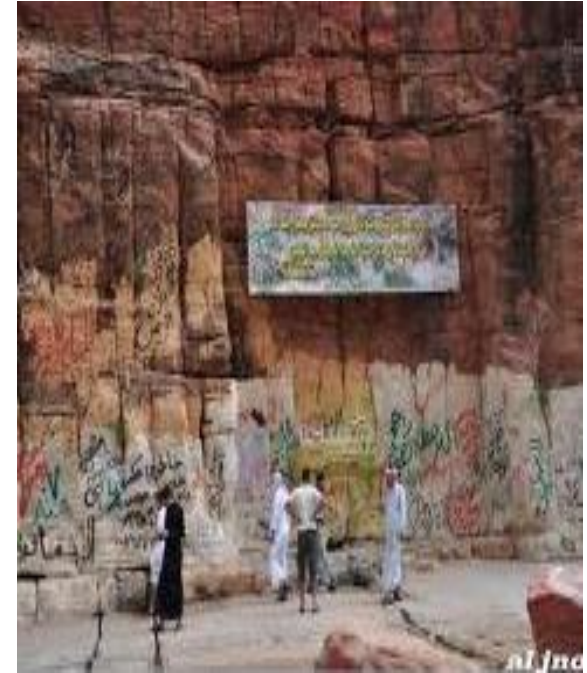
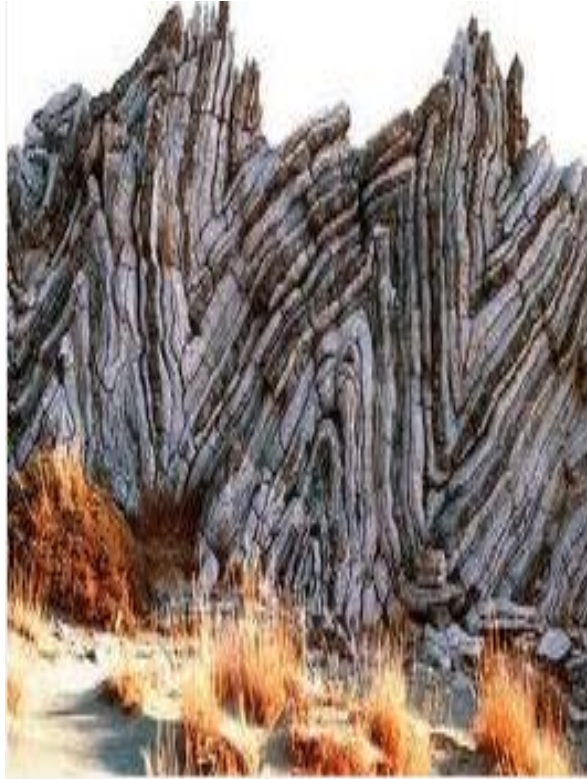


الفصل التاسع عشر

تثبوت الصخور – الزلازل

تَشْوَه الصخور

. تَشْوَه الصخور يعني وجود طبقات صخرية غير مستوية اما مائلة او مطوية أو متصدعة.



. علم الجيولوجيا التركيبية Structural geology

هو العلم الذي يهتم بدراسة تراكيب القشرة الأرضية وشكلها وتوزيعها، و العوامل التي تؤدي الى تشوه الصخور وماهية العلاقة بين التشوه وتكتونية (بنائية) الألواح.

. تعتبر عمليات الطي Folding والتصدع Faulting من أكثر أشكال التشوه شيوعاً في الصخور الرسوبية والمتحولة والنارية.

علم الجيولوجيا التركيبية Structural geology

- أثبتت التجارب أن الصخور تتشوه (تحت تأثير الضغوط العالية ودرجة الحرارة المرتفعة) **تشوها لدنا Plastic Deformation**، أو **غير مرن** عندما يتم تجاوز حد مرونتها، وهذا يعني تغير حجم الصخر وشكله من خلال **الطي**.
- الصخور بالقرب من السطح تتشوه **تشوها مرنا Elastic Deformation**، ولكن عند تجاوز حد مرونتها فإنها تسلك سلوك المواد الصلبة الهشة حيث **تتكسر**.

تتشوه الصخور

- إذا كان تأثير الإجهاد سريعا فان الصخور تميل إلى **التكسر**، أما إذا كان تأثيره خلال فترة زمنية طويلة فان الصخور تتشوه **تشوها غير مرن (تشوها لدنا)**.

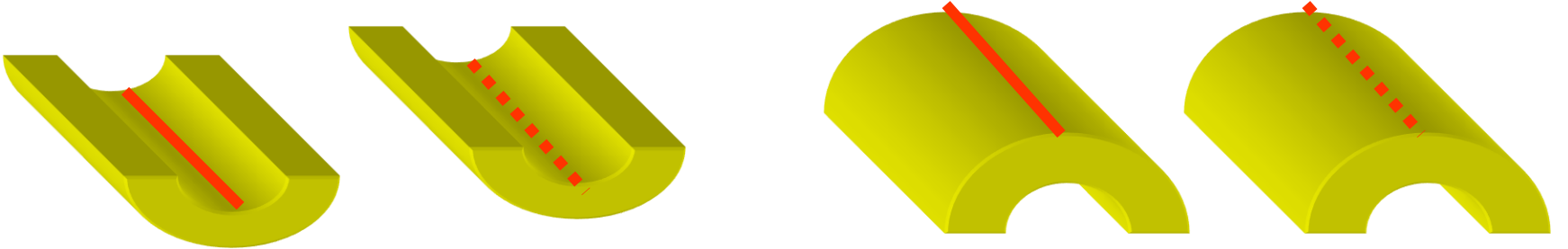
الطيّات Folds

. هي عبارة عن انحناءات تشبه التموجات
في الصخور وهي ذات مقاييس مختلفة
وتنتج من تأثير الاجهادات التي تتعرض
لها الصخور وتحدث بها تشوهات دائمة
Premanent Strains في الشكل
والحجم تجعلها تأخذ الشكل التموجي.

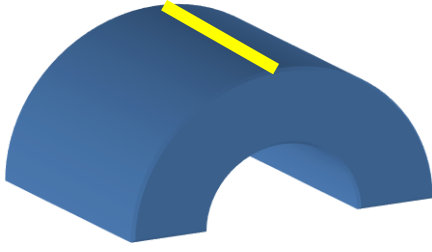
أجزاء الطية

أولاً: محور الطية

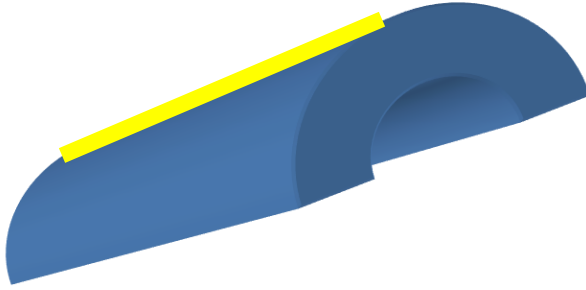
هو تقاطع المستوى المحوري مع أي طبقة من الطبقات ويكون خطاً.



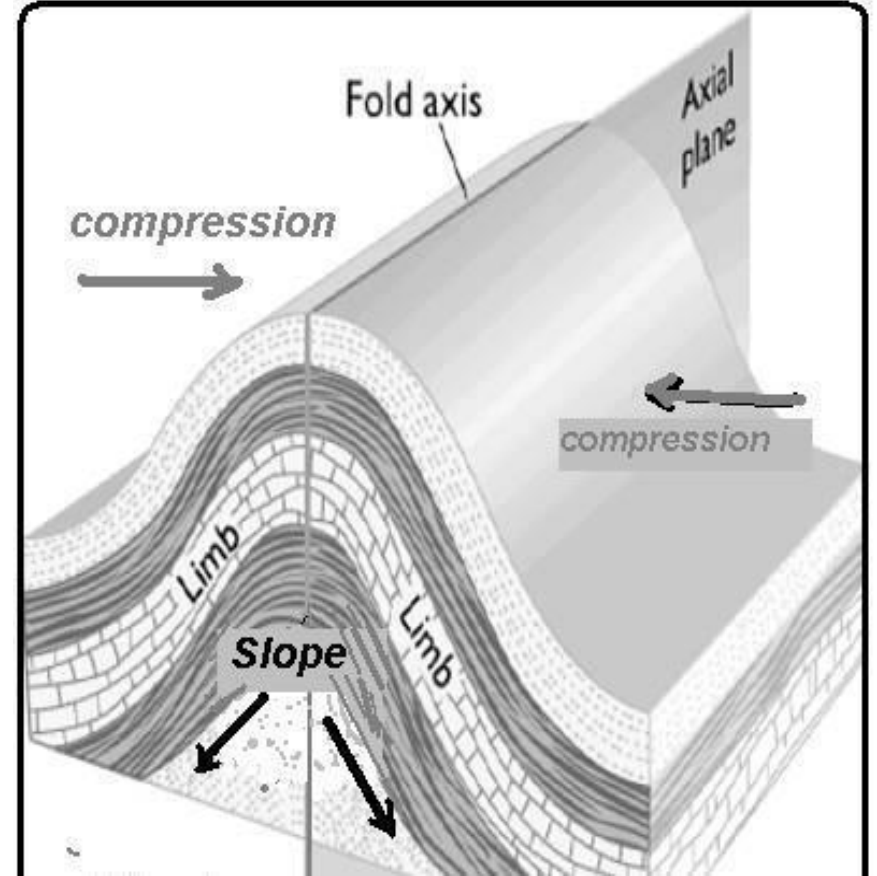
محور الطية



خط أفقي

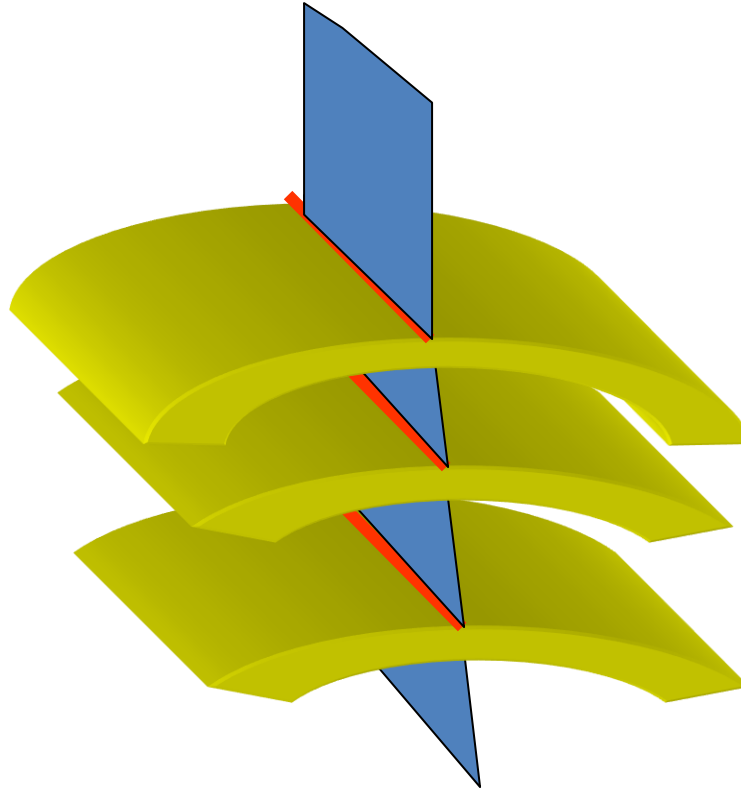


خط مائل عن
المستوى الأفقي
(طية غاطسة)



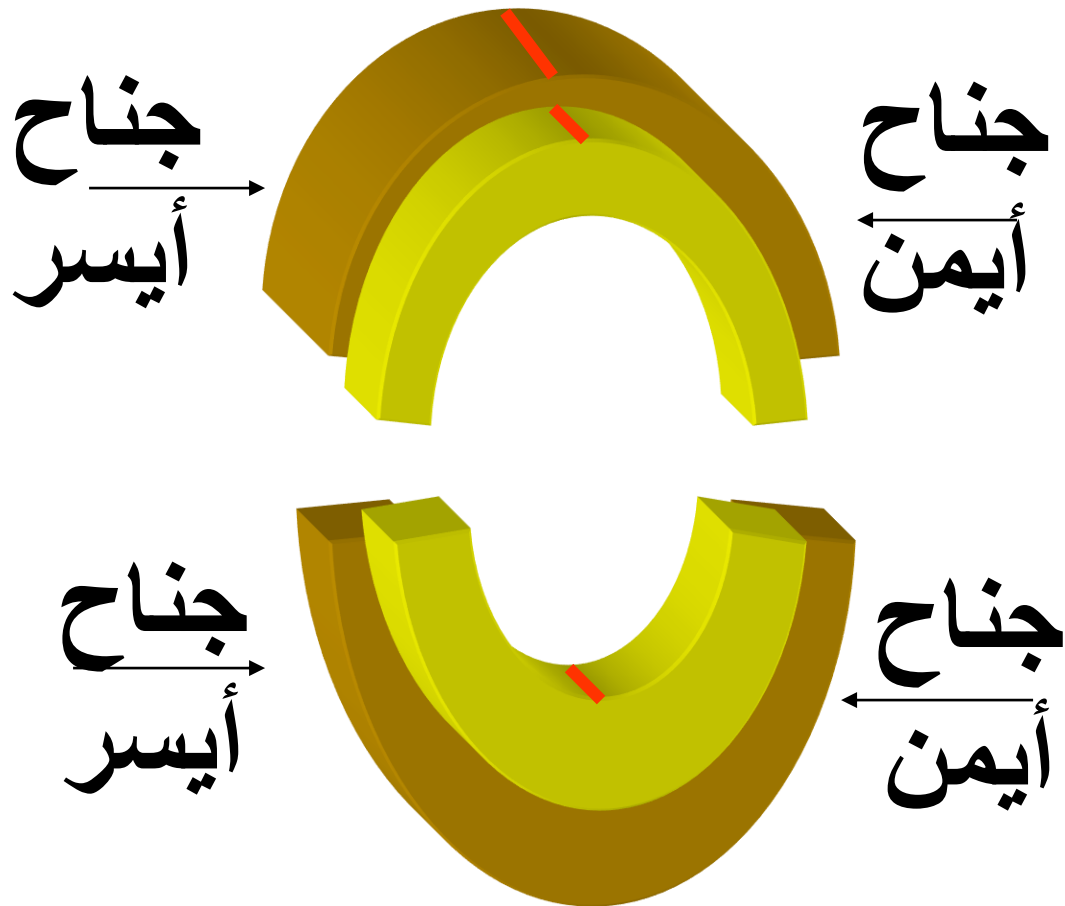
ثانياً: المستوى المحوري Axial Plane

هو المستوى الذي يقسم الطية إلى قسمين متماثلين .



ثالثاً: طرفا الطية Limbs

هما جانبي الطية اللذان يلتقيان عند الخط المفصلي .



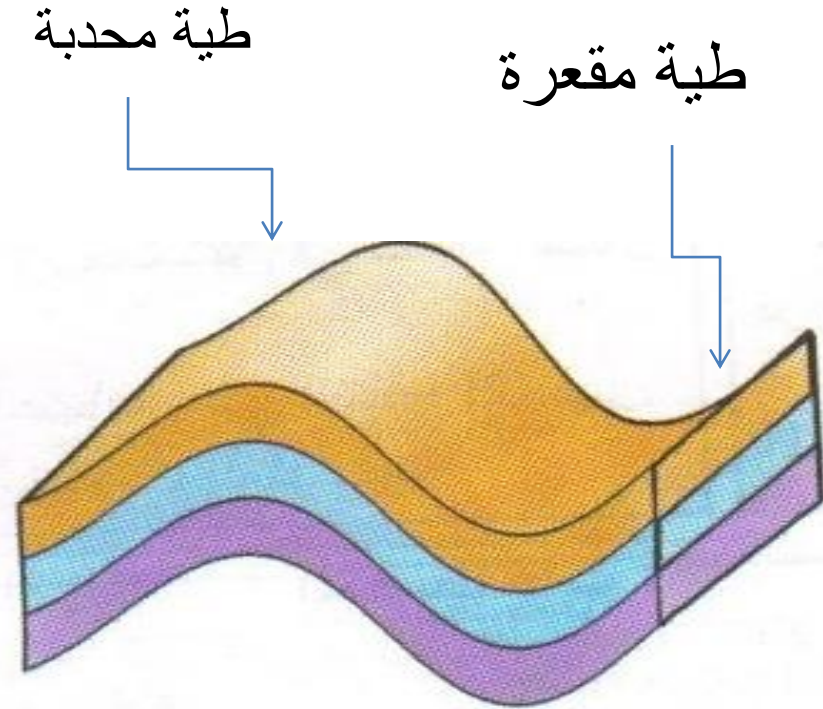
الطيّات Folds

. تشوهات تنتاب طبقات الصخور الرسوبية
فتشكلها في صورة **ثنيات** يحدثها **ضغط جانبي**
على حدود الطبقة الصخرية.

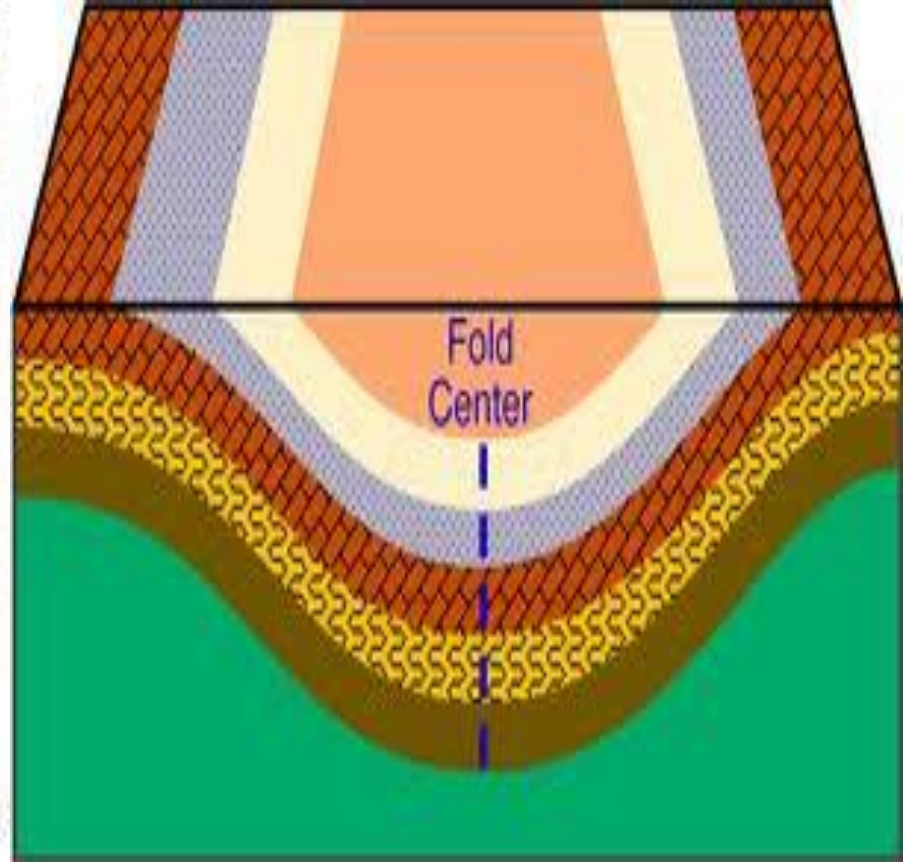
. يختلف طول وعرض هذه الثنيات من **بضعة**
سنتيمترات إلى **عدة كيلومترات** .

الانواع الرئيسية للطيات

1. طية محدبة Anticline: تمتاز هذه الطية بأن الطبقات الأقدم تكون في مركزها ويميل طرفا الطية عكس بعضهما.



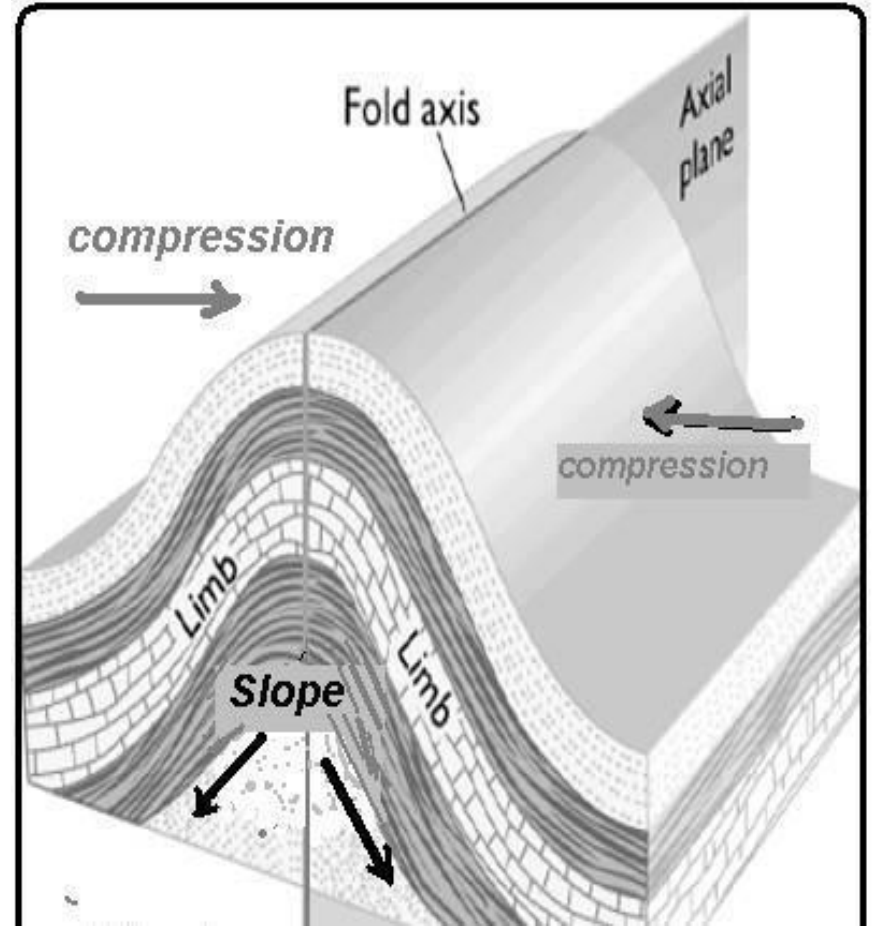
2. طية مقعرة Syncline: يميل طرفا الطية المقعرة الى الداخل باتجاه مستواها المحوري وتكون الصخور الأحدث في المركز.



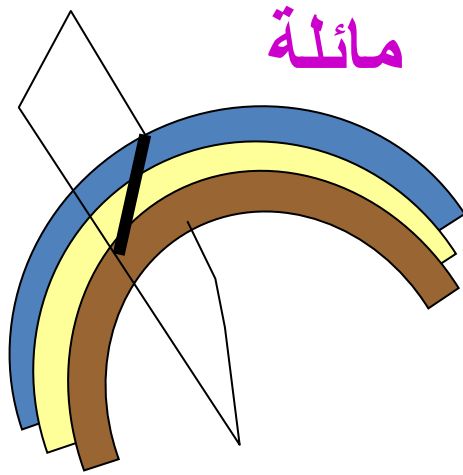
منظر جيولوجي بمنطقة الريش يبين
طية مقعرة
الطبقة a أحدث من الطبقتين b و c.

تقسيم الطيات من حيث اتجاه المستوى المحوري

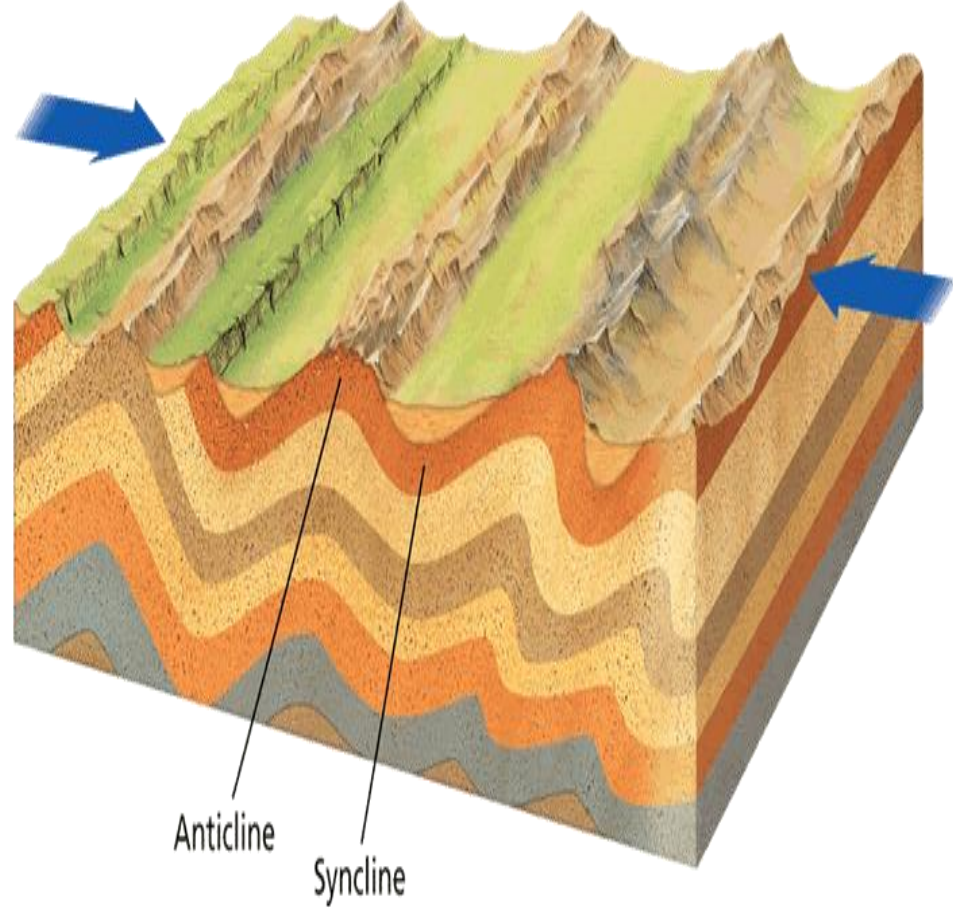
1. طية متماثلة: يكون المستوى المحوري فيها رأسيًا



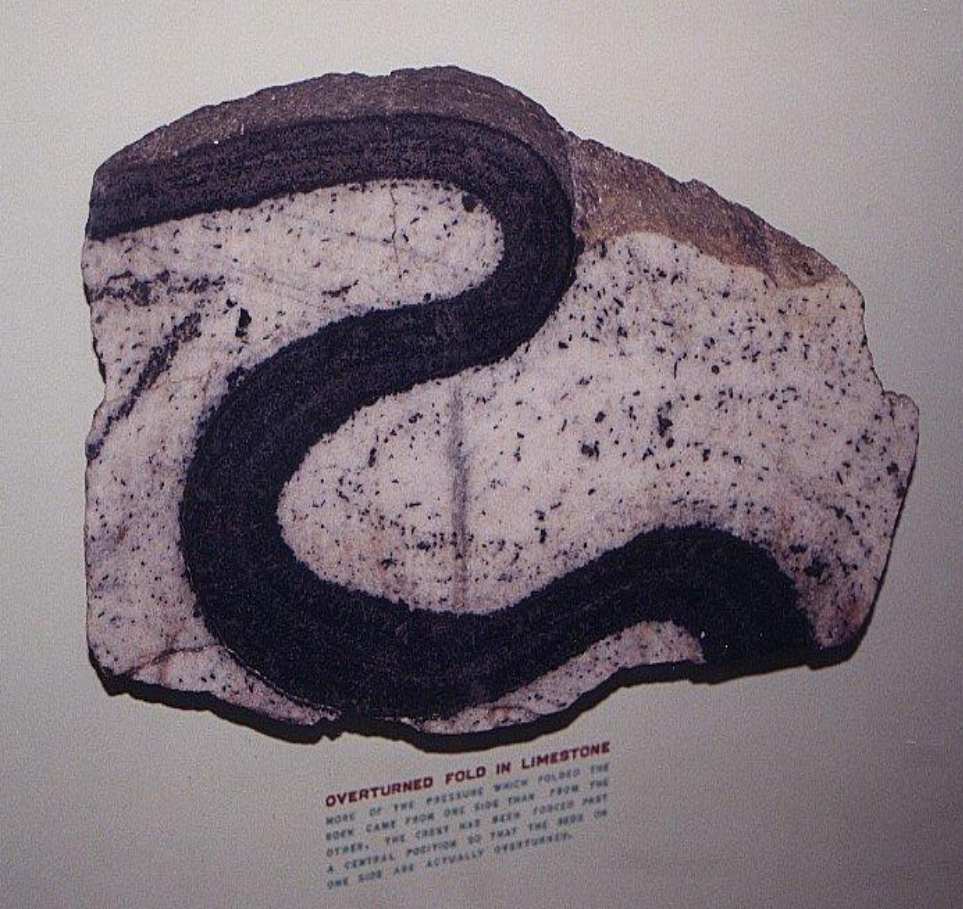
2. طية غير متماثلة: يكون المستوى المحوري فيها مائلاً بالنسبة للاتجاه الرأسي.



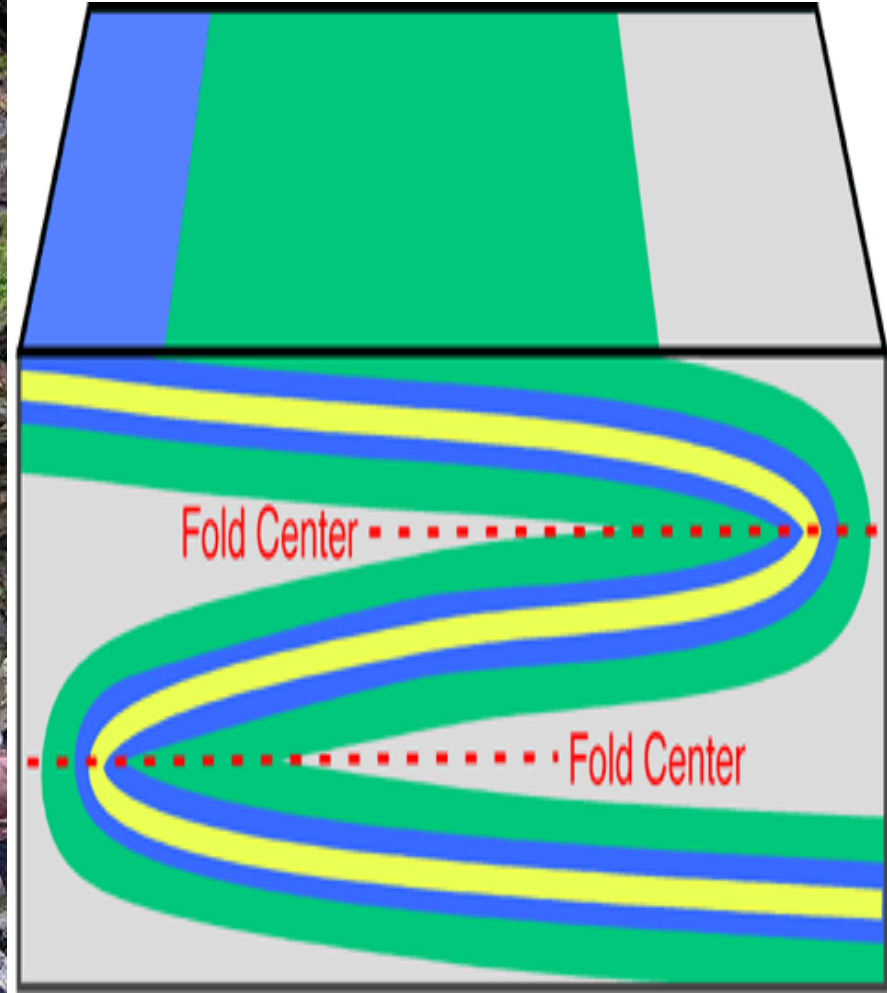
إذا كان المستوى المحوري مائلاً



3. طية مقلوبة: المستوى المحوري مائل على الاتجاه الرأسى، ويميل طرفا الطية بنفس الاتجاه وعادة بزوايا مختلفة.



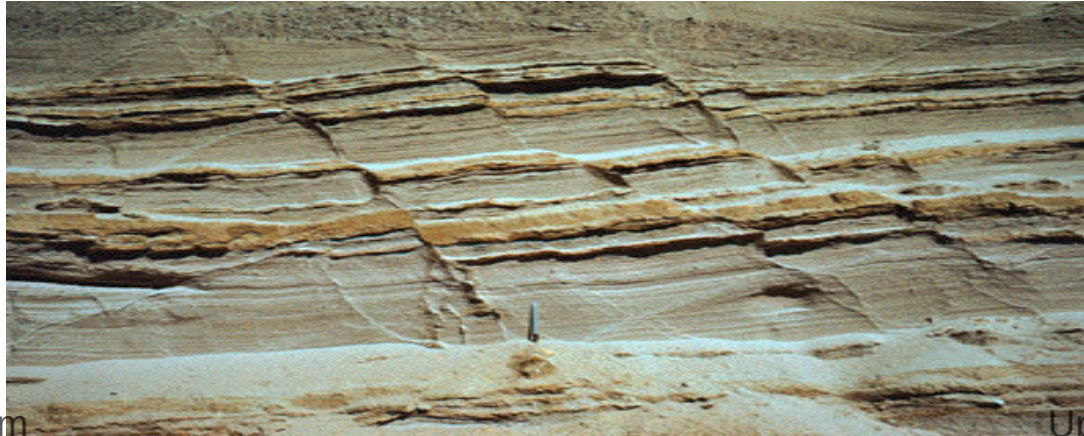
4. طية نائمة : يكون المستوى المحوري افقيا.



الصدوع Faults

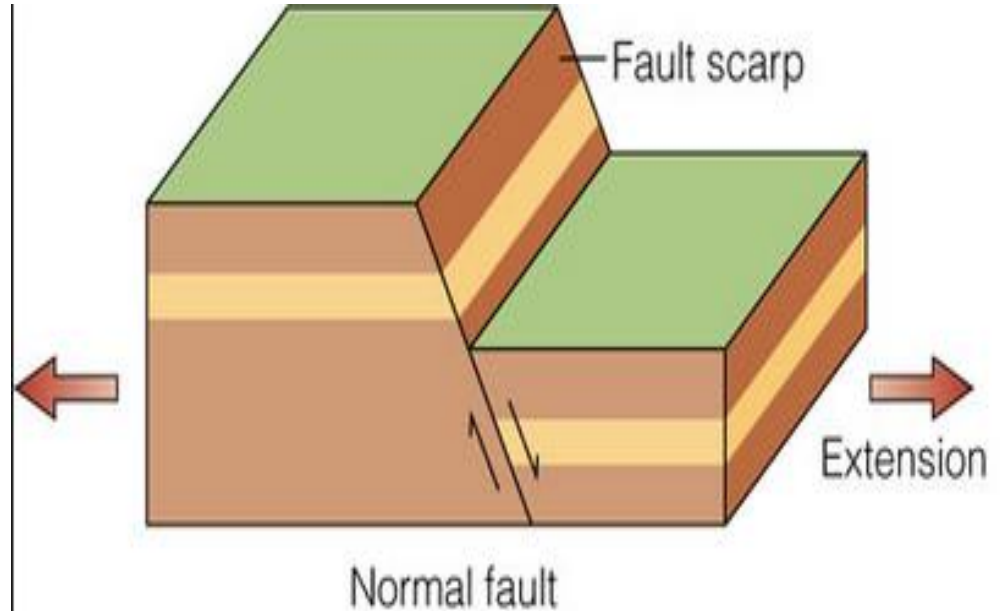
. كسور في صخور القشرة الأرضية يعقبها حركة لإحدى الكتل
المكسورة بالنسبة للأخرى.

. تنتج الصدوع نتيجة تأثير **قوى داخلية** تؤثر على الصخور المختلفة
هذه المؤثرات تأخذ صوراً متعددة مثل قوى **الضغط الجانبي** وقوى
الشد والقوى الرافعة والقوى الهابطة بتأثير الجاذبية الأرضية.

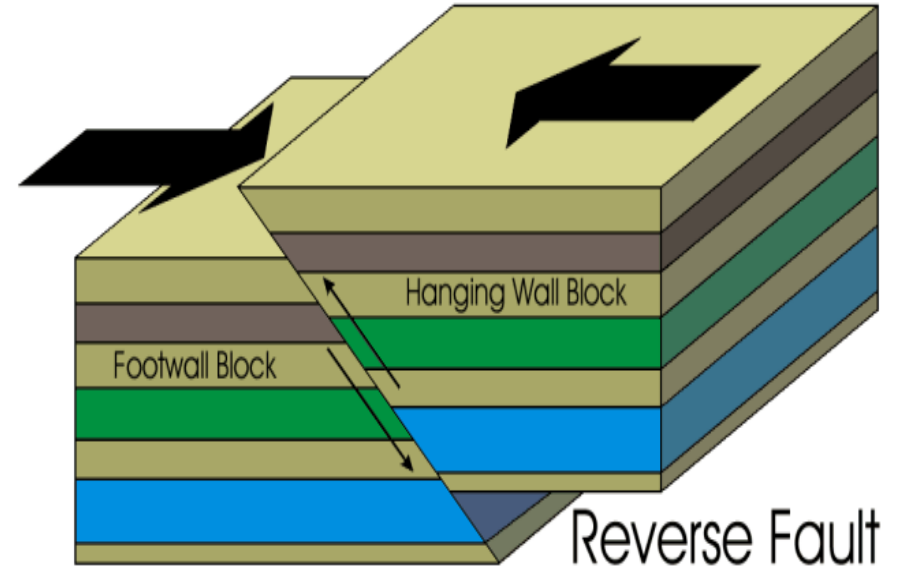


انواع الصدوع

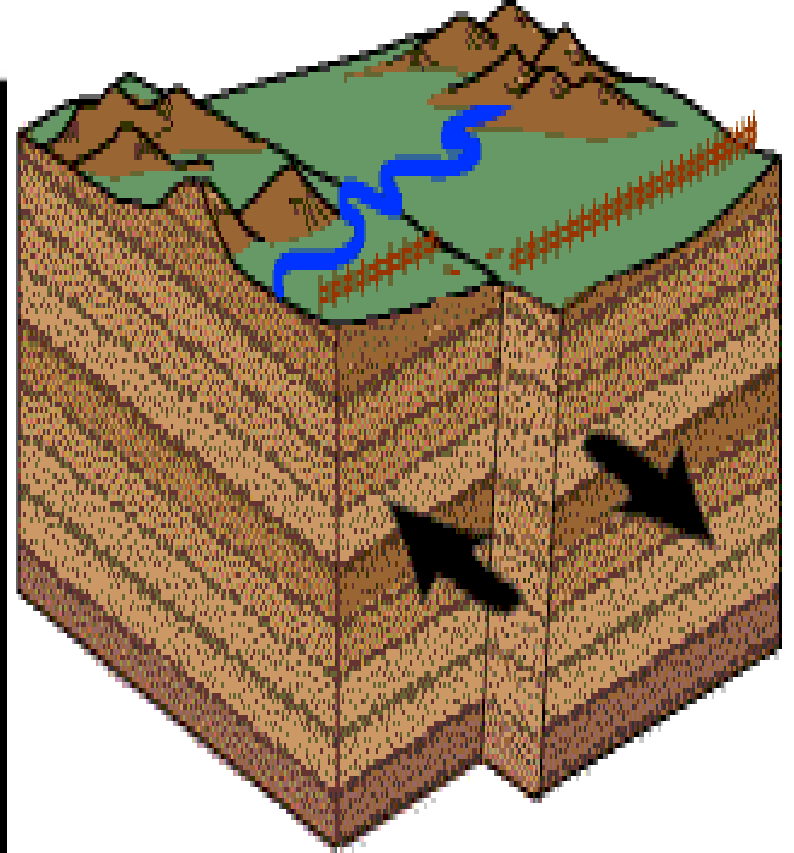
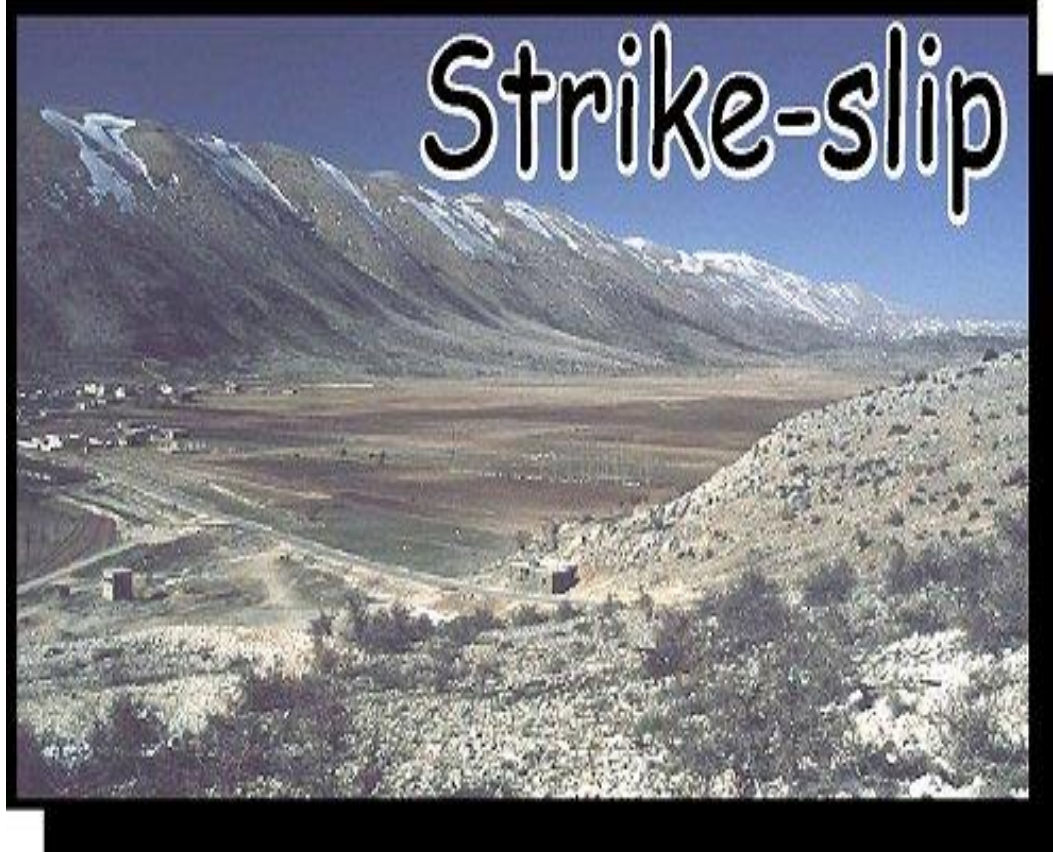
1. **الصدع العادي Normal Fault**: ينتج من قوى الشد ويؤدي ذلك إلى ازدياد المسافة الأفقية التي كانت الطبقات تغطيها. ينزلق الحائط المعلق بالنسبة للحائط القديمي.



2. **الصدع المعكوس Reverse Fault**: ينتج من الضغط الجانبي على الطبقات وفيه يتحرك الحائط المعلق إلى أعلى بالنسبة للحائط القديمي ، ويؤدي إلى تقصير المسافة الأفقية التي كانت تغطيها الطبقات.



3. الصدع الأتزلالي **Strike – Slip Fault**: تكون الحركة النسبية على مستوى الصدع في الاتجاه الأفقي، حيث تتحرك كتل الصخور على أحد جانبي الصدع عكس اتجاه حركتها على الجانب الأخر منه.



الزلازل



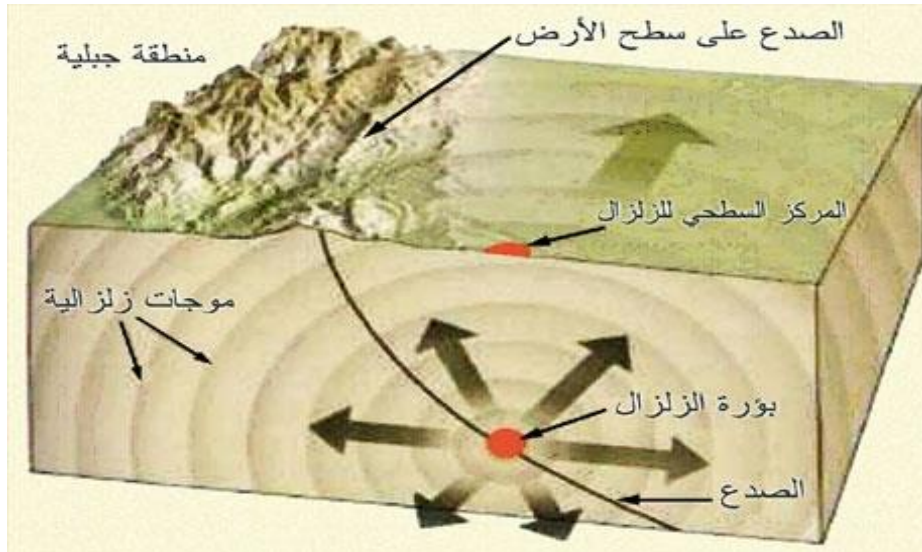
الزلازل

. الزلزال هو عبارة عن اهتزاز أرضي سريع في مناطق معينة من القشرة الأرضية و يتبع بارتدادات تدعى أمواج زلزالية. عند حدوث الزلزال يحدث تفريغ سريع للطاقة المخزنة نتيجة حدوث الصدوع.

. يحدث الزلزال بسبب تكسر (تصدع) الصخور وإزاحتها نتيجة تراكم إجهادات داخلية ناتجة عن مؤثرات جيولوجية ينجم عنها (الزلازل التكتونية) تحرك الصفائح الأرضية. قد ينشأ الزلزال كنتيجة لأنشطة البراكين أو نتيجة لوجود انزلاقات في طبقات الأرض.

موجات الزلازل

. عندما يحدث **الصدع الأرضي** وتكون فيه **البؤرة** **الزلزالية (Focus)** ، تتحرك الصفائح الأرضية على **طريق الصدع** بشدة، فينتطلق نتيجة لهذه الحركة المفاجئة والسريعة **طاقة حركية** هائلة تنتشر على شكل **موجات اهتزازية مرنة**، وهي **الموجات الزلزالية الاهتزازية**.



انواع موجات الزلازل

1. الموجات الأولية (P-Waves) Primary waves

. أمواج طولية أو تضاغطية Compressional waves

. تعمل مثل الموجات الصوتية وتنتشر خلال الأجسام **الصلبة والسائلة والغازية**.

. تسير بسرعة عالية و تصل إلى **أجهزة رصد** الزلازل قبل غيرها من الموجات الأخرى.

. يتحول جزء منها إلى موجات **صوتية** في الهواء يمكن **للإنسان سماعها** عند ذبذبات معينة.

2. الموجات الثانوية (S-Waves) Secondary wave

. تسمى بالموجات المستعرضة او **بالموجات الثانوية** او بموجات **القص أو القصيرة أو الازاحة**.

. تعمل مثل الموجات الكهرومغناطيسية وتنتقل في **الأجسام الصلبة فقط**.

. ذات سرعات **منخفضة** و تصل إلى أجهزة التسجيل بعد **الموجات الأولية**.

Surface Waves

3. الموجات السطحية

. تنشأ هذه الموجات الزلزالية في **داخل القشرة** التي تكون في العادة **غير متجانسة** .

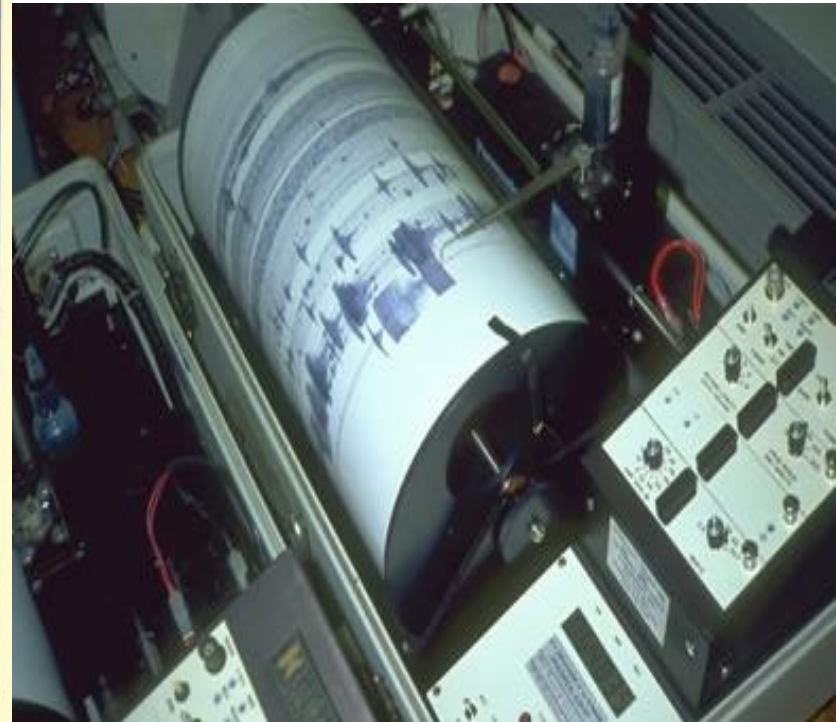
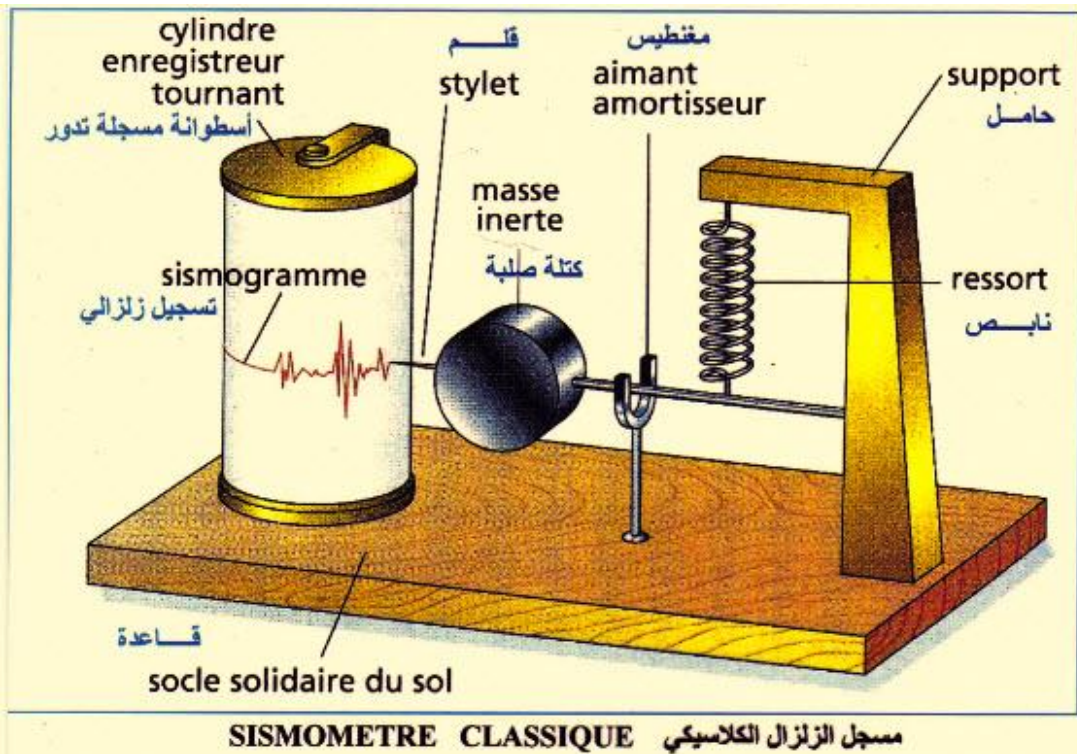
. بطيئة نسبيا وهي **أبطأ أنواع الموجات الزلزالية** وتصل إلى أجهزة التسجيل بعد الموجات **الأولية والثانوية** .

. تعد الموجات السطحية **الأكثر تدميرا** .

. **تنتقل خلال القشرة الخارجية** للارض .

جهاز رصد الزلازل

الجهاز المستعمل لتسجيل الموجات الزلزالية (السيزموجراف)



جهاز رصد الزلازل

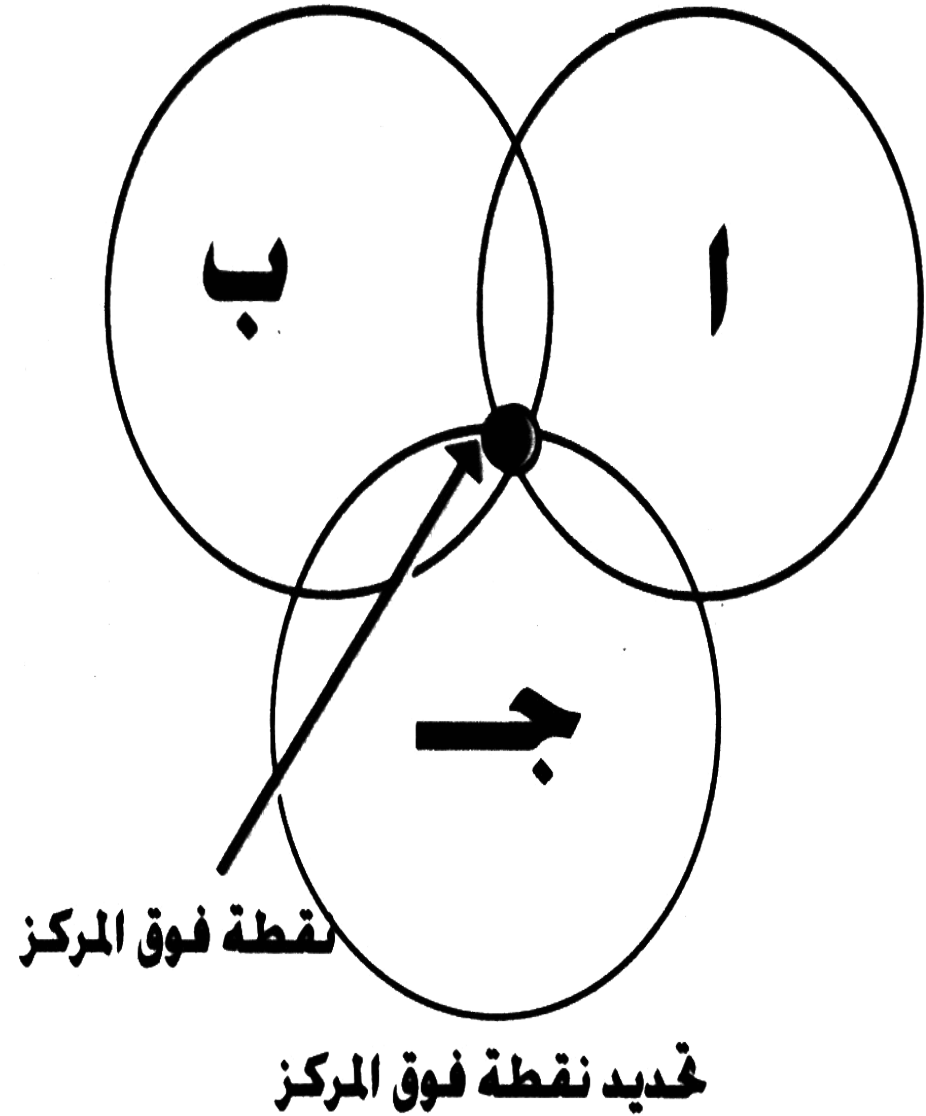
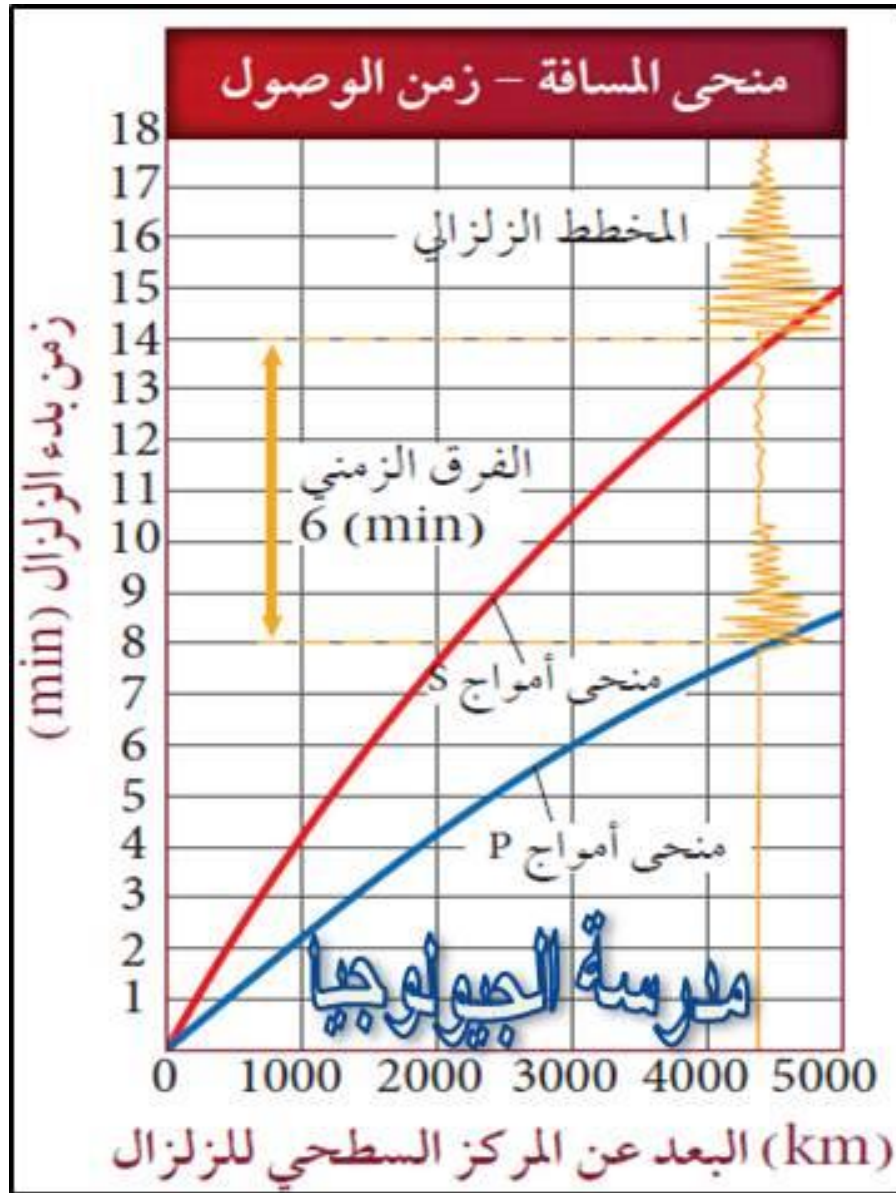
.يتركب الجهاز من ثقل معلق بسلك مرن
أو زنبرك مثبت فيه قلم يمس طرفه
شريطا من الورق على اسطوانة تدور
أليا، ويتصل طرف السلك أو الزنبرك
بحامل متصل بالطبقة الصخرية عن
طريق قاعدة الجهاز التي تكون من
الخرسانة.

تعيين نقطة فوق المركز Epicenter

. يتم تحديد نقطة فوق المركز (وهي النقطة التي على سطح الأرض و الواقعة رأسيا فوق البؤرة) عن طريق تعاون ثلاث محطات رصد زلازل قريبة من موقع الزلزال.

. يحدد بعد الزلزال عن كل محطة من هذه المحطات الثلاث إما عن طريق العلاقة البيانية (رسم بياني يوضح العلاقة بين المركز السطحي للزلزال والفرق في زمن الوصول بين الأمواج الأولية والأمواج الثانوية)، أو بحساب المسافة بتقدير زمن وصول الموجات الزلزالية، وسرعتها.

. ترسم دائرة من كل محطة مركزها هو مكان المحطة ونصف قطرها هو المسافة المحسوبة، وتكون نقطة تقاطع الدوائر الثلاث هي نقطة فوق مركز الزلزال.



مقياس ميركالي ومقياس رختر لقياس الهزات الأرضية

تقاس شدة الزلازل عادة بمقياسين مهمين وهما:

1. شدة الزلزال (ميركالي)

. مقياس وصفي لما يحدثه الزلزال من تأثير على الانسان وممتلكاته.

. يشمل هذا المقياس 12 درجة، لكل درجة هناك وصف لمدى التأثير.

مثال: الزلزال ذو الشدة "12" فإنه مدمر، يتسبب في اندلاع البراكين وخروج الحمم الملتهبة من باطن الارض.

2. قوة الزلزال (ريختر)

. مقياس **لونغماريتمي** (يعمل على مبدأ قياس اتساع الموجات السطحية الزلزالية).

. يعتمد أساسًا على كمية **طاقة الإجهاد** التي تسبب في إحداث الزلزال وهي مقسمة الى **تسع درجات**.

. مقياس علمي تحسب قيمته من **الموجات الزلزالية** التي تسجلها **محطات الزلازل** المختلفة.

الشدة	الوصف	القوة (مقياس ريختر)
1	ضمن حدود أجهزة القياس، تتحسسها أجهزة السيسموغراف -	
2 (ضعيفة)	يشعر بها أناس قليلون	3.5
3 (قليلة)	لا يكاد يحس بها	4.2
4 (معتدلة)	يحس بها المشاة	4.3
5 (قوية بعض الشيء)	يستيقظ بعض الناس	4.8
6 (قوية)	تترجح الأشجار وتسقط الأشياء	4.8 - 5.4
7 (قوية جداً)	إنذار عام - تنشق الجدران	5.5 - 6.1
8 (هدامة)	تتأثر السيارات المتحركة	6.2 - 6.8
9 (مخربة)	تسقط بعض البيوت وتنشق الأرض	6.9
10 (كارثية)	تفتتح الأرض وتحدث انهيارات	7 - 7.3
11 (كارثية للغاية)	تبقى بعض البنايات	7.4 - 8.1
12 (مفجعة)	دمار تام	8.1 - (أقصى درجة 8.9)

إستعمال موجات الزلازل في دراسة أغلفة الأرض

. تمكن العلماء من معرفة بناء الطبقات الارضية و مكونات الصخور من سرعة و حركة الموجات الزلزالية الاولى و الثانوية.

تلخص الوثيقة (8 . ج .) قياسات فيزيائية لسرعة الموجات الزلزالية لعدة أنواع من صخور شرة الأرضية و كثافة هذه الصخور .

الكثافة	سرعة الأمواج الزلزالية (كلم / ثا)	
2.65	6.25	غرانيت
2.90	6.75	بازلت
3	7.25	غابرو
3.2	7.75	بيريدوتيت

طبقات الأرض	العمق (كلم)	سرعة الأمواج P (كلم / ثا)	الكتلة الحجمية (غ/سم ³)
القشرة الأرضية (صلبة)	80	8.1	3.37
	150	8.0	3.37
	220	8.6	3.44
	400	8.9	3.54
	450	9.1	3.72
	500	9.7	3.85
	600	10.2	3.98
	670	10.3	3.99
البرنس (لزج)	680	10.8	4.38
	771	11.1	4.44
	1071	11.6	4.62
	1571	12.3	4.90
	2071	12.9	5.16
	2571	13.5	5.41
	2891	13.7	5.57
	2891	8.1	9.90
النواة الخارجية (سائلة)	3071	8.4	10.18
	3571	9.1	10.85
	4071	9.6	11.39
	4571	10.0	11.81
	5150	10.4	12.17
	5150	11.0	12.76
النواة الداخلية (صلبة)	5571	11.2	12.95
	6071	11.2	13.07
	6371	11.3	13.09