الصخور (Rocks) :

تتكون الصخور من معدن واحد او اتحاد مجموعة من المعادن مع بعضها ويختلف عدد هذه المعادن المتحدة بأختلاف نوع الصخور وقد تتكون هذه الصرخور من تراكم بقايا مواد عضوية متحللة . وكل انواع الصخور بالطبيعة تتواجد بهيئة ثلاث اشكال رئيسية هي :

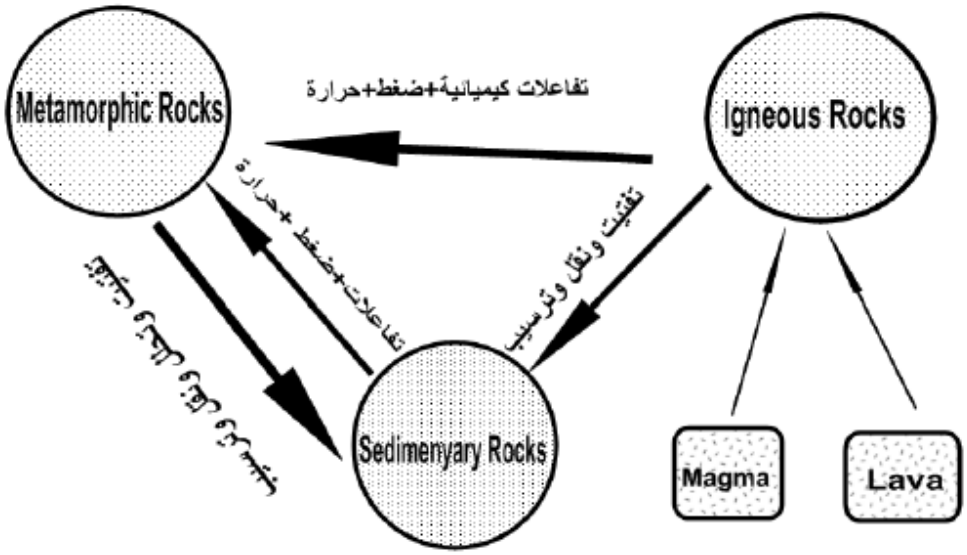
1 - الصخور النارية (Igneous Rocks)
2 - الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks)
3 - الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks)

الصخور النارية اكثر انواع الصخور انتشاراً واكثرها صلابة حيث انها تكون تقريباً 95% من الكرة الأرضية اما بقية انواع الصخور فهي قليلة اذا ما قورنت بالصخور النارية التي تعتبر الأصل في تكوين

الكرة الأرضية لأنها تكونت نتيجة التبريد الذي تعرضت له المواد المنصهرة (Magma) فكونت الغلاف الصخري (Basement rocks) الأصلي للقشرة الأرضية . وهذه الصورة تتكرر تبعاً لأنبثاق المواد المنصهرة من باطن الأرض من خلال الشقوق والفوهات البركانية والتي قد تصل الى سطح الأرض او قد تتجمع داخل القشرة الأرضية ثم تبرد وتتصلب مكونة الصخور النارية .

اما **الصخور الرسوبية** فأنها تتكون نتيجة التفتت والتحلل الذي تتعرض له الأنواع الأخرى من الصخور وقد تبقى هذه الصخور في اماكن تفتتها اوتحللها او تتعرض لعوامل تعمل على نقلها لأماكن اخرى غير الأماكن التي تحللت وتفتت فيها

الصخور المتحولة : اصلها من الصخور النارية او الرسوبية او المتحولة سابقاً نتيجة لتعرض اي من هذه الصخور للحرارة والضغط الشديدين او نتيجة للتعرض للتفاعلات الكيميائية والصخور الناتجة لها خواص تختلف من الصخور الأصلية .



Rock Cycle

الصخور النارية (Igneous rocks) :

الأصل في تكوين الصخور النارية هو وجود المواد المنصهرة داخل القشرة الأرضية على اعماق مختلفة كبيرة والتي تندفع خلالها اما الى سطح الأرض خلال فوهات البراكين ثم تبرد هذه المواد النارية السطحية مكونة الصخور النارية السطحية واما انها لا تصل الى السطح الخارجي للقشرة الأرضية وانما تبرد تحت القشرة الأرضية مكونة الصخور النارية الجوفية , ان المواد المنصهرة تتكون اساساً من معدن السليكا وبعض العناصر الأخرى مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم . ونسبة السليكا في الصخور النارية تتراوح بين 40%-80% .

تصنيف الصخور النارية (Classification of Igneous Rocks) :

توجد عدد من التصانيف التي تعتمد على أسس مختلفة, واختلاف التصنيف يعتمد على الغرض من الدراسة وهذه التصانيف تشمل :

1 - **التصنيف المعتمد على نسبة معدن السليكا (Sio_2) (Silica ratio)** : ان اختلاف نسبة معدن السليكا ضمن الصهير يؤدي لأختلاف حامضية الصخور الناتجة من تبريد هذا الصهير .
وبالأعتماد على هذا التصنيف يمكن تقسيم الصخور النارية الى :

a - **صخور نارية حامضية (Acidic Igneous Rocks)** : الصخور النارية الحامضية لها نسبة سليكا اكبر من 65% ويكون لون هذه الصخور فاتح كذلك فأن الكثافة لهذه الصخور منخفض يصل الى $2.7gm/cm^3$ وتتميز هذه الصخور بأحتواءها على نسبة عالية من معدن الكوارتز والفلدسبار الغني بالبوتاسيوم (Alkali Feldspars) . ومن اهم الصخور النارية الحامضية هي صخرة الكرانيت (Granite) التي لها استخدامات هندسية كثيرة .

b - **صخور نارية متوسطة الحامضية (Intermediate Igneous rocks)** : لها نسبة سليكا بين 55% الى 65% .مثل صخرة (Diorite) .

c - **صخور نارية قاعدية (Basic Igneous Rocks)** :لها نسبة سليكا تتراوح بين 55% الى 45% مثل صخرة البازلت (Basalt) ولهذه الصخور لون داكن وكثافة تصل الى $3gm/cm^3$ اعلى من الصخور الحامضية

d - **صخور فوق قاعدية (Ultra basic Igneous Rocks)** : لها نسبة سليكا اقل من 45% وتحتوي هذه الصخور على معادن غامق ولها كثافة تصل الى $3.2gm/cm^3$ ومن اهم صخور هذه المجموعة هي صخور البريدوتايت (Peridotite)

2-التصنيف المعتمد على حجم الحبيبات (البلورات) او النسيج (Texture) : يعتمد هذا التصنيف على حجم بلورات المعادن وعلى معدل الأنخفاض بدرجات الحرارة وعلى موقع التبلور وبالأعتماد على هذا التصنيف تقسم الصخور النارية الى :

a- صخور نارية عديمة التبلور او ذات نسيج زجاجي (Igneous Rocks with glassy Texture): يكون موقع تبلور هذه الصخور على سطح الأرض فقط ولذلك يكون معدل الأنخفاض بدرجة الحرارة سريع جداً ومن اهم انواع هذه الصخور هي الأوبسيديان (Obsidian)

b- صخور نارية ناعمة الحبيبات او النسيج (Igneous Rocks with fine grains size) : تكون ذات حجم بلوري يتراوح بين 4mm الى 1mm ويكون موقع تبلور هذه الصخور على سطح الأرض او على عمق قريب من سطح الأرض ولذلك يكون معدل الأنخفاض بدرجة الحرارة سريع جداً ومن اهم انواع هذه الصخور هي البازلت (Basalt)

c- صخور نارية خشنة الحبيبات (Igneous Rocks with coarse grains size): تكون ذات حجم بلوري اكبر من 5mm ويكون موقع تبلور هذه الصخور في اعماق كبيرة داخل الأرض ويكون معدل الأنخفاض بدرجة الحرارة قليل جداً ومن هذه الصخور هي الكابرو (Gabbro)

d- صخور نارية ذات نسيج فقاعي (Vesicular) : يكون نسيج هذه الصخور زجاجي مع احتواءه على فقاعات وسبب هذه الفقاعات هو هروب او خروج الغازات من الصهير بعد عملية تبلور المعادن المكونة لهذه الصخور ومن هذه الصخور هي السكوريا (Scoria)

e-صخور نارية ذات نسيج بورفيري (Porphyritic texture) : يتكون نسيج هذه الصخور من حبيبات ناعمة وخشنة وسبب هذا النوع من نسيج الصخور هو تبلور المعادن المكونة للصخور في جوف الأرض وعلى سطحها

3-التصنيف المعتمد على موقع التبلور (location of crystalization): بالأعتماد على هذا التصنيف يمكن تصنيف الصخور النارية الى:

a - صخور نارية بلوتونية اوالمتداخلة (الجوفية): (Plutonic Igneous Rocks or Intrusive):
تتكون هذه الصخور من تبلور الصهير الناري في جوف الأرض ويسمى الصهير الناري في جوف الأرض **(magma)** وتكون ذات حبيبات خشنة بسبب الأنخفاض التدريجي بالحرارة مثل صخور (Granite),(Gabbro)

b - **صخور نارية بركانية او سطحية (Volcanic Igneous Rocks or Extrusive)** يكون موقع تبلور هذه الصخور على سطح الأرض في اثناء خروج الصهير البركاني على سطح الأرض بواسطة البراكين ويسمى الصهير الناري على سطح الأرض **(Lava)** كذلك تكون الصخور الناتجة ذات نسيج (Texture) او بلورات ناعمة او تكون عديمة التبلور (Glassy texture) بسبب الأنخفاض السريع بدرجات الحرارة واهم انواع هذه الصخور هي (Obsidian),(Basalt).

c - **صخور نارية تحت سطحية (Hypabyssal Igneous Rocks)**: يكون تبلور هذا النوع من الصخور تحت سطح الأرض وعلى اعماق قريبة من سطح الأرض ويكون نسيج هذه الصخور اما ناعم (Fine grain texture) او ذات نسيج بورفيري (Porphyritic texture)

الاشكال البنائيه للصخور النارية (Mode of occurrence):

تتواجد الصخور النارية على سطح الأرض وفي داخل جوف الأرض بهيئات مختلفة من حيث الشكل الهندسي وحجم الأمتداد الجغرافي وبالأعتماد على هذه الأسس يمكن تقسيم الأشكال البنائية للصخور النارية الى عدة اقسام :

1 - **اللوبولث (Lopolith)**: هو جسم ناري متداخل تحت سطح الأرض ضخم يمتد لأكثر من 100km ويكون مقعر الشكل

2 - **الباثولث (Batholith)**: هو جسم ناري متداخل تحت سطح الأرض ضخم يمتد لأكثر من 100km ويكون محدب الشكل ويتكون بصورة رئيسية من صخور الكرانيت

3 - **اللاكولث (Lacolith)**: هو جسم ناري متداخل تحت سطح الأرض صغير يكون ذو قطر 2km- 3km ويكون محدب الشكل ويؤدي هذا التحدب الى تحدب الصخور الرسوبية الفوقية

4 - **الفاكولث (Phacolith)**: هي اجسام نارية متداخلة صغيرة تحت سطح الأرض وتكون على شكل سلسلة من الأجسام التي تكون على شكل تحدب وتقعر تشبه تراكيب الطيات (crest and trough of fold strata)

5 - **السدود النارية (Silts)**: هي عبارة عن طبقات من الصخور النارية المتداخلة التي تكون افقية او مائلة بزاوية بزاوية قليلة من الوضع الأفقي مع الطبقات الرسوبية المحيطة بهذه الأجسام وتكون ذات احجام مختلفة

6 - **القواطع النارية (Dykes)**: هي عبارة عن اجسام نارية متداخلة وعمودية او شبه عمودية مع الصخور المحيطة ويؤدي هذا الوضع لقطع الصخور الرسوبية المحيطة بهذه الأجسام

7 - **الشرايين النارية (Veins):** هي اجسام نارية متداخلة صغيرة وغير منتظمة وتملأ التشققات التي قد تتواجد داخل القشرة الأرضية

8 - **انسياب اللافا (Lava flow):** تتواجد هذه الأجسام النارية على سطح الأرض نتيجة انبثاق البراكين

9 - **العنق البركاني (Volcanic neck)** : يكون هذا الشكل جزء من الشكل الهندسي لخروج البراكين على سطح الأرض

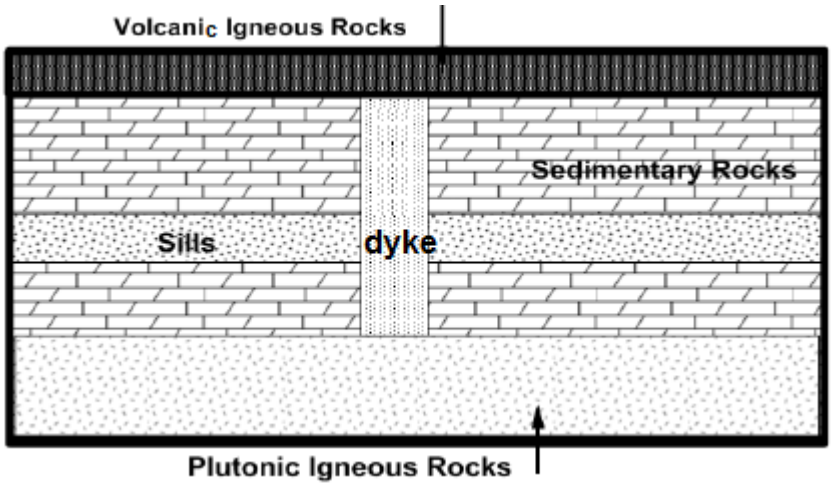


Figure Show volcanic rocks, sills and dycke

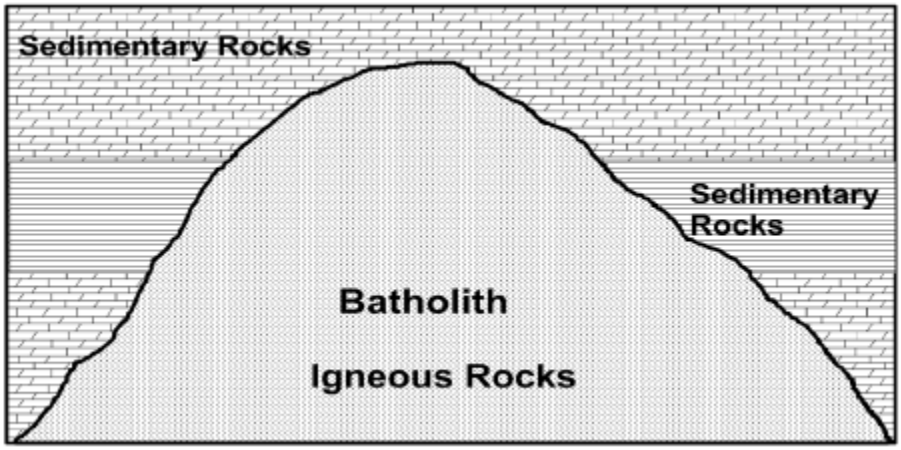


Figure Shows Batholith

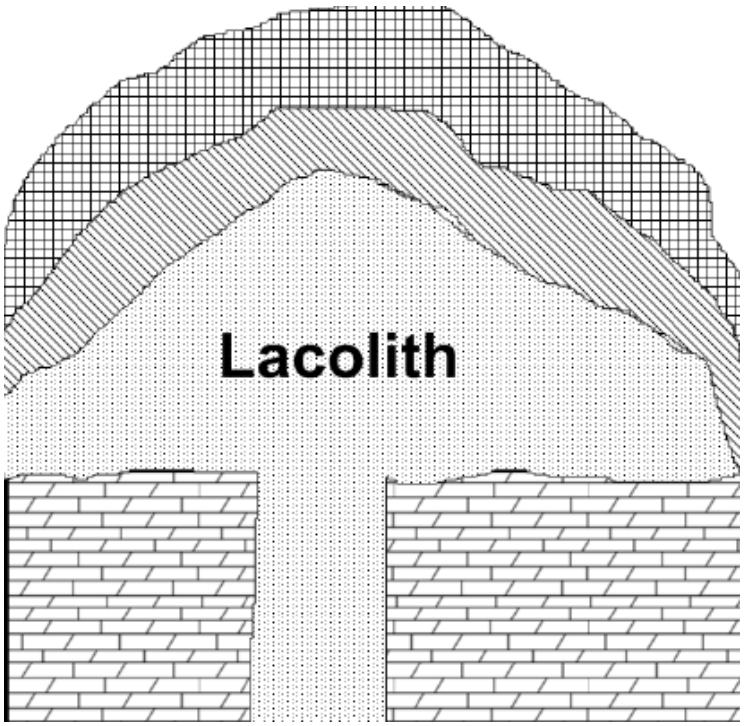


Figure shows Lacolith

وصف الصخور النارى الشائعة (Describtion of common rocks):

1 - **الكرانيت (Granite)**: هي صخرة نارية جوفية ذات نسيج خشن (Coarse grained rock) وحامضية وتكون ذات لون فاتح واهم المعادن المكونة لهذه الصخور هي (60%feldspare, 30%quartz, 10%ferromagnesian minerals)

2 - **الرايوليت (Rhyolite)**: هي صخرة نارية تشبه صخرة الكرانيت من ناحية التركيب المعدني ولكنها تختلف عنها حيث تكون هذه الصخرة سطحية (Volcanic rock) وذات نسيج ناعم (Fine grained rock)

3 - **البيومس (Pumice)** : صخرة نارية سطحية ذات نسيج زجاجي (Glassy texture) وذات لون فاتح (حامضية)

4 - **الكابرو (Gabbro)** : صخرة نارية جوفية ذات نسيج خشن (Coarse grained texture) وتكون ذات لون غامق لأنها تتكون من معادن قاعدية

5 - **البازلت (Basalt)**: من اهم الصخور النارية القاعدية السطحية والتي تتكون ذات نسيج ناعم (Fine grained textue)

6 - **الدونايت (Dunite)** :هي صخرة نارية فوق قاعدية وتكون جوفية وذات نسيج خشن جداً

Differences between Granite, Basalt, Rhyolite and Gabbro Rocks

Granite	Basalt	Gabbro	Rhyolite
لون فاتح (light color)	لون غامق (dark color)	لون غامق (dark color)	لون فاتح (light color)
Low density	High density	High density	Low density
Coarse grains size (coarse texture)	Fine grains size (fine texture)	Coarse grains size (coarse texture)	Fine grains size (fine texture)
Plutonic Rock (صخرة جوفية)	Volcanic rock (صخرة بركانية)	Plutonic rock (صخرة جوفية)	Volcanic rock (صخرة بركانية)
Acidic rock (صخرة حامضية)	Basic rock (صخرة قاعدية)	Basic rock (صخرة قاعدية)	Acidic rock (صخرة حامضية)

Differences between Dunite and Pumice rocks

Dunte rock	Pumice rock
Plutonic rock	Volcanic rock
Coarse grains size (coarse texture)	Glassy texture
Ultra basic rock صخرة فوق قاعدية	Acidic rock صخرة حامضية
Dark color لون غامق	Light color لون فاتح
High density	Low density

الخواص العامة للصخور النارية (General properties of igneous rocks) :

1 - تتواجد على شكل كتل صخرية ضخمة لها اشكال متعددة

2 - اغلب الصخور النارية تتكون من معادن متبلورة

3 - احتواء الصخور النارية على خامات معدنية

4 - تكون اصلب انواع الصخور

5 - لاتحتوي على حفريات

6 - تتكون من الصهير الناري

الأستخدامات الهندسية لبعض الصخور النارية المهمة :

الكرانيت (Granite) والبازلت (Basalt): لهذه الصخور اهمية كبيرة في الأعمال الأنشائية لما تتمتع به هذه الصخور من صلابة وقوة تحمل للضغوط ومقاومتها للضروف الجوية وكذلك تتمتع هذه الصخور بقابلية صقل ممتازة مما يكسبها شكل ولون جميل . وبسبب كلفةهذه الصخور العالية فأنها فقط تستخدم للأغراض المهمة مثل التغليف ودعامات الجسور والمنشآت البحرية كذلك بسبب قوة تحمل هذه الصخور للتجوية الكيميائية والصلادة العاليةَ فأن كسارات هذه الصخور تستخدم في رصف الطرق .

الصخور الرسوبية والمتحولة

Sedimentary and Metamorphic Rocks

الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks) :

تتكو ن الصخور الرسوبية نتيجة عمليات ثانوية وتغيرات تحصل على الصخور بعد عمليات تكوينها . ويغطي هذا النوع من الصخور الجزء الخارجي من القشرة الأرضية .

العمليات المؤدية لتكوين الصخور الرسوبية :

1 - **التجوية (Weathering)** :هو تكسر الصخور الأصلية السابقة التكوين وتفتتها تحت تأثير النشاط الميكانيكي او الكيميائي للأمطار او المياه السطحية او الأختلاف الدوري بدرجات الحرارة .

2 - **النقل (Transportation)** : يتم نقل المواد المفتتة بواسطة عملية التجوية على شكل (حبيبات صغيرة او مواد عالقة دقيقة غير قابلة للذوبان بالماء او على هيئة محاليل) بواسطة الماء او الرياح وتسمى المادة المنقولة بواسطة الماء والرياح بالرسوبيات (sediments)

3 - **الترسيب (Sedimentation)** : تتجمع المواد المنقولة على هيئة رواسب فوق بعضها البعض مكونة طبقات صخرية او رسوبيات متعاقبة .

4 - **تماسك وتصلد (Cementation)** : تتماسك هذه المواد المفتتة او الرواسب (Sediments) بواسطة التحام مكوناتها (Cementation) واهم اماكن الترسيب هي البحار والمحيطات والأنهار والأماكن المنخفضة من اليابسة .

وتحدث عمليات التماسك او التصلد (Cementation) بين الحبيبات المكونة للرسوبيات والتي تؤدي لتكوين الصخور الرسوبية بواسطة عدة عوامل:

a - **(Compaction)** : هوالضغط المسلط من ثقل الرسوبيات فوق بعضها البعض والتي تؤدي الى تماسك هذه الرسوبيات مكونتاً طبقات عديدة من الصخور الرسوبية ويحدث هذا النوع من التماسك او التصلد للصخور الرسوبية الميكانيكية .

b - **(Cementation)** : هو ترسيب مواد معدنية بين الحبيبات المكونة للرسوبيات والتي تعمل عمل المادة اللاحمة (Cement material) لهذه الرسوبيات واهم المواد اللاحمة هي الأملاح واكاسيد الحديد والسليكا وكاربونات الكالسيوم والعامل الرئيسي المسيطر على هذه المواد اللاحمة ه و الماء

انواع الصخور الرسوبية حسب طريقة التكوين Classification of sedimentary rocks by method of formation

1 صخور رسوبية الطبيعية او الميكانيكية :تكونت نتيجة تراكم مواد مفتتة نقلت و ترسبت بفعل المياه او الرياح.

2 صخور رسوبية كيميائية :تكونت نتيجة تبخر المحاليل الموجودة بداخل المعادن مما ادى الى تراكم المواد المعدنية.

3 صخور رسوبية عضوية : تكونت نتيجة تراكم المواد الصلبة التي خلفتها الحيوانات و النباتات.

الصخور الرسوبية الميكانيكية Mechanical Sedimentary Rocks

تكون على صورتين صخور غير متماسكة او صخور متماسكة

1. صخور غير متماسكة: تكون حبيبات هذه الصخور غير متماسكة)حبيبات مفككة ذات احجام مختلفة (مثل الجلمود و الحصى و الطمى و الرمل و الطين و هذه لها اهمية كبيرة في اعمال الهندسة المدنية.

الجلمود و الحصى(Gravel) لا يقل قطرها عن 2 ملمتر و عادة هذه القطع هي الجرانيت او الصوان و ينشأ هذا النوع من الرواسب على شواطى البحار نتيجة تفتت الصخور القريبة من الشاطى نتيجة الامواج او السفن البحرية المارة و كما بالشكل ادناه.

جلمود

حصى

الرمل و الطمى Sand and Silt و ينقسم حسب احجام الحبيبات الى رمل (خشن, متوسط، ناعم (تتكون معظم الحبيبات من الكوارتز و قد تاخذ الحبيبات شكلا كرويا او شبه

كروي قد تكون مستديرة الاركان او حادة الاركان و حسب ظروف تكوينها و نقلها و قد

تحتوي في معظم الاحيان على الكوارتز او الفلسبار او الميكا و اذا وجد معدن الماجنتيت Magnetite Fe3O4في الرمل اعطاءه اللون الاسود كما بالشكل ادناه.

رمل غرين

الطين Clay: حبيباته دقيقة جدا لا يمكن ان ترى بالعين المجردة و تكونت من تفتت سليكات الالومنيوم و قد يحتوي على بعض المعادن الاخرى مثل الميكا و الكوارتز واكاسيد الحديد و

المنغنيز. فقد يكتسب الطين لون احمر او اصفر او اخضر او اسود عند احتواءه على بقايا مواد

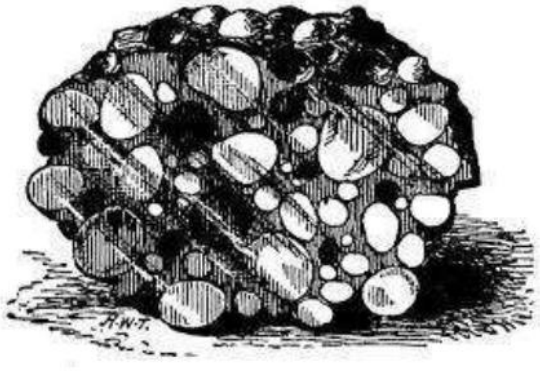
عضوية متحللة. قوة تماسك الطين تعتمد على ما يحتويه من نسبة الماء فكلما انخفضت نسبة الماء به كلما اكتسب قوة و اذا تماسكت الحبيبات على هيئة صفائح فان الصخر في هذه الحالة تسمى صخر صفحي كما بالشكل ادناه.

2صخور متماسكة Rock solid

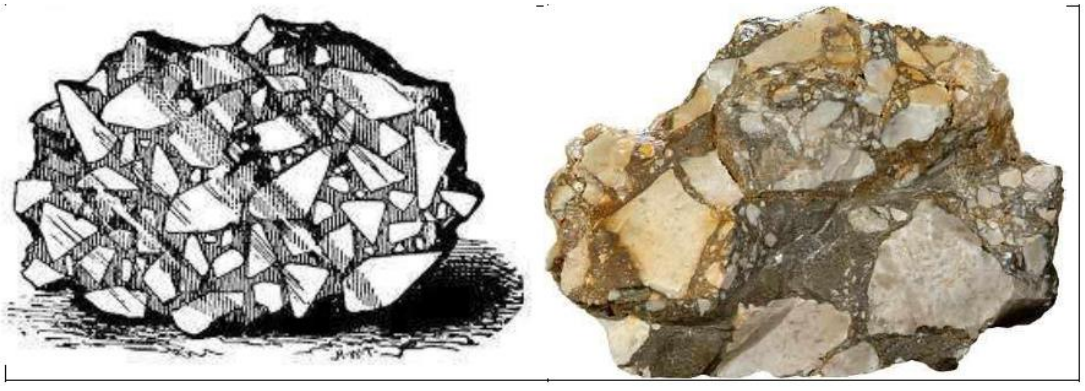
من تلك الصخور هي - (Conglomerate): :الكنجلوميرات

هذا النوع من الصخور يتكون عندما تتماسك حبيبات

الجلمود او حصى بواسطة مادة لاحمة(سوى كانت حديدية، جيرية، جبسية)تملأ الفراغات التي توجد بين الحبيبات .و يلاحظ ان حبيبات الجلمود و الحصى تكون مستدارة بسب تعرضها للرياح و المياه و كما ملاحظ بالشكل ادناه.



بريشا **Breccia** عبارة عن كتل صخرية مكسرة و مفتتة) جلمود و حصى (ذات اركان حادة تماسكت مع بعضها بواسطة المعادن التي نتجت عن تبخر المحاليل و كما بالشكل ادناه.



- **الحجر الرملي Sandstone** :عبارة عن تماسك حبيبات الرمل بواسطة مادة لاحمة .فاذا كانت حبيبات الرمل المتلاحمة ذات احجام مختلفة بحيث تكون الفراغات بين تلك الحبيبات صغيرة و يزداد التداخل ففي هذه الحالة يكون الصخر اكثر صلابة. كذلك كلما كانت اركان

الرمل مستدرة كلما كان تداخل اكثر و زيادة بالصلابة. و هنا المادة اللاحمة او التي تحدث التماسك قد تكون السيليكا او اكاسيد الحديد او مادة جيرية او جبسية او مواد طينية.

الصخور الرسوبية الكيميائية

من انواع الصخور الرسوبية الكيميائية هي الملح و الجبس و هي عبارة عن رواسب تكونت نتيجة عملية التبخر التي تحدث في مياه البحيرات المالحة، فاذا وجد الملح و الجبس في المياه فان الجبس يترسب اولا مكون الطبقة السفلى ثم بعد ذلك يترسب الملح مكون الطبقة العلوية و تكون تلك الرواسب بيضاء اذا كانت نقية و تكون لتلك الصخور في العادة الوان بسب وجود الشوائب و كما بالشكل ادناه.

الصخر الملحي الجبس

و يوجد نوعين من الرواسب الكيميائية هما الاستلاكتيت و الاستلاجميت و تكون عبارة عن اعمدة في اسقف الكهوف و على ارضياتها و تلك ترسبت من المياه الارضية الحاوية على بيكربونات الكالسيوم و توجد بعض الرواسب التي تكونت حول الينابيع المعدنية الحارة تسمى السيليسية.

الصخور الرسوبية العضوية و توجد عدة انواع من تلك الصخور

- **الصخور الجيرية العضوية: من اكثر الصخور الجيرية انتشارا و تكون نتيجة لتراكم بقايا النباتات و الحيوانات الحاوية على كربونات الكالسيوم او الجير و مع مرور الزمن و الضغط تتحول الى الاحجار الجيرية و منها الطباشير الذي يتميز بلونه الابيض و قلة صلابته و كما بالشكل ادناه.**

- **الفوسفات: يتكون من تراكب فوسفات الكالسيوم مع مواد اخرى حيث انه يتكون في البداية من تراكم عظام الحيوانات ثم تتحول الى فوسفات الكالسيوم و كما بالشكل ادناه.**

- الفحم الحجري و الرواسب النباتية: الرواسب النباتية تكونت من اصل نباتي ترسبت في المستنقعات و تحتوي على نسبة عالية من الكاربون. اما الفحم الحجري فيوجد بين الطبقات الرملية و الطينية و هو صخر اصم حالك السواد سهل الكسر و فيه نسبة الكاربون بين 75% الى 90%.

الصخور المتحولة Metamorphic rocks

و هي صخور تكونت نتيجة لتعرض الصخور النارية او الرسوبية لبعض العوامل الخارجية مما ادى الى ان تلك الصخور فقدت صفاتها الاصلية و اكتسبت صفات اخرى و هذه العملية تسمى التحول.

اهم العوامل الخارجية التي تؤدي للتحول

1. تعرض الصخر الاصلي لحرارة مرتفعة جدا) التحول الحراري او التماسي(. و ينتج هذا التحول عند تماس الصخور الاصلية مع مواد منصهرة ساخنة حيث تدخل و تتغلغل تلك المواد خلال مسامات و شقوق الصخرة الاصلية الحاوية على السوائل)الماء(و بعض الغازات مما يؤدي الى تسخينها و يساعد ذلك على اذابة بعض المعادن و تغيير التركيب الكيمائي لها و عندما تبرد تتبلور و تنتج معادن جديدة.

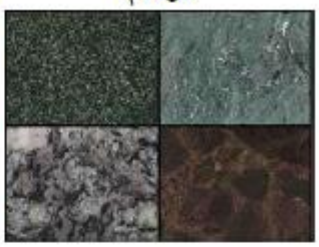
2. تعرض الصخر الاصلي لعوامل الضغط المختلفة حيث يتولد ذلك الضغط من تحركات القشرة الارضية مما يؤدي الى تولد اجهادات في الصخور الاصلية و بالتالي حصول انثناء او التواء او تكسر في مناطق دون اخرى مؤديا ذلك الى التحول و تكون صخور لها نسيج جديد تأخذ فيه المعادن شكل صفائحي.

3 تعرض الصخر الاصلي لعوامل الضغط و الحرارة :و تحدث هذه الظاهرة عند تعرض القشرة الارضية لانكماشات و تقلصات على نطاق واسع و بالتالي تحدث تفاعلات داخلية في جوف الارض.

4 قد يتم التحول نتيجة لتعرض الصخر الاصلي لعوامل كيميائية.

اهم انواع الصخور المتحولة

الكوارتزيت	ينتج هذا النوع من الصخور من تعرض صخر الحجر الرملي الى الحرارة الشديدة فحدث التحول الحراري و غالبا ما يتكون هذا الصخر المتحول من حبيبات الكوارتز التي اعيد تبلورها مرة ثانية و يؤدي ذلك الى التحام البلورات مع بعضها البعض .

الرخام 	ينتج هذا النوع من الصخور من تعرض صخر الحجر الجيري الى الحرارة الشديدة فحدث التحول الحراري و ينتج عن ذلك صخر ذو نسيج حبيبي متوسط او دقيق بحيث تتوقف حجم الحبيبات على طول الفترة الزمنية للتحول. و يتوقف لون الرخام على ما يحتويه الحجر الجيري الاصلي من شوائب.
الاردواز	ينتج هذا النوع من الصخور من تعرض الصخر الطيني الى الحرارة و الضغط و يكون نسيجه حبيبي دقيق جدا لا يرى بالعين المجردة و يميل الصخر الى الانفصال في طبقات رقيقة و صفائح بسب تبلوره اثناء التحول.
	ينتج هذا النوع من الصخور من تعرض الصخور الرسوبية او النارية الى العوامل الحرارية و عوامل الضغط فيكون له نسيج بلوري معدني واضح بحيث تكون تلك البلورات مرتبة في صفوف متوازية. التركيب المعدني لهذا الصخر يكون مشابه للتركيب المعدني للصخر الاصلي.
	و هو صخر مشابه لصخر النيس و لكن بلوراته تكون ادق و اصغر في الحجم و من اهم خواصه انه مركب من صفائح رقيقة متلاصقة يسهل فصل بعضها البعض.

Quartz= كوارتز marble=رخام slate=الاردواز Gneiss =النيس

Schist= الشيست.

التراكيب الثانوية للصخور Secondary structures of rocks

1 Joints الفواصل:

و هي عبارة عن شقوق في الكتل الصخرية غالبا ما تكون في الصخور الرسوبية دون حدوث اي حركة او انتقال لتلك الصخور على جانبي الشق و كما بالشكل ادناه.

حيث يتراوح المسافات بين الفواصل)الشقوق(من بضعة سنتمترات الى بضعة امتار ويتغير عمقها من مسافات محدودة الى مسافات كبيرة و تظهر واضحة في الصخور ذات الحبيبات الصغيرة او الدقيقة مثل الاحجار الجيرية و الرملية و الطينية.

شق منفرد

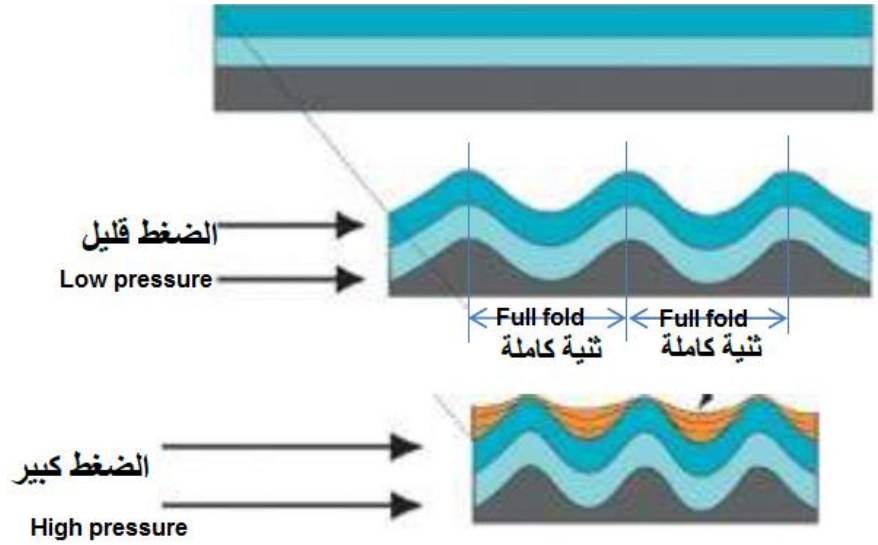
شقوق متوازية

و تنشأ تلك الشقوق في الصخور الرسوبية اما نتيجة لتبخر المياه من بعض الترسيبات(مثل تقلص الصخور الطينية)او نتيجة الحركات الارضية حيث تتشقق الصخور الاكثر صلابة عند انثنائها و قد تحتوي الصخور الرسوبية على مجموعتين من الفواصل المتعامدة و بالتالي تتواجد تلك الصخور على شكل كتل.

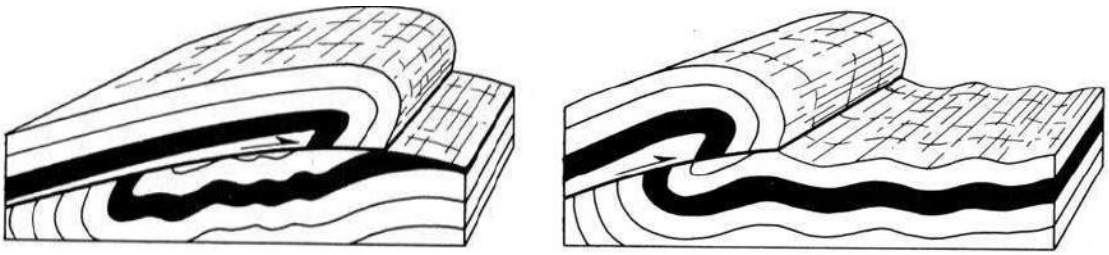
اما الفواصل(الشقوق)التي قد تتواجد في الصخور النارية فتنشأ نتيجة لانكماش تلك الصخور اثناء برودها .و يساعد وجود هذه الشقوق عوامل التعرية (الامطار و الامواج و جذور النباتات و المياه الجوفية)الى التسرب الى داخل القشرة الارضية.

2 Folds الثنيات او الطيات:

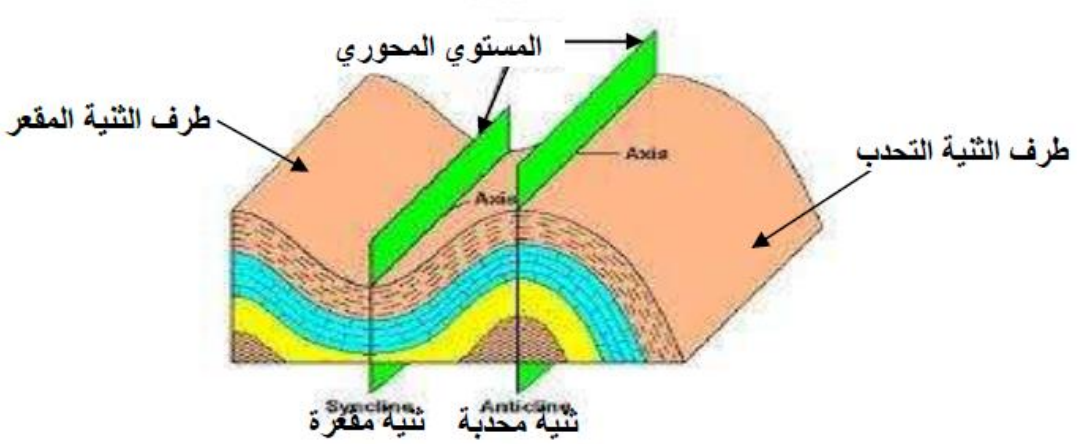
وهي انحناءات في الطبقة او الطبقات المكونة للقشرة الارضية تنشأ نتيجة لضغط جانبي متولد من حركات القشرة الارضية و قد تكون تلك الطبقات افقية او مائلة وكلما كان الضغط كبير كلما كان ارتفاع الثنية المتولدة كبير و كما بالشكل ادناه:



و كلما كان الضغط مفاجئا و سريعا كلما كان احتمال اكبر لحدوث انثناء و كسر في الطبقة و كذلك كلما كان الصخر صلبا كلما ازداد حدوث الكسر و كذلك كلما كانت هناك مواد كثيرة فوق الطبقات المعرضة للضغط الجانبي كلما قل احتمال حدوث الطية او الانثناء او الانكسار و كما بالشكل ادناه:



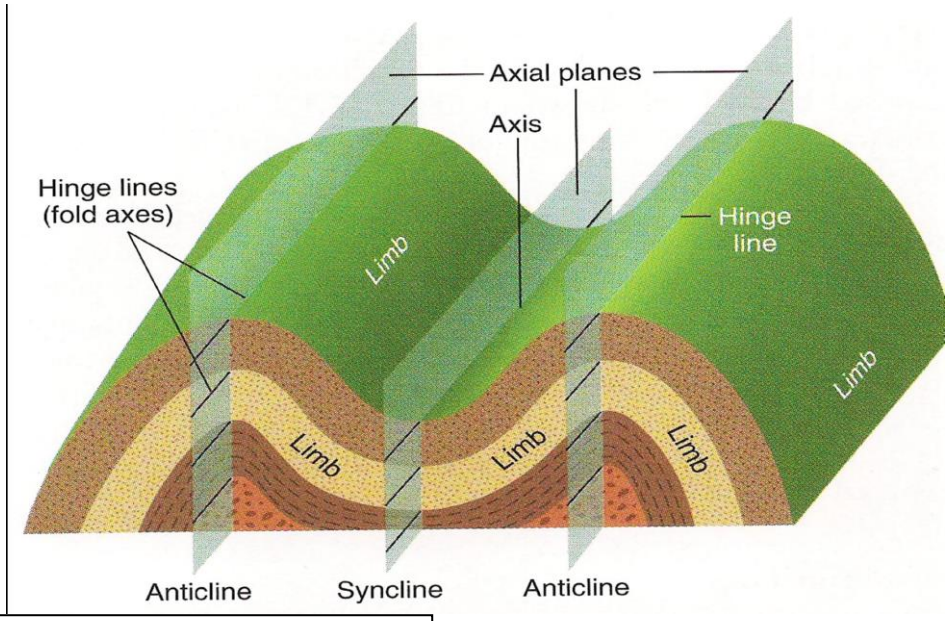
و تتكون الثنية كاملة من جزء محدب (Anticline) و جزء اخر مقعر (Syncline) و تسمى اعلى نقطة في قطاع الثنية بالقمة (Crest) بينما اوطى نقطة تسمى بالقاع (Trough)، اما جوانب الثنية سواء محدبة او مقعرة فتسمى بالاطراف (Limbs) اما المستوي المار بالقمة او بالقعر فيسمى بالمستوى المحورى و قد يكون هذا المستوى رأسيا او مائلا و كما بالشكل ادناه.



انواع الثنيات (الطيات) Types of folds :

1-الطية المحدبة Anticline: تكون الطبقات على شكل قوس محدب نحو الأعلى والصخور الأقدم توجد في مركزالطية ويكون ميل جناحي الطية إلى الخارج نسبة إلى المفصل .

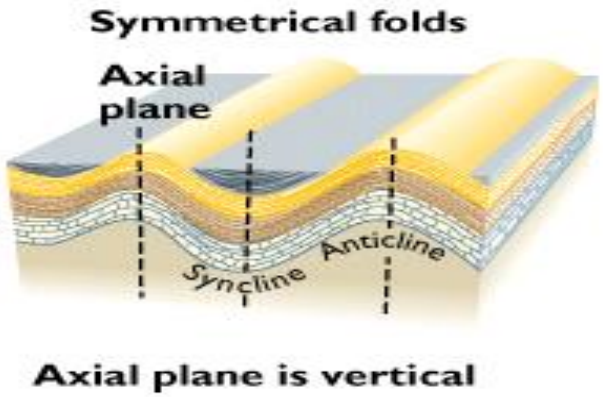
2-الطية المقعرة Syncline : تكون الطبقات على شكل قوس مقعر نحو الأسفل ويكون ميل جناحي الطية احدهما باتجاه الآخر.



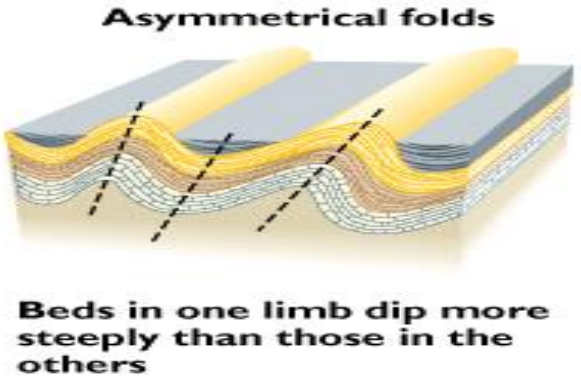
شكل يوضح الطية المقعرة والمحدبة

3-الطية المتناظرة Symmetrical fold :

يكون فيها المستوي المحوري عمودي سواء كانت الطية محدبه أو مقعرة.

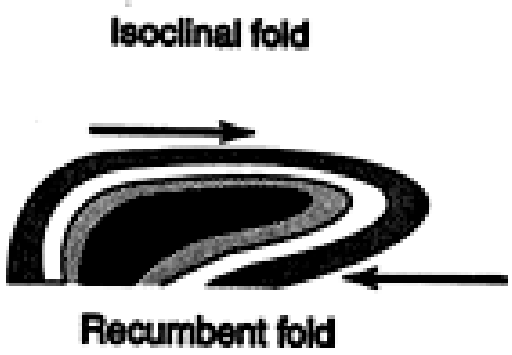


4-الطية غير المتناظرة Asymmetrical fold: يكون فيها المستوي المحوري مائل عن الأفق.



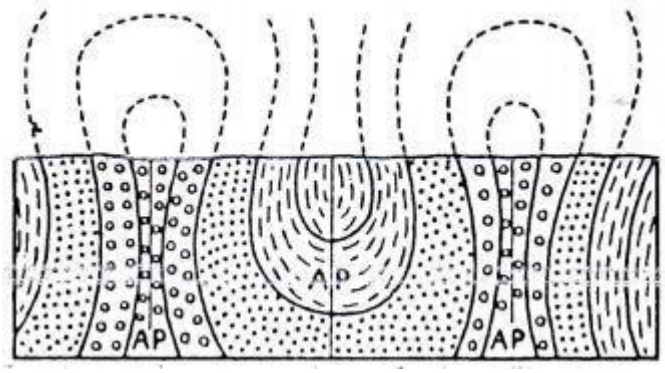
5-الطية المقلوبة Overturned fold :

يكون فيها المستوي المحوري مائل بنفس اتجاه ميل جناحي الطية ويكون الطرف المقلوب قد دار أكثر من 90 درجة ليأخذ الوضع الحالي.



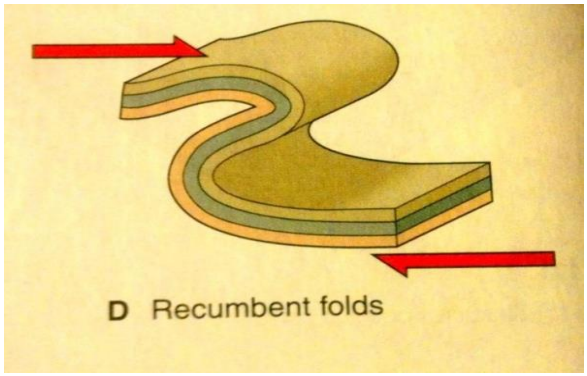
6-الطية المروحية Fan fold :

الطية التي يكون كلا طرفيها مقلوبا فالطية المروحية المحدبة يميل طرفها أحداهما نحو الآخر أما الطية المروحية المقعرة يميل الطرفان مبتعدا احدهما عن الآخر.



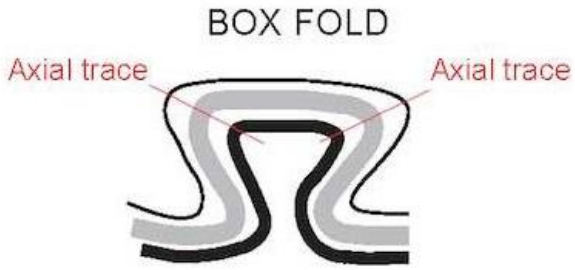
7-الطية المضطجعة Recumbent fold :

يكون فيها المستوي المحوري أفقي موازي لجناحي الطية ، و أحيانا تحتوي الطيات المضطجعة على طيات محدبة ثانوية.



8-الطية الصندوقية Box fold :

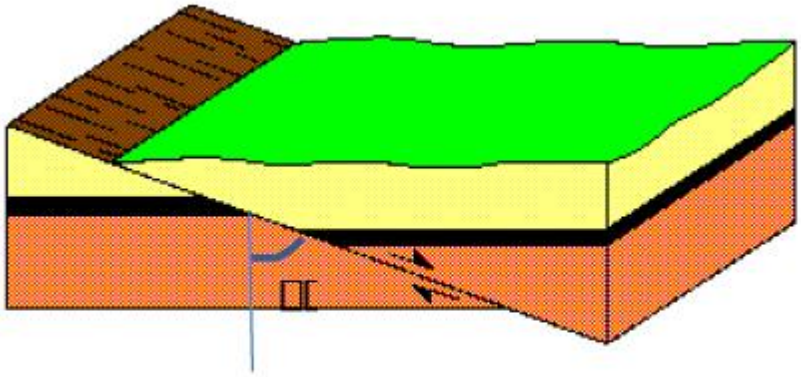
الطية التي تكون ذروتها عريضة ومنبسطة ولها خطي مفصل كل واحد على جانبي الذروة المنبسطة.



9- القبة Dome : هذا التركيب تميل فيه الطبقات من جميع الإتجاهات بعيدا عن نقطة متوسطة تسمى مركز القبة.

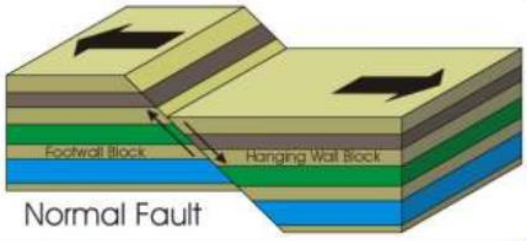
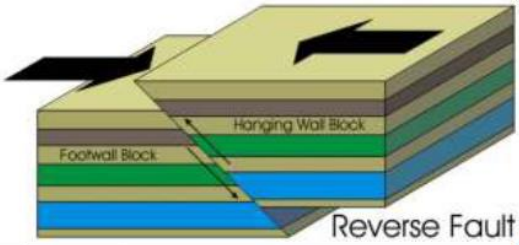
10-الحوض Basin: وهي الطية التي تميل فيها الطبقات إلى الداخل في جميع الإتجاهات نحو نقطة متوسطة تسمى مركز الحوض, وهي عكس القبة. (عكس القبة)

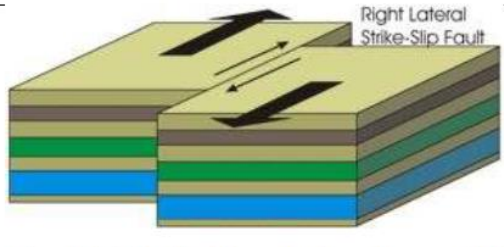
3-الفوالق (الصدوع)(Faults): حدوث كسر في طبقات الصخور و يصاحب ذلك الكسر انتقال الصخر على جانبي مستوى الكسر(مستوى الفالق)و يحدث ذلك نتيجة حركات القشرة الارضية التي تولد قوى ضغط او شد او قص او عزوم انحناء او الالتواء و يعتمد درجة و شكل ذلك الكسر على نوع تلك القوى و خواص الصخرة و كما بالشكل ادناه.

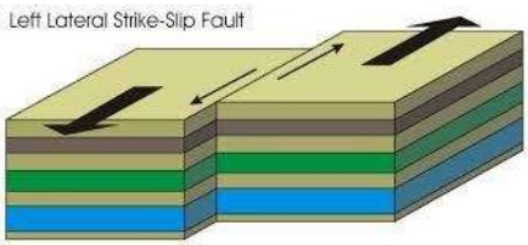


تتراوح اطوال الفالق من عدة امتار الى مئات الكيلو مترات حيث تكون له بداية و له نهاية و قد يحدث الفالق في فترة واحدة من الزمن او على فترات متلاحقة .الصخور المتكسرة على جانبي الفالق تسمى بجدران الفالق و عادة ما تكون تلك الاسطح منتظمة و فيها نتوءات ناتجة من كسر الصخور و قد يتواجد بعض من فتات تلك الصخور بداخل الفالق .اما زاوية ميل الفالق فيعبر عنه بالزاوية β.

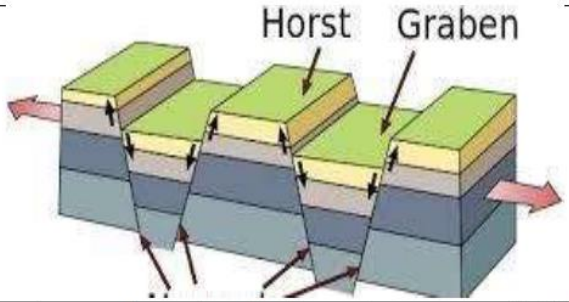
انواع الفوالق

	
فالق عادي: و تنتج من حدوث قوى شد في القشرة الارضية يتبعها كسر و انتقال كتلتي الصخر في اتجاه قوى الشد و بالتالي زيادة في طول المسافة الافقية التي كانت تغطيها الطبقات من قبل و عادة ما يكون الصخر ضعيف لمقاومة الشد.(نزول جهة من الصخر)	**فالق معكوس:** يحدث نتيجة قوى ضغط جانبية على طبقات الصخور حتى يحدث كسر و انزلاق كتل الصخر على جانبي الفالق مما يؤدي نقصان في طول المسافة الافقية التي كانت تشغلها الطبقات من قبل.(صعود جهة من الصخر الى الاعلى)

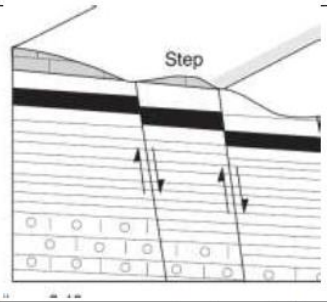




الفالق الرأسي: و يحدث هذا الفالق عندما تتحرك كتل الصخر على جانبيه حركة رأسية فقط اي يكون سطح الفالق رأسيا (تكون زاوية الميل في هذه الحالة صفرا) و كذلك الانتقال الافقي لكتل الصخر.



الفالق المركب: عندما توجد الفوالق على هيئة مجموعات في منطقة واحدة. و يسمى الفالق بالحوضي (graben) او الاخدود و هو هبوط جزء من الطبقات و بنفس الميل في الاتجاهين و يسمى بالهورست عند ارتفاع كتلة الصخر من الجانبين



الفالق السلمي او المتدرج: و هو الفالق الذي يشبه السلم بحيث تكون الشقوق باتجاه واحد.