مقدمة

يختص علم المعادن بدراسة تلك المواد المتجانسة التي توجد في الطبيعة وتتكون بواسطتها مثل الألماس والذهب والتي نعرفها باسم المعادن. ولقد استرعت المعادن انتباه الإنسان منذ قديم الزمان، حيث ساهمت في بناءحضارته المتطورة بصورة أو بأخرى حتى أن كل عصر كان يعرف باسم المعدن الشائع فيه، فكان عصر الحديد وعصر النحاس، حتى عصرنا الحاضر. عصر الذرة ، حيث يستخلص الإنسان عنصر اليورانيوم من معادن اليورانيوم المختلفة ليستعمله في إنتاج الطاقة الذرية.

يمكننا أن ننظر إلى المعادن – بصفة عامة – على أنها المواد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية، وعلى هذا الأساس تعتبر المعادن أهم صلة طبيعية متيسرة بين أيدينا لمعرفة تاريخ الأرض، أو بعبارة أخرى إنها السجل الذي سجلت فيه الحوادث المختلفة لتكون تاريخ الأرض. ويعتبر الجيولوجي المعادن التي يجدها في الصخور والعروق منتجات نهائية لعمليات طبيعية كثيرة ومتشعبة ، ووظيفته الأولى هي الكشف وإزاحة الستار عن غوامض هذه العمليات. وأول ما يقوم به جيولوجي المعادن في هذه الوظيفة هو دراسة خواص أنواع المعادن (بلورية، فيزيائية، كيميائية) ونشأتها، وعلاقتها الزمانية والتسلسل الزمني لتكونها أو ما نسميه بالنشأة التتابعية. إن معظم أنواع الصخور تتكون من مخاليط معادن عدة، ولكن قلة من الصخور، مثل الحجر الجيري تتكون أساسا من معدن واحد. والغالبية العظمى من المعادن توجد في الطبيعة مكونة الصخور المختلفة، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مكونا العروق ومالئا الفجوات.

وبما أن هدف جيولوجي المعادن هو الوصول إلى الحقائق الفيزيائية والكيميائية والتاريخية للقشرة الأرضية ، لذلك كان لفظ "معدن" ، والدراسات المعدنية محصورا في المواد التي توجد وتتكون في الطبيعة. فمثلا الصلب والأسمنت والزجاج مواد ناتجة من وحدات معدنية توجد في الطبيعة ، إلا أنها لا تعتبر معادن لأن الإنسان قام بتجهيزها.

وربما كان أهم تحديد وضعه جيولوجي المعادن عن تعريفه للمعدن هو أن المعدن لابد أن يكون عنصرا أو مركبا كيميائيا، أي لابد أن نكون قادرين على التعبير عن التركيب الكيميائي للمعدن بواسطة قانون كيميائي. وعلى هذا الأساس يستثنى من المعادن جميع المخاليط الطبيعية (الميكانيكية) مهما كانت متجانسة ومنظمة. ولقد نتج هذا التحديد من الصورة التي يعرفها جيولجي المعادن عن المواد المتبلورة ألا وهي ذلك الهيكل أو البناء من الذرات والأيونات ومجموعاتها الذي يمتد بصورة منظمة هندسية في كل أنحاء المادة الصلبة المتبلورة. مثل هذه المادة الصلبة المتبلورة لابد أن تخضع لقوانين النسب الثانية والمضاعفة ، وكذلك يجب أن تكون المادة في كليتها متعادلة كهربيا. فإذا أحللنا ذرة محل أخرى في هذه المادة الصلبة المتبلورة – وكثيرا ما يحدث هذا في الطبيعة – فإن هذا لا يؤثر أو ينقص من التعريف بل ينطبق على مثل هذه المادة ، طالما أن البناء الذري (الهيكل الذري) لم يتغير وطالما أن الحالة الكهربية متعادلة، ولهذا السبب فإننا نجد المعادن في بعض الأحيان ذات تركيب كيميائي متغير – ولكن في نطاق محدود - وذلك بسبب إحلال ذرة عنصر محل ذرة عنصر آخر في بناء المعدن.

وعندما يتكون المعدن وينمو فإن نسب الذرات المكونة له تظل محفوظة، وينتج عن ذلك ترتيب الذرات ترتيبا هندسيا منتظما في الأبعاد الثلاثة. ويمكننا في الوقت الحاضر التعرف على هذا النظام الذري الداخلي بواسطة طرق فنية استعمل فيها الأشعة السينية والميكروسكوب. ولكن قبل استعمال هذه الطرق كانت دراسة الأسطح الخارجية للمعدن هي التي تعطينا فكرة عن الترتيب الذري الداخلي، وعندما يكون المعدن حرا في نموه كما يحدث في فجوة واسعة مثلا، فإن النظام الذري الداخلي يعكس نفسه في الخارج عن طريق السطوح التي تحد المعدن من الخارج وينتج عن ذلك تكوين بلورة المعدن.

وعلى ذلك يمكننا تعريف المعدن بأنه كل مادة صلبة متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية وله تركيب كيميائي محدود ونظام بلوري مميز.

الخواص الفيزيائية للمعادن

الإستعانة بخواص المعدن الفيزيائية تعتبر احد الطرق المستعملة للتعرف على المعدن وتمييزه عن غيره. ولما كانت هذه الخواص تتوقف على كل من البناء الذري و التركيب الكيميائى فإنها في مجموعها مميزة لكل معدن. والخواص الفيزيائية التالية يمكن حصرها في ستة أقسام :

1- خواص بصرية :Optical properties وهذه خواص تعتمد على الضوء، ومن أمثلتها البريق، واللون، وعرض الألوان، والتضوء، والشفافية، والمخدش.

٢ - خواص تماسكية :Cohesive properties وهذه خواص تعتمد على تماسك مادة المعدن ومدة مرونتها، ومن أمثلتها الصلادة، والإنفصام، والإنفصال، والمكسر، والقابلية للطرق والسحب.

3- خواص كهرومغناطيسية :Electrical and Magnetic properties وهذه خواص تتوقف على الكهربائية والمغناطيسية، ومن أمثلتها الكهرباء الحرارية، والكهرباء الضغطية والمغناطيسية.

4- الوزن النوعي :Specific gravity أو بمعنى آخر كثافة المعدن بالنسبة لكثافة الماء.

٥ - خواص حرارية :Thermal properties تضم هذه الخواص أنواع عدة مثل حرارة التكوين، وحرارة التبلور، والتوصيل الحراري، والتمدد الحراري، وحرارة الذوبان، والقابلية للإنصهار . ولكن أهم هذه الخواص بالنسبة للتعرف على المعدن هي خاصية القابلية للإنصهار.

٦ - خواص أخرى، (غير سالفة الذكر): مثل المذاق، الملمس، والرائحة، والنشاط الإشعاعي.

١ - الخواص البصريةOptical properties

البريقLuster

وهو عبارة عن المظهر الذي يبديه سطح المعدن في الضوء المنعكس. أو بعبارة أخرى هو مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن . والبريق من الخواص الهامة في التعرف على المعدن.ويمكن تقسيم بريق المعادن إلى نوعين: فلزي ولا فلزي (شكل ١). وهناك معادن لها بريق وسط بين الإثنين.

شكل (١):- البريق الفلزى واللافلزى.

البريق الفلزي: هو ذلك البريق الذي تعطيه الفلزات. ومن أمثله المعادن التي لها بريق فلزي البيريت (FeS_2) Pyrite ، والجالينا (PbS) Galena، ومثل هذه المعادن تكون معتمة وثقيلة الوزن.

البريق اللافلزي - بصفة عامة هذا النوع من البريق يكون للمعادن فاتحة اللون تسمح بمرور الضوء خلالها وخصوصا في الأحرف الرفيعة منها. ويشمل البريق اللافلزي الأنواع الآتية:

بريق زجاجي (Vitreous of Glassy) مثل بريق الزجاج ومن أمثلته بريق الكوارتز.

بريق ماسي (Adamantine) مثل بريق الألماس الساطح. ويعطي هذا البريق بواسطة المعادن ذات معاملات الإنكسار العالية.
بريق راتنجي (Resinous) مثل سطح ومظهر الراتنج أو الكهرمان، ومن أمثلته بريق الكبريت، وسفاليريت (Sphalerite ZnS).
بريق لؤلؤي (Pearly) ويشبه هذا البريق بريق اللؤلؤ، ومن أمثلته بريق التلك.
بريق حريري (Silky) مثل الحرير، وينتج عن المعادن التي في هيئة ألياف، ومن أمثلته بريق أحد أنواع الجبس المعروف بإسم ساتنسبار(Satinspar).
بريق أري أو مطفي (Earth of dull) عندما يكون السطح غير براق أي مطفي ومن أمثلته بريق معدن الكاولين.

وتبعا لمقدار الضوء المنعكس من سطح المعدن (أي كثافته) يقال للبريق ساطح أو لامع أو براق أو مطفي.

اللون Color

ينتج لون المعدن عن طول الموجة أو الموجات الضوئية التي تنعكس من المعدن وتؤثر في شبكية العين لتعطي الإحساس باللون. ويعتبر لون المعدن من أول الخواص الفيزيائية التي تشاهد، ووسيلة هامة جدا تساعد على التعرف على المعدن بالرغم مما هو معروف من أن اللون لا يمثل صفة أساسية في المعدن، إذ كثيرا ما يكون اللون نتيجة لشوائب غريبة تصادف وجودها في كيان المعدن. وهناك معادن لها لون ثابت يساعد في التعرف عليها مثل الكبريت.

ويجب ملاحظة لون المعدن على سطح حديث خال من التغيرات التي تطرأ على سطح المعدن المكشوف للعوامل الخارجية، مثل الصدأ والتحلل (الأكسدة والكربنة والتموه)، التي تسبب تغير اللون الأصلي.

أما المعادن التي ليس لها لون ثابت، أي التي تظهر ألوانا مختلفة في العينات المختلفة، فيعزى إختلاف اللون فيها إلى أسباب عدة. فقد يكون السبب كيميائيا أي نتيجة لإختلاف التركيب الكيميائي من عينة إلى أخرى، مثل معدن سافليريت Sphalerite ، الذي يختلف لونه من البني الأصفر إلى الأسود ، وذلك بسبب كثرة الحديد به. وقد يكون السبب في تغير اللون وجود شوائب تصبغ المعدن بلون مخالف للونه إذا كان نقيا، ومن الأمثلة المعروفة أنواع الكوارتز الوردي Rose quartz، والكوارتز البنفسجي Amethyst، والكوارتز الأحمر خفي التبلور cryptocrystalline، المعروف باسم جاسبر jasper، إذ تنتج هذه الألوان عن وجود شوائب مثل أكسيد الحديديك (اللون الأحمر) أو أكاسيد المنجنيز (اللون البنفسجي)، والمعروف أن الكوراتز النقي شفاف اللون. وقد يعزى التغير في اللون إلى البناء الذري للمعدن حيث توجد بعض الروابط بين الذرات "مكسرة"، كما هو الحال في معدن الكوارتز المدخن smoky quartz (له لون الدخان).

عرض الألوان Play of colors

يقال للمعدن إنه يظهر عرضا للألوان عندما يعطي ألوانا مختلفة عندما يدار المعدن ببطء أو عندما تحرك العين بالنسبة إلى المعدن ذات اليمين أو ذات اليسار. ومن أمثلة المعادن التي تعطي عرضا للألوان الألماس نتيجة لقوة التفرق الضوئي (dispersion) ، لابرادوريت (Labradorite) نتيجة لإنعكاس الضوء من أسطح مكتنفات صفائحية داخل المعدن. وخاصية اللألأة هي إحدى أنواع عر ض الألوان، ويظهرها معدن الأوبال (Opal).

أما التصدؤ، فهو تغير في الألوان على السطح نتيجة لتحلل المعدن الأصلي وتكون طبقة سطحية من نواتج التحلل، أي أن لون السطح يختلف عن لون سطح مكسور حديثا. ومن أمثلة المعادن التي تظهر عليها التصدؤ النحاس والبورنيت.Bornite (Cu_5FeS_4)

وخاصية عين الهر، وهي عبارة عن البريق الحريري المتموج الذي يتغير بإختلاف إتجاه البصر. يظهر مثل هذا البريق المتموج على سطح المعادن ذات النسيج الأليافي (أي وحداتها توجد في هيئة ألياف) مثل معدن ساتنسبار Satinspar الجبس الأليافي.

التضوء Luminescence

يوصف المعدن بأنه متضوء (أي يعطي ضوءا) ، إذا حول الأشكال الأخرى من الطاقة إلى ضوء. وينتج التضوء عن التعرض للحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية. الخ. ويختلف لون التضوء عن اللون الأصلي للمعدن، وألوان التضوء دائما ألوان باهرة ساطعة. مثلا، تعطي بعض أنواع معدن الكالسيت Calcite عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية ألوانا حمراء باهرة. وعندما تنتج ألوان التضوء أثناء التعرض للمؤثر فقط فإنها تعرف باسم التفلر Florescence وقد اشتق اسم هذه الخاصية من معدن فلوريت Fluorite [CaF_2] الذي تبدي بعض أنواعه هذه الخاصية. أما إذا استمرت ألوان التضوء عقب زوال المؤثر فإنها تعرف باسم التفسفر .Phosphorescence وقد لوحظت خاصية التفسفر منذ حين عندما كانت تظهر بعض المعادن – التي كانت معرضة لضوء الشمس – ساطحة بألوان جذابة، بعد نقلها إلى حجرة مظلمة.

ومن أمثلة المعادن التي تبدي في معظم الأحيان خاصية التفلز نذكر – بالإضافة إلى الكالسيت والفلوريت، شيليت Scheelite ($CaWO_4$)، الألماس .

الشفافية Transparency

تعبر هذه الخاصية عن قدرة المعدن على إنفاذ الضوء . وتعرف المعادن التي تسمح برؤية الأجسام من خلالها بوضوح وسهولة باسم معادن شفافة . فإذا بدت الأجسام غير واضحة فإن المعدن يعتبر في هذه الحالة نصف شفاف . أما المعدن المعتم فهو الذي لا يسمح بنفاذ الضوء حتى خلال أحرفه الرفيعة. ومن أمثلة المعادن المعتمة البيريت، الجالينا، الجرافيت، الكالكوبيريت.

المخدش Streak

يقصد بمخدش المعدن لون مسحوقه الناعم.ويمكن معرفة لون المسحوق (المخدش) بسهولة بواسطة حك المعدن على سطح لوح من الخزف الأبيض المطفي بعرف بإسم لوح المخدش، وملاحظة لون المسحوق الناتج ، وليس من الضروري أن يكون لون المعدن مثل مخدشه، فمثلا معدن بيريت لونه كالنحاس الأصفر ولكن مخدشه أسود، والكروميت Chromite ($FeCr_2O_4$)، لونه أسود ومخدشه بني. ولما كان المخدش خاصية ثابتة بالنسبة للمعدن الواحد لذلك فإن تعيينه بالنسبة للمعادن ذات الألوان المتغيرة يعتبر ذا أهمية كبرى، إذ يساعد كثيرا على التعرف على المعدن. كذلك نلاحظ أن كثيرا من المعادن التي تشترك في لون واحد تختلف في مخدشها. فمثلا بعض عينات الماجنتيت (Fe_3O_4) والهيماتيت (Fe_2O_3)، والجوتيت ($HFeO_2$) ، تكون سوداء اللون، ولكن إذا حققنا مخدشها وجدنا للمجانتيت مخدشا أسود، في حين يكون للهيماتيت مخدشا أحمر، أما الجوتيت فنجد أن مخدشه أصفرمختلط باللون البني.

عندما يكون المعدن صلدا جدا فإنه لا ينخدش على لوح المخدش ليترك أي مسحوق يمكن تمييز لونه ، بل على العكس ربما يخدش اللوح نفسه. وفي مثل هذه الحالة تكسر قطعة صغيرة من هذا المعدن الصلد ونطحنها طحنا كاملا ونشاهد لون المسحوق الناتج.

في أحوال خاصة نستعمل لوحا خزفيا لامعا ونشاهد لون الأثر الذي يتركه المعدن عليه، فقد وجد أن هذا الأثر على اللوح اللامع يساعد في التفرقة بين معدن الجرافيت ذي المخدش الأسود اللامع وبين الموليدينيت Molybdenite (MOS_2)، ذي المخدش المائل للخضرة (كلا المعدنين يشبهان بعضهما البعض في كثير من الخواس الفيزيائية.

2-الخواص التماسكية Cohesive properties

الصلادة Hardness

الصلادة لفظ يعبر عن مقدار المقاومة التي يبديها المعدن تجاه الخدش والتآكل. ويمكن تعيين درجة الصلادة بملاحظة السهولة أو الصعوبة التي ينخدش بها المعدن بواسطة دبوس أو نصل سكن حاد. وتتراوح درجة الصلادة في المعادن بين تلك الدرجة المنخفضة في معدن التلك Talcالذي يمكن خدشه بواسطة الظفر وتلك الدرجة العالية في معدن الألماس Diamond الذي

يعتبر أصلد مادة معروفة سواء أكانت طبيعية أم صناعية. وتعتبر الصلادة من الخواص الفيزيائية الهامة للمعدن، لأنه يمكن تعيينها بسرعة وبذلك تساعد في التعرف على المعدن. ويمكن تعيين صلادة المعدن تعيينا نسبيا، وذلك بمقارنتها بصلادة المعادن المرتبة تبعا لزيادة درجة صلادتها في مقياس الصلادة المعروف باسم مقياس موهس للصلادة ، الذي يحتوي على عشرة معادن تبتدئ بأقل المعادن صلادة وهو التلك وتنتهي بأكثر المعادن صلادة وهو الألماس، وبين الإثنين يوجد ثمانية معادن لها أرقام تمثل درجة الصلادة النسبية من ٢ إلى ٩. وفيما يلي مقياس موهس للصلادة:

١- التلك Talc
٢- الجبس Gypsum
٣- الكالسيت Calcite
٤- الفلوريتFluorite
٥- الأباتيت Apatite
٦- الأرثوكليز Orthoclase
٧- الكوارتز Quartz
٨- التوبازTopaz
٩- الكوارندوم Corundum
١٠- الألماس Diamond

فإذا أردنا معرفة صلادة أي معدن اختبرناه بالظفر أو بنصل المبراة لمعرفة موضعه بين المعادن الأخرى، ثم نجرب على سطحه المعادن المقاربة له، حتى نحدد موضعه بين المعدن الذي يخدشه والمعدن الذي ينخدش به. مثلا نجد أن معدن البيريت يخدش معدن الأرثوكليز (٦)، ولكنه لا يخدش المعدن الذي يلي الأرثوكليز(الكوارتز). أي أن صلادة البيريت وسط بين صلادة الأرثوكليز (٦) وصلادة الكوارتز (٧) أي٥، ٦. فإذا وجد معدنان لهما نفس الدرجة من الصلادة فإنهما يخدشان بعضهما بالتساوي.وعند تجربة قياس درجة الصلادة يجب التمييز بين الإنخداش الحقيقي وبين المخدش أي لون المسحوق الناتج من الإحتكاك، مثل علامة الطباشير مثلا على لاسبورة (فلا نقول أن الطباشير أصلد من السبورة)، فالإنخداش صفة ثابتة لا يمكن مسحها من على سطح المعدن، ولكن المخدش يمكن مسحه بسهولة. كذلك يجب أن يكون طول الخدش أقصر ما يمكن، بحيث لا يزيد عن ربع السنتيمتر حتى لا يشوه عينة المعدن.

ويجب ملاحظة أن الأرقام المعطاة للمعادن في مقياس موهس للصلادة تمثل الصلادة النسبية، إذ ليس حقيقيا أن صلادة الألماس عشرة أمثال صلادة التلك فإنها أكثر من ذلك بكثير، كذلك ليس حقيقا أن الفرق بين صلادة معدن والذي يليه في مقياس الصلادة المذكور متساو ومنتظم في كل المقياس ، إذ أن من المعروف أن الفرق بين الكوراندوم (٩) و الألماس (١٠) في مقياس الصلادة يفوق بكثير الفرق بين التلك (١) و الكوراندوم (٩).

ويسهل تعيين الصلادة على وجه التقريب، بإستعمال :الظفر، قطعة نقود نحاسية، نصل سكين (مكواة)، قطعة زجاج نافذة، لوح مخدش، أو مبرد صلب، التي لها درجات الصلادة التالية.

- الظفر- حتى ٢،٥
- زجاج النافذة - حتى ٥،٥
- عملة نحاسية - حتى ٣
- لوح المخدش - حتى ٦،٥
- نصل سكين - حتى ٥،٥
- مبرد صلب - ٦-٧

ولما كانت معظم المعادن ذات صلادة أقل من ٧، فإن هذا المقياس البسيط يجعل من السهل تعيين الصلادة، على وجه التقريب، للمعدن سواء أكان ذلك في المختبر أم في الحقل.

وعند إختيار الأحجار الكريمة يستعمل بائعو المجوهرات المبرد الصلب أولا ، فإذا عض المبرد (أي عمل خدشا صغيرا) في المادة المختبرة فإن صلادتها تكون أقل من ٤، حيث أن كثيرا من الأحجار الكريمة المقلدة – خصوصا المصنوعة من الزجاج – لها صلادة أقل من ٧، بينما غالبية الأحجار الكريمة الحيقيقية لها صلادة أعلى من ذلك، فإن هذا الإختبار البسيط بواسطة مبرد الصلب يساعد في التفرقة بين النوعين (المقلد والحقيقي).

الإنفصام Cleavage

هذه هي الخاصية التي بموجبها ينفصم المعدن أو يتشقق بسهولة في إتجاهات معينة، وينتج عنها سطوح جديدة تعرف باسم مستويات الإنقصام ، وتمثل هذه المستويات أوجها بلورية ممكنة على بلورة المعدن، إذ أن الترتيب الذري الداخلي للبلورة هو الذي يتحكم في تكوين وإتجاه هذه المستويات الإنفصامية، تماما كما يتحكم في تكوين وإتجاه الأوجه البلورية. ويحدث الإنفصام دائما في المستويات التي تكون فيها الذرات مرتبطة برباط ضعيف.

ينفصم المعدن نتيجة لدقه أو ضغطه في إتجاه معين بواسطة حرف نصل سكين حاد. ويوصف الإنفصام تبعا لسهولة حدوثه وإكتماله بالصفات التالية: كامل، واضح أو جيد، غير كامل، صعب أو صعيف . وكذلك يوصف الإنفصام تبعا لتجاهه البلوري فهناك مثلا إنفصام مكعبي (موازي لأوجه المكعب) كما في معدن الجالينا والهاليت. أو إنفصام ثماني الأوجه كما في معدن الفلوريت. أو إنفصام معيني الأوجه كما في معدن الكالسيت، أو منشوري كما في معدن الهورنبلند ومعدن الأوجيت، أو قاعدي كما في معادن الميكا، ومعدن الجرافيت.

الإنفصال Parting

هو مستويات ضعف، مثل الإنفصام إلا أنه لا يتكون عموما نتيجة للبناء الذري الداخلي للمعدن، بل نتيجة لعوامل أخرى مثل الضغط أو التوأمية. ولما كانت هذه المستويات وخصوصا المستويات التوأمية موازية لمستويات بلورية فإن الإنفصال يشبه الإنفصام. ولكن الإنفصام يختلف عن الإنفصام في أن الإنفصال لا يوجد بالضرورة في جميع عينات المعدن الواحد، ولكن يشاهد فقط في تلك البلورات التوأمية أو التي تعرضت إلى ضغط مناسب. وحتى في مثل هذه الحالات التي يشاهد فيها الإنفصال فإن عدد مستويات الإنفصال في الإتجاه الواحد محدودة، وتبعد هذه المستويات الإنفصالية عن بعضها البعض بمسافات غير متساوية عموما. ومن أشهر أمثلة الإنفصال الذي يحدث في المستويات التوأمية والتركيبية (مستويات ضعف في البناء) ذلك الإنفصال القاعدي في معادن البيروكسين، والإنفصال معيني الأوجه في الكورانـدوم، والإنفصال ثماني الأوجه في الماجنتيت.

المكسرFracture

يعرف المكسر بأنه نوع السطح الناتج عن كسر المعدن في مستوى غير مستوى الإنفصام. تعطي المعادن التي ليس فيها إنفصاما مكسرا بسهولة، وتستخدم الصفات التالية في وصف الأنواع المختلفة من المكسر.

محاري: عندما يشبه السطح المكسور الشكل الداخلي لصدفة المحارة، أي يكون في هيئة خطوط مقوسة دائرية مثل مكسر قطعة سميكة من الزجاج، ومن أمثلته مكسر الكوارتز.

خشن: عندما يكون السطح الناتج جاف غير منتظم وهو منتشر بين كثير من المعادن، مثل البيريت، والباريت.

مستوي: عندما يكون المكسر أملس تقريبا.

ترابي: سطح غير منتظم يعطي بواسطة المعادن الترابية، مثل الكاولينيت ومعادن البوكسيت.

مسنن: عندما يكون السطح الناتج عن الكسر ذا أسنان حادة مدببة، مثل مكسر قطعة من النحاس (شظايا القنابل).

خاصية الطرق والسحب Tancity

وهي المقاومة التي يبديها المعدن نحو الطرق والكسر والطحن والإنثناء، أو بالإختصار تماسك المعدن. وتستخدم الألفاظ التالية في وصف الأنواع المختلفة من تماسك المعدن.

قابل للكسر: ينكسر المعدن إلى مسحوق بسهولة مثل البيريت.

قابل للطرق: عندما يمكن طرق المعدن إلى صفائح رقيقة، مثل الذهب، والنحاس، والفضة.

قابل للسحب: عندما يمكن سحب المعدن إلى أسلاك ، مثل الذهب، والنحاس، والفضة.

قابل للقطع: عندما يمكن قطع المعدن إلى قشور يمكن طحنها مثل الجبس.

قابل للإنثناء: عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط، وفي هذه الحالة لا يعود المعدن إلى شكله الأصلي إذا زال الضغط ، مثل الكلوريت والجرافيت.

مرن: عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط، ولكن بمجرد زوال الضغط يستعيد المعدن شكله الأصلي مثل البيوتيت والمسكوفيت.

الخواص الكهربائية والمغناطيسية Electrical and Magnetic properties

١- الكهرباء الحرارية Pyroelectricity

هي الخاصية التي بموجبها تتكون على الأطراف المختلفة لبلورة المعدن شحنات كهربائية نتيجة لتسخينه، وتوجد هذه الخاصية في البلورات ذات التماثل الأدنى، خصوصا البلورات نصف الشكلية، (أي التي لها طرفان مختلفان نتيجة لعدم وجود مستوى تماثل بينهما).

يعتبر معدن التورمالين من أحسن الأمثلة التي تظهر هذه الخاصية، ولبلورة التورمالين طرفان أحدهما حاد الزاوية وآخر منفرج الزاوية، فإذا سخنا البلور فإنه يتولد عند الطرف الحاد شحنات كهربائية موجبة، بينما يتولد عند الطرف المنفرج شحنات كهربائية سالبة. ويتعرف على السالب من الموجب بواسطة رش البلورة المسخنة بمسحوق الكبريت الأصفر وأكسيد الرصاص الأحمر ، فنلاحظ أن أكسيد الرصاص الأحمر ينجذب نحو الطرف السالب التكهرب، أما الكبريت الأصفر فإنه ينجذب نحو الطرف الموجب التكهرب. وتستعمل بلورات التورمالين ، نتيجة لخاصية الكهرباء الحرارية – في الأجهزة المستخدمة في قياس درجة حرارة إنفجار القنابل.

٢- الكهرباء الضغطية Piezoelectricity

وهي الخاصية التي بموجبها تتكون على أطراف المعدن شحنات كهربائية نتيجة لضغطه. وتلاحظ الشحنات الكهربائية على الأطراف المختلفة للمحاور البلورية. ومن الأمثلة الهامة لهذه الخاصية معدن الكوارتز الذي يستعمل في أجهزة الراديو والإرسال اللاسلكي للتحكم في التردد.

٣- المغناطيسية Magnetism

تنجذب بعض المعادن إلى المغناطيس الكهربائي القوي إذا قربت منه في حين تنفر معادن أخرى من المغناطيس. والمعادن الأولى تعرف بإسم بارامغناطيسية، في حين تعرف الثانية بإسم ديامغناطيسية. وتختلف المعادن البارامغناطيسية من حيث قوة مغناطيسيتها، فبعضها قوي مثل ماجنتيت والبعض الآخر ضعيف المغناطيسية مثل الإلمينيت Ilmenite ($FeTiO_3$) . ومن أمثل المعادن الديامغناطيسية الكوارتز والكالسيت والزركون. ولهذه الخاصية قيمتها وأهميتها عند فصل خامات المعادن وتركيزها، كما هو مستعمل في إستغلال الرمال السوداء التي تحتوي على الماجنتيت والألمينيت والجارنت والزركون والمونازيت.

٤ -الكثافة والوزن النوعي Density and Specific gravity

الوزن النوعي للمعدن عبارة عن نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء (الكثافة النسبية). ولما كانت كثافة الماء عند درجة ٤ مئوية تساوي الوحدة، فإن الرقم الدال على الوزن النوعي هو بعينه العدد الدال على كثافة المعدن باستثناء أن الوزن النوعي لا تمييز له (لأنه يمثل نسبة) أما الكثافة فإنها تميز. فمثلا، الوزن النوعي للكوارتز يساوي ٢،٦٥، أما كثافة الكوارتز فتساوي ٢،٦٥جم/سم^3. يدل الوزن النوعي إذن على نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساوي له من الماء عند درجة حرارة ٤ درجة مئوية.

الوزن النوعي (ن) = و/ و - و¯
حيث و = وزن المعدن في الهواء
و¯ = وزن المعدن في الماء
و - و¯ = وزن الماء المزاح= وزن حجم مساو للمعدن من الماء.

فمثلا عندما نقول أن الوزن النوعي لمعدن الكوارتز هو ٢،٦٥ فإننا نعني أن عينة معينة من الكوارتز تزن ٢،٦٥ مرة وزن حجم مساو لها من الماء. والذهب وزنه النوعي ١٩ يعني أن الذهي يزن ١٩ مرة حجم وزن مساو لهذا العينة من الماء. والوزن النوعي خاصية هامة مميزة للمعدن، وهي ثابتة لا تتغير (عند درجة معينة من الحرارة والضغط) طالما أن التركيب الكيميائي للمعدن لم يتغير، فإذا تغير التركيب الكيميائي للمعدن نتيجة لإحلال بعض العناصر محل عناصر أخرى في البناء الذري الداخلي، مثل إحلال الألومنيوم محل السليكون وإحلال الحديد محل المغنسيوم، فإن قيمة الوزن النوعي للمعدن تتغير تبعا لذلك الإحلال، وتتراوح بين قميتين أو نهايتين. فمثلا يتراوح الوزن النوعي لمعدن الاوليفين Olivine (سليكات الحديد والمغنسيوم) بين٣،٢ إلى ٤،٤ بسبب تغير التركيب الكيميائي للأليفين ، وهل هو غني بالمغنسيوم (٣،٢) أو غني بالحديد (٤،٤)، أما إذا كان يحتوي نسبة وسطا من المغنسيوم والحديد فإن وزنه النوعي سوف يكون عددا متوسطا بين ٣،٢ و ٤،٤.

ويختلف الوزن النوعي أيضا باختلاف طريقة رص الذرات في البناء الذري الداخلي للمعدن. فالمعروف أن الذرات قد ترص نفسها في مادة البلورة إما في هيئة سداسية أو ثلاثية أو مكعبية، وينتج من ذلك أن السنتيمتر المكعب ، مثلا، يحتوي في كل حالة على عدد من الذرات مختلف عنه في الحالة الأخرى، وبالتالي يختلف الوزن النوعي من حالة إلى أخرى. ومن أمثلة ذلك الكربون ، فقد توجد ذرات الكربون مرصوصة تبعا للنظام المكعبي لتعطي بلورات معكبة هي معدن الألماس، وزنه النوعي ٣،٤، أو قد توجد ذرات الكربون مرصوصة بنظام هو النظام السداسي في بلورات معدن الجرافيت ، وزنه النوعي ٢،٢٥.

ومن الأسباب التي تؤدي إلى الخطأ في تعيين الوزن النوعي للمعدن بصفة عامة وجود شوائب مختلطة به، وكذلك وجود فجوات هوائية، ولذلك عند تعيين الوزن النوعي لمعدن ما، يجب التأكد من خلو المعدن من مثل هذه الشوائب والفجوات الهوائية، كما يجب أن يكون المعدن خاليا من آثار التحلل بفعل العوامل الجوية (التأكسد والكربنة والتموه) كما يجب على دارس المعدن تحري الدقة التامة أثناء عملية تعيينه للوزن النوعي للمعدن.

٥- الخواص الحرارية Thermal properties

قابلية المعدن للإنصهار Fusibility

إذا عرضنا قطعة صغيرة من المعدن لها حروف حادة للهب بواسطة ملقاط، تلاحظ أن بعض المعادن تنصهر في لهب الشمعة، في حين لا تنصهر معادن أخرى في مثل هذا اللهب، ولكنها تنصهر في لهب مصباح بنزن، ومعادن ثالثة تنصهر فقط في لهب البوري (لهب البنزن الممزوج بكمية من الهواء). ومعادن رابعة تستدير حوافها فقط في لهب البوري، ومعادن أخيرة لا تنصهر بالمرة ولا تتأثر بلهب البوري، وتعرف هذه الخاصية بإسم قابيلة المعدن للإنصهار.

٦- خواص فيزيائية أخرى

هناك خواص أخرى لم يرد ذكرها في أي من الأقسام السالفة مثل اللمس Feel والرائحة odour، والمذاق taste وهذه الخواص ولو أنها ليس شائعة أو مميزة في كثير من المحالات إلا أنها تكون في بعض الحالات مميزة وتساعد على التعرف على المعدن. ومن الأمثلة المعروفة المذاق المالح لمعدن الهاليت. ومن أمثلة الرائحة تلك الرائحة الكبريتية (رائحة ثاني أكسيد الكبريت) الناتجة من حك معدن بيريت FeS_2 Pyrite أو تسخين كثير من المعادن الكبريتية. ورائحة الثوم الناتجة من حك أو تسخين معدن أرسينوبيريت Arsenopyrite (Fe As S) ومن أمثلة الملمس ذلك الملمس الصابوني أو الدهني لمعدن التلك، أو قد يكون الملمس باردا مثل

سطح الفلزات والأحجار الكريمة، أو قد يكون خشبيا (مثل الياف الخشب) مثل معدن سبوديومين Spodumene (سليكات الألومنيوم والليثيوم).

أما خاصية النشاط الإشعاعي فتنتج عن إحتواء المعدن لبعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم أو الثوريوم، وفي هذه الحالة يصدر عن المعدن إشعاعات لا نراها أو نشعر بها، ولكن إذا عرض المعدن للوح فوتوغرافي حساس فإن هذه الإشعاعات تؤثر على اللوح، وتترك أثرا يمكن الكشف عن هذه المعادن المشعة بواسطة الألواح الفوتوغرافية الحساسة أو بواسطة أجهزة خاصة تتأثر بهذه الإشعاعات وتحولها إلى صوت يمكن سماعه بسماعة الجهاز، أو تحوله إلى وميض ضوئي يمكن رؤيته. ومن أمثلة هذه الأجهزة عداد جيجر.

ولما كان معدل التحول من نظير آخر معروف بالنسبة للعنصر المشع، فإنه يمكن بعملية حسابية تقدير عمر المعدن (وبالتالي عمر الصخور الذي يحتوي هذا المعدن)، وقد أمكن تقدير عمر أقدم الصخور على سطح الأرض بحوالي ٣،٩ بليون سنة ، بينما قدر عمر بعض النيازك التي هبطت على الأرض من الفضاء بحوالي ٤،٦ بليون سنة. كما يقدر عمر الحصوات الصخرية التي جمعت من مادة القمر بحوالي ٤،٦ بليون سنة. وهذا يعني أن عمر المادة الصلبة في النظام الشمسي الذي يضم الكواكب والأقمار ومن بينها الأرض وقمرها هو حوالي ٤،٦ بليون سنة.

الخواص الكيميائية البلورية للمعادن

١- البناء الذري للمعادن (Crystal Chemistry of Minerals)

نقصد بالنباء الذري للمعدن المعلومات الرئيسية الثلاثة التالية:

١- الترتيب الهندسي في الفراغ للذرات والجزيئات والأيونات التي تكون وحدات البناء في المادة.

٢- درجة التقارب بين هذه الوحدات البنائية وطريقة رصها وتعبئتها في المادة.

٣- نوع القوى الكهربائية التي تربط بيه هذه الوحدات البنائية وخواصها.

٢- عدد التناسق Coordination number

عدد التناسق لأيون أو ذرة عنصر هو الرقم الدال على عدد الأيونات أو الذرات التي تحيط وتلامس هذا الأيون أو هذه الذرة بصفة مميز فمثلا قد تحاط ذرة ماغنسيوم بستة ذرات أكسجين بصفة مميزة عندما يتحد الإثنان سويا لتكوين أكسيد المغنسيوم.وفي هذه الحالة يكون عدد التناسق للمغنسيوم ٢، والنسبة بين نصفي القطرين في هذا المركب هي ٠،٤٧ أما في مركب تلوريد المغنسيوم (MgTe) ، فإن النسبة تساوي ٠،٣١، ويكون للمغنسيوم عدد تناسق يساوي ٤، ويحاط بأربعة ذرات تلوريوم في ترتيب رباعي الأوجه. ولما كان الأكسجين مكونا عاما في تركيب كثير من المعادن ، فعندما نذكر عدد التناسق لعنصر ما بدون تمييز فإننا نقصد عدد ذرات الأكسجين التي تتناسق مع ذرات العنصر المذكور.وعندما يكون عدد التناسق يساوي ٨ فإن ثماني ذرات أو أيونات تحيط بذرة أو أيون العنصر المركزي في شكل مكعبي.

٣-التشابه الشكلي Isomorphism

لاحظ متشرليخ عام ١٨١٩ أن هناك علاقة بين الشكل البلوري لمادة ما وتركيبها الكيميائي، وأنه قد توجد مادتان لهما تركيبان كيميائيان متقابلان وشكلان بولريان متماثلان تقريبا. مثل هذه العلاقة بين المواد المختلفة في التركيب الكيميائي والمتشابهة في الشكل البلوري تعرف باسم التشابه الشكلي، والمواد المرتبطة بهذه العلاقة تعرف باسم مواد متشابهة الأشكال، ومثل هذه المواد المتشابهة الأشكال تتشابه بشكل ملحوظ في خواصها الفيزيائية والكيميائية وكذلك البلورية (لها تقريبا نفس الزوايا بين الوجهية ونفس النسبة المحورية) ويحتاج الأمر إلى قياس الزوايا بين الوجهية بدقة كبيرة للتفريق بين بلورات المعادن المتشابهة الأشكال. كذلك يستخدم حيود الأشعة السينية في استكشاف وتوضيح هذه العلاقة البلورية الكيميائية بدراسة تفاصيل خواصل الوحدة البنائية في المعادن التي تربطها هذه العلاقة. أيضا يفيد التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء في دراسة هذه العلاقة.

وتتشباه المواد المتشابهة الأشكال في بنائها الذري (متشابهة البناء) كما أن مثل هذه المواد قادرة على أن تتبلور مع بعضها ، أي تتداخل بلوراتها . فإذنا حللنا بلورة سترونشيانيت فغالبا ما نجد فهيا كمية لا بأس بها من الكالسيوم وكذلك الباريوم، حيث حلت هذه العناصر على جزء من السترونشيوم ، ويعرف هذا باسم إحلال (أو استبدال) التشابه الشكلي، ولا يتم الإحلال بين عنصر وآخر إلا إذا تقاربا في حجمهما، أي لهما نصف قطر ذري أو أيوني متساوي تقريبا، ويجب ألا يزيد الفرق بين نصفي القطرين عن ١٥ في المائة.

ويجب أن تكون المادة الناتجة من الإحلال متعدلة كهربائيا . فإذا حل أيون عنصر أحادي التكافؤ (صوديوم) محل أيون عنصر ثنائي التكافؤ (كالسيوم) فلابد أن يحدث إحلال آخر في نفس الوقت بين عنصرين آخرين (ألومنيوم ثلاثي التكافؤ محل سليكون رباعي التكافؤ) حتى ينتج التعادل الكهربائي للمادة الناتجة:

$$Na_1 + Si_1 = Ca_2 + Al_3$$
$$NaAlSi_3O_8 = CaAl_2Si_2O_8$$

والإحلال الذي يحدث بين العناصر المختلفة قد يكون جزئيا أو كاملا، ومن أمثلة الإحلال الجزئي إحلال الحديد محل الزنك في معدن سافلريت Sphalerite (كبريتات الزنك) حيث لا يسمح بناء المعدن بأكثر من ١٨ في المائة من الحديد لتحل محل الزنك . ويتدرج لون المعدن من عديم اللون إلى بني إلى أسود بإزدياد نسبة الحديد.

أما مجموعة معادن الفلسبار البلاجيوكلازية (فصيلة الميول الثلاثة) فإنها تمثل بوضوح الإحلال الكامل بين طرفي المجموعة: الألبيت ($NaAlSi_3O_8$) ، والأنورثيت ($CaAl_2Si_2O_8$) ، فيحل الصوديوم والسليكون إحلالا كاملا محل الكالسيوم والألومنيوم لتنتج مركبات متوسطة بين الإثنين (تحتوي على الصوديوم والكالسيوم والألومنيوم والسليكون)، ولها خواص متدرجة بين خواص الطرفين.

ومن الأمثلة الأخرى للإحلال الكامل معادن الاوليفين (فصيلة المعيني القائمة)، حيث يتشابه الطرفان النهائيان فورستريت Mg_2SiO_4 Forsterite ، وفياليتFe_2SiO_4 Fayalite، وتتداخل بلوراتها معا، ويحل الحديد محل الماغنسويم بكل حرية وبأية نسبة في بنائهما الذري المتشابه، وتنتج متسلسلة الاوليفين $(Mg_2Fe)_2SiO_4$ Olivine series ومما سبق يتضح لنا أن خاصية التشابه الشكلي تدل على أن الخواص المختلفة للمعادن تختلف بصفة عامة باختلاف التركيب الكيميائية. وتعتبر خاصية التشابه الشكلي من أهم القواعد الأساسية في كيمياء المعادن إذ يندر أن توجد المعادن في حالة نقية.

٤- التعدد الشكلي Polymorphism

تصف هذه الظاهرة وجود أكثر من مادة لها نفس التركيب الكيميائي ولكنها تختلف في بنائها الذري وشكلها البلوري، مثال ذلك، الألماس والجرافيت معدنان لهما نفس التركيب الكيميائي (كربون)، ولا يمكن التفرقة بينهما بأي وسيلة كيميائية. ولكنهما يختلفان عن بعضهما البعض في الخواص الفيزيائية مثل الصلادة ، والوزن النوعي ، .. الخ.

مثال آخر: كربونات الكالسيوم يمكن أن تتبلور تحت ظروف خاصة لتعطي بلورة معينة الأوجه، هي معدن الكالسيت وتحت ظروف أخرى تعطي بلورة معينية قائمة هي معدن الأراجونيت. وكلا المعدنين له خواص فيزيائية مختلفة عن خواص الآخر.

ويطلق على الماد التي توجد في شكلين بلوريين مختلفين اسم ثنائية الشكل، أما إذا وجدت المادة في ثلاثة أشكال فإنها تعرف باسم ثلاثية التشكل.

ويجب ملاحظة أن الأشكال المختلفة للمادة الكيميائية الواحدة لا تتكون كلها في ظروف واحدة، بل على العكس تتكون في ظروف مختلفة من الضغط والحرارة والبيئة الكيميائية (درجة التركيز، درجة الحموضة، درجة القلوية). كما في الأمثلة التالية:

يتكون الألماس في ظروف من الحرارة والضغط العاليين جدا، أم الجرافيت فيتكون تحت الضغط الديناميكي. ويتكون الكوارتز في درجة حرارة أقل من٨٧٠ م ° ، أما التريديميت فيتكون

بين درجتي الحرارة ٨٧٠ م ° ، ١٤٧٠ م ° . في حين يتكون الكرستوباليت في درجة حرارة أعلى من ١٤٧٠ م °. ويتكون معدن البيريت من المحاليل القلوية والمتعادلة عند درجات حرارة متوسطة وعالية تحت الضغط ، أما المركزيت فيتكون من محاليل حمضية تحت درجة حرارة ٤٥٠ م° .

٥- الخداع الشكلي Psedomorphism

إذا حدث تعديل للبلورة بحيث يتغير بناؤها الذري الداخلي دون أن يطرأ أي تغيير على الشكل الخارجي (أي تحتفظ البلورة بشكلها الخارجي) ، فإنه توصف في هذه الحالة باسم شكل خادع أو شكل كاذب. وفي البلورة الخادعة الشكل يتبع التركيب الكيميائي والبناء الذري معدنا واحدا بينما يتبع شكلها الخارجي معدنا آخر، مثال ذلك: قد يتغير معدن البيريت (FeS_2) ليعطي معدن الجوتيت($HFeO_2$) الذي لا يزال يحتفظ بالشكل المكعب الخارجي المميز للبيريت، وتعرف مثل هذه البلورة بأنها شكل كاذب لمعدن الجوتيت الناتج من البيريت. وتتكون الأشكال الكاذبة في الطبيعة نتيجة لإحدى العمليات التالية:

١- دون حدوث تغير في التركيب الكيميائي (التغير الشكلي):

يطلق اسم الشكل المغاير على البلورة التي تغير بناؤها الذري دون أن يحدث ذلك أي تغيير للشكل الخارجي لها أو بمعنى آخر، إنها عبارة عن البلورة التي تغير بناؤها الذري دون أن يتغير تركيبها الكيميائي. مثال ذلك: معدن الكالسيت الناتج من معدن الأراجونيت. كلاهما عبارة عن كربونات الكالسيوم، ولكن الكالسيت الناتج (بناءه الذري الداخلي يتبع فصيلة الثلاثي، وقد تنتج عن تعديل نظام ذرات الأراجونيت المعيني القائم) لا يزال يحتفظ بالشكل المعيني القائم الخارجي الخاص بمعدن الأراجونيت (اي يبدو من الخارج كأنه البناء الذري الداخلي الذي أصبح في هذه الحالة كالسيت) تكشف أن المعدن أصبح كالسيت وليس أراجونيت، وأن الشكل الخارجي الظاهر للعين ما هو إلا شكل خادع.

٢- حدوث تغير في التركيب الكيميائي

أ) الإحلال أو الاستبدال: ينتج الشكل الكاذب في هذه الحالة بإزالة مادة البلورة الأصلية وإحلال مادة جديدة محلها وترسيبها في نفس الوقت دون أن يحدث أي تفاعل كيميائي بين المادة المزالة والمادة المترسبة.

مثال: كوارتز (SiO_2) يحل محل فلوريت(CaF_2)

كوارتز (SiO_2) يحل محل كالسيت($CaCO_3$)

ب) التحلل: ينتج الشكل الكاذب في هذه الحالة إذا تغير التركيب الكيميائية للبلورة الأصلية سواء أتم ذلك بإضافة مادة جديدة إليها أم بإزالة جزء من مادتها الأصلية أو بالإثنين معا (الإضافة أو الإزالة) دون أن يحدث أي تغير للشكل البلوري الخارجي للبلورة الأصلية.

مثال، إزالة بعض المواد:

هيماتيت (Fe_2O_3) يتكون من ماجنيت (Fe_3O_4) إزالة الحديد.

مثال، إضافة بعض المواد:

جبس ($CaSO_4\ 2H_2O$) يتكون من أنهيدريت ($CaSO_4$) إضافة الماء.

مثال ، إزالة وإضافة بعض المواد:

جوتيت ($HFeO_2$) يتكون من بيريت ... (FeS_2) إزالة الكبريت وإضافة الماء.

٣ -أشكال كاذبة قشرية (أو قوالب): وتحدث هذه الأشكال عندما يترسب معدن على سطح بلورة معدن آخر في هيئة قشرة تغلف البلورة بأكملها، وفي هذه الحالة يعرف الشكل الكاذب بأنه قالب خارجي، مثل الكوارتز الذي يحيط بمكعب الفلوريت ويأخذ شكله الخارجي. وقد يحدث في بعض الأحيان أن يترسب المعدن في الفراغات الناتجة عن إذابة بعض البلورات السابقة ويملؤها ويأخذ شكلها، وفي هذه الحالة يعرف الشكل الكاذب الناتج باسم قالب داخلي، ومن أمثلتها بعض الفراغات الموجودة في بعض أنواع الصخور والمملوءة بمعادن الزيوليت والنحاس.

٦- المعادن غير المتبلورة Noncrystaline Minerals

المعدن كما هو معروف مادة صلبة متبلورة، ولكن يوجد عدد قليل من المعادن غير متبلورة. ويمكن التمييز بين نوعين من المعادن غير المتبلورة: النوع الأول، ويطلق عليه اسم المعادن ذات البناء المنهار أو المعادن المحطمة، وهي معادن كانت في الأصل متبلورة، ثم تحطم بناؤها الذري فيما بعد. والنوع الثاني يطلق عليه اسم المعادن عديمة الشكل وهي معادن تمت وتكونت أصلا بدون بناء ذري، إما نتيجة لسرعة التبريد من حالة منصهرة، أو نتيجة للتجمد البطئ لمادة هلامية.

فأما المعادن المحطمة فإنها ذات خواص فيزيائية تدل على أنها عديمة التبلور. ومن بين هذه الخواص أنها ذات مظهر زجاجي أو غروي مثل القار وليس لها انفصام، ومكسرها محاري. إن مثل هذه المعادن المحطمة تستعيد بناءها الذري وتبلورها بالتسخين مع انبعاث حرارة كثيرة وتوجه في مادة المعدن، وينتج عن استعادة التبلور ازدياد في الوزن النوعي للمعدن. ويعزى تكون الحالة المحطمة في المعادن إلى إنهيار البناء الذري من خلال الإصطدام بجسيمات "ألفا" المنطلقة من عناصر النشاط الإشعاعي المفتتة. وعموما تكون المعادن المحطمة مكونة من أحماض ضعيفة وقواعد ضعيفة، مثل الزركون، الثوربت. أما وجود عناصر النشاط الاشعاعي في المعدن فلا يعتبر سببا كافيا بمفرده لإحداث حالة التحطم في بناء المعدن ، فمعدن ثوريانيت ThO_2 لا يبدو أبدا في حالة محطمة برغم احتوائه على الثوريوم. وبعض المعادن مثل ألالنيت Allniteيتواجد في كل من الحالة المحطمة وغير المحطمة. وقد تبين حديثا أن كثيرا من المواد المتبلورة يمكن جعلها في حالة محطمة وذلك بتعريضها للإصطدام بجسيمات "ألفا"، أو التيرونرونات المنطلقة من مفاعل يورانيوم.

أما المعادن عديمة الشكل: فتضم الزجاج والهلام. والزجاج يتكون من صهير برد بسرعة، أما الهلام فإنه يتكون نتيجة لتجمد المحاليل الغروية. والمحاليل الغروية تمثل حالة متوسطة بين المحاليل الحقيقية والمعلقات (المخاليط المعلقة)، وعادة تكون المركبات العضوية ذات الجزيئات الكبيرة محاليل غروية، بينما المركبات غير العضوية والتي لا تذوب عادة في الماء قد تكون محاليل غروية، ويتراوح قطر الجسيمات في المحلول الغروي عادة بين واحد من ألف وواحد من مليون من المليمتر. ومن أمثلة المعادن التي من هذا النوع الأوبال، وهو يتكون نتيجة لتجمد المحاليل الغروية للسيليكا، والأوبال أكسيد مائي للسليكا حيث كمية الماء فيه متغيرة، ويكتب قانونه الكيميائية هكذا $SiO_2.nH_2O$ ، وتتراوح كمية الماء عادة بين ٣، ١٠ بالمائة بالوزن. وهناك مواد أخرى توجد في حالة الغروية وتتكون في الطبيعة مثل بعض أكاسيد الألومنيوم والحديد والمنجنيز المتميئة. وعندما يتجمد الهلام فإنه عادة يتبلور في فترة زمنية وجيزة. ويمكن التعرف على المعادن التي تجمدت أصلا في حالة هلامية إذ يكون لها عادة أسطح كروية مثل عنقود العنب "عنقودية"، وهيئة داخلية إبرية شعاعية من المركز وعمودية على السطح الكروي.

تصنيف المعادن Classification of minerals

أمكن التعرف – حتى الآن – على ما يقرب من ألفي (٢٠٠٠) معدن في قشرة الأرض، الكثير منها نادر أو قليل الوجود، والقليل منها – ما يقرب من المائتين – شائع الوجود، وهذه توجد إما مكونة للصخور (النارية والرسوبية والمتحولة)، أو مكونة لنوع آخر من الصخور بعرف باسم الخامات المعدنية وهي رواسب فيها نفع للناس وتمكث في بقع متفرقة من كوكب الأرض ، حتى يكتشفها الإنسان ويستغلها في الصناعة.

وتشترك هذه المعادن الألفين جميعا في أن تعريف المعدن ينطبق عليها كلها أو بشئ من الدقة غالبيتها (إذ أن القليل منها غير متبلور، وحتى هذه القلة، تمثل حالة غير مستقرة تمضي في طريقها إلى التبلور والإستقرار بمعنى الزمن الطويل وتغير الظروف). ذلك التعريف الذي ينص على أن لكل معدن بناءا ذريا منتظما وتركيبا كميائيا مميزا. وانطلاقا من هاتين الصفتين

الأساسيتين نجد أن مجموعة من المعادن تتشابه في خواصها البلورية ، فتتخذ من البناء البلوري أساسا لتصنيفها إلى فصائل بلورية سبعة يشترك أفراد كل فصيلة في الصفات الأساسية (المحاور البلورية)، ثم نصنفها إلى نظم بلورية إثنتين وثلاثين حينما نجد أن بلورات الفصيلة الواحدة تختلف فيما بينها في التفاصيل (عناصر التماثل الخارجية) ثم نصنف كل نظام إلى عدد من الأقسام (مائتين وثلاثين مجموعة فراغية)، حينما نجد أن بلورات كل نظام تختلف فيما بينها في تفاصيل التفاصيل (عناصر التماثل الداخلية). هكذا تصنف المعادن على أساس البناء الذري المنتظم.

وقد نتخذ من الخواص الفيزيائية أساسا لتصنيف المعادن. فنجد أن هناك قسما يضم المعادن التي تتشابه في خواصها البصرية – ينكسر الضوء أثناء مروره بها إنكسارا منفردا وينتقل بسرعة واحدة في جميع الإتجاهات – تعرف باسم المعادن الايزوتروبية بينما تضم مجموعة أخرى من المعادن تحت قسم آخر لأنها تختلف أثناء مروره بها انكسارا مزدوجا وينتقل بسرعات مختلفة في الاتجاهات المختلفة – تعرف باسم المعادن غير الايزوتروبية.

ومن الخواص الهامة التي اتتخذت أساس لتصنيف المعادن خاصية التركيب الكيميائي حيث تصنف المعادن إما على أساس الشق الحامضي (الأنيونات)، أو على أساس الشق القاعدي (الكاتيونات)، ولكل من هذه التصنيفين خصائصه ومميزاته.

التصنيف الكيميائي للمعادن على أساس الشق الحامضي:

يرتبط هذا التصنيف بالبناء الذري للمعدن ولذلك يعرف باسم التصنيف الكيميائي البلوري للمعادن، ويستعمل هذا التصنيف الكيميائي على أساس الشق الحامضي للمعادن على نطاق واسع الآن لعدة أسباب أهمها:

أ) تتشابه المعادن المشتركة في الشق الحامضي (كبريتيد ، أكسيد ، كبريتات ، فوسفات، سليكات، .. الخ) ، وتكون مجموعات متشابهة أكثر من تشابه أفراد المجموعات التي تشترك في الشق القاعدي (كاتيون، نحاس، رصاص، زنك، كالسيوم، .. الخ) ، فمثلا تتشابه معادن الكبريتات المختلفة أكثر من تشابه معادن النحاس المختلفة مجتمعة.

ب) توجد المعادن ذات الشق الحامضي المشترك في الطبيعة في بيئات جيولوجية متشابهة. فمثلا توجد المعادن الكبريتيدية للنحاس والرصاص والزنك وغيرها مصاحبة لبعضها البعض في العروق المائية الحارة ورواسب الأحلال المختلفة، بينما توجد معادن سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والحديد والماغنسيوم وغيرها في كتل الصخور النارية المختلفة وغيرها من تواجدات الصخور النارية.

التصنيف الكيميائية البلوري للمعادن

تصنيف المعادن كيميائية (على أساس الشق الحامضي) وبلوريا (على أساس البناء الذري) إلى طوائف Classes ثمانية كما يلي:

١- طائفة المعادن العنصرية Native elements
٢- طائفة الكبريتيدات Sulfides والأملاح الكبريتية Suffocates
٣- طائفة الأكاسيد Oxides والهيدروكسيداتHydroxides
٤- طائفة الهاليدات Halides
٥- طائفة الكربونات Carbonates، النترات Nitrates، البورات Borates
٦- طائفة الكبريتات Sulfates، الكرومات Chromates، المولبدات Molybdates، التنجستات Tungstates
٧- طائفة الفوسفات Phosphates، الزرنيخات Arsenates، الفانادات Vanadates
٨- طائفة السليكات Silicates

وتصنيف كل طائفة إلى طويئفات Subclasses ، على أسس كيميائية وبنائية. فمثلا تصنف طائفة السليكات إلى ستة طويئفات على أساس الوحدة البنائية المعروفة باسم رباعي الأوجه، وهو الشكل الهندسي المكون من أربعة أوجه مثلثية الهيئة والتي تلتقي في أربعة أركان

تمثل مواقع أيونات الأكسجين المحيطة بأيون السليكون الموجود في مركز هذا الشكل "التتراهيدرون"، لتكون ارتباطا هوSiO_4 ، ومن الصور المختلفة الارتباط هذا الرباعي الأوجه مع رباعي آخر أو رباعيين أو ثلاثية أو أربعة، عن طريق المشاركة في أيون الأكسجين (عند ركن واحد) أو أيونين (ركنين) أو ثلاثة ايونات أكسجين (ثلاثة أركان) أو أربعة أركان وهي كل أركان رباعي الأوجه). على أساس هذه الصور المختلفة، تصنف طائفة السليكات إلى ستة طويئفات هي:

١- طويئفة النيزوسليكات Nesosilicates أو (الأورثوسليكات أو الجزر المستقلة من رباعي الأوجه)، والبناء الأساسي فيها يتكون من وحدات من رباعي الأوجه (SiO_4) المنفردة.

٢- طويئفة السوروسليكات Sorosilicates، والبناء الأساسي فيها يتكون من وحدات كل وحدة منها تتكون من اثنين من رباعي الأوجه مرتبطين عن طريق المشاركة في أيون أكسجين (ركن واحد من التتراهيدرون) بينهما، وبذلك يصبح تركيبها.(Si_2O_7)

٣- طويئفة السيكوسليكات Cycosilicates أو الحلقية، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من ثلاثة من التتراهيدرون أو أربعة أو ستة مرتبطة مع بعضها البعض عن طريق المشاركة في أيون أكسجين (ركنين) لتكون حلقات ثلاثية أو رباعية أو سداسية الشكل.3,4,6 (SiO_8)

٤- طويئفة الاينوسليكات (السلسلية) Inosilicates، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من سلسلة مستمرة من رباعي الأوجه المرتبطة مع بعضها عن طريق ركنين فيها لتمتد بصفة مستمرة في اتجاه واحدة (عادة يكون اتجاه المحور البلوري ج)، وقد تكون السلسلة مفردة n(SiO_8)، أو مزدوجة.

٥- طويئفة الفيللوسليكات (الصفائحية) Phyllosilicates، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من صفائح من رباعي الأوجه المرتبطة ببعضها عن طريق أركان ثلاثة وبذلك تمتد بصفة مستمرة في اتجاهين أو بعدين لتأخذ شكل الصفائح أو الوريقات المتراصة فوق بعضها البعض.(Si_4O_{10})

٦- طويفة التكتوسليكات (الهيكلية) Tectosilicates، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من هيكل من رباعي الأوجه المرتبطة بعضها ببعض عن طريق أركانها الأربعة ، ويبدو الهيكل في شكل شبكة ممتدة في الأبعاد الثلاثة.n(SiO_2)

وتصنيف الطويئفة إلى مجموعات تجمع معادن كل مجموعة تشابها في الخواص البلورية والبنائية. فمثلا تصنف طويئفة السليكات الهيكلية (تكتوسليكات) إلى أربعة مجموعات على هذا الأساس هي:

- مجموعة السليكا.Silica group
- مجموعة الفلسبار.Feldspar
- مجموعة الفلسباثويد.Felspathoid
- مجموعة الزيوليت.Zeolite group

وتضم كل مجموعة عددا من الأنواع، كل نوع له صفاته الكيميائية والبنائة الخاصة والتي تميزه عن نوع آخر في المجموعة التي تضمها. فمثلا تضم مجموعة الزيوليت أنواع من المعادن كل واحدة منها يتميز عن النوع الآخر بتركيبه الكيميائي الفريد. ولكن في بعض الأحيان يكون هناك تدرج في التركيب الكيميائي بين نوعين أو أكثر من المعادن لتكون ما يعرف باسم متسلسة (أو متتالية). فمثلا ، تضم مجموعة الفلسبار متسلسلة البلاجيوكليز التي تتدرج في تركيبها الكيميائي من البلاجيوكليز الصودي، من ناحية، والبلاجيوكليز الكلسي، من ناحية أخرى، وبين الطرفين يوجد بلاجيوكليز يحتوي على الصوديوم والكالسيوم بكميات متدرجة بين الطرفين.

والنوع من المعادن قد يضم عدة نويعات أو أصناف. ويتميز النويع عن النويعات الأخرى للنوع الواحد بأن له تركيب كيميائي متغير بين حدين تم الاتفاق على اختيارهما ، فمثلا اللابرادوريت Labradorite هو هذا النويع من نوع البلاجيوكليز الذي تتراوح كمية سليكات

الألومنيوم والكالسيوم به بين ٥٠- ٧٠ بالمائة ، والباقي سليكات الألومنيوم والصوديوم (٣٠-٥٠ ٪). كذلك يعتبر الكوارتز الذي يتكون في درجات الحرارة العلاية (بين٥٧٣ م °-٨٧٠ م°) – يطلق عليه اسم كوارتز عالي الحرارة أو الفا كوارتز – والذي يختلف في بنائه الذري وشكله البلوري عن الكوارتز الذي يتبلور في درجات حرارة منخفضة (اقل من ٥٧٣ م°) – يطلق عليه اسم كوارتز منخفض الحرارة أو بيتا كوارتز – يعتبر هذان الاثنان نوعيين من انوع الكوراتز.

أما الصنف فهو نويعة من المعدن متغيرة في تركيبها الكيميائي أو صفاتها الفيزيائية عن بقية الأصناف الأخرى التابعة لنوع واحد من المعدن. فمثلا ، هناك صنف من معدن الزيوسيت Zoisite، يطلق عليه اسم ثوليت Thulite لأن لونه وردي، وهناك صنف من معدن تتراهيدريت Tetrahedriteيطلق عليه اسم فريبرجيت Freibergite لأنه يحتوي على فضة. والاتجاه الحديث في تسمية المعادن ألا تطلق أسماء مميزة على هذه الأصناف الكيميائية من المعادن، ولكن تلحق باسم المعدن (النوع) صفة مميزة تشير إلى الاختلاف الكيميائي. فمثلا، يستبدل اسم فيبرجيت حاليا باسم تتراهيدرت الفضة.

وبالاختصار، يمكن تسلسل أقسام التصنيف الكيميائية – البلوري للمعادن كما يلي:

الطائفة – Class الطويئفة Subclass

المجموعة – Group النمط Type

النوع – Species المتسلسلة Series

النويع – Subspecies الصنف Variety

ويجب ألا يغيب عن الذهن أن تصنيف المعادن ما هو إلا محاولة من جانب علماء المعادن للتبصر والتدبر والتفهم للمعادن ونشأتها، ولكن نشأة الطبيعة وخلقها لا تعرف الحدود الفاصلة الجامدة، فالمعادن – ولو أنه منها المتشابه وغير المتشابه - إلا أنها جميعا تمثل وحدات متدرجة ومتطورة في خواصها تنضوي في وحدة الأرض، ذلك الكوكب المتناسق في خواصه، والذي هو وحدة من وحدات الكون.

وهكذا يجب أن ننظر إلى أن تصنيف الأشياء ذات الصبغة العلمية لايبدو فقط نوعا من التنظيم التقسيمي (الأرشيفي)، ولكنه يعتبر أيضا أساسا للتقييم والمقارنة. فإذا نظرنا إلى التصنيف هذه النظرة فإنه يقودنا بالتالي خطوة إلى الأمام نحو تقدم العلم، ويؤدي بنا إلى التفكير في خلق الكون من حولنا بصورة أفضل، ومن ثم وضع الأساس لاتجاهات جديدة في البحث عن الحقيقة. الحقيقة التي أودعها الخالق الأوحد في كل مظهر وفي كل نظام من مظاهر وأنظمة الكون.

نشأة المعادن Origin of Minerals

يمكن إرجاع نشأة المعادن وتكوينها في الطبيعة إلى أصول أربعة:

١- التكوين من سوائل طبيعية مصهورة تعرف باسم المجما Magma واللافا (الحمم Lava:) أنتجت غالبية المعادن المكونة للقشرة الأرضية. أي أن هذه المعادن عبارة عن مكونات للصخور النارية (أي مجموعات المعادن التي تصلبت من المادة المصهورة).

٢- التكوين من محاليل: وقد يكون التبلور من محاليل مياه أرضية (من أصل جوي) ذات درجة حرارة عادية ، مثل تكيون ملح الطعام (هاليت)، أو تتكون المعادن من محاليل مياه نشطة (من أصل ناري) ذات درجة حرارة عالية وضغط كبير نسبيا. وتترسب المعادن المتبلورة من هذه المحاليل في الشقوق والفجوات. أو قد تحل محل معادن وصخور أخرى.

٣- التكوين من الغازات والأبخرة: وذلك بأن تتبلور بعض المعادن من مواد غازية مباشرة (دون أن تمر بالحالة السائلة). ويحدث هذا كثيرا بالقرب من فوهات البراكين حيث تتصاعد كثير من غازات المواد المتسامية التي لا تلبث أن تكثف بالقرب من فوهة البركان مرسبة بلورات معادن مختلفة. وقد يحدث أيضا أن تتفاعل الغازات النشطة في جوف الأرض مع المعادن والصخور التي تقابلها لتكون معادن جديدة.

٤- التكوين من مواد صلبة (المعادن الموجودة في الصخور المختلفة): وذلك نتيجة لتغير في الظروف المحيطة بها. فقد ترتفع درجة حرارة الوسط الذي توجد فيه نتيجة لتدخل جسم ناري

بالقرب منها، أو يرتفع الضغط الواقع على المعدن نتيجة لحركات القشرة الأرضية وإنضغاط بعض الصخور والطبقات على بعضها، أو يتعرض المعدن لموجة من الأبخرة والغازات النشطة التي تغير من الجو الكيميائي المحيط بالمعدن، أو قد تشترك كل هذه الظروف مجتمعة مع بعضها. وفي كل من هذه الحالات لابد أن يكيف المعدن نفسه للوسط والظروف الجديدة وفي بعض الأحيان يقتضي الأمر أن يتحول المعدن الأصلي إلى معدن جديد مختلف تماما عنه ويتلائم مع الظروف الجديدة.

١ـ تكوين المعادن من الحمم أو المادة الصخرية المصهورة

إن الغالبية العظمى من المعادن المكونة للقشرة الأرضية قد تكونت نتيجة لتصلب المادة الصخرية المصهورة التي تعرف باسم المجما. ونعني بكلمة مجمما السائل الصخري ذا درجة الحرارة العالية الموجودة أسفل القشرة الأرضية على أعماق ذات حرارة عالية وضغط كبير. أما كلمة لافا (أو لابة أو حمم) فنعني بها السائل الصخري المرتفع الحرارة الذي يظهر على سطح الأرض حيث الضغط قليل (الضغط الجوي العادي).

ولقد قدر أن العناصر الثمانية التالية تكون – في المتوسط – نحوا من٩٩ ٪ من مجموع العناصر الموجودة في المجما: الأكسجين، السليكون، الألومنيوم، الحديد، الماغنسيوم، والكالسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم.

أما الواحد في المائة الباقية فتشمل العناصر المختلفة مثل الأهيدروجين والكربون والكبريت والفوسوفور والكلور وكذلك الفلزات الاقتصادية مثل الذهب والنحاس والبلاتين والرصاص والزنك .... الخ.

وتوجد العناصر الثمانية الشائعة (التي تكون ٩٩ ٪) بنسب مختلفة في المحاليل الصخرية المصهورة المختلفة (المجما المختلفة) . وتوجد العناصر المختلفة في المجما في هيئة محاليل السليكات المختلفة التي بها بعض الأكاسيد والكبريتيدات. وتتبلور السليكات أولا من المجما لتعطي المعادن السليكاتية الهامة المكونة للصخور وهي: الفلسبارات البلاجيوكليزية (سليكات الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم) ، والأوليفين (سليكات الحديد والماغنسيوم) ، ومعادن البيروكسين (مثل معدن أوجيت – Augite سليكات الكالسيوم والألومنيوم والحديد والماغنسيوم) ، ومعادن الأمفيبول (Amphiboles) مثل معدن الهورنبلند – Hornblende (سليكات الكالسيوم والألومنيوم والحديد والماغنسيوم والماء)، والميكا Mica مثل البيوتيت – Biotite (سليكات البوتاسيم والالومنيوم والماء)، والفلسبارات البوتاسية (ومن أمثلتها الأرثوكليز والميكروكلين (معدنان متعددان الأشكال تركيبهما الكيميائي سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم) والكوارتز (ثاني أكسيد السليكون).

ولا تدخل هذه المواد أو المكونات بكميات كبيرة في التركيب الكيميائية للمعادن التي تبلورت من المجما في المراحل الأولى ، ونتيجة لذلك فإنها تتجمع وتتركز في السائل المتبقي في المجما. ولما كان بخار الماء هو أكثر هذه المواد وجودا فإن هذا السائل المتبقي من المجما في النهاية يتكون أساسا من محلول مائي ذي درجة حرارة عالية. يعرف باسم المحاليل المائية الحارة أو المحاليل المجمائية.Magmatic solutions

٢ـ تكوين المعادن من المحاليل

تكونت كثير من المعادن في الطبيعة نتيجة لتبلورها من المحاليل مثل معدن هاليت (NaCl)، وكالسيت .. ($CaCO_3$) الخ. وهناك مصدرين مختلفين للمحاليل المائية التي توجد في القشرة الأرضية:

أ) المياه السطحية (مثل الأمطار والأنهار) التي تتسرب خلال المسام والشروخ والفواصل في الصخور المختلفة.

ب) المياه المجمائية وهي عبارة عن المحاليل المتبقية من المجما، وتكون ذات درجة حرارة عالية ومركزة جدا. وتعرف هذه المياه باسم المحاليل المائية الحارة.

وتتبلور أي من هذه المحاليل نتيجة لإحدة الطرق الطبيعية التالية:

١- بخر السائل: تحتوي مياه البحار والمحيطات والبحيرات المالحة على أملاح كثيرة مذابة فيها ومكونة لمياه ملحية. وعندما تتركز نسبة هذه الأملاح في هذه المحاليل نتيجة لبخر الماء فإنها تصل إلى درجة تترسب بعدها بعض المعادن. والمعروف أن مياه البحر تحتوي على الأملاح التالية : (٧٨٪) NaCl، (٩٪) $MgCl_2$، (٦٪) $MgSO_4$،(٤٪) $CaSO_4$، (٢٪) KClأي أن هذه الأملاح الخمسة – كلوريدات الصوديوم والماغنسيوم والبوتاسيوم وكبريتات الماغنسيوم والكالسيوم – تكون (٩٩٪) من الأملاح الموجودة في البحر. وعندما تتبخر مياه البحر تتبلور هذه المعادن أو مجموعات معينة منها من المحلول بترتيب درجة ذوبانها. فيتبلور أولا – بصفة عامة – الملح الأقل ذوبانا : كربونات الكالسيوم ثم كربونات المغنسيوم ويليه الملح الأكثر ذوبانا: كبريتات الكالسيوم ، ثم تنتهي عملية التبلور بأكثر الأملاح ذوبانا مثل كلوريد الصوديوم.

٢- الترسيب من المياه الأرضية نتيجة لفقدان الغاز الذي يعمل كمذيب: تحتوي المياه الأرضية المتحركة في القشرة الأرضية في بعض الأحيان على كميات لا بأس بها من غاز ثاني أكسيد الكربون مذابا فيها، وتتحول هذه المياه إلى حامض ضعيف (هو حامض الكربونيك). وعندما يصادف هذه الحامض الضعيف في طريقه صخورا جيرية (كربونات الكالسيوم) فإنه يذيبها حيث تتكون بيكربونات الكالسيوم القابلة للذوبان في الماء، ولكن لما كان هذا المركب الكيميائي الأخير مركبا غير مستقر فإنه يفقد – تحت ظروف كثيرة – مابه من ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء ليتحول إلى الكربونات المستقرة (أو الثابتة) التي لا تذوب في الماء فترسب في الحال كمعدن الكالسيت كما في المعادلات الكيميائية التالية:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_2)_2$$
$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

وفي المناطق الرطبة كثيرة الأمطار والتي تكثر فيها الصخور الجيرية، تذيب المياه الأرضية كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم وتحدث فراغات كبيرة تعرف باسم الكهوف. وعندما تتبخر المياه من هذه الكهوف يترسب فيها معدن الكالسيت في هيئة أعمدة مخروطية تتدلى بعضها من سقف الكهف وتعرف باسم استلاجميت Stalagmite. وهناك بعض الينابيع تخرج منها مياه مذاب فيها ثاني أكسيد الكربون وبيكربونات الكالسيوم، وعندما تفقد ثاني أكسيد الكربون نتيجة للبخر تترسب منها الكربونات في هيئة مسحوق أبيض متماسك في هيئة كتل مختلفة حول الينبوع، وتعرف هذه الرواسب باسم ترافرتين Travertine

٣- انخفاض درجة حرارة المحلول وضغطه: تتكون المحاليل المائية الحارة (المحاليل المجمائية) في ظروف ذات درجات حرارة وضغط عالية، وتحتوي – نتيجة لذلك – على كميات كبيرة من المواد المذابة مثل الأكاسيد والكبريتيدات والكربونات .. الخ. وعندما تبرد هذه المحاليل ويقل ضغطها يترسب منها معادن مختلفة تعرف بالمعادن المائية الحارة. ولقد قسمت هذه الرواسب المعدنية المائية الحارة إلى ثلاثة أقسام على أساس درجة حرارة المحلول الذي ترسبت منه والعمق الذي تكونت فيه وهذه الاقسام الثلاثة هي:

١- رواسب عالية الحرارة :Hypothermal deposits تكونت من محاليل ذات درجات عالية من الحرارة (٥٠٠ -٣٠٠م°) وتحت ضغط كبير، أي في أعماق بعيدة من سطح الأرض. ومن أمثلتها الرواسب التي تحوي معادن الولفراميت (Wolframite تنجستات الحديد والمنجميز) والمولبدينيت (Molybdenite كبريتيد المولبدنوم) والكاسيتريت (Cassiterite أكسيد القصدير) والجارنت والتوباز والأباتيت.

٢- رواسب متوسطة الحرارة :Mesothermal deposits وهذه الرواسب تكونت من محاليل ذات درجات متوسطة من الحرارة (٢٠٠-٣٠٠ م°) وتحت ضغط متوسط أي على أعماق متوسطة. ومن أمثلتها الرواسب التي تحوي معادن كالكوبيريت وسفاليريت وجالينا وأرسينوبيريت وتتراهيدريت وكالسيت وباريت.

٣- رواسب منخفضة الحرارة :Epithermal deposits وهذه الرواسب تكونت من محاليل ذات درجات حرارة أقل من المتوسط (٥٠ -٢٠٠ م°) وتحت ضغط أقل من المتوسط ، أي قريبا نسبيا من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها الرواسب التي تحوي معادن السنبار (كبريتيد الزئبق). والاستبنيت (كبريتيد الأنتيمون) والمركزيت (كبيرتيد الحديد) والكالسيت والفلوريت والأوبال والكوارتز.

وعندما تدخل المياه الأرضية (من أصل جوي وذات درجة حرارة منخفضة) في مناطق ساخنة أثناء تجولها في القشرة الأرضية فإن درجة حرارتها لا تلبث أن ترتفع، وتسخن هذه المياه وتصبح قادرة على إذابة المعادن التي تقابلها وتبقي هذه المحاليل تحت ضغط حتى تجد منفذا لها (قد يكون شقا أو شرخا في القشرة الأرضية)، فتنفذ منه لتظهر على سطح الأرض في هيئة ينابيع حارة متفجرة تعرف باسم جايزر Geysers. وبمجرد أن تنخفض درجة حرارة هذه الينابيع المتفجرة ويقل الضغط عليها فإنها ترسب كميات كبيرة من الرواسب السليسيية الدقيقة الحبيبات والتي تعرف باسم السنتراالسيلسي أو الجايزريت (Geyseriteعبارة عن مادة بيضاء مسامية مكونة من ثاني أكسيد السليكون).

٤- تفاعل المحاليل مع المواد الصلبة "الإحلال": قد يتفاعل محلول يحتوي على كبريتات الزنك مع الحجر الجيري "كالسيت" وينتج عن هذا التفاعل تكوين معدن سيمثسونيت " Smithsoniteكربونات الزنك " وكبريتات الكالسيوم وتعرف هذه العملية التي يتغير فيها المعدن الصلب إلى معدن آخر جديد بفعل المحاليل باسم الإحلال أو التحول السائلي. ويحدث غالبا أن يذيب المحلول المعدن الذي يصادفه ويرسب في مكانه في نفس الوقت معدنا آخر. ويحتفظ المعدن الجديد بالشكل الخارجي للمعدن القديم. وتكون مادة المعدن الجديد – نتيجة لذلك – شكلا كاذبا للمعدن القديم. ومن أمثله ذلك الخشب الأوبالي Opalized wood الذي نتج من إحلال معدن الأوبال (SiO_2nH_2O) محل المادة السليلوزية المكونة للخشب بواسطة المحاليل المحملة بثاني أكسيد السليكون ،ولا يزال الأوبال في هذا الخشب محتفظا بالمظهر الخشبي.

٥- تأثير الكائنات الحية على المحاليل: تستخلص بعض الكائنات الحية مثل المرجان والرخويات "المحاريات" كربونات الكالسيوم من مياه البحار التي تعيش فيها وتفرزها في هيئة اصداف وأجزاء صلبة ضمن أجسامها. وتترسب كربونات الكالسيوم في هذه الأجزاء الصلبة إما في هيئة معدن كالسيت أو معدن أراجونيت. كما أن هناك أنواعاً معينة من البكتريا يمكنها إمتصاص أكاسيد الحديد أو الكبريت من المياه التي تعيش فيها والتي تحتوي على الحديد أو الكبريتات المذابة فيها. فإذا ماتت هذه البكتريا تكونت رواسب معدنية تحتوي على أكاسيد الحديد أو الكبريت.

٣- تكوين المعادن من الغازات:

عرفنا أن المجما تحتوي على غازات ومواد طيارة مذابة فيها تحت ضغط كبير وفي درجة حرارة عالية. وقد لاحظنا أن هذه المواد الطيارة والغازية – بصفة عامة –لا تدخل في التركيب الكيميائي للمعادن التي تتبلور في المراحل الأولى من المجما (أوليفين – بيروكسين – أمفيبول – فلسبار ... الخ) ونتيجة لذلك تصبح المجما في المراحل الأخيرة من عملية التبلور غنية بهذه المواد الطيارة. وتحت ظروف مواتية، كأن يقل الضغط الواقع عليها نتيجة لمصادفتها الشروخ أو الفواصل أو المسام في الصخور، تترك هذه المواد الطيارة والغازات المجما المتبقية وتتفاعل مع بعضها البعض أو مع الصخور المحيطة بها. وتشمل هذه المواد الطيارة والغازات بخار الماء (أكثرها وجودا) والكلور والفلور والبورون والكبريت والمركبات الطيارة لهذه العناصر. أما إذا كانت المجما قريبة من السطح أو على السطح "لافا" كما في انفجارات البراكين – فإن هذه المكونات الطيارة تهرب لقلة الضغط عليها ثم لا تلبث أن تبرد وتتجمد بسرعة لتترسب مباشرة في هيئة صلبة حول فوهة البركان. ومن أمثلة المعادن التي تتكون بهذه الطريقة الهاليت، وملح الأومنيا، والكبريت والحامض البوريك.

أما إذا لم تهرب الغازات – لأن المجما كانت على أعماق بعيدة عن سطح الأرض – فإنها تتفاعل مع الصخور المحيطة بالجسم الناري "مجما جرانيتية " ، وتتكون معادن جديدة نتجة لهذا التفاعل بين الغازات والصخور الصلبة والذي يعرف باسم التحول الغازي. ومن أمثلة المعادن الناتجة من التحول الغازي معدن الكاسيتريت (ثاني أكسيد القصدير) الذي يوجد غالبا مع معدن الفلوريت في صخر واحد، ويتكون المعدنان نتيجة لتفاعل فلوريد القصدير (مادة طيارة تهرب في المجما) مع الماء (خارج المجما) وينتج أكسيد القصدير وحامض الفلوردريك الذي يتفاعل بدوره مع الكالسيت المكون للصخور الجيرية وينتج معدن الفلوريت كما في المعادلات الكيميائية التالية:

$$SnF_4 + 2H_2O = SnO_2 + 4HF$$

$$4HF + 2CaCO_3 = 2CaF_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

ومن المعادن الأخرى التي تتكون نتيجة للتحول الغازي معدن التورمالين (Tormaline سليكات البورون والألومنيوم والحديد والمغنسيوم والصوديوم)، والذي يتكون نتيجة لتفاعل المواد الطيارة الغنية بالبورون مع صخور المنطقة.ومعدن التوباز (Topazسليكات الألومنيوم والفلورين) الذي ينتج من تفاعل غاز الفلور مع صخور المنطقة، ومعدن الأباتيت (Apatite فوسفات وكلوريد أو فلوريد الكالسيوم) الذي ينتج من تفاعل مواد طيارة تحوي الفسفور والكلور والفلور مع صخور المنطقة الجيرية.

٤- تكوين المعادن من مواد صبة بواسطة التحول:Metamorphism

تتغير المعادن المكونة للصخور وكذلك بناؤها وخواصها تغيرا كاملا إذا أثرت عليها عوامل خاصة أهمها الحرارة والضغط وبخار الماء والتفاعلات الكيميائية للمحاليل. وتعرف هذه التغيرات التي تطرأ على المعادن باسم التحول. وقد تتحول الأنواع المختلفة من الصخور النارية الرسوبية لتنج صخورا متحولة. وقد يحدث التحول في منطقة محدودة تحيط بالجسم الناري المتدخل في الصخور، ويعرف هذا التحول باسم التحول المحدود أو التحول المماسى. وقد يحدث التحول على نطاق واسع نتيجة للحركات الأرضية البانية للجبال ويشترك في هذه الحالة عاملا الضغط والحرارة في تحويل الصخور الأصلية ويعرف هذا التحول باسم التحول الاقليمي أو التحول الحراري الضغطي. وينتج عن التحول الحراري معادن جديدة أكثر من المعادن التي تتكون نتيجة للتحول الحراري الضغطي. ومن أمثلة المعادن التي تتكون بفعل التحول الحراري: الجرافيت (من تبلور الكربون الموجود في الصخر المتحول)، الجارنت (من اتحاد أكاسيد سليكات الحديد والألومنيوم)، ولاستونيت Wollastonite ($CaSiO_3$) ، من اتحاد كربونات الكالسيوم وثاني أكسيد السليكون بفعل الحرارة... الخ.

تحلل المعادن بالعوامل الجوية

بمجرد أن تتكون المعادن تتعرض للعوامل الجوية المختلفة فإنها تكون عرضة للتغير، ويعرف هذا التغير باسم التأثير الجوي أو التجوية. وقد يكون هذا فيزيائياً أو كيميائياً، أما التاثير الفيزيائي فهو الذي يؤدي إلى تكسير المعادن وتفتيتها ويحدث هذا بواسطة عوامل فيزيائية مثل انخفاض درجة الحرارة وارتفاعها، وكذلك بفعل الجاذبية والرياح والأنهار وقيامها بنقل الحبيبات المعدنية من مكان آخر فتنبري وتتكسر وتستدير حوافها.

أما التأثير الكيميائي فهو الذي يذهب من معالم المعدن ويحول مركباته الكيميائية إلى مركبات كيميائية جديدة أي إلى معادن جديدة، ولذلك تعرف هذه العملية باسم التحلل، وتشمل عمليات كيميائية يدخل فيها الأكسجين "أكسدة" والماء "التموء" وثاني أكسيد الكربون "الكربنة" وقد تحدث هذه العمليات الكيميائية بسرعة أو ببطء. وفي معظم الأحيان تشتترك هذه التفاعلات الكيميائية مع بعضها البعض فينتج على أسطح المعادن المعرضة للعوامل الجوية معادن جديدة عبارة عن كربونات أو أكاسيد أو مركبات مائية للفلزات المكونة للمعادن الاصلية. وقد تبقى هذه على السطح لتدل على المعادن الأصلية التي تحتها، أو قد تذوب في مياه الأمطار والسيول

لترسب مرة أخرى في العروق القريبة من سطح الأرض، أو قد تنتقل إلى الأنهار ومنها إلى البحار حيث تنضم إلى الأملاح المختلفة في البحر.

ومن أمثلة المعادن التي تتكون نتيجة لعمليات الكربنة (تأثير ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء) تكوين معدن الكالسيت $CaCO_3$ في هيئة عمدان إسطوانية متدلاة من سقوف الكهوف تعرف باسم الأستلاكتيت Stalactite وأخرى قائمة على أرضية هذه الكهوف وتعرف باسم إستلاجميت Stalagmite.

ومن أمثلة الأكسدة تكوين الرواسب المعروفة باسم اللاتريت Laterite وهي عبارة عن مخاليط من معادن أكاسيد الحديد والألومنيوم المتيمئة، وفي هذه الرواسب تغلب نسبة أكاسيد الحديد على الألومنيوم. وقد تكونت هذه الرواسب المعدنية نتيجة لأكسدة الحديد والماغنيسيوم في الصخور النارية في المناطق الاستوائية الحارة الرطبة. أما إذا كانت نسبة المعادن الحاوية للحديد قليلة جدا في الصخر المتحلل "مثل الجرانيت والسيانيت وغيرهما من الصخور الغنية بالفلسبارات، فإن الراسب المتبقي عن التحلل يتكون معظمه من معادن أكاسيد الألومنيوم المائية ويعرف هذا الراسب باسم بوكسيت Bauxite. ومن المعادن التي تتأكسد بسهولة معدن البيريت Pyrite (FeS_2) وهو معدن أصفر براق يتأكسد أولا إلى كبريتات الحديدوز والكبريت تبعا للمعادلة التالية:

$$FeS_2 + 2O_2 \rightarrow FeASO_4 + S$$

أما كبريتات الحديدوز فهي سهلة الذوبان وسريعة التحول إلى مواد أخرى ، كما أن الكبريت يتأكسد إلى أكاسيد الكبريت المختلفة.

ومن أمثلة التموء "اتحاد الماء مع مختلف المركبات المعدنة لتكوين معادن مائية" تموء معادن الفلسبار لتعطي المعادن الطينية، وتموء معدن الأنهيدريت $CaSO_4$ يعطي معدن الجبس $CaSO_4.21H_2O$.

وجود المعادن في الطبيعة Occurrence of Minerals

توجد المعادن في الطبيعة إما في هيئة بلورات مفردة ملتصقة مع بلورات أخرى من نفس المعدن، أو مع بلورات معدن آخر، وفي العادة تكون هذه البلورات الملتصقة منتهية بأوجه بلورية من أحد طرفيها. ولكن في معظم الأحيان توجد المعادن منتشرة أو مبعثرة في معادن أخرى، لتكون في هيئة مخاليط المعادن المعروفة باسم الصخور. وفي هذه الحالة توجد المعادن في هيئة حبيبات أو جسيمات غير منتظمة. ولكن في بعض الأحيان تظهر أوجه بلورية وتكون بلورة المعدن منتهية بأوجه من الطرفين. وقد تمتلئ الشقوق والفواصل والشروخ في القشرة الأرضية بالمواد المعدنية فتظهر المعادن في الطبيعة في هيئة عروق. وتختلف هذه العروف من حيث اتساعها وأنواع معادنها وترتيب هذه المعادن فيها من مكان إلى آخر، ومن منطقة إلى أخرى. فقد يظل العرق محتفظا باتساعه وتخانته لمسافات طويلة "جانبيا أو رأسيا" ولكن قد يتغير هذا الاتساع من مكان إلى آخر فيبدو كأنه منتفخا في بعض أجزاءه، ومنكمشا في أجزاء أخرى. وقد توجد المعادن مرتبة في العروق ومصفوفة في هيئة طبقات أو صفوف، ويعرف العرق في هذه الحالة باسم عرق مصفف. وفي هذه الحالة تكون المعادن مصفوفة بنظام واحد وأنواع واحدة من جانبي العرق حتى منتصفه، وفي هذه الحالة يوصف العرق بأنه متماثل التصفيف، أما إذا كانت المعادن مختلفة من أحد الجوانب إلى الجانب الآخر فيوصف العرق بأنه غير متماثل التصفيف.

وتحتوي العروق على نوعين من المعادن: معادن ذات قيمة اقتصادية (يمكن استغلالها بفائدة)، ويطلق عليها اسم معادن خامات Ore Minerals، وهذه المعادن الركازية تكون غالبا عبارة عن معادن الفلزات مثل الجالينا والذهب والكالكوبيريت والبورنيت، أما المعادن عديمة الأهمية في تكوين العرق، أو التي ليس لها فائدة اقتصادية فتعرف باسم معادن أرضية Gangue minerals، فمثلا عندما يستغل الذهب من أحد عروق الكوارتز الحاملة له يعتبر الكوارتز في هذه الحالة معدن أرضي (لا فائدة منه).

ولما كانت العروق قد تكونت في الطبيعة بصفة أساسية نتيجة لترسيب المعادن من المحاليل فإنه يمكن تقسيم العروق التي تكونت من المحاليل المائية الحارة Hydrothermal إلى ثلاثة أنواع تبعا لدرجة حرارة المحلول الذي ترسبت منه.

١ -عروق عالية الحرارة (Hypothermal veins)، معادنها ترسبت عند درجات حرارة عالية (٣٠٠-٥٠٠ م°) وضغط عال. تحتوي على معادن كاسيتريت، ولفراميت، مولبدنيت، ذهب.

٢- عروق متوسطة الحرارة (Mesothermal minerals)، ترسب معادنها في ظروف متوسطة من الحرارة(٢٠٠-٣٠٠م°) والضغط. وتحتوي هذه العروق على معادن بيريت، كالكوبيريت، جالينا، سفاليريت، كوراتز، سيديريت.

٣- عروق منخفضة الحرارة (Epithermal minerals)، ترسب معادنها في ظروف منخفضة من الحرارة (٥٠-٢٠٠ م°) وتحتوي على معادن ستيبنيت، مركريت، بيريت، ذهب، كوارتز، كالسيت، فلوريت.

وقد توجد بعض المعادن في الطبيعة نتيجة لإحلال محاليلها محل معادن أخرى وذلك بإذابة المعادن الأصلية وترسيب المعادن الجديدة محلها في نفس الوقت، وينتج عن ذلك أن تظهر مثل هذه المعادن الإحلالية أو الرواسب الإحلالية بمظهر المعدن القديم، أي تأخذ شكله، وتوجد في الطبيعة في هيئة أشكال كاذبة.

وقد توجد المعادن مالئة لفراغات تشبه الكرات الصغيرة حيث تبطن المعادن سطح الكرة الصخرية من الداخل، وتعرف هذه الكرات الصغيرة المبطنة بالمعادن (غالبا في هيئة بلورات جيدة الأوجه) باسم geodes of vuges

أما بالنسبة لمكان وجود المعدن في الطبيعة فقد توجد المعادن في نفس المكان الذي تكونت فيه. وتعرف في هذه الحالة باسم معادن أصلية primary أو معادن محلية أو معادن موضعية in site وهذه المعادن لم تنتقل من كان نشأتها. أما إذا انتقل المعدن من مكانه الأصلي إلى مكان جديد – لم ينشأ فيه – وذلك بفضل الرياح أو الأ،هار .. الخ ، فيعرف باسم معدن ثانوي أو منقول .Secondary وتعرف الرواسب المعدنية الناتجة باسم رواسب ثانوية، ومن أمثلتها رواسب التجمعات placer deposits، وبعضها يحتوي على الذهب أو الكاسيتريت أو معادن أخرى ذات قيمة اقتصادية مختلطة بالرمل والحصى. وقد نتجت هذه الرواسب عن تجميعها في مواضع معينة بواسطة الأنهار أو السيول التي نقلتها من مصادرها الأصلية بعد أن تفتت – ورسبتها في تجمعات على جانبي الوديان وشواطئ الأنهار أو عند المصبات على شاطئ البحر. فمثلا، إذا وجد الذهب في عروق الكوارتز (المرو) فيقال إن الذهب يتواجد في مكانه أو موضعه الأصلي، أما إذا استخلص الذهب من الرمل والحصى المتجمعة في نهر أو بحيرة فيقال إن الذهب يتواجد في تجمعات منقولة. ويتواجد البلاتين والألماس والكاسيتريت (أكسيد القصدير) في الطبيعة بنفس الصورة أيضا. فإما أن توجد هذه المعادن في عروض (موضعها أصلية) أو في رواسب التجمعات (منقولة).

وصف المعادن الشائعة

في هذا الجزء سوف نقوم بوصف أهم المعادن الشائعة التي لها قيمة اقتصادية.

١- المعادن العنصرية Native Elements

يوجد حوالي عشرون معدنا في الحالة العنصرية وذلك بالإضافة إلى الغازات الجوية. ويمكن تصنيف هذه المعادن العنصرية إلى مجموعتين: (١) الفلزات، (٢) اللافلزات؛ وتوجد مجموعة ثالثة تضم أشباه الفلزات. أما المعادن الفلزية فتشمل الذهب والفضة والنحاس والبلاتين والحديد والزئبق والرصاص والبالاديوم والإريديوم والأوزميوم والنانتالوم والقصدير. أم المعادن العنصرية شبه الفلزية فتشمل الزرنيخ والأنتيمون والبزموت وهذه تكون مجموعة بمفردها ، إذ أن بلوراتها المعينية الأوجه تتقارب جدا في قيمة زواياها بين الوجهية. أما أهم

المعادن العنصرية اللافلزية فهي الكربون بشكليه الألماس والجرافيت ، والكبريت والسيلينوم والثيلوريوم.

أ) المعادن العنصرية الفلزية

تضم معادن الذهب والفضة والنحاس والبلاتين.

الذهب(Au)

يتبلور الذهب في فصيلة المكعب. وقد تكون البلورات في هيئة مفلطحة أو شجرية متشابكة. ويوجد المعدن غالبا في هيئة صفائح غير منتظمة الشكل أو قشور أو كتل. الصلادة =٢،٥ – ٣، الوزن النوعي =١٥،٦ – ٣,١٩. قابل للسحب والطرق. ولا يوجد انفصام ومكسره مسنن. اللون أصفر ذهبي فاقع أو فاتح تبعا لكمية الفضة المختلطة مع المعدن.

شكل (٢) بلورات ثمانية الاوجه للذهب- كاليفورنياnevada-outback-gems.com

يتركب المعدن كيميائيا من عنصر الذهب ولو أنه غالبا يحتوي على كميات متفاوتة من الفضة (قد تصل إلى ٤٠٪) ، وكذلك يحتوي على الحديد والرصاص والبزموت .. الخ. ينصهر المعدن بسهولة ولا يذوب في الأحماض المختلفة ولكنه يذوب في الماء الملكي (مخلوط حمضي الهيدروكلوكري والنيتريك).

يتميز المعدن عن بعض المعادن الكبريتيدية المشابهة (البيريت والكالكوبيريت) وعن الميكا الصفائحية ذات البريق الأصفر بواسطة قابليته للطرق ووزنه النوعي العالي وعدم قابليته للذوبان في الأحماض. الذهب ولو أنه عنصر نادر إلا أنه يوجد منتشار في الطبيعة بكميات ضئيلة. ويوجد الذهب في الطبيعة على حالتين: (١) في موضعه (رواسب أولية) . (٢) في التجمعات (رواسب منقولة).

أما الرواسب الموضعية (الأولية) فتشمل الوجود في عروق مائية حارة – أهمها العالية الحرارة ولو أنه يوجد في الأنواع الأخرى – ذات اصل ناري حمضي. ويوجد مصاحبا الذهب في هذه العروق معدن البيريت بصفة شائعة .

وعندما تتحلل العروق الحاملة للذهب بالعوامل الجوية وتتفتت فإن الذهب ينطلق إلى الرواسب السطحية ، وقد يبقى في التربة الموضعية بالقرب من مصدره أو ينتقل بواسطة السيول والأنهار ليترسب على شواطئها مكونا التجمعات النهرية. ونظرا لوزنه النوعي العالي فإن الذهب ينفصل عن المعادن الحقيقية الأخرى المكونة للرمال والحصى. وينتج عن ذلك أن يتجمع الذهب ويتركز عند النتوؤات التي تعترض مجرى النهر أو السيل أو في الفجوات في قاع مجرى النهر. وتتكون بذلك رواسب الذهب المعروفة باسم التجمعات. ويوجد الذهب في هذه الرواسب في هيئة حبيبات مستديرة أو مفلطحة. أما الذهب الناعم جدا فإنه قد ينتقل مسافات طويلة بواسطة الأنهار ، ويستخلص التراب المحتوي على الذهب في الماء الجاري فيترسب الذهب في القاع بسرعة في حين تظهر الأتربة والمعادن الخفيفة على السطح أو تكون معلقة وتفصل عن الذهب.

توجد العروق الحاملة للذهب في الأماكن الهامة الآتية: ولايات كاليفورنيا ونيفادا وداكوتا الجنوبية وآلاسكا بالولايات المتحدة الأمريكية ومنطقة الراند The Rand في الترنسفال

باتحاد جنوب أفريقيا ، وغرب أستراليا ، وجبال الأورال ، واقليم أونتاريو بكندا. أما رواسب التجمعات فتوجد في ولايات كاليفورنيا وكلورادوا وألاسكا ، وفي أستراليا وسيبريا.

أما في مصر فيعتبر الذهب أكثر المعادن انتشارا في الصحراء الشرقية حيث يوجد في حوالي ٥٠ منطقة ، وقد فتح قدماء المصريين المناجم في معظمها واستخلصوا منها الذهب إلى درجة كبيرة. ويمكن تقسيم هذه الأماكن حسب مكان وجودها في الصحراء الشرقية إلى ثلاثة أقسام هي:

١- الجزء الشمالي الأوسط: ويشكل مناجم مختلفة وأهمها أبوجريدة وسمنة وعطا الله وأم عش والفواخير

٢- الجزء المتوسط الأوسط: ويشمك مناجم أوب دبا وزيدان وكريم وأم الروس.

٣- الجزء الجنوبي الأوسط: ويشمل مناجم البرامية والدنجاش وحمش وحنجلية والسكرية وعتود وكردومان.

يستعمل الذهب بكميات كبيرة في صناعة الحلي والعملات الذهبية وتستنفد صناعة الأسنان وبعض الأجهزة العلمية كميات صغيرة.

الفضة(Ag)

تتبلور الفضة في فصيلة المكعب. البلورات نادرة وغير كاملة، وتكثر المجموعات الشجرية والمتشابكة ، ويوجد المعدن عادة في هيئة كتل غير منتظمة أو صفائح أو قشور أو في هيئة أسلاك رفيعة أو سميكة. الصلادة =٢،٥ – ٣، الوزن النوعي ١٠،٥ عندما يكون المعدن نقيا ، ١٠-١٢ إذا كان المعدن غير نقي. المكسر مسنن ، قابل للطرق والسحب ، البريق فلزي. اللون والمخدش لونهما أبيض فضي ، ولكن اللون يكون عادة بنيا أو أسود رصاصيا نتيجة للصدأ.

توجد رواسب الفضة بكميات كبيرة في العروق المائية الحارة. وهناك ثلاثة أنواع من هذه العروق:

١- عروق تحوي الفضة العنصرية مع الكبريتيدات ومعادن الفضة الأخرى.

٢- عروق تحوي الفضة مع معادن الكوبالت والنيكل.

٣- عروق تحوي الفضة مع خام اليورانيوم.

شكل (٣) الفضة ar.wikipedia.org

يوجد المعدن في النرويج وألمانيا (فرايبرج) والمكسيك وشيلي وبيرو وبوليفيا. وتستخدم الفضة في صناعة المجوهرات والحلي والعملة الفضية، وكذلك في صناعة بعض الأجهزة الفيزيائية والكيميائية والطبية وأفلام التصوير.

البلاتين (Pt)

يتبلور معدن البلاتين في فصيلة المكعب. البلورات مكعبة ولكنها نادرة، يوجد المعدن غالبا في هيئة قشور أو حبيبات أو كتل غير منتظمة. الصلادة = ٤ – ٥,٤ (تعتبر عالية بالنسبة لفلز). الوزن النوعي = ٢١،٤ عندما يكون نقيا ، ولكن عادة يتراوح بين ١٤ – ١٩ لوجود شوائب. معتم قابل للطرق والسحب. اللون أبيض فضي أو رصاصي. بريق ناصع، ربما يكون مغناطيسيا إذا كان يحتوي على كمية كبيرة من الحديد. التركيب الكيميائي: عنصر البلاتين ،

ولكنه عادة يحتوي على الحديد وكميات بسيطة من إلاريديوم والروديوم والاوزميوم والنحاس وفي بعض الأحيان الذهب.

شكل (٤) البلاتين alnwady.com

يوجد البلاتين في معظم الحالات في الهيئة العنصرية إذ لا يوجد غير معدن واحد نادر الوجود سبيريليت(Sperryliter) يتركب من البلاتين والزرنيخ. ويوجد البلاتين في الرواسب الأولية في الصخور فوق القاعدية وخصوصا صخر الدونيت Dunite حيث يوجد مع معادن الأوليفين والكروميت والبيروكسين والماجنتيت. ولكن المعدن يوجد بكميات اقتصادية في الرواسب الثانوية المعروفة باسم رواسب التجمعات الناتجة من تفتت وتحلل الصخور الأولية الحاملة للبلاتين والتي تتجمع بالقرب من مصادرها (البلاتين وزنه النوعي كبير). ومن أمثلة رواسب التجمعات الرواسب الموجودة في كولومبيا بجنوب أمريكا، وكندا (التي تعتبر أكبر منتج لهذا المعدن الآن).

يستعمل البلاتين بكميات كبيرة كعامل مساعد في صناعة أحماض الكبريتيك والخليك والنيتريك. وكذلك في صناعة الأجهزة الكيميائية والفيزيائية والكهربائية وفي صناعة المجوهرات والأسنان والساعات غير المغناطيسية وأدوات الجراحة.

ب) المعادن العنصرية اللافلزية

تضم هذه المجموعة معادن الكبريت والألماس والجرافيت وكلها معادن ذات قيمة كبيرة في التجارة والصناعة.

الكبريت (S)

يتبلور الكبريت في فصيلة المعيني القائم. البلورات في هيئة هرمية، يوجد عادة في هيئة كتلية غير منتظمة. ويوجد الكبريت في ثلاثة أشكال بلورية: النوع الشائع الموجود في الطبيعة هو المعيني القائم، أما الشكلان الآخرن فيتبعان فصيلة الميل الواحد ويندر وجودهما كمعادن. الصلادة = =١،٥-٢،٥. الوزن النوعي = ٢،٠٥–٢،٠٩. المكسر محاري أو غير مستو. قابل للكسر. البريق صمغي أو راتنجي. اللون أصفر كبريتي ولكنه قد يكون أصفر مائلا إلى الخضرة أو الرمادي أو الأحمر حسب الشوائب الموجودة. شفاف إلى نصف شفاف. موصل ردئ للحرارة حتى إذا أمسكنا البلورة باليد وقربناها من الأذن فإنا نسمع فرقعة، نتيجة لتمدد السطح الخارجي للبلورة الذي سخن باليد بينما الجزء الداخلي – نتيجة للتوصيل الردئ للحرارة – لا يزال باردا ولم يتأثر.

شكل (٥) الكبريت uaesheep.com

التركيب الكيميائي عبارة عن عنصر الكبريت، ولكن قد توجد شوائب من مواد طينية وأسفلتية. وقد تحتوي بعض أصناف الكبريت على عنصر السيلنيوم.

الكبريت سهل الانصهار ويحترق المعدن بلهب أزرق وينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت. غير قابل للذوبان في الماء أو الأحماض ولكنه يذوب في ثاني كبريتيد الكربون. يتميز المعدن بلونه الأصفر وسهولة احتراقه. نظرا لعدم وجود انفصام به فإنه يتميز بسهولة عن معدن أوربيمنت (كبريتيد الزرنيخيك).

يوجد الكبريت بكميات كبيرة في الصخور الرسوبية وينتج عادة من اختزال المعادن الكيميائية مثل الجبس. ويوجد المعدن مختلطا مع معادن سلستيت والجبس وأراجونيت وكالسيت، كما توجد رواسب الكبريت حول فوهات البراكين حيث ترسب المعدن من الغازات المتسامية والصاعدة من المداخن البركانية. وقد يوجد الكبريت نتيجة لنشاط البكتريا الكبريتية. أهم مناطق إنتاج الكبريت هي ولايات لويزيانا وتكساس بأمريكا. ويوجد الكبريت أيضا في جزيرة صقلية وفي المناطق البركانية مثل فيزوف وأيسلندا واليابان وهاواي. توجد رواسب الكبريت في مصر مختلطة مع رواسب الجبس والأنهيدريت التابعة لعصر الميوسين والمنتشرة على طول ساحل البحر الاحمر، وأهم هذه المناطق هي منطقة جمسة في الجزء الشمالي من الصحراء الشرقية بالقرب من الغردقة، ومنطقة رنجة في الجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية. وفي كلتا المنطقتين يوجد المعدن في كتل عدسية الشكل أو شريطية في هيئة بلورات صغيرة أو مجموعات بلورية عنقودية أو ككتل.

يستخدم الكبريت في صناعة حامض الكبريتيتك والثقاب ومسحوق البارود والأسمدة الكيميائية والكاوتشوك وفي الأغراض الطبية والأسمنت والعوازل الحرارية والكهربائية وتبييض الحرير والقش والمواد الصوفية وكذلك في عمليات تحضير لب الخشب اللازم لصناعة الورق.

الألماس (C)

يتبلور الألماس في فصيلة المكعب. البلورات عادة ثمانية الأوجه ولكن توجد بلورات كثيرة مفلطحة أو طويلة الهيئة. بعض الأوجه البلورية قد تكون منحنية أو ذات حفر. يندر وجوده في هيئة كتلية. بعض البلورات توأمية (قانون سبينيل). الصلادة = ١٠ (أصلد مادة معروفة). الوزن النوعي = ٥، ٣. البريق ألماسي ولكن البلورات غير المصقولة لها بريق شحمي مميز. وتعزى الألوان النارية التي تميز الألماس وتجعل منه حجرا كريما إلى معامل انكساره العالي وإلى خاصية التفرق الضوئي القوية Strong dispersion. اللون عادة أصفر باهت أو شفاف ، ولكن يوجد بعض البلورات لها ألوان باهتة إما حمراء أو برتقالية أو خضراء أو زرقاء أو بنية. ويطلق اسم "كربونادو Carbonado "أو "الكربون" على النوع الأسود الحبيبي الخشن السطح (يستعمل في الصناعة). التركيب الكيميائي عبارة عن عنصر الكربون النقي. لا يذوب المعدن في الأحماض أو القلويات. ولكن عند درجات الحرارة العالية وبوجود الأكسجين يحترق المعدن إلى غاز ثاني أكسيد الكربون دون أن يترك أي رماد. ويتميز الألماس عن المعادن المشابهة له بصلادته العالية وبريقه الألماسي والانفصام الكامل.

شكل (٦)الالماس sumiry.com

يوجد الألماس في الطبيعة في الرمال والحصى المكونة للطبقات والشواطئ النهرية حيث يقاوم المعدن عوامل التحلل والتفتت. ويوجد الألماس أيضا في أحد أنواع الصخور فوق القاعدية

(البيريدوتيت) المعروف باسم كمبرليت (Kimberlitre نسبة إلى كمبرلي في جنوب أفريقيا). وهناك أربع دول تنتج تقربا جميع إنتاج العالم من الألماس، هذه الدول هي: جنوب أفريقيا وزائير والهند والبرازيل.

يستعمل الألماس إما في (١) الصناعة ، أو (٢) المجوهرات. أما الألماس المستخدم في الصناعة فغالبا ما يكون ملونا ومليئات بالفواصل ومناطق الضعف وبعض الشوائب ، ولا يصلح في صناعة المجوهرات. وتستعمل القطع الكبيرة من هذا النوع في قطع الزجاج، أما القطع الصغيرة فتستخدم في طحن وصقل الألماس وغيرها من الأحجار الكريمة الأخرى. كما تستخدم آلات قطع الصخور وثقبها كميات من هذا النوع. أما النوع المستعمل في المجوهرات فهو الذي يتميز بخواص شفافية اللون، وخلوه من الكسور، وتفرق اللون وانكساره به عالي، لدرجة أن ألوان الطيف ترى في الألماسة كوهج النار. وتبدو هذه البلورات الكريمة عادة بيضاء بزرقة خفيفة. أما وجود لون القش الأصفر في بعض الألماسات فإنه يقلل من قيمتها. أما الألماسات ذات الألوان العميقة من الأصفر أو الأحمر أو الأخضر أو الأزرق فإن قيمتها كبيرة جدا. وتتوقف قيمة الجوهرة الألماسية على لونها ودرجة نقاوتها وحجمها والمهارة ونوع الأوجه التي صقلت على سطحها. ويوزن الألماس بالقيراط Carat = ٠،٢ من الجرام. وأكبر ألماسة عثر عليها في مناجم الترنسفال بجنوب أفريقيا عام ١٩٠٥ بلغ وزنها ٣١٠٦ قيراط وسميت باسم "الرئيس" أو "نجمة أفريقيا" وقد قطعت هذه الألماسة إلى تسع ألماسات كبيرة ، ٩٦ ألماسة صغيرة.

وصقل الأوجه الصناعية على جواهر الألماس فن يحتاج إلى مهارة وخبرة كبيرة لنظرا لأن قيمة الألماسة تتوقف على أنواع هذه الأوجه ودرجة إنعكاسها وكسرها لأشعة الضوء وإنتاج البريق المتوهج. وهناك أسماء كثيرة للأنواع المختلفة من الألماسات المقطوعة ، منها المربع والمركيز والمثلث والترابيز والخماسي ونصف القمر. وتعتبر مدينة أنتفيربن، أنفرس ببلجيكا المركز العالمي في الوقت الحاضر لصناعة الألماس حيث يشتغل في هذه الصناعة حوالي ٢٠،٠٠٠ عامل (أي ما يساوي ثلثي عمال الألماس في العالم).

الجرافيت (C)

يتبلور الجرافيت في فصيلة السداسي. البلورات مفلطحة أو صفائحية والأوجه التابعة للسطوح القاعدي ظاهرة ويندر وجود أية أوجه بلورية أخرى، غالبا في هيئة قشور أو حبيبات، الصلادة = ١– ٢ (يترك أثرا أسود على الأصبع أو الورقة البيضاء). الوزن النوعي = ٢،٢، البريق فلزي وفي بعض الأحيان أرضي معتم. اللون أسود إلى رصاصي فاتح. المخدش أسود. الملمس شحمي. قابلة للإنثناء ولكنها ليست مرنة.

شكل (٧) الجرافيت cs.cmu.edu

التركيب الكيميائي: كربون، ولكن هناك بعض الأنواع يوجد بها شوائب من أكاسيد الحديد والطين ومعادن أخرى. لا ينصهر الجرافيت ولكنه يحترق في درجات الحرارة العالية ويعطي غاز ثاني أكسيد الكربون، لا يتأثر المعدن بالأحماض.

يتميز الجرافيت بلونه وصلادته المنخفضة وهيئته الصفائحية. ويفرق بينه وبين معدن المولبدنيت الذي يشبهه في اللون والبريق.

يوجد الجرافيت عادة في الصخور المتحولة مثل الصخر الجيري المتبلور والشست والنيس. وقد يوجد في هيئة كتل مركزة أو قشور منتشر في الصخر ولكنها تكون جزئا كبيرا منه، وقد ينتج هذا الجرافيت من تحول عنصر الكربون أثناء عمليات التحول. وقد ينتج الجرافيت نتيجة التحول الحراري الشديد لرواسب الفحم. وكذلك قد يوجد الجرافيت في بعض العروق المائية الحارة ومصدره في هذه الحالة الصخور المتحولة على جانبي العرق. وتحتوي أنواع قليلة من الصخور النارية على معدن الجرافيت.

توجد أكبر المناطق إنتاجا للجرافيت في جزيرة سيلان، حيث توجد كتل قشرية من الجرافيت في العروق الموجودة في النيس والصخر الجيري. كذلك توجد رواسب كبيرة من المعدن في النمسا وايطاليا والهند والمكسيك وجزيرة مدغشقر وبعض الولايات الأمريكية. وفي مصر يوجد الجرافيت في صخور الشست المعروفة باسم الشست الجرافيتي في هيئة كتل عدسية الشكل في الصخور المتحولة التابعة لحقبة البريكامبري. وأهم هذه المناطق هي: (١) وادي أم غيج (منطقة وادي سترا)، (٢) وادي المياه (منطقة بنت أبو جوريا) ، (٣) وادي حمش، وكلها بالصحراء الشرقية.

يستخدم الجرافيت في صناعة البوتقات الحرارية المستعملة في صناعة الصلب والنحاس الأصفر والبرونز. وكذلك يستعمل المعدن في طلاء أفران المطابخ وبطانات أفران الصهر وصناعة أقلام الرصاص والبويات والشحومات والأقطاب الكهربائية.

٢ـ المعادن الكبريتيدية

تعتبر هذه المجموعة من أهم المجموعات المعدنية إذ أنها تضم أغلب الخامات المعدنية، وتتميز بالخواص الآتية: ثقيلة الوزن، معتمة لها مخدش أسود أو ملون، معظمها له بريق قلوي، وتوجد في الطبيعة مصاحبة لبعضها البعض في العروق المائية الحارة وفي رواسب الإحلال.

كالكوسيت (Cu_2S)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. يندر وجود البلورات التي تكون في العادة صغيرة ذات مظهر سداسي. يوجد غالبا في هيئة دقيقة الحبيبات أو كتلية. الصلادة =٢،٥ ــ ٣ الوزن النوعي =٥،٥ ــ٥،٨. المكسر محاري، البريق فلزي، اللون رصاصي فاتح على السطح الحديث ولكنه يصدا إلى لون أسود مطفي بالتعرض للجو، المخدش أسود رمادي. بعض أنواع المعدن صلادتها منخفضة وتوجد في هيئة هباب Sooty.

شكل (٨). الكالكوسيت ar.wikipedia.org

يوجد المعدن في الرواسب الثانوية النشأة Supergene deposits في المناطق الغنية برواسب الكبريتيدات. وقد يوجد المعدن في بعض الحالات في الرواسب الأولية في العروق المائية الحارة مجتمعا مع معادن كبريتيدية أولية Hypogene أخرى. ويوجد في الولايات المتحدة الأمريكية (مونتانا ، أريزونا ، يوتاه ، نيفادا ، آلاسكا) ؛ كذلك يوجد في زائير والمكسيك وبيرووشيلي.

يوجد المعدن في عروق النحاس بشبه جزيرة سيناء، وفي رواسب النحاس بوادي حمش بالصحراء الشرقية.

يستعمل المعدن كخام هام للنحاس.

جالينا(PbS)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. وأكثر الأشكال انتشارا على البلورات هو المكعب. الصلادة =٢،٥ . الوزن النوعي = ٤,٧ – ٦,٧.. البريق فلزي ناصح. اللون والمخدش أشهب رصاصي.

التركيب الكيميائي عبارة عن كبريتيد الرصاص. ويظهر التحليل الكيمياوي دائما وجود الفضة مختلطة إختلاطا كاملا مع الجالينا. وقد يحتوي معدن الجالينا على كميات ضئيلة من السيلينيوم، الزنك، الكالسيوم، الأنتيمون، البزموت، والنحاس. ويتفاعل المعدن مع حامض الكبريتيك المركز مع تكوين كبريتات الرصاص البيضاء.

شكل (٩) مكعبات من معدن الجالينا lmsat3.com

يتيمز معدن الجالينا بانفصامه الواضح ووزنه النوعي العالي وصلادته المنخفضة ومخدشه الأسود. يتحلل المعدن بالعوامل الجوية المؤكسدة إلى الكبريتات (أنجليزيت) والكربونات (سيروسيت).

تعتبر الجالينا من المعادن الكبريتيدية الفلزية الشائعة والتي توجد مصاحبة معادن سفاليريت، مركزيت، كالكوبيريت، سيروسيت، أنجليزيت، دولوميت، كالسيت، كوارتز، باريت، فلوريت، في العروق المائية الحارة. وفي بعض العروق المائية الحارة الأخرى يكون المعدن مختلطا مع معادن الفضة وبذلك يكون خاما رئيسيا للفضة. وقد توجد الجالينا في الصخور الجيرية في هيئة عروق أو مالئة للفراغات المسامية أو نتيجة للاحلال محل الحجر الجيري. ويصحب الاحلال للحجر الجيري وتكون رواسب الجالنيا تغيير كيميائية للحجر الجيري نفسه وتحوله إلى الدولوميت. وقد توجد الجالينا في الصخور المتحولة بالحرارة.

وأهم المناطق التي توجد بها الجالينا: فرايبرج في سكسونيا، وجبال الهارز، ووستفاليا وبوهيميا بأواسط أوروبا، وكورنول وديربي شبر وكمبرلاند بانجلترا، ومنطقة بروكن هيل بأستراليا. كذلك يوجد المعدن في بعض الولايات الأمريكية حيث يوجد منتشرا في هيئة عروق أو جيوب في الصخور الجيرية في الولايات الثلاث: ميسوري، كالساس، أوكلاهوما، ومصاحبا معادن خام الزنك.

توجد الجالينا في مصر مصاحبة معادن الزنك في رواسب الزنك والرصاص الكبريتيدية المنتشرة في الصخور الرسوبية التابعة للفترة المتوسطة من عصر الميوسين والممتدة على شاطئ البحر الأحمر في المناطق التالية:

زوج البهار، أم غيج، جبل العنز، جبل الرصاص، جبل أم سميوكي بالصحراء الشرقية.

تعتبر الجالينا المصدر الوحيد عمليا لفلز الرصاص، وخاما هاما بالنسبة للفضة. ويستعمل الرصاص في صناعة البويات وبعض أنواع الزجاج والمواسير والصفائح وقذائف البنادق والمسدسات والمواد اللاحمة والسبائك. وتستخدم كميات كبيرة من الرصاص في الوقت الحاضر في عمل الدروع الواقية من الاشعاعات الذرية والأشعة السينية.

سفاليريت (ZnS)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. تحتوي البلورات عادة على أشكال رباعي الأوجه، المكعب، الإثنى عشري وجها معينا، ولكن غالبا ماتكون البلورات معقدة وغير كاملة أو موجودة في مجموعات كروية البلورات توأمية عديدة التركيب ويكثر وجود المعدن في هيئة كتلية خشنة

أو دقيقة الحبيبات وقد تكون هيئة عنقودية أو متماسكة أو خفية التبلور. الصلادة =٣،٥ – ٤. الوزن النوعي = =٣،٩ – ٤،١. البريق لا فلزي – صمغي إلى شبه فلزي – وقد يكون ماسي. اللون أبيض عندما يكون نقيا ولكنه يتلون بألوان صفراء أو بني أو أسود ويصير اللون داكنا بإزدياد نسبة الحديد بالمعدن وقد يكون المعدن أحمر اللون أيضا. شفاف إلى نصف شفاف. المخدش أبيض أو أصفر أو بني.

التركيب الكيميائية عبارة عن كبريتيد الزنك. يحتوي دائما على حديد (Zn,Fe)S ، حيث لا تتعدى نسبة وجوده ١٨٪، وقد يوجد المنجنيز أو الكادميوم بنسبة بسيطة.

سفاليريت النقي معدن غير قابل للانصهار ، ولكنه ينصهر بصعوبة جدا إذا كان يحتوي على الحديد، ويعطي المعدن رائحة غاز ثاني أكسيد الكبريت عند تسخينه على مكعب الفحم أو في الأنبوبة المفتوحة.

شكل (١٠) معدن سفليريت gwydir.demon.co.uk

يتميز معدن سفاليريت ببريقه الصمغي الواضح وكذلك انفصامه الكامل. وتتميز الأنواع السوداء من المعدن بمخدشها البني المائل إلى الإحمرار.

يعتبر سفاليريت أهم خام للزنك، وهو معدن شائع يوجد في الطبيعة مصاحبا معادن الجالينا، البيريت، المركزيت، كالكوبيريت، كالسيت ، دولوميت. وغالبا ما يوجد سفاليريت مع الجالينا اللذان يشتركان في أماكن وجودهما في الطبيعة ونشأتهما. ويوجد المعدن إما في العروق المائية الحارة أو في رواسب إحلالية في الحجر الجيري. كما أن هناك بعض الحالات القليلة التي يظهر المعدن فيها في هيئة عروق في الصخور النارية أو يظهر في الصخور المتحولة بالحرارة.

يوجد المعدن في دول أواسط أوروبا وإنجلترا ، وتعبر أستراليا وكندا والمكسيك من أكبر الدول المنتجة لخام الزنك. ويوجد المعدن مختلطا مع معادن كالكوبيريت وجالينا في العروق المائية الحارة في جبل أم سميوكي بالصحراء الشرقية. كما يوجد المعدن بكميات بسيطة منتشرة في أماكن مختلفة من الصحراء الشرقية.

يستخدم المعدن – الذي يعتبر أهم خام للزنك – في الحصول على الزنك الذي يستعمل في صناعة الحديد المجلفن والنحاس الأصفر والبطاريات الكيميائية وألواح الزنك والمركبات الكيميائية المختلفة التي تستعمل في صناعة البويات وحفظ الأخشاب والصباغة والطب. ويستخلص عنصر الكادميوم من بعض أنواع سفاليريت.

كالكوبيريت ($CuFeS_2$)

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ويغلب وجود المعدن في هيئة كتلية. الصلادة =٣،٥ – ٤. الوزن النوعي = ٤،١ – ٤،٣. البريق فلزي، قابل للكسر. اللون أصفر نحاسي ولكنه غالبا ما يكون مغطى بصدأ برونزي متموج الألوان. المخدش أسود مائل إلى الخضرة.

التركيب الكيميائية عبارة عن كبريتيد النحاس والحديد، وقد يوجد المعدن مختلطا اختلاطا كاملا بمعدن البيريت ومعادن كبريتيدية أخرى مما يجعل نتيجة التحليل الكيميائية مختلفة قليا عن النسب المئوية السابقة.

شكل (١١) كالكوبيريت proprofs.com

ويعطي رائحة غاز ثاني أكسيد الكبريت عند تسخينه على مكعب الفحم أو في الأنبوبة المفتوحة. ويذوب المعدن المسخن في حامض الهيدروكلوريك ويلون المحلول اللهب بلون أزرق مخضر دليلا على وجود كلوريد النحاس. يتفاعل بسهولة مع حامض النيتريك معطيا راسبا من الكبريت. وباضافة الأمونيا بكمية إلى المحلول الناتج يترسب راسب بني أحمر عبارة عن إيدروكسيد الحديديك ، وعندما يرشح يبدو الراشح ذا لون أزرق (نحاس).

يتميز معدن كالكوبيريت بلونه الأصفر النحاسي ومخدشه الأسود المائل إلى الخضرة وصلادته المنخفضة. ويمكن تفرقته عن معدن البيريت بصلادته المنخفضة.

يعتبر معدن كالكوبيريت من معادن النحاس الشائعة وواحد من أهم خامات النحاس.ويوجد المعدن منتشرا في العروق المائية الحارة وخصوصا مرتفعة الحرارة، حيث يصاحب المعدن معادن البيريت، البيروتيت، سفاليريت، جالينا، كوارتز، كالسيت، دولوميت، سيديريت، ومعادن نحاسية أخرى. يوجد المعدن في الحالة الأولية ويتحلل بالعوامل الجوية المختلفة خصوصا بالقرب من السطح وينتج عنه كثير من المعادن النحاسية الثانوية التي تشمل الأكسيد والكربونات والكبريتات وقد يظهر الكالكوبيريت أيضا كمعدن أصلي في الصخور النارية، في عروق البجماتيت، وفي الصخور المتحولة بالحرارة. وكذلك في الصخور المتحولة بالضغط والحرارة مثل الشست. وقد يحتوي المعدن على الذهب أو الفضة وبذلك يصبح خاما لهذه المعادن. وقد يوجد المعدن مختلطا بكميات كبيرة من البيريت مما يقلل من قيمة الخام كمصدر للنحاس.

يوجد المعدن في الدول الآتية حيث يستغل كخام للنحاس: إنجلترا (كورنوول) ، السويد (فالون)، ألمانيا (سكاسونيا ، فريبورج ، بوهيميا)، أسبانيا (ريوتنتو)، جنوب أفريقيا، شيلي، تركيا. وفي مصر يوجد المعدن بكميات بسيطة منتشرة في كثير من عروق الكوراتز. وكذلك في العروق الكبيرتيدية في جبل أم سميوكي ووادي حمش وأبو صويل بالصحراء الشرقية الجنوبية.

سنيبار (HgS)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. البلورات عادة معينة الأوجه. غالبا في هيئة كتلية حبيبية أو ترابية أو قشور أو حبيبات منتشرة في الصخر. الصلادة =٢،٥ . الوزن النوعي = ١، ٨. البريق ألماسي عندما يكون المعدن نقيا ولكنه معتم عندما يكون غير نقي. اللون أحمر فاقع عندما يكون نقيا أو أحمر بني (غير نقي). المخدش أحمر فاقع ، شفاف إلى نصف شفاف.

شكل (١٢) معدن سنيبارNinjawy.com

يعتبر السنيبار خاما هاما للزئبق ولكن أماكن وجوده بكميات كبيرة قليلة. يوجد في هيئة عروق في الصخور الرسوبية وكذلك كرواسب حول البراكين والينابيع الحارة، ويوجد مجتمعا

مع معادن البيريت والمركزيت وستبنيت، وكبرتيدات النحاس. أهم المناطق التي يستخرج منها المعدن توجد في أسبانيا (منطقة المعادن)، إيطاليا (إيدريا)، بيرو، الصين، الولايات المتحدة الأمريكية (كاليفورنا). والسنيبار هو المصدر الوحيد الهام لفلز الزئبق الذي يستخدم بكميات كبيرة في الصناعة والتجارة.

ستبنيت Sb_2S_3

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. البلورات منشورية رفيعة وأوجه المنشور مخططة طوليا. بعض البلورات منحنية أو منثنية. عادة يوجد في هيئة مجموعات لبلورات صناعية شعاعية أو نصلية واضح فيها الانفصام، كذلك يوجد في هيئة كتل دقيقة أو خشنة الحبيبات. الصلادة = ٢. الوزن النوعي = ٤،٥٢ –٤،٦٢. البريق فلزي وناصع على أسطح الانفصام. والمخدش رصاصي فاتح إلى أسود معتم.

شكل (١٣) ستبنيت galleries.com

التركيب الكيميائي: ثالث كبريتيد الأنتيمون، قد يحتوي المعدن على كميات بسيطة من الذهب والفضة والرصاص والنحاس.

يتميز المعدن بدرجة انصهاره المنخفضة وهيئة بلوراته النصلية وانفصامه في مستوىواحد ولونه الرصاصي الناتج ومخدشه الأسود الناعم.

يترسب ستبينيت من المياه القلوية عادة مع معدن الكوراتز. يوجد المعدن في العروق المائية الحارة المنخفضة الحرارة القاطعة لصخور الجرانيت والنيس ومختلطا مع معادن الجالنيا والسنيبار وسفاليريت وباريت وريالجر وأوربيمنت والذهب. كذلك يوجد نتيجة للاحلال في الصخور الجيري والطفلية ، ومصدر هذه المحاليل هو الينابيع الحارة.

يوجد المعدن في كثير من مناطق التعدين بأواسط أوروبا ، وتوجد بلورات رائعة للمعدن في اليابان و تعتبر الصين أهم دولة منتجة للاستيبنيت ويوجد المعدن في بورنيو وبوليفيا وبيرو والمكسيك ، ويوجد المعدن في بعض العروق في الجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية المصرية.

يعتبر معدن ستيبنيت أهم خام للأنتيمون. ويستخدم الفلز في صناعة كثير من السبائك التي تستعمل في البطاريات الكهربائية وحروف الطباعة وأنواع أخرى كثيرة من السبائك الفلزية أما الكبريتيد فإنه يستعمل في صناعة الصواريخ النارية والثقاب والكاوتشوك وفي الأغراض الطبية. ويستخدم ثالث أكسيد الأنتيمون في صناعة الطلاء والزجاج.

بيريت (FeS_2)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. غالبا في هيئة بلورات يغلب عليها شكل المكعب، وفي بعض الأحيان تكون الأوجه مخططة. وتوجد بعض البلورات التوأمية. كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو حبيبية أو كلوية أو كروية أو استلاكتيتية ، الصلادة = ٦-٦,٥(تعتبر عالية بالنسبة للكبريتيد). الوزن النوعي = ٥،٠٢. قابل للكسر، البريق فلزي ناصع. اللون نحاسي أصفر باهت ولكن قد يكون أغمق من ذلك نتيجة للصدأ. المخدش أسود مائل للخضرة أو إلى اللون البني، معتم.

شكل (١٤) بيريت arabic.alibaba.com

التركيب الكيميائي: ثاني كبريتيد الحديد. قد يحتوي المعدن على كميات بسيطة من النيكل والكوبالت والزرنيخ وعادة يحتوي على كميات ضئيلة من الذهب والنحاس والتي توجد كشوائب ميكروسكوبية.

يتميز المعدن عن الكالكوبيريت بلونه الباهت وصلادته العالية ويتميز عن الذهب بقابليته للكسر وصلادته العالية (الذهب قابل للطرق والسحب). ويتميز عن المركزيت بلونه الأغمق وشكله البلوري.

يتحلل معدن البيريت بسهولة ويتأكسد إلى أكاسيد الحديد. ويطلق اسم جوسان Gossan على الغطاء الذي يوجد فوق عروق البيريت بالقرب من السطح والمكون من رواسب اسفنجية من الليمونيت.

معدن البيريت من المعادن الشائعة الوجود، ويتكون المعدن فى درجات الحرارة العالية والمنخفضة، ولكن الرواسب الضخمة يحتمل أن تكون قد تكونت في درجات حرارة عالية، كما يوجد البيريت كمعدن إضافي في الصخور النارية، وأيضا في الصخور المتحولة والعروق. وكذلك يوجد المعدن بصفة شائعة في الصخور الرسوبية إما من أصل أولي أو من أصل ثانوي. ويوجد المعدن بكميات كبيرة في اسبانيا والبرتغال. وفي مصر يوجد المعدن منتشرا في كثير من العروق والصخور النارية والمتحولة والرسوبية في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء والصحراء الغربية ، ولكن لا يوجد بكميات كبية ذات قيمة اقتصادية.

يستعمل البيريت أساسا في صناعة حامض الكبريتيك ولكنه يعتبر مصدرا للحديد في البلاد التي تفتقر إلى رواسب أكاسيد الحديد فيها. وقد يستعمل المعدن كمصدر للنحاس والذهب. ويستعمل المعدن في إنتاج كبريتات الحديدوز التي تستخدم في الصباغة وصناعة الحبر وأغراض كيميائية مختلفة.

مولبدنيت (MOS_2)

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي. البلورات سداسية مسطحة وقصيرة. يوجد غالبا في هيئة قشرية أو كتلية أو صفائحية. الصلادة = ١ –١،٥. الوزن النوعي = ٤،٦٢–٤،٧٢. الصفائح سهلة الانثناء والتشكيل ولكنها ليست مرنة. الملمس شحمي. البريق فلزي. اللون رصاصي فاتح. المخدش أسود رصاصي. معتم.

شكل (١٥) معدن المولبدنيت nevada-outback-gems.com

يشبه المعدن معدن الجرافيت ولكنه يتميز عنه بوزنه النوعي العالي، ولون المولبدنيت يشوبه بعض الزرقة ولكن الجرافيت يشوبه بعض اللون البني.

يظهر معدن المولبدنيت كمعدن إضافي في بعض أنواع صخور الجرانيت والبجماتيت والأبليت، ولكن يغلب وجود المعدن في العروق المائية الحارة المرتفعة الحرارة حيث يصاحب معادن الكاسيتريت وشيليت وولفراميت وفلوريت. وكذلك يوجد المعدن في بعض الصخور المتحولة بالحرارة مع معادن سليكات الكالسيوم وشيليت (تنجستات الكالسيوم) وكالكوبيريت.

يوجد المعدن في بوهيميا والسويد والنرويج وانجلترا والصين وكندا. ويوجد المعدن في عروق الكوارتز القاطعة لصخر الجرانيت في منطقة جبل الجتار (القطار) بالصحراء الشرقية المصرية.

يستعمل المعدن كخام لفلز المولبدنوم ومركباته الكيميائية. يستعمل الفلز في صناعة الصلب والحديد والأجهزة والأدوات التي تدور بسرعة. وفي الأفران الكهربائية وأجهزة الأشعة السينية.

٣- المعادن الأكسيدية

يمكن تصنيف الأكاسيد إلى أكاسيد لا مائية أو أكاسيد مائية. وتشمل مجموعة الأكاسيد معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية وخصوصا معادن هيماتيت، ماجنيتيت، كروميت، كاسيتريت، جوتيت. وسنضم إلى هذه المجموعة أكاسيد السليكون، ولو أنه حسب بنائها الذري تتبع مجموعات السليكات.

أ- الأكاسيد اللامائية

كوراندوم (Al_2O_2)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. البلورات عادة منشورية منتهية بأهرامات. يوجد عادة في هيئة كتل ذات مستويات انفصال متعامدة تقريبا. الحبيبات دقيقة أو خشنة.

شكل (١٥) كوراندم (ياقوت احمر) crystalsrocksandgems.com

الصلادة = ٩. الكوارندوم قد يتحلل على السطح ليعطي معدن الميكا الأقل صلادة ولذلك يجب ملاحظة تعيين الصلادة على سطح حديث. الوزن النوعي= ١،٠٢. البريق ماسي إلى زجاجي ، شفاف إلى نصف شفاف، البريق ماسي إلى زجاجي، شفاف إلى نصف شفاف، اللون متغير قد يكون مائلا إلى البني أو الأحمر أو الأزرق أو الأبيض أو الرصاصي أو أحمر ياقوتي أو أزرق.

توجد عدة أنواع من الكوراندوم أهمها:

الياقوت :Ruby وهو عبارة عن النوع الشفاف ذي اللون الاحمر القاتم وهو من الأحجار الكريمة الغالية.

السافير :Sapphire وهو عبارة عن النوع الشفاف الأزرق وهو من الأحجار الكريمة الغالية أيضا. وتوجد أنواع منه قد تكون صفراء أو خضراء أو بنفسجية.

الكوراندوم العادي: ويشمل البلورات والكتل المتماسكة ذات البريق المعتم والألوان غير المنظمة.

أما **الأميري :Emery** فهو اسم المخلوط المكون من الكوراندوم والماجنتيت والهيماتيت.

يوجد الكوراندوم كمعدن اضافي في الصخور المتحولة مثل الحجر الجيري المتبلور والشست والنيس. وكذلك في الصخور النارية قليلة السليكا مثل السيانيت ونيفلين سيانيت، وفي بعض السدود النارية القاعدية. ويوجد المعدن كذلك في الرمال والرواسب المنقولة حيث يوجد المعدن في هيئة بلورات أو حبيبات مستديرة بقيت نتيجة لصلادة المعدن ومقاومته للتحلل. ويصاحب المعدن الكلوريت والميكا والأوليفين والسربنتين والماجنتيت وسبينيل.

يوجد الياقوت في بورما وتايلاند وسيريلانكا في رواسب التربة الناتجة عن ذوبان الصخور الجيرية المتحولة. ويوجد السافير مصاحبا للياقوت في تايلاند وسيريلانكا وكشمير ومنطقة كوينزلاند بأستراليا وفي ولاية مونتانا بأمريكا. أما الكوراندوم العادي فهو منتشر في صخور السيانيت في مناطق مختلفة بالولايات المتحدة الأمريكية وكندا وروسيا ومدغشقر والهند وجنوب أفريقيا، أما إلاميري فيوجد ببعض جزر اليونان وفي تركيا بعض ولايات أمريكا. وينتج الياقوت والسافير الآن بطرق صناعية ويصعب التفرقة بين المعدن الطبيعي والصناعي بالعين المجردة.

يستعمل الياقوت والسافير كأحجار كريمة. أما الكوراندوم فيستعمل في موادة الصنفرة وكذلك يستعمل الأميري.

هيماتيت (Fe_2O_3)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. البلورات عادة مسطحة رقيقة أو سميكة، وقد تكون الصافئح الرقيقة متجمعة في هيئة وردة (الورد الحديدي Iron roses). يوجد المعدن عادة في هيئة ترابية وكذلك في هيئة عنقودية أو كلوية ذات بلورات شعاعية. وكذلك يوجد المعدن في هيئة صفائحية أو ميكائية Specular أو بطروخية. ويعرف المعدن باسم مارتيت Martite إذا وجد في هيئة ثماني الأوجه الكاذب عقب الماجنتيت.

شكل (١٦) هيماتيت بطروخى commons.wikimedia.org

الصلادة = ٥،٥ – ٦،٥. الوزن النوعي ٢٦,٥. توجد مستويات الانفصال القاعدية والمعينية الأوجه تقريبا متعامدة. البريق فلزي في الأنواع المتبلورة ومطفي في الأنواع الترابية. اللون بني مائل للاحمرار إلى أسود. يعرف النوع الترابي الأحمر باسم المغرة الحمراء Red ochreالمخدش أحمر فاتح أو داكن يتحول إلى أسود بالتسخين. معتم إلى نصف شفاف.

معدن الهيماتيت من المعادن الشائعة في الصخور وفي جميع العصور الجيولوجية ويعتبر أكثر خامات الحديد انتشارا. فقد يوجد المعدن مترسبا حول فوهات البراكين كما يوجد في الصخور المتحولة بالحرارة، وكذلك كمعدن إضافي في الصخور النارية الحمضية مثل الجرانيت. كذلك قد يحل محل الصخور السليكية (الغنية بالسيليكا) كذلك يوجد في الصخور المتحولة الاقليمية (بالضغط والحرارة). وقد تتكون رواسب كبيرة من الهيماتيت نتيجة لتحلل الصخور الحاوية للحديد. وتوجد هذه الرواسب في هيئة بطروخية كما في رواسب الحديد بأسوان. أما الصخور الرملية الحديدة فيوجد الهيماتيت فيها مكونا للمادة اللاحمة للحبيبات الكوارتزية.

أهم المناطق التي توجد فيها بلورات الهيماتيت هي جزيرة علبا Elba وسويسرا. وفي الحمم حول بركان فيزوف وفي كمبرلاند بانجلترا وولايات ميتشجان وويز كونسن ومينيسوتا حول بحيرة سوبيريور بالولايات المتحدة الأمريكية، وفي هذه الولايات تكون هذه الرواسب المتبلورة جزءا كبيرا من الخام. وكذلك يوجد الخام بكميات كبيرة في فينزويلا والبرازيل وكندا.

وفي مصر يوجد المعدن في رواسب بطروخية لونها أحمر داكن بمنطقة أسوان وتتراوح نسبة الهيماتيت بالخام ما بين ٥٤،٨٪ ، ٨٨٪ ، وتتبع هذه الرواسب العصر الكريتاسي. وكذلك توجد رواسب كبيرة من الهيماتيت المختلط مع أكاسيد الحديد المتميئة (مثل الجوتيت – والتي تعرف في مجموعها باسم ليمونتي) في الواحات البحرية وهذه الرواسب توجد في صخور الأيوسين. أما في وادي كريم بالصحراء الشرقية، فتوجد رواسب الحديد التابعة لحقب البريكامبري Precambrian، في صخور متحولة حيث يتواجد الهيماتيت مع الماجنتيت بصفة أساسية ومختلطا مع الجسبر. وهناك نوع ثالث من رواسب الهيماتيت حيث يوجد النوع الصفائحي من الهيماتيت والمعروف باسم سبكيولاريت Specularite، مع الكوارتز في العروق المائية الحارة القاطعة للصخور النارية الحمضية أو المتوسطة. ومن أمثلة هذه المناطق وادي أبو جريدة بالصحراء الشرقية (الجزء الشمالي) وجبل أبو مسعود بسيناء. وهناك نوع رابع من رواسب الهيماتيت وأكاسيد الحديد مختلطة مع أكاسيد المنجنيز وكلها نتجت بالإحلال محل الصخور الجيرية الدولومتيتية. ومعظم هذه الأكاسيد الحديدية من النوع الأخير توجد في هيئة ترابية تعرف باسم المغرة الحمراء.

يعتبر معدن الهيماتيت أهم خام للحديد. كذلك يستعمل المعدن في عمل البويات (المغرة الحمراء)، وفي عمل مسحوق الصقل. الاسم مشتق من كلمة يونانية معناها "الدم" بالنسبة إلى مشابهة لون مسحوق المعدن للدم.

إلمينيت ($FeTiO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. البلورات غالبا مسطحة سميكة. الثوابت البلورية متقاربة مع تلك في الهيماتيت. يوجد المعدن عادة في هيئة صفائح وكذلك كتل متماسكة أو حبيبات سائبة كالرمل.

شكل (١٧) معدن الالمنيت.

الصلادة = ٥،٥– ٦. الوزن النوعي = ٧,٤ البريق فلزي أو نصف فلزي. اللون أسود حديدي. المخدش أسود أو أسود بني. معتم. المعدن قليل المغناطيسية، ولكن هذه الخاصية تزداد بالتسخين.

يوجد المعدن كطبقات وأجسام عدسية الشكل في الصخور المتحولة المتبلورة والنيس، وكذلك كثيرا ما يوجد المعدن في العروق والأجسام المنفصلة من المجما القاعدية حيث يتواجد المعدن مع الماجنتيت، كذلك يوجد الإلمنيت كمعدن إضافي في الصخور النارية. وكذلك يوجد ضمن المعادن المكونة لرواسب التجمعات في الرمال السوداء مع معادن الماجنتيت والروتيل والزركون والمونازيت.

يوجد المعدن بكميات كبيرة في النرويج وفي منطقة الأديروندك بشرق الولايات المتحدة الأمريكية وفي منطقة كويبيك بكندا. في مصر يوجد المعدن في منطقتي حماطة وأبو غلقة بالصحراء الشرقية الجنوبية حيث يوجد المعدن كعدسات وصفوف في الصخور المتحولة والقاعدية التابعة لحقب البريكامبري. كذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء الموجودة على شاطئ البحر المتوسط.

يستعمل الإلمينيت كمصدر للتيتانيوم، ويستعمل أكسيد التيتانيوم الآن بكميات كبيرة في صناعة البويات محل البويات القديمة التي كانت تستعمل في مركبات الرصاص.

بيرولوسيت (MnO_2)

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي. يوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية أو كلوية أو شجرية.

الصلادة = ١ – ٢ (يترك أثرا أسودا على الأصابع) ، أما النوع المتبلور الخشن (بوليانيت) فصلادته = ٦ – ٦،٥. الوزن النوعي =٤,٧٥. البريق فلزي. اللون والمخدش أسود حديدي. معتم.

شكل (١٨) بيرولوسيت daviddarling.info

البيرولوسيت من المعادن الثانوية ويتكون من إذابة المنجنيز من الصخور المتبلورة حيث يوجد العنصر بكميات صغيرة، ثم ترسيبه مرة ثانية في هيئة معادن مختلفة أهمها البيرولسيت. وتوجد المجموعات الشجرية من المعدن عادة على الأسطح المكسورة للحصى والقطع الصخرية الكبيرة. كما توجد طبقات وعدسات من خامات المنجنيز في الصخور الطينية المتبقية والناتجة من تحلل الصخور الجيرية المنجنيزية. ويعتقد أن أكاسيد المنجنيز كانت في الأصل في حالة غروية ثم تبلورت عقب ترسيبها. وكذلك يوجد المعدن في عروق الكوارتز والمعادن القلوية الأخرى.

والبيرولوسيت هو أكثر خامات المنجنيز انتشارا. وأهم الدول المنتجة للمنجنيز هي روسيا وغانا والهند واتحاد جنوب أفريقيا والمغرب والبرازيل وكوبا. وفي مصر توجد خامات المنجنيز بكميات كبيرة في شبه جزيرة سيناء بمنطقة ام بجما. كذلك توجد الخامات في مناطق متفرقة بالصحراء الشرقية بالقرب من ساحل البحر الأحمر جنوب القصير، وخصوصا في وادي معالق وجبل علبة (بالقرب من حلايب إلى أقصى الجنوب) وجميع هذه الرواسب تابعة لعصر الميوسين.وفي شبه جزيرة سيناء يوجد الخام في هيئة عدسات وصفوف عدسية الشكل يتراوح سمكها من ١ إلى ٥أمتار في الصخور الجيرية الدولوميتية.

والبيرولوسيت أهم خام لعنصر المنجنيز الذي يستعمل في صناعة الصلب وسبائك النحاس والزنك والألومنيوم ... الخ. ويستخدم المعدن نفسه كمادة مؤكسدة في صناعة الكلورين والبرومين والأكسجين. وفي إزالة الألوان من الزجاج وفي صناعة البطاريات الكهربائية. ويستخدم المنجنيز كمادة ملونة في صناعة الطوب والفخار والزجاج.

ماجنتيت (Fe_3O_4)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. يوجد المعدن عادة في هيئة كتلية خشنة أو دقيقة الحبيبات.

شكل (١٩) معدن الماجنيتيت.

الصلادة = ٦. الوزن النوعي = ٥،١٨. البريق فلزي ، اللون أسود حديدي، المخدش أسود. ذو مغناطيسية قوية، وقد يعمل كمغناطيس طبيعي.

الماجنتيت من الخامات الشائعة للحديد. يوجد منتشرا كمعدن إضافي في معظم الصخور النارية وقد يوجد في بعض الأنواع منها (القاعدية) في هيئة كتل منفصلة قد تصل إلى أحجام كبيرة وتستغل كخام للحديد، وتحتوي مثل هذه الكتل عادة على عنصر التيتانيوم. وقد يوجد المعدن في الصخور المتحولة المتبلورة والقديمة حيث يوجد المعدن في هيئة عدسات أو طبقات كبيرة. كذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء على شواطئ البحار، كما يوجد المعدن في هيئة بلورات صفائحية أو مجموعات شجرية متداخلة بين صفائح الميكا.

توجد أضخم رواسب للماجنتيت في العالم في شمال السويد حيث يعتقد أنها تكونت بالانفصال من المجما. وكذلك توجد رواسب هامة للمعدن في النرويج ورومانيا وجبال الأورال. أما الأنواع المغناطيسية القوية فتوجد في سيبريا وجبال الهارز Harz وجزيرة علبا Elba وفي منطقة بشفيلد Bushveld بجنوب افريقيا. وفي مصر يوجد المعدن في وادي كريم مختلطا مع الهيماتيت والسليكا في طبقات ضمن الصخور المتحولة القديمة. وكذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء عند رشيد ودمياط والعريش. ويستعمل المعدن كخام هام للحديد.

كروميت ($FeCr_2O_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. وويوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية أو منضغطة.

الصلادة = ٥,٥. الوزن النوعي = ٤،٦. البريق فلزي إلى نصف فلزي ولكنه غالبا كبريق الزفت .اللون أسود حديدي إلى أسود بني. المخدش بني داكن. نصف شفاف.

شكل (٢٠) معدن الكروميت chromite.masror.ir

الكروميت من المعادن الشائعة في صخور البيريدوتيت والسربنتين الناتجة منها حيث انفصل الكروميت من المجما عند بدء تبلورها، ويعتقد أن رواسب كبيرة من الكروميت قد تكونت بهذه الطريقة ويصاحب الكروميت معادن الأوليفين والسربنتين والكروانديوم.

وأهم الدول المنتجة للكروميت هي روسيا واتحاد جنوب أفريقيا وتركيا والفلبين وكوبا وروديسيا وألبانيا. ويوجد الكروميت في جهات متفرقة بالصحراء الشرقية المصرية أهمها منطقة البرامية ورأس السلاطين حيث يوجد الكروميت في هيئة عدسات ضمن صخور السربنتين والشست التلكي التابعة لحقب البريكامابري.

يستعمل المعدن كممصدر لفلز الكروميوم الذي يستعمل في صناعة الصلب وفي تغطية الفلزات لحفظها ضد التآكل والصدأ. وتستعمل قوالب الكروميت بكميات كبيرة في تبطين أفران صهر الفلزات وذلك لخواصها الحرارية والمتعادلة. وتتكون هذه القوالب من خام الكروميت وقار الفحم Coal tar ، أو في بعض الأحيان من الكروميت المخلوط بالكاولين والبوكسيت أو مواد أخرى. ويستخدم الكروميت أيضا في صناعة بعض أنواع البويات الخضراء والصفراء والبرتقالية والحمراء. أما مركبات البيكرومات فإنها تستخدم في عمليات الصباغة ودبغ الجلود.

ب) الأكاسيد المائية

ليمونيت Limonite [$FeO(OH).nH_2O$]

هذه المادة ليست معدنا بمعنى الكلمة لأنها تتكون من أكثر من معدن. أي أنها مخلوط من عدة أكاسيد حديد ذات نسب متغيرة مع الماء. وكذلك قد تحتوي على السليكا والطين وأكاسيد المنجنيز ومواد عضوية. وتوجد في هيئة كتلية ترابية أو كروية أو استلاكتيتية. اللون بني أصفر إلى أسود. المخدش بني أصفر. البريق زجاجي أو معتم. يوجد الليمونيت مع الجوتيت في

الوراسب الغطائية المعروفة باسم جوسان، والليمونيت ذو نشأة ثانوية. يستخدم الليمونيت في صناعة البويات الصفراء وكذلك كخام للحديد.

شكل (٢١) معدن الليمونيت en.wikipedia.org

٤ـ معادن الهاليدات

تضم هذه المجموعة المعادن الآتية:

هاليت (NaCl)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. يوجد في الطبيعة في هيئة بلورات أو كتل حبيبية متبلورة لها انفصام مكعبي وتعرف باسم الملح الصخري. كذلك يوجد في هيئة كتل أرضية حبيبية أو متماسكة. الصلادة =٢،٥. الوزن النوعي = ٢،١٦. البريق زجاجي. شفاف اللون أو أبيض أو يميل إلى الأصفر أو الإحمرار أو الزرقة أو البنفسيج وذلك إذا كانت محتويا على بعض الشوائب. المذاق ملحي. شفاف إلى نصف شفاف.

شكل (٢٢) معدن الهاليت

الهاليت معدن واسع الانتشار، وهناك أربع طرق لوجود المعدن في الطبيعة:

١ـ في هيئة رواسب ذات سمك كبير وانتشار متسع.

٢ـ في هيئة محلول في البحار والمحيطات والبحيرات المالحة.

٣ـ في هيئة مادة متزهرة في الأماكن الصحراوية حيث لا يعوض البخر الشديد ما يصل إلى المحلول الملحي من مياه أرضية مذاب فيها الملح، مثل الرواسب الملحية الموجودة في صحاري أفريقيا وشيلي وبالقرب من بحيرة قارون.

٤ـ كمادة متسامية تكثفت حول فوهات البراكين.

يوجد الهاليت في الرواسب الملحية مصاحبا معادن الجبس والأنهيدريت والطين والدولوميت. وتوجد هذه الوراسب في الصخور الرسوبية لجميع العصور الجيولوجية. ويعتقد أن هذه الرواسب قد تكونت بانفصال أجزاء من مياه البحر نتيجة لتكون حاجز يفصل بين الخليج المتكون والبحر، ثم بواسطة التبخير بدأت الأملاح تتركز في المحلول ويهبط المحلول المالح إلى القاع (نتيجة لثقله) ويتعرض الجزء العلوي للبخر، وتتركز الأملاح، وهكذا، حتى وصل المحلول إلى درجة التشبع، وفي هذه الحالة تترسب المعادن الأقل ذوبانا وتبدأ بكبريتات الكالسيوم ثم يليها كلوريد الصوديوم وهكذا. فإذا كان الخليج على اتصال بالبحر عن طريق فجوة في الحاجز، وفد إلى الخليج تمويت جديد من مياه البحر لتعويض الفاقد بالتبخير وتستمر عملية الترسيب لتكون رواسب ذات سمك كبير. أما إذا ارتفع الحاجز ليقفل الخليج كلية فإن ماء الخليج يتبخر كله. وتنتهي عملية الترسيب بالأملاح الأكثر ذوبانا مثل مركبات المغنسيوم والبوتاسيوم التي تترسب في النهاية في هيئة مركبات معقدة.

يترسب الهاليت في مصر في الملاحات الكثيرة المنتشرة على ساحل البحر المتوسط عند الاسكندرية ورشيد وبورسعيد، وكذلك يترسب الهاليت مع الرواسب الملحية في وادي النطرون. ويوجد المعدن أيضا مختلطا مع معادن الجبس والأنهيدريت التابعة لعصر الميوسين والمنتشرة على ساحل البحر الأحمر، كذلك يوجد المعدن كمادة متزهرة قشرية في بعض المنخفضات في الصحراء الغربية.

يستعمل الهاليت بكميات كبيرة في الأغراض المنزلية وفي صناعة منتجات الألبان وحفظ اللحوم والأسماك. كما يستعمل لإنتاج الصوديوم ومركباته والكلورين والمساحيق المبيضة .... الخ. وتستعمل كربونات الصوديوم بكميات كبيرة في صناعة الزجاج والصابون بينما تستعمل بيكربونات الصوديوم في الطهي وصناعة الخبز والطب، أما سينايند الصوديوم فيستعمل في طريقة السيانيد لاستخلاص الذهب.

فلوريت (CaF_2)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. يوجد المعدن غالبا في هيئة بلورات مكعبية أو كتل ناتجة من الانفصام. كذلك يوجد في هيئة كتلية دقيقة أو خشنة الحبيبات وكذلك في هيئة مجموعات عمدانية.

شكل (٢٣) مكعبات معدن الفلوريت webmineral.com

الصلادة = ٤. الوزن النوعي =٣،١٨. شفاف أو نصف شفاف. البريق زجاجي. اللون يختلف كثيرا والألوان الأكثر إنتشارا هي الأخضر الفاتح أو الأصفر أو الأخضر المائل إلى الزرقة أو الأرجواني، كذل توجد أنواع شفافة أوبيضاء أو وردية أو زرقاء أو خضراء. وقد تكون البلورة الواحدة ذات ألوان عدة مرتبة في هيئة صفوف، ولبعض البلورات خاصبة التفلز Fluorescenceالتي اشتقت اسمها من اسم المعدن.

الفلوريت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار. فقد يوجد المعدن في العروق مكونا معظمها . أو مكونا المعدن الأرضي في العروق الحاوية للخامات الفلزية خصوصا العروق الفضية والرصاصية، كذلك يوجد المعدن في الصخور الجيرية والدولوميتية، كما يوجد كمعدن إضافي قليل في بعض أنواع الصخور النارية والبجماتيت. يصاحب المعدن عادة معادن كثيرة مختلفة مثل الكالسيت والدولوميت والجبس والسيليستيت والباريت والكوارتز والجالينا وسفاليريت وكاسيتريت والتوباز والتورمالين والأباتيت.

يوجد المعدن بكميات متوفرة في انجلترا (كمبرلاند ، دربي شاير، درهام)، وفي مناجم سكسونيا وفي سويسرا والتيرول وبوهيميا والنرويج. وأهم المناطق التي يوجد بها المعدن في مصر هي العجلى والعنيجي بالصحراء الشرقية، حيث يوجد المعدن في هيئة عروق أو أجسام عدسية الشكل في صخور الجرانيت والديوريت. كذلك يوجد المعدن كمعدن أرضي في العروق الحاملة للقصدير والتنجستين في مناطق نويبع والمويلحة وزرقة النعام.

يستعمل الفلوريت أساسا كمادة صاهرة Flux في صناعة الصلب، كذلك يستعمل في صناعة الزجاج الأوبالي. وفي طلاء أدواء الطهي، وفي تحضير الهيدروفلوريك. وتستخدم كميات بسيطة من المعدن البصري (النوع الشفاف الخالي من العيوب) في صناعة العدسات والمنشورات Prisms التي تستعمل في الأجهزة البصرية.

٥- المعادن الكربوناتية

يمكن تصنيف المعادن الكربوناتية لسهولة البحث والدراسة إلى الأقسام التالية:

١- كربونات عادية لا مائية.
٢- كربونات عادية مائية.
٣-كربونات تحتوي على الهيدروكسيد.

١- كربونات عادية لا مائية

كالسيت ($CaCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي.ويوجد الكالسيت في الطبيعة في هيئة بلورات ، وكذلك في هيئة كتلية حبيبية أو متماسكة أو ترابية أو بطروخية .

شكل (٢٤) معدن الكالسيت minimegeology.com

الصلادة = ٣. الوزن النوعي =٢،٧٢. البريق زجاجي أو معتم. اللون عادة أبيض أو شفا، ولكنه قد يكون مائلا إلى الرمادي. أو أحمرا أو أزرقا، أو أخضرا أو أصفرا. كذلك قد يكون اللون بنيا أو أسودا، وذلك عندما يكون المعدن غير نقي. شفاف أو نصف شفاف . يظهر المعدن خاصية الانكسار المزدوج بوضوح. تعرف الأنواع الشفافة النقية كيميائية وبصريا باسم أيسلاند سبار Icelandspar نسبة الى وجود هذا النوع في أيسلنده.

الكالسيت يوجد كمعدن اضافي في بعض أنواع الصخور النارية، او فى العروق المائية الحارة.

وتوجد بعض عروق الكالسيت في الصخراء الشرقية، ولكن بلوراتها ليست من النوع الشفاف الذي يستعمل في الأغراض البصرية.

ماجنزيت ($MgCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. يندر وجود البلورات، يوجد المعدن عادة في هيئة مجهرية التبلورة ترابية بيضاء. الصلادة = ٣،٥ – ٤،٥. الوزن النوعي = ٣ – ٣،٢. البريق زجاجي، اللون أبيض أو رصاصي أو أصفر أو بني شفاف أو نصف شفاف.

شكل (٢٥) معدن الماجنيزيت webmineral.com

يوجد الماجنزيت عادة في العروق الناشئة من تحلل معدن السربنتين بواسطة المياه الحاملة لثاني اكسيد الكربون.ومعظم هذه الرواسبة كتلية متماسكة وفي هيئة غروية وتحتوي عادة على رواسب سيليكية. أما النوع المتبلور من الماجنيزيت فيعتقد أنه تكون بالترسيب والاحلال محل الصخور الجيرية والدولوميتية حيث حل المغنسيوم محل الكالسيوم.

توجد رواسب ضخمة من الماجنزيت المتبلور في منشوريا وفي جبال الأورال وفي النمسا. أما رواسب النوع الترابي المجهري التبلور فتوجد في جزيرة ايوبويا Eubea باليونان. يوجد الماجنيزيت في مصر في مناطق مختلفة بالصحراء الشرقية مصاحبا صخور السربنتين حيث نشأ المعدن منها بالتحلل، وأهم هذه المناطق: البرامية وجبل الميت وجبل الجرف بالصحراء الشرقية.

يستخدم الماجنزيت في صناعة الطوب المغنيزي الحراري الذي يستعمل في تبطين أفران صهر الفلزات من الداخل. وكذلك يستعمل المعدن في صناعة أملاح الماغنسيوم، كما أن المعدن مصدر لعنصر المغنسيوم.

أراجونيت ($CaCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائمة. يوجد المعدن في هيئة إبرية هرمية أو مسطحة أو توائم سداسية كاذبة. كذلك يوجد المعدن في مجموعات كلوية أو عمدانية أو استلاكتيتية.

شكل (٢٦) بلورات من معدن الاراجونيت commons.wikimedia.org

الصلادة = ٣،٥ - ٤. الوزن النوعي = ٢،٩٥ (أصلد وأعلى كثافة من الكالسيت). البريق زجاجي. عديم اللون أو أصفر باهت أو يميل إلى الاحمرار أو الزرقة أو السواد، شفاف أو نصف شفاف.

توجد أشكال مغيرة للكالست عقب الأراجونيت بصفة شائعة. كذلك تفرز بعض الحيوانات الرخوة كربونات الكالسيوم في هيئة أراجونيت في أصدافها. ويتحلل هذا على سطح الصدفة ليعطي كالسيت.

معدن الأراجونيت أقل استقرارا وأقل انتشار من معدن الكالسيت. يتكون المعدن في ظروف طبيعية كيمياوية محددة بدرجات الحرارة المنخفضة وبالقرب من السطح. ولقد أظهرت التجارب أن الأراجونيت يترسب من المحاليل الكربوناتية الكالسية عندما تكون ساخنة. أما الكالسيت فيترسب من المحاليل الباردة. وتتكون الطبقة اللؤلؤية في كثير من الأصداف من الأراجونيت ، كذلك يترسب الأراجونيت من الينابيع الحارة.ويتواجد المعدن مع طبقات الجبس ورواسب خام الحديد حيث يوجد في شكل يشبه المرجان (يطلق عليه اسم زهرة الحديد Flower of iron). كذلك يوجد المعدن في هيئة طبقات أليافية على صخور السربتين الاميجدالية. توجد الوراسب البلورية للمعدن في أراجون بأسبانيا وفي جنوب فرنسا وجزيرة صقلية وبوهيميا وبعض المناطق في انجلترا. الاسم مشتق من "أراجون" أحد أقاليم أسبانيا حيث وجدت بلورات المعدن التوأمية السداسية الكاذبة لأول مرة.

دولوميت [$CaMg(CO_3)_2$]

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. يوجد كذلك في هيئة كتل متماسكة حبيبية دقيقة أو خشنة.

شكل (٢٧) معدن الدلوميت.

الصلادة = ٣،٥ – ٤. الوزن النوعي = ٢،٨٥. البريق زجاجي أو لؤلؤي في بعض الأنواع. اللون يميل إلى الاحمرار الخفيف وقد يكون شفافا أو أبيضا أو رماديا أو أخضر بنيا أو أسودا. المعدن شفاف أو نصف شفاف.

يوجد المعدن في الصخور الجيرية الدولوميتية وفي الرخام الدولوميتي. غالبا يصاحب الكالسيت. والدولوميت اسم لصخر أيضا. وصخر الدولوميت صخر ثانوي الأصل نشأ من الصخر الجيري نتيجة لاحلال الماغنسيوم محل الكالسيوم. كذلك يوجد المعدن في العروق المائية الحارة خصوصا في عروق الرصاص والزنك القاطعة للصخور الجيرية. يوجد المعدن في الصخور الدولوميتية المختلفة المنتشرة في الصحراء الشرقية وأبورواس بالقرب من أهرامات الجيزة.

يستخدم المعدن كحجر للزينة والبناء ، كذلك في صناعة بعض أنواع الأسمنت ، والمغنيسيا ، وتحضير البطانات الحرارية في المحولات المستخدمة في تجهيز الصلب.

٢- كربونات عادية مائي

نطرون ($Na_2CO_3.10H_2O$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. يوجد في الطبيعة في هيئة مجموعات متبلورة، حبيبية أو في هيئة قشور عمدانية، أو طبقات رقيقة. الصلادة = ١ – ١،٥. الوزن النوعي = ١،٤٧٨. المكسر محاري. البريق زجاجي على البلورات. عديم اللون أو أبيض، وفي بعض الأحيان رمادي أو أصفر نتيجة لوجود شوائب. المذاق قلوي.

شكل (٢٨) معدن النطرون webmineral.com

٣- كربونات تحتوي على الأيدروكسيد

ملاكيت ($Cu_2CO_3(OH)_2$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. البلورات غالبا منشورية رفيعة ولكن قلما تكون واضحة. يوجد المعدن بصفة عامة في هيئة ألياف شعاعية مكونة لمجموعات عنقودية أو استلاكتيتية. كذلك يوجد المعدن في هيئة حبيبية أو ترابية.

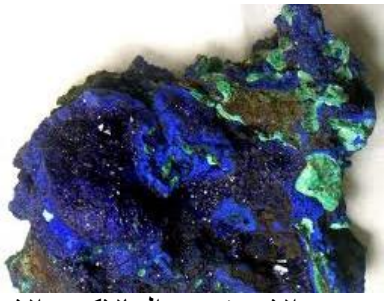
شكل (٢٩) معدن المالاكيت oakrocks.net

الصلادة = ٣،٥ -٤. الوزن النوعي = ٣،٩ –٤،٠٣. البريق ألماسي أو زجاجي في البلورات، حريري في الأنواع الأليافية، معتم في الأنواع الترابية. اللون والمخدش أخضر فاتح. نصف شفاف.

يوجد الملاكيت في شبه جزيرة سيناء (سمرة وتمران وفيران ورجابة وسرابيت) وفي الصحراء الشرقية بمناطق جبل عطوي وجبل أم سمبوكي ووادي حمش وحلجات وأبو صويل.

ازوريت ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. البلورات عادة ذات هيئة مركبة وغير كاملة التكوين. يوجد المعدن كذلك في هيئة مجموعات كروية اللون أزرق فاقع (مثل زهرة الغسيل). شفاف أو نصف شفاف. المخدش أزرق فاتح. الاختبارات الكيميائية مثل الملاكتيت.



شكل(٣٠) معدن الازوريت الازرق مع المالاكيت الاخضر geevor.com

يتحلل المعدن في بعض الأحيام إلى ملاكيت الذي يأخذ شكل المعدن الأصلي (أزوريت). يوجد معدن الأزوريت في الأحوال المماثلة لوجود معدن ملاكيت حيث يصاحبه ، ويكثر وجوده في هيئة بلورات. يستخدم المعدن كخام للنحاس.

يصاحب المعدن ملاكيت في مناطق متفرقة بشبه جزيرة سيناء والصحراء الشرقية التي يوجد فيها الأخير.

٦- المعادن الكبريتاتية والكروماتيتية

ويضم هذا القسم عددا كبيرا من المعادن، ولكن القليل منها هو شائع. ويمكن تصنيف الكبريتات لسهولة البحث والدراسة إلى ثلاثة أقسام:

١- كبريتات لا مائية.٢- كبريتات مائية. ٣- كبريتات تحتوي على الهيدروكسيد.

١- كبريتات لا مائية

باريت($BaSO_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. البلورات عادة مسطحة وموازية للمسطوح القادي . يوجد المعدن أيضا في هيئة كتلية متشققة حبيبية أو أليافية كلوية وأحيانا صفائحية أو عقدية (مثل العقدة) أو ترابية. الصلادة = ٣ – ٣،٥. الوزن النوعي = ٤،٥ (عالية بالنسبة لمعدن ذي بريق لا فلزي). البريق زجاجي أو لؤلؤي على السطح القاعدي في بعض العينات، عديم اللون أو أبيض أو يميل إلى الزرقة أو أصفر أو أحمر شفاف أو نصف شفاف.

الباريت من المعادن الواسعة الانتشار. يوجد المعدن عادة كمعدن أرضي في العروق الفلزية حيث يصاحب خامات الفضة والنحاس والكوبالت والمنجنيز والأنثيمون. كذلك يوجد المعدن مع الكالسيت في هيئة عروق في الصخور الجيرية. أو يوجد في هيئة كتل متبقية في الصخور الطينية التي تعلوم الحجر الجيري. كذلك يوجد المعدن في الصخور الرملية مع خامات النحاس ، وفي بعض الأحيان يكون الباريت مادة لاحمة لحبيبات الكوارتز في الحجر الرملي ، وقد يترسب المعدن حول الينابيع الحارة.

شكل (٣١) معدن الباريت ذو مستويات انفصام واضحة baritespecimenlocalities.org

يوجد المعدن في مصر في عروق الباريت في أسوان ، ومكونا البلورات الوردية Rose crystalsوالمواد اللاحمة في الصخور الرملية بالواحات الخارجة. وكذلك في هيئة عروق ورواسب في مناطق حماطة وشيعط والشيخ الشاذلي بالصحراء الشرقية ، ويصاحب المعدن كثيرا السيلستيت.

يستخدم أكثر من الباريت في حفر الآبار (البترول بصفة خاصة) ، ويستعمل الباريت أيضا في تحضير المركبات الكيميائية لعنصر الباريوم. ويستعمل مخلوط كبرتيد الباريوم وكبريتات الزنك في صناعة البويات والطلاء والمنسوجات. كما تستعمل كبريتات الباريوم في صناعة الورق والقماش، وفي مواد الزينة للسيدات، وفي الطب.

سلستيت ($SrSO_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. البلورات مسطحة أو منشورية. كذلك يوجد في هيئة كتل حبيبية أو أليافية.

شكل (٣٢) معدن السليستيت rocksandcreations.com

الصلادة = ٣ – ٣،٥. الوزن النوعي = ٣،٩ – ٤. البريق زجاجي أو لؤلؤي. عديم اللون أو أبيض أو مائل للزرقة أو الاحمرار. شفاف أو نصف شفاف. يحل الباريوم محل الاسترونشيوم ويحتمل وجود متسلسلة كاملة من المحاليل الجامدة بين السلستيت والباريت. يشبه المعدن الباريت إلى درجة كبيرة، ولكن وزنه النوعي منخفض ويحتاج الأمر إلى إجراء الاختبارات الكيميائية وتحقيق لون اللهب للتفرقة بين الاثنين.

يوجد السلستيت منتشرا في الصخور الرملية أو الجيرية أو في هيئة أعشاش صغيرة أو مبطنا الفجوات في هذه الصخور. يصاحب المعدن معادن كالسيت ودولوميت وجبس وهاليت وكبريت وفلوريت. كذلك يوجد السلستيت كمعدن أرضي في عروق الرصاص.

في مصر يوجد السلستيت في جبل المقطم بالقرب من المعادي وفي الصخور الجيرية بمنطقة الفيوم وبمنطقة القصير.

انهيدريت ($CaSO_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. البلورات نادرة ، يوجد غالبا في هيئة كتل دقيقة التبلور أو كتل أليافية أو خشنة.

الصلادة = ٣ –٣،٥. الوزن النوعي = ٢،٨٩ – ٢،٩٨. وينتج عنها كتل مكعبية الشكل ، البريق زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانفصام. عديم اللون أو أبيض أو رصاصي مائل للزرقة أو أسود.

شكل (٣٣) معدن الانهيدريت galleries.com

يتحلل المعدن بسهولة نتيجة لامتصاصه الرطوبة ويتحول إلى معدن الجبس ويصحب هذه العملية إزدياد الحجم.

يوجد الأنهيدريت في معظم الأماكن التي يوجد فيها الجبس حيث يتصاحبان دائيما . يوجد في طبقات مختلطا مع الملح في الصخور الجيرية، وكذلك مالئا بعض الفقاقيع في بعض صخور البازلت الاميجدالي.

يوجد في بولندا وألمانيا وسويسرا وبعض ولايات أمريكا. وفي مصر يوجد المعدن مع الجبس والملح ضمن رواسب العصر الميوسيني الممتدة على ساحل البحر الأحمر وعلى جانبي خليج وقناة السويس، ويستعمل المعدن في صناعة الأسمنت وحامض الكبريتيك.

٢- كبريتات مائية

الجبس ($CaSO_4.2H_2O$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد البلورات غالبا منشورية . التوائم شائعة. يوجد كذلك في هيئة كتلية منفصمة وكذلك في هيئة صفائحية أو حبيبية.

شكل (٣٤) معدن الجبس blynnburke.blogspot.com

الصلادة = ٣ (يخدش بالظفر). الوزن النوعي = ٢،٢٢. اللون شفاف أو أبيض أو رمادي أو مائل إلى الإصفرار أو الأحمر أو البني نتيجة لوجود الشوائب. شفاف أو نصف شفاف.

الجبس من المعادن الشائعة الانتشار حيث يوجد في الصخور الرسوبية في هيئة طبقة سميكة. وتتداخل طبقات الجبس عادة مع طبقات الحجر الجيري والطفل. كما يوجد المعدن في هيئة طبقات أسفل طبقات الملح الصخري حيث ترسب الجبس قبل الهاليت أثناء عملية تبلور المياه البحرية نتيجة للبخر. قد يوجد المعدن متبلورا في عروق الساتنسبار. وينتج المعدن غالبا من نمو معدن الانهيدريت ، وتسبب هذه المعلية طي Folding الطبقات العليا نتيجة لازدياد حجم الجبس عن حجم الأنهيدريت الأصلي. كذلك يوجد المعدن في المناطق البركانية نتيجة لتفاعل أبخرة الكبريت المتصاعدة مع الحجر الجيري. وكذلك يوجد الجبس كمعدن أرضي في بعض العروق المائية الحارة الفلزية. يصاحب المعدن معادن كثيرة أهمها الهاليت والأنهيدريت والدولوميت والكالسيت والكبريت والبيريت والكوارتز.

يوجد الجبس مختلطا مع الأنهيدريت في التلال الممتدة على جانبي خليج السويس وعلى ساحل البحر الأحمر (العصر الميوسيني).

يستعمل الجبس بصفة أساسية في صناعة المصيص وعجينة باريس.

٣- كبريتات لا مائية محتوية على الهيروكسيد

ألونيت [$KAL_3(SO_4)_2(OH)_6$] حجر الشب

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. البلورات غالبا معينية الشكل تشبه المكعب. قد تكون البلورات مسطحة. غالبا في هيئة كتلية أو منتشرة. الصلادة = ٢، الوزن النوعي = ٢،٦ – ٢،٨.اللون أبيض أو رمادي أو يميل إلى الإحمرار. شفاف أو نصف شفاف.

شكل (٣٥) معدن الالونيت webmineral.com

يتكون معدن ألونيت نتيجة لتفاعل المحاليل الحاملة لحامض الكبريتيك مع الصخور الغنية بالفلسبارات البوتاسية. وقد يوجد المعدن بكميات صغيرة حول فوهات البراكين. يستخدم المعدن في إنتاج الشب، وفي بعض الأحيان يستغل المعدن للحصول على البوتاسيوم والألومنيوم منه.

٧ -المعادن التنجستاتية والمولبدانية

ولفراميت $(Fe_2Mn)WO_4$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. توجد البلورات عادة في هيئة لوحية موازية للمسطوح الأمامي. كذلك يوجد المعدن في مجموعات نصلية bladed أو صفائحية أو عمدانية أو حبيبية. الصلادة = ٥ – ٥،٥. الوزن النوعي = ٧ – ٧،٥. البريق تحت فلزي أو راتنجي. اللون أسود بني. المخدش أسود إلى بني حسب التركيب الكيميائي.

شكل (٣٦) معدن الولفراميت irocks.com

معدن الولفراميت من المعادن النادرة نسبيا. ويتكون عند درجات عالية من الحرارة، حيث يوجد المعدن في عروق الكوراتز المائية عالية الحرارة، وفي البجماتيت التي تصاحب صخر الجرانيت. يندر وجود المعدن في عروق الخامات الكبريتدية. يوجد عادة معادن كاسيتريت وكذلك شيليت وكوارتز.

توجد أهم رواسب المعدن في الصين وبورما وويلز الجنوبية الجديدة بأستراليا وبوليفيا. وتنتج الصين حوالي نصف الانتاج العالمي للمعدن. وفي مصر يوجد المعدن بجهات منتشرة في الصحراء الشرقية أهمها العجلة وأبو دياب والنويبع والعنيجي وزرقة النعام ووادي الدب وأبو مروة ومنطقة جبل علبة.

يعتبر المعدن أهم مصدر لفلز التنجستن الذي يستخدم في صناعات الصلب المستعمل في عمل الآلات والصمامات ذات السرعة العالية، وكذلك في صناعة الآلات الثاقبة والمبارد، وفي صناعة المصابيح الكهربائية وصمامات الراديو. يستخدم كبريتيد التنجستن كمادة صنفرة عالية الصلادة.

٨- المعادن السليكاتية Silicates

أوليفين $[(Mg,Fe)_2(SiO_4)]$

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. يوجد المعدن عادة في هيئة كتل حبيبية أو حبيبات منتشرة في وسط معادن أخرى. الصلادة = ٦،٥– ٧. الوزن النوعي = ٣،٢٧ – ٤،٤.

(تتوقف على كمية الحديد بالمعدن). المكسر محاري. البريق زجاجي. اللون أخضر زيتوني إلى أخضر رمادي أو بني. شفاف أو نصف شفاف

.

شكل (٣٧) معدن الاولفين en.wikipedia.org

التركيب الكيميائي: سليكات المغنسيوم والحديدوزن، $[(Mg,Fe_2(SiO_4)]$توجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلي بين الفورشتريتMg_2SiO_4 (Forstertite) وبين الفياليت Fayalite (Mg_2SiO_4).وأغلب أنواع الأوليفين إنتشارا هي الغنية بالمغنسيوم.

الأوليفين من المعادن الشائعة نسبيا والمكونة للصخور ، وتختلف كمية وجوده في الصخر من معدن إضافي إلى معدن أساسي يكون معظم الصخر. يوجد المعدن بصفة رئيسية في الصخور الداكنة اللون الغنية بالحديد والماغنسيوم مثل صخور الجابرو والبيرويدوتيت والبازلت. وهناك نوع من الصخور القاعدية يعرف باسم الدونيت Donite يتكون كله تقريباب من معدن الأوليفين. ويوجد المعدن كذلك كحبيبات زجاجية في النيازك . وأحيانا يوجد المعدن في الصخور الجيرية والدولوميتية المتحولة. يصاحب الأوليفين معادن البيروكسيتات والبلاجيوكليزات القاعدية والماجنتيت والكروانديوم والكروميت والسربنتين.

يعرف النوع الأخضر الشفاف من المعدن بإسم الزبرجد Peridot، وقد استعمل قدماء المصريين هذا المعدن كحجر كريم. يوجد المعدن في جزيرة الزبرجد St. John's Island بالبحر الأحمر جنوب مرسى علم.

الأوليفين من المعادن التي تتحل بسهولة بواسطة العوامل الجوية حيث يعطي معادن السرنتين وأيضا معادن الماجنيزيت وأكاسيد الحديد.

الإسم مشتق من لون المعدن الأخضر الزيتوني Olive green، ولذلك يطلق عليه أيضا في اللغة العربية اسم "الزيتوني.".

بيريل (الزمرد) $Be_8A_{l2}(Si_6O_{18})$

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي. توجد البلورات في هيئة منشورية واضحة. الاوجه عادة مخططة وخشنة. فقدد تبلغ بلورات البيريل أحجاما ضخمة. وقد بلغ طول إحدى البلورات التي وجدت بولايات Maine بأمريكا ٢٧ قدما وكانت تزن اكثر من ٢٥طنا.

الصلادة = ٧،٥ – ٨. الوزن النوعي = ٣،٧٥– ٢،٨. البريق زجاجي. اللون أخضر مائل للزرقة أو أصفر فاتح ، وقد يكون المعدن ذا لون أخضر زمردي أو أصفر ذهبي أو رمادي أو أبيض أو عديم اللون. شفاف أو نصف شفاف. يتميز المعدن عادة ببلوراته السداسية ولونه.

يعتبر معدن البيريل – ولو أنه يحتوي على عنصر البيريليوم النادر – من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار. يوجد المعدن في صخور البجماتيت الجرانيتية وكذلك في صخور الشست الميكائي.

شكل (٣٨) معدن البيريل (الزمرد) newspaper.li

توجد الأحجار الكريمة من المعدن في كولومبيا والبرازيل ومدغشقر وبعض ولايات أمريكا. وقد يوجد في مصر في بعض المناطق (سيكايت ونجرس وأم كابو) بجنوب الصحراء الشرقية.

يجد معدن البريل استعمالات كثيرة له في الصناعة. ويعتبر المعدن أهم مصدر لعنصر البيريليوم الذي يستخدم في صناعة بعض السبائك النحاسية، كما يعتبر البيريل في الوقت الحاضر من المعادن الاستراتيجية الهامة وذلك لاستعماله في أغراض الطاقة الذرية. وتتهافت الدول في الحصول على هذا المعدن الهام.

تورمالين (سليكات معقدة للبورون والألومنيوم)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. البلورات عادة منشورية. الأسطح المنشورية مخططة في حالات كثيرة ومقطعها يشبه مثلث دائري. البلورات شائعة ولكن يوجد المعدن أيضا في هيئة كتل متماسكة أو عمدان دقيقة أو خشنة قد تكون متوازية أو شعاعيا.

شكل (٣٩) عمدان التورمالين السوداء فى الكوارتز الابيض busytrade.com

الصلادة = ٧ – ٧،٥. الوزن النوعي = ٣ – ٣،٢٥. البريق زجاجي أو راتنجي، اللون متغير ويتوقف على التركيب الكيميائي. فالتورمالين العادي الذي يحتوي على كمية كبيرة من الحديد لونه أسود أو بني. وهناك أنواع أخرى لونها أحمر أو وردي أو أخضر أو أزرق أو أصفر، ولكن يندر وجود اللون الأبيض أو الشفاف، وتوجد بعض بلورات التورمالين ذات الألوان المتعددة، فتظهر البلورة الواحدة متعددة الألوان من الخارج إلى الداخل، أي أن المقطع المستعرض لمثل هذه البلورة يبدي عدة ألوان موزعة في حلقات أو نطاقات دائرية داخل بعضها، وللتورمالين خاصية الكهرباء الحرارية وكذلك الكهرباء الضغطية.

يوجد معدن التورمالين في صخور البجماتيت الجرانيتية والصخور المجاورة لها. والأنواع الشائعة في البجماتيت هي سوداء ولو أن الألوان الفاتحة الشفافة المستعملة في الأحجار الكريمة توجد أيضا في مثل هذه الصخور ويصاحب التورمالين عادة معادن البجماتيت العادية مثل الأرثوكليز والألبيت والكوارتز والمسكوفيت.وكذلك معادن ليبيدوليت وبيريل وفلوريت ومعادن أخرى نادرة. وقد يوجد معن التورمالين في الصخور النارية والمتحولة مثل الشست والنيس والصخور الجيرية المتبلورة كمعدن إضافي.

توجد الانواع المستعملة في الاحجار الكريمة في جزيرة علبا وولاية ميناس جيرايس بالبرازيل، وجبال الاورال وجزيرة مدغشقر وفي بعض الولايات الأمريكية.

تستعمل الأنواع الشفافة ذات الألوان الجميلة من التورمالين في صناعة الأحجار الكريمة. يختلف ألوان هذه الأحجار الكريمة من أخضر زيتوني إلى أحمر وردي أو أحمر أو أزرق. وفي بعض الأحيان يقطع الحجر بطريقة تجعله يعرض ألوانا مختلفة في الاجزاء المختلفة. ويعرف النوع الأخضر باسم المعدن أي تورمالين، أما الأحجار الحمراء فتعرف باسم روبيلليت Rubellite، وتعرف الأحجار الزرقاء النادرة باسم إنديكوليت Indicolite. وتستعمل كثير من بلورات المعدن في صناعة أجهزة الضغط وأجهزة قياس درجات الحرارة العالية وذلك نظرا لخاصيتي المعدن المميزتين. ألا وهما: الكهرباء الضغطية والكهرباء الحرارية.

كاولينيت $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. يوجد في هيئة قشور رقيقة وصغيرة جدا معينية أو سداسية الشكل. يوجد عادة في هيئة كتل طينية الشكل إما أن تكون متماسكة أو هشة. الصلادة = ٢ – ٢،٥. اتلوزن النوعي = ٢،٦– ٢،٦٣. البريق أرضي معتم، أما الصفائح المتبلورة فبريقها لؤلؤي اللون أبيض ولكنه يتلون كثيرا تبعا لنوع الشوائب الموجودة.

شكل (٤٠) الكاولينيت daviddarling.info

لا ينصهر ولا يذوب. يتميز المعدن بشكله البطئ ولكن يستحيل تفرقة المعدن عن المعادن الصلصالية الأخرى دون الاستعانة بالوسائل البصرية والأشعة السينية.

الكاولينيت أحد المعادن الواسعة الانتشار ، ويعتبر المعدن أهم مكونات الصلصال والكاولين. والمعدن دائما ثانوي النشأة حيث ينتج من تحلل السليكات الألومينية خصوصا الفلسبارات حيث يتواجد معها. كذلك يوجد في التربة Soil حيث يكون مختلطا بالكوارتز . يستعمل المعدن في صناعة الخزف والطوب والاسم مشتق من كلمة صينية Kauling ومعناها "التل العالي" وهو اسم تل بالصين حيث يوجد المعدن.

مسكوفيت $KAl_5(AlSi_8O_{10})(OH)_2$

يعرف أيضا باسم الميكا البيضاء أو الميكا البوتاسية ، يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد، يوجد في هيئة صفائح كبيرة أو صغيرة أو في هيئة قشور قد تكون متجمعة في هيئة ريشية أو كروية. الصلادة = ٢ – ٢،٥. الوزن النوعي = ٢،٧٦ – ٣،١. البريق زجاجي أو حريري أو لؤلؤي. شفاف عديم اللون في الصفائح الرقيقة. أما الصفائح السميكة فهي نصف شفافة وتبدو ذات ظلال باهتة من الألوان الصفراء أو الخضراء أو الحمراء.

المسكوفيت معدن واسع الانتشار ضمن المعادن المكونة للصخور. يوجد بصفة مميزة في الصخور النارية الحامضية الجوفية مثل الجرانيت والسيانيت. كذلك يوجد في صخور البجماتيت وصخور الشيست والنيس المتحولة حيث يكون المعدن الأساسي في صخر الشست الميكائي. وقد يوجد المسكوفيت نتيجة لتحلل معادن مختلفة مثل التوباز والكيانيت وسبديومين. وهناك نوع عبارة عن قشور رقيقة يوجد في هيئة مجموعات أليافية لها بريق حريري، ويعرف هذا النوع باسم سيريسيت Sericite، ويوجد في صخور الشست وكذلك نتيجة لتحلل المعادن على جانبي بعض العروق المائية الحارة الحاملة للخامات المعدنية.

شكل (٤١) معدن المسكوفيت mineralminers.com

يوجد المعدن في صخور البجماتيت الجرانيتية مصاحبا معادن الكوراتز والفلسبار والتورمالين والبيريل والفلوريت. ويوجد المعدن عادة في هذه العروق في هيئة بلورات كبيرة تعرف باسم الكتب التي قد تبلغ في بعض الأماكن نحوا من بضع عشرات السنتيمرات في العرض.

يستخدم المعدن بصفة أساسية في صناعة المواد العازلة التي تدخل في صناعة الأجهزة الكهربائية. وتعتبر الهند من أهم الدول المصدرة للميكا. وهناك صناعات أخرى مختلفة يدخل فيها المسكوفيت.

بيوتيت $K(Mg,Fe)_8(AlSi_8O_{19})(OH)_2$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. البلورات نادرة ولكن يغلب وجود المعدن في هيئة كتلية صفحية غير منتظمة. كذلك يوجد المعدن في هيئة قشور منتشرة في الصخر أو متجمعة في هيئة مجموعات قشرية. الصلادة = ٢،٥– ٣. الوزن النوعي = ٢،٨ – ٣،٢. البريق لامع. اللون أخضر داكن أو أسود وقد يكون أصفرا باهتا في بعض الحالات النادرة. أما الصفائح الرقيقة فلونها مدخن وبذلك يسهل تفريقها عن المسكوفيت العديم اللون تقريبا.

شكل (٤٢) البيوتيت (الميكا السوداء

التركيب الكيميائي: أساسيا سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم ، ويوجد بعض الفلورين عادة حالا محل الهيدروكسيد. كذلك قد يحتوي على بعض المنجنيز والتيتانيوم والصوديوم.

معدن البيوتيت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار كمكون للصخور. يوجد المعدن في الصخور النارية خصوصا الأنواع الغنية بالفلسبارات مثل الجرانيت والسيانيت، وكذلك في الصخور الأخرى أكثر من تلك التي يوجد فيها المسكوفيت وفي بعض الأحيان يوجد البيوتيت في عروق البجماتيت في صفائح كبيرة وكذلك يوجد في بعض الطفوح البركانية والصخور البوريفيرية، وكذلك في صخور الشيست والنيس حيث يصاحب المسكوفيت.

تلك $(Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2)$

يعرف أيضا باسم حجر الصابون Soapstone. يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. البلورات نادرة. يوجد المعدن عادة في هيئة كتل صفائحية، وفي بعض الأحيان في هيئة مجموعات صفائحية شعاعية. يوجد أيضا في هيئة كتل متماسكة. تنثني الصفائح قليلا ولكنها ليست مرنة. المعدن قابل للتقشير . الصلادة = ١ (يترك علامة على قطع من القماش). الوزن النوعي = ٢،٧ –٢،٨. البريق لؤلؤي أو شحمي. اللون أخضر تفاحي أو رمادي أو أبيض فضي. نصف شفاف. الملمس شحمي.

شكل (٤٣) معدن التلك mineralatlas.com

معدن التلك من المعادن الثانوية النشأة، إذ يتكون المعدن نتيجة لتحلل المعادن السليكاتية المغنيزية، مثل الأوليفين والبيروكسينات والأمفيبولات، وقد يوجد في هيئة أشكال كاذبة لهذه المعادن. ولكن التلك يوجد بصفة مميزة في الصخور المتحولة حيث يوجد في هيئة حبيبية أو خفية التبلور في الصخر المعروف باسم حجر الصابون ، حيث يكون المعدن معظم الصخر تقريبا. وقد يوجد التلك كمكون أساسي في الصخور الشستية مثل الشست التلكي.

ويجد التلك في مصر في أماكن مختلفة بالجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية (العطشان ودرهيب) حيث يستغل المعدن اقتصاديا. يستعمل التلك بكميات كبيرة في هيئة مسحوق في صناعة البويات والخزف والورق والكاوتشوك كما يستعمل كمسحوق التلك (بودرة التلك).

الكوارتز(SiO_2)

يوجد نوعان من الكوارتز: الكوارتز المتبلور في درجات حرارة أقل من ٥٧٣م° وهذا يتبع فصيلة الثلاثي، نظام شبه المنحرف الثلاثي، والكوارتز المتبلور في درجات حرارة أعلى من ٥٧٣م°، وهذا يتبع فصيلة السداسي.

شكل (٤٤) الكوارتز الزجاجى en.wikipedia.org

ويكثر وجود التوائم على بلورات الكوارتز. ويوجد الكوارتز أيضا في الهيئة الكتلية وفي أشكال كثيرة. وقد تكون البلورات كبيرة واضحة أو دقيقة مجهرية أو خفيفة.

الصلادة = ٧. الوزن النوعي =٢،٦٥. المكسر محاري. البريق زجاجي وقد يكون في بعض العينات شحمي أو ناصع. اللون عادة شفاف أو أبيض ولكن عادة يتلون المعدن بألوان مختلفة نتيجة لوجود الشوائب المختلفة به وينتج عن هذه الألوان أنواع كثيرة من معدن الكوارتز (كما سيلي بعد). شفاف أو نصف شفاف. له خواص الكهرباء الضغطية والكهرباء الحرارية بوضوح.

التركيب الكيميائي: عبارة عن ثاني أكسيد السليكون النقي. ولكن قد يكتنف المعدن معادن الروتيل والهيماتيت والكلوريت والميكا وبعض المكتنفات (inclusione)، السائلة أو الغازية مثل ثاني أكسيد الكربون .. الخ. لا يذوب المعدن في الأحماض العادية ولكنه يذوب في حامض الهيدروفلوريك. لا ينصهر المعدن ولكنه يعطي كرة زجاجية شفافة عندما يصهر مسحوق المعدن مع حجم مساو له من كربونات الصوديوم.

يتميز المعدن ببريقه الزجاجي ومكسره المحاري وشكله البلوري. ويتميز عن معدن الكالسيت بصلادته العالية، وعن بعض أنواع معدن البيريل لصلادته المنخفضة.

توجد أنواع عدة من الكوارتز يمكن تصنيفها لسهولة الدرس والإختبار إلى قسمين:
١- الأنواع الخشنة التبلورCoarsely crystalline varieties.
٢- الأنواع الخفية التبلورCrystalline varieties.
أ- أنواع أليافية Fibrous varieties.
ب- أنواع حبيبية Granular varieties.

١- الأنواع الخشنة التبلور

١- البلور الصخري :Rock crystal يوجد الكوارتز الشفاف غالبا في هيئة بلورات واضحة.

٢- الأميزيست أو الكوارتز البنفسجي :Amethyst الكوارتز ذو اللون البنفسجي أو الأرجواني. يحتمل أن يكون سبب اللون وجود شوائب من المنجنيز.

٣- الكوارتز الوردي :Rose Quartz لونه أحمر وردي ويبهت اللون عند تعرضه للضوء. يحتمل أن يكون سبب اللون التيتانيوم. يوجد المعدن في هيئة كتل متبلورة خشنة ناقصة الأوجه.

٤- الكوارتز المدخن :Smoky Quartz يوجد غالبا في هيئة بلورات ذات لون دخاني اصفر يميل إلى البني الأسود.

٥- الكوارتز الأبيض :Milky Quartz لونه أبيض مثل اللبن. معتم تقريبا. له بريق شحمي.

٦- الكوارتز الحديدي :Ferruginous Quartz لونه بني أو أحمر نتيجة لاحتوائه على الليمونيت أو الهيماتيت.

٧- الكوارتز الأصفر أو السترين :Citrine ولونه أصفر باهت.

٨- عين الهر :Cat's eye وله خاصية الأوبال (التلؤلؤ) أو عرض الألوان نتيجة لوجود شوائب في هيئة ألياف أو لطبيعة وجود الكوارتز نفسه في هيئة ألياف.

٩- عين النمر :Tiger's eye كوارتز أليافي لونه أصفر يوجد في جنوب أفريقيا وهو عبارة عن شكل كاذب للكوارتز الذي حل محل المعدن الأليافي كروسيدوليت (نوع من البيروكسينات تركيبه سليكات الصوديوم والحديد المائية.(

٢- الأنوع الخفية التبلور:

لا يمكن التفرقة بين القسمين التابعين لهذه الأنواع – الأليافية والحبيبية – إلا بواسطة الميكروسكوب.

أ- الأنواع الأليافية

١- كالسيدوني :Chalcedony نوع ذو بريق شمعي. شفاف أو نصف شفاف. الوزن النوعي =٢،٦٤. يتكون من ألياف ميكروسكوبية. اللون أبيض أو رمادي أو بني أو أسود. وقد تكون الكالسيدوني بالترسيب من المحاليل المائية حيث يوجد مالئاً للشقوق والفجوات في الصخور.

٢- أجيت (العقيق :Agate (نوع من الكالسيدوني يمتاز بلونه الموجود في صفوف أو طبقات قد تكون مستقيمة أو متموجة أو دائرية أو غير منتظمة. وقد يكون لون هذه الصفوف أبيضا أو بنيا أو أحمر. وقد نتجت هذه الصفوف عن الترسيب المتلاحق.

٥- كارنيليان Carnelian(العقيق الأحمر) كالسيدوني أحمر.

٤- كرايزوبريز Chrysoprase كالسيدوني ذو لون أخضر تفاحي.

٥- أونس Onyx (العقيق اليماني) أجيت ذو صفوف مستقيمة.

ب- الأنواع الحبيبية:

الجاسبر :Jasper عبارة عن كوارتز مكون من حبيبات خفية التبلور ذو لون أحمر نتيجة لاحتوائه على الهيماتيت.

أما الفلنت Flint (الصوان) والشيرت :Chert فهما اسمان لصخرين وليسا لمعدنين لأن كلا منهما يتكون من أكثر من معدن للسليكا. وقد استخدم الانسان القديم صخر الفلنت في نحت وعمل كثير من الأدوات التي يستعملها.

يوجد البلور الصخري Rock crystal منتشرا في كثير من البقاع ، أهمها جبال الألب والبرازيل وجزيرة مدغشقر واليابان. أما الأميزيست فيوجد في جبال الأورال في روسيا وتشيكوسلوفاكيا والبرازايل ، وفي بعض الولايات الأمريكية. أما الكوارتز المدخن فتوجد بلورات كبيرة منه في سويسرا وفي ولايات كلورادو وشمال كارولينا ومين بأمريكا. أما الأجيت فيوجد في جنوب البرازيل وشمال أوروجواي وألمانيا وبعض ولايات أمريكا.

تستعمل الأنواع الملونة من الكوارتز مثل الأميزيست والكوارتز الوردي وعين الهر وعين النمر والأجيت والأونيكس .. الخ في أحجار الزينة. أما البلور الصخري فيستعمل في صناعة الأجهزة البصرية والكهربائية ، ويستورد معظم الكوارتز اللازم لتلك الصناعات من البرازيل ، بينما تستعمل الرمال الكوارتزية في صناعة الأسمنت والزجاج ومواد الصنفرة والطوب الزجاجي، أما مسحوق الكوارتز فإنه يستعمل في صناعة الخزف والطلاء وورق الصنفرة ، وصناعات أخرى ، في حين تستخدم الأحجار الرملية والكوارتزيت في أغراض البناء ورصف الطرق.

أشكال أخرى بلورية متعددة لثاني أكسيد السليكون

يوجد ثاني أكسيد السليكون في أشكال بلورية أخرى غير النوعين الثلاثي (الشائع) والسداسي، وهي:

١-التريديميت :Tridymite ويوجد إما في بلورات معينية قائمة (منخفضة الحرارة) أو سداسية (مرتفعة الحرارة.(

٢- الكريستوباليت :Crystobalite ويوجد إما في بلورات رباعية (منخفضة الحرارة) أو مكعبية (مرتفعة الحرارة).

أرثوكليز $KAlSi_3O_8$

يتبلور الأرثوكليز في فصيلة الميل الواحد. البلورات منشورية الهيئة. تظهر البلورات أنواعا كثيرة من التوائم. يكثر وجود البلورات أو الكتل المنفصمة أو الحبيبية ولكن في الصخور يوجد المعدن في هيئة حبيبات لا شكل لها

. الصلادة = ٦. الوزن النوعي = ٢،٥٧. البريق زجاجي. اللون أبيض أو رمادي. المخدش أبيض.

شكل (٤٥) معدن الاورثوكليز skywalker.cochise.edu

يتميز المعدن بلونه وصلادته وانفصامه، ويتيمز عن البلاجيوكليزات بزاوية انفصامه القائمة وعدم وجود الخطوط الدالة على التوائم المركبة على سطوح الانفصام.

الأرثولكليز من المعادن الواسعة الانتشار، ويوجد في الصخور النارية الحمضية والجرانيت والسيانيت. كما يوجد في عروق البجماتيت (الميكروكلين أكثر إنتشارا منه في هذه العروق)، ويوجد أيضا في صخور الشست والنيس والصخور الرسوبية مثل الأركوز، وفي

بعض الأحيان في الصخور الرملية والكونجلوميرات. يصاحب الأرثوكليز معادن الكوارتز والمسكوفيت والألبيت بصفة عامة في هذه الصخور.

يستعمل الأرثوكليز كمصدر رئيسي في صناعة الخزف حيث يطحن المعدن إلى مسحوق ناعم جدا ثم يخلط مع الكاولين أو الطين والكوارتز. وعندما يسخن المخلوط إلى درجات عالية من الحرارة ينصهر الفلسبار ويعمل كمادة لاحمة تربط أجزاء المخلوط بعضها ببعض ويكسب الفلسبار المصهور اللمعة للأواني الخزفية، كما تستعمل كميات قليلة من الأرثوكليز في صناعة الزجاج لتمد العجينة الزجاجية بالألومونيوم.

معادن الفلسبار البلاجيوكليزية (ألبيت – أنورثيت)

تتبلور معادن البلاجيوكليز في فصيلة الميول الثلاثة. البلورات عادة توأمية مركبة من عدة توائم حسب قانون الألبيت التوأمي أو قانون بيريكلين Pericline، وينتج عن هذه التوائم تخطيط الأسطح المختلفة للبلورة، وقد يسهل رؤية بعضها بالعين المجردة، ولكننها تنكشف بسهولة تحت الميكروسكوب. يوجد المعادة عادة كحبيبات غير منتظمة الشكل في الصخور النارية.الصلادة = ٦. الوزن النوعي يتدرج من ٢،٦٢ إلى ٢،٧٦.

هذه المعادن عديمة اللون أو بيضاء أو رمادية وفي أحوال قليلة قد تكون مائلة للخضرة أو الاصفرار أو الاحمرار. البريق زجاجي أو لؤلؤي شفاف أو نصف شفاف. بعض الأنواع مثل لابرادوريت تظهر خاصية عرض الألوان بوضوح.

شكل (٤٦) معدن البلاجيوكليز pitt.edu

يمكن تمييز هذه المعادن إذا أمكن تحقيق الخطوط الناتجة من التوائم الألبيتية على الأسطح الناتجة من الانفصام القاعدي. أما التعرف على الأنواع المختلفة من البلاجيوكيزات على وجه الدقة فإنه يستلزم إجراء التحاليل الكيميائية والدراسات البصرية بالميكروسكوب، وكذلك التفرقة بينها بواسطة تعيين الوزن النوعي.

وجودها في الطبيعة: تنتشر معادن الفلسبار البلاجيوكيزية (وهي معادن مكونة للصخور) في الطبيعة بصورة أكثر من معادن الفلسبار البوتاسية، كما أنها أكثر منها كمية. توجد معادن البلاجيوكيز في الصخور النارية (بصفة عامة) والصخور المتحولة ، وفي حالات نادرة في الصخور الرسوبية.

ويعتمد تصنيف الصخور النارية على نوع وكمية الفلسبار الموجود، وفي هذا التصنيف وجد – كمبدأ عام – أنه كلما ازدادت النسبة المئوية للسليكا في الصخر كلما قلت كمية المعادن الداكنة وازدادت كمية الفلسبار البوتاسي ويكون البلاجيوكليز الموجود من النوع الصودي، والعكس صحيح، كلما قلت النسبة المئوية للسليكا ازدادت النسبة المئوية للمعادن الداكنة وأصبح البلاجيوكليز الموجود من النوع الكلسي.

الصخورRocks

تمثل الصخور المظهر الشائع لمجموعات المعادن في الطبيعة. ويمكن اعتبار الصخر على أنه الوحدة الأساسية في بناء الأرض ، أما المعدن فهو وحدة الصخر. والمعادن الأساسية في تكوين الصخور لا تعدو عشرين معدنا فقط هي: معادن الفلسبار والفلسباثويد (Felspathoids تشبه معادن الفلسبار في التركيب الكيميائي ولكن نسبة السليكا فيها أقل) والبيروكسين والامفيبول

والميكا والأوليفين والابيدوت والجارنت والكلوريت والتلك والسربنتين والكاولينيت والمعادن الطينية والكوارتز والهيماتيت والماجنتيت والكالسيت والدولوميت والجبس والأنهيدريت والهاليت.وتختلف الصخور عن بعضها البعض من حيث أنواع المعادن المكونة لها ، وعلاقة هذه المعادن ببعضها البعض في الصخر الواحد. كذلك تختلف من حيث موضع تكوينها في الكرة الأرضية.

ويمكن تقسيم الصخور حسب نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

١- الصخور النارية Igneous Rocks، وهى الصخور التي تجمدت من مواد مصهورة (مجما أو لافا) مثل الجرانيت والبازلت.

٢- الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks، وتشمل جميع المواد الأرضية التي ترسبت بواسطة عوامل طبيعية مثل المياه والرياح والثلج والنباتات والحيوانات ومن أمثلتها الحجر الرملي والحجر الجيري والطين.

٣- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks، وهي صخور كانت في أول تكونها إما نارية أو راسبة ثم تاثرت بعوامل أدت إلى تعرضها إما لحرارة مرتفعة جدا، أو لضغط عظيم أو الاثنين معا. فاكتسبت من جراء ذلك معالم جديدة ليست لاي من نوعي الصخر الأصليين. أي أنها تحولت من الحالة الأصلية (نارية أو رسوبية) إلى حالة جديدة (متحولة). ومن أمثلتها الشست والنيس.

الصخور النارية

تتكون الصخور النارية نتيجة لتجمد المجما داخل الأرض أو تجمد اللافا على سطح الأرض.

ويمكن تحقيق الصخور النارية على أساس الخواص التالية:

١- التركيب المعدني.
٢- التركيب الكيميائي.
٣- اللون.
٤- النسيج.
٥- شكل وجودها في الطبيعة.

١- التركيب المعدني:Mineralogical Composition

تتبلور بعض المعادن من المجما عندما تبرد وتصل إلى درجة فوق التشبع بالنسبة لهذه المعادن. وتنقسم المعادن الهامة المكونة للصخور النارية معادن أساسية ومعادن إضافية. فالمعادن الأساسية هي التي توجد في الصخور بكميات كبيرة والتي يتوقف عليها خواص الصخر واسمه. وتشمل المعادن الأساسية مايلي: الفلسبارت، البيروكسينات، الأمفيبولات، الميكا، الفلسباثويدات (مثل لوسيتLeucite)، الأوليفين ، الكوارتز، أما المعادن الإضافية فهي التي توجد بكميات صغيرة، وعلى ذلك لا تؤثر كثيرا في خواص الصخور. وتشمل هذه المعادن الإضافية الماجنتيت، الألمينيت، البيريت، الأباتيت، الزركون، الروتيل، سفين.

وتتبلور المعادن المكونة للصخور النارية عادة تبعا لنظام معين. فتتبلور المعادن الإضافية أولا وتأخذ أشكالا بلورية كاملة، ويتبعها في التبلور المعادن الحديدوماغنيسية مثل الأوليفين والبيروكسينات والأمفيبولات، ويأتي بعد ذلك معادن الفلسبارات البلاجيوكليزية والبوتاسية (الأرثوكليز)، ثم الكوارتز.

ويفسر هذا النظام التبلوري تكوين الانواع المختلفة من الصخور من المجما الأصلية الواحدة. فتترسب المعادن القاعدية أولا عند درجات الحرارة العالية وذلك لأنها أقل المعادن ذوبانا، وتكون صخرا قاعديا. ويبقى بعد رسوب هذه البلورات القاعدية مجما لها تركيب يختلف عن المجما الأصلية ومنها يمكن أن يتكون صخر وسط، ومن المجما المتخلفة بعد ذها يتكون صخر حمضي (أي يتكون من معادن غنية بالسيليكا إلى جانب وجود الكوارتز) وليس من

الضروري بتاتا أن توجد فواصل بين هذه الأنوع الثلاثة ، بل ربما يحدث أن يكون هناك تدرجا كاملا بين نوع وآخر.

٢- التركيب الكيميائي:Chemical Composition

مما سبق يتبين أن التركيب المعدني للصخر الناري يتوقف بصفة أساسية على التركيب الكيميائي للمجما. فإذا كانت المجما غنية بالسليكا فإن الصخر الناتج سوف يحتوي على معادن غنية بالسليكا وكذلك معدن الكوارتز. أما إذا كانت المجما فقيرة في السليكا فإن الصخر الناتج سوف يحتوي على معادن فقيرة في السليكا ولا يحتوي على كوارتز بالمرة. نتيجة لهذا اتخذت نسبة ثاني أكسيد السليكون أساسا لتصنيف الصخور كيميائيا إلى:

أ) صخور حامضية :Acidic rocks وهذه تحتوي على نسبة من السليكا أكثر من ٦٥٪ (من٦٥٪ - ٨٠٪). أما نسبة الحديد والماغنسيوم بها فقليلة ولذلك فلون هذه الصخور فاتح، وتحتوي على معادن أرثوكليز أو ميكروكلين بكثرة، كذلك البلاجيوكليز الصودي والكوارتز، وكمية قليلة من المعادن الحديدوماغنيسية (مثل البيوتيت). ومن أمثلتها الجرانيت والجرانوديوريت والريوليت والأبليت والفسليت.

ب) صخور متوسطة :Intermediate rocks نسبة السليكا بها بين ٥٢٪و ٦٥٪، ونسبة الحديد والمغنسيوم بها متوسطة. ولونها أغمق من الصخور الحمضية. ومن أمثلتها الديوريت والأنديسيت والسيانيت والتراكيت.

ج) صخور قاعدية :Basic rocks نسبة السليكا بها أقل من ٥٢% ونسبة الحديد والمغنسيوم بها أعلى من النوعين السابقين، ولونها أغمق يميل إلى السواد. وهذه الصخور تحتوي على المعادن الحديدومغنيسية بكثرة وكذلك البلاجيوكليزات الكلسية بنسبة متوسطة، ولكن لا يوجد كوارتز. ومن أمثلتها الجابرو والدوليريت والبازلت.

٣- اللون:Color

مما سبق يتبين لنا أن لون الصخرالناري يختلف تبعا للتركيب الكيميائية والمعدني، وعلى ذلك يمكن استعمال هذه الخاصية في التفرقة بين أنواع ثلاثة من الصخور النارية: صخور فاتحة اللون (حمضية)، وصخور متوسطة اللون (متوسطة)، وصخور قاتمة اللون (قاعدية ، لا تحتوي على كوارتز بالمرة).

٤- النسيج:Texture

وكما تختلف الصخور النارية لدرجة كبيرة بالنسبة لتركيبها المعدني والكيميائي فإنها تختلف أيضا بالنسبة إلى حجم البلورات والحبيبات المكونة لها وشكلها وترتيبها، وتعيين هذه الخواص المختلفة للمعادن المكونة للصخر النارية وعلاقتها ببعضها البعض هو تعيين لخاصية النسيج.

أي أن لفظ النسيج يطلق على الحجم النسبي لبلورات المعادن المكونة للصخر وشكلها وطريقة ترتيبها. ويتوقف النسيج على السرعة التي بردت بها المجما. فالصخور التي تكونت في جوف الأرض بعيدة عن السطح لابد أنها بردت ببطء شديد يسمح بنمو البلورات وكبر حجمها أثناء تجمد المجما، وينتج عن ذلك أن يتكون للصخر المتبلور في مثل هذه الظروف، أي في مناطق بعيدة عن السطح، نسيج خشن، ويمكن رؤية مكوناته المعدنية وتمييزها بكل سهولة بواسطة العين المجردة – مثل هذه الصخور التي تعرف عادة باسم الصخور الجوفية، أما إذا ظهرت المجما على سطح الأرض في هيئة حمم فإنها تبرد وتتجمد بسرعة. وتحت هذه الظروف لا تجد البلورات الصغيرة البادئة في التكوين فرصة للنمو. ويحدث أن يتكون صخر دقيق الحبيبات، ويعرف النسيج بأنه نسيج دقيق الحبيبات، ويمكن تمييز البلورات في هذه الحالة بواسطة عدسة مكبرة.

أما إذا لم يمكن تعيين البلورات إلا بمساعدة الميكروسكوب فيسمى نسيج الصخر الناري في هذه الحالة باسم نسيج مجهري التبلور، وهناك بعض الحالات لا يمكن تمييز البلورات فيها حتى بالميكروسكوب العادي ولكن يمكن معرفة أنها متبلورة بواسطة استقطابها للضور وذلك

باستعمال الميكروسكوب المستقطب (أي تجعل الضوء المار بها يتذبذب في مستوى محدد، وهذه الخاصية الضوئية تحدث بواسطة المواد المتبلورة أما المواد غير المتبلورة فإنها لا تستقطب الضوء أي لا تحدد مستويات ذبذبته) وفي هذه الحالة يسمى نسيج الصخر الناري نسيج خفي التبلور.

وتتفق جميع هذه الانواع المختلفة السابقة من النسيج في أن جميع بلوراتها متساوية تقريبا في الحجم ، ولذلك يقال أنها متساوية الحبيبات أو منتظمة الحبيبات.ولكن هناك صخور يظهر فيها ما يسمى بالنسيج البورفيري وفي هذه الحالة نجد عددا من البلورات الأكبر حجما موزعة في أرضية (قاعدة) مكونة من حبيبات أكثر دقة. وتسمى البلورات الكبيرة في هذه الحالة باسم Phenocrysts. وكثير من الصخور البركانية التي تكونت على السطح لها نسيج زجاجي، أي لا توجد بها بلورات بالمرة ، وذلك لبرودة الحم وتجمدها بسرعة لم تسنح لتكوين بلورات بالمرة.

وفي الطفوح البركانية السميكة نلاحظ أن الاجزاء الخارجية (التي تلامس الخواء وسطح الأرض) ذات نسيج زجاجي لأنها بردت بسرعة ، بينما تكون الأجزاء الداخلية دقيقة التبلور أو مجهرية التبلور. وعندما تتمدد الغازات في الطفح البركاني وتهرب منه في النهاية فإنها تترك فراغات في الصخر الناتج تعرف باسم الفقاقيع، وينتج ما يسمى بالنسيج الفقاعي . وقد تمتلئ هذه الفقاقيع بمعادن ثانوية ترسبت من محاليل مرت بهذه الفقاقيع فيتكون مايسمى بالنسيج الأميجدالي Amygoidaloidal tecture.

٥- شكل وجود الصخور النارية في الطبيعة:Mode of Occurrence

تتصل المجما أو المادة المصهورة إما في جوف الأرض أو على سطحها أو بين هذا وذاك. وينتج في كل من هذه الحالات نوع من الصخور النارية يتميز بصفات خاصة من ناحية درجة التبلور وحجم البلورات الناتجة وشكلها وترتيبها وعلاقتها ببعضها. أي باختصار يتميز بنسيج خاص . ومما سبق ذكره في البند السالف يتبين لنا بوضوح كيف أن النسيج يتفق بوجه عام مع مكان تكوين الصخر النارى وعلى ذلك يمكن تصنيف الصخور النارية (حمضية ومتوسطة وقاعدية) على أساس مكان تكوينها إلى ثلاثة أصناف:

أ) الصخور الجوفية :Platonic rocks وهي التي تصلبت على أعماق كبيرة في جوف الأرض تحت عوامل من الضغط والحرارة جعلت التبريد بطيئا وبذلك تمكنت المعادن المكونة لها من التبلور تبلورا ظاهرا أي أنها ذات نسيج خشن.

ومن أمثلة هذا النوع صخور الجرانيت والديوريت والجابرو. وتوجد الصخور الجوفية في هيئة كتل ضخمة جدا تبلغ مئات الكيلومترات المربعة في المساحة وتتسع قاعدتها كلما تعمقنا إلى أسفل وتعرف هذه الكتل من الصخور النارية الجوفية باسم باثوليت Batholith وتتكون هذه الكتل في العادة من صخور الجرانيت والأحجام الصغيرة من هذه الكتل الصخرية النارية تعرف باسم بوص Boss أو ستوك Stock وهذه الأخيرة تبلغ مساحتها من ١ إلى ٤٠ كيلو مترا مربعا فقط. ويرجع ظهور هذه الأشكال المختلفة من الصخور الجوفية على سطح الأرض الآن حيث تكون سلاسل الجبال المختلفة إلى عوامل التعرية التي فتت وحللت ثم جرفت وأزالت طبقات الصخور المختلفة التي كانت تعلوها، وكذلك العوامل التكتونية (الحركات الأرضية) وكلها أدت إلى ظهور هذه الصخور الجوفية.

ب) الصخور تحت السطحية :Hypabyssal rocks وهي التي تدخلت في صخور وبين طبقات القشرة الأرضية وتصلبت قريبا من السمح مما أدى إلى بروتدها بسرعة أكثر من الجوفية (ولكن أقل من البركانية) ولذلك فإن بلوراتها دقيقة أو متوسطة ونسيجها دقيق التبلور.

وقد يكون هناك بعض البلورات التي قد نمت في المجما في جوف الأرض ثم انتقلت من المجما المكونة لهذه الصخور تحت السطحيثة حيث ترسبت كبلورات كبيرة تحيط بها بلورات دقيقة تكونت عندما تجمدت المجما بالقرب من السطح. ويكون لمثل هذه الصخور نسيج بورفيري. ومن أمثلة الصخور تحت السطحية البورفيريت والدوليريت. وتوجد هذه الصخور تحت السطحية في الطبيعة في هيئة سدود موازية أو سدود قاطعة. والأولى عبارة عن كتل

مسطحة من الصخور النارية نتجت من تدخل المجما وتجمدها بين طبقات الصخور المحيطة. أما السدود القاطعة فقد نتجت من تدخل المجما في الشروخ والكسور القاطعة للطبقات حيث تجمدت.

وقد تكون الأجسام النارية تحت السطحية في شكل ناقوص، وتعرف باسم لاكوليث lacolith. أو في شكل طبق،وتعرف باسم لوبوليث Lopolith أو في شكل "السرج" وتعرف باسم فاكوليت Phacolith، ويشتغل اللاكوليث أو اللوبوليث في بعض الأحيان مساحات كبيرة تبلغ مئات الكيلومترات المربعة ، ويتكون في أعماق بعيدة عن السطح.

ج) الصخور السطحية أو البركانية Extrusive or Volcanic rocks

وهي الصخور التي تصلبت على السطح قرب فوهات البراكين، أو الشقوق، التي خرجت منها اللافا إلى السطح. وقد بردت اللافا بسرعة فتجمدت بسرعة ايضا لم تسنح للبلورات أن تنمو إلى حجم كبير أو أن تتكون بالمرة، فتنتج في الحالة الأولى نسيج مجهري التبلور، أو خفي التبلور. ونتج في الحالة الثانية نسيج زجاجي (غير متبلور بالمرة). ومن أمثلة هذه الصخور الريوليت والأنديسيت والتراكيت والأبسيديان والبازلت. وتظهر هذه الصخور البركانية في هيئة طفوح لافية Lava flows، وهي كتل من الصخور النارية البركانية منتشرة على مساحات واسعة وسمكها بسيط ولذلك فإنها تشبه الصفائح.

وصف بعض أنواع الصخور النارية الشائعة

الجرانيت Granite صخر فاتح اللون حبيباته خشنة منتظمة ، ويتكون أساسا من معدني الكوراتز والفلسبار(يوجد النوعين الأرثوكليز "أو الميكروكين"، والأوليجوكليز غالبا). ويحتوي الجرانيت بالإضافة إلى هذه المعادن على كمية بسيطة [حوالي ١٠٪] من الميكا أو الهورنبلند. أما الميكا فتكون ممثلة بمعدن البيوتيت ولو أنه قد يوجد بعض المسكوفيت. أما المعادن الإضافية القليلة فتشمل معدن الزركون والاسفين والأباتيت والماجنتيت. وهذه المعادن بطبيعة الحال يصعب أو يستحيل رؤيتها وتمييزها بالعين المجردة. ويتدرج هذا الجرانيت إلى صخر آخر يعرف باسم الجرانوديوريت يحتوي على غالبية من البلاجيوكليز بدلا من غالبية الأرثوكليز في الجرانيت. أي أن الجرانوديوريت يتكون من البلاجيوكليز والكوارتز وقليل (٥٪) من الأرثوكليز. ونلاحظ غالبا إزدياد نسبة المعادن القائمة (الحديدومغنسية) كلما ازدادت نسبة البلاجيوكليز، وينتج عن ذلك أن صخر الجرانوديوريت أغمق لونا من الجرانيت. وهذه الصخور كثيرة الإنتشار في الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء ومنطقة أسوان.

شكل (٤٧) ضخر الجرانيت beg.utexas.edu

السيانيت :Syenite صخر له نسيج حبيبي منتظم ولونه فاتح ويتكون بصفة اساسية معادن الفلسبارات البوتاسية والأوليجوكليز وكميات قليلة جدا من الهورنبلند والبيوتيت والبيروكسين. وهو في هذه الحالة يشبه الجرانيت إلا أن نسبة الكوارتز أصبح قليلة جدا حيث لا تعدو ٥٪، وأصبح وجوده غير أساسي في تركيب الصخر. أما إذا زادت نسبة الأوليجوكليز عن الفسبار البوتاسي فيصبح اسم الصخر مونزونيت Monzonite. وقد يوجد معدن النيفلين Nephline في صخر السيانيت بنسبة ٥٪ وفي هذه الحالة يعرف الصخر باسم سيانيت نيفيلني. والنيفلين ($NaAlSiO_4$) معدن ذو بريق صمغي (أو شحمي) ويشبه الكوارتز ولكنه يمتيز عنه بصلادته الأقل (من ٥،٥– ٦).

شكل (٤٨) صخر السيانيت skywalker.cochise.edu

الديوريت :Diorite صخر له نسيج حبيبي منتظم ولون يميل إلى الداكن ويتميز بوجود البلاجيوكليز (أوليجوكليز أو انديسيين) ، أما الكوارتز والأرثوكليز فلا يوجدان. أما البيوتيت فقد يوجد بكمية قليلة، والبيروكسينات نادرة الوجود في هذا الصخر. أما المعادن الإضافية فتشمل الألمينيت والأباتيت ويغلب على الصخر – كما قلنا – اللون الداكن نظرا لوجود المعادن الداكنة (الحديدومنغنسية) بكميات غير قليلة. وهذا الصخر كثير الانتشار في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء ، حيث يكون كثيرا من الجبال القائمة في هذه المنطقة.

شكل (٤٩) صخر الديوريت.

الجابرو :Gabbro صخر حبيبي منتظم مكون معظمه من المعادن الحديدومغنيسية السوداء اللون. وتشمل هذه المعادن البيروكسين والأوليفين بصفة رئيسية وقد يوجد الهورنبلند. فإذا كان كل الصخر تقريبا مكونا من معدن البيروكسين سمي بيروكسينيت Pyroxenite. أما إذا كان مكونا من الأوليفين سمي دونيت Dunite أما إذا كان مكونا من الهورنبلند سمي هورنبلنديت Hornblendite. وتحتوي صخور البيريدوتيت عادة على معادن الماجنتيت والكروميت والإلمنيت والجارنت. كما أن بعض الانواع تحتوي على البلاتين والألماس. ومعدن الأوليفين سهل التحلل بالعوامل الكيميائية ، وينتج عن التحل معدن السربنتين[Serpentine سليكات المغنسيوم المائية]. فإذا كان كل صخر البيريدويت متحللا فإن الصخر الناتج يعرف باسم صخر السربنتين وهذا الصخر منتشر بين صخور الصحراء الشرقية المصرية.

شكل (٥٠) صخر الجابرو .

الصخور البركانية Volcanic rocks

وتشمل **الريولويت Rhyolite** (يقابل الجرانيت ولونه فاتح)، **البازلت** (يقابل الجابرو ولونه أسود) وكثير غيرها. ونظرا لأن هذه الصخور لها نسيج دقيق أو زجاجي لذلك فإنه يصعب أو يستحيل التمييز بين معادنها المختلفة في العينة، ويتميز البيوميس Pumice أو الحجر الخفاف

بكثرة الفقاقيع الهوائية فيه مما يجعله يطفو على سطح الماء. أما صخور الأوبسيديان Obsidian والبتشستون Pichetone فهي صخور زجاجية متماسكة عديمة المسام.

شكل (٥١) صخر البيوميس البركانى cantilangnon.com

صخور البجماتيت Pegmatites

هذه الصخور لها نسيج خشن جدا مكون من بلورات كبيرة. وترتبط هذه الصخور بالصخور الجوفية النارية من ناحية الأصل إذ يعتقد أن البجماتيت يتكون من المحاليل المتبقية بعد تبلور المجما وتكوين الصخور النارية الجوفية، أي أنها تمثل المرحلة المتوسطة بين الصخور النارية الجوفية من ناحية والمحاليل المائية الحارة من ناحية أخرى.

وتوجد البجماتيت في هيئة عروق أو سدود قاطعة للصخور النارية الجوفية أو ممتدة من هذه الصخور النارية إلى الصخور المحيطة بها.

والجرانيت يعتبر أكثر الصخور النارية اتصالا بالبجماتيت (أي أن الاثنين من أصل واحد). ولذلك يعرف البجماتيت باسم بجماتيت جرانيتي، والمعادن المكونة لصخور البجماتيت تشبه إذن معادن الجرانيت أي تتكون من الكوراتز والفلسبار والميكا بصفة أساسية. ولكن مع وجود فارق واحد وهو أن هذه البلورات توجد في البجماتيت في أحجام كبيرة كدا. ففي بعض الحالات بلغ طول بعض البلورات عدة عشرات السنتيمترات (بدلا من عدة ملليمترات)، ويكثر نوع الميكروكليين في هذه الصخور (بالنسبة إلى نوع الأرثوكليز الذي يوجد في الجرانتيت).

وأهمية دراسة البجماتيت تنحصر في أن بعض الأنواع تحتوي على معادن ذات قيمة اقتصادية (مثل معادن الليثيوم وأحيانا معادن القصدير والتنجستن) أو بلورات معادن تستعمل أحجار كريمة مثل الزمرد، وهو نوع من أنواع البيريل، كذلك فهي مصدر لكثير من البلورات المعدنية الكاملة التي نجد مكانها للعرض في كثير من متاحف المعادن في العالم.

الصخور الرسوبية

تعتبر الصخور الرسوبية ذات أصل ثانوي، أي أن المواد المكونة لها آتية من صخور سابقة تفتت وتحللت بفعل العوامل الجوية المختلفة، وتترسب هذه المواد المفتتة في أماكن تجمعها بواسطة المياه الجارية (الأنهار مثلا) أو الثلاجات أو الرياح. وتقوم عوامل التجوية Weathering بعملية تحلل المعادن المختلفة (التحلل الكيميائي: الأكسدة – التموه – الكربنة – الإذابة)، وكذلك بتفتيت المعادن (التفتيت الفيزيائية: التمدد والإنكماش بالحرارة والبرودة)، وينتج من المعادن التي تقاوم التحلل والتفتيت (إلى حد ما) مثل الكوارتز والزركون والجارنت والماجنتيت.

أين تتكون الصخور الرسوبية

إن المسرح الكبير الذي تتم فيه عملية الترسيب من البحر. فأحواض البحار والمحيطات، مبتدئة من الشواطئ الضحلة للقارات حتى أعمق الأعماق، هي مآل ونهاية الشوط لإنتقال الموادة المفتتة والمتآكلة من الصخور بواسطة الأنهار في معظم الحالات. وتترسب معظم الرواسب التي يبلغ وزنها ملايين الأطنان سنويا في المياه الضحلة، قريبا من الأرض، وفي مدى ٢٠٠ – ٣٠٠ كيلومترا من الشاطئ، أما بعيدا عن ذلك، وعلى قاع البحار والمحيطات فتتراكم الرواسب الدقيقة لأصداف حيوانات مجهرية، وكذلك الرماد البركاني الدقيق الذي تطوف به الرياح والتيارات الهوائية حول الأرض وينتهي به المطاف ليسقط على سطح البحار والمحيطات، ثم يهبط إلى

القاع. وهناك رواسب تنتج من تآكل وتفتيت الشواطئ بفعل الأمواج وهذه ترسب أيضا على شاطئ البحر في هيئة الحصى والرمال.

أما البحيرات الداخلية فإنها تتلقى رواسب من الأنهار التي تصب فيها وكذلك من الرياح. وهناك في بعض البحيرات تترسب رواسب من الملح أو الجبس أو النطرون (كربونات الصوديوم المائية) نتيجة لبخر مياه البحيرة.

وهناك على سهول الفيضانات وشواطئ الأنهار تترسب كميات ضخمة من الرواسب النهرية. أما في البحيرات الضحلة، والمستنقعات في المناطق الإستوائية الرطبة، فتتراكم المواد النباتية لتتحول فيما بعد إلى صخور الفحم.

وهناك رواسب أخرى تترسب مباشرة على الأرض. فعند حواف الهضاب والجبال تتراكم أكوام من المواد الصخرية المهشمة. وفي الصحاري تتراكم أكوام ذات أشكال مختلفة من الرمال والأتربة التي تذروها الرياح، وتنقلها من مكان إلى آخر. والتي تعرف باسم الكثبان الرملية. وفي بعض البلاد تنفجر ينابيع من باطن الأرض محملة بالمواد المعدنية الذئبة، لا تلبث أن تترسب حول الينبوع بعد بخر المياه مكونة رواسب معدنية مختلفة ، قد تكون جيرية أو سليكية.

خواص الصخور الرسوبية

تتميز الصخور الرسوبية بصفة عامة بالخواص الآتية:

١- وجودها في هيئة طبقات، وتتميز هذه الطبقات عن بعضها البعض باللون والسمك والنسيج، وقد تكون الطبقات أفقية أو مائلة أومجعدة.

٢- احتوائها على الحفريات، وقد تكون هذه كبيرة أو مجهرية.

٣- احتوائها على بعض المواد المعدنية الخاصة كالبترول والفوسفات والفحم.

٤- احتواء بعضها على مسام، ولهذه المسام أهمية كبرة في توزيع البترول والمياه الأرضية، والمحاليل المشبعة بالمواد المعدنية، وكذلك في تخزين الغازات الطبيعية التي توجد تحت سطح الأرض.

التركيب المعدني للصخور الرسوبية

تختلف الصخور الرسوبية في تركيبها المعدني اختلافا كبيرا، فبعضها يتركب من المواد الكربونية مثل الفحم ، وبعضها يتركب من كربونات الكالسيوم) مثل الصخر الجيري. وبعضها يتركب من مواد سليكية (كوارتز) مثل الصخور الرملية (الأرثوكوارتزيت)، وبعضها يتركب من معادن مركبات السليكات المائية للألومنيوم (مثل الكاولين) كالصخور الطفلية.

تصنيف الصخور الرسوبية تبعا لطريقة نشأـها إلى أقسام ثلاثة كمايلي:

١- رواسب ميكانيكية :Mechanical sediments وهذه صخور مكونة من قطع مفتتة من صخور سابقة نقلت وترسبت دون أن يحدث لها تحلل كيميائي، وكل ما حدث هو تفتت الحبيبات والقطع وترسيبها بواسطة الرياح أو الأنهار أو تكوينها على سفوح الجبال وفي الوديان نتيجة لسقوطها بفعل الجاذبية من قمم الجبال. ومن أمثلة هذه الصخور الكونجلوميرات والرمل والطين.

٢- رواسب كميائية :Chemical sediments وهذه صخور تكونت نتيجة مواد تخلفت بعد بخر المحاليل التي تذيبها وتحويها. ويغلب هذا النوع من الرواسب في المناطق الصحراوية الحارة حيث تتعرض مياه البحيرات إلى درجة كبيرة من البخر، لا يعوض بخار الماء المفقود ما ينزل إليها أحيانا من مياه الأمطار القليلة. وتشمل هذه الرواسب الملح والجبس وبعض أنواع الحجر الجيري.

٣- رواسب عضوية :Organic sediments وهي نتيجة تراكم مواد خلفتها الحيوانات أو النباتات. ومعروف أن أغلب النباتات والحيوانات مكونة من مواد صبة وأخرى رخوة ، فإذا ماتت هذه الأحياء تعرضت الأجزاء الرخوة للتحلل والفناء بينما تبقى المواد الصلبة إذا تراكمت تحت عوامل مناسبة كرواسب قد تتحول فيما بعد إلى صخور. وتشمل هذه الأنواع معظم

الصخور الجيرية والطباشير (تتكون من أصداف ومحارات الحيونات المختلفة) والفوسفات والفحم.

أولا – الصخور الرسوبية الميكانيكية

الكونجلوميرات :Conglomerate صخور مكونة من الحصى أو الزلط والرمل ممسك بعضها ببعض، والقطع الكبيرة منها (الحصى والزلط) مستديرة الشكل، نظرا لنقلها بواسطة الأنهار والمياه الجارية وقد تتكون من قطع من الكوارتز أو قطع صخرية (تشمل أكثر من معدن) وذلك يتوقف على المصدر الأصلي لهذه الكونجلوميرات.ويتدرج حجم القطع الصخرية المكونة للكونجلوميرات من حجم كبير (١٠ سم في القطر) إلى حجم صغير (٢ ملليمتر في القطر) وفي هذه الحالة الأخيرة يتدرج الكونجلوميرات إلى الرمل الخشن.

شكل (٥٢) صخر الكونجلوميرات flexiblelearning.auckland.ac.nz

الرمل والصخر الرملي :Sands and Sandstones يطلق لفظ رمل على كل صخر مفكك أو غير متماسك يختلف فطر حبيباته من ٣ ملليمتر إلى ١٦/١ مم، ويصنف عادة إلى رمل خشن ورمل متوسط ورمل دقيق.

فإذا تماسكت حبيبات الرمل كونت ما يسمى الصخر الرملي Sandstones. والمادة التي تسبب تماسك الحبيبات مع بعضها البعض قد تكون سليكات، أو كربونات (كالسيت) أو أكسيد حديد (هيماتيت) أو مواد معدنية طينية دقيقة. ويتوقف لون الصخر الرملي إلى درجة كبيرة على لون هذه المادة اللاحمة (أو الماسكة) فإذا كانت سليكا أو كالسيت كان لون الصخر فاتحا: أبيض أو أصفر خفيف أو رمادي، أما التي تحتوي على أكاسيد الحديد فيكون لونها أحمر أو بني يميل إلى الإحمرار. ويلاحظ أنه عندما يكسر الصخر الرملي فإن الكسر يحدث في المادة اللاحمة وتبقى الحبيبات بدون كسر، ويكون ملمس السطح المكسور حديثا حبيبي. وأهم المعادن المكونة للصخر الرملي (الأرثوكوارتزيت) هو الكوارتز. فإذا احتوى الصخر على كمية كبية من الفلسبار فإنه يعرف باسم أركوز Arkose. وإذا كثر معدن الماجنتيت في الرمل أعطاه لونا أسود، ويسمى لذلك رملا أسود Black Sand. ويوجد غالبا في هذه الرمال السوداء بعض المعادن التي تحتوي على العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم بجانب بعض العناصر وأملاحها. ومن أمثلة هذه الرمال: الرمل الأسود الذي يحمله النيل إلى البحر المتوسط فيرسب على الشواطئ بالقرب من رشيد ودمياط والعريش. وتستغل الرمال السوداء عند رشيد اقتصاديا الآن حيث يستخرج منها معدن المونازيت (فوسفات السيريوم أساسيا ويوجد به نسبة بسيطة من الثوريوم) والزركون والماجنتيت والألمينيت والجارنت.

شكل (٥٣) الحجر الرملى beg.utexas.edu

توجد الرمال في جمهورية مصر العربية موزعة في مساحات كبيرة جدا بجميع الصحاري المصرية . وخصوصا الصخراء الغربية والجزء الشمالي من الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء. وهي إما أن تعطي سهولا ممتدة ومجعدة السطح من جراء تأثير الرياح فيها. وإما أن توجد في هيئة كثبان رملية (أكوام رملية). وهذه ترى قرب الشواطئ المصرية وفي أواسط الصحاري. كذلك توجد الرمال عند أقدام الجبال حيث ألقت بها الرياح التي تحملها.

الصخور الطينية :Argillaceous rocks يطلق لفظ غرين Silt أو صلصال Clay على كل صخر سائب مكون من حبيبات متوسط قطرها أقل من ١٦/١ من المليمتر، وهذه الحبيبات الدقيقة هي في العادة عبارة عن فتات الصخور والمعادن المختلفة.

ولكن كثيرا منها عبارة عن معادن طينية Clay Minerals (سليكات الألومنيوم المائية). والمعادن الشائعة في الصخور الطينية، بجانب المعادن الطينية هي الكوارتز والميكا الفلسبار. كذلك توجد بالمواد الطينية غالبا بقايا نباتات متحللة أو متفحمة ومواد جيرية. أما اللون الأسود الذي يغلف كثير من الصخور الطينية فيرجع إما إلى إنتشار مواد عضوية متحللة (الدبال) أو إلى وجود ذرات نباتية متفحمة أو ذرات من كبريتيد الحديد (البيريت)، وهناك أنواع من الطين يسودها اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر لوجود مواد ملونة بها مثل أكاسيد الحديد أو المنجنيز أو سليكات الحديد.

وقد ترتفع نسبة كربونات الكالسيوم في الطين فيسمى طين جيري أو مارل Marl. ويحتوي الطين في العادة على نسبة صغيرة من الماء لا تتجاوز ١٥٪ ، فإذا فقد معظم هذا الماء فإنه يتصلب إلى كتل صخرية تسمى الصخر الطيني، أما إذا تصلب في هيئة طبقات رقيقة أو صفائح لانضغاط الطين قبل أن يتم جفافه بواسطة ترسب طبقات صخرية أخرى فوقه فإنه يسمى صخر طيني صفحي أو طفل shale. وفي العادة يكتسب هذا الصخر خاصية التشقق الصخري وهذه الخاصية تنتج عن وجود معادن الميكا مرتبة في مستويات متوازية حيث ينفصل الصخر الطيني الصفحي أو الطفل إلى صفائح. وتحتوي بعض أنواع الطفل على كميات من زيت البترول تصل في بعض الأحيان إلأى ٣٠ أو ٤٠ جالون في كل طن من الصخر. وتعرف الطفلة في هذه الحالة باسم طفلة زيتية. ويحصل على الزيت من هذا الصخر بواسطة التقطير عند درجات حرارة منخفضة (حوالي ٤٠٠°م).

وهناك نوعان آخران من الصخور الميكانيكية هما:

البريشيا: تشبه الكونجلوميرات من ناحية حجم الحبيبات، أي أنها أكبر من٢ ملييمترا، ولكنها تختلف عن الكونجلوميرات في أن الحبيبات والقطع الصخرية المكونة لها مهشمة وذات زوايا حادة (بدلا من القطع السمتديرة)، ومتماسكة مع بعضها البعض، في الغالب بواسطة موادة معدنية ترسبت من المحاليل وسببت الالتحام. وتوجد البريشيا غالبا في الصخور الجيرية التي تصدعت وتكسرت، فتظهر البريشيا في مستوى الصدع نتيجة لتكسير الصخور وتهشيمها أثناء انتقال كتل الصخور على جانبي الصدع.

شكل (٥٤) صخر البريشيا hunter4086.wordpress.com

الجريواكي Greywacke: فيشبه الصخر الرملي ولونه رصاصي أو أخضر داكن، ويتكون من معادن الكوارتز والفلسبار وكمية كبيرة من المعادن السوداء (أهمها معدن كلوريت وهو معدن أخضر يشبه الميكا في انفصامه، وتركيبه سليكات مائية للألومنيوم والحديد والمغنسيوم) والحبيبات بصفة عامة حادة الزوايا (ولذلك يسمى في بعض الأحيان بريشيا دقيقة).

ثانيا – الصخور الرسوبية الكيميائية:

تتكون هذه الرواسب نتيجة لبخر المحاليل الملحية وتراكم المواد المعدنية من المحاليل. والمعدن الذي يترسب أولا هو المعدن الأقل ذوبانا، أما المعدن الأكثر ذوبانا فيترسب في النهاية.ومن أهم أمثلة الصخور الرسوبية الكيميائية الجبس والملح والأنهيدريت.

الجبس :Gypsum وهو أول معدن يترسب بكميات كبيرة عند بخر مياه البحار، وتحت ظروف مواتية تتكون طبقات سميكة من الجبس. ويتكون الصخر الناتج من حبيبات دقيقة ولكن في بعض الأحيان قد يظهر المعدن في هيئة ألياف أو صفائح . ويوجد الجبس غالبا مع الملح والرواسب المحلية المختلفة وكذلك الجير والطفل حيث تترسب هذا كله من البحر.

الأنهيدريت :Anhydrite ويلى الجبس في التكوين والترسيب من مياه البحر، ويوجد مكونا لطبقات مشابهة للجبس، وغالبا يوجد الاثنان معا بالاضافة إلى رواسب أخرى ملحية.

الملح :Salt يوجد في طبقات ذات سمك كبير وغالبا ما تكون البلورات واضحة. والملح يلي الجبس والانهيدريت في التبلور والترسيب من مياه البحر المتبخرة، ولذلك غالبا ما يكون الطبقات العليا للتكاوين الجيولوجية والتي تتكون من الجبس والأنهيدريت في الطبقات السفلى. وقد توجد مع بعض أنواع رواسب الملح رواسب من كلوريد البوتاسيوم (سيلفيتSylvite) وفي هذه الحالة تعتبر مصدرا هاما لأملاح البوتاسيوم.

ومن أمثلة الرواسب الجبسية والملحية تلك الجبال الممتدة على جانبي خليج السويس والبحر الأحمر قرب منطقة البترول في رأس غارب وفي المناطق الممتدة على الساحل.

الصخر الجيري البطروخي :Oolitic limestone وهو أحد أنواع الصخور الجيرية ويتكون من حبيبات صغيرة (في حدود ٢ ملليمتر على الأكثر) كروية الشكل، وتشبه بطارخ السمك وقد ترسبت كيميائياً من مياه البحار والبحيرات المالحة تحت ظروف معينة، وتوجد نواة دقيقة (مكونة من ذرة من الرمل أو قطعة مكسرة من صدفة) داخل كل كرة صغيرة من هذه الكرات الجيرية.

شكل (٥٥) الصخر الجيرى البطروخى drannabalog.com

رواسب الاستلاكيت والاستالاجميت:Stalactites & Stalagmites وهذه هي المعادن المخروطية الشكل المكونة من بلورات الكالسيت والتي تتدلى من سقوف الكهوف الجيرية أو ترتفع قائمة على أرضية هذه الكهوف وقد ترسبت هذه المعادن نتيجة لبخر محاليل المياه الأرضية المحتوية على حامض الكربونيك وكربونات الكالسيوم الهيدروجينية الذائبة فيها.

شكل (٥٦) الاستالاجميت و الاستلاكيت (الصواعد والهوابط) encyclopedia.com

الترافرتين :**Travertine** وهو عبارة عن رواسب جيرية من أصل كيماوي ترسبت حول الينابيع الحارة على سطح الارض. وتترسب نتيجة لفقدان المحاليل لغاز ثاني أكسيد الكربون وترسيب كربونات الكالسيوم.

الرواسب الكيميائية السليكية :Siliceous sinter وهي رواسب مكونة من ثاني أكسيد السليكون تتكون حول بعض أنواع الينابيع الحارة المتفجرة التي تعرف باسم الجيزر .Geysers وتعرف الرواسب أيضا باسم جيزيريت.

الدولوميت :Doloimites وهذه صخور راسبة مكونة من معدن الدولوميت (كربونات الكالسيوم والماغنسيوم المزدوجة) وهي تشبه الحجر الجيري إلا أنها أثقل قليلا منها وكذلك صلادتها أعلى قليلا، ولا تتفاعل بسرعة مع حامض الهيدروكلوريك البارد المخفف. ويعتقد أن كثيرا من رواسب الدولوميت قد تكونت نتيجة لتفاعل المحاليل الماغنيسية أو المحاليل الأرضية مع الحجر الجيري كما في المعادلة:

$$2CaCO_2 + MgCl_2 = CaMg\,(CO_3)_2 + CaCl_2$$

الفلنت والشيرت :Flint & Chert هذه صخور كيميائية سليكية، مكونة من حبيبات مجهرية أو مفتتة متبلورة من السليكات. وتوجد في هيئة كرات أو عدسات أو طبقات رقيقة (متصلة أو غير متصلة) خصوصا في الأحجار الجيرية.

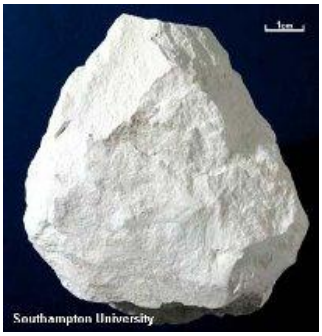
شكل (٥٧) صخر الشيرت beg.utexas.edu

ثالثا – الصخور الرسوبية العضوية

الصخر الجيري العضوي:وهذه هي أهم أنواع الصخور الجيرية وأكثرها انتشارا في الأرض. ويرجع تكوينها إلى قدرة بعض أنواع الحياة من حيوانات ونباتات على استخلاص المادة الجيرية من مياه البحار التي تعيش فيها وتحويلها إلى محارات وأصداف لسكانها ووقاية أجسامها الرخوة. وتموت هذه الحيوانات والنباتات فتسقط محاراتها وخلاياها إلى قاع البحر وتكون رواسب جيرية تزداد بمرور الزمن الطويل وتتحول بالضغط ورسوب مواد أخرى بين ذراتها إلى الصخور الجيرية المعروفة. وتعرف الصخور الجيرية العضوية بأسماء مختلفة حسب نوع الأصداف أو المحارات الغالبة في تكوينها فمثلا يوجد حجر جيري صدفي Shelly limestone أو مرجاني Coral limestone أو فورامينفري ... Foraminifera limestone الخ.

وتوجد الصخور الجيرية في مساحات واسعة في مصر حيث تغطي الجزء الشمالي من الصحاري الغربية والشرقية وشبه جزيرة سيناء وتمتد على جانبي نهر النيل من القاهرة حتى قرب ادفو.

الطباشير :Chalk نوع من الصخور الجيرية يمتاز ببياضه الناصع وقلة صلادته بحيث يترك أثرا أبيضا على أي شئ يلامسه، وهو مكون من ذرات دقيقة أغلبها أصداف حيوانات بحرية وحيدة الخلية.



شكل (٥٨) صخر الطباشير geolsoc.org.uk

صخر الفوسفات :Phosphate rock صخر مركب من فوسفات الكالسيوم مع مواد اخرى. وهذا الصخر يتكون في أول الأمر من تراكم عظام حيوانات فقارية بحرية وبرية من أسماك وزواحف تم تحويلها بمضي الزمن إلى فوسفات الكالسيوم (عظام الحيوانات البحرية تحتوي في المتوسط على نحو ٦٠٪ من فوسفات الكالسيوم).

شكل (٥٩) صخر الفوسفات ghadan.org

توجد طبقات هامة لصخر الفوسفات في تونس والجزائر والمغرب وكذلك في مصر قرب البحر الأحمر عند سفاجة والقصير حيث تستغل على نطاق واسع. كما أنها توجد في جهات متفرقة بالصحراء الشرقية وفي وادي النيل قرب السباعية واسنا وفي الصحراء الغربية عند الواحات الداخلة والخارجة.

وقد وجد أن بعض صخور الفوسفات تحتوي على نسبة ضئيلة من عنصر اليورانيوم.

والفوسفات من المواد التي تحتاج إليها بعض أنواع المزروعات لنموها وقد تفتقر إليها بعض الأراضي ولذلك تستعمل كسماد (في هيئة سوبر فوسفات قابل للذوبان في الماء) في كثير من البلاد.

الفحم الحجري والرواسب الفحمية والنباتية المختلفة: كلها رواسب من أصل عضوي (نباتي) ترسبت في بيئة الغابات والمستنقعات ثم بعد ذلك تحللت وتفحمت (أي تركز بها الكربون).

فالمادة المعروفة باسم بيت Peat هي ماد نباتية مكدسة في البلاد الرطبة وهي أشبه بالبرسيم المجفف المضغوط وتبلغ نسبة الكربون فيها ٦٠٪.

أما الفحم الكاذب أو الليجنيت Lignite فهو عبارة عن رواسب نباتية مضغوطة تحتوي من ٥٥٪ إلى ٧٥٪كربون. سمراء اللون، وهي توجد عادة ضمن طبقات عصور جيولوجية حديثة. أما الفحم الحجري أو الأنثراسيت Anthracite، فهو صخر أصم حالك السواد سريع الكسر ومكسره محاري. وتبلغ نسبة الكربون به من ٧٥٪إلى ٩٠٪ ويحترق بسهولة فيعطي لهبا

صافيا. ويوجد الفحم الحجري عادة في طبقات تتخلل طبقات أخرى من الصخور الرملية والطينية تابعة للعصر الكربوني .

شكل (٦٠) الفحم الحجرى amr-poma.blogspot.com

الصخور المتحولة

الصخور المتحولة هي صخور وطرأ عليها تغييرات فيزيائية وكيميائية. وعملية التحول هي العملية التي بموجبها يتغير الصخر الأصلي بواسطة عوامل فيزيائية أو كيميائية إلى صخر جديد له خواص جديدة.

وتقسم الصخور المتحولة بوجه عام إلى قسمين:

١- صخور متحولة بالحرارة Thermal metamorphic rocks

٢- صخور متحولة بالحرارة والضغط Regional Metamorphic rocks

الصخور بالمتحولة بالحرارة

عندما تدخل المجما في صخور القشرة الأرضية فإنها تؤدي إلى تغيير الصخور المحيطة بها بواسطة حرارتها العالية والمحاليل الموجودة بها. مثل هذا التغير في الصخور المحيطة بالمجما يعرف باسم التحول الحراري أو التحول التماسي، وينتج عنه في معظم الحالات تكوين معادن جديدة في الصخور المتحولة تعرف باسم المعادن المتحولة بالحرارة. وتوجد هذه المعادن في الأمكان القريبة أو المتماسة مع الصخر الناري. ونسيج الصخور المتحولة بالحرارة نسيج حبيبي (البلورات متدخلة وموزعة بدون ترتيب معين).

وتتوقف كمية ونوع التحول في الصخر على حجم الجسم الناري المتداخل وعلى التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية للصخر المحيط بهذا الجسم الناري. فمثلا يتحول الصخر الرملي إلى صخر الكوارتزيت ويتحول الطفل إلى هورنفلس Hornfeles، وهو صخر متماسك يحتوي على معادن البيوتيت والأندلوسيت Andlusite (Al_2SiO_5)، وشتوروليت Staurolite [$Al_2SiO_8.Fe(OH)_2$]، وكوردريت [$(Mg,Fe)_2\ Al_8Si_5Al)O_{18}$] Corodierite، وجارنت.

ومن أهم أمثلة التغيرات والتحولات الحرارية التي تنتج في الصخور التحول الحراري للصخر الجيري. فعندما يتحول الصخر الجيري النقي بالحرارة فإنه يتبلور من جديد ويكون صخر الرخام. ولكن الصخر الجيري يوجد به في كثير من الأحوال شوائب مختلفة تشمل معادن الدولوميت والكوراتز والطين وأكاسيد الحديد بكميات متفاوتة فتجعل منه صخرا غير نقي، وتحت تأثير الحرارة (الضغط في بعض الأحيان) تتحد هذه الشوائب مع كربونات الكالسيوم لتكون معادن جديدة ، فمثلا قد يتحد الكوارتز مع الكالسيت ليكونا معدن ولاستونيت ($Ca\ SiO_8$) ، بينما يتفاعل الدولوميت مع الكوراتز ليعطيا معدن الدايوبسيد ($(CaMg)\ (SiO_2)_8$) .أما في وجود الطين فإن الألومنيوم الموجود به يشترك في التفاعل وتتكون معادن مثل الكوراندوم وسبينيل، والجارنت الكالسي (جروشيولاريت). أما إذا وجدت مواد كربونية فإنها تتحول بفعل الحرارة إلى جرافيت.

صخور التحول الاقليمي

تحدث هذه التحولا في الصخور على نطاق واسع وتشمل اقليما كبيرة ويشترك فيها عوامل عدة أهما الضغط والحرارة المرتفعان ويساعدهما تأثير الماء والمحاليل الكيميائية. ويشمل

التحول في معظم الأحيان ترتيب المعادن المكونة في نظام جديد يتفق مع الظروف الجديدة، وفي بعض الاحيان قد تتكون معادن جديدة أو تحدث إضافات أو استخلاص لبعض العناصر الكيميائية وعملية التحول هذه قد تصل في تغييرها إلى درجة تزيل معها معالم الصخر الأصلي إزالة تامة. ويحدث هذا التحول نتيجة لحركات صخور القشرة الأرضية التي ينتج عنها تكوين الجبال والتي تعرف باسم الحركات البانية للجبال، تنتج البنيات والتجاعيد الجيولويجة المختلفة. وفي هذه الثنيات تتعرض الصخور إلى درجة عالية من الضغط والحرارة فتتغير هذه الصخور وتتحول معادنها الأصلية إلى معادن جديدة أكثر استقرارا وتكيفا مع الظروف الجديدة ، وكذلك يتغير البناء الطبيعية للصخر نتيجة لهذه الظروف الجديدة فتتكسر بعض المعادن بسبب الضغط الواقع عليها أو قد تتفلطح أو تتبلور وتصطف بلوراتها في صفوف وطبقات متوازية. وتعتبر هذه الخاصية الصفائحية أو المصفوفة التي تنتج عن ترتيب المعادن في صفائح أو صفوف أهم خاصية مميزة لنسيج هذا النوع من الصخور المتحولة الاقليمية. وبواسطتها يمكن التمييز بين الصخر المتحول والصخر الناري. ويتوقف الصخر المتحول الناتج على عملي الضغط والحرارة وذلك بالإضافة إلى التركيب الكيميائي للصخر الأصلي. وكلما اشتد التحول بازدياد الضغط والحرارة فإنه تتكون مجموعات جديدة من المعادن تتناسب مع هذه الشدة. فمن المعادن التي تتكون تحت ظروف من الحرارة والضغط المنخفضين المسكوفيت والكلوريت والكوارتز والبيوتيت، أما الكيانيت Kyanite (Al_2SiO_5)، والسليمينيت Sillimanite (Al_2SiO_5) ، والجارنت والأوليجوكليز فإنها تتكون في ظروف من الحرارة والضغط الشديدين.

ومما سبق نلاحظ أن الصخور المتحولة بالحرارة لها نسيج حبيبي (غير صفائحي non foliated) أما الصخور المتحولة بالحرار والضغط فلها نسيج صفائحيfoliated.

ومن أهم أمثلة النوع الأول (الحبيبي) الكوارتزيت والرخام والهورنفلس، أما أمثلة النوع الثاني (الصفائحي) فتشمل الشست والنيس والأردواز.

الكوارتزيت :Quartzite يتكون الكوارتزيت – كما يدل الاسم عليه – من معدن الكوارتز. وينتج هذا الصخر من التحول الحراري للصخر الرملي ، وفي هذا الصخر تلتحم حبيبات الكوراتز بعضها ببعض بواسطة السليكا التي ترسبت بين الحبيبات وفي مسام الصخر الأصلي وينتج عن ذلك أن يكون الصخر المتحول صلدا جدا، وإذا كسر فإنه ينكسر عبر حبيبات الكوراتز، وبذلك يمكن تمييزه عن الصخر الرملي حيث يحدث المكسر حول حبيبات الرمل، والكوارتزيت لا يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك.

شكل (٦١) صخر الكوارتزيت maurice.strahlen.org

الرخام :Marble الرخام صخر متحول عن صخر جيري، وهو صخر متبلور مكون من حبيبات الكالسيت بصفة عامة ولكن في بعض الأحوال النادرية قد يتكون من الدولوميت. والحبيبات المكونة للرخام قد تكون صغيرة جدا لدرجة لا يمكن تمييزها بالعين الجردة. وقد تكون كبيرة خشنة حتى أن يمكن تمييز انفصام الكالسيت بسهولة، ويشبه الرخام الصخر الجيري في صلادته المنخفضة وفي تفاعله مع حامض الهيدروكلوريك وحدوث فوران. والرخام لونه أبيض إذا كان نقيا خاليا من الشوائب ولكنه قد يبدو في ألوان متباينة (الإحمرار أو الخضرة ، أو الرصاصي أو ما يقرب من السواد) لاحتوائه على شوائب مختلفة.

شكل (٦٢) الماربل rocksforkids.com

الهورنفلس :Hornfles يطلق هذا الاسم على الصخر المتحول الناتج عن التحول الحراري للصخور الطينية. ومعظم المعادن المكونة لهذا لاصخر دقيقة الحبيبات ولا يمكن تمييزها إلا بواسطة الميكروسكوب المستطقب. والهورنلفلس لونه رمادي ويتكون من معادن الفلسبار والبيوتيت ومعادن أخرى حديدو – مغنيسية متحولة، وأغلب صخور الهورنفلس لها نسيج حبيبي متساوي، ولكن هناك بعض الصخور التي تتكون أرضيتها من معادن حبيبية (مثل السكر) وموزع فهيا بلورات كبيرة. وتعرف البلورات الكبيرة في مثل هذه الصخور المتحولة باسم بورفيروبلاس Porphyroblast .

الاردواز :Slate صخر متحول ذو لون رمادي داكن ينتج عن التحول الضغطي للصخور الطفلية، والنسيج حبيبي دقيق، ولكن الصخر يتميز بوجود خاصية التشقق الصخري فيه، أي أنه يتشقق بسهولة، وينتج عن هذا التشقق الاردوازي صفائح وألواح رقيقة وكبيرة المساحة ن وقد يحدث هذا التشقق الاردوازي موازيا لمستوى الطبقات في صخر الطفل الأصلي وقد لا يوازيها. وصخر الاردواز من الصخور الشائعة في القشرة الأرضية.

شكل (٦٣) صخر الاردواز cepolina.com

الشست :Schist الشست صخر متحول بالضغط والحرارة له نسيج مميز يعرف باسم النسيج الشستي عبارة عن حبيبات دقيقة أو متوسطة توجد بين صفائح متقاربة ومتوازية تقريبا، وتتكون الصفائح من معادن الميكا المختلفة، والصخر ينفصل بسهولة عند هذه الصفائح. وهناك أنواع كثيرة من الشست يطلق عليها أسماء مختلفة أهما الشست الميكائي Mica schist الذي يتكون بصفة اساسية من معادن الكوارتز والميكا (عادة المسكوفيت أو البيوتيت). وتظهر الميكا بوضوح في الصخر مكونة صفائح كتلية أو ورقية أو مرتبة بحيث توجد جميع مستويات انفصامها موازية لبعضها مما يجعل الصخر يبدو في هيئة صفائحية مميزة. ويوجد عادة بجانب الميكا والكوارتز معادن أخرى إضافية مثل الجارنت، ستوروليت، كيانيت، سليمنيت، أندلوسيت ، ابيدوت، هورنبلند، تلك، كلوريت، الأمر الذي يجعل الصخر يسمى باسم شست جارنيتي، وشست شتوروليتي، وشست كيانيتي .. الخ تبعا لنوع المعدن الإضافي المميز، والشست إما أن يكون متحولا عن صخر ناري أو صخر رسوبي.

شكل (٦٤) جارنيت شيت minimegeology.com

النيس :Gneiss النيس صخر متحول به نسيج خشن متبلور إلا أن بلورات المعادن المختلفة مرتبة في صفوف متوازية. فمثلا في بعض الأنواع توجد طبقات أو صفوف من الميكا السوداء وبينها توجد صفوف أخرى من معدن الكوارتز والفلسبار. وتكون هذه الصفوف عادة متقطعة ، أي ليست متصلة ومستمرة كما هو الحال في الشست، ونرى في هذا النوع أن تركيبه المعدني مماثل للتركيب المعدني لصخر الجرانيت ولذلك يسمى النيس الجرانيتي نسبة إلى أن أصله جرانيت تحول بفعل الضغط والحرارة إلى نيس. وهناك أنواع أخرى من النيس بعضها أصله ناري والبعض الآخر أصله راسب. وقد يسمى النيس حسب تركيبه المعدني مثل النيس اليوتيتي والنيس الهورنلبندي الذي يدل على أن الصخر غني بمعدن اليوتيت أو الهورنبلند ... الخ.

وتعتبر صخور النيس أكثر الصخور المتحولة انتشارا في القشرة الأرضية ويليها صخور الشست. وفي الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء توجد صخور النيس والشست منتشرة بكميات كبيرة مكونة الكثير من الجبال وتابعة لأقدم الأحقاب الجولوجية (حقب ما قبل الكمبري).

شكل (٦٥) ديوريت نيس scharoun-enb150.blogspot.com

قائمة المراجع

Bateman, A.M.: The Formation of Mineral Deposits. John Wiley and Sons, N.Y. 1950.

Bates, R.L.: Geology of Industrial Minerals and Rocks. Harper and Row, N.Y., 1960.

Berry, L.G., and Mason, B.: Mineralogy. Freeman and Co., San Francisco, 1959.

Deer, Howie, and Zussman: An introduction to rock forming minerals. John Wiley and Sons, N.Y.1966.

Ford, W.E.: Dana's text book of Minerlogy. 4th ed. John Wiley and Sons. N.Y., 1932.

Harker, A,: Metamorphism 2nd ed. Methuen, London, 1933. Pettijohn, F.J.: Sementary Rocks. 2nd ed. Harper, N.Y., 1957.

Hyrlbut, C.S.: Dana's Manual of Minerallogy. 18th ed. John Wiley and Sons. N.Y. 1971.

Kraus, Hunt, and Ramsdell: Mineralogy. 5th ed. KcGraw Hill Book Co., N.Y., 1959.

Kraus and Slawson: Gems and Gem Materials, 5th ed. McGraw Hil Book Co., N.Y., 1951.

Lindgren, W.: Mineral Deposits. 2nd ed. McGraw Hil Book Co., N.Y.,1933.

Pirsspn, I.V. and A. Knof.: Rocks and Rock Minerals, 3rd ed. John Wiley and Sons, N.Y., 1947.