جامعة البعث
كلية العلوم
50
9
مركز العلوم للخدمات الجامعية
محافظات - مخابرات - فروع السيد
٠٩٦١٦٧٨٧٥٧ - ٠٣١٨٧٧٧٧٢

قسم البيولوجيا
السنة الأولى

كلية العلوم

البيولوجيا الفيزيائية

نظري

المحاضرة الثانية

الفصل الثاني

العام الدراسي 2017 2018

د. سهيل أبراهيم

مركز العلوم للخدمات الجامعية
محافظات - مخابرات - فروع السيد
٠٩٦١٦٧٨٧٥٧ - ٠٣١٨٧٧٧٧٢
مركز العلوم للخدمات الجامعية

التشوهات التكتونية في القشرة الأرضية

تبدو القشرة الأرضية في الوهلة الأولى متوازنة ومستقرة، ولكنها في الواقع خاضعة لتغيرات وتشوهات تبدو جلية بشكل واضح في بعض المناطق ولاسيما المتميزة بديناميكية نشطة بسبب بعض الحركات الداخلية الكبيرة. وتتجلى هذه التشوهات في تغيير شكل هذه الصخور أو حجمها أو موقعها. وحسب شدة الحركة واتجاهها (قوى شد وضغط وفتل) ونوع الصخور المتأثرة بها، يمكن أن تحدث تشوهات لدنة في هذه الصخور تؤدي إلى تجعدها وطيها، أو تشوهات تمزقيه تؤدي إلى تشقق الصخور وبالتالي تشكل الشقوق والصدوع (أو الفوالق).

التشوه اللدن هو التشوه الذي يصيب صخور القشرة الأرضية دون أن تكون هذه الصخور قادرة على استعادة شكلها وحجمها الأصليين. فالتشوه الدائم يدعى بالتشوه اللدن. وهذا النوع من التشوه يؤدي إلى تجعد الطبقات الصخرية وطيها دون تخريب استمراريتها.

أما **التشوه التمزقي** فهو التشوه الذي يؤدي إلى تحطيم الصخر وتكسيره وبالتالي تخريب استمرارية الوسط.

1- التشوهات التجعدية أو الالتوائية

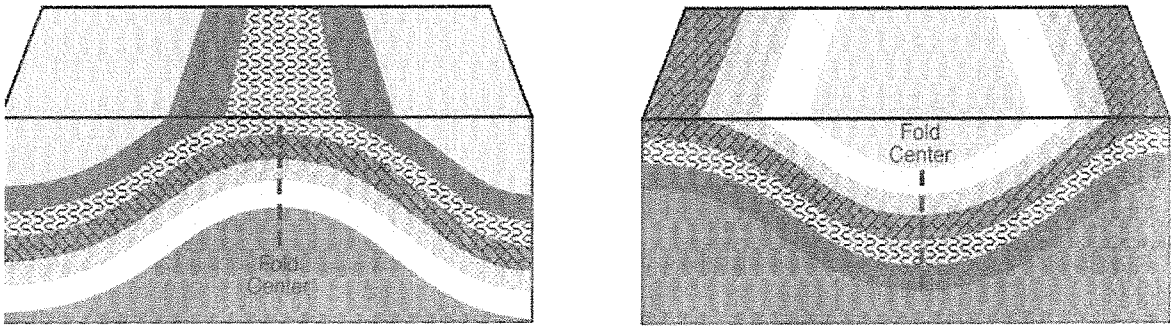
الطيات هي تجعدات أو انحناءات تصيب صخور القشرة الأرضية وتعتبر نتيجة لعمليات التشوه اللدن للصخور. فالتشوهات اللدنة التي تسبب تجعد الطبقات وتشكل الطيات تعكس بشكل عام الجهد في القشرة الأرضية الناتج عن الحركات التكتونية الأفقية بصورة رئيسية.

عناصر الطية: يمكن في الطية تمييز وجود العناصر التالية:

- غلق الطية: هو مكان التثني الذي تغير فيه الطبقات اتجاه ميلها، أو هو القسم المتشكل من التقاء جناحي الطية.
- جناحا الطية: هي الأجزاء الجانبية المائلة من الطية، وقد يشترك جناح الطية الواحدة بين طية محدبة وطية مقعرة، وقد يكون للجناحين ميل واحد أو ميلين مختلفين.
- نواة الطية: هي الطبقات أو الصخور التي تشكل الجزء المركزي من الطية.
- زاوية الطية: هي الزاوية بين جناحي الطية.
- المستوى المحوري: هو المستوى الذي يمر عبر غلق الطية وهو يقسم الطية إلى قسمين متناظرين ومتساويين.
- محور الطية: هو الخط الناتج عن تقاطع المستوى المحوري مع سطح الطبقة. وهو يمكن أن يكون أفقي أو مائل وعند ذلك نتحدث عن ظاهرة تغريق الطية وانتهاء امتدادها الأفقي.
- أبعاد الطية: وهي طول وعرض وارتفاع الطية.

أنواع الطيات: تقسم الطيات بشكل عام إلى نوعين رئيسيين هما طيات محدبة، وطيات مقعرة.

- الطيات المحدبة (انتيكلينال): هي الطيات التي يكون تحدبها نحو الأعلى، ويكون في مركز الطي تشكيلات صخرية أقدم عمراً من الجوانب. وهي تنعكس على السطح الطبوغرافي بشكل جبال متطاولة ممتدة يختلف ارتفاعها وانحدار سفوحها باختلاف شدة التشوه.
- الطيات المقعرة (سينكلينال): هي الطيات التي يكون تقعرها نحو الأسفل، ويكون في مركز الطي تشكيلات صخرية أحدث عمراً من الجوانب. وهذه الطيات المقعرة تنعكس على السطح الطبوغرافي بشكل وديان ومنخفضات متطاولة وضيقة تمتد عادة بين الطيات المحدبة السابقة.

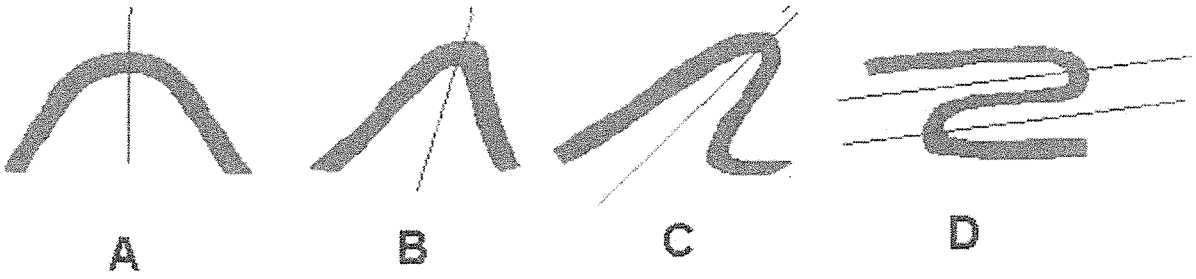


شكل يوضح الطيات المحدبة والطيات المقعرة.

تصنف الطيات وفق أسس مختلفة، فالتصنيف الذي يعتمد على شكل الطيات يسمى التصنيف المرفولوجي (الشكلي). أما التصنيف الذي يوضح ظروف تشكل الطيات فيسمى التصنيف المنشئي.

ويمكن تصنيف الطيات من ناحية الشكل المورفولوجي وبالاعتماد على الوضعية الفراغية للمستوي المحوري وجناحي الطية إلى الأنواع التالية:

- الطيات المتناظرة: وهي الطيات التي يكون فيها المستوي المحوري شاقولي، والجناحان يميلان بزوايا ميل متساوية باتجاهين متعاكسين (شكل A).
- الطيات الغير متناظرة: وهي الطيات التي يكون فيها المستوي المحوري مائلاً، والجناحان يميلان بزوايا ميل مختلفة باتجاهين متعاكسين أيضاً. وهي تسمى أيضاً الطيات المائلة (شكل B). ويمكن ضمن هذا النوع أيضاً تمييز وجود الطيات المقلوبة التي يميل جناحاها بنفس جهة ميل المستوي المحوري (شكل C). والطيات المستلقية التي يكون فيها المستوي المحوري أفقي وبالتالي يكون الجناحان شبه أفقيان أيضاً وهي تتشكل في مناطق الطي الشديدة (شكل D).



شكل يوضح الأنواع المختلفة من الطيات المحدبة حسب الوضع الفراغي للمستوي المحوري.

كما تصنف الطيات حسب شكل الغلق فيها إلى الأنواع التالية :

- الطيات الحادة: وتكون زاوية الطي فيها أقل من 90 درجة.
- الطيات المنفرجة: وتكون زاوية الطي فيها أكبر من 90 درجة.
- الطيات الصندوقية : وهي طيات ذات غلق مسطح، ومستوي محوري شاقولي، وجناحين يميلان بشكل عمودي تقريبا.

مظهر **التضاريس الناتجة عن الطيات على سطح الأرض**: يؤدي وجود الطيات إلى تشكل ما يسمى التضاريس الالتوائية، وهي من أكثر أنواع التضاريس انتشاراً في العالم وبصورة خاصة في المناطق الجبلية المتوسطة والشديدة الارتفاع. وقد تكون التضاريس الالتوائية مؤلفة من سلسلة جبلية واحدة مستقيمة أو مقوسة، أو من عدد من السلاسل المتجاورة على امتداد محاور واحدة، وقد تتلاقى السلاسل الالتوائية أو تتفرج وتتباعد. كما أنها تتفاوت من حيث طولها الذي يمكن أن يتراوح بين عشرات الكيلومترات وحتى 1000 كم، أو أكثر من ذلك.

أما من حيث الانتشار فان التضاريس الالتوائية قد تشكل نطاقات ممتدة لمسافات بعيدة مثل السلاسل الألبية – الهيمالائية والتي تمتد من جبال الألب في أوروبا عبر جبال طوروس وزاغروس وجبال افغانستان والباكستان لتصل إلى جبال الهيمالايا.

2- التشوهات التمزقية

تؤدي التشوهات التمزقية إلى حدوث الشقوق والفوالق. وتعرف **الشقوق** بأنها عبارة عن كسور تحدث في صخور وطبقات القشرة الأرضية وتنعدم فيها الحركة الشاقولية والجانبية على جانبي الشق (يحدث تباعد أفقي فقط).

أما **الصدوع أو الفوالق** فهي عبارة عن كسور تحدث في صخور وطبقات القشرة الأرضية تترافق مع حدوث حركة أو انزلاق الكتل المتاخمة واحدة عكس الأخرى.

وبالتالي يمكن تمييز وجود مجموعة من العناصر تسمى عناصر الفالق الأساسية وهي:

- المستوي الفالقي: هو المستوي الذي يحدث عنده الكسر وانزلاق الكتل الصخرية عن بعضها، وهو يمكن أن يكون مائلاً أو عمودياً، كما يكون غالباً أملس مصقول لذلك يسمى المرآة الفالقية.
- ميل الفالق: هي الزاوية المقاسة بين مستوي الفالق والمستوى الأفقي.
- خط الفالق أو أثر الفالق: هو تقاطع المستوي الفالقي مع سطح الأرض.
- رمية أو انزلاق الفالق: وهي مقدار الانزياح النسبي لنقطتين كانتا متجاورتين على طرفي الفالق.
- الجدار المعلق والجدار المستلقي: وهما الكتلتان المتحركتان على جانبي الفالق (وتسمى أحياناً الشفة العليا والشفة السفلى).

أنواع الفوالق: يمكن بناء على اتجاه الحركة التي تترافق مع حدوث الفالق تمييز وجود الأنواع التالية من الفوالق:

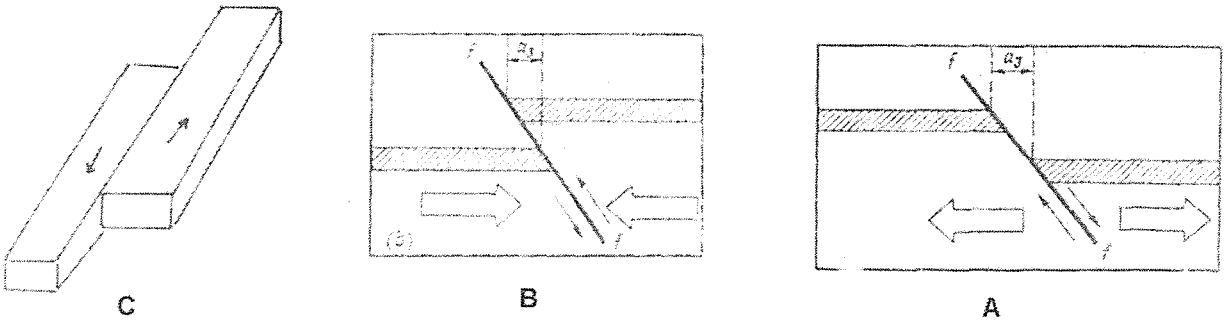
1- **فوالق عادية:** وهي فوالق تتشكل نتيجة قوى الشد والتباعد بحيث تكون حركة الجدار المعلق في هذه الحالة نحو الأسفل، أي تؤدي إلى كسر وانتقال كتلتي الصخر في اتجاه قوى الشد أو التباعد (تؤدي إلى ازدياد المسافة الأفقية بمقدار a_3) (شكل A).

2- **فوالق عكسية:** تتشكل نتيجة قوى الضغط التي تؤدي إلى انزلاق الكتل الصخرية بشكل معاكس للحالة السابقة (تؤدي إلى تقلص المسافة الأفقية في المنطقة بمقدار a_3) (شكل B).

3- **فوالق الإزاحة الجانبية:** وهي الفوالق التي تتميز بجود نوع ثالث من الحركة عبر مستوي الفالق وهي الإزاحة الجانبية أو الأفقية، دون حدوث ازاحة شاقولية (شكل C).

4- **فوالق الدثر** (أو التغطية): وهي أحد أنواع الفوالق العكسية التي تكون زاوية ميل الفالق فيها قليلة (- 20 10 درجة) وهي تدل على حدوث اختصار شديد للمسافة الأفقية على سطح الأرض.

5- **الفوالق السلمية:** هي مجموعة من الفوالق المتعاقبة والمتوازية والمتوافقة في اتجاه الحركة والميل.

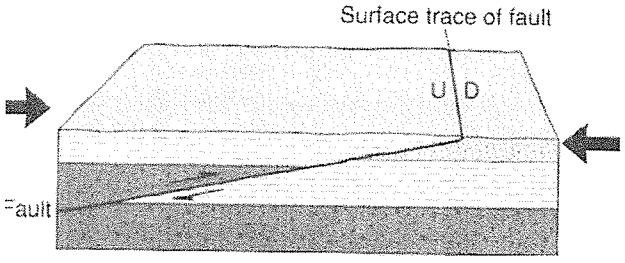


الأنواع المختلفة من الفوالق: A- فالق عادي. B- فالق عكسي. C- فالق أفقي جانبي.

تؤدي الحركة التي تحدث للكتل الصخرية عبر مستوي الفالق إلى صقل الصخور وتخديدها كما أشرنا حيث يشير اتجاه الأخاديد إلى اتجاه الحركة، وبنفس الوقت يحدث سحق لهذه الصخور على طول المستوي الفالقي مما يسبب تشكل صخور حطامية تسمى البريشيا الفالقية والتي يمكن أن يدل وجودها على الفوالق.

القرائن الدالة على وجود الفوالق: هناك العديد من القرائن أو الدلائل على وجود الفوالق أهمها

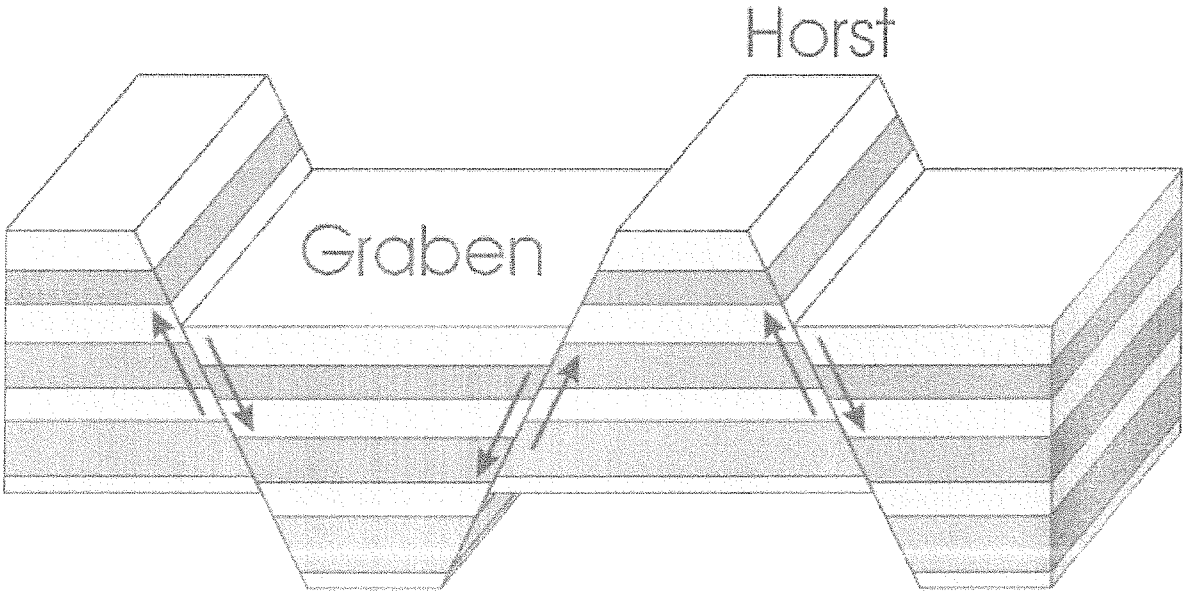
- وجود جدار صخري قائم سطحه مستوي أو مخدد، وذلك لأن الفوالق تؤدي عادة إلى رفع أو خفض كتل من سطح الأرض أو إزاحة الكتل بشكل أفقي أو بشكل مائل مع ما يصاحبها من معالم طبوغرافية.
- انقطاع البنية حيث تنتهي الطبقات بصورة مفاجئة لتبدأ طبقات أخرى مختلفة عنها.
- تكرار بعض الطبقات أو زوالها.



شكل يوضح فوالق الدثر.

- تؤدي إلى تشكل مناطق مسحوقة أو متكسرة بشكل حطام (بريش تكتوني) يسهل حتها بالنسبة للصخور المحيطة بها. أو قد تؤدي لتشكل خطوط تدل على اتجاه الحركة على مستوى الفالق.
- تجعل الصخور اللينة أو القليلة القساوة بتماس مع الصخور المتماسكة القاسية بحيث قد يؤدي ذلك لحدوث حت متباين على جانبي خط الفالق.
- ظهور الينابيع نتيجة إزاحة الطبقات ووضع طبقات كتيمة مقابل طبقات نفوذه، كما قد تبدو الينابيع مصطفة على امتداد خط الفالق (في حال وجود أكثر من نبع).

التضاريس الناتجة عن وجود الفوالق: يؤدي وجود خطوط فالقية مزدوجة ومتجاورة (أو مجموعة من هذه الفوالق المتوازية أو شبه المتوازية) والمختلفة في اتجاه الحركة والميل، إلى تشكل تضاريس بنيوية من نموذج الأغوار والنجود. حيث يكون **النجد** عبارة عن كتلة كبيرة من اليابسة قائمة بذاتها ومرتفعة فوق السطح العام للمنطقة على شكل جبل أو مرتفع ذو حافات وسفوح شديدة الانحدار والتي هي عبارة عن مستويات أو مرآة الفالق. أما إذا كانت الحركة عبر الفوالق المتجاورة سلبية (هبوط) فإننا نحصل في هذه الحالة على الغور المحصور بين جدارين مشرفين عليه على شكل جروف فالقية (مثل غور الغاب).



شكل يوضح تعاقب صعود وهبوط الكتل البنيوية وتشكل النجود والأغوار

الزلازل أو الهزات الأرضية

الزلازل أو الهزات الأرضية هي عبارة عن حركة اهتزازية فجائية وسريعة لجزء ما من القشرة الأرضية. وهي يمكن أن تحدث نتيجة تقلصات تحدث في القشرة الأرضية أو نتيجة عدم استقرار الأرض في باطنها.

تتعلق القوة التدميرية للزلازل بشدتها (أي بكمية الطاقة المتحررة) كما أنها تتعلق بعمق البؤرة الزلزالية أو المركز الداخلي للهزة الأرضية. ويسمى مسقط هذه النقطة على سطح الأرض بالمركز السطحي.

منشأ الزلازل: يمكن تمييز وجود عدة أنواع من الزلازل وذلك حسب القوى التي تسببها

آ- الزلازل ذات المنشأ الداخلي: وهي زلازل يرتبط حدوثها بالقوى الداخلية والتغيرات التي تحدث في باطن الأرض وعلى أعماق مختلفة من سطحها. وهنا يمكن تمييز وجود نوعين رئيسيين هما:

- زلازل بركانية: وهي تنشأ في مناطق النشاط البركاني حيث تسبب حركة المهل وانفجار الغازات المنحبسة في قناة البركان حدوث هزات أرضية، وهي تكون ذات انتشار موضعي فقط في مناطق النشاط البركاني.
- زلازل تكتونية: وهي من أكثر أنواع الهزات الأرضية انتشاراً، حيث تنتشر في مناطق التشوهات التكتونية (مناطق انتشار الطيات والفوالق) وتمتاز هذه الزلازل بعمق البؤرة الزلزالية وبشدتها وبالتالي بكمية الطاقة الكبيرة الناتجة عنها. وأغلب هذا النوع من الزلازل يحدث على عمق يتراوح بين 300 – 60 كم.

ب- الزلازل ذات المنشأ الخارجي: ينتشر هذا النوع من الزلازل في أماكن التجوية وتشكل الكهوف الكارستية. ففي مناطق وجود الصخور الملحية والجصية والكربوناتية تحدث عمليات انحلال تؤدي لتشكل كهوف واسعة الحجم، وعندما تصبح هذه الكهوف غير قادرة على تحمل الصخور التي فوقها تنهار مسببة هزة أرضية ضعيفة ومحدودة الانتشار. كما قد يسبب الإنسان بعض هذه الزلازل البسيطة مثل تفجير القنابل النووية وغيرها من الأعمال التي قد تؤدي لحدوث زلازل محدودة الانتشار والقوة.

دراسة الزلازل: تتم دراسة الزلزال من خلال تحديد عناصره وهي:

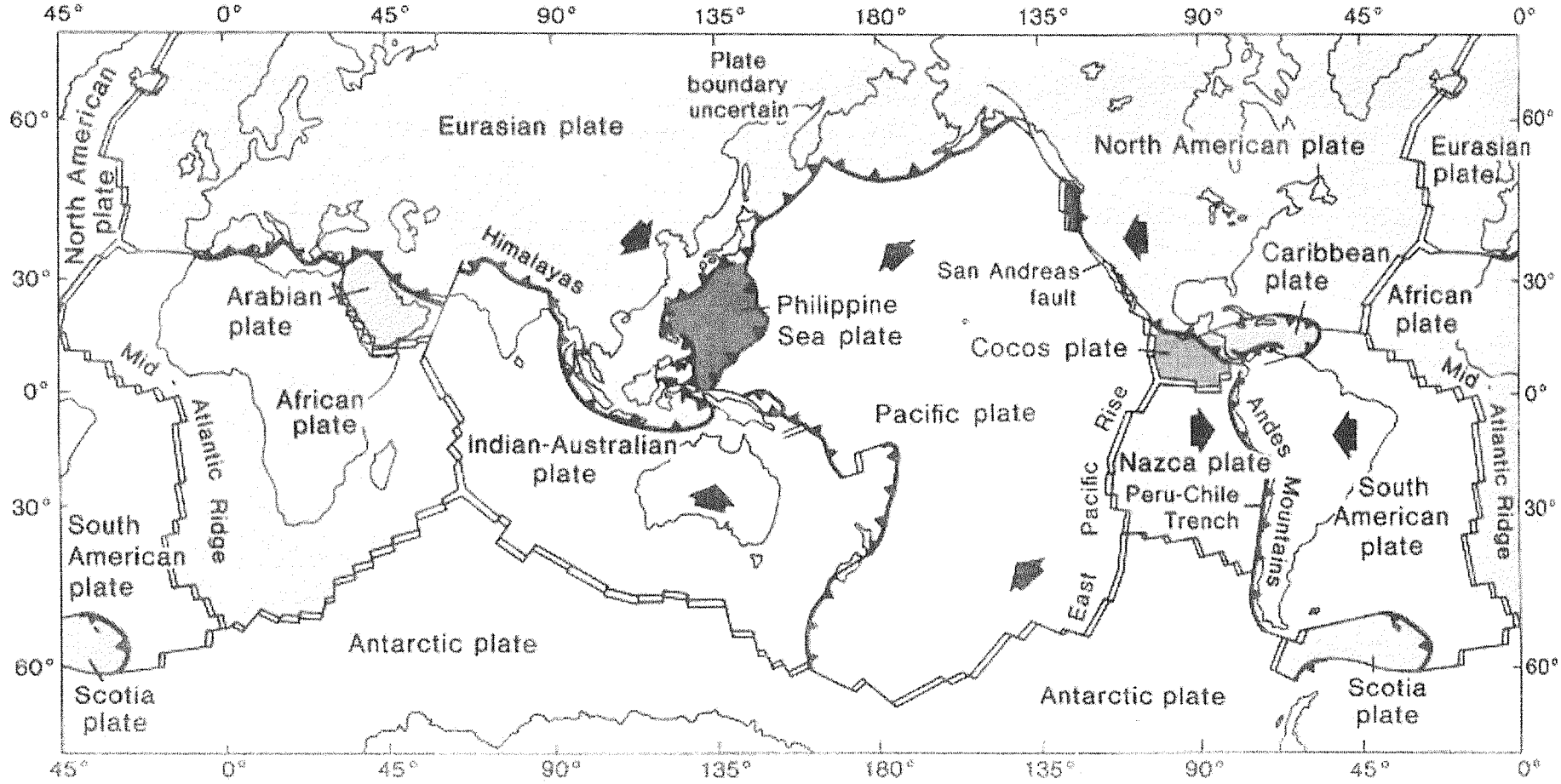
- البؤرة الزلزالية: وهي المنطقة الواقعة تحت سطح الأرض والتي تتحرر منها طاقة الزلزال لتنتشر في كافة الاتجاهات على شكل أمواج زلزالية. وقد تتخذ بؤرة الزلزال شكلاً هندسياً نقطياً أو خطياً.
- المركز السطحي للزلزال: ويتمثل بالمسقط الشاقولي لبؤرة الزلزال على سطح الأرض. وتتصف هذه المنطقة بالقيمة العظمى لشدة الزلزال على سطح الأرض.
- شدة الزلزال: وتعبر عن نفسها بمقدار التغيرات التي تحدث على سطح القشرة الأرضية وحجم الدمار الذي تخلفه في المنطقة.

الأمواج الزلزالية: تنشأ في المناطق التي تحدث فيها زلازل هزة أرضية تنتشر بشكل أمواج زلزالية (أو سيسمية) تقسم إلى ثلاث أنواع رئيسية وهي:

- أمواج طولية P W: وهي تنتشر بسرعة كبيرة وتنقل أكبر قدر من الطاقة لذلك فهي تسبب خسائر كبيرة. وينتشر هذا النوع من الأمواج في كافة الأوساط الطلبة أو السائلة.
- الأمواج الثانوية S w: وهي تهتز بشكل عمودي على اتجاه انتشارها وتنتقل في الأوساط الصلبة فقط. وهي تتميز أيضاً بسرعتها الأقل من الأمواج الطولية.
- الأمواج السطحية: وهي أكثر الموجات طولاً وأقلها سرعة. وتنشأ عند الحد الفاصل بين الغلافين الصخري والجوي. وتشبه هذه الأمواج بأنتشارها الأمواج البحرية.

تتميز الأمواج الزلزالية بأنها تنعكس وتنكسر عند اجتيازها الحدود الفاصلة بين وسطين مختلفين (مثل الأمواج الضوئية) واعتماداً على ذلك تمت دراسة البنية الداخلية للكرة الأرضية وتقسيمها إلى أغلفة مختلفة السماكة.

التوزع الجغرافي للزلازل: على الرغم من أن الزلازل تحدث في جميع بقاع الأرض ولكن يلاحظ أن أغلبها (حوالي 90 % منها) يتركز في مناطق معينة من الكرة الأرضية. وهذه المناطق ترتبط مع حدود الصفائح الليتوسفيرية الأرضية وخاصة الحدود التصادمية. أي مع المناطق النشطة تكتونياً من القشرة الأرضية. حيث يلاحظ أن نطاقات حدوث الزلازل تتطابق مع حدود هذه الصفائح ومع أحزمة انتشار البراكين أيضاً. ومن أهم هذه النطاقات الحزام الذي يمتد حول المحيط الهادئ والذي يتطابق مع ما يسمى حزام النار البركاني حول المحيط الهادئ حيث يتركز على هذا الحزام حوالي 68 % من مجموع الزلازل العالمية. وكذلك نطاق البحر المتوسط الذي يمتد من جزر الرأس الأخضر والبرتغال ماراً بشمال المتوسط وتركيا وصولاً إلى جبال الهيمالايا وحتى جزر اندونيسيا. ويضم هذا النطاق حوالي 21 % من مجموع الزلازل العالمية.


45°
0°
45°
90°
135°
180°
135°
90°
45°
0°
60°
30°
0°
30°
60°
North American plate
Eurasian plate
Plate boundary uncertain
North American plate
Eurasian plate
Himalayas
Arabian plate
Philippine Sea plate
San Andreas fault
Caribbean plate
African plate
Cocos plate
Mid
Atlantic Ridge
African plate
Pacific plate
Rise
Andes
Mid
Atlantic Ridge
Indian-Australian plate
Nazca plate
Pacific
Peru-Chile Trench
Mountains
South American plate
South American plate
East
Antarctic plate
Antarctic plate
Scotia plate
Scotia plate