الفصل الثالث

المعادن والصخور (Minerals and Rocks)

القسم الاول: المعادن Minerals

تتركب المعادن من مجموعة من العناصر. ومن المعروف بأن هناك اكثر من 100 عنصر موجود على سطح الارض. 80 عنصرا تعتبر عناصر مستقرة و الباقي إما إنقسامية أو مشعة. ومن بين تلك العناصر كلها هناك ثمان عناصر فقط تشكل 98% من مكونات القشرة الارضية وزنا. أما تلك العناصر فهي :-

الاوكسجين 47 % , السيليكون 27 % , الالمنيوم 8 % , الحديد 5 % , الكالسيوم 3.5 % , الصوديوم 2.6 % , البوتاسيوم 2.5 % , و المغنيسيوم 2 % .

التركيب الكيميائي للمعادن :-

تتركب المعادن من مجاميع كيميائية وهي كالآتي:-

اولا : مجموعة السيليكات (Silicates)

هناك نوعين رئيسيين لمجاميع السيليكات تبعاً للتركيب الكيميائي :-

أ- مجموعة السيليكات الحاوية على الحديد والمغنيسيوم (Fe_6Mg) او تسمى الفيرومغنيسيومية و التي تكون داكنة اللون وتشمل معدن (الاولفين , الاوجايت , الهورنبلند , و البايوتايت).

ب-مجموعة السيليكات الغنية بالصوديوم و الكالسيوم و البوتاسيوم و الالمنيوم والمعروفة بالمعادن القلوية وتكون فاتحة اللون وتشمل معدن (الاورثوكليز , البلاجيوكليز الصوديومي , والمسكوفايت)

كما و أن هناك نوع آخر من التصنيف للسيليكات يعتمد على ترابط مجاميع السيليكات (ذرة واحدة سيليكون مرتبطة بأربع ذرات اوكسجين) مع ايونات او ذرات من عناصر فلزية اخرى و يمكن اختصارها بالشكل التالي :-

1- مجموعة السيليكات ذات الوحدة الرباعية المنفصلة (الأولفين) Mg_2SiO_4 وتركيبه الكيميائي هو سيليكات الحديد و المغنيسيوم , وذلك لأنه قد يحل الحديد والمغنيسيوم بدلا من ذرتي الحديد.

2- مجموعة السيليكات ذات السلسلة الواحدة - Si_2O_6 - (الاوجايت) ويتكون هذا المعدن من مجاميع من الوحدات الرباعية السيليكونية المرتبطة في سلاسل احادية مرتبطة فيما بينها بإتجاه خطي و أن كل منها يشترك في ذرتين من الاوكسجين مع جيرانها. و يكون التركيب الكيميائي للاوجايت هو $CaMg(Si_2O_6)$

3- مجموعة السيليكات ذات السلسلة المزدوجة - Si_4O_{11} – (الهورنبلند) و الذي يتركب كيميائيا من $[Ca_2Mg_5Fe,Na(Si_4O_{11})(OH)_2]$ و هي عبارة عن سيليكات مائية للكالسيوم والحديد و المغنيسيوم.

4- مجموعة السيليكات ذات السلسلة الصفائحية – Si_4O_{10} – (المسكوفايت = المايكا البيضاء ,و البايوتايت= المايكا السوداء) وتنشأ من خلال ترتيب الوحدات الرباعية على هيئة ازواج مع ذرات الالمنيوم بينها. اما التركيب الكيميائي سيكون بالشكل الآتي :

معدن المسكوفايت ← المايكا البيضاء ← السيليكات المائية للبوتاسيوم ← $KAl_2(Si_3Al_{10})(OH)_2$.

معدن البايوتايت ← المايكا السوداء ← السيليكات المائية للبوتاسيوم و المغنيسيوم والحديد ← $K(Mg,Fe_2)_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$.

5- مجموعة السيليكات ذات الشبكات المجسمة (الكوارتز , الاورثوكليز , البلاجيوكليز) حيث ترتبط كل وحدة رباعية سليكونية في جميع الاركان الاربعة , و كل مجموعة تساهم بأربع ذرات من الاوكسجين.

ثانيا : مجموعة الاكاسيد (Oxides)

والتي تعني اتحاد ذرات الاوكسجين مع ذرات الفلزات كالحديد و القصدير وغيرها. و تشمل مجموعة من المعادن مثل:

- معدن الماكنتايت ← Fe_3O_4
- معدن الهمتايت ← Fe_2O_3
- معدن الليمنايت ← $FeO.nH_2O$

ثالثا : مجموعة الكبريتيدات (Sulfides)

و التي تعني اتحاد ذرات الكبريت مع ذرات الفلزات مثل :

- معدن الكالينا ← PbS
- معدن البايرايت ← FeS_2

رابعا : مجموعة الكبريتات (Sulfates)

وتنشأ من اتحاد ذرة كبريت بأربع ذرات أوكسجين مكونة الجذر السالب للكبريتات والذي يتحد بدوره مع الفلزات ليكون معادن الكبريتات , ومن امثلة ذلك :

- معدن الجبس ← $CaSO_4$-$2H_2O$
- معدن الانهايدرايت ← $CaSO_4$

خامسا : مجموعة الكاربونات (Carbonates)

وتنشأ من اتحاد ذرة كاربون بأربع ذرات أوكسجين مكونة الجذر السالب للكاربونات والذي يتحد بدوره مع الفلزات ليكون معادن الكاربونات , ومن امثلة ذلك :

- معدن الكالسايت ← $CaCO_3$
- معدن الدولومايت ← $(CaMg)(CO_3)_2$

سادسا : مجموعة الكلوريدات (Chlorides)

ةتنشأ من اتحاد الكلور او الفلور مع الفلزات لتكون المعادن الهالوجينية و من تلك المعادن :

- معدن الهالايت ← NaCl

سابعا : مجموعة الفوسفات (Phosphates)

وتنشأ من إتحاد جذر الفوسفات السالب $(PO_4)^{-2}$ مع احد الفلزات مثل الكالسيوم ومن تلك المعادن :

- معدن الاباتيت ← $Ca_3(PO_3)_2$

كيفية تشخيص المعادن

يعتمد تشخيص المعادن على معرفة الخواص التي من خلالها يمكن تحديد نوع المعدن , فهي اما خواص فيزيائية, كيميائية, مغناطيسية, أو غيرها من الخواص كدرجة الحرارة وأحيانا مذاقها او حتى رائحتها . ومن هذه الخواص :-

1- لون المعدن او لون مسحوقه :

تختلف المعادن بألوانها من معدن الى آخر وخصوصا اذا كانت هذه المعادن نقية. ففي حال وجود شوائب تدخل بتركيب هذه المعادن فإن لون المعدن الاصلي سيختلف , فمثلا ؛ الكوارتز النقي

يكون عديم اللون . و عندما يحتوي على اثر بسيط من التيتانيوم سوف يتحول لونه الى البنفسجي . أما في حالة إحتوائه على على المغنيسيوم يصبح لونه ورديا . لذلك فإن معدن الكوارتز يكون بعدة الوان مختلفة .

أما لون المخدش او المسحوق ففي بعض الاحيان يختلف عن لون المعدن نفسه فعلى سبيل المثال معدن الهمتايت قد يكون لونه رصاصيا او اسودا ولكن لون مسحوقه بني – أحمر

2- التشقق والمكسر :

التشقق : هي قابلية المعدن للكسر أو الانقسام ف إتجاهات معينة عندما يتعرض للكسر مما ينتج عنها اسطح ملساء تسمى اسطح التشقق فبعض المعادن تحتوي على اسطح تشقق بإتجاهين او ثلاثة . أما اذا كانت بإتجاه واحد فيكون التشقق غير كامل.

مكسر المعدن : هو الشكل الذي يكون عليه سطح المعدن عند كسره صناعيا بآلة حادة او بكسره بصورة طبيعية , فبعضها يكون مستويا أو خشنا أو منحنيا كما في الكوارتز.

3- اللمعان (البريق) :

وهوز كيفية انعكاس الضوء الساقط على المعدن . فبعضها يعكس الضوء الساقط على سطوح المعدن فتظهر ذات بريق فلزي , و الآخر يكسر او يشتت الضوء الساقط عليها وكأنها شبيهة بالزجاج , مثل المعادن اللا فلزية.

4- الصلابة :

هي قدرة المعدن على مقاومة الحك حيث تقاس الصلابة بمقياس موهر, وهو مقياس يتألف من عشر معادن مرتبة من الاقل صلابة (التلك) الى الاكثر صلابة (الالماس) بترتيب نسبي يبدأ من رقم (1) و ينتهي بالرقم (10). أما عن كيفية معرفة صلابة المعدن , فنبدأ بخدش المعدن المراد معرفة صلابته بأقل المعادن صلابة في جدول موهر حتى نصل الى المعدن الذي لا يحدث حزا او خدشا بالمعدن المطلوب معرفة صلابته.

5- الوزن النوعي :

وهو عبارة عن النسبة بين وزن حجم معين من المعدن في الهواء الى وزن نفس الحجم من الماء , وكما يأتي ؛

$$\text{النوعي الوزن} = \frac{\text{وزن المعدن في الهواء}}{\text{وزن المعدن في الهواء} - \text{وزن المعدن مغمور بالماء}} = \frac{\text{وزن المعدن في الهواء}}{\text{وزن الماء المزاح}}$$

6- الشكل البلوري للمعدن

البلورات هي عبارة عن اجسام صلبة ذات أشكال هندسية منتظمة محدودة بواسطة اوجه مسطحة وزوايا بين تلك الاسطح و الاضلع المكونة لها , وان سبب اختلاف شكل البلورات الداخلية الواحدة عن الاخرى يرجع الى ان البلورات تتألف من مجموعة من الذرات تترتب بأشكال هندسية مختلفة , وبإختلاف تركيب المعادن الواحدة عن الاخر فإن شكل البلورات سيكون مختلف ايضا .

تقسم المجاميع البلورية الى ستة اقسام حسب اطوال محاور البلورات و مستوياتها و كذلك الزوايا المحصورة بين اضلع تلك السطوح وكما يلي (شكل (3-1)) :-

1- المجموعة المكعبة . 2- المجموعة الرباعية. 3- المجموعة المعينية القائمة.

4- مجموعة احادي الميل. 5- المجموعة السداسية. 6- المجموعة ثلاثية الميل.

7- الخواص الاخرى للمعادن

السلوك المغناطيسي : قابلية المعدن للإستقطاب او الانجذاب الى احد الاقطاب و تنافره مع القطب الاخر.

المقاومة الكهربائية للمعادن : اما تكون موصلة او غير موصلة او شبه موصلة

بعض الفلزات ← موصلات جيدة للكهرباء

اغلب اللا فلزات ← مقاومة للكهربائية او عازلة

درجة الانصهار : تتراوح درجة انصهار المعادن من 110^{o} C تقريبا الى 1000^{o} C

الخواص الضوئية : تتمثل بأيجاد معامل الانكسار بين الضوء الساقط و المنكسر.

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{Sin\ i}{Sin\ r}$$

حيث i = زاوية السقوط

r = زاوية الانكسار

الفصائل البلورية	المحاور البلورية	السلوك الميكانيكى
(١) فصيلة المكعب أو متساوى الأبعاد	ثلاثة محاور متساوية فى الطول ومتعامدة	متجانس فى جميع الاتجاهات (ايزوتروبية)
(٢) فصيلة الرباعى	ثلاثة محاور متعامدة منها اثنان أفقيان ومتساويان فى الطول والثالث عمودى ومختلف فى الطول	متجانس فى المستويين المتعامدة على المحور الرأسى (هـ) ومختلف فى جميع الاتجاهات الأخرى
(٣) فصيلة السداسى (٤) فصيلة الثلاثى	أربعة محاور ثلاثة منها أفقية ومتساوية فى الطول وتتقاطع فى زوايا مقدارها ١٢٠° والرابع عمودى ومختلف عنها فى الطول	
(٥) فصيلة المعين القائم	ثلاثة محاور متعامدة ومختلفة فى الطول	غير متجانس فى جميع الاتجاهات (لا ايزوتروبية)
(٦) فصيلة أحادى الميل	ثلاثة محاور مختلفة فى الطول أحدهما مائل على المستوى الذى يحوى على المحورين الآخرين (ن) و (هـ)	
(٧) فصيلة ثلاثى الميل	ثلاثة محاور مختلفة فى الطول وغير متعامدة على بعض	

شكل (3-1) المجموعات البلورية الرئيسية

القسم الثاني: الصخور Rocks

تعتبر الصخور بأنها أولى اهتمامات الجيولوجي، وهي الوحدات البنائية الأساسية التي تتكون منها القشرة الأرضية. وتتكون الصخور من المعادن. وتعتبر المعادن بأنها الوحدات البنائية للصخور، وتتكون معظم الصخور من تجمع معدنين أو أكثر، وفي كثير من الحالات تتشكل الصخور من عدد من المعادن لا يقل عن عشرة معادن. وبعض أنواع المعادن يشغل مساحة واسعة من سطح القشرة الأرضية وتغطي مساحة كبيرة منها مثل معدن الجبس ومعدن الدولومايت. وبعض هذه المعادن تشكل طبقات أو تراكيب صخرية واسعة تعرف بالصخور الجيرية وتتكون بشكل خاص من معدن الكالسيت ($CaCO_3$) ومعدن ملح الطعام (NaCl).

والصخرة: هي جزء من سطح القشرة الأرضية ليس لها شكل متميز وأيضاً ليس لها تركيب كيميائي محدد ثابت.

ويعرف الصخر: بأنه مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو مجموعة من المعادن تراكمت في مكان واحد نتيجة ظروف تكوين معينة، والصخر هو وحدة تركيب سطح القشرة الأرضية.

تصنيف الصخور

يمكن أن نصنف الصخور باتباع أكثر من طريقة، فقد تصنف الصخور تبعاً لتركيبها الكيميائي أو لمكوناتها المعدنية، ومن التصنيفات الشائعة تصنيف الصخور تبعاً لنشأتها (أصلها) أو تكوينها وتبعاً لذلك فإنها تصنف إلى ثلاث مجاميع أو أصناف كبيرة وهي الآتية:

أ- الصخور النارية

وهي الصخور التي تكونت نتيجة تصلب المواد المنصهرة في درجات حرارة عالية والتي انبثقت من باطن الأرض وانتشرت على سطحها فتصلبت بسرعة، أو أنها لم تستطع الوصول إلى سطح الأرض فكان تصلبها بطيئاً وبصورة تدريجية تحت السطح. وتعتبر الصخور النارية الصخور الأساس التي تكونت منها أنواع الصخور الأخرى، ومن أمثلة الصخور النارية، صخر الجرانيت والبازلت والجابرو.

ب- الصخور الرسوبية

وهي صخور نشأت وتكونت من تفتت الصخور النارية أو المتحولة أو الرسوبية نتيجة عمليات التجوية والحت ثم انتقلت مكوناتها بفعل التيارات المائية والهوائية أو الجليديات، فترسبت في بيئات مائية أو على اليابسة، ثمّ حدث عليها عمليات تماسك ولحام بفعل مواد جيرية أو حديدية أو سيليكاتية، وتتميز بمظهرها الطبقي وبلحتوائها على الأحافير وقلة المعادن المتبلورة فيها، ومن أمثلتها الحجر الجيري والصخور الطينية والرملية.

جـ- الصخور المتحولة

وهي صخور تكونت من صخور متكونة بصورة مسبقة مثل الصخور النارية أو الرسوبية أو حتى الصخور المتحولة. فأثرت فيها عوامل الضغط الشديد أو الحرارة العالية أو العاملين معاً. وتتميز هذه الصخور بأنها ذات معادن متبلورة وندرة وجود الأحافير فيها، ومن الأمثلة على الصخور المتحولة صخر الشيست والنايس والرخام والأردواز.

مقارنة عامة بين أصناف الصخور

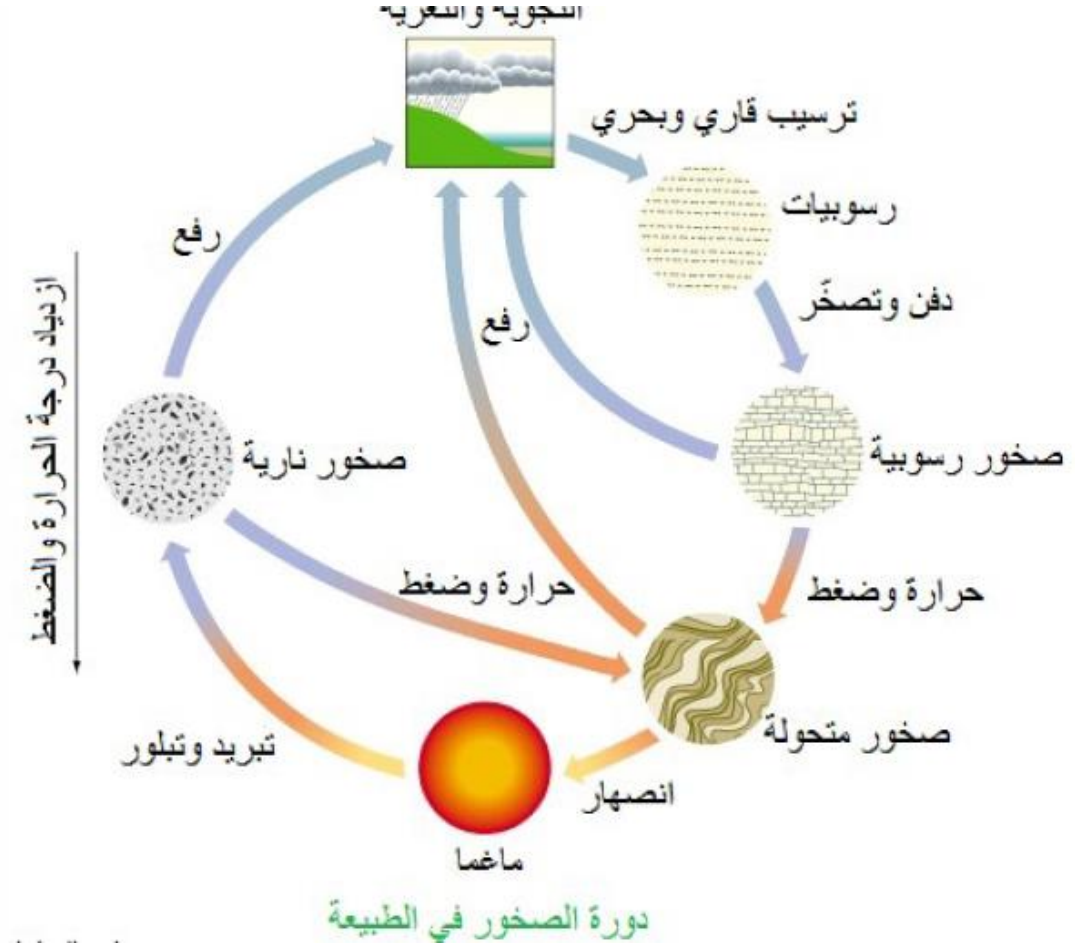
يمكننا ان نقارن بين الانواع المختلفة من الصخور حسب تكوينها وتكوين طبقاتها ونسبها والمسامية والفراغات وغيرها من الصفات للصخور حسب جدول (3-1) والذي يبين ذلك

وجه المقارنة	الصخور النارية	الصخور الرسوبية	الصخور المتحولة
1- التكون:	تبلور مادة الصهارة (الماجما)	تبلور من محاليل ساخنة وأيضاً تماسك فتات نشأت من تجوية وحتى صخور سابقة.	إعادة تبلور معادن صخور رسوبية أو نارية سابقة بفعل الضغط والحرارة الشديدين.
2- تكون الطبقات:	كتل غير طبيعية، ولا أشكال محددة لها	لها مظهر طبقي ويظهر على صورة رقائق أفقية تتشكل حسب الحركات الأرضية.	ترى طبقات أحياناً إذا كان أصلها من صخور رسوبية.
3- وجود المستحاثات (الأحافير):	خالية من المستحاثات	تحوي بقايا لكائنات حية.	يندر وجود مستحاثات فيها.
4- مكوناتها:	معادن متبلورة تحت ظروف واحدة من الضغط والحرارة (معظمها معادن سيليكاتية).	تتكون من قطع فتاتية متراكمة، وكثير من أنواعها لا يتكون من معادن متبلورة.	تتكون من معادن متبلورة وغير متبلورة.
5- نسبتها في القشرة الأرضية:	تعتبر الصخور الأساس التي تشكلت منها القشرة الأرضية وتبلغ نسبتها 95% من صخورها.	حوالي 5% من القشرة الأرضية لكنها تغطي 75% من سطحها.	قليلة نسبياً.
6- المسامية أو الفراغات:	متماسكة وغير مسامية.	تظهر مسامات وقد تمتلئ بالماء أو النفط أو الغاز الطبيعي.	قد يوجد فيها مسامات أحياناً.
7- أمثلة عليها:	الجرانيت والسيانيت والجابرو.	الحجر الجيري والرملي والطيني.	الرخام والنايس والشيست.

الدورة الجيوكيميائية للصخور

من الشكل (3-2) بلاحظ بأن الصخور النارية الأصل تتكون بسبب تبرد و تصلب المحاليل الحارة و التي تسمى (المنصهر – الماكما) و تكون بأعماق سحيقة. وعند ظهور هذه الصخور على سطح الارض على شكل حمم بركانية او انكشاف الطبقة التي فوقها وتعرضها للظروف المناخية التي تختلف عن الظروف التي كانت بها هذه الصخور. حيث سوف تتحلل هذه الصخور و تتفتت الى اجزاء صغيرة من خلال عملية التجوية وتنقل هذه المواد المفتته بفعل عوامل النقل كالرياح او المياه أو الجليد.

و عند ترسب تلك المواد وتراكم بعضها فوق بعض و تصلبها ينتج عنه الصخور الرسوبية, و عند تغير الظروف البيئية على الصخور الرسوبية أو النارية تتغير هي الأخرى بسبب الحرارة و الضغط العالي مع وجود المحاليل الكيميائية وتتحول الى نوع جديد من الصخور يسمى الصخور المتحولة. و بدورها فإن الصخور المتحولة ان تعرضت الى الانصهار فتتحول الى صخور نارية. أما اذا تعرضت الى عوامل التجوية حيث تتفتت وتتحلل وتنقل وتبدأ بالترسب تتحول الى صخور رسوبية.



شكل (3-2) دورة الصخور في الطبيعة

الصخور النارية Igneous Rocks

اماكن تكون الصخور النارية

أ- الصخور النارية الجوفية (صخور الأعماق)

وهي الصخور النارية التي بردت وتصلبت ببطء في أعماق كبيرة تحت سطح الأرض وبحيث كان معدل التبريد بطيئاً فتكونت بلورات للمعادن ذات حجوم كبيرة، ومن أمثلة هذا النوع من الصخور هي صخور الجرانيت وصخور الجابرو.

ب- الصخور النارية المتداخلة (الوسطية)

وهي الصخور النارية التي بردت وتصلبت على عمق قليل من سطح الأرض، وهنا يكون معدل التبريد أسرع لذلك تكون بلورات معادنها ذات أحجام متوسطة، والنسيج الصخري لها خشناً، ومن أمثلة هذا النوع من الصخور هو صخور السيانيت والديورايت.

جـ- الصخور النارية السطحية (البركانية)

وهي الصخور النارية التي تدفقت على سطح الأرض على صورة طفوح بركانية غطت مساحات شاسعة منه، وهنا يكون معدل التبريد سريعاً جداً، لذلك تكون أحجام البلورات صغيرة جداً، والنسيج الصخر يكون ناعماً، ومن الأمثلة على هذا النوع من الصخور هو صخور الريولايت وصخور البازلت.

النسيج الصخرى النارى

يعرف النسيج بأنه وصف المظهر الكلي للصخر الناري تبعا لحجم بلوراته وترتيبها واشكالها, ويعكس النسيج البعلاقة الاساسية المتبادلة بين بلورات المعدن.

وهناك انواع مختلفة للنسيج الصخري الناري بسبب اختلاف تلك الصخور من ناحية التركيب الكيميائي والمعدني لها و كالآتي:

1- **النسيج الدقيق الناعم**

ويكون هذا النسيج ذا بلورات دقيقة جداً بسبب تدفق الصهير الصخري على سطح الأرض وبرودته بصورة سريعة ومن أمثلته صخور البازلت والريولايت.

2- **النسيج الخشن**

ويمثل الصخور التي بردت وتبلورت في جوف الأرض، وتكوّن نتيجة لذلك بلورات خشنة أو كبيرة الحجم وتميزت بترتيب خاص ومن أمثلته صخور الجرانيت والجابرو والسيانيت.

3- **النسيج الزجاجي**

ويتكون هذا النسيج نتيجة التبريد السريع والمفاجئ للصهارة الصخرية، وحيث أن هذا النوع من التبريد لا يعطي للأيونات وقتاً كافياً لتكوين بنية بلورية، ومن الأمثلة عليه صخر الأوبسيدان.

4- **النسيج المجهري**

وينتج من برودة الصهارة الصخرية بسرعة فائقة مما ينتج عنها بلورات معينة صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها إلاّ بالمجهر.

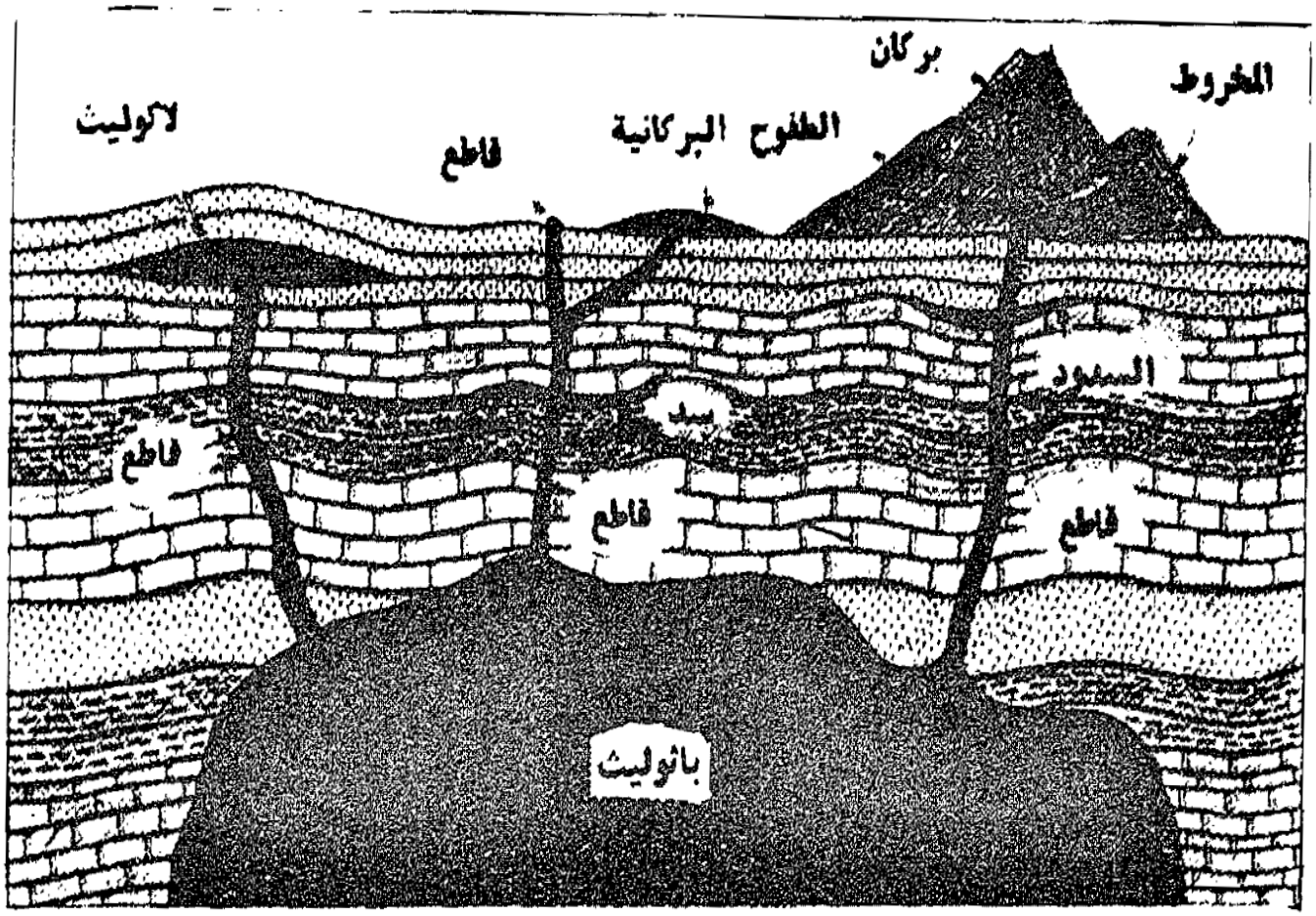
5- **النسيج الاسفنجي**

ويتكون عندما تحتوي الصهارة الصخرية على كمية كبير من الغازات تظهر على صورة فقاقيع صغيرة في داخل الصهارة ثم تفقد الصهارة هذه الفقاعات ومن

الامثلة عليها حجر الخفاف.

الاشكال البنائية للصخور النارية

تتخذ الصخور النارية اشكالا مختلفة في باطن الارض بالاعتماد على مناطق تبريد الصهارة وتصلبها. الشكل (3-3) يبين الاشكال البنائية المختلفة للصخور النارية.



شكل (3-3) الاوضاع البنائية للصخور النارية

أ- الباثوليث

و توجد على هيأة كتلة ضخمة من الصخور النارية تحت مساحة تقدر بعدة الاف من الكيلو مترات المربعة في بعض الاحيان, ويتصف السطح العلوي لها بأنه غير منتظم فتكون فيه نتوءات مندفعة بعيدا عن كتلة الباثوليث نفسه.

ب- اللاكوليت

وهي كتل صخرية نارية كبيرة الحجم كانت في بداية تكونها صهيراً صخرياً، ثم اندفع خلال طبقات صخرية رسوبية بقوة اندفاع غير كافية للوصول به إلى فوق سطح الأرض على صورة طفوح بركانية بل بقي بين طبقات الصخور الرسوبية في الأعماق بحيث تشكل على صورة قوس يتغذى بالصهير من أسفل منطقة اللاكوليت.

جـ- السدود

وهي كتل من الصخور النارية الباطنية تكون على صورة طبقات من الصخور الرسوبية أو المتحولة، وتكونت نتيجة اندفاع الصهارة من الباثوليت. وتكون إما سميكة حيث يبلغ امتدادها عدة مئات من الأمتار وأحياناً كيلومترات أو قليلة السمك على صورة رقائق أو طبقات رقيقة.

د- القواطع

وهي كتل صخرية توجد بصورة عمودية أو قريبة منها ضمن الصخور الرسوبية حول الباثوليت، وهذا على عكس السدود التي تكون غالباً في الوضع الأفقي، ويتراوح حجم القواطع من صغيرة في حالة العروق ويزيد اتساعها إلى عدة مئات من الأمتار وقد يصل طولها أحياناً إلى عدة كيلومترات.

الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

ان للصخور الرسوبية اهمية كبيرة لكونها تغطي بما يقارب الـ 80 % من سطح الارض والباقي عبارة عن صخور متحولة ونارية. ويمكن تلخيص تلك الاهمية بما يأتي :

1- تمثل المواد الخام التي نحتاجها لأعمال البناء؛ فالحجر الرملي والجيري والزلط والإسمنت وحجارة البناء هي مواد أساسية لا غنى عنها في أعمال الإنشاءات المختلفة.

2- تعتبر مكامن لبعض مصادر الطاقة غير المتجددة مثل النفط والغاز الطبيعي والفحم بأنواعه.

3- إن الصخور الرسوبية هي المصدر الأساسي لبعض المعادن مثل الفوسفات والأملاح المعدنية المختلفة.

4- تساعد الصخور الرسوبية الجيولوجيين في دراسة التأريخ الجيولوجي للأرض وتطور الحياة على سطحها من خلال ما تحتويه من أحافير تمثل الحياة السابقة على هذا السطح.

تصنيف الرواسب

يمكننا تصنيف الرواسب الى ثلاث انواع حسب طريقة تكوينها وهي:

1- رواسب **طبيعية**: وهي المواد التي تكونت نتيجة لتراكم المواد الصخرية الفتاتية.

2- رواسب **كيميائية**: وهي المواد التي تكونت نتيجة لتبخر الماء من بعض المحاليل المنتشرة في الطبيعة.

3- رواسب **عضوية**: وهي المواد التي تكونت نتيجة تراكم المواد التي خلفتها الكائنات الحية.

أهم انواع الصخور الرسوبية

1- رواسب طبيعية ..... الكونكلوميريت ,التالوس, الرمل, الصخور الطينية.
2- رواسب كيميائية ..... الهالايت , الجبس, الانهايدرايت, الصخور الجيرية, الدولومايت.
3- رواسب عضوية ..... الحجر الجيري العضوي, الطباشير, صخور الفوسفات, الفحم الحجري.

الصخور المتحولة *Metamorphic Rocks*

عوامل التحول

ان عملية تحول الصخور النارية والرسوبية تتم بثلاث طرق مختلفة وهي كالآتي :

1- الحرارة

تؤثر الحرارة على الصخور العميقة أو المتداخلة المدفونة داخل أعماق الأرض من تأثير الماجما أو الصخور الصهارية الساخنة أو نتيجة درجات الحرارة التي تصل إلى ما بين 200^0-750^0م، في تلك الأعماق وربما أكثر.

2- الضغط

هناك نوعان من الضغط يؤديان إلى تحول الصخور، وهما الآتيان:

أ- **الضغط الموجه:** ويكون هذا النوع من الضغط غالباً من تأثير الحركات الأرضية ويكون ذا اتجاه ثابت، وتقدر قيمته أحياناً بحوالي ثلاثة كيلوبار، حيث أن قيمة البار الواحد تعادل ضغطاً جوياً واحداً (76 سم زئبق).

ب- **الضغط الهيدروستاتيكي:** ويعود تأثيره بسبب وزن عمود الصخور التي تعلو نقطة التحول، وتعادل قيمته حوالي عشرة كيلوبار، وهو متساوٍ حول هذه النقطة من جميع الاتجاهات.

3- المحاليل الحارة:

وتسمى أحيانا بعملية التحول الميتاسوماتيزم، وتحدث بين المحاليل الحارة المحيطة بالصخور والصخر نفسه، حيث يتم تبادل الأيونات بين المحلول ومكونات الصخر مما ينتج عنه تغير كيميائي في تركيب الصخر وتحوله. وفي كل أنواع التحول يحدث تبديل في ذرات المعادن المكونة للصخر وتتكون معادن جديدة لها أنسجة صخرية جديدة.

<u>انواع التحول للصخور</u>

أ- التحول بالحرارة أو بالتماس

ويكون العامل الأساسي في التحول في هذه الحالة حراري، ويحدث عندما تدخل الأجسام النارية المتدخلة مثل صخور المهل المصحوبة بالمحاليل الحارة بين الصخور المجاورة لها في باطن الأرض في المناطق المحيطة مباشرة بالأجسام النارية، فتؤدي حرارتها العالية إلى إعادة تبلور بعض أو جميع المعادن المكونة للصخور تلك المجاورة لها، وينشأ نتيجة ذلك معادن جديدة مميزة للصخور المتحولة.

وأحيانا يحدث التحول أيضاً على سطح الأرض عندما تنساب الطفوح البركانية فوق صخور سطح الأرض.

ب- التحول الإقليمي

وتكون عوامل التحول في هذه الحالة الضغط الشديد والحرارة العالية المنبثقة من المحاليل والغازات الساخنة المصاحبة للأجسام النارية المتدخلة. ويؤدي تأثير الحرارة إلى إعادة تبلور المعادن المكونة للصخور الأصلية فينشأ عن ذلك معادن جديدة. وكما يؤدي تأثير زيادة الضغط الموجه إلى نمو بلورات تلك المعادن في اتجاه عمودي على اتجاه الضغط مما يكسبها أشكالاً منشورية تؤدي إلى تكوين تركيب صفائحي مميز للصخور المتحولة يعرف بالتورق.

جـ- التحول الديناميكي

ويكون عامل التحول في هذه الحالة هو الضغـط الموجـه، ويكـون تأثـير هـذا التحول على الصخر الأصلي متبايناً فيتراوح من منخفـض إلى متوسـط إلى مرتفـع، وهذا النوع من التحول محدود في الطبيعة على عكس سابقيه.

اسس تصنيف الصخور المتحولة

1- النسيج : يستدل على انسجة الصخور المتحولة من خلال حدوث عمليات مهمة اثناء عملية التحول وهي:

أ- إعادة التبلور و التي تعني توسع وتشابك الجزيئات البلورية.

ب- التكسير والطحن لبعض الجزيئات الصلبة وتحولها الى دقائق اصغر حجما من بلوراتها الاصلية.

2- التركيب الكيميائي : وهذا يتحدد بواسطة معادن الصخور الاصلية التي نشأت منها هذه الصخور المتحولة, شدة التحول, ونشوء المعادن الجديدة التي لم تكن موجودة في الصخر الأصلي.

3- التورق : ويعني تكوين انسجة متوازية من المعادن المتواجدة في الصخور, فهي اما تكون على شكل طبقات متبادلة ومختلفة في معادنها, او قد تترتب على هيأة خطوط متوازية من هذه المعادن, وربما ينشأ عنها صفائح رقيقة بسبب انضغاط صفائحها.

الخواص الصخور

كما هو معروف بأن الصخور لها استخداماتها الهندسية و خصوصا في مجال الانشاء والهندسة المدنية لذلك من الضروري معرفة خواص تلك الصخور, ومن تلك الخواص هي:

اولا: الخواص الفيزيائية للصخور

1- المسامية (Porosity) : مسامية المادة هي نسبة حجم الفراغات في عينة ما الى الحجم الكلي للعينة. وتعتمد مسامية الصور على شكل الحبيبات المعدنية المؤلفة لها, تدرج احجامها, كيفية ترتيبها و رصها, بالاضافة الى درجة انضغاط وعلابة الصخور, وإحتوائها على حبيبات مختلفة الحجوم. ويمكن تحديد مسامية الصخور في المختبر بالطريقة التالية:

أ- توزن عينة من الصخور مجففة بواسطة الفرن الى (105^0 سيليزية) ولمدة 24 ساعة ولتكن (W1) .

ب- توضع العينة في الماء لمدة 48 ساعة , ثم توزن بعد تجفيف سطحها الخارجي بقطعة قماش وليكن (W2) .

ت- توزن العينة وهي مغمورة في الماء على ان تكون العينة مشبعة وليكن (W3).

بما ان كثافة الماء تساوي (1 غم\سم^3) فإن؛

حجم المسامات = وزن الماء داخل المسامات = W1-W2

حجم الجسم =حجم الماء المزاح = وزن الماء المزاح = W3-W2

2- محتوى الرطوبة (Moisture Content): هي النسبة بين وزن الماء الموجود في الفراغات داخل عينة الصخور الى وزن المادة الصلبة وهي جافة , ويمكن ايجادها من الخطوات التالية:

أ- توزن العينة وهي بحالتها الطبيعية (بدون تجفيف او وضع في الماء) وليكن (W1).

ب- تجفف العينة لمدة 24 ساعة في الفرن (105^0 سيليزية) ثم توزن وليكن (W2).

ت- توضع العينة في الماء لمدة 48 ساعة ثم توزن بعد تجفيف السطح الخارجي بقطعة قماش وليكن (W3).

أما نسبة الامتصاص (Absorption Ratio) فيمكن ايجادها كالآتي :

3- الوزن النوعي (Specific Gravity) : تم تعريفه مسبقا في الفصل الاول , ويمكن ايجاده كما مضح سابقا وهناك انواع مختلفة من الوزن النوعي, كالةوزن النوعي الظاهري, والوزن النوعي الحقيقي.

4- الكثافة (Density): هي عبارة عن وزن وحدة حجم معين من المادة المعدنية الصلبة المكونة للصخر.

5- النفاذية (Permeability) : وهي قابلية الصخر على مرور السوائل من خلال فجواتها والمتصلة بعضها ببعض , أما العوامل التي تؤثر على النفاذية هي:

أ- حجم المسافات وكيفية اتصالها فيما بينها.

ب- درجة لزوجة السائل.

ت- درجة الحرارة.

ث-الانحدار الهيدروليكي.

وان الانحدار الهيدروليكي (I) عبارة عن النسبة بين فرق علو الضغط المائي (h) الى طول المسار للعينة (L)

كما لاحظ العالم دارسي بأن سرعة المياه الجوفية تتناسب طرديا مع معامل النفاذية (K) و الانحدار الهيدروليكي.

أما معامل النفاذية فهو مقدار ثابت يعتمد على طبيعة الصخر و خواص السائل المار به.

6- متانة الصخور (Durability): وهي مقدرة الصخور على تحمل تأثيرات العوامل الجوية المختلفة عند تعرضها له.

<u>ثانيا : الخواص الميكانيكية للصخور</u>

ان تقييم المشآت المدنية يعتمد على تقييم وفحص المواد الداخلة في تركيب تلك الوحدات الانشائية, اضافة الى مقبولية المنشأ بعد اكماله (هل سيؤدي العمل الذي الأنشأ من اجله ؟؟) , لذلك فإن المواد الاولية او حتى المنشأ نفسه يجب فحصها مختبريا و التأكد من صلاحيتها وديمومتها. و كذلك الحال بالنسبة

للصخور رغم انها تختلف بتركيبها الكيميائي و المعدني عن المواد الانشائية الاخرى الا انه يجب معرفة الخواص الميكانيكية لتلك الصخور, لذلك توجب اجراء فحوصات اضافية لتلك الصخور. ومن الجدير بالذكر يجب معرفة بعض التعاريف و المفاهيم ؛

- الإجهاد (Stress) : ويعني مقاومة الجسم للقوى المسلطه على وحدة مساحة منطقة التأثير ويرمز لها بالرمز (δ) سكما لذا يكون الاجهاد ؛

- الإنفعال (Strain) : ويعني التغيير الحاصل على الجسم سواء في الحجم او الشكل او الطول او الزاوية , وينتج من تأثي الاجهاد ويرمز له بالرمز (ε) ابسيلون

- التشويه (Distortion) : ويعني مقدار الزيادة او النقصان في حجم او طول او زوايا الجسم , ويرمز له بالرمز (d).

- المادة المرنة (Flexi Material) : و هي تلك المادة التي يزول عنها الانفعال الناتج عن اجهاد معين عند زوال هذا الاجهاد المسلط عليها.

- المادة اللدنة (Elastic Material) : و هي المادة التي لا يزول عنها الانفعال حتى بعد رفع الاجهاد عنها.

- المادة المطاوعة : هي المادة التي يمكن سحبها بواسطة الشد الى مقطع اصغر من مقطعها الاصلي.

- المادة الهشة : و هي المادة التي تنقصها المطاوعة ونجدها تتفتت و تتكسر عند تعرضها لاجهادات تفوق قوة تحملها.

- نقطعة الخضوع: و هي النقطة التي تظهر عندها او علامة تشويه غير قابلة للزوال , والتي تحددها قيمة الاجهاد عند تلك النقطة.

- نقطة الزحف : وهي النقطة التي تظهر عندها اول علامات الانتفاخ المستعرض و غير قابل للزوال. وعندما تتعرض المادة الصخرية الى اجهادات لفترة طويلة من الزمن يحدث ما يسمى بالزحف او الانفعال الذي يعتمد بدوره على الزمن.

- معامل المرونة : هي نسبة الاجهاد الى الانفعال بالنسبة للمواد المرنة , ويرمز لها بالرمز (E).

- نسبة بويسون (υ) : هي نسبة الانفعال العرضي الى الانفعال الطولي.

قوة تحمل الصخور لإجهاد الضغط

تعتمد قوة تحمل الصخور الرسوبية (قوة تحمل الصخور النارية عالية جداً) لاجهادات الضغط على عدة عوامل منها؛

1- شكل العينة وحجمها.
2- محتوى الرطوبة حيث تقل قوة تحملها كلما كانت نسبة احتوائها للماء عالية.
3- معدل وفترة التحميل للصخور.
4- نوع الالواح التي توضع فيها العينة.
5- اتجاه الضغط بالنسبة لإتجاه التطابق خصوصا في الطبقات الرسوبية.
6- درجة التلاحم و الترابط بين الحبيبات الصخرية.
7- وجود الفجوات و التشققات في العينة الصخرية.

التصنيف الهندسي للصخور للأغراض الانشائية

لجأ المهندسون لتصنيف الصخور حسب طبيعة المنشآت المقامه فيها و كيفية سلوك هذه المواد الصخرية تحت تأثير الاجهادات المختلفة. لذا قسمت هذه الصخور الى ما يلي:

أولا : الصخور القوية :

1- الصخور الكتلية المرنة: هي تلك الصخور القوية ذات الصفات الميكانيكية و الجيولوجية التي يمكن اقامة فتحات بها تحت سطح الارض دون الحاجة الى دعائم صناعية. حيث تسمى الصخور التلية اذا كانتلمساف بين الفاصل التي تفصلبين هذه الكتل الصخرية اوسع بكثير من عرض الفتحة المراد فتها.

ثانيا : الصخور القوية – المرنة:

1- الصخور الطبقية المرنة: وهذه تضم جميع الصخور الرسوبية ذات الطبقات الرقيقة او الصخور المتحولة الصفائحية . تتميز بمعاملات مرونة متوسطة و قوة تحمل متوسطة.

2- الصخور الطبقية الغير مرنة: وهذه تشمل الصخور الرسوبية الطبقية التي لها قابلية الزحف اثناء احتوائها على الماء.

ثالثا : الصخور القوية ذات الفواصل :

وهي تلك الصخور التي تتخللها مفاصل كثيرة بإتجاهات متعددة و لكنها التحمت فيما بينها بفعل المواد اللاحمة و ظلت في حالة انفصال.

رابعا : الصخور الضعيفة :

وهي تلك الصخور التي تحتوي على فواصل كثيرة و بإتجاهات عشوائية و غير ملتحمة فيما بينها. بحيث لا يمكن اقامة فتحات بها دون الحاجة الى دعائم صناعية.