين:  
 - القشرة القارية: تتكون من صخور رسوبية، نارية حمضية غرانيتية ومتحولة.  
 - القشرة المحيطية: تتكون أساسا من البازلت وهو صخر ناري قاعلي.  
 بين مسار الموجات الزلزالية (P) أن الغلاف الثاني يتكون من البرنس الذي ينقسم بدوره إلى برنس علوي وبرنس سفلي.  
 ينقسم البرنس العلوي بدوره إلى جزء علوي وجزء سفلي.  
 تكون القشرة القارية والجزء العلوي من البرنس العلوي الليتوسفير وهي طبقة صلبة قابلة للانكسار

تمثل الألواح التكتونية ويمثل الجزء السفلي الأستينوسفير.  
 بينت مقارنة المكونات الكيميائية لكل من الأرض والنيازك أن البرنس يتركب أساسا من البيريدوتيت وهو سيليكات الألومينيوم، الحديد والمغنيزيوم ويشكل أكبر نسبة من الكرة الأرضية 81%، وله سلوك جسم صلب.  
 وأن الغلاف الثالث يتكون من النواة حيث تشكل نسبة 17% من الحجم الكلي للكرة الأرضية وهي غنية بالحديد والنيكل.  
 تنقسم النواة إلى نواة خارجية سائلة ونواة داخلية صلبة.