

## الجيولوجيا العامة

# General Geology

**الجيولوجيا:** هي كلمة لاتينية مؤلفة من مقطعين Geo = Earth و تعني الارض و Logus = Logic و تعني علم = علم الارض.

يختص علم الجيولوجيا (علم الارض) بدراسة اصل كوكب الارض و موارده و تضاريسه و العمليات الطبيعية التي اثرت على الارض و انواع المعادن و الصخور و البيئات التي نشأت فيها الكائنات الحية قديما و حفظت بشكل متحجرات (Fossils) في صخور القشرة الارضية.

- هناك بعض الملاحظات و الاحتياجات البشرية التي ادت الى ظهور و تطور علم الارض منها:

الملاحظات البشرية:

- 1- انفجار البراكين.
- 2- رعب الزلازل الارضية.
- 3- عمليات بناء الجبال.
- 4- تتابع الطبقات الارضية.

الاحتياجات البشرية:

- 1- تحديد مواقع الابار النفطية.
- 2- كميات المعادن المستخرجة من المناجم.
- 3- البحث عن المياه الجوفية.
- 4- تفسير الظواهر و العمليات الطبيعية.
- 5- كشف التكيف البيئي للكائنات.

### فروع علم الجيولوجيا وعلاقتها بالعلوم الاخرى

لقد تطور علم الجيولوجيا ليشمل فروع عديدة ولذلك اتفق العلماء في الآونة الأخيرة على إطلاق اسم علم الأرض (Earth science) على مجموعة العلوم الجيولوجية وتضم الأفرع الكلاسيكية لعلم الجيولوجيا أربع مجاميع من العلوم الاختصاصية، تعالج كل مجموعة منها جانباً خاصاً من الأرض:

**علوم خاصة بمكونات القشرة الأرضية:-**

**علم البلورات Crystallography** يختص هذا العلم بدراسة البلورات من حيث شكلها الظاهري وتركيبها والتعرف عليها وعلى الصخور والمعادن التي تحتويها.

**علم المعادن Mineralogy** يشمل علم المعادن دراسة المعادن من حيث صفاتها الطبيعية والكيميائية والتعرف عليها، كما يشمل دراسة وجودها كمواد خام وطرق استخلاصها.

**علم الصخور Petrology** يدرس علم الصخور تركيب الصخور وكيفيه تكوينها والمواد التي تنتج عن تفتتها وتحللها والتغيرات التي تطرأ عليها والعوامل التي تؤثر فيها.

**علوم تختص بدراسة التراكيب الجيولوجية:**

**الجيولوجيا البنائية Structural geology** تختص الجيولوجيا التركيبية بدراسة بناء الكتل الصخرية وتهتم بصفه خاصه بدراسة تصدع القشره الارضيه وتشققها والتواء طبقات صخورها نتيجة القوي التي تتعرض لها من ضغط وشد.  
**علم الحركات الأرضية (جيوتكتونيك. Geotectonics)**

**علوم خاصة بتاريخ تطور القشرة الأرضية:**

**علم الحفريات Paleontology** والذي يبحث في دراسته بقايا الاحيا التي تحتوي عليها الطبقات الرسوبية ويشمل ايظا دراسته البيئه القديمه ودراسه المناخ القديم.  
**علم الطبقات (استراتجرافيا Stratigraphy)** والذي يبحث في تتابع طبقات الصخور وترتيبها في نظام زمني بالنسبه لبعضها V.  
**علم البيئة القديمة Paleocology** هو العلم الذي يدرس القوانين والظروف المختلفه التي تتحكم في تكوين البيئات.

**علم الجغرافيا القديمة Paleogeography****الجيولوجيا التاريخية Historical geology**

تختص المجموعه الرابعه من الأفرع الكلاسيكية لعلم الجيولوجيا بدراسة تضاريس سطح الأرض،

**علم الجيومورفولوجيا Geomorphology**

**علم المساحة Surveying** وتختص بتمثيل الاشكال التضاريسيه لطبقات الصخور وصفاتها الطبيعيه وتركيبها الجيولوجي والعصر الجيولوجي الذي تكونت فيه في خرائط تطابق الواقع باستعمال مقياس رسم مناسب.

**الجيولوجيا الفيزيائية Physical geology** . وتختص بدراسة العمليات الطبيعيه التي أثرت وما زالت تؤثر على القشرة الأرضية، والتي شكلت ولا زالت تشكل تضاريس الكتل الصلبة للأرض حتى أصبحت على ما هي عليه الآن ، وما يمكن أن تؤول إليه في المستقبل.

**ابعاد أفرع الجيولوجيا****الجيوكيمياء Geochemistry**

يتناول هذا الفرع من علوم الأرض الخواص الكيميائية للمعادن والصخور المكونه للأرض وكذلك التأثيرات الكيميائية للمياه والغلاف الجوي والقوانين الكيميائية التي تتحكم في المادة وتأثيراتها الجيولوجية.

**الجيوفيزياء Geophysics**

يختص بدراسة بعض الخواص الفيزيقية للصخور المكونه للقشرة الأرضية ومن أهم الطرق المستخدمة لدراسة الصخور :طرق الجاذبية الأرضية السيزمية - المغنطيسية - الكهربائية . وهذه الطرق تستخدم لاستكشاف البترول والمياه الأرضية وبعض الرواسب المعدنية الفلزية. أما في مجال الهندسة المدنية فإنها تستخدم لدراسة طبيعة وتراكيب الصخور تحت السطحية في مواقع المنشآت مثل السدود والخزانات والأنفاق ومحطات توليد الكهرباء.

**الجيولوجيا الديناميكية Dynamic Geology**

يشمل هذا الفرع الدراسات المتعلقة بالعمليات الجيولوجية التي تحدث على سطح الأرض وتسمى بالعمليات الخارجية مثل التجوية الطبيعية والكيميائية للصخور والترسيب في البحار والبحيرات والأنهار ودراسة المياه السطحية. وكذلك العمليات الجيولوجية التي تنشأ داخل الأرض وتسمى العمليات الداخلية مثل دراسة الزلازل والبراكين والتراكيب الجيولوجية الناشئة عن الحركات الأرضية العنيفة.

**الجيولوجيا التاريخية Historical Geology**

وتشمل دراسة التغيرات التي حدثت على سطح الأرض من ناحية توزيع المياه ومناطق اليابسة منذ أول نشوء الأرض وحتى الآن. ويتناول هذا الفرع من علوم الأرض تاريخ ونشأة الصخور المكونة للقشرة الأرضية ودراسة آثار وبقايا الحياة الحيوانية والنباتية منذ نشأتها على سطح الأرض. وأهم أقسام الجيولوجيا التاريخية: علم الحفريات والجيولوجيا الطباقية وعلم الجغرافيا القديمة.

**الجيولوجيا التطبيقية Applied Geology**

ويشمل هذا الفرع الهام من علوم الأرض تطبيق الأسس والمعلومات الجيولوجية لاستغلال الموارد المعدنية من خامات وبتروول وغيرها والتي توجد بالقشرة الأرضية استغلالا اقتصاديا لفائدة الإنسان وتقديم الحضارة.

ومن أهم أقسام الجيولوجيا التطبيقية: جيولوجيا التعدين و جيولوجيا البترول والمياه الأرضية و جيولوجيا النظائر المشعة والجيولوجيا الهندسية والجيولوجيا البيئية. .

بعد التطور الكبير في العلوم عامة، وفي الجيولوجيا بفروعها الكلاسيكية، ظهرت مجموعة من العلوم الجيولوجية التطبيقية، تعتمد على الأسس النظرية لفروع الجيولوجيا الكلاسيكية، و جيولوجيا النفط Petroleum geology ، جيولوجيا المياه Hydrogeology ، جيولوجيا المناجم Mining geology ، الجيولوجيا الهندسية Engineering geology ، علم الزلازل Seismology ، علم البراكين Volcanology ، علم المحيطات Oceanography ، جيولوجيا البحار Marine geology ، علم المناخ Climatology ، علم التربة Pedology ، الجيولوجيا الكونية Cosmic geology ، علم الكواكب Planetology ، علم الفلك Astronomy ، و جيولوجيا الفضاء Space geology ، والاستشعار من البعد Remote sensing ، والجيولوجيا البيئية Environmental geology ، الجيولوجيا الشرعية Forensic geology ، والجيولوجيا الطبي Medical geology.

## اغلفة الكرة الارضية

يتألف كوكب الارض من الاغلفة التالية:  
تمثل الارض نظام مكونات متداخلة و تكون متفاعلة و مؤثرة في بعضها البعض، و هذه الانظمة او الاغلفة هي:

1- الغلاف الغازي Atmosphere:  
و يمثل الطقس و المناخ الذين يعملان في تسيير الرياح و نحت الصخور و يحتوي على غازات النتروجين و الاوكسجين و غازات اخرى.

2- الغلاف المائي Hydrosphere:  
و تمثل منظومة الكتلة الحركية السائلة التي تتحرك باستمرار بين البحار و المحيطات و الى الغلاف الجوي و الى الارض رجوعا الى المحيط البحري و تكون هذه الحركات مسؤولة عن تكون الظواهر الجيومورفولوجية و التجوية و على سطح الارض.

3- كتلة الارض:  
ينقسم هذا الجزء الرئيس من نظام الارض الى عدة منظومات:

1- اللب Core و يقسم الى :  
A- اللب الداخلي Inner core: و يكون غني بالحديد و النيكل و يبلغ نصف قطره تقريبا 1216 كم.  
B- اللب الخارجي Outer core: تمثل طبقة المعادن شبه الذائبة و يبلغ سمكه تقريبا 2270 كم.

2- الجبة Mantle:  
تمثل طبقة الصخور السائلة و يطلق عليها ايضا بالغلاف الانسيابي (Asthenosphere) الذي يكون متحركا بتيارات الحمل الصاعدة و النازلة التي تدفع القارات و ترحلها عن مواقعها و سمكها حوالي 2885 كم.

3- القشرة Crust:  
و يطلق عليها ايضا بالغلاف الصخري (Lithosphere) الذي يكون صلبا و يقسم الى قسمين:

1- طبقة السيل Sial: تؤلف القشرة القارية و الجبال و تحتوي على السليكون و الالمنيوم بالدرجة الرئيسية و سمكها بين 20- 90 كم.  
2- طبقة السيمما Sima: و تؤلف القشرة تحت المحيطات و تحتوي على السليكون و المغنيسيوم بالدرجة الرئيسية و سمكها بين 5- 10 كم.

4- الغلاف الحيائي Biosphere:  
و يمثل جميع مناطق الارض الملائمة لتواجد الكائنات الحية و تشمل اجزاء من الغلاف الصخري و الغلاف المائي و الغلاف الغازي.

محاولة تقدير عمر الارض:

## 1- العمر النسبي:

يتضمن عمل تاريخ او سلم زمني يربط تعاقب الاحداث الجيولوجية من خلال دراسة التطور الحيوي منذ نشأة الارض و هذا ما قاد الى تقسيم الزمن الجيولوجي الارضي الى احقاب و عصور بالاعتماد على المتحجرات، و يقدر عمر الارض بهذه الطريقة حوالي 600 مليون سنة.

## 2- العمر المطلق:

أ- حساب السمك الكلي للصخور: اساس هذه الطريقة هو استخدام سرعة او زمن الترسيب لتتابع كامل من الصخور الرسوبية و تعتمد على قياس السمك الكلي للطبقات الرسوبية في كل الازمنة الجيولوجية و بافترض ان معدلات الترسيب لا تختلف في تلك الازمنة عن ما موجود في الازمنة الحالية و يمكن بذلك حساب زمن او عمر الارض بحساب السمك الكلي و قد اعطى عمرا للارض حوالي 100- 500 مليون سنة و من عيوبها هو افتراض ان معدلات الترسيب ثابتة و قد اهملت الطريقة فترات التعرية التي حصلت على الطبقات الصخرية.

ب- حساب معدل ازدياد ملوحة البحر: تعتمد على حساب الزمن الذي استغرقته البحار و المحيطات للوصول الى ملوحتها الحالية بافترض ان البحار عند نشأتها كانت مياهها عذبة و بالتالي فان عمر الارض بالاعتماد على هذه الطريقة هو كمية الاملاح في البحار و المحيطات مقسوما على كمية الاملاح التي تحملها الانهار الى البحار و المحيطات سنويا و قد اعطى عمرا للارض حوالي 300- 1500 مليون سنة. الماخذ على هذه الطريقة هو افتراض ان معدل زيادة الملوحة في الازمنة الماضية مشابه للازمنة الحالية و هذا الافتراض خاطئ كما و ان هذه الطريقة تعطي تقديرا لعمر المحيطات و ان عمر الارض اكثر من ذلك بكثير.

ج- حساب معدل تحلل العناصر المشعة: تعتمد على ظاهرة احتواء الصخور على كميات من العناصر المشعة التي تتحول مع الزمن الى نظير غير مشع و قد اوضح العلماء ان هذا التحول يتم بمعدل ثابت لا يتاثر بالعوامل الخارجية و لا يتغير مع الزمن و يتم حساب سرعة تحلل العناصر المشعة بقياس ما يسمى نصف العمر و هي الفترة اللازمة لتحول نصف الكمية من العنصر المشع الى النظير الغير مشع و من العناصر المشعة اليورانيوم و الثوريوم و غيرها.

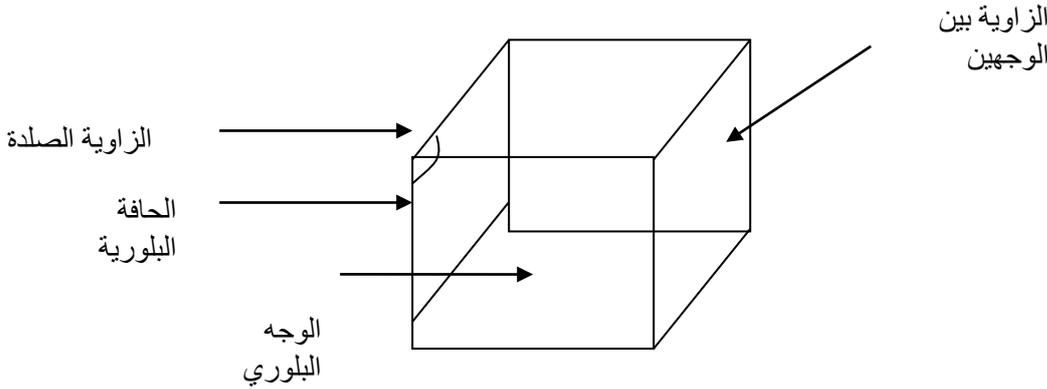
## علم وصف البلورات Crystallography

هو العلم الذي يختص بدراسة البلورات وتحديد انظمتها وانواعها واصنافها واشكالها البلورية ، اما البلورة Crystal فهي جسم هندسي صلب ذات تركيب كيميائي محدد تتبلور وتتفصل من المحلول المشبع تحت ظروف حرارية وضغطية معينة ، مثل بلورة ملح الطعام (معدن الهاليت Halite ) NaCl يحد هذه البلورة اسطح مستوية تسمى اوجه البلورة Crystal faces تمثل انعكاسات للترتيب الذري الداخلي للذرات وتسمى عملية انفصال البلورة من المحلول المشبع بعملية التبلور Crystallization .

الاجزاء البلورية:

### 1-الوجه البلوري Crystal face

هي تلك السطوح التي تحيط بالبلورة من جوانبها المختلفة، مثال ذلك توجد ستة اوجه بلورية في البلورة المكعبة الموضحة بالشكل التالي:



### 2-الحافة البلورية Crystal edge

هي حافة مستقيمة تنشأ من التقاء وجهين بلوريين متجاورين ، فمثلاً توجد (12) حافة بلورية في النظام المكعب.

### 3-الزاوية الصلدة Solid angle

هي تلك الزاوية التي تنشأ من التقاء اكثر من وجهين بلوريين فمثلاً توجد ( 8 ) زوايا صلدة في بلورة النظام المكعب.

### 4-الزاوية بين الوجهين Interfacial angle

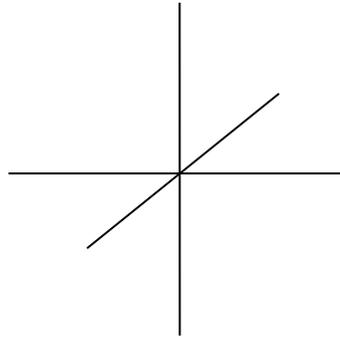
وتقاس هذه الزاوية بين مستقيمين عموديين على اي وجهين بلوريين متجاورين مشتركين بحافة بلورية كما في الشكل اعلاه.

**5- الشكل البلوري Crystal form**

وهو الهيئة التي تبدو بها البلورة والتي تحدد بعدد الواجه البلورية المرتبة بصيغة معينة تعطي في النهاية شكلاً معيناً كالنظام المكعب الذي يحتوي على ستة اوجه بلورية.

**6- المحور البلوري Crystallographic axis**

هو خط وهمي يمر بمركز البلورة وتحوي جميع الانظمة البلورية على ثلاثة محاور بلورية عدا النظام السداسي الذي يتميز بأحتوائه على اربعة محاور بلورية ، تتقاطع المحاور البلورية في نقطة تسمى نقطة التقاطع المحوري والتي تمثل مركز البلورة Crystal center ،تسمى المحاور البلورية المتساوية الاطوال ( $a_1 , a_2 , a_3$ ) ،اما المحاور البلورية غير المتساوية الاطوال فتسمى ( $a , b , c$ ) والشكل التالي يمثل المحاور البلورية والزوايا بين هذه المحاور .

**الانظمة البلورية Crystal systems**

بالاعتماد على طول المحاور البلورية  $a , b , c$  والزوايا بين هذه المحاور تقسم الانظمة البلورية الى ستة انظمة بلورية اساسية هي:

**1- النظام المكعب Cubic system****2- النظام الرباعي Tetragonal System****3- النظام المعيني القائم Orthorhombic system****4- النظام السداسي Hexagonal system****5- النظام احادي الميل Monoclinic system****6- النظام ثلاثي الميل Triclinic system**

## المعادن Minerals

**المعدن:** هو مادة صلبة متجانسة غير عضوية طبيعية التواجد ذو تركيب كيميائي ثابت ونظام بلوري معين. والمعدن اما يتكون من عنصر واحد غير متحد مع غيره من العناصر مثل الذهب والماس والكرافايت او على شكل مركب كيميائي مكون من عنصرين او اكثر والمركب هو الصيغة الشائعة لاغلب المعادن المتواجدة في الطبيعة مثلاً معدن الكالساييت Calcite وصيغته الكيميائية  $CaCO_3$ .

### نشأة المعدن Mineral Genesis:

1- **تكوين المعدن من الصهارة (magma):** بواسطة التبلور والانفصال من الصهارة عند التصلب مثل معدن الفلدسبار  $(Ca, Na, AlSi_3, O_8)$  او  $(KAlSi_3O_8)$  والاوليفين  $(Fe, Mg)SiO_4$  والكوارتز  $(SiO_2)$  والماكنيتايت  $(Fe_2O_3)$ .

2- **تكوين المعادن من المحاليل (Solutions):** وخاصة من محاليل المياه الحارة بعد برودتها مثل الكالينا  $PbS$  والكالسايت  $CaCO_3$  والسنابار  $HgS$  والاولبال  $SiO_2$  ، وبواسطة التبخر مثل ملح الطعام  $NaCl$  او خروج الغاز من السائل مثل بيكربونات الصوديوم او الكالسيوم  $Ca(HCO_3)_2$ . ان هذه الحالات تتم لتركيز المادة في السائل ثم ترسيبها بشكل معدن، اما الطرق الاخرى التكوين فتكون بالاحلال مثل احلال  $SiO_2$  في الخشب وتبادل المحاليل مثل تكوين حجر الكلس  $CaCO_3$  من اتحاد محاليل كاربونات الصوديوم مع كلوريد الكالسيوم، وبفعل الكائنات الحية مثل استخلاص  $CaCO_3$  لتكوين الصدفة واستخلاص  $SiO_2$  لبناء هيكل الراديو لاريا.

3- **تكوين المعادن من الغازات (gasses):** مثل تفاعل فلوريد الهيدروجين  $HF$  مع الصخور الجيرية  $CaCO_3$  لتكوين معدن الفلورايد  $CaF_2$ .

## الخصائص الفيزيائية للمعادن Physical properties of minerals

### \*الخصائص البصرية:

1- اللون Color : ويمثل الضوء المنعكس عن سطح المعدن والذي يكون بطول موجي معين. هنالك بعض المعادن التي تمتاز بلون ثابت مثل معدن الكبريت Sulphur (اصفر اللون) والهماتايت Hematite (احمر اللون) والبعض الاخر تتحكم في الوانه نوعية الشوائب وكميتها ومثال ذلك هو معدن الكوارتز Quartz حيث ان الكوارتز النقي هو عديم اللون لكن في بعض الاحيان نجده يمتلك اللون الوردي ويسمى Rose quartz او اسود اللون ويسمى Smoky quartz .

2- المخدش Streak : هو لون مسحوق المعدن الذي قد يشابه لون المعدن الاصلي او يختلف عنه. ولغرض التعرف على لون مخدش المعدن يتم حك المعدن على لوح خاص مصنوع من البورسلين ابيض اللون يسمى لوح المخدش Streak plate ثم نلاحظ اللون المتخلف على هذا اللوح والذي يمثل لون مخدش المعدن مع الانتباه الى ان بعض المعادن تمتلك صلابة اعلى من لوح المخدش اي لا تترك اثراً على سطح اللوح مثل معدن التوباز Topaz والجدول التالي يبين بعض الامثلة على المخدش.

Mineral	Color	Streak
Talc	Green	White
Gypsum	Colorless-brown	White
Hematite	Red	Red
Magnetite	Black	Black
Sphalerite	Brown	Yellow

3- البريق Luster : هو شدة سطوع سطح المعدن والذي يعتمد على كمية الضوء المنعكسة عن سطح المعدن والواصلة الى العين. ويفضل دراسة البريق على سطوح المعدن الجديدة لتلافي حالة الصدأ التي تحصل على سطوح بعض المعادن وبالتالي لا تعكس البريق الاصلي للمعدن ، ويقسم البريق الى نوعين :

### \*بريق فلزي Metallic luster

هو ذلك البريق المنعكس عن سطوح الفلزات كالذهب والفضة والبلاتين حيث ان اغلب المعادن المعتمدة تمتلك بريقاً فلزياً.

**\*البريق اللافلزي Nonmetallic luster**

هو البريق المنعكس عن سطوح المعادن الفاتحة اللون والمعادن الشفافة التي تسمح بنفاذ الضوء من خلالها ويقسم الى عدة انواع اهمها:

- 1- بريق زجاجي Vitreous luster ويشبه بريق الزجاج ومثاله معدن الكوارتز  $\text{SiO}_2$  .
- 2- بريق دهني Greasy luster يشبه البريق المنعكس عن المواد الدهنية مثل معدن النيفيلين Nepheline .
- 3- بريق صمغي Resinous luster يشبه بريق المواد الصمغية ومن امثلته معدن الكبريت Sulphur .
- 4- بريق لؤلؤي Pearly luster يشبه بريق سطح اللؤلؤ ومن امثلته معدن المايكا Mica .
- 5- بريق حريري Silky luster يشبه بريق مادة الحرير ومن امثلته معدن الجبس الليفى Fibrous gypsum .
- 6- بريق ماسي Adamantine luster وبريقه ساطعاً يشبه بريق الماس ومن امثلته معدن السروسايت Cerussite .
- 7- بريق ارضي او ترابي Earthy or Dull luster تتميز به المعادن ذات المنظر الترابي او المعادن الطينية مثل معدن الكاولينايت Kaolinite .

**4- الشفافية Transparency**

هي قابلية المعدن على امرار الضوء من خلاله وتقسم المعادن على اساس هذه الخاصية الى ثلاثة اقسام هي:

- معادن شفافة Transparent: وهي المعادن التي تسمح للضوء بالمرور من خلالها مثل معدن الكوارتز.
- معادن شبه شفافة Translucent : وتسمح لنصف كمية الضوء بالمرور من خلالها مثل الكوارتز الداخن Smoky quartz
- معادن معتمة opaque : وتمتاز به المعادن الغامقة التي لا تسمح للضوء بالمرور من خلالها مثل معدن البايرايت Pyrite .

**\*الخصائص التماسكية**

وتعتمد على البناء الذري الداخلي للمعدن وتقسم الى:

**1- الصلابة Hardness**

هي مقدار المقاومة التي يبديها المعدن اذا ما تعرض لخدش او تقنت او تأكل وتقاس صلابة المعدن بواسطة مقياس خاص يسمى مقياس مو هو للصلابة Moh s scale of hardness وهذا المقياس مكون من عشرة معادن مرتبة تصاعدياً من المعدن الاقل صلابة الى المعدن الاعلى صلابة وهذه المعادن هي:

1-Talc	تالك
2-Gypsum	الجبس
3-Calcite	كالساييت
4-Flourite	فلورايت
5-Apatite	اباتايت

6-Orthoclase	اورثوكليس
7-Quartz	كوارتز
8-Topaz	توباز
9-Corundum	كوراندم
10-Diamond	دياموند (الماس)

ويتم التعرف على درجة صلابة المعدن بخدشه باحد معادن المقياس فالمعدن الخادش هو الاعلى صلابة والمعدن المخدوش هو الاقل صلابة .  
مثال:

اذا اخذت معدناً معيناً وارادت التعرف على صلابته ،قم بخدش المعدن بواسطة معادن جدول موهو بالتسلسل الى ان تخدش المعدن فمثلا اذا خدش المعدن الذي بين يديك بواسطة معدن الكوارتز فهذا يعني ان هذا المعدن يملك صلابة اقل من (7) لذلك نقوم بخدشه بمعدن اقل وهو الاوثوكليس فاذا لم يخدشه فهذا يعني ان صلابة المعدن هو (6) تقريباً.  
وايضاً يمكن قياس صلابة المعدن بواسطة مواد اخرى متوفرة لديك او في المختبر فمثلاً يمكن استعمال ظفر الاصبع وصلابته (2.5) والعملة النحاسية (3.5) ونصل السكين (5.5) ولوح المخدش (6.5).

## 2- التشقق (الانقسام) Cleavage

هو عبارة عن اسطح متوازية ومتساوية المسافات عن بعضها تمثل مناطق ضعف في المعدن وهي تعتمد على البناء الذري الداخلي واذا ما طرقت المعدن الحاوي على تشقق طرقت خفيفاً فإن اسطح جديدة تظهر بوضوح وتعرف هذه الاسطح بمستويات الانقسام Cleavage planes . قد تكون هذه المستويات باتجاه واحد One set of cleavage مثل معدن المسكوفيات او باتجاهين Two set of cleavage مثل الفلدسبار او قد تكون بثلاثة اتجاهات Three set of cleavage مثل الهالاييت وقد تخلو بعض المعادن من هذه الخاصية مثل الكوارتز .

## 3- المكسر Fracture

- هو الشكل الذي يظهر به المعدن بعد تعرضه للكسر ويكون على عدة انواع :
- مكسر محاري Conoidal fracture: ويكون على شكل دوائر متحدة المركز (كما في خطوط النمو لصدفة المحار ) لذلك سمي بالمحاري ومثال صخرة الاوبسيدين Obsidian .
  - مكسر شبه محاري Subconoidal fracture: ويكون اقل انتظاماً من السابق ويظهر في معدن الكوارتز .
  - مكسر مستوي Even: ويكون على شكل سطح مستوي ومثاله صخرة الحجر الجيري . Limestone
  - مكسر خشن Hackly: ويكون السطح المكسور ذا نتوءات بارزة كما في النحاس .

**\*الخصائص الحسية**

وتشمل اللمس والطعم والرائحة حيث ان بعض المعادن تتميز بلمس دهني مثل التالك وبعضها تتميز بطعم مثل الهالايت (ملح الطعام) وبعضها تتميز برائحة مثل معدن الكبريت.

**Chemical properties of minerals الخصائص الكيميائية للمعادن**

تصنف المعادن الموجودة في الطبيعة على اساس تركيبها الكيميائي الى مجموعات متشابهة حتى تسهل دراستها واهم هذه المجموعات هي:

**1- المعادن العنصرية Native (الفلزية Metallic واللافلزية Nonmetallic)**  
تمثل الحالة العنصرية للمعدن الحر الذي لا يتحد مع غيره من العناصر ومن امثلتها الذهب والكبريت والماس.

**2- الاكاسيد Oxides**

وتشمل معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية مثل الكوارتز (Quartz  $(SiO_2)$ ) والهيمايتيت (Hematite  $(Fe_2O_3)$ ).

**3- الكبريتيدات Sulphides**

تتكون هذه المعادن من اتحاد مجموعة الكبريتات ( $SO_4$ ) مع العناصر مثل معدن الجبس (Gypsum  $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ ) كبريتات الكالسيوم المائية.

**4- الهاليدات Halides**

وتتميز بسيادة ايونات الهالوجينات ذات الشحنة السالبة  $F, I, Br, Cl$  مثل معدن الهالايت (NaCl) كلوريد الصوديوم او ملح الطعام (Table salt).

**5- الكربونات Carbonates**

تتكون هذه المجموعة من اتحاد الكربونات بالعناصر مثل معدن الكالسايت Calcite ( $CaCO_3$ ) كربونات الكالسيوم.

**6- الفوسفات Phosphates**

وتحتوي على ايون الفوسفات  $PO_4$  كوحدة بنائية اساسية مثل معدن الاباتايت Apatite ( $Ca(FCL)(PO_4)_3$ ) فوسفات وفلوريد الكالسيوم.

**7- السيليكات Silicates**

يضم هذا القسم مجموعة كبيرة من المعادن يقدر بحوالي 25% من جميع المعادن المعروفة وتكون حوالي 90% من معادن القشرة الارضية، وتشمل معادن مهمة مثل الفلدسبار Feldspar والتي تنقسم الى مجموعتين هي الاورثوكليس Orthoclase ( $KAlSi_3O_8$ ) سيليكات البوتاسيوم والالمنيوم ومجموعة البلاجيوكليس Plagioclase سيليكات الصوديوم والكالسيوم والالمنيوم ومن امثلة هذه المجموعة معدن الاوليفين Olivine ( $(Mg,Fe)_2SiO_4$ ).

**المنجم Mine:** هو منطقة توضع المعدن (mineral deposits) التي يتم حفرها (excavated) لاستخراج المعادن او أحجار البناء بطرق مختلفة مثل:

**1- المنجم المفتوح Opened excavation:** الذي تستخرج منه كتل المعدن الصخري بواسطة الشفلات الحافرة مثل منجم الفوسفات في الصحراء الغربية العراقية وغرب الاردن ومنجم كبريت يشيركو في بولونيا ومنجم خامات الحديد، وتنقية الذهب من المكث.

**2- منجم انفاق تحت الارض Subterranean excavation:** وتشمل تكسير الصخور الحاوية على المعدن ونقلها الى السطح مثل منجم الملح في بولونيا ومناجم الفحم في اوربا وامريكا.

**3- منجم السحب بالاذابة داخل الطبقات الصخرية:** مثل منجم كبريت المشراق الذي يستخرج منه الكبريت بطريقة فراش (Frash method) باذابته داخل الارض بالمياه الحارة (140 م) وسحبه من الابار بالهواء الحار.

**المنجمية Mining:** هي عمليات استخراج التوضعات المعدنية او أحجار البناء من الارض يشمل المصطلح ايضاً المعاملات الابتدائية للخامات او أحجار البناء مثل التنظيف والتقطيع لحجوم معينة والتحشية.

**الجيولوجيا المنجمية Mining Geology:** هو دراسة تواجدها تركيبية لسحنات معدنية والتي تمثل الاساسيات الجيولوجية لتخطيط وتضمين المنجم.

**الكشف Excavation:** هو عملية ازالة التربة و/ أو المواد الصخرية من موقع معين ونقلهم لموقع آخر. انها تشمل الحفر والتكسير والتفجير والسحب والتحشية.

## الصخور Rocks

### الصخور النارية Igneous Rocks

تمثل الصخور النارية ضمن دورة الصخور في الطبيعة الفعاليات الأساسية. إذ تبرد وتتبلور من الصهير (magma) كمعادن متجمعة يمكن تمييزها. **الصهير (magma):** المواد المنصهرة من الصخور والمعادن تحت درجة حرارة عالية جداً (أعلى من 1000 م°) والتي تتحرك ضمن الجبة (mantle) وتتبلور كلما بردت بواسطة حركتها بالاتجاه إلى الأعلى والتقرب إلى سطح الأرض خلال تكسرات القشرة الأرضية، وربما تقذف لتكوين البركان.

**اللافا (Lava):** تشابه الصهير في سيولتها ومكوناتها وحرارتها العالية جداً عدا هروب الغازات منها، وتؤدي لتكوين الصخور النارية الخارجية (Extrusive Igneous Rocks) أو ما تدعى الصخور البركانية (Volcanic Igneous Rocks) السريعة التبلور لتكوين صخور الرايوليت والبازاليت والانديسايت.

### الصخور البلوتونية (Plutonic):

هي الصخور النارية الداخلية (Intrusive Igneous Rocks) البطيئة التبلور من الصهير الداخلي والمؤدية لتكوين صخور الكرانيت والكابرو في كتل كبيرة داخل الأرض مثل الباثوليت (Batholith) المجاور للصهير الداخلي واللاكوليث (Lacolith) الذي يملئ الأسطح الطباقية الضعيفة والقواطع (Sills & Dikes) الأفقية والعمودية في الصخور الرسوبية.

**البركان Volcano:** هو الطور التدفقي للصهير على سطح الأرض والذي يؤدي لتكوين الفوهة البركانية (Caldera) في قمة مخروط بركاني (أو يدعى الجبل البركاني) المتكون من الصخور النارية الخارجية بشكل طبقات يكون ميلانها حسب انحدار المخروط البركاني وسيول اللافا. ويرافق هذا التكوين فعاليات مثل:

- (1) **سيول اللافا:** التي تحرق النباتات وتميت الحيوانات وتقطع مسارات الأنهار لتحليل الأرض بعدها إلى صحراء وتحويل النهر إلى مسار آخر.
- (2) **الانفجارات البركانية:** وتكون بسبب فقدان المفاجيء للغازات والابخرة.
- (3) **الرداذ البركاني Pyroclast:** الذي يتكون من الجزيئات الدقيقة الحارقة التي تتدفق لمسافات شاسعة مع الدخان ويؤدي لحرق الكائنات أو موتها مع احلال المادة المعدنية بدل هيكل الكائن مثل الهياكل البشرية من بركان فيزوفي (79 ق.م) في جنوب إيطاليا.

- (4) **تلوث جو الارض:** وتكون بسبب الغازات السامة المندفعة من البركان مثل اول وثاني اوكسيد الكربون ( $CO_2$ ,  $CO$ ) وكبريتيد الهيدروجين والسلفات ( $SO_3^-$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ) وابخرة كلوريد الهيدروجين ( $HCl$ ) الذين يختلطون مع الغيوم لاسقاط الامطار الحامضية المدمرة للنباتات.
- (5) **السيول البركانية:** الذي يتكون من اختلاط الابخرة البركانية مع الماء والطين في سفوح الجبال ليسيل الى الوادي بشكل سيول تغطي القرى والمدن وتدفن النباتات.
- (6) **التغيرات المناخية:** لان الدخان الكثيف من البراكين الشديدة سوف تحجب اشعة الشمس وبالتالي يبرد سطح الارض وتحدث العصور الجليدية.
- (7) **المياه المعدنية:** اذ ان تدفق الصهير جنب المياه الجوفية يذيب بعض المعادن فيها ويؤدي لتدفق بخار الماء الساخن ( $Steam\ expulsion$ ) الذي يستعمل للتدفئة وتشغيل المحركات.
- (8) **الانهيارات الجبلية:** تحدث للصخور القلقة (غير المستقرة) على سفوح المخروط البركاني نتيجة الاهتزازات المرافقة للهزة الارضية.
- (9) **الاغناء العالى بالمواد المعدنية المغذية للتربة:** والتي تؤدي الى تخصيب التربة بعد هدوء البركان وبرودته وخاصة من الرذاذ البركاني.
- ان حركة الصهير داخل سطح الارض يؤدي طور تدفقها الى تكوين البراكين خاصة في القشرة الارضية القليلة السمك (30-10 كيلومتر)، بينما يؤدي توقف حركة الصهير في عمق معين الى تكوين الموجات الاهتزازية التي تصل الى سطح الارض لتكوين الزلازل باي سمك كان للقشرة الارضية (10-90 كيلومتر).
- الزلازل Earthquakes:** هي هزات نابعة من داخل الارض نتيجة اندفاع الصهير الارضي في تشققات سطح الارض عند مناطق حدود الصفائح المتحركة وقبل وصولها الى السطح لتكوين البركان، تنتقل الهزات الارضية من موقع تاثير الهزة (Focus) الى موقع حدوث الهزة (Epicenter). تكون هذه التأثيرات ضمن خطوط حدود الصفائح النشطة حالياً، منها خط غرب الولايات المتحدة الامريكية والاسكا واليابان والفلبين واندونيسيا وجبال الهيمالايا وطوروس وشمال البحر الابيض المتوسط مع خطوط ثانوية اخرى. تقاس شدة الهزة بمقياس رختر لمعرفة كمية التدمير الممكن ان تسببه الهزة رقمياً وبمقياس بركاني لتوضيح مدى التدمير وتكون الموجات الزلزالية الممكن قياسها.

### أمثلة للبراكين والزلازل:

- 1- بركان فيزوني 79 ميلادية وانهيار الدولة الرومانية.
- 2- بركان اطلنطس 1470 قزم. وانهيار حضارة اطلنطس قرب كريث وسط البحر الابيض والمتوسط.
- 3- بركان اكد 2400 ق.م. وانهيار الدولة الاكدية بدمار المزروعات وهيكل الدولة.
- 4- بركان تامبورا (اندونيسيا) 1815 مقتل 9200 وجرح 8200 شخص.
- 5- بركان مونت بيليه 1902 مقتل 2800 شخص.
- 6- بركان سانت هيلين 1980 مئات الممات اشد من القنبلة الذرية.
- 7- زلزال بام في ايران 2044 مقتل 50 الف وجرح الالاف وتشريد 100000 شخص.
- 8- زلزال في تركيا 2002 دمر بيوت المدينة وقتل المئات وجرح الالاف وتشريد مئات الالاف من الاشخاص.

### نسيج الصخور النارية Texture of Igneous Rocks

تمثل المظهر الكلي للصخور اعتماداً على ترتيب وتداخل البلورات ولذلك فهي تعكس بيئة تكوينها. تكون انواع النسيج:

- 1- **Aphanetic** ناعمة الحبيبات: يصعب فيها تمييز المعدن المنفرد بالعين المجردة و تتكون من اللافا.
- 2- **Vesicular فقاعي**: نسيج ناعم الحبيبات لكنه يحتوي على الفجوات المتكونة من هروب الغازات عند سطح اللافا الخارجي من امثلتها معدن scoria.
- 3- **Phaneritic خشن الحبيبات**: يمكن تمييز المعادن المنفردة فيها بالعين المجردة. انها تتكون من الصهير تحت سطح الارض من امثلتها Granites.
- 4- **Porphyritic بورييري**: يتكون في نفس الصخرة بلورات كبيرة في الاعماق واخرى ناعمة تحيط بها تكونت قرب سطح الارض او من انقذاف مثل معدن Pegmatite.
- 5- **Glassy زجاجي**: يتكون بالتبريد السريع في الماء او الهواء مع ترتيب عشوائي لبلورات المعدن مثل معدن Obsidian.
- 6- **Pyroclastic رذاذي**: يتكون من تساقط الرذاذ البركاني وبتوضع بشكل طبقي مثل الصخور الحمراء التي عند فحصها المجهرى تظهر جزيئات الرذاذ الحادة.

**المكونات المعدنية: Mineralogical composition**

يعتمد التركيب المعدني للصخرة النارية على نظرية Bowen التي تنص على ان المعادن المختلفة تكونت بواسطة التبريد المستمر والتبلور من الصهير. يكون الناتج احد اشكال الصخور وهي:

1- Ultramafic والتي تحتوي على اقل من 45% سيليكاً بأغلبية مكونات الحديد والمغنيسيوم وتكون عالية جداً للكثافة.

2- Mafic والتي تحتوي 45-52% سيليكاً ومكونات رئيسية من Ca, Mg, Fe وتكون عالية الكثافة (ثقيلة).

3- Intermediate والتي تحتوي 53-65% سيليكاً.

4- Felsic والتي تحتوي اكثر من 65% سيليكاً ومكونات رئيسية من Na, K وتكون واطنة الكثافة (خفيفة).

وبصورة عامة فان المكونات المعدنية المتكونة من الصهير تعتمد ايضاً على التوضع البلوري وخط الصهير والموقع الذي تتبلور فيه المعادن.

**تصنيف الصخور النارية: Classifying Igneous Rocks**

يعتمد تصنيف الصخور النارية على بيئة التبلور و على النسيج والمكونات المعدنية. ولمعدن الكوارتز  $\text{SiO}_2$  % أهمية ايضاً في التصنيف. وتكون سلسلة بون التفاعلية اساساً لتكوين الصخور النارية وتوزيع مكوناتها المعدنية مثل ان الغرانيت بأغلبية مكونات (كوارتز + فلدسبار بوتاسي) مع اقلية (مسكوفاييت ، بايوتايت، امفيبول، فلدسبار الصوديوم). كذلك فان الصخور المتشابهة المكونات المعدنية قد اعطيت اسماء مختلفة اذ كان نسيجها مختلفاً مثل اشتراك صخري الغرانيت والرايولايت بالمكونات المعدنية والاختلاف في النسيج الخشن البلورات للاول والناعم للثاني وكذلك صخري الكابرو والبارالت.

# التجوية و التعرية

## Weathering & Erosion

و تمثل العمليات الرسوبية الرئيسية في تكون الصخور الرسوبية من الصخور النارية و المتحولة.

التجوية (Weathering): هي تفتت و تحلل الصخور عند سطح الارض لتكوين التربة المنبسطة و الركام في المنحدرات.

امثلة:

- 1- تكسر الاسمنت في بفعل الامطار و تغيرات درجة الحرارة في الوقت الحاضر.
- 2- في الحالة الجيولوجية تكسر الكرانيت بتغيرات درجة الحرارة ووجود المياه و تكون بنوعين:

اولا: التجوية الميكانيكية: و تؤدي الى تفتت و تكسر الصخور الى جزيئات صغيرة بفعل العوامل الفيزيائية و البيولوجية و لهذا فهي تكثر في المناطق القطبية و الصحراوية لقلة المياه و تشمل:

- 1- التتلج يساعد في تكسير الصخور.
- 2- ازالة الحمل من فوق الطبقات الصخرية.
- 3- تغيرات درجة الحرارة و تكسير الصخور.
- 4- عمليات الكائنات الحية في تفتت الصخور و خاصة امتداد الجذور النباتية و حركة الحيوانات الحافرة.

ثانيا: التجوية الكيميائية: و تكون بفعل المياه التي تتحرك في تشققات الصخور و تؤدي الى تحول المعادن الى حالات اخرى لذلك فهي تنشط في المناطق الاستوائية لوفرة المياه و تشمل:

1- الاكسدة Oxidation:



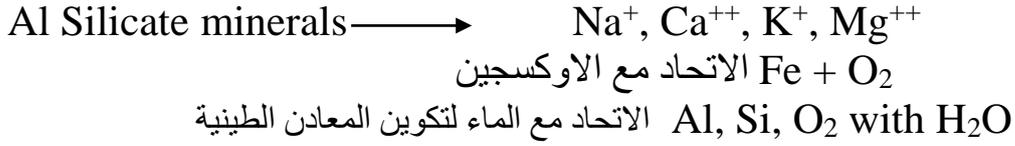
2- التكرين Carbonization:



3- التميؤ Hydration:



#### 4- الذوبان Solution:

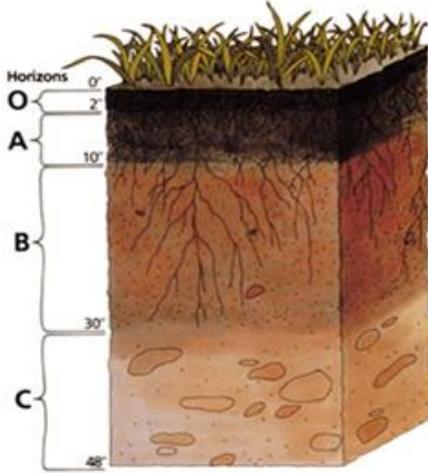


## التربة Soil:

و هي نواتج رئيسة من تجوية الصخور.  
مكونات التربة: تكون خليط من المعادن و المواد العضوية و الماء و التي نتجت من  
 التجوية بنسب متفاوتة حسب المناخ و نوعية الصخور و تواجد  
 المياه و تكون بنوعين هما التربة المتبقية (Residual soil) و التربة  
 المنقولة (Transported soil)، تكون الاولى على سفوح الجبال و  
 الثانية مثل تربة الدلتا.

#### مقطع التربة Soil Profile:

يمثل اجزاء و طبقات التربة المتجوية الصالحة للزراعة و التي تكون تقسيماتها:



1- النطاق الاعتيادي: غني بالنباتات و  
 المواد العضوية.

2- النطاق (A): يقوم بتصفية التربة  
 و تغذيتها.

3- النطاق (B): يقوم بتجميع الاطيان و المواد  
 الذائبة (الملحية) من النطاق  
 (A) و تكون غنية بالحيوانات  
 الحافرة.

4- النطاق (C): يمثل تجوية جزئية للصخور الام  
 مع قليل من الحيوانات الحافرة.

5- الصخور الام: غير المتجوية.

العوامل المؤثرة في تكوين التربة:

1- حجم الحبيبات: تناقص حجم الحبيبات يؤدي لزيادة اسطح التجوية.

2- نوع المعادن المكونة للصخور: ذوبان الرخام اسرع من ذوبان الكرانيت و مقاومة الكوارتز للذوبان اكثر من الفلدسبارو البايوتايت.

3- درجة التبلور: تكون المعادن المتبلورة اولا مثل الاوليفين هي اقل المعادن مقاومة للذوبان.

4- المناخ: تكون الرطوبة و الحرارة العالين اكثر ملائمة للتجوية.

5- الصخور الام: تكون التربة المتكونة من البازلت غنية باكاسيد الحديد بسبب احتواء البازلت على معادن الحديد.

6- الزمن: يتكامل مقطع التربة بمرور الزمن و ان النطاق (A) يكون متجويا اكثر من النطاق (C) كونه مر بزمن اطول، بعض الصخور تاخذ زمن اطول من غيرها للتجوية.

7- الفعاليات الحياتية: تقوم البكتيريا و الفطريات الدقيقة و الحيوانات الحافرة و جذور النباتات باضافة مواد عضوية للتربة.

8- الانحدار: يتغير المناخ مع الارتفاع و لهذا يؤدي الى اختلاف في طبيعة التجوية و ان الانحدار لا يساعد على الحفاظ على التربة المتكونة و انما تدرجها نحو الوادي.

**عوامل التعرية (Erosion):** هو تجمع المواد المتجوية و نقلها بواسطة العوامل المتحركة مثل الرياح و المياه و التيارات البحرية و الثلجات لترسيبها في مواقع التوضع.

1- فعل الرياح: تؤدي حركة الرياح الى تكوين عوامل هدمية و عوامل بنائية يمثلان التجوية الميكانيكية و الترسيب بالتعاقب.

تتمثل العوامل الهدمية بنحت الطبقات الصخرية بواسطة دفع الرياح و تكوين الاشكال الجيومورفولوجية الرئيسة في الصحراء و منها:

ا- تكوين الاسطح الصخرية المصقولة.

ب- تكوين الوجه ريحيات.

ج- تكوين الظواهر الجيومورفولوجية (اعمدة، تلال خيمية و هضاب خيمية).

د- تكوين المنخفضات الصحراوية مثل البلايا.

اما العوامل البنائية للرياح يمكن ان تتمثل ب:

ا- تكوين الكثبان الرملية.

ب- انواع الكثبان الرملية (المستعرضة، الهلالية، الطولية، النجمية و المتكافئة).

ج- الارتصاف الصحراوي: و تتكون من دفع الرياح للرمال و تثبيت الحصى فقط.  
د- ترسبات اللوس: و يمثل الغبار الذي يغطي المواد في جميع البيئات القارية و يتم التنظيف الدائم لها في المنازل.

2- فعل المياه الجارية: تكون العوامل الرئيسية لحركة المياه في الانهار و السيول و كما يأتي:

- ا- التعرية: نقل المواد المتكونة بواسطة التجوية و الفضلات الكتلوية المتساقطة على السفوح و من نحت النهر للجوانب.
- ب- النقل: تكون بواسطة قابلية المياه لحمل حجوم معينة من جزيئات و حسب الطاقة القصوى للحمل اثناء النقل او بكمية حمل اقل من الطاقة القصوى و ان سرعة المياه هي التي تحدد مدى الحمل و تكون الحمولة كما يأتي:
  - 1- حمولة ذائبة.
  - 2- حمولة عالقة.
  - 3- الحمولة القاعية.
- ج- الترسيب: و يكون بواسطة تناقص سرعة المياه في:

- 1- المراوح الغرينية: تتكون بتغيير سرعة السيول الجارية عند الوديان، و ان تجمع عده مراوح غرينية تدعى البجاده.
- 2- الدلتا: تتكون عند تناقص سرعة مياه النهر عند الارتطام بالكتل المائية الكبيرة كالبهار.
- 3- سدود منع الفيضانات الطبيعية: و تتكون من تعاقب متكرر للفيضانات النهرية.
- 4- الوديان المتكونة من الانهار: ( وادي عريض في المناطق الجافة، وادي ضيق في المناطق الرطبة، شلالات و السهول الفيضية).

3- فعل البهار: تمثل المناطق البحرية 70% من سطح الارض و تنزل الى عمق 3.5 كم مع وجود مرتفعات وسط المحيط تصل الى ارتفاع 1 كم ، علما ان مستوى سطح البحر ثابت عالميا، يتحكم بفعل البهار ثلاثة عوامل رئيسية هي:

- ا- كيميائية البهار: و تمثل المواد المذابة في مياه البحر.
  - 1- درجة الملوحة 2- المواد المذابة ( الايونات) 3- درجة الحرارة.
- ب- حركة التيارات البحرية: و تكون بثلاث حالات رئيسية و هي:
  - 1- تيارات و امواج ساحلية شديدة تؤدي الى تعرية المناطق الساحلية.
  - 2- تيارات عالمية الامتداد و تكون بين قطبي الارض او موازية لخط الاستواء.
  - 3- التيارات البحرية الصاعدة: تكون بين الاعماق و الساحل و تكون باردة و مشبعة بالمواد المذابة.

ج- التضاريس و تكوين البيئات البحرية.

4- فعل الثلجات: تتكون الثلجات في درجات الحرارة الواطئة جدا (اقل من الصفر) اذ تحجز مياه البحار في جليد في القطبين الشمالي و الجنوبي و فوق اعالي الجبال الشاهقة لتؤدي الى انخفاض مستوى سطح البحر. تتحرك في الوديان بسرعة اقل من مياه الانهار و بتزليد درجات الحرارة فان ذوبانها يؤدي الى ارتفاع مستوى سطح البحر ليحدث الطوفان و تكوين البحيرات من تساقط الامطار المرافقة.

1- التعرية الجليدية: و تتكون من حركة الثلجات في الوديانو من اشكالها( الصقل و الخدوش الطولية على الكوارتز، الجلاميد الثلجية، الاخاديد الطولية في الوديان، الوديان المعلقة، تعرية الارض المنبسطة و المرتفعات المنحوتة بالثلجات).

2- الترسبات الجليدية: و تكون ناتجة من حركة الثلجات و تمثل جزيئات صخرية غير متجانسة تدعى Tillite.

**الصخور الرسوبية SEDIMENTARY ROCKS**

وهي نواتج عمليات التجوية والتعرية والترسيب التي تكثر على سطح الارض دون الكواكب الاخرى نظراً لتوفر المياه والرياح بنفس الوقت، وللدخول في تعريف الصخور الرسوبية يقتضي توضيح التصخر وعمليات بعد الترسيب (العمليات التحويرية).

**التصخر Lithification:**

هو تحول الترسبات غير المتصلبة المتوضعة حديثاً الى صخور متماسكة وصلبة متضمنة عمليات يمكنها ان تحدث مترامنة مع او بعد الترسيب مباشرة بفترة قصيرة او طويلة، مثل:

**1- اللصق Cementation:** وتكون بالتصاق الحبيبات الصخرية بواسطة الكلس او

السيليكا او الاكاسيد. ويمكن ان تدعى السمته.

**2- التضاضط Compaction:** ناتج ثقل الصخور الدافنة لتقريب الجزيئات الصخرية

نحو بعضها وتقليل نسبة الفراغات (المسامية).

**3- اعادة التبلور Recrystalization:** ويكون بفعل تزايد درجة الحرارة والضغط

ليؤدي الى ازدياد التبلور وتزايد وضوح الشكل

البلوري مثل الحجر الجيري المتبلور.

**4- الاحلال Replacement:** مثل احلال السيليكا في متحجرات سيقان الاشجار الخشبية

او احلال معدن محل آخر في الصخرة.

**5- الذوبان Dissolution:** الاذابة وتكوين الفجوات خاصة داخل الاحجار الجيرية

والجبسية والملحية او اذابة المعادن غير المستقرة مثل

الاراكونايت.

**6- التجفيف Desiccation:** هو فقدان جزيئات الماء من الرواسب.**انواع الصخور الرسوبية:** وتقسم الى ثلاثة انواع اعتماداً على طبيعة الترسيب فيما اذا كانت

كيميائية او فتاتية (ميكانيكية) او عضوية.

**1) الصخور الرسوبية الفتاتية Detrital Sedimentary Rocks:** تكونت من

تراكم مواد جاءت منقولة بشكل حبيبات في الحالة الصلبة مشتقة من التجوية

الكيميائية والميكانيكية وترسبت بالحالة الميكانيكية. وتكون 75% من سطح

الارض.

المكونات: ← معادن الطين (شكل الاطيان وتكون نقية او مخلوطة)  
← جزيئات الكوارتز (اغلبية مكونات لصلادته وعدم ذوبانه)  
← جزيئات الفلدسبار والمايكا (من التجوية الميكانيكية فقط)

\* يتم تمييز الانواع المختلفة لهذه الصخور اعتماداً على:

- 1- حجم الحبيبات بالدرجة الرئيسية وعلاقتها بسرعة التيارات.
- 2- شكل الحبيبات بين المستدير والحافة الزوايا حسب مسافة النقل.
- 3- علاقة الحبيبات مع بعضها ودرجة الفرز.
- 4- المعالم الخارجية: اللمعان والتكسر.
- 5- المكونات المعدنية للصخرة.

الصخرة الفتاتية	الاسم الشائع	اسم الجزئي	المدى الحجمي (mm)
المدملكات Conglomerate & البريشيا Breccia	حصو Gravel	Boulder	>256
		Cobble	64-256
		Pebble	4-64
		حبيبات Granule	2-4
الحجر الرملي Sandstone	الرمل Sand	الرمل	$\frac{1}{16} - 2$
1. Quartz 5.5 2. Arkose 5.5 3. Greywacke	مع جزيئات الكوارتز و جزيئات فلسدبار حبيبات غير مفروزه حجمياً		
السجيل Shale والصخر الطيني Clay stone	الطين clay	السلت (الطفل) Silt	$\frac{1}{256} - \frac{1}{16}$
		الطين	$< \frac{1}{256}$

## (2) الصخور الرسوبية الكيماوية Chemical Sedimentary Rocks:

تكونت من التجوية الكيماوية للصخور والترسيب بعد النقل من المياه نتيجة ازدياد التركيز او بالتبخر. ويكون حوالي 15% من سطح الارض.  
\* يتم تمييز الانواع المختلفة منها بواسطة:

1- التركيب الكيماوي والشوائب ان وجدت.

2- المعالم الخارجية: اللعان والتكسر والصلادة واللون والشفافية.

3- التفاعل مع حامض الهيدروكلوريك المخفف

**الحجر الجيري Limestone:** يتكون من  $CaCO_3$  ويؤلف 10% من الصخور الرسوبية

على سطح الارض ومن انواعه (يتفاعل مع حامض HCL المخفف):

أ- الحجر الجيري الاعتيادي Limestone

ب- الحجر الجير الفتاتي Detrital Limestone: مع حبيبات رملية او طينية.

ج- الكوكينا Coquina تجمع متحجرات باكثر من 70%.

د - الترافرتين Travertine: يكون حاد المكسر يتكون في الكهوف.

هـ حجر جيري او وليتي Oolitic Limestone: يحتوي اشكال مستديرة متمركزة

التخطيط.

**الدولومايت Dolomites:** يتكون من  $CaMg(CO_3)$  ويكون صلد عادة يتفاعل

مسحوق الصخرة فقط مع حامض HCl المخفف.

**حجر الصوان Chert:** ويتكون من  $SiO_2$  مترسباً في المياه البحرية العميقة على

الاغلب ومن اشكاله:

أ- الفلنت Flint: ويكون مع شوائب مواد عضوية.

ب- الجاسبر Jasper: ويكون مع شوائب اكاسيد الحديد.

ج- الدايتومايت Diatomites: ويتكون بشكل روغات تكونت من تراكم هياكل

الراديوالاريا والرايوتوم السلكية في اعماق البحار.

**الملح الصخري Halite:** يتكون من NaCl ويكون ملح الطعام. يتكون بالتبخر من

المياه ويمكن تميزه بالشفافية والتذوق والذوبان السريع بالماء.

**الجبس Gypsum & Anhydrate:** ويتكون من  $CaSO_4$  للانهدرايت و

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$  للجبس. يتميز بعدم تفاعله مع حامض HCl والشفافية واللون الابيض

التصلب السريع بخلط مسحوق مع الماء والتعرض للهواء.

**(3) الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks:**

وتتكون نتيجة فعاليات الكائنات الحية بأمتصاص المعدن لداخله وتجميعه في صدفاتها او هياكلها،

ومن انواعها:

**الحجر الجيري العضوي Organic L.S.:** يتكون في الشعاب المرجانية او تجميع

صدفات حيوانات اللاقريات في المياه البحرية ويكون بتكوين  $CaCO_3$  في هياكل هذه

الحيوانات او يتكون بشكل روغات كلسية في اعماق البحار من تراكم هياكل الكائنات الوحيدة الخلية الكلسية التركيب.

**الفوسفات Phosphates:** ويكون بامتصاص الفسفور من ماء البحر في عظام وهياكل كائنات بحرية ثم التجميع والتركيز له بعد الترسيب ومن معاونه المتداخلة مع الحجر الجيري هو الابتايت Apatite ذو التركيب الكيميائي  $CaF(PO_4)_2$ .

**الفحم Coal:** ويتكون من تراكم المواد الخشبية النباتية ودفنها بمعزل عن الاوكسجين مع تزايد درجة الحرارة ويكون تركيبه الكيميائي الكربون (C) بالدرجة الرئيسية مع قليل من الاوكسجين والهيدروجين وربما النيتروجين كمكونات للبنته اصلاً. أما درجات تكونه بتزايد درجة الحرارة فهو

Peat → lignite → Bituminous → Anthracites

**الصخور السيليكية العضوية:** ومن امثلتها الروغات السلكية التي تتكون من تراكم هياكل كائنات مجهرية وحيدة الخلية في اعماق البحار مثل كائنات الراديولاريا والدايوتوم لتكوين صخور الدايتومايت Diatomites.

### **التراكيب الرسوبية Sedimentary Structures:**

انها الظواهر ضمن الصخور الرسوبية التي تكونت نتيجة العوامل الطبيعية والكيميائية التي تعمل خلال بيئة الترسيب.

#### **Layer, Strata, Bed الطبقة:**

والتي تمثل ترسيب نوع واحد من الصخور بامتداد افقي وسمك يتراوح بين المجموعة وحتى عشرات الامتار، ويمكن ان تتعاقب الطبقات لتفصل بينهم الاسطح الطبقة.

#### **Bedding plane السطح الطبقي:**

هو السطح الذي تنفصل عنده طبقة عن طبقة اخرى ويكون مستوي على الاغلب ويمكن تمييزه بالتغير في نوعية الصخور.

**Graded bedding التدرج الطبقي:** هو تناقص حجم الحبيبات بالاتجاه العلوي في نفس الطبقة الصخرية، وتتكون من التيارات المائية الكدرخ تحت المنحدرات في اعماق البحار على الاغلب او ربما من الفيضان النهري. مرتسم

#### **Ripple marks علامات النيم:**

هو السطح الطبقي المتعرج الذي تكون بواسطة جريان التيارات المدية خلال قاع المياه الرملية او هبوب على كثبان رملية.

### Mud cracks التشققات الطينية:

وتتكون عند سطح طبقة الطين عند تعرضها للرطوبة في المياه والجفاف تحت الشمس، ان الجفاف يسبب الشقق والتكسر، مؤشراً لدلالات بيئات سواحل البحيرات المدية، الطوفان النهري ، الحوض الصحراوي.

### Cross bedding الطباقية الغازية:

هي الطبقات العالية الزاوية مع الافق ومؤشرة لدلالة بيئة الدلتا او الكثبان الرملية.

### Rain Prints طبقات المطر:

وتتكون بشكل ثقوب على سطح الترسيب بواسطة امطار شديدة وتظهر على سطح الطبقة.

### Fossils المتحجرات:

هي أدلة او بقايا الحياة القديمة في الصخرة وتشمل اشكال المتحجرات وخاصة اجزائها الصلبة او حسب طريقة حفظها.

### Trace fossils آثار المتحجرات:

وتشمل الطبقات المتكونة من حركة الكائنات على سطح الترسيب او داخله او الاستقرار عند سطح الترسيب.

**الصخور المتحولة Metamorphic**

يكون تكوين الصخور المتحولة بعوامل تزايد درجة الحرارة والضغط وفعل المذيبات على الصخور الرسوبية والنارية لاجراء عملية التحول

تحول = Change = Meta

اشتقاقاً من اللغة الاغريقية

شكل = Shape = Morpho

الحرارة: بتأثير من الصهير المتداخل بين الصخور

الضغط : من ثقل الطبقات الدافنة

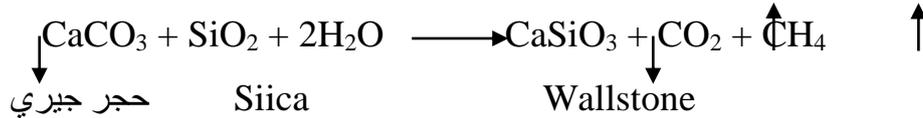
السوائل: المحصورة في الصخور الرسوبية الو المكتسبة

عوامل التحول

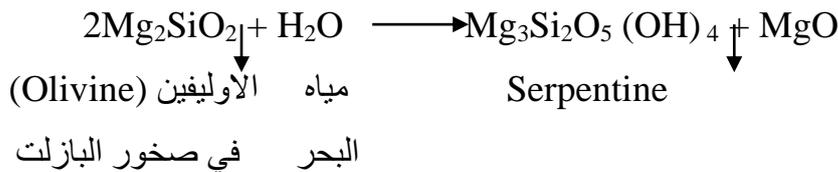
تحدث جميع هذه العمليات تحت سطح الارض مع بقاء الصخرة في حالتها الصلبة بتغيير في المكونات المعدنية وازدياد التبلور، ومن امثلتها صخور الدرع (Shield).

**عمليات التحول Types of Metamorphism**

(1) التحول المتجاور contact metamorphism: او ما يطلق عليها التحول الحراري، ويكون بتأثير عالي لدرجة الحرارة وتأثير قليل للضغط، لذلك تكون الصخور من هذا النوع غير تورقة (Non foliated) النسيج.  
من أمثلة هذا التحول مع وجود المياه والحرارة العالية تحول الحجر الجيري المجاور للصهير الى الولاستون.



(4) التحول التفاعلي مع المياه Hydrothermal solution: والتي تكون بتفاعل الصخور المحيطة لتكوين مواد جديدة مثل تموين الرصاص في صخرة البورنايت (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>) Bornite او الحديد في صخرة الماكناتاييت (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) والهيمايت (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).  
المثال الاخر



**Textures of Metamorphic Rock** نسيج الصخور المتحولة

- (1) التورق **Foliation**: هو انتظام البلورات المعدنية افقياً وبالتوازي مع بعضها بفعل الضغط العالي المسلط عليها كما هو في معادن المايكا والهورنبلند (مجهرياً). في صخور السليت (state) والفيالايت (Phylite) الذي يكون تورقها رقيقاً.
- (2) الشستوسي **Schistosity**: ويكون بتزايد درجة الحرارة والضغط على الصخور المتورقة لتزيد من حجم بلورتها ليتمكن تمييزها بعدسة بسيطة).
- (3) النيسي **Gneissos**: ويكون بتزايد درجة الحرارة والضغط على صخور الكرانائيت (Granite) والدايورائيت (Diorite) لتكوين تناسق منتظم متوازي من بلورات داكنة وفاتحة يمكن تمييزها بالعين المجردة.
- (4) غير المتورق **Non foliated**: ويكون بتزايد الحرارة دون الضغط لتزيد من حجم بلورات الكالسائيت لتكوين المرمر .

Marble (مرمر) —→ L.S (حجر جيرى)

Quartzite (كوارتزائيت) —→ S.S (حجر رملي)

**Common Metamorphic rocks** الصخور المتحولة الشائعة

(1) الصخور المتحولة المتورقة **Foliated**:

أ- **Slate** السليت: يتكون بشكل طبقات دقيقة جداً لا يمكن تمييز معادنها الا بواسطة المجهر. تكونت من الطين او الرذاذ البركاني مع عمليات التحول الاقليمي.

ب- **Schist** الشيست: نفس السلت مع انضغاط اكثر وحرارة اكثر لتكوين طبقات متوازية من معادن الكوراتز والفلدسبار متوازية مع معادن المايكا والكرافايت والكلورائيت والطباشير والتي يمكن تمييزها بعدسة بسيطة.

ج- **Gneiss** النيس: يتكون بشكل بلورات مرتبة طباقياً من معادن الكوراتز والفلدسبار الفاتحة اللون مع المايكا والهورنبلند الداكنة اللون والتي يمكن تمييزها بالعين المجردة.

تكون مراحل التحول من الصخور الرسوبية او النارية كما يأتي:

Clay shale → Slate → Schist → Gneiss

Sandston Granite → Gneiss

(2) الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated:

أ- الكوارتزيت Quartzite: تحتوي بلورات الكوارتز الصلبة بحجوم كبيرة تكون من

الحجر الرملي الكوارتزي بفعل التزايد العالي للحرارة

وبدون وجود التطبق.

ب- المرمر Marble: ويدعى الرخام ايضاً يحتوي بلورات الكلس الصلبة بحجوم كبير

متلاصقة مع وجود الشوائب التي تعطيها الالوان المختلفة. تكونت

من الحجر الجيري المتبلور بفعل التزايد العالي للحرارة.

ج- الانثراسايت (Anthracite) والكرافايت (Graphite): الذين يتكونان من تبلور

الكاربون بتزايد درجة الحرارة بدون وجود الاوكسجين مكوناً اشكالاً للفحم

الحجري.

## الجيولوجيا التركيبية Structural Geology

يبحث هذا العلم ترتيب طبقات القشرة الارضية واشكالها، والتي تتكون نتيجة عدم استقرار باطن الارض واندفاع الصهير الارضي في تشققات حدود الصفائح المتحركة او التي تحركت خلال الزمن الارضي، يظهر ذلك جلياً في المناطق الجبلية حيث يوجد اندفاع للصفائح نحو بعضها.

ان افضل الامثلة لذلك الجبال المرتفعة مثل جبال الهيمالايا والالب وزكروس والذين تكونوا بفعل ارتطام الصفائح المندفعة نحو بعضها وتكوين الحركات الارضية الضخمة وكما يأتي:

1- تكونت جبال الهيمالايا نتيجة ارتطام الصفيحة الهندية مع الاسيوية بعد انفصال الاولى من القارة القطبية الجنوبية وتحركها بالاتجاه الشمالي الشرقي ليرتطم خلال المايوسين قبل 24 مليون سنة.

2- تكونت جبال زاكروس وطوروس نتيجة اندفاع الصفيحة العربية باتجاه شمال شرق والارتطام بالصفيحة الايرانية ابتدئت منذ العصر الكريتايسي ليرتطم خلال المايوسين قبل 24 مليون سنة.

تكونت من تلك الحركات الارضية التراكيب الثانوية للصخور عامة وتظهر واضحة في الصخور الرسوبية بشكل الطيات (folds) والفوالق (faults) والفواصل (Joints). تكون قوى حركة الصفائح هي المؤثرة في تكوين هذه التراكيب، اذ ان القوى المتقابلة بنفس المنطقة البانية للجبال تؤدي الى تكوين الطيات في حالة كون الطبقات اكثر لدانة وتكوين للفوالق (مع حركة على سطح التكرس) في حالة الزيادة في الجهد لاكثر من طاقة تحمل الصخور وكون الطبقات الصخرية اكثر هشاشة. اما في حالة كون قوى التأثير تتباعد الواحدة عن الاخرى فأنها تؤدي لتكوين الفوالق الخسفية والمتهضبة دون اكوين الطيات. وتؤدي القوى المتعاكسة بنفس المنطقة الى التواء الطبقات لتكوين الطيات وانكسارها لتكوين فوالق الزحف المضربي.

ولقياس اتجاهات وانحدارات هذه التراكيب الطبقيه، فيتم اللجوء الى استعمال مقياس الانحدار (dip meter) لقياس انحدار الطبقة او سطح الفالق واستعمال البوصلة (compass) لقياس الاتجاهات الافقية الجغرافية وكما يأتيك

أ- **اتجاه سطح الطبقة Strike**: ويمثل تقاطع مستوى سطح الماء (الافقي) مع سطح الطية، ويقاس عادة بالبوصلة.

ب- **انحدار الطبقة (dip)**: ويمثل انحدار الطبقة الذي يقاس مع الخط العمودي على اتجاه الطبقة، أما الخط غير العمودي فانه يمثل القياس الظاهري غير الحقيقي.

**الطيّات Folds:**

هي الانحناءات المتكونة في الطبقات الصخرية نتيجة قوى الانضغاط او القوة الدافعة والمتسببه في تقصير المساحة المكانية للطبقة والظاهرة على سطح الارض في العمليات البانية للجبال. ويمكن تصنيف الطيات اعتماداً على شكل الانحناء وامتداداتها المكانية الى:

أ- **الطية المحدبة Anticline**: هو الطي في الصخور الرسوبية الذي يشابه الطاق او التقوس الى الاعلى.

ب- **الطية المقعرة Syncline**: هو التقوس الى الاسفل في طبقات الصخور الرسوبية. ويمكن ان يكون اسلوب الطي بأحد حالات الطي، فتكون الطية متناظرة في حالة تساوي انحدار طرفي الطية، وطية غير متناظرة في حالة اختلاف انحدار طرفي الطية، وطية مقلوبة في حالة اندفاع شديدة للطلية يؤدي الى قلب سطح الطبقة العلوي الى سطح سفلي وكما هو موضح في المرسوم ادناه.

ج- **الطية الغاطسة Plunging**: ويكون بتضائل حجم الطية في الامتداد الجغرافي بمحور نحو الارض. وتكون الطية الغاطسة احد حالتين هما الطية الغاطسة المحدبة او الطية الغاطسة المقعرة.

د - **القبة Dome**: التقوس الى الاعلى بشكل تركيب نصف كروي.

هـ- **الحوض Basin**: التقوس التركيبي للطبقات الى الاسفل مع طية غاطسة.

و - **الطية المضطجة Overtured fold**: يكون فيها المستوى المحوري للطية قريب للافقي ويسمى نطاق الناب (Nap zone).

ز - **الطية الزاوية Chevron**: طيات تكون حادة الزوايا.

ح - **الطية المروحية Fan fold**: طيات تكون مروحية الزوايا ويكون طرفاً الطية مقلوبات.

ط - **الطيّات المركبة Composite folds**: نشوء طيات صغيرة ضمن الطية الكبيرة تدعى الطية الثانوية الصغيرة (anticlinorium).

**الفوالق Faults:**

انها تكسرات في صخور القشرة الارضية بشكل سطوح تحركت عليها الكتل الصخرية. ويمكن تقسيم الفوالق اعتماداً على طبيعة الحركة كونها افقية او عمودية او مائلة عند سطح الفالق.

(1) **فوالق الزحف الانحداري Dip- slip faults**: تحدث فيه حركة عمودية في اتجاه الانحدار او ميل سطح الفالق.

أ- **الفالق الاعتيادي Normal fault**: تتحرك فيه الطبقات الصخرية الى الاسفل نسبة لصخور تحت سطح الفالق.

ب- **الفالق التعاكس Reverse fault**: تتحرك فيه الطبقات الصخرية الى الاعلى نسبة لصخور تحت سطح الفالق.

ج- **الفالق الاندفاعي Thrust fault**: انه فالق متعاكس تكون فيه زاوية انحدار سطح الفالق قليلة جدا ( 20 درجة).

رسم

(2) **فوالق الزحف المضربي Strike-slip faults**: تحدث فيه الحركة أفقية باتجاه المضرب (strike) على سطح الفالق.

أ- الفالق التحولي Transform fault: هو زحف الطبقات العمودية الانحدار على سطح الفالق بالاتجاه الافقي مثل الصخور النارية القاطعة (dike). من أمثلة هذه الفوالق هي فوالق وسط المحيطات عند مرتفعات وسط المحيطات.

ب- فالق سانت أندريوس St. Andrews: يثل الزحف الافقي للكتل الصخرية بما فيها الطبقة الرسوبية القليلة الانحدار. مرتسم

(3) **فوالق الزحف المنحرف Oblique- slop faults**: تحدث فيه الحركة بالاتجاهين الافقي والعمودي بنفس الوقت. مرتسم

(4) **الفوالق المتحركة Faults in motion**: تمثل استمرار السد في سطح الارض مكوناً عدة فوالق اعتيادية بنتج منها:

أ- **الفوالق المتهضبة Horst fault**: المرتفع المحاط بفالقين اعتياديين يتجهان الى الاسفل.

ب- **الفوالق الخسفية Graben fault**: كتلة الارض التي تنخسف (تتحرك) الى الاسفل بفعل فالقين اعتياديين من الجانبين.

ج- **الفوالق الارضية Step faults**: تمثل تعاقبات انخفاض الارض المستمر مع استمرار الشد من اتجاه واحد.

### **الفواصل Joints**

انها تكسرات في صخور القشرة الارضية لا تحدث على سطوحها حركة ويمكن تحديد اتجاه القوى المؤثره على الصخور من خلال قياس اتجاه الفواصل. تكون هذه الفواصل في

الصخور الرسوبية باتجاه مضرب الطبقة (Strike joints) او مع اتجاه الانحدار وتدعى (dip joints). أما في الصخور النارية فتكون موازية لانسياب الصخر (Faulting) او متعامدة على أنسياب الصخر (Cross joints) او طولية (Longitudinal joints). وبصور عامة تقسم اعتماداً على طبيعة الشد الى:

- (1) **الفواصل الشدية Tension joints**: التي تؤثر بها قوتين من طرفيها تبتعد الوادة عن الاخرى بالاتجاه.
- (2) **فواصل الانضغاط Compression joints**: التي تؤثر بها قوتين باتجاه بعضهما البعض.
- (3) **فواصل قص Shear joints**: يكون اتجاه الشد موازي للفواصل.

### المياه الجوفية

تمثل المياه الجوفية ضمن القشرة الارضية والتي تكون 300 مرة اكثر من المياه السطحية التي تشمل مياه الانهار والبحيرات والبحار والمحيطات. وتكون مصادر هذه المياه هو الامطار (Meteoric) والمياه الخلفية (connate) المحصورة من قبل الاف السنين والمياه الحديثة التكوين ، المياه المعدنية ، الصهير ، البركانية ، الكونية والمياه المتكونة من انضغاط الصخور والتحول.

**توزيع المياه الجوفية**: تدخل المياه المتساقطة لداخل الارض وتجري كمرشحات لتدعى بمصطلح المياه الجوفية (Groundwater).

**نطاق التشبع**: تشمل كل الفراغات والفضاءات في الترسبات والصخور تمتلئ بالمياه. تكون الصخور عالية المسامية بصورة عامة.

**نطاق التهوية**: هي الترسبات والتربة والصخور فوق نطاق التشبع مستوى المياه (water table)، الحدود العلوية للمياه في نطاق التشبع. انها تكون مهمة في 1- توقيع انتاجية البئر، 2- الجريان من الينبوع والنهر، 3- تغيرات مستوى البحيرة. تكون العلاقة بين مستوى المياه والنهر كما يأتي في الرسم.

المياه الجوفية الحارة: والتي المياه الحارة المتدفقة من اعماق الارض حسب احد الحالات التالية وتكون على الاغلب مياه معدنية.

(1) **الينابيع الحارة Hot springs**: وتكون بدرجات حرارة 6-9 م° اكبر من معدل درجة

حرارة الهواء. تتاتي الحرارة من ولوج المياه الجوفية عمقاً بالارض لنتزايد بمقدار

2 م<sup>2</sup>/100 متر تم تجبر بالاندفاع الى السطح بشكل ينابيع حارة، ومن امثلتها حمام العليل في شمال العراق الذي يحتوي على الكبريت المذاب

(2) **الكيزرات Geysers:** انها المياه الحارة التي تندفع الى 60 متر علواً مثل الحجر الاصفر في المتنزه الوطني الامريكي وفي ايوزيلاند رايزلاند الذي يتدفق دورياً كل ساعة وربما يتحول الى البخار عند السطح لكونه منضغط داخلاً ويحتوي مواداً مذابة تترسب حول تقاطعها مع السطح مثل صخور الكيزرايت (SiO<sub>2</sub>) والترافرتاين (CaCO<sub>3</sub>) وبعضاً من الكبريت تستعمل مثل هذه المياه لتوليد الطاقة والتدفئة البيوت.

**الفجوات والمغارات والكارست Caverns & Karst:** وتتكون هذه الحالات من تدفق المياه الحارة في الصخور الرسوبية وبالاخص الحجر الجيري لاذابة اجزاء منه خلال الاسطح الضعيفة وتكوين المغارات (Caves) والتضاريس (Karst). ربما تجري المياه المعدنية في الانهار لتزيد معدنياتها او تؤدي لتكوين الستلاكتايت والستالاكمايت في الكهوف او تكوين التضاريس المتعرجة التي تدعى الكارست او مليئة بالانحسافات (Sinkholes).

**الينابيع Springs:** وتمثل جريان المياه من نطاق التشبع الى خارج سطح الارض ضمن طبقات عالية المسامية والنفاذية ومحصورة بين طبقات عديمة النفاذية والمسامية.

**الآبار Wells:** وتكون بحفر الارض بواسطة معدات للحفر لاستعمال للمياه في سقي المزروعات. مرتسم

**الآبار الارتوازية Artesian:** هي صعود المياه الى مستوى ضغط المياه من طبقة حاملة للمياه (Aquifer) ومحصورة بين طبقتين غير نافذتين، ويكون تزويد المياه بالامطار مستمراً. ربما يأتي تلوث للمياه الجوفية من مجاري القاذورات بفعل البشر او من ازدياد للملوحة من اذابة بعض المعادن في مجرى المياه الجوفية.

## علم المتحجرات

### ما هي المتحجرات ( أو الأحافير)؟

**المتحجر (Fossil):** هو عبارة عن بقايا او اثار الحيوانات او النباتات التي حفظت بواسطة اسباب طبيعية على سطح القشرة الارضية ومصطلح Fossil يشير الى كل ما هو موجود او مدفون في الارض بصورة عامة ، لذا فان الاحياء التي تعيش حاليا لا يمكن اعتبارها متحجرات عندما تموت وتدفن لان معظم علماء المتحجرات يعزون تصنيف المتحجرات على انها الكائنات التي دفنت في ازمان معينة.

### ماهي شروط حفظ المتحجرات؟

1. وجود اجزاء صلبة مثل العظام والاصداف والنسيج الصوفي
2. سرعة الطمر مع انتقال بسيط للكائنات من موقع موتها وليس مسافة طويلة وهذا يقع تحت علم Taphonomy وهو علم متخصص بماذا حصل للكائن الميت من زمن موته الى حين اكتشافه
3. الدفن في الترسبات الناعمة مثل الطين والغرين والرمل
4. حركة قليلة لفعالية البكتريا على بقايا الحيوانات والنباتات بعد موتها وعليه عدم حصول التحلل السريع
5. مستوى ثابت من درجة الحرارة والرطوبة
6. عملية دوران المياه الجوفية حاملا المعادن الذائبة لتثبيت المكونات الكيميائية.

### انواع الحفظ :

- 1- حفظ الاجزاء الرخوة : اذا منعت البكتريا من مهاجمه الكائنات بعد موتها فان اجزائها الطرية بالاضافة الى تراكيبها الهيكلية سوف تحفظ
  - الحفظ بواسطة التجميد Freezing وافضل مثال لهذا الحفظ هو العثور على الجثث الكاملة لحيوان الماموث ووحيديات القرن Rhinoceroses في تندرا سيبيريا
  - الحفظ بواسطة الجفاف مثال لهذا الحفظ هو المومياءات التي حفظت في اجواء صحراوية جافة جدا وقد حفظت اجزائها الطرية بصورة جيدة
  - الحفظ بواسطة الاصماغ Resins والكهرمان Amber وقد حفظت بعض الحشرات و اجزاء من النباتات بهذه الطريقة، علما ان الاجزاء تحفظ بهذه الطريقة (شكل 1)



شكل (1)

- السوائل النفطية Petroleum oils والاسفلت Asphalt وقد حفظ ديناصور متكامل في مستنقع اسفلتي في امريكا الشمالية.
- من الجدير بالذكر ان طرق حفظ الاجزاء الرخوة تتضمن ايضا الاجزاء الصلبة في المتحجرات أي ليست مقتصرة على الاجزاء الرخوة فقط.
- 2- حفظ الأجزاء الصلبة: معظم اللافقرات تملك أجزاء صلبة متكونة من كاربونات الكالسيوم وسيلكة ومكونات عضوية معقدة او خليط من تلك المواد، يتواجد كاربونات الكالسيوم على شكل معدني الكالسايت والاراكونايت وبعض الأصداف تمتلك كلا المعدنين اما السيلكة فهي تتواجد على شكل غير متبلور او متمياً مثل الوبال Opal وهذه المواد عادة ما تكون غير نقية تدخل ضمنها عناصر مختلفة مثل المغنيسيوم والسترونتيوم والمنغنيز والحديد والكبريت، واهم طرق حفظ الاجزاء الصلبة هي:
- التكرين Carbonization هو عملية تكربن الانسجة النباتية مثل الكرابتيولايت وبعض الحيوانات مثل المفصليات والاسماك ويحصل نتيجة تطاير مكوناتها من الهايدروجين والاكسجين والنايتروجين وهي محتوياتها الاصلية وبالتالي سوف يتركز الكربون على شكل طبقة رقيقة تعكس الشكل العام للكائن المتحلل (شكل 2).



- التصخر Petrification عادة ما تحتوي الأصداف والعظام على مسام عديدة والتي تكون مرصوفة بصورة كبيرة وبالتالي فسوف تترسب بعض المعادن القادمة من المياه الجوفية داخل المسام وبالتالي تعطي صورة مماثلة للكائن بعد تحلله، وتسمى هذه العملية ايضا بـ Premineralized (شكل 3).



- إعادة التبلور Recrystalization التركيب الداخلي لبعض الأصداف يتغير نتيجة المحاليل الكيميائية وإعادة التبلور. بشكل عام المواد الجزيئية تترسب على شكل بلورات متراكمة عادة ما يفقد التركيب الدقيق الاصلي لأي صدفة بهذه الطريقة وتتحول الصدفة الى بلورت موزائكية مرصوفة عادة ما تحتفظ بالتركيب المعدني الاصلي في هذا العملية، فمثلا الفوراميفيرا جدارها كلسي ليفي يتحول الى جدار غير ليفي من حبيبات الكالسايت وقد يتغير المعدن الواحد الى اخر ولكن مختلف في التركيب الجزيئي .

- ازالة الماء من المركب الكيميائي Dehydrated هناك كميات كبيرة من الهياكل من مواد غير متبلورة تكون مغطاة بواسطة البدائيات والاسفنجيات فمثلا الاوبال غير مستقر يميل الى فقدان الماء بعد التبلور الى معدن الكالسيدوني او الكوارتز. معظم المتحجرات السيلكية المكتشفة تتالف من الكالسيدوني و الكوارتز مثل بعض الاجسام المعقدة مجهريا مثل الراديولاريا وغيرها فان تركيبها الاصلي يتحطم جزئيا.

### نتائج التحجر

- القالب Mold تترك الأجزاء الصلبة للكائنات الحية ( الهياكل والاصداغ) آثارها في الترسبات التي حولها بعد تحلل الهياكل او الجزء الصلب فأثره المتكون بهذه الصورة يسمى القالب ويطلق على القالب الذي يعكس الشكل الخارجي للكائن الحي بالقالب الخارجي External mold ويسمى القالب الذي يعكس الشكل الداخلي للحيوان بالقالب الداخلي Internal mold ويتكون نتيجة امتلاء الاجزاء الداخلية للاقسام الصلبة من جسم الحيوان بعد تفسخ الاجزاء الرخوة ومن ثم تتحلل الاجزاء الداخلية الصلبة تاركة قالب الاجزاء الداخلية ويسمى ايضا Steinkern. (شكل 4)



- الطابع Cost هو الشكل الذي يعكس الصورة الاصلية للكائن الحي ، يتكون نتيجة لامتلاء القوالب بالمواد الرسوبية او المعدنية. فبعد ذوبان البقايا الصلبة للكائنات الحية والمطمورة في الترسبات فان الفراغ الذي يتخلف والمحصور بين القالب الخارجي والداخلي والذي يعرف ايضا بالقالب الطبيعي Natural mold يمتلئ بالمواد المعدنية مكوناً الطابع وهو صورة اصلية لذلك الجزء الصلب من الكائن الحي ، وفي هذه الحالة فان الطابع يعكس الصورة الداخلية (شكل 5) والخارجية (شكل 6) لذلك الجزء من الحيوان.



شكل (5) الطابع الداخلي لاجناس  
الفاسقدييات ويظهر انتعشق الداخلي للصدفتين،  
عمر الكريتاسي



شكل (6) الطابع الخارجي لاجناس  
الفاسقدييات *protocardia*، عمر الكريتاسي