الخرائط

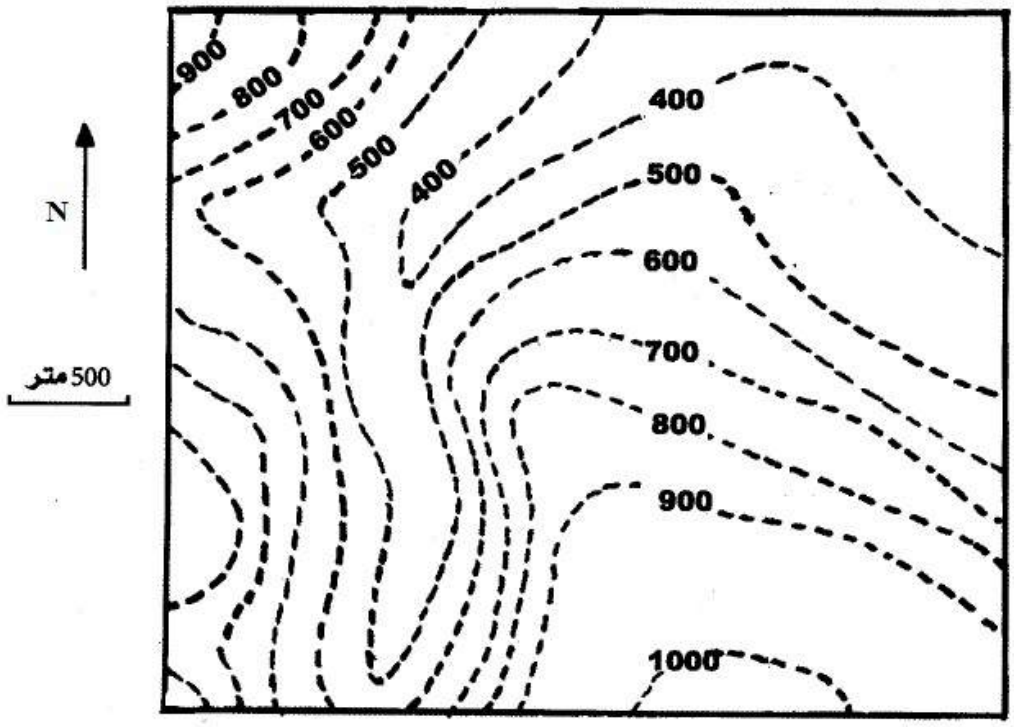
المقدمة :

تعتبر الخرائط الجيولوجية من اهم مجالات علوم الارض ، وتمثل الاساس في دراسة وتطبيقات علوم الارض مثل جيولوجيا النفط ، المياه الجوفية ، الجيولوجيا الهندسية وغيرها من العلوم الاخرى ذات العلاقة .

الخريطة : عبارة عن منظر فوقي مصغر لجزء من سطح الارض ذات بعدين تمثل فيه الابعاد والمسافات بمقياس رسم مناسب .ومنها يمكن التعرف على المسافات الفاصلة بين الاماكن المختلفة والاتجاهات .

الخرائط الطبوغرافية (الكنتورية):

الخارطة التي توضح الشكل الطبيعي لسطح الارض من تضاريس مختلفة على هئية مرتفعات ومنخفضات على شكل خطوط كنتورية توضح الارتفاع او الانخفاص بالنسبة الى مستوى معين وعادة يوخذ مستوى سطح البحر كمستوى مرجعي ويمثل ارتفاعة = صفر ، بالاضافة الى المظاهر الطبيعة الاخرى مثل الانهار البحيرات ، وكذلك تشمل وجود المظاهر المدنية (من عمل الانسان) مثل الطرق الرئسية وطرق السكك الحديدية ومواقع المدن والقرى الرئيسية ...الخ



الشكل (1) شكل يوضح الخارطة الكنتورية ،كل رقم يمثل ارتفاع معين مثلا 600 تعني انه في اي نقطة على هذا الخط يكون الارتفاع 600 م فوق مستوى سطح البحر وهكذا باقي الارقام .

العناصر المهمة للخرائط الكنتورية:

1- النقاط الطبوغرافية: وهي نقاط تمثل الارتفاعات المختلفة عن مستوى سطح البحر.

2- الخط الكنتوري: هو الخط الذي يصل بين النقاط الطبوغرافية المتساوية الارتفاع عن مستوى سطح البحر (Contour line) ولاتتقاطع الخطوط الكنتورية مع بعضها .

3- الفترة الكنتورية: هو الفرق العمودي في الارتفاع بين خطين متتاليين من خطوط الكنتور (Contour interval).

4- علو المنطقة (Relief): هو الفرق بين أعلى وأخفض نقطتين في المنطقة التي تمثلها الخريطة.

5- مقياس الرسم (scale): هو النسبة بين مسافة معينة على الخارطة وما يقابلها على الطبيعة حيث ترسم الخريطة وفقاً لمقياس معين معد مسبقاً.

6- تحديد اتجاه الشمال الجغرافي للخريطة الكنتورية وعادة يرمز له N من كلمة شمال north.

مميزات الخطوط الكنتورية:

1- لا تتقاطع مطلقاً لان كل خط يمثل منسوباً مختلفاً عن الآخر.

2- تتقارب فيما بينها عند المنحدرات الشديدة وتتباعد كلما قلت الانحدارات او الميل وذلك باعتماد فترة كنتورية ثابتة واذا كانت المسافات بين الخطوط متساوية يشير إلى وجود منحدر منتظم في المنطقة.

3- تظهر الخطوط الكنتورية على شكل الحرف V لتمثل الوديان حيث يشير رأس هذا الحرف إلى الجهة المرتفعة من الوادي (أعلى الوادي).

4- الخطوط تنغلق على شكل دوائر في المرتفعات التي تأخذ شكل القبب Doms حيث تكون أعلى قيمة للخط الكنتوري في أعلى القمة وتأخذ القيم بالانخفاض في حالة الابتعاد عن قمتها والعكس صحيح الذي يمثل المنخفضات Depression حيث تكون أقل قيمة للخط الكنتوري في أعلى القمة (وسط الرسم) وتأخذ القيم بالأرتفاع في حالة الابتعاد عن قمتها (او مركز) .

5- في حالة وجود تكرار في قيم بعض الخطوط فهذا يعني حدوث انعكاس في اتجاه الانحدار.

6- يجب ان تكون منحنيات خطوط الكنتور مقفلة أو منتهية عند حدود الخريطة.

طريقة رسم الخارطة الطوبوغرافية (الكنتورية):

يمكن عمل هذه الخارطة باتباع الخطوات الآتية:

1- تصوّر أولي لاتجاهات الزيادة والنقصان في قيم النقاط الطوبوغرافية من حيث أعلى قيمة للارتفاع وأدنى قيمة له, فالاتجاه العام للارتفاعات والانخفاضات ومواقعها بشكل عام ضمن الخارطة المعطاة.

2- اختر مجموعة متقاربة من النقاط المتساوية الارتفاع موصلاً بينها بخط كنتوري له قيمة تلك النقاط مع مراعاة كون هذا الخط رشيقاً سلساً غير متكسر ولا ينحني انحناءات مفاجئة.

3- ابدأ بالرسم من اطراف الخارطة.

4- يجب رسم الخارطة بالفاصل الكنتوري المطلوب, وتقسم المسافة بين كل نقطتين معلومتين إلى مسافات متساوية وحسب الفاصل الكنتوري المطلوب.

5- نرسم جميع الخطوط بحالة توازي لاي خط مع الخطوط المجاورة مع مراعاة ان تكون الخطوط ملساء Smooth وغير منكسرة ولا ينحني انحناءات مفاجئة وكل خط كنتوري يحمل قيمة معنية تقل او تزيد عن الخط الكنتوري الذي يليه.

مقياس الرسم:

هو النسبة بين مسافة معينة على الخارطة وما يقابلها على الطبيعة ويكتب بإحدى الأشكال التالية: فمثلاً:

1- 1 سم لكل 100 متر أي كل سنتمتر على الخارطة تساوي مائة متر على الطبيعة.

2- بشكل كسر (1/10000) كل وحدة واحدة على الخارطة يقابلها عشرة الاف وحدة مسافة على الطبيعة.

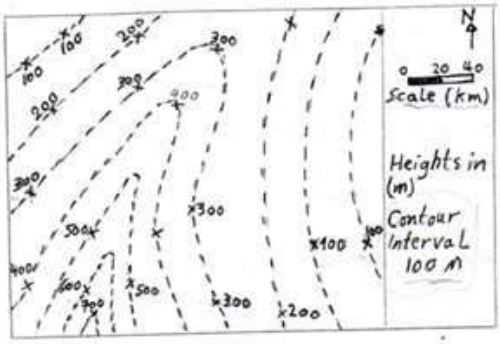
3- مقياس خطي في اسفل الخارطة مثبت عليه البعد الحقيقي لاي مسافة على الخارطة نسبة إلى مقياس الرسم المرسوم.

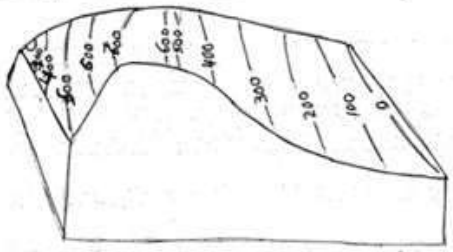
0

Scale

طريقة وصف طوبوغرافية المنطقة الممثلة بالخارطة:

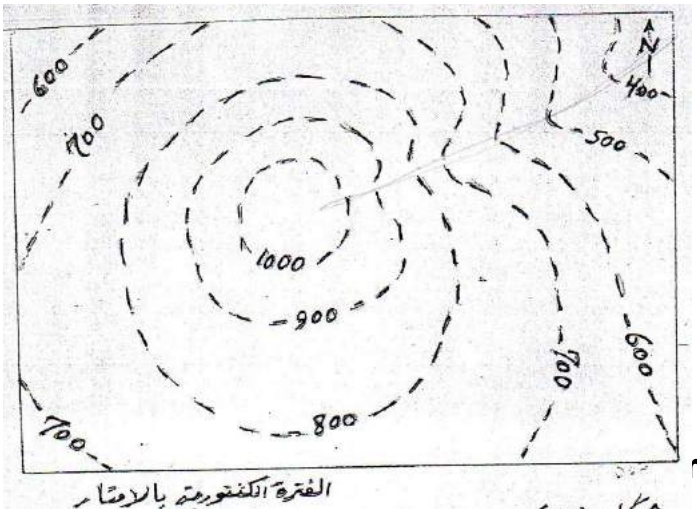
يلاحظ في الشكل (2) ان قيم الارتفاع تتراوح بين الصفر (مستوى سطح البحر) و700م فوق مستوى سطح البحر وان أعلى الارتفاعات تقع في الجهة الجنوبية الغربية في الخارطة منحدرة إلى الشمال والغرب والشرق أي ان هنالك مرتفعاً في الجنوب الغربي ينحدر في الاتجاهات الأخرى ليصل إلى مستوى حوالي 0 م في الاجزاء الشرقية من الخريطة .





(الشكل ٣)

في الشكل (3) فيمثل خارطة كنتورية يوجد في مركزها مرتفع ارتفاعه بحدود 1000م ينحدر منه وادي باتجاه الشمال الشرقي حيث تتخذ خطوط الكنتور هيئة حرف V يشير رأسه إلى الجهة المرتفعة ، ويعتبر اتجاه الشمال الجغرافي دائماً لأعلى الخريطة ومثبت عليها الفاصل الكنتوري (Contour interval) ومقياس الرسم للخريطة.



المقطع الجانبي (rofile

هو عملية تمثيل لسطح الأرض في المستوى العمودي على شكل رسم بياني يظهر فيه بوضوح شكل التضاريس الأرضية في المنطقة على امتداد خط مستقيم يخترق المنطقة في اتجاه معين. يرسم المقطع الجانبي على امتداد خط معين يحدد في الخارطة أو يتم اختياره لتوضيح الشكل الجانبي على امتداد ذلك الخط ويتم ذلك باتباع ما يأتي:

1- نأخذ ورق بياني لا يقل عن طول المقطع المراد رسمه وعرضها مناسب ويكفي لتدوين الارقام عليها.

2- نجعل احدى حافتي الورق البياني على امتداد المقطع المراد رسمه (ليكن AB مثلاً) ونحدد مواقع النقطتين A , B على الشريحة ثم نؤشر جميع مواقع تقاطعات الخطوط الكنتورية مع الشريحة مسجلاً قيمتها على الشريحة او الورق البياني.

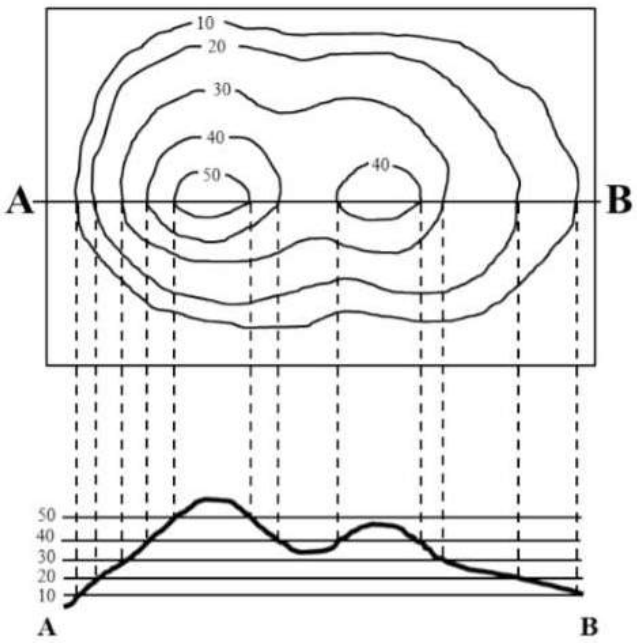
3- انقل الشريحة إلى الموقع الذي يراد رسم المقطع الجانبي عليه حيث يمثل المستقيم AB للمحور الافقي للمقطع.

4- نرسم عمودين على المستقيم AB وفي النقطتين A , B

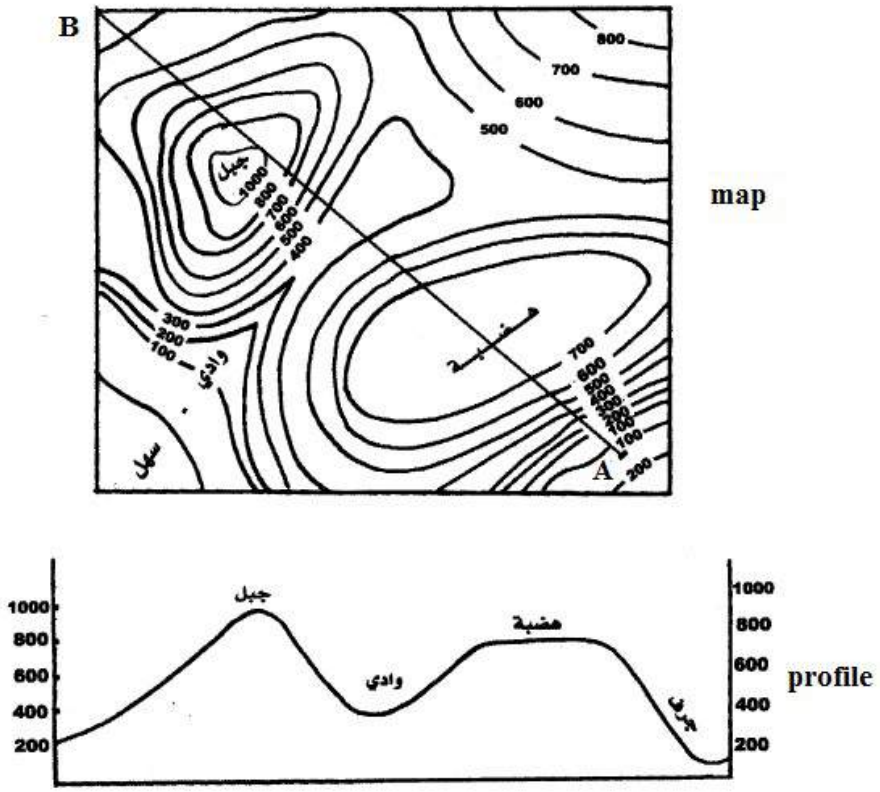
5- يقسم العمودين من جهتي اليمين واليسار إلى وحدات بموجب مقياس رسم مناسب.

6- تنقل قيم الارتفاعات من الشريحة او الورق البياني إلى ما يقابلها على العمودين.

7- توصل النقاط للحصول على المقطع الجانبي كما في الشكل رقم (4).



الشكل (4) يوضح خارطة كنتورية طبوغرافية ومقطع جانبي profile توضح وجود 2 من التلال ووادي بينهما .



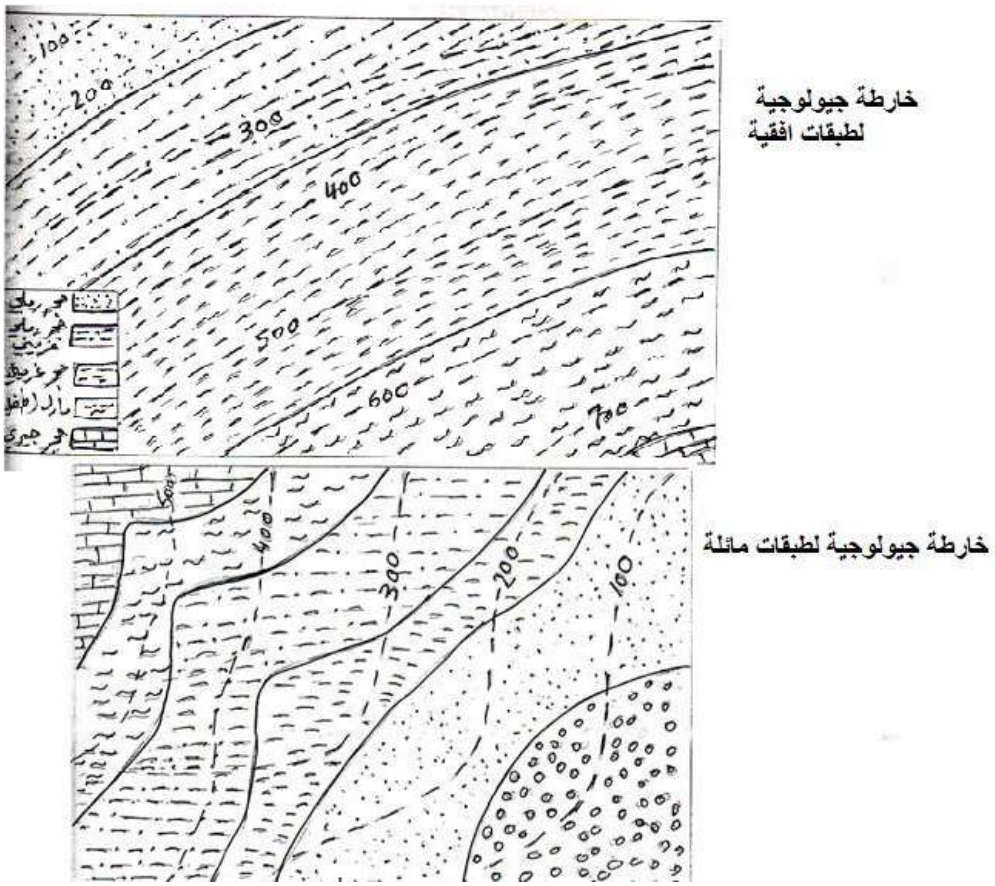
الشكل (5) خريطة كنتورية ومقطع جانبي

الخرائط الجيولوجية:

وهي تلك الخرائط التي تبين انواع الصخور في منطقة معينة واعمارها وعلاقتها ببعضها البعض بالاضافة إلى الخطوط الكنتورية فيها.

ان ابسط انواع الخرئط الجيولوجية هي الخرائط الجيولوجية للطبقات الصخرية الأفقية حيث يرسم مكان ظهور الطبقات الصخرية على الخارطة بحيث تكون الحدود الفاصلة فيما بينها منطبقة على الخطوط الكنتورية أو تقع بينها وموازية لها وبذلك يمكن تتبع مستوى هذا السطح ورسمه على الخارطة.

في حالة كون هذه الحدود لا تتقاطع مع الخطوط الكنتورية فإن هذا يعني ان الطبقات افقية. أما إذا كانت متقاطعة معها فتكون الطبقات مائلة. والشكل (6) يمثلان خارطتان جيولوجيتان لطبقات افقية ومائلة على التوالي.



الشكل (6)

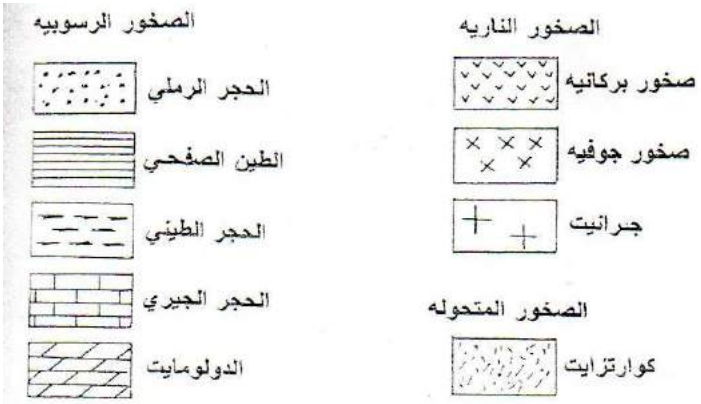
يرسم المقطع الجيولوجي الجانبي ليوضح تسلسل الطبقات على امتداد مستقيم معين ويوضح المقطع ايضاً سمك كل طبقة من الطبقات الموجودة على الخارطة الجيولوجية وميلها.

طريقة رسم المقطع الجيولوجي:

1- نرسم المقطع الجانبي (profile)
2- أشر الحدود الفاصلة بين الطبقات lithological contact على الخارطة.
3- أشر مساقط هذه الحدود على المنظر الجانبي (profile)
4- ضع العلامات الخاصة بكل نوع من انواع الصخور كما هو مثبت في مفتاح الخارطة.

دليل (مفتاح) الخريطة الجيولوجية Legend:

لكل خريطة دليل او يطلق عليه مفتاح الخريطة. وهو يمثل العمود الطبقي للصخور التي تتكون منها المنطقة التي تمثلها الخريطة الجيولوجية ومن الرموز او الاصطلاحات للتعبير عن انواع الصخور المتواجدة وخصائصها البنوية, كما في الشكل (7).



الشكل(7) بعض الرمز المستخدمة في الخرائط الجيولوجية

أهمية الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية

1- العلوم الجيولوجية: دراسة انواع الصخور وعلاقتها ببعضها البعض وظهورها واختفائها وسماكتها وميلها. وتحديد مواقع الحصول عليها واستكشافها .

2- العلوم الهندسية: تسهل عملية ايجاد مكان مناسب للمشاريع الهندسية كالسدود والخزانات والطرق والسكك الحديدية وخطوط الانابيب والري والقنوات والمشاريع الهندسية المختلفة.

3- العلوم الزراعية: تستخدم لايجاد الاماكن المناسبة للترب الزراعية ونوعها وطبيعة السطح الملائم للزراعة.

4- العلوم الجغرافية: توضح الطبيعة العامة لمنطقة من حيث التضاريس والظواهر الطبيعية وكذلك مواقع الطرق والمدن ونظم المعلومات الجغرافية GIS.

5- العلم الاقتصادية: عملية حساب كمية الاعمال الارضية وجدوتها الاقتصادية.

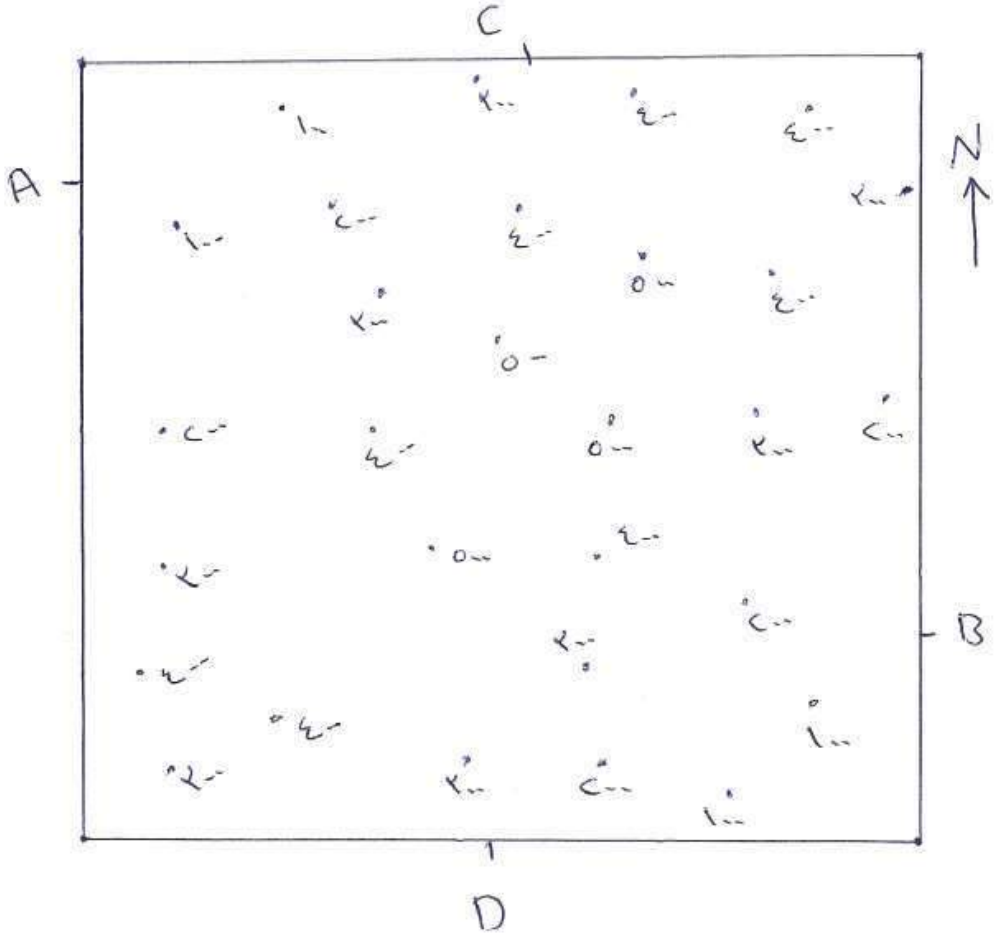
6- العلوم العسكرية: في بناء المعسكرات والمخابئ والانفاق وتحديد مسارات العجلات العسكرية .

المقطع الجانبي Profile

هو عبارة عن منظر جانبي يوضح تضاريس الارض في مستوي عمودي يمكن رسمه بيانياً على امتداد خط مستقيم معين .
ولغرض رسم المقطع الجانبي نتبع الخطوات التالية:

١- نأخذ ورقة مسودة لغرض تدوين بعض المعلومات.
٢- نجعل حافة الورقة المسودة مطابقة للمقطع الذي نروم رسمه وليكن AB .
٣- ننقل المعلومات من الخارطة الى الورقة المسودة وتشمل نقاط التقاطع للخطوط الكنتورية وقيمها مع المقطع AB .
٤- نرسم على ورقة جديدة محورين بيانيين افقي (س) وعمودي (ص).
٥- نقسم المحور ص بتقسيمات تتناسب مع الفترة الكنتورية للخارطة ولتكن سم لكل ١٠٠ متر.
٦- ننقل الملعومات التي حصلنا عليها في الخطوة رقم (٣) من الورقة المسودة الى المحور الافقي س.
٧- نقاطع النقاط في المحور السيني مع ما يناسبها من التقسيمات في المحور العمودي ص.
٨- نصل بين النقاط التي وضعناها في النقطة السابقة بواسطة خط منحني لنحصل على المقطع الجانبي .

تمرين: اكمل رسم الخارطة الطبوغرافية التالية وقم بما يلي:
١-ارسم المقطع الجانبي AB .
٢-ارسم المقطع الجانبي CD .

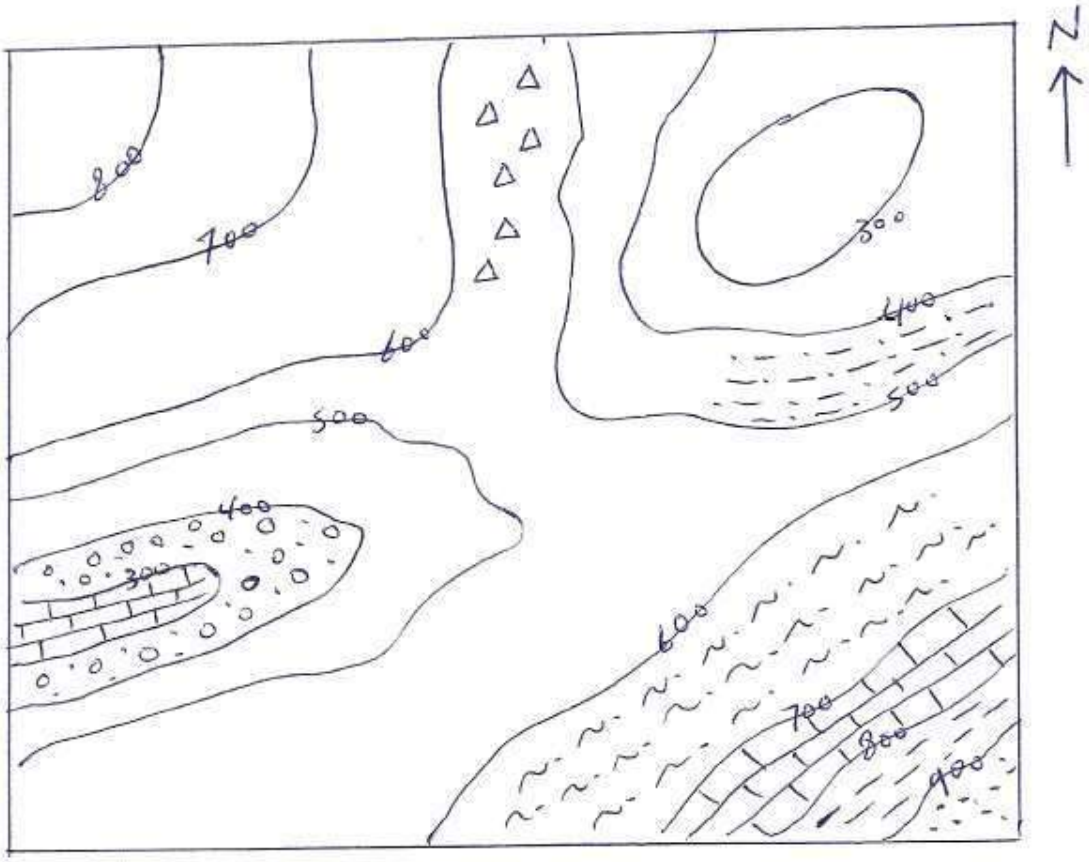


Scale =1000000

الخرائط الجيولوجية Geological maps

هي خرائط مكونة من مجموعة من الخطوط والرموز والمعلومات والتي توضح انواع الصخور وتوزيعها وحدود التكاوين الجيولوجية وبعضها يبين الصدوع والطيات ومقدار واتجاه الميل .
وهذه الخرائط على عدة انواع منها الخرائط الجيولوجية للطبقات الافقية او المائلة.

الخرائط الجيولوجية للطبقات الافقية: وهي عبارة عن خرائط تبين نوع وتوزيع الصخور المختلفة الانواع والحدود بين الطبقات وفي هذا النوع من الخرائط فان الخطوط الكنتورية لا تتقاطع مع حدود الطبقات والشكل التالي يبين خارطة لطبقات افقية غير مكتملة والمطلوب رسم الطبقات الافقية في جميع انحاء الخارطة.

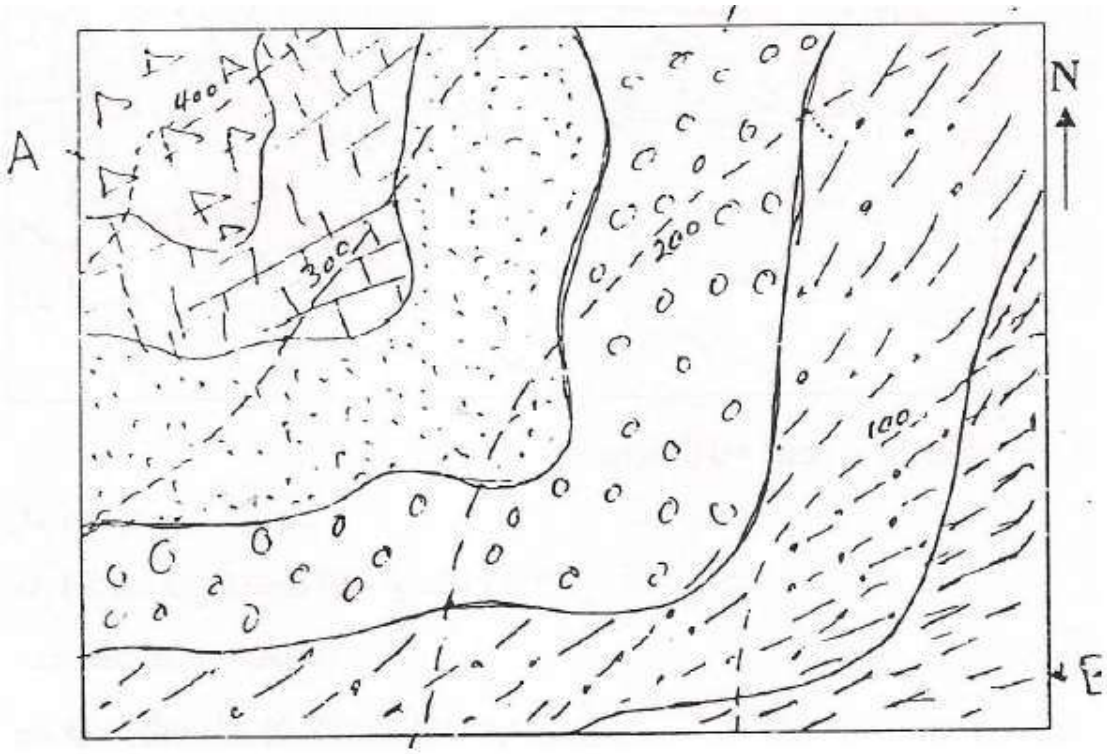


Scale 1 cm = 100 km

الخرائط الجيولوجية للطبقات المائلة

في هذا النوع من الخرائط فأن الخطوط الكنتورية تقطع الحدود الطبقية لان الطبقات مائلة عن الافق وان تقاطع الخط الكنتوري الواحد مع حد الطبقة في نقطتين يمثل خط مضرب الطبقة Strike line (مضرب الطبقة هو خط وهمي ناتج من تقاطع الطبقة المائلة مع الافق) ولخط المضرب اتجاه يوصف مع الشمال حسب درجة اتجاهه الى الشرق او الغرب فأذا كان لدينا خط مضرب احد الطبقات يتجه ٤٠ درجة شرقاً فيكتب كما يلي: N 40 E وهكذا يتم رسم عدد كبير من خطوط المضرب في الخريطة الواحدة ويحمل كل خط مضرب قيمة معينة تمثل قيمة الخط الكنتوري القاطع للطبقة المائلة وان الفرق بين قيمتي خطي مضرب متجاورين احدهما يمثل تقاطع الخط الكنتوري مع السطح العلوي للطبقة والاخر مع السطح السفلي للطبقة يمثل سمك الطبقة .

تمرين: تمعن في الخريطة التي امامك



المطلوب :

١-ارسم المقطع AB

٢-ارسم المقطع CD ،ثم قارن بين المقطعين .

٣-حاول التعرف على سمك الطبقات الصخرية الظاهرة في الخريطة.

علم البلورات Crystallography

هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة البلورات وأنواعها من حيث شكلها الخارجي وتركيبها الداخلي .

البلورة: هي جسم صلب على شكل هندسي محاط بأسطح مستوية منتظمة تسمى الأوجه البلورية Crystal Faces وتختلف حسب طبيعة لكل معدن, وتمثل البلورة انعكاساً للترتيب الذرات داخل للمعدن.

تتكون البلورات من تصلب المعادن في الحالة السائلة او حتى الغازية (اذ كان المعدن اصله ناري)، او نتيجة ترسيب كيمائي من المحاليل المائية (اذ كان المعدن اصله رسوبي). لكل معدن شكل بلوري خاص به ، يوجد معادن لها نفس التركيب الكيمائي مثل معدن الكالسايت والاركونايت وهو $CaCO_3$ ولكل لكل منها شكل بلوري مختلف ، والاختلاف في ترتيب المعدن يودي الى الاختلاف في صفاتة الخارجية ، الكالسايت النظام البلوري السداسي والاركونايت النظام البلوري المعيني .

عناصر البلورة أو صفات البلورة:

تمتلك البلورة العناصر أساسية التالية :

(1) **الوجه البلوري Crystal Face :** هو سطح مستو يحيط بالبلورة يحدد الشكل الخارجي للبلورة وله أشكال مختلفة حسب طبيعة كل بلورة. فقد تكون الأوجه مربعة أو مستطيلة أو مثلثة الشكل.

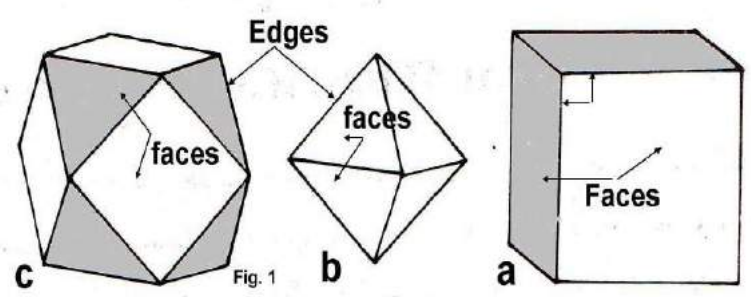


Fig. 1

(2) **الشكل البلوري Crystal Form :** وهو الشكل الناتج عن نمو أي معدن لتجمع ذراته بصورة طبيعية من الأشكال البلورية المكعب Cubeوالموشور Prism والابري وغيرها.

(3) **الحافة Edges** : هي الخطوط الناتجة من تقاطع وجهين بلوريين متجاورين في البلورة .

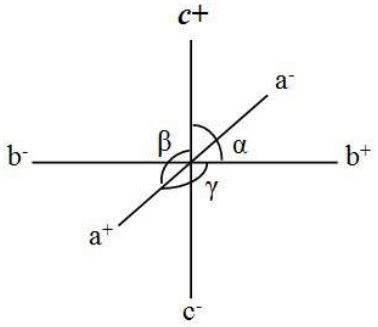
(4) الزاوية المجسمة Solid angle :هي الزاوية المتكونة من تقاطع ثلاثة أوجه أو أكثر من وجوه البلورة.

(5) **الزاوية بين الوجهية Inter Facial angle** : هي الزاوية المتكونة من التقاء وجهين متجاورين في البلورة .

(6) **المحاور البلورية:** وهي عبارة عن خطوط وهمية تتقاطع في مركز البلورة ، وتستعمل هذه المحاور لدراسة العلاقة بين الاوجة البلورية المختلفة، وعدد هذه المحاور ثلاثة في أغلب البلورات وأربعة في بعض الحالات ويرمز لها بحروف انكليزية (a, b, c) فالمحور (a) يمر بين منتصفات الوجهين الأمامي والخلفي, والمحور

(b) يمر بين منتصفات الوجهين الجانبيين, في حين يمر المحور الثالث (c) بين الوجهين العلوي والسفلي.

(7) **الزوايا البلورية axial angle :** هي الزوايا البلورية أو المحورية التي تتكون بين المحاور البلورية الثلاثة يطلق عليها الفا, بيتا, كاما (α, β, γ) .



المحاور البلورية والزوايا بين المحاور

(8) التماثل في البلورة Crystal Symmetry :
ان التركيب البلوري سيعكس نوعاً من التناظر (Symmetry) الذي يطلق عليها بعناصر التناظر (التماثل), وسيتم شرحها بعد التعرف على الأنظمة البلورية.

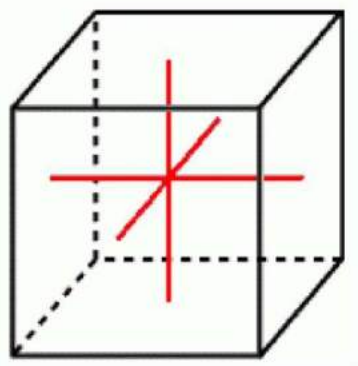
الأنظمة البلورية Crystal Systems :

استناداً إلى أطوال المحاور البلورية وعلاقة الزوايا المحصورة بينها تصنف البلورات إلى ستة أنظمة.

1- النظام المكعبي أو متساوي الأبعاد Cubic or Isometric System :

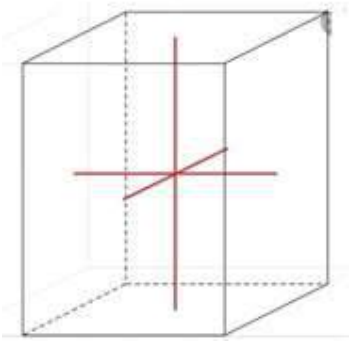
$$a = b = c$$
$$a \perp b \perp c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$$

ومن الامثلة على هذا النظام معدن الهالايت NaCl (ملح الطعام)



2- النظام الرباعي Tetragonal System :

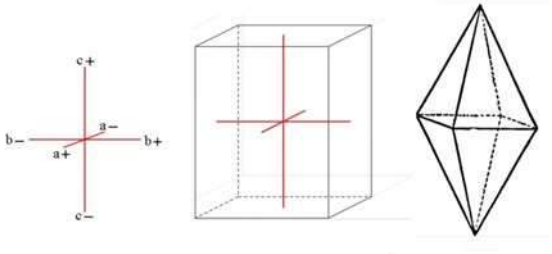
$$a = b \neq c$$
$$a \perp b \perp c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^{o}$$



ومن الامثلة عليه معدن الزركون
Zircon

3 - النظام المعيني القائم
Orthorhombic system :

$$a \neq b \neq c$$
$$a \perp b \perp c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^{o}$$

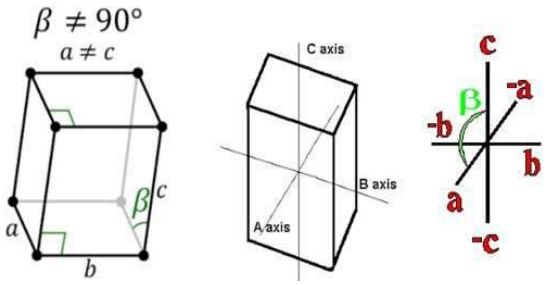


معدن الكبريت sulphur من الامثلة على هذا النظام

4- النظام أحادي الميل Monoclinic System :

$$a \neq b \neq c$$
$$a \perp b$$
$$b \perp c$$
$$a \not\perp c$$
$$\alpha = \gamma = 90^{o} \neq \beta > 90^{o}$$

مثل معدن الجبس gypsum



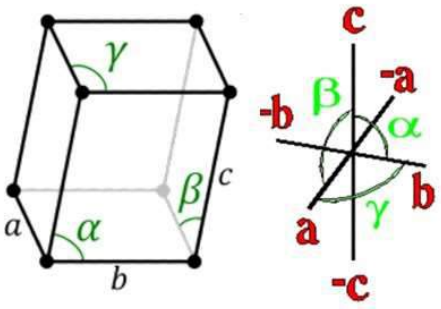
5- النظام ثلاثي الميل Triclinic System :

$a \neq b \neq c$

$a \not\perp b \not\perp c$

$\alpha \neq \beta \neq \gamma$

معدن الالبايت Albite



6-النظام السداسي Hexagonal System :

يختلف هذا النظام عن بقية الأنظمة بامتلاكه أربعة محاور بلورية بدلاً من ثلاثة

$a_1 \wedge a_2 = 120°$ $\quad a_1 = a_2 = a_3 \neq c$

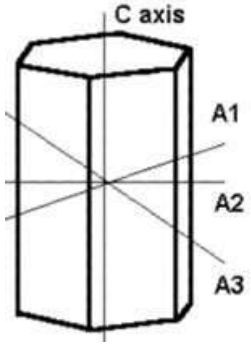
$a_2 \wedge a_3 = 120°$ $\quad a_1 \wedge a_2 \wedge a_3 \perp c$

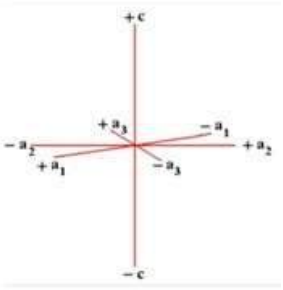
$a_3 \wedge a_1 = 120°$ $120°$ $\quad 120°$

$c \perp (a_1, a_2, a_3)$ $\quad \alpha = \beta = 90° \gamma = 120°$

تقع (a_1, a_2, a_3) في مستوى افقي والمحور الرابع (c) عمودي عليها الزاوية بين المحاور = 60°.

ومن الامثلة عليه معدن الكوارتز quartz





❖ ذكرنا سابقاً بأن التركيب البلوري سواء الداخلي منه او الأوجه البلورية الخارجية تعكس نوعاً من التناظر ويطلق عليها بعناصر التماثل أو (التناظر) Crystal Symmetry وهي ثلاثة:

(1) محاور التماثل (التناظر): ويرمز له بحرف (L)
وهي تلك المحاور التي إذا دارت حوله البلورة دورة كاملة (360º) فإنها تعيد نفسها مرتين أو أكثر سواء كان ذلك للأوجه الخارجية او التركيب الذري الداخلي وهناك محاور تناظر ثنائية وثلاثية ورباعية وسداسية للبلورات وهذه المحاور قد تكون مطابقة (موازية) أو لا تكون مطابقة (موازية) للمحاور البلورية.

(2) مستويات التناظر (التماثل) Planes of Symmetry : ويرمز بحرف (P)
وهو عبارة عن المستوي الذي يقسم البلورة إلى قسمين متساويين بحيث ان احدهما هو صورة كصورة بالمرآة للآخر.

(3) مركز التناظر (Axes of symmetry) نقطة وهمية في داخل جسم البلورة (نقطة الأصل في المركز) بحيث ان أي خط مستقيم يمر بها سيقابل عناصر بلورية متشابهة على نفس المسافة من نقطة المركز ويرمز لها بحرف (c) ويمكن تمثيل عناصر التناظر (التماثل) في الأنظمة.

<u>ملاحظة</u>:

1- في جميع الأنظمة البلورية عدد مستويات التناظر يساوي عدد محاور التناظر ما عدا النظام المكعب.

2- جميع الأنظمة البلورية تحتوي على مركز تناظر واحد.

علم المعادن Mineralogy

المعدن Mineral : عبارة عن مادة طبيعية صلبة متجانسة غير عضوية (عنصر أو مركب) له تركيب كيمياوي معين ونظام بلوري مميز وخواص فيزيائية معينة.

صفات المعادن Minerals Properties

فضلاً عن الصفة البلورية للمعادن فإن المعادن لها صفات كيميائية وفيزيائية

1- الصفات الكيميائية Chemical Properties

تتكون بعض المعادن من عنصر واحد من العناصر الأثنين والتسعين الموجودة في الطبيعة. وهذا النوع إما ان يكون فلزياً metallic كالذهب Au والفضة Ag والنحاس Cu، أو لا فلزياً non-metallic كالكرافيت C والماس ومعدن الكبريت S.

والبعض الآخر من المعادن مكون من اتحاد عنصرين اثنين مثل الكوارتز أو المرو SiO_2 والمغنتايت Fe_3O_4 والكالينا PbS. في حين تتكون معظم المعادن في الطبيعة من اتحاد ثلاث عناصر أو أكثر مثل الكالسايت $CaCO_3$ والأوليفين $(Mg , Fe)_2SiO_4$

ان معظم عناصر المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية تتكون من عنصر الاوكسجين (O) نسبة يليه السليكون (Si) بالاضافة إلى العناصر الشائعة وهي Mg , Al , Fe , K , Na Ca , وكذلك Mn , Ti , H_2 , P . لذا من الطبيعي ان تكون المعادن السليكاتية والأكاسيد هي الأكثر شيوعاً في الطبيعة تليها معادن الكاربونات ثم الكبريتات والكبريتدات ثم الفوسفات وأخيراً النترات.

2- الصفات الفيزيائية Physical Properties

هي مجموعة الخواص الطبيعية للمعادن التي يمكن دراستها بإستخدام اختبارات وأدوات بسيطة تعتمد أساساً على الضوء العادي الساقط عليه والمظهر الذي يبديه السطح الخارجي للمعدن إلى جانب قوة تماسك مكوناته وذلك بهدف التعرف على المعدن وتحديد هويته.

الخواص البصرية Optical Properties : وهي الخواص التي تختص بالعلاقة بين الضوء وسطح المعدن والعين ومن أمثلتها

1) اللون Colour: قابلية المعدن على امتصاص أو عكس أطوال موجية محددة من ألوان الطيف الشمسي أو (الطيف المرئي) أي ينتج عن طول الموجة أو الموجات الضوئية التي تنعكس من المعدن وتؤثر على شبكية العين لتعطي الاحساس باللون فمثلاً اللون الأسود ناجم عن قابلية المعدن على امتصاص جميع الأطوال الموجية للطيف المرئي. بينما اللون الأبيض ناجم عن قابلية المعدن على عكس جميع الأطوال الموجية للطيف المرئي.

وتنقسم المعادن بالنسبة للون إلى قسمين:

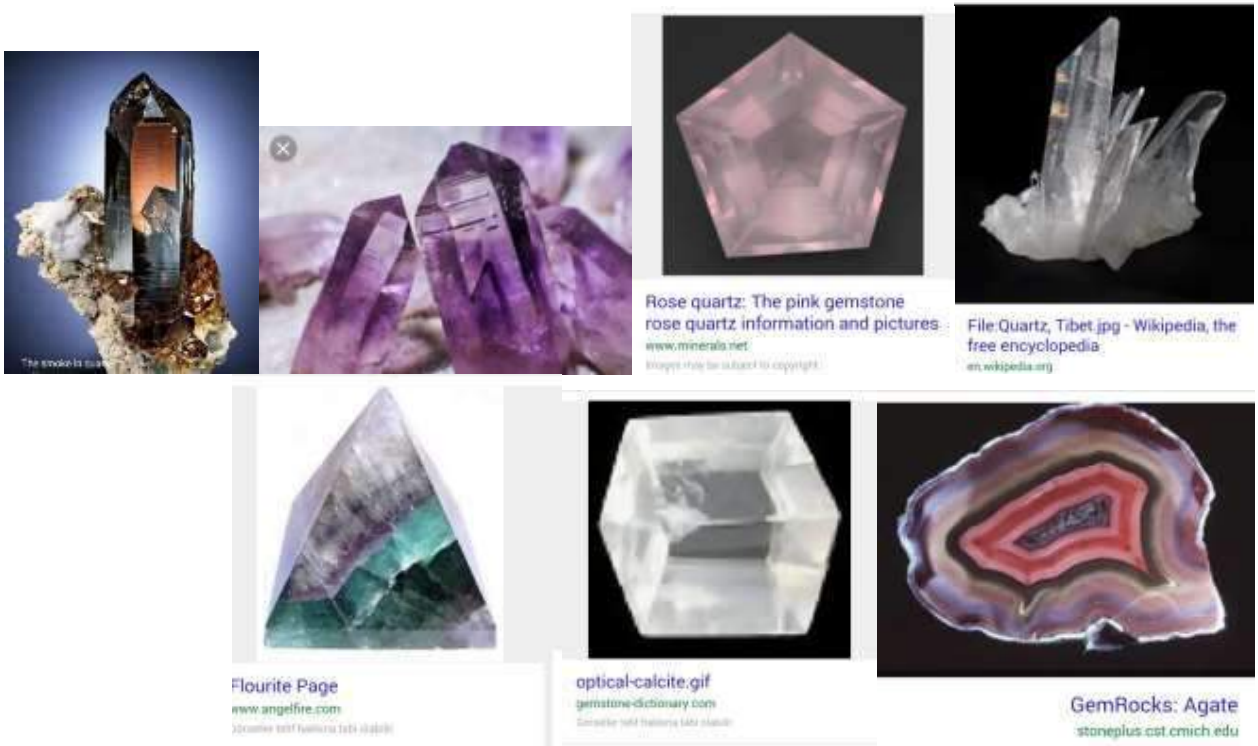
أ - معادن لها لون ثابت: يساعد في التعرف عليها مثل: الكبريت Sulphur (اصفر) الملاكيت Malachite (أخضر) والمغنتايت Magnetite (أسود)

المعدن	التركيب الكيمياوي	لون المعدن
الكبريت	S	اصفر
المالاخايت	$CuCO_3 . Cu(OH)_2$	اخضر
المغنيتايت	Fe_3O_4	اسود

ب - معادن ليس لها لون ثابت: نتيجة لاختلاف التركيب الكيميائي من عينه إلى أخرى مثل: انواع الكوارتز الوردي والبنفسجي والاحمر وتنتج هذه الألوان عن وجود شوائب مثل أكاسيد الحديد الحمراء (اللون الأحمر) أو اكاسيد المنغنيز البنفسجية (اللون البنفسجي) الجمشت (Amethyst) وقد يعزى التغير في اللون إلى البناء الذري للمعدن حيث توجد بعض الروابط بين الذرات مكسرة مثل الكوارتز المدخن (Smoky Quartz) او موزع على شكل حلقات أو نطاقات منتظمة حول بعضها البعض مثل العقيق (Agate) كوارتز خفي التبلور ومعدن كالسايت (أبيض، اصفر، أزرق) ومعدن فلورايت CaF_2 (ابيض، ازرق، بنفسجي، اخضر)

المعدن	التركيب الكيمياوي	الالوان المختلفة

كوارتز	SiO_2	شفاف / الوردي / البنفسجي / الأحمر / مدخن / رمادي
كالسايت	$CaCO_3$	ابيض / اخضر / اصفر
فلورايت	CaF_2	ابيض / ازرق / بنفسجي / اخضر



2) البريق Luster:

هي شدة انعكاس الضوء الساقط من على سطح المعدن، وتعتمد أساساً على معامل انكسار المعدن Refractive index والعلاقة طردية بين شدة البريق ومعامل الانكسار وبعبارة أخرى مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن وينقسم إلى:

أ- البريق فلزي Metallic luster: وهو البريق الذي تعطيه المعادن الفلزية التي لها معامل انكسار أكبر من (3) من أمثلتها معادن العناصر الحرة كالذهب والفضة كذلك البايرايت الذهبي اللون والكالينا.

ب- البريق دون الفلزي Sub Metallic luster: للمعادن التي لها معاملات انكسار تساوي (3) تقريباً وهي معتمة إلى نصف معتمة من امثلتها الهيماتايت Hematite.

ج- البريق اللافلزي non Metallic luster: وتعطيه المعادن اللافلزية وهي عادة تكون فاتحة اللون وتسمح بمرور الضوء من خلالها المعادن الشفافة وكذلك المعادن ذات معاملات الانكسار اقل من (2.6) ويقسم إلى

[1] بريق زجاجي Glassy: مثل بريق الزجاج مثال الكوارتز.

[2] بريق ماسي Adamatine: مثل بريق الماس الساطع.

[3] بريق صمغي: مثل سطح ومظهر الصمغ مثل الكبريت.

[4] بريق لؤلؤي Pearly: ويشبه البريق بريق اللؤلؤ مثل معدن التلك Talc، والجبس، والموسكوفايت Moscovite.

[5] بريق حريري Silky: وينتج عن المعادن التي على هيئة ألياف مثل بعض انواع الجبس ذو الألياف.

[6] بريق أرضي أو مطفى Earthy: عندما يكون السطح ليس له بريق أي (طفى (ترابي) مثل الكاوؤلين Kaoline.

[7] بريق شمعي Waxy مثل Opal.

المعدن	البريق	
الجالينا المعادن الفلزية (الذهب، الفضة، النحاس، البلاتين، الحديد) الكرافيت بايرايت	فلزي	
الكوارتز	glassy (زجاجي)	لا فلزي
الماس	Adamatine ماسي	
الكبريت	Resinous صمغي	
الاوبال	Waxy شمعي	
التالك / الجبس / المسكوفيت	pearly لؤلؤي	
الجبس الليفي	silky حريري	
كاؤولين	Earthy ارضي او مطفي (ترابي)	

عرض الألوان Play of Colours:

بعض المعادن تبدي عرضاً للألوان فتعطي الواناً مختلفة في تتابع عندما يدار المعدن ببطء أو عندما تحرك العين بالنسبة للمعدن ذات اليمين او ذات اليسار مثل معدن الماس وعين الهر ومعدن التورمالين Tourmaline والاوبال Opal.

المعدن
الماس Diamond
كوارتز (عين الهر) Cateye
التورمالين Tourmaline
الاوبال Opal
(حجر القمر) moon stone (Type of orthoclase)

المخدش Streak:

وهو لون المسحوق الناعم الناتج من حك المعدن على سطح خشن او على لوح المخدش (Streak Plate) وليس من الضروري ان يكون لون المخدش مطابقاً للون المعدن مثلاً: البايرايت Pyrite له لون كالنحاس الاصفر ومخدشه اسود والهيماتايت اسود ومخدشه احمر او بني والمخدش للمعدن الواحد خاصية ثابتة ولهذا يعتبر مهماً للمعادن ذات الألوان المختلفة مثل معدن الكوارتز فالمخدش ثابت على رغم اختلاف الوانه. ومعدن الليمونايت لونه بني والى اصفر يعطي مخدشاً اسود والمغنيتايت لونه اسود ومخدشه اسود .

المعدن	لون المعدن	لون المخدش
مغنيتايت	اسود	اسود
هيماتايت	اسود	بني او احمر
ليمونايت	اصفر – بني	اسود
الكوارتز	ابيض (أو ذو الوان)	ابيض
البايرايت	اصفر (نحاسي)	اسود

الشفافية Transparency:

هي قدرة المعدن على تمرير الضوء من خلاله وتعرف المعادن التي تسمح برؤية الأجسام من خلالها بوضوح وبسهولة بأنها شفافة Transparent فإذا بدت الاجسام غير واضحة فإن المعدن يعتبر في هذه الحالة نصف شفاف Translacent اما المعدن المعتم opaque فهو لا يسمح بنفاذ الضوء من خلالها على الاطلاق مثال للمعدن الشفاف معدن الكوارتز والجبس النقي ومثال للمعدن نصف الشفاف الكوارتز المدخن smoky quartz او الكوارتز الوردي، ومثال للمعدن المعتم معدن المغنتايت والكالينا والبايرايت والكرافيت.

المعدن	الشفافية
الكوارتز الجبس النقي	شفاف
الكوارتز المدخن Smoky Quartz	نصف شفاف
الكالينا المغنيتايت البايرايت الكرافيت	معتم

الخواص التماسكية Cohesive Properties:

وهي الخواص التي تعتمد على قوة ترابط الجزيئات المكونة للمعدن ومن أهمها:

1- الصلابة Hardness:

وهي المقاومة التي يبديها المعدن للخدش: هنالك مقياس للصلابة للعالم موهس Mohs مستخدماً عشرة معادن تبدأ بأقل المعادن صلابة وهو Talc وتنتهي بأكثر المعادن صلابة وهو الماس يتدرج من الرقم 1 إلى الرقم 10 وهي درجات نسبية ولعدم توفر هذه المعادن يمكن استخدام اشياء لتعيين الصلابة مثل الظفر (2.5) قطعة نقود نحاسية (3.5) وقطعة زجاج (5.5) لوح المخدش (6.5) وقطعة الحديد او المبرد من الصلب (6.7)

Mohs Scale		
	Talc	1
	Gypsum	2
	Calcite	3

	Fluorite	4
	Apatite	5
	Orthoclase	6
	Quartz	7
	Topaz	8
	Corundum	9
	Diamond	10

ونذكر صلابة بعض المعادن المهمة في الجدول أدناه

المعدن	الصلابة
الكرافيت	(1-2)
الهالايت – الكالينا	2.5
الانهيدرايت	(3- 3.5)
الدولومايت	(3.5 – 4)
الحديد	4.5

الهيماتايت	$(5.5 - 6.5)$
المغنيتايت	(6)

White Anhydrite from Simpleton Tunnel - The Mineral and Gemston...

www.minerals.net

Görseller telif hakkına tabi olabilir.

2) الانفصام (التشقق) Cleavage:

وهي قابلية المعدن للانفصام أو التشقق عند أسطح ومستويات معينة عند طرقها خفيفاً حيث ترتبط بالنظام البلوري وكذلك البناء الذري الداخلي للمعدن حيث ترتبط الذرات بالنظام البلوري وكذلك البناء الذري الداخلي للمعدن حيث ترتبط الذرات برباط ضعيف في هذه المستويات. ويوصف لسهولة حدوثه واكتماله بالصفات التالية: انفصام كامل Perfect، وانفصام واضح او جيد Distinct / good، انفصام غير كامل imperfect وانفصام ضعيف Poor.

أهم المعادن ذات الانفصام الكامل المايكا والكالسيت، والجبس

ويقسم الانفصام (او التشقق) إلى:

1- تشقق بمستوى واحد: المايكا .
2- تشقق بمستويين: الفلدسبار بايروكسين متعامد والامفيبول غير متعامد.
3- تشقق بثلاث مستويات: متعامدة على بعض مثل الهالايت والكالينا (مكعبة الشكل) وغير متعامدة مثل معدن الكالسيت والجبس.

المعدن	الانفصام
المايكا	مستوى واحد perfect
الفلدسبار البايروكسين	بمستويين (متعامدة 90°)
الامفيبول	بمستويين (غير متعامدة)
الهالايت	ثلاث مستويات (متعامدة 90°)
الكالينا	ثلاث مستويات (متعامدة بزاوية 90°) (مكعبة)
الكالسايت	ثلاث مستويات (غير متعامدة)
الجبس	ثلاث مستويات غير متساوية الزوايا
الفلورايت	اربع مستويات (انفصام ثماني السطوح) (Octahedral)
الماس	اربع مستويات (غير مرئية)
السفليرايت	ستة مستويات (غير مرئية)

Pyroxene (Augite) | Minerals, Dark and Cas

www.pinterest.com

ø Plagioclase | The Gemstone List ø

www.gemstonesliet.com

Continental Trade

Muscovite - Borosilicate and

Calcite Stone - Manufacturers, Suppliers & Exporters in India

www.exportersindia.com

Halite aka Salt Details - Stone and Gems Information

www.bulk-stone.com

Single Prismatic Hornblende Crystal - The Mineral and Gemstone Kingd...

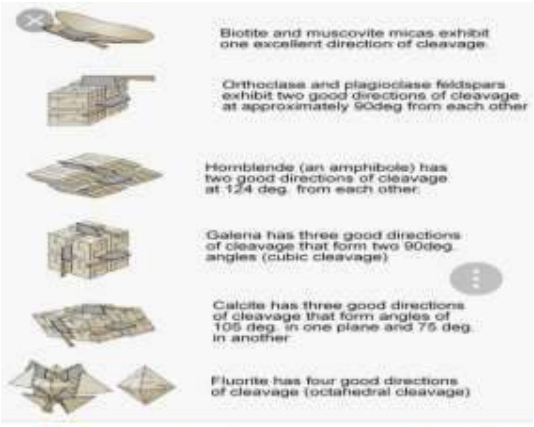
www.minerals.net

Galena Mineral | Uses and Properties - GEOLOGY.COM

geology.com

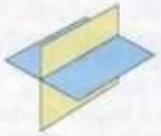
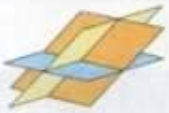
Gypsum | Gemstone Buzz

www.gemstonebuzz.com



www.pinterest.com

Cleavage of Minerals | geology |

Number of Cleavage Directions	Shapes that Crystal Breaks Into	Sketch	Illustration of Cleavage Directions
0 No cleavage, only fracture	Irregular masses with no flat surfaces		None
1	"Books" that split apart along flat sheets		
2 at 90°	Elongated form with rectangular cross sections (prisms) and parts of such forms		
2 not at 90°	Elongated form with parallelogram cross sections (prisms) and parts of such forms		
3 at 90°	Shapes made of cubes and parts of cubes		
3 not at 90°	Shapes made of rhombohedrons and parts of rhombohedrons		
4	Shapes made of octahedrons and parts of octahedrons		
6	Shapes made of dodecahedrons and parts of dodecahedrons		

3) المكسر Fracture

وهي عبارة عن نوع وشكل السطح الناتج عند كسر المعدن ويستخدم الصفات التالية في وصف الأنواع المختلفة في المكسر

1- المحاري Conoidal مثل الكوارتز والابسيديان Obsidian.
2- المسنن Hackly مثل النحاس.
3- المستوي المنتظم Even مثل الكالسيت والصوان Chert.
4- الترابي Earthy مثل الكاوؤلين والطباشير Chak.
5- الليفي Fibrous على هيئة الياف مثل الجبس الليفي.
6- الغير منتظم uneven سطوح غير ملساء او خشنة الملمس مثل البايرايت Pyrite

المعدن	المكسر
الكوارتز الاوبسيدين	محاري Concoidal
النحاس Cupper	المسنن Hackly
الكالسايت Calcite الصوان Chert	المستوي المنتظم Even
الكاوؤلين الطباشير Chalk	الترابي Earthy
الجبس الليفي	الليفي Fibrous
البايرايت Pyrite	الغير منتظم uneven سطوح غير ملساء او خشنة الملمس

I09-03-kaolinite.jpg
universe-review.ca

Chert - Sedimentary Rock Types
geology.about.com

4) الوزن النوعي Specific gravity

عبارة عن وزن حجم معين من المعدن منسوباً إلى وزن نفس الحجم من الماء يحسب الوزن النوعي بالقانون الآتي (بدون وحدات)

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{وزن المعدن في الهواء}}{\text{وزنه في الهواء} - \text{وزنه في الماء}}$$

من الناحية العملية يتم تقدير الوزن النوعي للمعدن بواسطة تقدير ثقله في اليد كأن نقول المعدن ثقيل جداً مثل Magnetite او ثقيل مثل الأوليفين والبايروكسين أو متوسط الثقل مثل الكوارتز و Talc وخفيف مثل الهالايت

المعدن	الوزن النوعي	
الهالايت	2.16	خفيف
الكرافيت	2.23	
الجبس	2.32	
كوارتز	2.65	متوسط
الكالسايت	2.71	
تالك	2.7 – 2.8	
الدولومايت	2.85	
الانهيدلايت	2.89 – 2.98	
بايروكسين	3.2 – 3.6	ثقيل
الماس	3.52	
الاولدفين	3.27– 4.37	
بايرايت	5.02	ثقيل جداً
المغنيتايت	5.18	
الهيماتايت	5.26	
الكالينا	7.4 – 7.6	
الحديد	7.3 – 7.9	

Dolomite Mineral | Uses and Properties - GEOLOGY.COM

geology.com

Görseller telif hakkına tabi olabilir.

3- الخواص الكهربائية والمغناطيسية:

أ- خاصية التوصيلية الكهربائية:

الفلزات جيدة التوصيل للكهربائية واللافلزات رديئة التوصيل أو عديمة التوصيل. أما أشباه الفلزات فهي شبه موصلة مثل السليكون والجرمانيوم التي احدث اكتشافها ثورة في الصناعات الالكترونية.

ب- الخاصية المغناطيسية:

المعادن التي تنجذب بالمغناطيس تسمى البارامغناطيسية Paramagnetic مثل المغناتايت وأكاسيد الحديد الأخرى بينما تسمى المعادن التي لا تنجذب بالمغناطيس بالدايامغناطيسية Diamagnetic مثل الكوارتز والكالسايت والاباتايت.

ج- التفاعل مع حامض الهيدروكلوريك المخفف (15%):

المعادن الكاربونية مثل الكالسايت والدولومايت تتفاعل مع هذا الحامض وتحدث ازيزاً عند وضع قطرات عليه بينما الجبسوم لا يتفاعل مع الحامض المتكور.

د- الخواص الحواسية:

تكون احياناً صفات مميزة تساعد في التعرف على بعض المعادن:

[1] الرائحة Odor: مثل المعادن الحاوية على الكبريت في تركيبها الكيمياوي تعطي رائحة تشبه البيض الفاسد الناتج عن ثنائي اوكسيد الكبريت والكبريت والحديد في تركيبه يعطي رائحة الثوم عند تسخينه والمعادن الطينية رائحة الطين عندما يبتل بالماء.

[2] المذاقTaste : مثل معدن الهالايت طعمة مالح لانه ملح الطعام NaCl وبعضها معادن مرة المذاق.

[3] الملمس Feel: مثل معدن Talc المميز بملمسه الصابوني وبعض المعادن الفلزية ذات ملمس بارد والطباشير Chalk ملمسه خشن

التحليل الكيميائي للمعادن وصياغتها

Chemical Analysis and formulas of the Minerals

يعرف المعدن بانه مادة صلبة غير عضوية متجانسة تكونت بشكل طبيعي ولها خواص فيزيائية معينة وتركيب كيميائي ثابت ونظام بلوري مميز .

توجد بعض العناصر كالذهب والخارصين والكبريت في حالة غير متحدة مع غيرها وتكون صيفتها Formulas كرمزها العنصري . لكن اغلب المعادن هي تتميز بوجود مركبات تتكون من عنصرين او اكثر وصيغة الكيميائية تدل على نسبة العناصر الداخلة في تركيب المعدن ، على سبيل المثال معدن الكالينا Galena PbS يتكون من ذرة واحدة من الكبريت لكل ذرة من الرصاص . اما معدن الجالكوبارايت Chalcopyrite $CuFeS_2$ يتكون من ذرتين كبريت لكل ذرة رصاص وحديد .

يمكن استنتاج الصيغ الكيمائية Chemical formulas للمعادن من التحاليل الكيمائية الكمية وهذه التحاليل تعطي النسبة المئوية الوزنية للعنصر التي تعطي من قبل المحلل الكيمائي ومجموعها يقل او يزيد بشكل ضئيل عن 100% .

الجدول التالي يعطي التحليل الكيميائي لمعدن الجالكوبارايت

العنصر	WT% Qualitative analysis (1)	Recalculated WT%(2)	Atomic weight (3)	Atomic proportion (4)	Atomic ratios (5)
Cu	33.957	34.4	63.54	0.54139	1
Fe	30.284	30.68	55.85	0.54932	1
S	34.473	34.92	32.07	1.0886	2
Sum	98.71	100			

النسب في العمود رقم 1 اعطيت من قبل الكيميائي باستخدام تحليل جهاز الامتصاص الذري ، عدلت واصبح مجموعها 100 في العمود 2 بعد تصحيح النسبة المئوية ، من خلال تقسيم الارقام على المجموع العمود الاول 98.71 ثم ضرب النتاج في 100 . وبما ان كل عنصر له وزن ذري مختلف لذلك فان النسبة المئوية لاتمثل النسبة بين الذرات المختلفة وللوصل الى العلاقة الجزيئية تقسم النسب المئوية لكل عنصر على وزنه الذري للحصول على سلسلة من الارقام العمود 4 التي تمثل الاجزاء الذرية والتي منها نستنتج النسب الذرية العمود رقم 5 . في معدن الجالكوبارايت تكون نسب العناصر Cu:Fe:S بشكل 1:1:2 ويكتب بالمعدن بالشكل التالي $CuFeS_2$ وهي الصيغة الكيمائية للمعدن . ان هذه الخطوات تطبق فقط على المعادن التي لاتحتوي على عنصر الاوكسجين في تركيبها الكيمائي .

علم الصخور PETROLOGY

هو العلم الذي يهتم بدراسة الصخور الموجودة في الطبيعة من حيث تكوينها, تواجدها, انتشارها وأهميتها.

الصخرة Rock: عبارة عن تجمع من المعادن بشكل متماسك وتكون صلبة. قد تكون الصخرة مكونة من معدن واحد أو من أكثر من معدن. من أمثلة الصخور أحادية المعدن: صخرة الديونايت Dunite النارية المكونة من معدن الأوليفين, صخرة الحجر الجيري Limestone الرسوبية المؤلف من معدن الكالسايت Calcite .

تواجد المعادن في انواع الصخور المختلفة

بعض المعادن توجد فقط في نوع واحد من الصخور مثل معدن الهالايت Halite الذي يكون يوجد في صخور المتبخرات Evaporate rocks التي تتكون من تبخر الماء المالح والتي تعود الى الصخور الرسوبية ، في حين ان معدن الهالايت Halite لايوجد في الصخور النارية او الصخور المتحولة . في حين معدن الكوارتز quartz يمكن ان يتبلور من المنصهر magma ويوجد في الصخور النارية ، ويكمن ان يتكون خلال تفاعلات التحول ويوجد في الصخور المتحولة . ويمكن ان يترسب من خلال المياه ليشكل حبيبات ناعمة او حبيبات رابطة cement grain في الصخور الرسوبية الفتاتية clastic sedimentary rock ، اي ان معدن الكوارتز يوجد في الصخور النارية والرسوبية والمتحولة .

الجدول يوضح تواجد بعض المعادن الشائعة في الصخور الرسوبية والمتحولة والنارية

المعادن Mineral	النارية	الرسوبية	المتحولة
feldspar فلدسبار	▲	■ ♣	▲
quartz كوارتز	▲	■ ♣	▲
Muscovite مسكوفايت	▲	■	▲
Biotite بايوتايت			▲
Halite هالايت		■	
calcite كالسايت		■	▲
dolomite دولومايت		■	▲
gypsum جبسوم		■	
Talc تالك			▲
olivine اولفين			

▲ شائعة التواجد في الصخور

■ **نادرة التواجد في الصخور**

♣ **تتواجد شائع في الصخور بشكل فتات معدني**

وصف نسيج الصخور Rock Texture

يكون نسيج الصخور اما نسيج زجاجي glass ولاماع والتي تكون صخورها نسيبا قليلية ، او نسيج حبيبي grain .

لوصف نسيج الصخور لابد من معرفة

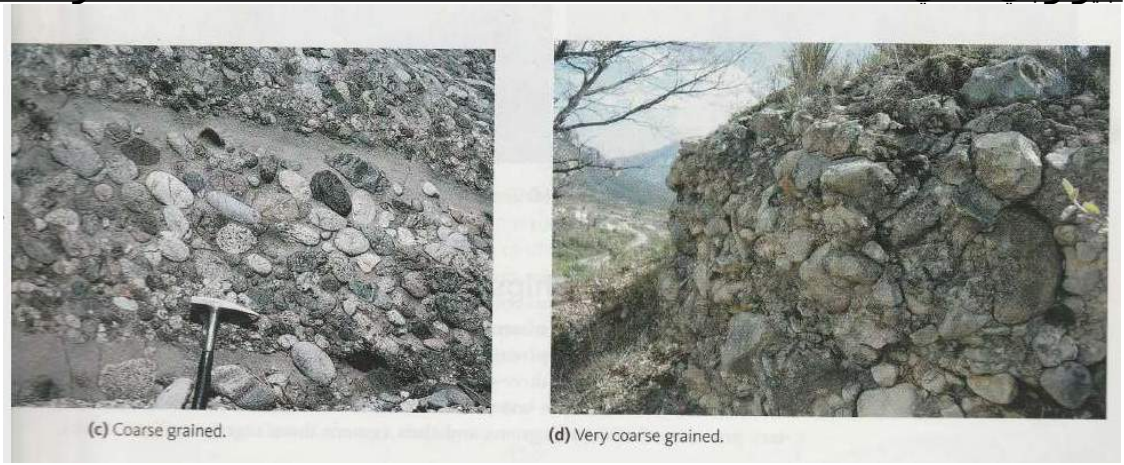
1- حجم الحبيبات grain size

هل الحبيبات هي خشنة coarse او متوسطة الحجم medium ام ناعمة fine او جدا ناعمة very fine

تصنيف الحجم الحبيبي للصخور grain size terminology of the rocks

حجم الحبيبات Grain size term	التعريف العملي practical definition	حجم الحبيبات Approximate size range
حبيبات خشنة Coarse grained	الحبيبات كبيرة بشكل كافي حيث يمكن تميز المعادن الموجودة .	اكبر من 5 ملم
حبيبات متوسطة medium grained	حبيبات منفردة يمكن رويتها بالعين المجردة ،ولكن الحبيبات نوعا ما صغيرة لايمكن تميزها	بين 0.1 - 4.9 ملم
حبيبات ناعمة fine grained	الحبيبات المنفردة جدا صغيرة لا يمكن مشاهدتها بالعين المجردة او باستخدام العدسة المكبرة اليدوية .	اقل من 0.1 ملم
نسيج زجاجي Glassy	لايوجد اي حبيبات ،الضخرة متجانسة وتبدو كتلة من الزجاج	.....

صور توضح الحجم الحبيبي للصخور الرسوبية Grain size in sedimentary rocks



يوجد صخور تحتوي على حبيات مختلفة الحجوم different size كما في الشكل d اعلاه (جبيبات كبيرة الحجم) ،حيث توجد حبيبات خشنة محاطة بحبيبات ناعمة ،وهذا المزيج يعطينا معلومات مهمة عن تكون الصخور .

2- شكل الحبيات Grain shape

هل شكل الحبيبات له نفس الابعاد من جميع الاتجاهات ، او شكل الحبيبات مختلف من اتجاه الى اخر . هل الشكل الحبيات دائري ،بيضوي ،مكعب او شكل غير منتظم ، حيث ان هذه المعلومات تخبرنا عن ظروف وكيفية وتكون هذه الصخور.

الاشكال المثالية لحبيات الصخور Typical grain shapes

a) حبيات ذات زوايا حادة B Angular grains) حبيات مدورة كروية rounded grains

الصخور النارية Igneous Rocks:

وهي الصخور المتكونة نتيجة تصلب المواد المنصهرة بعملية التبلور حيث تحدث تلك العملية نتيجة التبريد الحاصل للصهير اثناء اختراقه طبقات القشرة الارضية, هذا الصهير ذو درجات الحرارة العالية ينبثق للأعلى باتجاه سطح الأرض ليتصلب بفعل التبريد إما بسرعة كبيرة ليصل فجأةً للسطح ليعطي أيضاً الصخور البركانية Volcanic rocks, أو يتصلب هذا الصهير في جوف الأرض خلال اقتحامه لطبقات الأرض ببطء ليعطي الصخور الجوفية أو البلوتونية Plutonic rocks.

سيختلف نسيج هذين النوعين من الصخور النارية بسبب اختلاف سرعة التبريد, فالصخور البركانية ستكون ناعمة التبلور او ذات نسيج زجاجي (غير متبلور) بسبب التبريد السريع جداً Rapid cooling أو المفاجئ Sudden cooling على التوالي, أما الصخور الجوفية فستكون ذات نسيج خشن أي ذات بلورات

خشنة بسبب التبريد البطيئ Slow cooling للصهير, ففي الحالة الأولى لا يتوفر الوقت الكافي لتكوين البلورات بينما في الحالة الثانية سيكون هنالك وقت كافٍ للتبلور.

فالصخور النارية تعتبر الوحدة الأساسية في بناء الغلاف الصخري Lithosphere والقشرة الأرضية Earth Crust وهي مواد صلبة تتكون من عدة معادن ونادراً ما تتكون من معدن واحد فقط. وهي الصخور التي تشتق مباشرة من انجماد الصهير داخل جوف الأرض ويدعى Magma اما الصهير الذي يصل إلى سطح الأرض من خلال مناطق الضعف في القشرة الأرضية كالشقوق والصدوع وفوهات البراكين تدعى بالحمم البركانية (Lava) لافا. ويبلغ نسبة الصخور النارية بحدود 80% من مجموع الصخور المكونة للقشرة الارضية.

ان اكثر المعادن وفرة في الصخور النارية هي المعادن السليكانية التي تشكل نسبة أكثر من 95% من حجم جميع الصخور النارية وهذه المعادن هي الاوليفين والفلدسبار والبايروكسين والامفيبول والكوارتز والمايكا.

وتقسم الصخور النارية من حيث النسيج Texture:

1- نسيج خشن الحبيبات (Phaneritic texture) بلورات معدنية كبيرة في الحجم ومتشابهة في النمو والترتيب بسبب تصلب الصهير بصورة بطيئة تتميز به الصخور النارية الجوفية مثل صخرة الكرانايت والكابرو والديورايت.

2- نسيج دقيق الحبيبات Aphanitic texture: بلورات معدنية دقيقة جداً تكونت نتيجة التبريدالسريع للصهير تتميز به الصخور النارية السطحية (البركانية) مثل صخرة: البازلت والريولايت الانديسايت.

3- النسيج البورفيري Porphyritic texture: هو ذلك النسيج الذي تكّون في الصخرة من بلورات كبيرة تحيطها حبيبات ناعمة من نفس المكونات المعدنية للصخرة. وهذا يعني ان الصخرة عانت مرحلتين من التبريد, الأولى تبريد بطيء اتاح الوقت الكافي فيه الفرصة لتكوين بلورات خشنة, أعقبها مرحلة ثانية من التبريد وهو تبريد سريع لم تتح فيه الفرصة لتكوين بلورات خشنة فتتكون بدلاً منها حبيبات ناعمة تحيط بالبلورات الخشنة. يتكون مثل هذا النسيج في الصخور القريبة من سطح الارض. أي على اعماق متوسطة بين الجوفية (في الأعماق) والبركانية (على السطح) مثل الكرانايت البورفيري وصخرة الدولورايت.

4- نسيج زجاجي glassy texture: يتكون هذا النسيج بسبب اندفاع الحمم البركانية lava في الهواء او في أي وسط ذو درجات حرارة منخفضة مثال عليه صخرة الاوبسيديان (Obsidian)

5- نسيج فقاعي Vesicular texture يتكون نتيجة هروب الغازات وبخار الماء من الصهير تاركة فراغات (holes) تسمى فقاعات وقد تمتلئ هذه الفقاعات أو الفراغات بمعادن ثانوية ومواد غريبة مثل صخرة البيومس (Pumice).

صور لبعض انواع الصخور الرسوبية

Rhyolite

Granite:

Basalt

Gabbro

Obsidian

Pumice

وصف الصخور النارية

حجم الحبيبات المتبلورة للصخور النارية تعتبر المفتاح لفهم تاريخ تبريد الصخور *cooling history* لمعظم الصخور النارية والتي تتصلب تحت سطح الارض او على السطح .

مختبريا او في الحقل يوجد 3 مظاهر يجب توضيحهم عند وصف نماذج الصخور النارية

1- حجم الحبيبات *grain size*

2- اللون *Color*

3- الوزن النوعي *specific gravity*

لاحظ الجدول ادناه

Grain size		Color		Specific gravity (heft)	
Coarse	Fine	Light colored	Dark colored	Relatively high	Relatively low

معدل التبريد *cooling rate* هو احد اهم العوامل المسيطرة على حجم الحبيبات ، التبريد البطي للمنصهر *magma* يسمح بالمزيد من الوقت لحركة الايونات وهجرتها الى مركز نمو البلورة وتتكون الحبيبات خشنة ، التبريد السريع سوف يكون الوقت اقل لحركة الايونات وبذلك تكون الحبيبات ناعمة .

عامل ايضا مهم هو لزوجة المنصهر *magma viscosity* او قدرة المنصهر على الجريان *flow* ، المنصهر الاقل لزوجة سوف يحصل له جريان اكثر وبذلك الايونات سوف تتحرك وتهاجر بشكل اسهل وسوف تكون بلورات كبيرة الحجم .

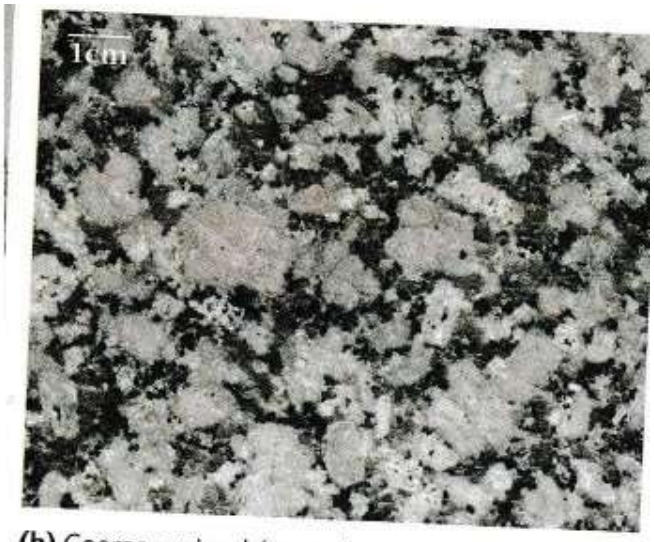
انواع انسجة الصخور النارية

1- النسيج الخشن *coarse texture*

2- النسيج الناعم *fine texture*

Grain size in light -colored igneous rocks

(a) Very coarse grained (pegmatitic).



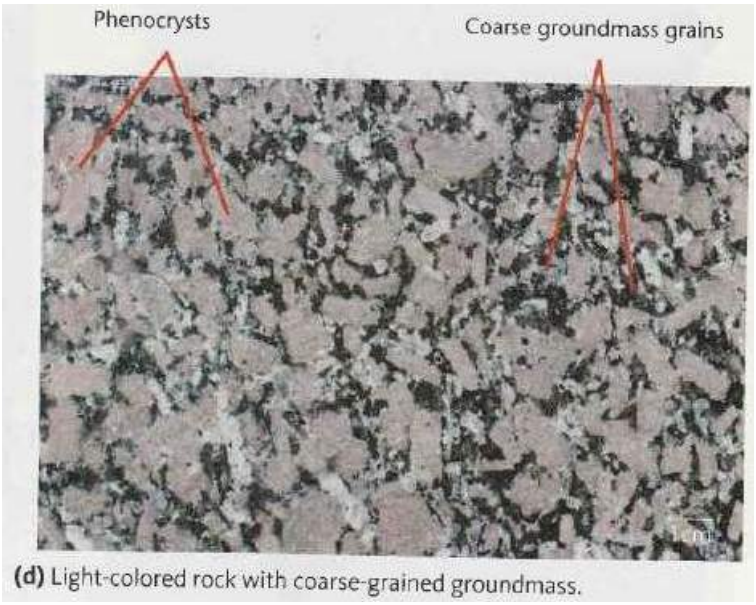
(b) Coarse grained (crystals approximately 1 cm across).

(c) Fine grained (most grains too small to see with the naked eye—less than 0.5 mm across).

3- النسيج البلولفيري حبيات خشنة مغمرة في نسيج ناعم

النسيج البولفيري *porphyritic texture (two different grain size)*

Hornblende crystal in very fine groundmass.

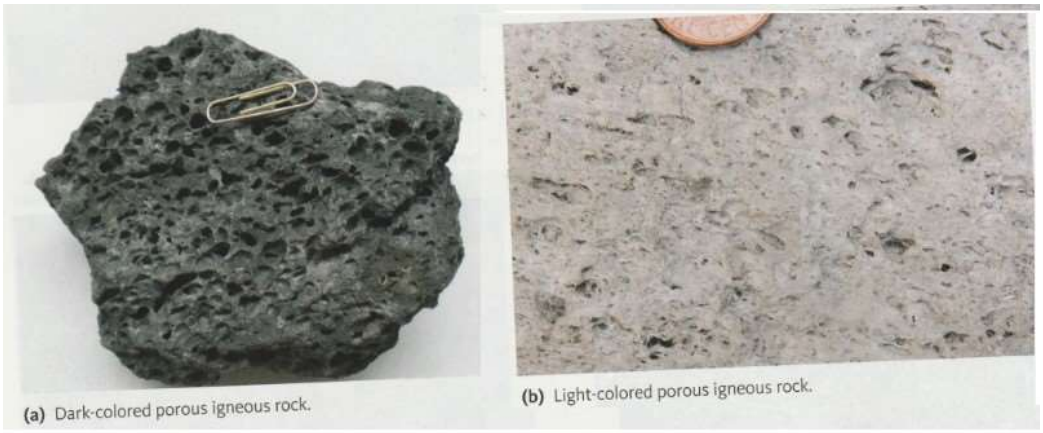


(d) Light-colored rock with coarse-grained groundmass.

4- النسيج الزجاجي *glassy texture (no mineral grains)*

معظم الصخور البركانية تبدو سوداء ،لكن عدم النقاوة يكون السبب في تغير لونها الى القهوائي المحمر او مخدشها *streaks* يكون بهذا اللون .

5- النسيج المسامي *porous textures*



porous (vesicular) textures

النسيج المسامي للصخور النارية ، عندما تصل المنصهر الى السطح يحصل انخفاض في الضغط ،وذلك سوف يسمح للغازات المذابة (H_2O, CO_2, SO_2) للخروج خارج المحلول على شكل فقاعات Bubbles عند تصلب الـ lava مثل صخرة pumica والتي تستخدم في تنعيم الخشب وازالة الطبقة الميتة من جلد الانسان في اسفل القدم

تفسير نسيج الصخور النارية حسب النسيج وسرعة التبريد

TABLE 5.1 Interpreting igneous rock textures.

Texture	Pegmatitic	Coarse grained	Fine grained	Porphyritic	Glassy	Porous (vesicular)
Description	Very large grains (>2.5 cm)	Individual grains are visible with the naked eye	Individual grains cannot be seen without magnification	A few large grains (phenocrysts) set in a finer-grained groundmass	Smooth, shiny; looks like glass; no mineral grains present	Spongy; filled with large or small holes
Intepretation	Very slow cooling or cooling from an extremely fluid magma (*usually the latter*)	Slow cooling; generally *intrusive*	Rapid cooling; generally *extrusive*	Two cooling rates: slow at first, to form the phenocrysts; then more rapid to form the groundmass	Extremely rapid cooling; generally *extrusive*	Rapid cooling accompanied by the release of gases
Example						

Recognizing minerals in igneous rocks

اهم المعادن التي يمكن تميزها في الصخور النارية

MINERAL	PROPERTIES
Potassium feldspar	Usually white or pink Two cleavages at 90° Equidimensional crystals
Plagioclase feldspar	Usually white (Na-plag) or gray (Ca-plagioclase) Two cleavages at 90° Elongate crystals
Quartz	Colorless to gray Glassy with conchoidal fracture Irregular crystals in intrusive rocks Equidimensional phenocrysts in extrusive rocks
Biotite	Shiny and black One perfect cleavage Thin crystals
Muscovite	Shiny and silvery white One perfect cleavage Thin crystals
Hornblende (amphibole)	Black with shiny, splintery appearance Two cleavages at 56° and 124° Elongate crystals
Augite (pyroxene)	Black, greenish black, or brownish black Vitreous, but rather dull, luster Two cleavages at 90° Blocky crystals
Olivine	Light green to yellow-green Glassy luster Small (few millimeters), equidimensional crystals

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

ان التغيير في تركيب المعادن وفي نسيج الصخور Texture أو في الاثنين معاً والذي يحصل في الحالة الصلبة لصخور القشرة الأرضية كنتيجة لارتفاع درجات الحرارة والضغط العالي يسمى بعملية التحويل Metamorphism وهذه العملية تؤثر في الصخر وتعمل على اعادة تبلور Recrystallization الصخور الأصلية (الصخور الأم Parent rocks) وهي في حالة صلبة بشرط لا تنصهر،سواء كانت رسوبية او نارية او حتى متحولة. وتكون الصخور الناتجة عن عملية التحول جديدة في خواصها ومختلفة عن خواص الصخور الأصلية.

ففي الصخور الرسوبية عادة توجد فراغات بين الحبيبات المكونة لها وتكون هذه الفراغات مملوءة بالماء وعندما تظهر عوامل التحول يقوم هذا السائل المائي بعملية الاسراع في التفاعلات الكيميائية. ويكون العكس بالصخور النارية حيث ان الفراغات بين الحبيبات المكونة لها صغيرة نسبياً وقد تحوي على قليل من الماء وبهذه الحالة تحتاج المعادن الموجودة في هذه الصخور إلى حرارة وضغط اعلى بكثير مما تحتاجه الصخور الرسوبية لتتحول من نوع إلى آخر.

تصنيف الصخور المتحولة Classification of Metamorphic rocks

يتم وصف نسج الصخور المتحولة حسب

1- grain size حجم الحبيات في التحول التماسي الحراري الحجر الرملي يحصل اعادة تبلور لمعدن quartz وتصبح الحبيات كبيرة الحجم .

اما في التحول الديناميكي ينتج عنه حبيات ناعمة جدا very small grain grains

2- grain shape شكل الحبيات قد تكون دائرية rounded او صفائحية platyمثل معادن Micaاو طولانية elongate . او قد تكون عشوائية الاتجاه.

3- grain orientation توجه الحبيات (الاتجاه) والذي يعتمد على طبيعة واتجاه الضغط المسلط على المعادن والصخور .

تصنف الصخور المتحولة عادة حسب صفة التورق إلى نوعين اساسيين هما الصخور المتورقة وغير المتورقة.

وصفة التورقFoliation: هي الصفة الناتجة عادة عن تجمع معادن بعض الصخور المتحولة بصورة متوازية إلى شبه متوازية مع بعضها هرباً من الضغط العمودي عليها لكي لاتتهشم او بفعل الحركات الارضية ذات الضغط الاتجاهي.

1- الصخور المتورقةFoliated rocks :

تمتاز بامتلاكها صفة التورق الناتج من الضغط الاتجاهي، وتتكون نتيجة التحول الاقليمي وكذلك من التحول الديناميكي المصحوب بالحرارة. وتضم الصخور المتورقة الأنواع التالية الاردواز slateوالفيللايتphyllite والنضيد schist والنايس Gneiss والامفيبولايت AmphiboliteوالكرانيولايتGranulite.

2- الصخور غير المتورقةNon – Foliated rocks :

هي صخور لا تحتوي على صفة التورق وتتكون بدرجة رئيسية نتيجة للتحول الحراري وكذلك للتحول الاقليمي المصحوب بضغط هيدروستاتيكي. وتضم الأنواع الهورنفلس hornfels والرخام marbleوالكوارتزايت Quartizite والسربنتينايتserpentinite .

المعادن الدالة Index Minerals :

عبارة عن معدن او مجموعة من المعادن تعتبر دليل جيد لاعطاء فكرة عن ظروف التحول التي تكونت فيها الصخور المتحولة .

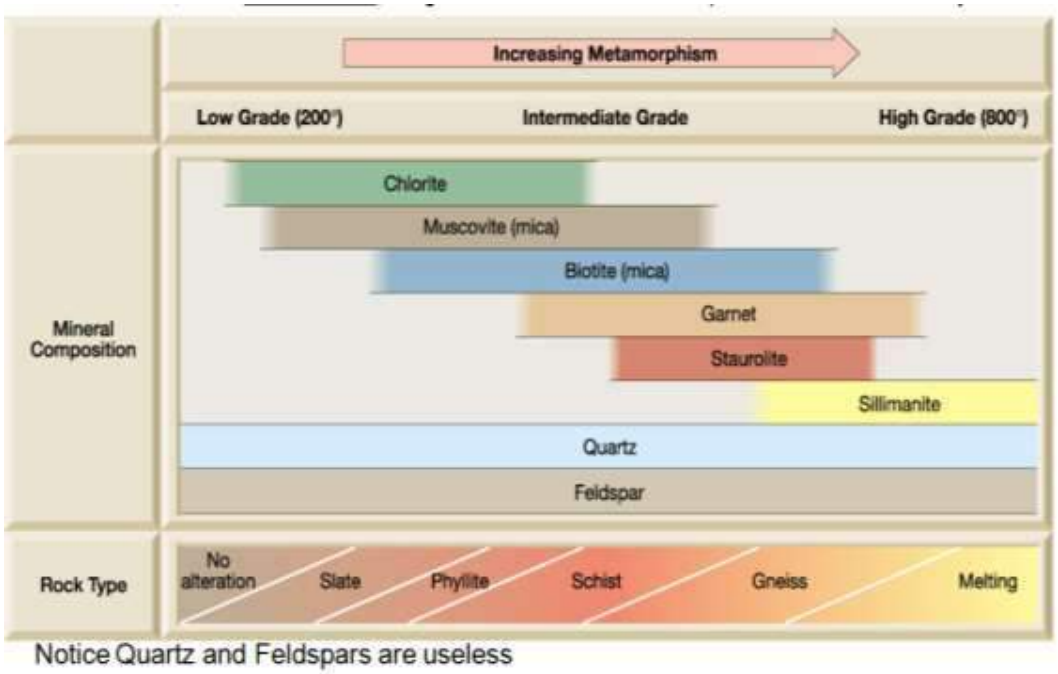
1- مثلا معدن Chlorite يكون مستقر في درجات الحرارة المنخفضة اي في مرحلة التحول الواطي low grade .

2- معدن Biotite يكون مستقر في درجات الحرارة المتوسطة اي في مرحلة التحول المتوسط medium grade .

3- معدن silliminate يكون مستقر في درجات الحرارة العالية اي في مرحلة التحول العالي high grade .

4- معدن الكوارتز و Feldspar يكون مستقر في مديات واسعة من درجات الحرارة ولذلك لايمكن ان تستخدم كمعادن دالة في تحديد درجة التحول .

المعادن الدالة Index Mineral في الصخور المتحولة التي تعطي فكرة على درجة التحول



Notice Quartz and Feldspars are useless

اهم الصخور المتحولة

[1] من أنواع الصخور المتورقة

1- الاردوازSlate: وهي صخرة سوداء إلى رمادي غامقة ذات تورق دقيق (مجهري) بحيث يكون رقائق منتظمة بفعل الضغط الاتجاهي – يسهل فصلها عن بعضها البعض باليد بسب Slaty cleavage ناعمة الحبيبات وتتكون نتيجة التحول الواطئ low grade من انواع التحول الاقليمي ذي الضغط الاتجاهي.

والصخور الأم هي الصخور الطينية مثل حجر الطين والطفل واهم المعادن المكونة لها هي المعادن الطينية والمايكا مثل المسكوفايت والبايوتايت بالاضافة إلى الكلورايت (وهي معادن رقائقية).

Slate

2- الفيللايتphyllite : وهي شبيهة جداً بالاردواز Slate الا ان حبيباتها اكبر قليلاً وتتكون نتيجة التحول الواطئ ايضاً وهو تحول اقليمي.

3- النضيد او الشست schist : وهي صخرة متحولة نتيجة التحول الاقليمي المتوسط إلى العالي الشدة، فيها تورق شديد الوضوح يمكن بالعين المجردة ويسمى بالتورق الشستوزيschistose حيث تكون المعادن الرقائقية فيها مصطفة بشكل متواز او شبه متواز وبالتعاقب مع معادن فاتحة اللون.

الصخرة الأم هي صخور نارية حامضية مثل الكرانايت او صخور رسوبية فتاتية مثل الحجر الرملي غير النقي وكلاهما يحتويان على معادن الكوارتز والفلدسبارات والمايكا وهي نفس مكونات الشست مضافاً اليها معادن متحولة جديدة مثل (الكاياناية او السليمينايت او الكارنت) وتسمى حسب وفرة المعادن فيها مثل: الكاياناية– شست ، المايكا شست السليمينايتشست والكارنت شست.

Schist - Metamorphic Rock Types

Schist

4- النايس Gneiss :

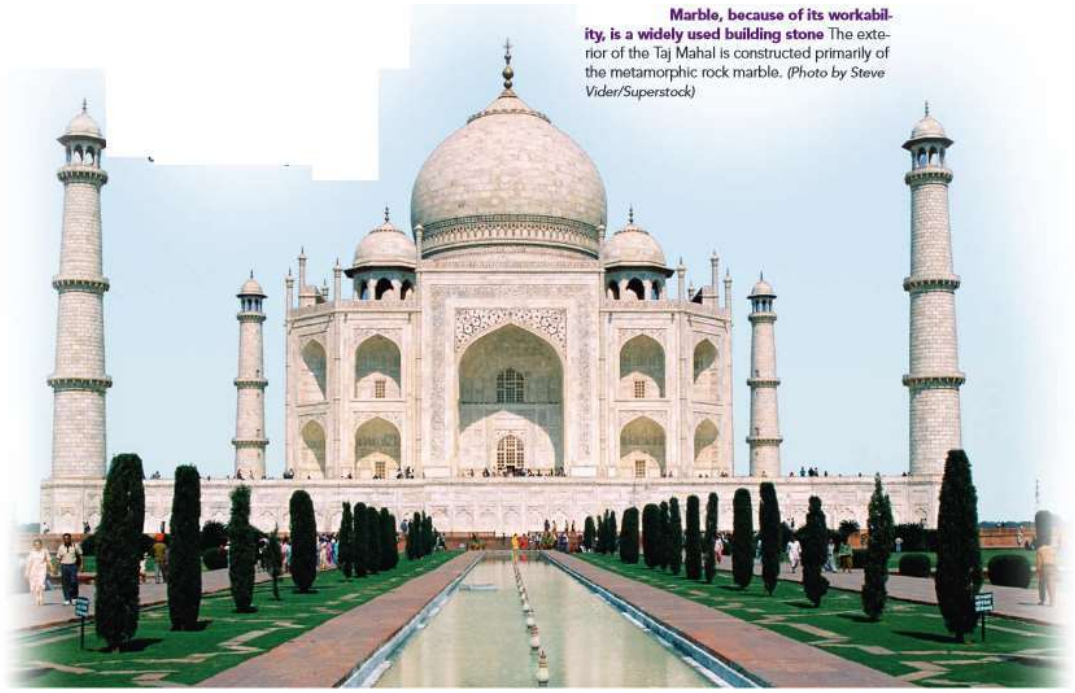
صخرة متحولة نتيجة التحول العالي من التحول الأقليمي. حجم حبيباتها خشن ويكون التورق فيها على شكل احزمة Banded عريضة قليلة الانتظام نسبياً، والمسافة بين كل حزمتين من المعادن الرقيقة اكبر مما في الشست بسبب الغلبة للمعادن غير الرقائقية وهي الكوارتز الفلدسبارات التي تكون نسبتها اقل في الشست.

صخرة النايس المتحولة تشبه صخرة الكرانايت النارية من حيث المكونات المعدنية إلى حد كبير إلا ان الأولى تمتلك صفة التورق على شكل حزم.

[2] من انواع الصخور غير المتورقة

1- **الرخام أو المرمر Marble :** صخرة متحولة غير متورقة نتيجة التحول التماسي لنوع محدد من الصخور الرسوبية الكيميائية وهو (Limestone) او الدولومايت تتكون صخرة الرخام في الانطقة الضيقة المحيطة بالأجسام النارية وتتكون من معدن الكالسايت كلياً والتي تتميز بكونها ذات تبلور جيد وخشنة الحجم قياساً بالصخرة الأم الناعمة الحبيبات التي عانت من عملية أعادة تبلور التي تسبب انعدام المسافات البينية وتماسك البلورات بشكل جيد مما يجعلها صخرة صلبة ومناسبة جدا للبناء .

قد نجد معادن أخرى في صخرة الرخام اعتماداً على المعادن التي تعد كشوائب في الصخرة الأم مما يعطي لصخرة الرخام الناصعة البياض الواناً داكنة وملونة على هيئة عروق او بقع تعطي جمالية خاصة للرخام المستخدم في البناء.



Marble, because of its workability, is a widely used building stone The exterior of the Taj Mahal is constructed primarily of the metamorphic rock marble. *(Photo by Steve Vider/Superstock)*

2- **الكوارتزايتQuartzite :** صخرة متحولة غير متورقة تتكون بصورة كلية من معدن الكوارتز (الحجر الرملي). نوع التحول حراري او احياناً اقليمي مع ضغط هيدروستاتيكي الصخور الأم هي رسوبية رملية نقية تكون عادة بيضاء اللون جيدة التبلور ومتماسكة بشكل كبير وصلبة جداً بسبب علمية اعادة التبلور Recrystalization .

Quartzite: Metamorphic Rock -

الرواسب والصخور الرسوبية

تغطي الصخور الرسوبية حوالي ٧٥ في المائة من سطح الارض إلا أنها تمثل ٥ بالمائة من حجم الصخور المكونة للقشرة الأرضية. وتتكون هذه الصخور نتيجة لثلاث عمليات رئيسية هي التجوية (weathering) والنحت او الحت (erosions) بواسطة النقل (Transportation) والترسيب (Deposition).

Weathering : تعتبر التجوية بمثابة عمليات تكسير وتغيير للمواد الصخرية القريبة من سطح الأرض نتيجة لما تتعرض له من حرارة وضغط بالاضافة إلى وجود الماء والهواء وليست التجوية مقصورة على تفتت الصخور فحسب وإنما قد تؤدي أيضاً إلى تكوين معادن جديدة. تشمل التجوية كافة التغيرات التي قد تطرأ على الصخور عند تعرضها لعوامل الجو المختلفة وتأثيرات المياه اضافة إلى دور الاحياء العضوية organisms في هذه التغيرات

Erosion : النحت او الحت: إذا حصل نقل للمواد المتكسرة او الفتاتية الناتجة من عمليات التجوية. ان عوامل النقل للمواد الفتاتية تشمل الماء، الهواء، الجليد بالاضافة إلى قوى الجذب.

تسبب التجوية عادة زيادة في حجم الصخرة وتقليل كثافتها وبالنتيجة تقليل قوة احتمال الصخرة.

وعلى هذا الاساس فالصخور الرسوبية تتكون لتفتت الصخور التي سبق تكوينها ثم ترسيب المواد الناتجة في مكان جديد بواسطة عوامل النقل كالانهار والثلاجات او الرياح تحت ظروف اعتيادية من ضغط وحرارة.

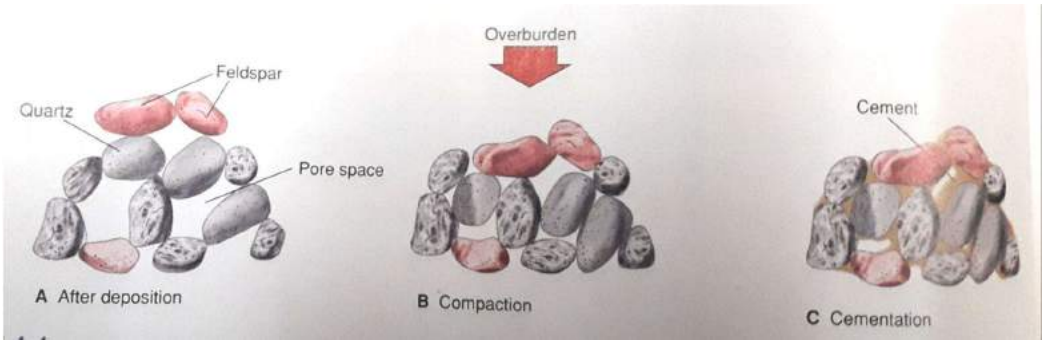
وهذه الرواسب تتكون على هيئة طبقات متعاقبة (الاقدم تحت الأحدث) وتختلف في السمك وحجم الحبيبات المكونة لها بحيث يمكن تميز سطوح فاصلة لكل من هذه الطبقات.

Sediment : تطلق كلمة راسب عادة على أي مادة صلبة كانت في الأصل معلقة او ذائبة في سائل ثم ترسبت وتراكمت في القاع بعد اعطائها الوقت الكافي لذلك فالاملاح التي تتركها المياه بعد تبخرها يطلق عليها رواسب والرمال التي تحملها الرياح إذا تراكمت على سطح الارض تسمى رواسب والمواد التي تفرزها الحيوانات والنباتات إذا تراكمت على بعضها فهي ايضاً رواسب.

هنالك عدة طرق لتماسك الرواسب وتحولها إلى الصخور الرسوبية (cementation or lithification consolidation) صلبة وقوية ويعتمد قوة وصلابة الصخور على طريقة التصلب والعوامل التي ساعدت على هذا التصلب وأهمها:

١- ترسب بعض المواد بين حبيبات الراسب (اللصق) (cementation)

ان المياه الجوفية وكذلك السطحية منها تحوي املاح معدنية مذابة فيها وأهم هذه الأملاح كاربونات الكالسيوم وأكسيد السيليكون وبعض أكاسيد الحديد عند مرورها بين المسامات الموجودة بين هذه الأجسام المفككة تترسب بعض الأملاح من محاليلها وتستقر بين هذه الاجزاء فتعمل على تماسكها بحيث تكون كمادة السمنت الذي يعمل على تماسك ذرات الرمل والحصى وقد يطلق عليها المادة اللاحمة كالصخر إذا كانت ظاهرة فيه مثلاً الحجر الرملي الذي تتماسك حبيباته بواسطة مواد حديدية ذات اللون الأحمر يسمى (الحجر الرملي الحديدي) (Ferrigenous sand stone)



٢- التماسك بالضغط الواقع على الراسب (Compaction)

ان الثقل الناتج من تراكم الرواسب فوق الرواسب الموجودة اصلاً يسبب ضغط الحبيبات هذه الرواسب الأخيرة وتقليل الفراغات بينها وطرد الماء الموجود في مساماتها فتجف وتتماسك وتتصلب وتصبح صخراً صلباً بعد مرور الزمن. وكذلك الضغوط الجانبية الناتجة من الحركات التي تحصل في القشرة الارضية تسبب زيادة بالضغط على الرواسب المتراكمة وتؤدي إلى تماسكها وتصلبها.

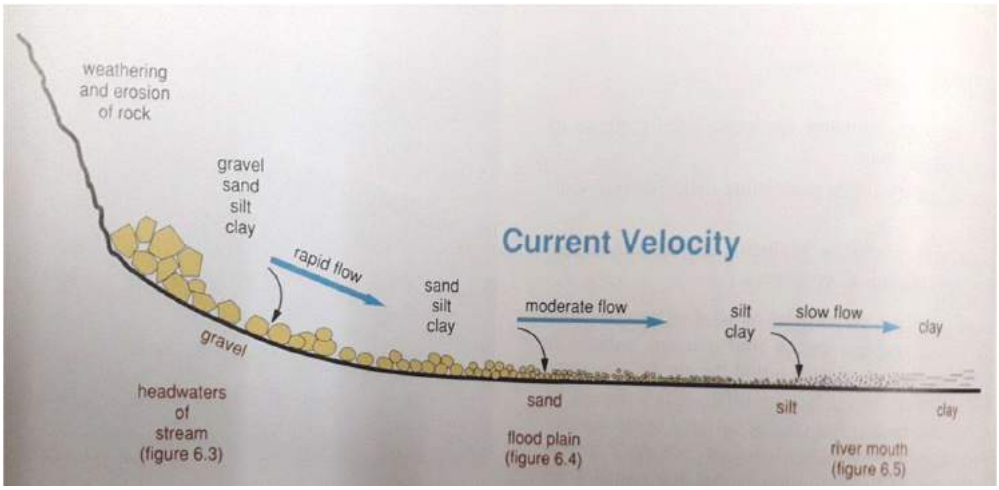
٣- تزداد درجات الحرارة كلما زاد العمق وكذلك في حالة صعود المكما Magma إلى أعلى بالالتقاء مع رواسب معينة بالتماس او قربها من المواد المترسبة يؤدي إلى تماسكها وتصلبها.

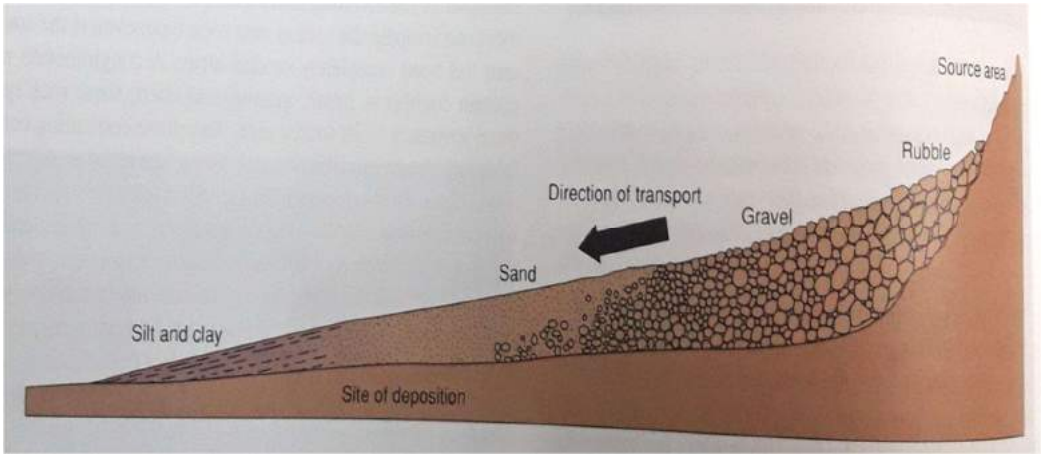
النقل Transport of minerals

تحمل المواد الفتاتية من على اليابسة إلى البحار والمحيطات بعوامل النقل الطبيعية. ففي بعض الأحيان تتحرك المواد المفككة والمتهشمة بتأثير الجاذبية الارضية على سفوح التلال والجبال أو قد تحمل بواسطة الرياح أو الثلاجات أو بواسطة الانهار والروافد.

وبعد ان يقوم كل عامل من عوامل النقل بحمل المواد من محل إلى آخر تحدث العملية التالية وهي الترسيب (Sedimentation) وتعتمد توعية المواد المترسبة على العامل الذي يقوم بعملية النقل حيث تتميز المواد المنقولة بواسطة الجاذبية الارضية وبواسطة الثلاجات باحجامها واشكالها المتباينة. اما المواد المنقولة بواسطة الرياح والمياه فيظهر فيها التدرج من حيث الشكل والحجم فعندما تخف سرعة الرياح والمياه تقل فيها طاقة الحمل والنقل وبذلك تترسب المواد الكبيرة والخشنة اولاً، اما الاجزاء الناعمة والصغيرة الحجم فتحمل إلى مسافات بعيدة جداً في مياه البحار والمحيطات.

ويستدل من المواد المترسبة فكرة واضحة عن سرعة التيار التي كانت عليها الرياح والمياه التي قامت بعملية النقل. فكلما كانت المواد المترسبة صغيرة كلما كانت سرعة الرياح وجريان الانهار بطيئة. ومن دراسة حجوم الفتات الذي يكون الترسبات والطريقة التي تماسكت فيها هذه الاجزاء تتكون عندنا فكرة واضحة عن المحيط او البيئة التي تم الترسيب فيها.

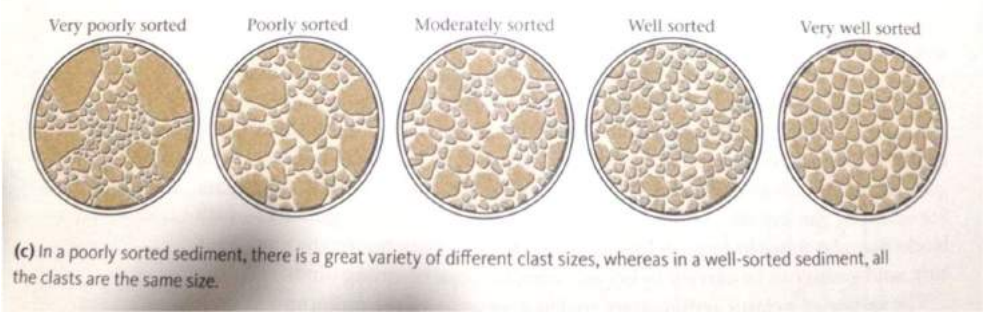




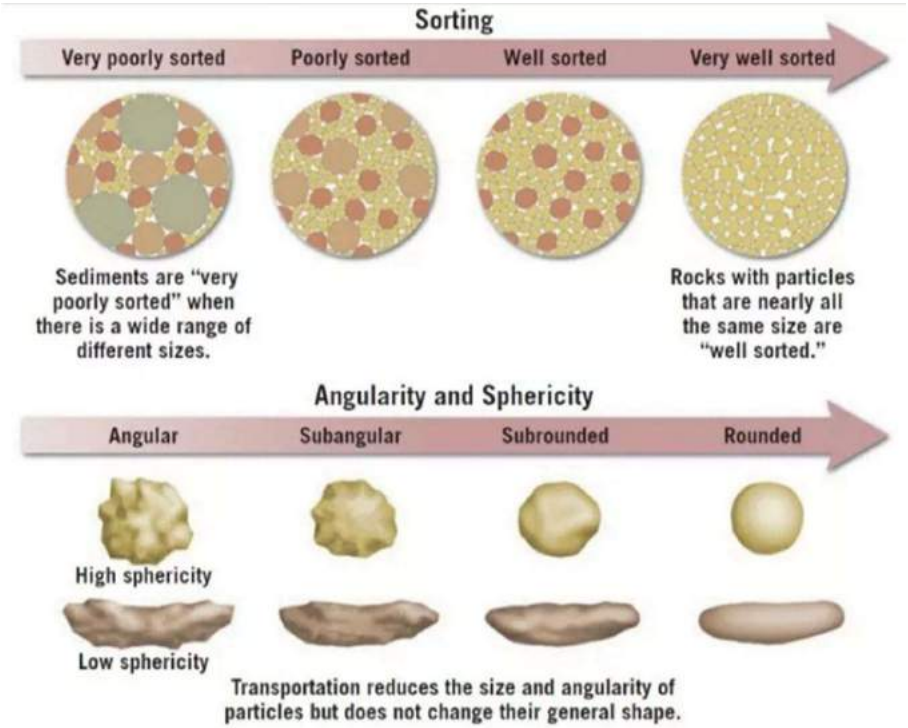
Rounding : تدوير أو استدارة الحبيبات : هي طحن وجرش للزوايا الحادة لحبيبات القطع الصخرية اثناء النقل تحدث في الرمل والحصى بواسطة الانهار أو الأمواج تسبب ارتطام وحك الاجزاء الواحدة مع الاخرى فكلما انتقلت بعيداً عن المصدر قلت الزوايا الحادة للحبيبات.

الفرز Sorting : هي عملية فرز الحبيبات الرسوبية وانفصالها طبقاً إلى حجم الحبيبات (او شكل الحبيبات او وزنها النوعي) بواسطة النقل وخاصة في المياه الجارية ففي الرسوبيات الجليدية يكون عامل الفرز ضعيف بسبب اللزوجة العالية وجميع الرسوبيات تترسب في مكان واحد وتتكون من مزيج من الطين والغرين والرمل والحصى وهذا يسمى (Very poor Sorting) أما عندما تكون جميع الحبيبات تقريباً نفس الحجم في الانهار مثلاً فهو عامل فرز جيد يفصل الرمل عن الحصى والغرين والطين من الرمل وهذا يسمى (Well sorting أو good sorting)

الشكل يبين الفرز للرسوبيات بواسطة النهر حسب سرعة التيار من السريع إلى المتوسط وإلى البطيء.



(c) In a poorly sorted sediment, there is a great variety of different clast sizes, whereas in a well-sorted sediment, all the clasts are the same size.



التجوية الكيميائية Chemical weathering

تشمل التجوية الكيميائية عمليات معقدة تتغير فيها البنية الداخلية للمعادن بواسطة اضافة او ازالة بعض العناصر ويعتبر الماء من أهم عوامل التجوية الكيميائية الذي يساعد على تحلل المواد وإذابتها منها وهي:

١- الاذابة Solution :

وهو ذوبان المعادن المكونة للصخور إما بواسطة الأمطار أو المياه الجوفية. ان معظم المعادن يمكنها ان تذوب بدرجات متفاوتة في الماء إذا كان هذا الماء حاوياً على بعض المواد الكيميائية النشطة.

هنالك القليل من المعادن التي تذوب ذوباناً بسيطاً في الطبيعة مثل الصخر الملحي (rock salt) حيث يذوب بالماء النقي بسهولة.

أما السليكا فهي لا تذوب بالماء النقي ولكنها تذوب إلى حد ما في المياه القلوية. ان الأحماض الضعيفة الناتجة من ذوبان ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) الموجود في الجو تهاجم بشكل خاص الحجر الجيري والصخور الكاربونية وتذوب المناطق الرخوة محدثة تجاويف مختلفة في الصخور. حيث يساعد وجود ثاني اوكسيد الكاربون في الماء على تكوين بيكاربونات الكالسيوم القابلة للذوبان.

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

الحجر الجيري	ماء	ثنائي اوكسيد الكاربون	بيكاربونات الكالسيوم (مذاب)

عادة يكون الماء الطبيعي مختلطاً ببعض الأحماض العضوية التي تنشأ من تحلل المواد النباتية حيث تزيد هذه الاحماض قدرة المياه على اذابة المعادن فأكاسيد الحديد وأكاسيد الألمنيوم اكثر ذوباناً في المياه المختلطة منها في المياه النقية.

٢- التحلل المائي Hydrolysis

للماء فعالية كبيرة في اتمام عمليات التحلل المائي. حيث يتحد الماء مع غاز ثاني اوكسيد الكاربون والمعادن السليكاتية ومنها تستطيع ايونات الهايدروجين من تخلل التركيب البلوري للسليكات وتفتتها وبذلك تكون مركبات جديدة ابسط تركيباً من السليكات الاصلية ومن أمثلة عملية التحلل المائي في تجوية المعادن السليكية هي عملية تحويل الفلسبار (مثل

الاورثوكليس إلى كاؤولينايت kaolinite والكاؤولين احد المعادن الطينية المنتشرة في الطبيعة وتعرف هذه العملية لتحول الفلسبار البوتاسي إلى كاؤولينايت باسم kaolinitization.

٣- التكربن Carbonation

ان ثاني اوكسيد الكاربون الموجود في الجو يتحد مع الماء ليكون حامضاً خفيفاً هو حامض الكاربونيك H_2CO_3

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$$

ويؤثر هذا الحامض على الصخور الجيرية ويؤدي إلى اذابتها

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

بيكاربونات الكالسيوم

حيث ان بيكاربونات الكالسيوم لها القابلية على الذوبان في الماء وبذلك يؤدي فعل حامض الكاربونيك على الصخور الجيرية إلى ذوبانها وارتشاحها.

كذلك يتفاعل ثاني اوكسيد الكاربون مع نواتج الفلدسبار وكثير من السليكات الأخرى المعقدة ليكون كاربونات وبيكاربونات العناصر القاعدية لهذه السليكات.

٤- التميؤ Hydration

وهي عملية امتصاص جزيئات الماء من قبل المواد حيث يؤدي ذلك إلى اضافة جزء او عدد جزيئات من الماء إلى التركيب البلوري للمعدن. ان تحول الانهيدرايت $CaSO_4$ إلى جبس $CaSO_4 , 2H_2O$ مثال لهذه العملية

$$CaSO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 2H_2O$$

الجبس ماء انهيدرايت

وهذا يفسر كثرة وجود الجبس في مكاشف الصخور نتيجة لتأثرها بالغلافين الجوي والمائي، أما الانهيدرايت فيوجد معظمه في الصخور التحت سطحية.

يؤدي التميؤ زيادة في الحجم وهذا عامل مهم في تفكك وتحلل الصخور. ان غالبية التميؤات المهمة تحدث في سليكات الألمينيوم عندما تكون هذه السليكات في حالة عالقة colloidal state.

٥- الاكسدة Oxidation

وهي عملية اتحاد الاوكسجين الحر مع بعض العناصر او المركبات ويوجد الاوكسجين في الهواء الجوي بنسبة ٢١% وهو يذوب بالماء. والاكسدة اكثر سرعة في المناخ الرطب والحار، ولهذا تكون اكثر نشاطاً وتأثيراً على الصخور في المناطق الاستوائية.

ينتج عنها انواع من التربة تعرف باسم اللاتيرايت Laterite والتي تمتاز بلونها الاحمر لارتفاع نسبة اكاسيد الحديد وكذلك البوكسايت Bauxite وهي ذات لون اصفر أو ابيض لانخفاض نسبة الحديد وارتفاع نسبة الألمينيوم فيها تحدث عملية الأكسدة أما بطريقة عضوية (بواسطة البكتريا) او بطريقة غير عضوية ومن الأمثلة على الأكسدة بالطرق العضوية وجود التربة ذات اللون الأحمر والتي تأكسدت من الحديدوز الموجود على شكل هيماتايت Fe_2O_3 ومن الاكسدة غير العضوية تأكسد معدن البايرايت pyrite FeS_2 وذلك لاتحاد الحديد الموجود فيه مع الاوكسجين ويتكون بهذه العملية معدن جديد هو الليمونايت Lemonite $Fe_2O_3NH_2O$ ويتحرر الكبريت الذي يتحد بدوره مع الماء ليعطي محلول ضعيفاً من حامض الكبريتيك H_2SO_4.

Bauxite **Laterite**

مقاومة وثباتية المعادن للتجوية Minerals susceptibility

عندما تتعرض الصخور للتجوية فإن المعادن المكونة للصخور تتحلل بدرجات متفاوتة. ففي المعادن المكونة للصخور النارية تجد ان معدن الكوارتز هو الأكثر مقاومة للتجوية بنوعيها الكيمائي والميكانيكي.

أما اقل المعادن مقاومة للتجوية فهي معادن سليكات الحديد والمغنيسيوم ذات اللون الغامق مثل الاولفين والبايروكسين والتي تتحول إلى معادن طينية من مجموعات (المونتمرولونايت والأيلايت)

أما معادن الفلدسبار Feldspare فإنها تتأثر بسهولة بعوامل التجوية الكيمائية منتجاً المعادن الطينية وخاصة الكاولينايت kaolinite كما في الشكل

حيث ان المعادن السليكية التي تتبلور من الصهير في درجات حرارة أعلى تكون اقل ثباتاً تجاه عمليات التجوية الكيميائية من المعادن السلكاتية التي تتبلور من الصهير في درجات حرارة اقل.

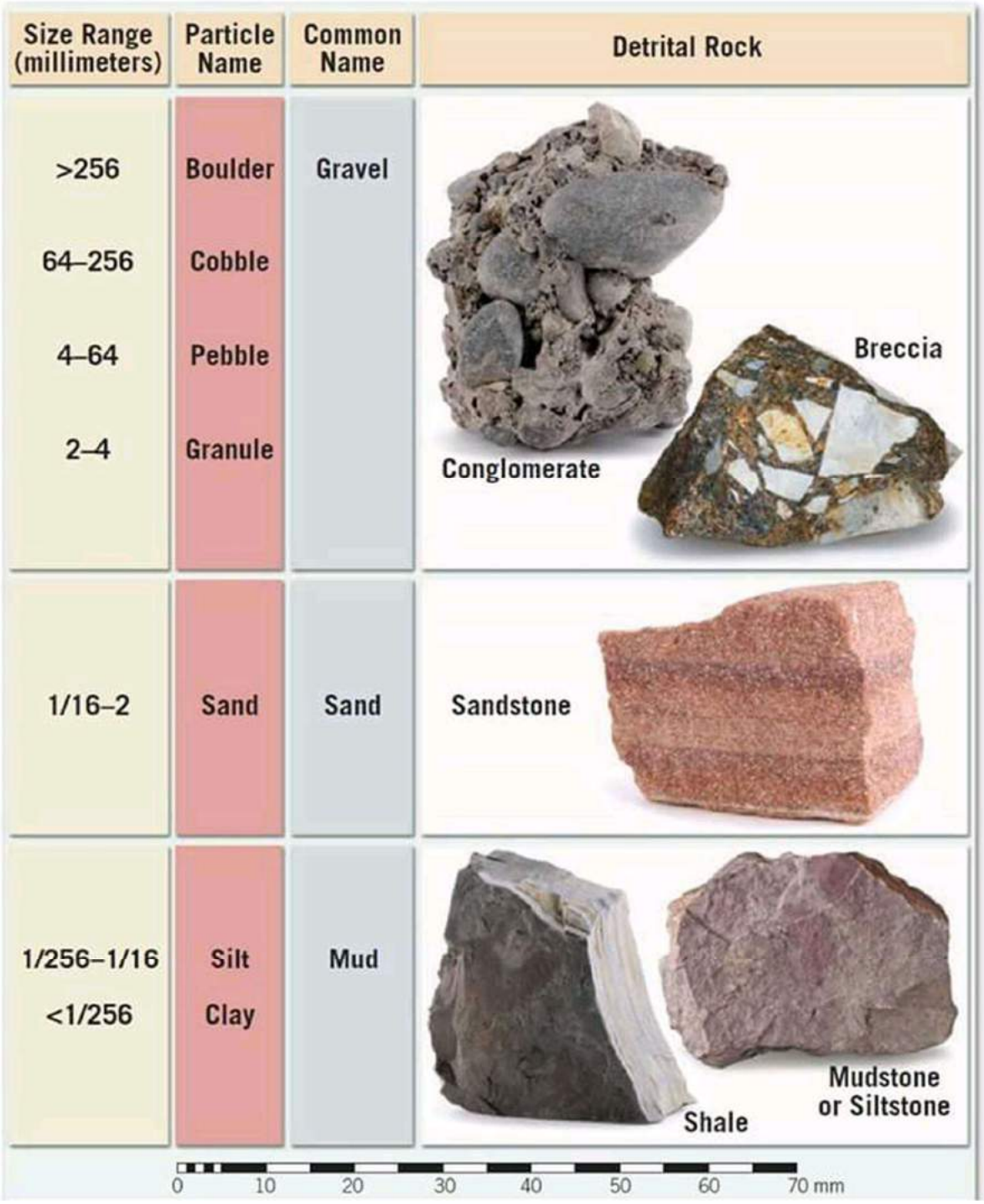
اما في الصخور المتحولة فالمعادن المتواجدة مثل معدن الكارنت garnet والتالك Talk والسربنتين serpentine فهي اكثر ثباتاً امام التجوية حتى من الكوارتز. اما مكوناتها المعدنية الأخرى فهي كذلك تتعرض للتجوية مكونة المعادن الطينية واكاسيد الحديد (هيماتايت وليمونايت) تشابه الصخور النارية اما في الصخور الرسوبية فمعدن الكالسايت وهو المعدن الرئيسي للحجر الجيري فلا يبقى منه شيء إذا كان المعدن نقياً ويبقى من الحجر الجيري بعض الكوارتز ومعادن طينية وهيماتايت. كما في الشكل

Table 6.2 Stability of Common Minerals under Weathering Conditions Compared with Bowen's Reaction Series

STABILITY OF MINERALS	RATE OF WEATHERING	BOWEN'S REACTION SERIES
Most stable	**Slowest**	
Iron oxides (hematite)		
Aluminum hydroxides (gibbsite)		**Last to crystallize**
Quartz		Quartz
Clay minerals		
Muscovite mica		Muscovite
Potassium feldspar (orthoclase)		Orthoclase Albite
Biotite mica		Biotite
Sodium-rich feldspar (albite)		Plagioclase feldspars[2]
Amphiboles		Amphibole
Pyroxene		Mafic minerals[1] Pyroxene
Calcium-rich feldspar (anorthite)		Anorthite
Olivine		Olivine
Calcite		[1] Discontinuous crystallization series
Halite		[2] Continuous crystallization series
Least stable	**Fastest**	**First to crystallize**

أنسجة الصخور الرسوبية:

وهي كثيرة منها حجم الحبيبات Grain size لأهميتها الخاصة فقد أعطى العالم وينتوورث wintworth عام ١٩٢٢ مقياساً بسيطاً لحجم الحبيبات المكونة للصخور الرسوبية او للرواسب وهذه الاحجام الأكثر استخداماً هي كالآتي:



Texture (grain size)		Sediment Name	Rock Name
Coarse (over 2 mm)		Gravel (rounded fragments)	Conglomerate
		Gravel (angular fragments)	Breccia
Medium (1/16 to 2 mm)		Sand	Sandstone
Fine (1/16 to 1/256 mm)		Silt	Siltstone
Very Fine (less than 1/256)		Clay (also known as Mud)	Shale (if stratified) Mudstone (if non-stratified)

تصنف الصخور الرسوبية من حيث نشأتها إلى:

١- صخور رسوبية فتاتية النشأة (ميكانيكية) Clastic sedimentary R

مكونة من فتات صخور أخرى انفصلت عن بعضها بسبب عمليات التجوية الميكانيكية ولم تتعرض لتغيرات كيميائية ثم تحجرت من جديد والتصقت ببعضها بفعل الضغط ومن انواعها:

[١] الكونجلوميريت Conglomerate : وهي صخور تكونت من شظايا صخور تعرضت للتآكل وانتقلت بعيداً عن مصدرها مما يساعد على استدارة حبيباتها التي تكون بحجم حبات البازلاء او اكبر قليلاً $2mm <$. وتسمى ايضاً (الجلاميد والحصى)

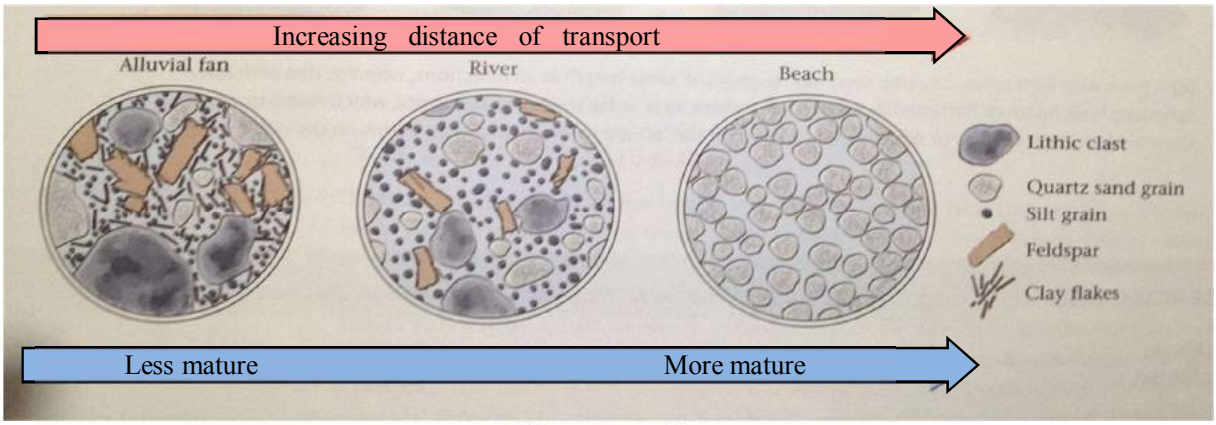
Conglomerate

[٢] البريشيا Breccia : تختلف عن السابقة بأن حبيباتها حادة الزوايا مما يدل على ان الصخر ترسب بالقرب من مصدره الأصلي وحجم حبيباتها بحجم السابقة $2mm <$ وتوجد عادة في المناطق الصدع.

Breccia

[٣] الحجر الرملي Sandstone : تتكون من حبيبات رملية يتراوح قطرها بين $(2 - \frac{1}{16})$ ملم وتتكون على العموم من الكوارتز بشكل اساسي وتكون حبيباتها مستديرة ذات لون فاتح تسمى حجراً رملياً ناضجاً (Mature)، وبعضها يتكون من عدة انواع من المعادن بالاضافة إلى الكوارتز وحبيباتها ذات زوايا حادة ورديئة الفرز تسمى حجراً رملياً غير ناضج مثل الجرواق (Graywackes) ويظهر بألوان غامقة اللون ناتج من تفتت الصخور القاعدية، أما الأركوز (Arkose) فألوانه فاتحة ناتج من تفتت الصخور الحامضية.

Graywacke **Arkose** **Sandstone**



Mature sediment

[٤] صخور الغربين Slitstone : تتكون من فتات صخور صغيرة الحجم حبيباتها أنعم من الرمل وأخشن من الطين $(\frac{1}{16} - \frac{1}{256})$ ملم.

Siltstone

[٥] حجر الطفل او حجر الطين الصفحي Claystone : shale : يظهر بألوان مختلفة الأحمر والبني والأسود وذلك اعتماداً على مكوناتها من اكاسيد الحديد والمواد العضوية ويميل هذا النوع للانقسام إلى قطع مسطحة نوعاً ما وتكثر فيه الأحافير وتوجد في قاع البحيرات غالباً او المحيطات. يتراوح حجم حبيبات الطين $(< \frac{1}{256})$ ملم.

Shale

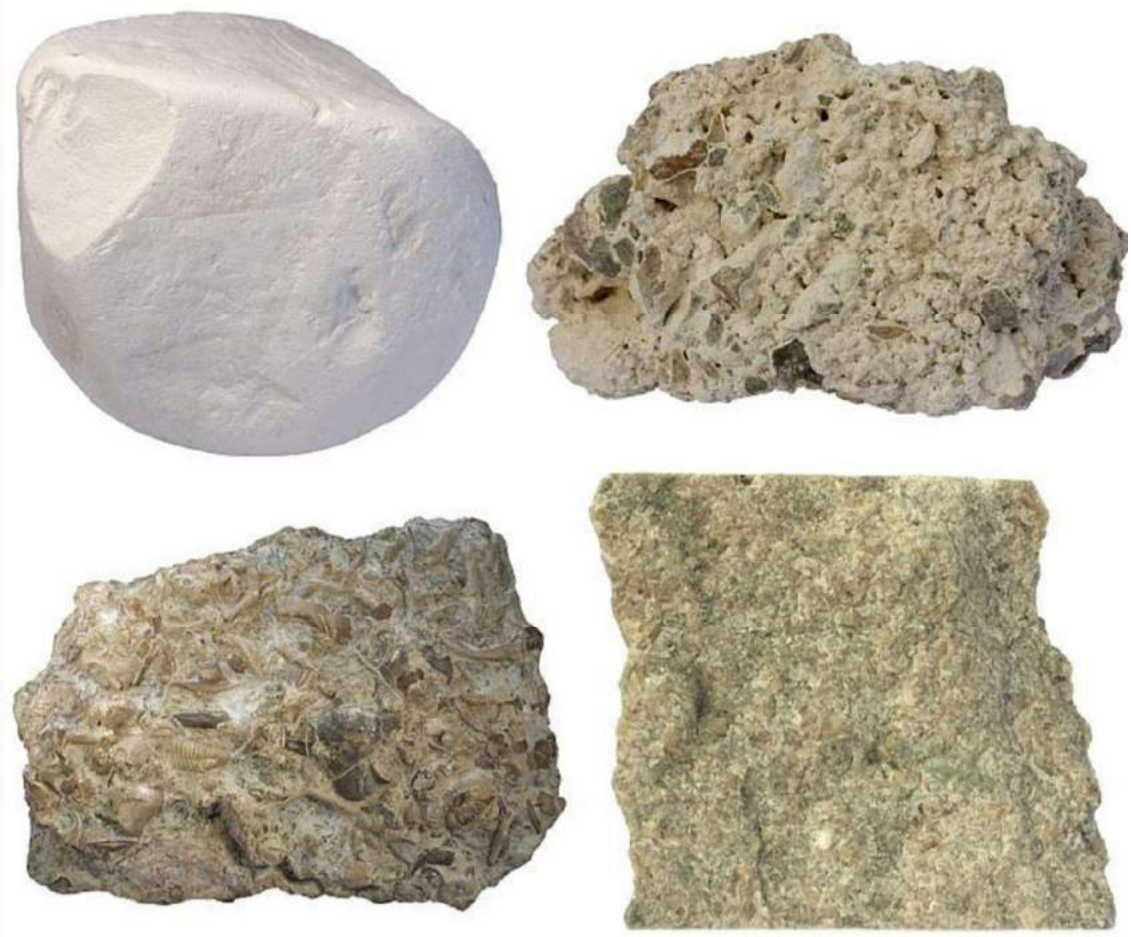
وتكون حبيبات الصخور الرسوبية الفتاتية متلاصقة مع بعضها البعض بمادة رابطة أما جيرية (كلسية) او سليكاتية او اكاسيد الحديد.

٢- الصخور الرسوبية الكيميائية

(Non – Clastic) Chemical sedimeutary Rocks

تتكون هذه الصخور عندما تتبخر المياه في الأراضي القاحلة وتخلف ورائها المعادن الذائبة ومن الامثلة عليها:

[١] الحجر الجيري أو حجر الكلس Limestone : يتكون من معدن الكالسايت بشكل رئيس وقد يحتوي على بعض الشوائب من معادن أخرى وذو الوان تتراوح بين الرمادي الفاتح والغامق والبني ويترسب معدن الكالسايت من مياه البحار والى حد ما البحيرات.



Limestone

ومن انواع الحجر الجيري الكيميائي ما يلي:

أ- الترافرتين Travertine: الكالسايت الحديث المترسب في الينابيع العذبة.

Travertine

ب- المتدليات أو الهوابط Stalctite والصواعد Stalagmite : في بيئة الكهوف تبدأ المياه المتغلغلة إلى اسفل عبر الشقوق بترسيب كاربونات الكالسيوم والتي تأخذ اشكالاً متعددة تتدلى من سقوف الكهوف (الهوابط) وقد يكون ترسيبها بطيئاً إلى درجة ان القطرات المائية الواصلة إلى قاع الكهوف تترسب فوق بعضها البعض لتشكل اعمدة من الرواسب الكلسية المستدقة في اطرافها العليا (الصواعد).

[٢] صخرة الدولومايت Dolomite : تتكون من معدن الدولومايت بدلاً من الكالسايت ومعدن الدولومايت $CaMg(CO_3)_2$ يتكون بطريقة الاحلال الايوني لعنصر المغنيسيوم محل عنصر الكالسيوم ولكن ليس كاملاً.

Dolomite

[٣] الصخور السليكية Siliceous. R : وهي صخور متكونة اساساً من السليكا SiO_2 من حيث تركيبها الكيميائي، وهي غالباً غير متبلورة. من اهمها حجر الصوان (Chert) ذو اللون الرصاصي والفلنت (Flint) ذو اللون الرصاصي الغامق أو الأسود قد تترسب السليكا المكونة لهذه الصخور من المياه مباشرة او نتيجة الاحلال الايوني محل مكونات اخرى وتكون جميع انواع الصخور السليكية صلبة جداً وشديدة التماسك وغير متبلورة.

Flint

Chert

[٤] الصخور التبخرية (او المتبخرات) Evaporites : تتكون بعد حصول تبخر كامل للمياه الحاوية للايونات الذائبة لذلك سميت بالمتبخرات وتتكون كآخر مرحلة من الترسيب الكيميائي لكون الايونات الذائبة تبقى في المحلول الناقل لها وكذلك في بيئة الترسيب لان لها قابلية ذوبان عالية solubility ومن أهمها:

Evaporite

أ) **الملح الصخري Rock Salt :** او ما تسمى ايضاً صخرة الملح، وهي التي تتكون من معدن الهالايت Halite (Nacl) بشكل كامل. تتميز بطعمها المالح وتوجد بشكل طبقات ذات سمك كبير وغالباً ما تكون البلورات فيها واضحة. والملح هو آخر المتبخرات في التبلور والترسيب من محلول مياه البحر المتبخرة لامتلاك ايونات الصوديوم والكلور قابلية ذوبان أعلى من ايونات معدني الجبسوم والانهايدرايت.

Halite - Germany | Rocks and Gems |

ب) **صخرة الجبس Gypsum :** تتكون بشكل رئيسي من معدن الجبسوم $CaSO_4 2H_2O$ الحاوي على جزيئتي ماء. يترسب معدن الجبسوم كأول معدن عند تبخر مياه البحر وتحت ظروف معينة مكوناً طبقات سميكة من الجبس. تتمز بلونها الابيض.

Gypsum