

الجزء الأول

ماقية

الأحجار والمعادن



□ الصخور Rocks

مادة صلبة طبيعية تتكون من واحد أو أكثر من المعادن ، والمعدن عبارة عن مادة طبيعية صلبة تتكون كيميائياً من عنصر واحد أو من مركبات متجانسة ذات تركيب كيميائي محدد وتتنظم ذراتها في نظام ثابت

تنتشر الصخور في كل مكان في الأرض ، فهي تكون قاع المحيطات ، وتكون الطبقة الخارجية من الأرض (الغلاف الصخري) crust ، الأمر الذي يعني أن الأرض تتكون في معظمها من الصخور . ومن أشهر الصخور انتشاراً على الأرض الجرانيت والبازلت .

□ أنواع الصخور:

تنقسم الصخور إلى ثلاثة أقسام أساسية معتمدة على أساس تشكلها وهي الصخور النارية Igneous rocks ، والصخور الرسوبية Sedimentary rocks ، والصخور المتحولة Metamorphic rocks .

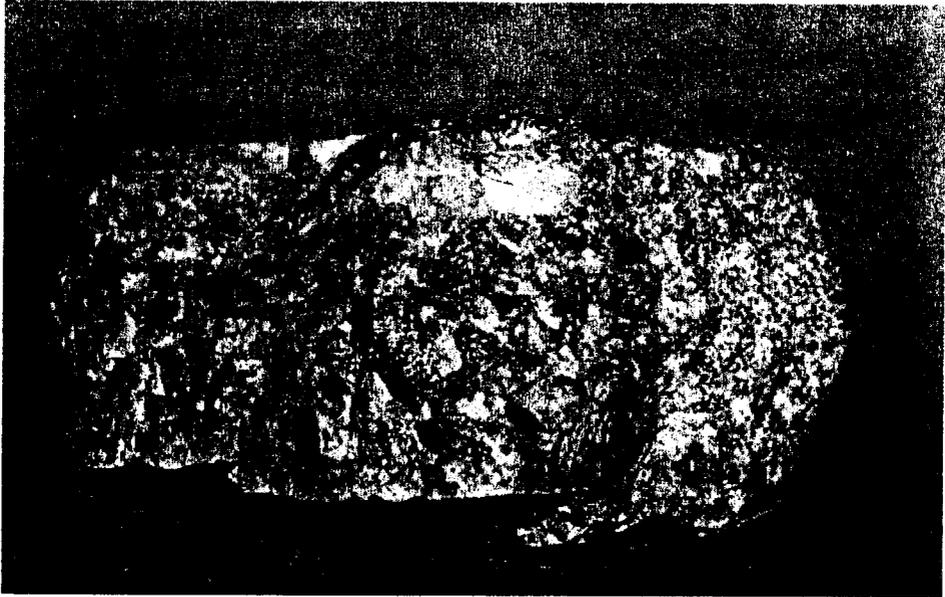
□ الصخور النارية Igneous rocks



تكونت هذه الصخور نتيجة عملية التبريد والتصلد لمادة "الماجما" Magma السائلة .

وتعتبر الصخور النارية هي النوع الوحيد الذي تكون من مادة ذائبة منصهرة، وأشهر أنواع الصخور النارية هي البازلت والجرانيت .

الجرانيت صخر فاتح اللون يتكون من بلورات كبيرة crystals ومن عند من المعادن مثل الكوارتز والفلسبار (سليكات الألومنيوم) والميكا . أما البازلت فهو صخر داكن اللون يتكون من بلورات دقيقة من معادن الزبرجد olivine ، وسليكات الماغنسيوم pyroxene وسليكات الألومنيوم feldspar.



في هذه الصورة نرى نموذجا للصخور النارية لصخر يسمى البجماتيت Pegmatite ، وهو نوع من الصخور النارية ذي البلورات الكبيرة التي يعود السبب في كبر حجمها إلي أن هذا النوع من الصخور يبرد ببطء عند تكونه من الصهارة (الماجما) السائلة الملتهبة ، كما أن وجود نسبة كبيرة من الماء الذائب في الصهارة يعمل علي كبر حجم بلوراته .

□ أنواع الصخور النارية :

يقسم الجيولوجيون الصخور النارية وفقا للعمق الذي تشكلت فيه هذه الصخور في القشرة الأرضية . وباستخدام هذا الأساس تقسم الصخور النارية إلى صنفين :

- الصخور النارية التي تكونت تحت سطح الأرض .
 - الصخور النارية التي تكونت علي سطح الأرض .
- يمكن أيضا تقسيم الصخور النارية وفقا لنوع المعادن التي تتكون منها .

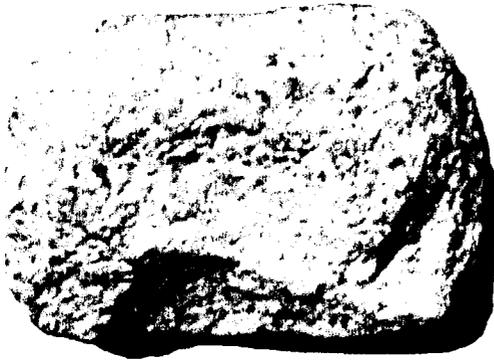
أ - التقسيم على أساس عمق التشكل Depth of Formation

يطلق على الصخور التي تشكلت داخل الأرض اسم الصخور الاقحامية intrusive أو الصخور البلوتونية plutonic لأن الصهارة magma التي تشكلت منها هذه الصخور تدخل عنوة إلى الصخور المجاورة لها أما الصخور التي تشكلت على سطح الأرض فتسمى الصخور النابطة extrusive ، وفي هذه الصخور تقذف الصهارة أو تنفجر من بركان volcano أو شق (صدع) fissure في سطح الأرض .

يمكن للجيولوجيين التفرقة بين الصخور الاقحامية والصخور الخارجية (النابطة) extrusive عن طريق حجم البلورات :

- فبلورات الصخور الاقحامية intrusive أكبر من بلورات الصخور الخارجية extrusive . وتكون بلورات الصخور الاقحامية أكبر لأن الصهارة التي شكلتها تعزل الصخرة وتحيط بها وتأخذ في البرودة ببطء شديد ، وهذا البطء في التبريد يعطي البلورات فرصة لتزيد في الحجم . أما الصخور النابطة Extrusive فتبرد بسرعة كبيرة الأمر الذي يجعل بلوراتها صغيرة جدا .

في بعض الحالات تبرد الصهارة بسرعة كبيرة لا يتوافر فيها الوقت لتكوين البلورات وتتصلب الصهارة في هيئة زجاج غير متبلور amorphous glass يسمى السيج (obsidian) .



إن نوعا واحدا فقط يسمى " حجر السماق porphyry " يتشكل جزء منه بشكل اقتحامي ، وجزء آخر بشكل نابط (خارجي).

يتميز حجر السماق Porphyry بكون بلوراته الكبيرة مندمجة داخل كتلة من البلورات الصغيرة . وتتكون البلورات الكبيرة تحت الأرض وتنصهر فقط تحت درجات الحرارة العالية جدا ، فهذه البلورات حملت في اللافا lava عندما انفجرت ، تتشكل كتلة البلورات الصغيرة حول البلورات الكبيرة عندما تبرد اللافا بسرعة فوق سطح الأرض .

ب - التقسيم على أساس التركيب Composition :

قسم علماء الجيولوجيا الصخور النارية أيضا على أساس ما تحويه هذه الصخور من معادن . فإذا كانت حبيبات المعدن موجودة بكمية كافية ، أمكن للعلماء تمييز المعدن بمجرد النظر ، ويعتبر تصنيف الصخور على أساس التركيب المعدني من أسهل طرق التصنيف . على كل فالصخور الخارجية extrusive يكون تحيها دقيقا مما يمكن معه تصنيفها بالعين المجردة ، وعلى

العلماء في هذه الحالة تحديد التركيب الكيماوي لهذه الصخور عن طريق الاختبارات المعملية .

تكون أنواع الصهارة بشكل أولي من نفس العناصر التي تكون القشرة crust والغلاف الخارجى mantle للأرض والتي تشمل :

- الأكسجين (O) oxygen .

- السيليكون Silicon .

- الماغنسيوم (Mg) magnesium .

- الكالسيوم (Ca) calcium .

- الصوديوم (Na) sodium .

- البوتاسيوم (K) potassium .

هذه العناصر تكون معادن الصخور مثل صخور الميكا وسليكات الألومنيوم (الفلسبار) والكوارتز والزبرجد وسليكات الماغنسيوم والأمفيول . ويطلق على الصخور والمعادن الغنية بالسيليكون اسم silica-rich أو felsic (غنية بالفلسبار feldspar والسليكا silica) . أما الصخور والمعادن المنخفضة في نسبة السيليكون silicon فتكون غنية في نسبة الماغنسيوم والحديد ، ويطلق عليها اسم mafic . أما الصخور المنخفضة جدا في نسبة السيليكون فتسمى ultramafic، ويطلق على الصخور التي تقع بين الـ felsic والـ mafic اسم الـ intermediate .

الصخور الغنية بالسيليكون Felsic

أغلب الصخور الغنية بالسيليكون felsic هي معادن مثل الكوارتز quartz وهو عبارة عن ثاني أكسيد السيليكون النقي ، وتخلو من معادن الألومنيوم والحديد والماغنسيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ومن الصخور الغنية بالسيليكون الأخرى صخر الفلسبار الذي استبدل فيه ربع أو نصف السيليكون

بالألومنيوم ، ويحتوي الفلسبار أيضا على البوتاسيوم والصوديوم أو الكالسيوم ، لكنه يخلو من الماغنسيوم والحديد . والصخور الغنية بالسيليكون felsic هي من نوع الصخور الاقترامية intrusive التي تصنف على أنها جرانيت أو جرانوديورايت ، متوقفاً ذلك على مقدار محتواها من البوتاسيوم . إن كل الصخور فاتحة اللون light-colored تحوى بلورات كبيرة من الكوارتز والفلسبار . الصخور النابطة Extrusive لها نفس التركيب الكيماوي للجرانيت تسمى ريولايت rhyolite ، أما الصخور التي لها نفس التركيب الكيماوي للجرانوديورايت فتسمى dacite . إن كل من الـ rhyolite والـ dacite عبارة عن صخور دقيقة التحبب ، فاتحة اللون .

□ الصخور بينية التركيب Intermediate Rocks :

تركيب الصخور البينية وسط ما بين الصخور الغنية بالسيليكون felsic والصخور المنخفضة في نسبة السيليكون mafic ، ومن أمثلتها الصخر الأسواني (syenite) والمونزونيت والمونزوديورايت إذا كانت اقترامية. وأيضاً التراكيت واللاتيت والأنديت إذا كانت من النوع الخارجى . إن الصخر الأسواني وصخر التراكيت يكونان غنيين بالبوتاسيوم بينما صخر المونزوديورايت والأنديت يحويان قليلاً من البوتاسيوم .

: الصخور المنخفضة في نسبة السيليكون Mafic Rocks :



تتنوع الصخور التي تتشكل من نسبة منخفضة من السيليكون مثل الزبرجد والأمفيبول والبيروكسين اسليكات الماغنسيوم وهذه الأنواع الثلاثة من الصخور تحوى السيليكون وقليلاً من الماغنسيوم والحديد، أو كليهما.

الصخور الثلاثة السابقة جميعها داكنة اللون . يطلق على الصخور الخارجية والمنخفضة في نسبة السليكون Mafic اسم ديورايت diorite و جابرو gabbro و كلاهما من الصخور الداكنة ذات البلورات الكبيرة الداكنة المنخفضة في نسبة السليكون ، في حين أن الفلسبار فاتح اللون ولا يحتوي على الكوارتز. يحتوي الديورايت على أمفيبول وعلى بيروكسين ، بينما الجابرو يحتوي على البيروكسين pyroxene والزبرجد olivine .

في حالة وجود صخر الفلسبار في صخر الديورايت تجد الفلسبار غنيا بالصوديوم بينما لو كان الفلسبار في الجابرو لكان غنيا بالكالسيوم .



الصخور النابطة التي لها نفس التركيب الكيماوي مثل الديورايت والجابرو يطلق عليها اسم " basalt بازلت " ، وهو صخر داكن اللون دقيق الحبيبات .

الصخور المنخفضة جدا في نسبة السيليكون Ultramafic rocks تتكون تقريبا من معادن منخفضة في نسبة السيليكون mafic minerals . يتكون الديونيت Dunite من أكثر من ٩٠ % زبرجد ، وال peridotites ما بين ٤٠ % زبرجد مع بيروكسين pyroxene وأمفيبول amphibole كمعادن أساسية . يتكون البيروكسينيت Pyroxenite من البيروكسين بشكل أساسي ، ويتكون الهورنبلانديت hornblendite من الهورنبلاند hornblende بشكل أساسي ، وهو نوع من الأمفيبول amphibole .

تشكيل الصخور النارية :

تحتوي magma الحارة والتي تكون الصخور النارية على مخلوط معقد من عدة عناصر ، وعندما تبرد magma تتشكل معادن متعددة ، وفي الحقيقة أن نوعين من magma لهما تركيب متماثل يمكن أن يشكلوا مجموعات متميزة من المعادن متوقفاً ذلك على ظروف التبلور . وبرودة magma نجد أن أول بلورة تتشكل تكون من المعادن التي تتحمل درجات حرارة عالية جدا (عادة ما تكون الأوليفين ونوعا من الفلسبار المعروف باسم الأنورثايت anorthite) .

إن تركيب هذه البلورة الأولية سيكون مختلفا عن التركيب الأولي للمagma ، هذه البلورات النامية تأخذ بعض العناصر الخارجة من magma بنسب مختلفة الأمر الذي يؤدي إلى تغيير تركيب magma السائلة المتبقية ، وتعرف هذه العملية باسم " التخليق الجماتي magmatic differentiation " .

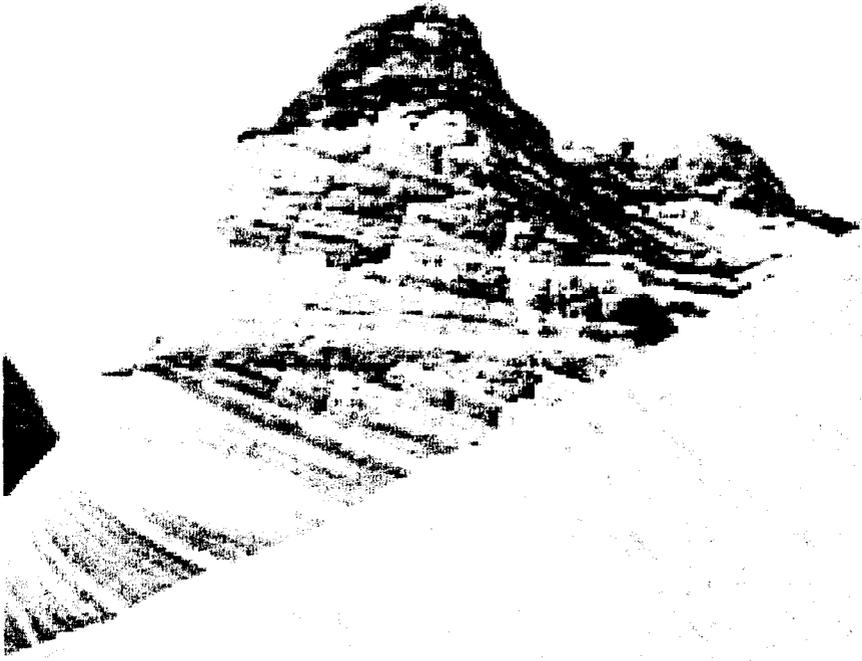
أحيانا تنفصل البلورات التي تتشكل مبكرا عن magma الباقية عن طريق بقائها في أرضية غرفة magma أو يطرد السائل بالضغط للخارج ، تاركا البلورات خلفه . عندما تبرد magma لدرجة حرارة أقل من النقطة التي تبدأ عندها المعادن

الأخرى في التبلور . (مثل الـ pyroxene والأنواع الأخرى feldspar الذي يعرف باسم bytownite) فإن هذه البلورات سوف تبدأ في التبلور بشكل جيد.

المعادن التي تتشكل مبكرا في الغالب لا تتعايش في الجما مع البلورات التي تتشكل متأخرة . وإذا لم تنفصل المعادن المشكلة مبكرا عن الجما فسوف تعود مرة أخرى إلى حالة الذوبان في الجما بمرور الوقت . هذه العملية تتكرر عبر عدة دورات باستمرار برودة الجما إلى النقطة التي تصبح فيها المعادن المتبقية صلبة .
المخلوط النهائي من المعادن الذي يتشكل من الجما المبردة يتوقف على ثلاثة عوامل هي :

- التركيب الأولي للمجما .
- درجة الحرارة التي تتشكل فيها البلورات وتنفصل عن الجما .
- السرعة التي تبرد بها الجما .

الصخور الرسوبية Sedimentary Rock



تحتوي الصخور الرسوبية على المواد التي كانت تشكل جزءا من الصخور القديمة أو النباتات أو الحيوانات ، هذه المواد تتجمع في طبقات strata من المادة الحرة . توجد أغلب ترسيبات هذه الصخور في قاع المحيط ، لكن بعضها منها يتكون على الأرض وفي الماء العذب . وبمرور الوقت تتصلب هذه المواد الحرة في صورة صخور صلبة . ويقسم الجيولوجيون هذه الصخور إلى ثلاث مجموعات وفقا لنوع المواد المشكلة لها وهي :

- رسوبيات متفتتة clastic sediments .
- رسوبيات كيماوية chemical sediments .
- رسوبيات عضوية organic sediments .

الرسوبيات المتفتتة *Clastic Sediments*

تتكون الرسوبيات المتفتتة من كسر الصخور التي يتراوح حجمها ما بين الجلمود الخشن coarse boulders والحصوات الكبيرة cobbles مروراً بالبلورات الصخرية pebbles والزلط gravels إلى الحبيبات الناعمة fine grains والرمل sand وجسيمات الطمي silt والطين clay .

تتحطم الصخور إلى كسرات بتأثير العوامل الجوية weathering، هذه الكسرات تحمل وترسب عن طريق المياه الجارية وأحياناً عن طريق الرياح والجليد، وبمرور الوقت تبني الطبقات وتتشكل الصخور من خلال عملية lithification .

في بعض الأحيان وعن طريق الضغط تضغط المياه داخل هذه الرواسب مما يؤدي إلى قفل الجزيئات معاً مكونة الصخور التي تسمى siltstone . و المكونة من الطمي والطين . تقوم مواد كيميائية طبيعية بلصق حبيبات الرمل معاً مكونة الـ sandstone (الحجر الرملي) .

الرسوبيات الكيماوية *Chemical Sediments*

الرسوبيات الكيماوية عبارة عن ترسيبات من المعادن الذائبة في الماء . حيث يتسبب تبخير الماء في تكوين البلورات تاركاً خلفه رواسب من الملح الصخري rock salt (sodium chloride) وصخور الفوسفات phosphate rocks (calcium phosphate ، والجبس gypsum (calcium sulfate) .

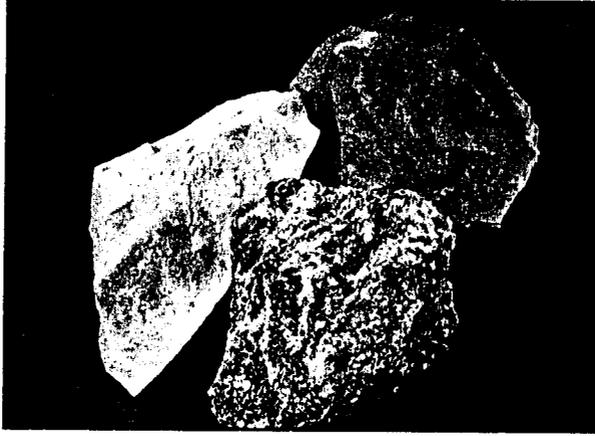
إن العديد من طبقات الحجر الجيري limestone تتشكل من بلورات الكالسيت calcite (كربونات الكالسيوم) ، و تتشكل بعض ترسيبات خام الحديد من تبلور أكسيد الحديد الذائب ، كما أن السليكا الذائبة تكون طبقات من الصخر الصوان flint rocks .

الرسوبيات العضوية *Organic Sediments*

تتكون الرسوبيات العضوية من أصداف وهياكل وأجزاء الكائنات العضوية الأخرى . تقوم الأسماك الصدفية Shellfish بأخذ الكالسيت calcite من مياه البحر وتستخدمها في بناء هياكلها الصدفية . وتقوم بعض الأنواع الأخرى التي تضم قنديل البحر والمرجان وشقائق البحر باستخدام نفس هذه المعادن في بناء الشعاب المرجانية coral reefs . وتتصلب الشعاب المرجانية وأكوام الأصداف لتكون حفريات الحجر الجيري وهو يتكون أساسا من حجر الكلس الطباشيري white cliffs، مثل ذلك الموجود في الأجراف البيضاء white cliffs المشهورة في دوفر بإنجلترا .

يتشكل الفحم من السراخس ferns والنباتات الأخرى التي تدفن في المستنقعات وتحلل . تتصلب هذه الترسبات من المادة العضوية في طبقات من الخث peat (نسيج نباتي نصف متفحم) والفحم coal .

الصخور المتحولة *Metamorphic Rock*



الصخور المتحولة ، هي صخور تحولت في شكلها ومظهرها ، وفي كثير من الحالات في تركيبها المعدني . هذا التحول قد يحدث من الجما الساخنة أو من الضغط والحرارة الناتجين من الدفن العميق أو تحرك الجبال في القشرة الأرضية .

كل أنواع الصخور بما في ذلك الصخور النارية والرسوبية قد تمر بعملية التحول metamorphism لتصبح صخورا متحولة ، فلجرائيت مثلا عبارة عن صخر ناري يحتوي على الفلسبار والكوارتز والميكا بترتيب عشوائي ، وتتسبب عمليات التحول للجرائيت في تشكل طبقات من بلورات الفلسبار والكوارتز بين بلورات الميكا التي تقع غالبا في الأحزمة المتموجة ، ويطلق على هذه الصخور الجديدة اسم الناييس gneiss .

تؤدي عملية التحول وإعادة التبلور Metamorphism recrystallizes في الكالسيت الموجود في الحجر الجيري إلى تكوين الرخام marble . تنمو حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي إلى حجم كبير لتشكل بلورات توصيل يتولد منها ال الكوارتزيت .

وتتصلد الأصداف اللينة والطين لتكون الاردوز ، وهو صخر يمكن شطره بسهولة إلى شرائح ناعمة .

المعادن Minerals

هناك ٣٠٠٠ نوع من المعادن ، لكن ١٠٠ فقط منها هي التي يشيع وجودها في الأرض ، وأغلبها أكثر صلابة من الذهب . ويستعمل الناس المعادن لإنتاج عديد من المصنوعات مثل الجرافيت الذي يستخدم في صناعة أقلام الرصاص ، ومنتجات أخرى تشمل الأسمنت ، والأسمدة ، والمواد الكيماوية .

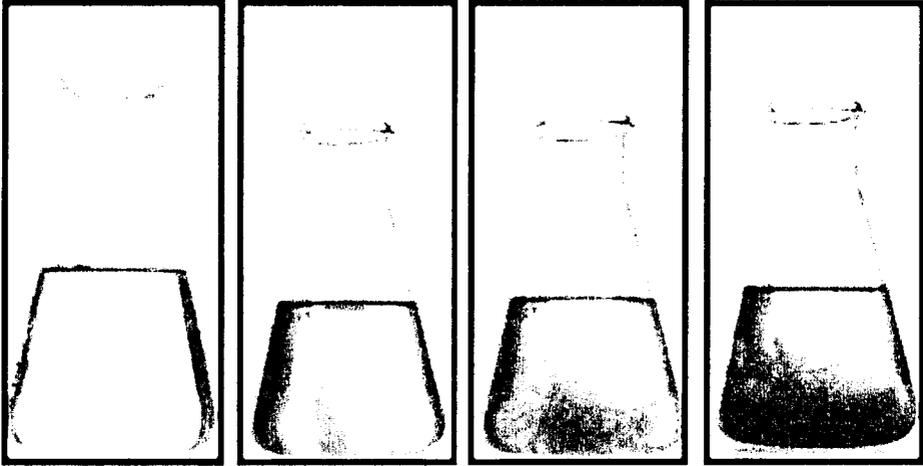
يستعمل كثير من الناس مصطلح " المعدن mineral " للتعبير عن أي مادة مأخوذة من الأرض مثل الفحم ، والبتروول ، والغاز الطبيعي ، والرمل ، في حين أن أيا من هذه المواد لا يعتبر معدنا ، لكنها بشكل عام تعتبر مصدرا للمعادن .

توجد بعض المواد في الغذاء والماء مثل الكالسيوم والحديد والفوسفور ويطلق عليها أيضا اسم معدن . لكن المتخصصين في المعادن لا يعتبرون أيا من هذه معادن .

البلورات Crystals

البلورات قسم متجانس من المادة ذات تركيب ذري متجانس وشكل خارجي ذي حدود ناعمة وأسطح مستوية مرتبة بشكل متماثل .

تتكون البلورات عندما تتشكل المادة في وسط سائل تدريجيا الأمر الذي ينتج عنه تجمد السائل وترسيب المادة الذائبة أو التركيز المباشر للغاز إلى مادة صلبة . إن الزوايا بين الأوجه المتساوية لبلورتين من نفس الحجم بغض النظر عن الحجم أو الاختلافات السطحية في الشكل تكون دائما متماثلة .



مراحل تشكل البلورات من اليسار إلى اليمين

أغلب المواد الصلبة تبدو ذات ترتيب ذري منتظم و تركيب بلوري منتظم ، أما المواد التي تخلو من الترتيب البلوري المنتظم مثل الزجاج فهي غير متبلرة . amorphous

الشكل البلوري :

لكل معدن شكل بلوري خاص به ، فإذا درست الأشكال البلورية فإن ذلك يساعد في عملية التعرف علي المعادن إذا وجدت بلوراتها كاملة التكوين .

والبلورة عبارة عن مادة صلبة مكونة من ذرات مرتبة في نظام خاص ، وفي بعض الأحيان تحيط المادة المتبلورة نفسها بسطوح مستوية تسمى أوجه البلورة ، وفي هذه الحالة تعرف باسم البلورة ، أما في حالة عدم وجود أوجه بلورية ، كأن يكون التبريد سريعا فلم تتمكن الأوجه من التكوين ، فإن المادة تعرف في هذه الحالة باسم المادة المتبلورة ولا تعتبر بلورة .

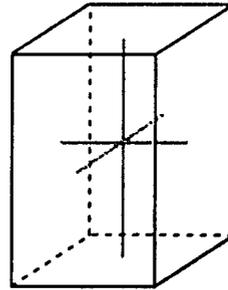
ولدراسة الأشكال المختلفة للبلورات يمكن تخيل ثلاثة محاور (أحيانا أربعة) متقاطعة لأن الذرات المكونة لها لا زالت مرتبة في الداخل في مركز البلورة ، وتمثل الأبعاد الثلاثة للبلورة ، وعلى أساس أطوال هذه المحاور والزوايا التي تقع بينها قسمت البلورات إلي مجموعات أو فصائل هي :

- فصيلة المكعب :

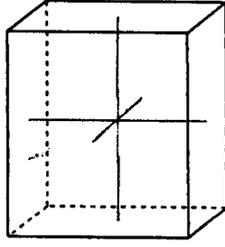
تتميز هذه الفصيلة بوجود ثلاثة محاور بلورية متساوية الطول ومتعامدة ، ومن أمثلة المعادن التي تتبع هذه الفصيلة معدن : الهاليت Halite ، والبيريت Pyrite .

- فصيلة الرباعي Tetragonal :

تتميز بوجود ثلاثة محاور بلورية متعامدة ، اثنين في وضع أفقي ومتساويين في الطول والثالث يمتد رأسيا ومتعامدا علي مستوي الأفقيين ويختلف عنهما في الطول ، ومن أمثلة المعادن التي تتبع هذه الفصيلة معادن : الزركون Zircon ، الروتيل Rutile ، والكاستيرايت Cassiterite .



- فصيلة المعين Orthorhombic :



فصيلة المعين

تتميز هذه الفصيلة بوجود ثلاثة محاور بلورية متعامدة ومختلفة في أطوالها ، ومن أمثلة هذه المعادن التي تتبع هذه الفصيلة معدن :

البارايت Baryte ، أراجونايت Aragonite

توباز Topaz ، وسلستيت Celestite .

- فصيلة ذي الميل الواحد Monoclinic :

لهذه الفصيلة ثلاثة محاور

مختلفة الطول منها اثنان

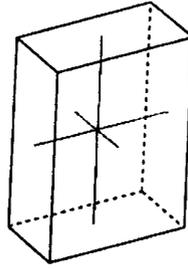
متقاطعان في زاوية غير

قائمة والثالث عمودي

عليهما ، ومن أمثلة هذه

المعادن التابعة لهذه

الفصيلة :



Monoclinic Crystal

فصيلة ذي الميل الواحد

معدن الأوجايت Aegite ، الهورنبلند Hornblende ، ابيدوت Epidote ،

ارثوكليز Orthoclase والجبس Gypsum .

- فصيلة ذي الميول الثلاثة Triclinic :

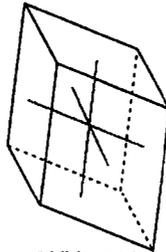
لهذه الفصيلة ثلاثة محاور مختلفة

الطول وغير متعامدة ، ومن أمثلة

المعادن التي تتبع هذه الفصيلة معدن:

الابايت Albite ، والانورثايت

Anorthite .



Triclinic Crystal

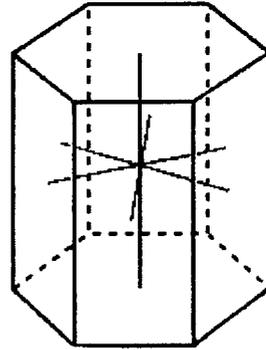
فصيلة ذي الميول الثلاثة

- فصيلة السداسي Hexagonal :

لبلورة هذه الفصيلة أربعة محاور ، ثلاثة منها متساوية وفي مستوى أفقي وتتقاطع في زاوية مقدارها 60° ، والمحور الرابع عمودي عليها ، وهو إما أن يكون طويلاً أو قصيراً عنها .

ومن أمثلة معادن هذه الفصيلة ما يلي :

البيريل Beryl، الكوارتز Quartz، الكالسيت calcite، سيديرايت Siderite، هيماتيت Hematite، والكوراندم Corandum :



Hexagonal Crystal

فصيلة السداسي

الخواص الفيزيائية للمعادن

نعلم أن المعدن هو مادة صلبة متجانسة ، غير عضوية تكونت بفعل عوامل طبيعية ، كما أنه يتميز ببناء ذري منظم في هيئة بلورة تحدها أوجه بلورية مرتبة حسب عناصر تماثلية مميزة ، ويميل بعضها على بعض بزوايا ثابتة ، وأن كل معدن يمكن التعرف عليه وتمييزه عن المعدن الآخر إذا وجد في هيئة بلورة كاملة الأوجه ، أو حتى وجود بعض الأوجه .

لكن نظرا لكون المعادن توجد في الطبيعة - في معظم الأحيان - في هيئة مجموعات بلورية متجانسة أو غير متجانسة ، وكذلك في هيئة مجموعات معدنية بلورية متبلورة ، مثل المجموعات غير المنتظمة ، والمجموعات الحبيبية والشجرية والعنقودية ، وفي هذه الأخيرة لا توجد أوجه بلورية على مادة المعدن مما يجعل التعرف على المعدن اعتمادا على خواص الأوجه البلورية وتوزيعها مستحيلا ، لذلك نلجأ لطريقة أخرى للتعرف على المعدن وتمييزه عن غيره ، وفي هذه الطريقة يتم الاستعانة بخواص المعدن الفيزيائية وهي خواص سهلة التعيين ، ولما كانت هذه الخواص تتوقف على كل من البناء الذري والتركيب الكيماوي فإنها في مجموعات مميزة لكل معدن .

الخواص البصرية *Optical properties*

البريق *Luster*

البريق عبارة عن المظهر الذي يبديه سطح المعدن في الضوء المنعكس أو في عبارة أخرى ، هو مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن ، ويعتبر البريق من الخواص المهمة في تحقيق المعدن ، ويمكن تقسيم البريق المعدني إلى نوعين : بريق فلزي ، وبريق لا فلزي ، وهناك بريق وسط بين الاثنين .

** البريق الفلزي :

هو ذلك البريق الذي تصدره المعادن المعروفة بالفلزات ، مثل معدن البيريت Pyrite، ومعدن الجالينا Galena، وتتصف هذه المعادن بكونها معتمة اللون ، ثقيلة الوزن .

** البريق اللافلزي :

** توصف كل أنواع البريق الأخرى بأنها لا فلزية ، ونلاحظ في هذه المعادن ذات البريق اللافلزي علي العموم كونها فاتحة اللون ، تسمح بمرور الضوء من خلالها ، وخصوصا في الأحرف الرفيعة ، ويشمل البريق اللافلزي الأنواع التالية:

- بريق زجاجي: مثل بريق الزجاج ، ومن أمثله معدن الكوارتز Quartz .

- بريق ماسي: مثل بريق النحاس الساطع ، ويعطي هذا البريق بواسطة المعادن ذات معاملات الانكسار العالية .

- بريق راتنجي: مثل بريق سطح ومظهر الراتنج أو الكهرمان ، ومن أمثله بريق معدن الكبريت ، و بريق معدن السفاليريت Sphalerite

- بريق لؤلؤي: يشبه هذا البريق بريق اللؤلؤ ، ومن أمثله معدن الطلق Talc (سليكات الماغنسيوم المائية) .

- بريق حريري : يشبه الحرير ، وينتج عن المعادن التي على هيئة ألياف مثل أحد أنواع الجبس المعروف باسم Apjohnite .

- بريق أرضي أو مطفي: عندما يكون السطح غير براق أي مطفي مثل معدن الكاولين (سليكات الألومونيوم المائية) ، وعلى حسب مقدار الضوء المنعكس من سطح المعدن (كثافة الضوء) يقال للبريق باهر Splendent أو لامع Shining أو براق Glimmering أو مطفي Dull .

☐ اللون Color : ينتج لون المعدن من طول الموجة الضوئية أو الموجات الضوئية التي تنعكس من المعدن وتؤثر في شبكية العين لتعطي الإحساس

باللون . ويعتبر لون المعدن من الخواص الطبيعية التي تشاهد ، وهو وسيلة مهمة جداً في تحقيق المعدن بالرغم مما هو معروف من أن اللون لا يمثل صفة أساسية في هذا المعدن ، إذ كثيراً ما يكون اللون نتيجة لشوائب غريبة تصادف وجودها في المعدن .

إلا أن هناك معادن لها لون ثابت يستخدم في تعريفها مثل الكبريت الذي يتصف باللون الأصفر ، والملاكايت Malachite (كربونات النحاس المائية) التي تتصف باللون الأخضر ، والماجنتايت Magnetite الذي يتصف باللون الأسود ، والسنبار Cinnabar (كبريتيد الزئبق) الذي يتصف باللون الأحمر .

يجب ملاحظة أن لون المعدن على سطح خال من التغييرات السطحية مثل الصدأ والتحلل الجوي (الأكسدة ، الكبرتة ... إلخ) التي تسبب تغيير لون المعدن الأصلي ، ومن الأمثلة المهمة لتغيير لون المعدن نتيجة وجود شوائب ، أنواع معدن الكوارتز الوردي ، والكوارتز البنفسجي ، والكوارتز الأحمر خفي التبلور Cryptocrystalline المعروف باسم " الجاسبار Jasper .

تنتج هذه الألوان من وجود شوائب مثل أكاسيد الحديد والمنجنيز (اللون البنفسجي) ذلك أن المعروف عن الكوارتز النقي كونه شفاف اللون .

﴿ عرض الألوان Play color : يقال للمعدن : إنه يظهر عرضاً أو تغييراً في اللون عندما يعطي ألواناً مختلفة في تتابع سريع نتيجة دوران المعدن ببطء ، أو عندما تتحرك العين في اتجاهات مختلفة بالنسبة للمعدن وهو ساكن ، ويعتبر الألماس من المعادن المهمة في عرضها للألوان نتيجة لقوة الانتشار الضوئي Dispersion .

﴿ خاصية التصدؤ Carnish : هو تغيير الألوان على السطح نتيجة لتحليل المعدن الأصلي وتكوين طبقة سطحية من نواتج التحلل ويكون لون السطح مختلفاً عن لون سطح مكسور حديثاً من المعدن الأصلي .

☐ خاصية عين الهر Chateancy : هذه الخاصية عبارة عن بريق متموج على سطح المعادن ذات النسيج الليفي مثل معدن الجبس الليفي المسمى Satinspar

☐ خاصية الشفافية Transparency : هي قدرة المعدن على إمرار الضوء خلاله ، فالمعادن التي تسمح برؤية الأجسام خلالها بوضوح تعرف باسم المعادن الشفافة ، أما إذا بدت الأجسام غير واضحة فإن المعدن يعتبر نصف شفاف Translucent ، وعندما لا يسمح المعدن للضوء بالمرور ولو حتى من الأحرف الرفيعة مثل البيرايث والجرافيت ، يسمى المعدن في هذه الحالة " معتما " Opaque .

☐ المخدش Streak : يقصد بمخدش المعدن ، لون مسحوق المعدن الناعم الناتج من حك المعدن بجسم صلب ، ويعرف لون المسحوق بحك المعدن على لوحة من الصيني المطفأ تسمى بلوحة المخدش ، وليس من الضروري أن يكون لون المعدن ومخدشه واحدا ، فمعدن البيرايث لونه أصفر كالنحاس ، في حين أن مخدشه أسود ، والهيماتيت لونه أسود فلزي ومخدشه أحمر دموي .

عندما يكون المعدن أكثر صلابة من لوحة الخدش ، نقوم بكسر قطعة من المعدن وتسحق سحقاً ناعماً جداً ويحدد لون المسحوق فيكون هو المخدش .

وهناك خواص بصرية أخرى يتم تحديدها ولكن ليست بالسهولة السابقة حيث تحتاج إلى أجهزة معقدة مثل الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope لتعيين الانكسار المزدوج ومعامل الانكسار الخ .

الخواص التماسكية Cohesive properties

- الصلابة Hardness :

الصلابة هي مقاومة المعدن التي يبديها تجاه الخدش والتآكل ، ويمكن تعيينها باستعمال دبوس أو نصل مبراة وملاحظة السهولة أو الصعوبة التي يخدش بها المعدن ، وتتراوح درجة الصلابة بين صلابة معدن الطلق الذي يخدش بالظفر وبين صلابة الألماس المعروف بأنه أصلب مادة معروفة سواء كانت طبيعية أم صناعية ، ويمكن تحديد صلابة المعدن نسبيا بمقارنتها بصلابة المعادن المذكورة في مقياس " موهس Mohs " للصلابة Scale of Hardness Mohs .

يحتوي هذا المقياس على ١٠ معادن تتدرج في صلابتها من الطلق الذي تقدر صلابته بواحد = ١ ، إلى الألماس الذي تقدر صلابته بعشرة = ١٠ .

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| - الجبس Gypsum = ٢ | - الطلق Talc = ١ |
| - الفلوريت Fluorite = ٤ | - الكالسيت Calcite = ٣ |
| - الأورثوكليز Orthoclase = ٦ | - الأباتيت Apatite = ٥ |
| - التوباز Topaz = ٨ | - الكوارتز Quartz = ٧ |
| - الألماس Diamond = ١٠ | - الكوراندوم Corundum = ٩ |

كيف تجري اختبار الصلابة ؟

١ - حاول خدش المعدن بالظفر ، فإن خدش دل ذلك على أن صلابته تتراوح بين ١ ، ٢ .

٢- إذا لم يخدش المعدن بالظفر ، استعمل دبوسا صلبا أو نصل سكين صلبا (مبراة) ، فإذا خدش دل ذلك على أن صلابته بين ٣ - ٥ .

٣- إذا لم يخدش المعدن استعمل المعادن التي تلي المقياس ٥ في مقياس موهس لتحديد صلابة هذا المعدن .

على العموم ، يمكن تحديد صلابة المعدن بدون الأدوات السابقة باستخدام المعادن السابقة في مقياس موهس للصلابة . فإذا خدش المعدن المجهول أحد المعادن في مقياس موهس ثم انخدش هو من المعدن التالي في مقياس موهس دل ذلك على أن صلابة المعدن المجهول تساوي :

$$\frac{\text{صلابة المنخدش} + \text{صلابة الخادش}}{2} =$$

فمثلا معدن البيراييت يخدش معدن الأرتوكلاز الذي صلابته = ٦ ، وينخدش من معدن الكوارتز الذي صلابته = ٧ ، فتكون صلابة البيراييت كما يلي :

$$\frac{\text{صلابة الأرتوكلاز} + \text{صلابة الكوارتز}}{2} = \text{صلابة البيراييت}$$

$$6,5 = 2 / (7 + 6) =$$

عند إجراء تجربة قياس الصلابة يجب التمييز بين الخدش والانخداش ، فالكوارتز يخدش الأرتوكلاز ، وناتج هذه العملية تكون مسحوقا على الأرتوكلاز ، وعند إزالته نجد خطا محفورا على معدن الأورثوكليز ، أما لو حاولنا خدش معدن الكوارتز بالأرثوكليز فسوف يتكون مسحوق على معدن الكوارتز نتيجة عملية الاحتكاك ، وبإزالة المسحوق لا نجد أثرا على معدن الكوارتز ، وهذا ما يسمى بالخدش الأرتوكليز على الكوارتز .

يمكن القول أن المعادن الأكثر صلابة تخدش الأقل صلابة وتترك عليها أثرا للخدش ، أما المعادن الأقل صلابة فتخدش على المعادن الأكثر صلابة ولا تترك فيها أثرا .

وجدير بالذكر أن مقياس موهس للصلابة ليس متماثلا تماما ، فالفرق بين كل معدن والذي يليه في الصلابة متساو ومنتظم ، فالفرق بين الكوراندم (٩) والألماس (١٠) أكبر من الفرق بين الطلق (١) والكوراندم (٩) .

- التشقق Cleavage

هو عبارة عن تشقق المعدن أو انفصاله بسهولة في اتجاهات معينة وينتج عنها سطوح جديدة تعرف باسم مستويات التشقق ، وتمثل هذه المستويات أوجها بلورية ممكنة على بلورة المعدن ، ذلك أن التركيب الذري الداخلي للبلورة هو الذي يتحكم في تكوين واتجاه هذه المستويات التشقيقية تماما ، كما يتحكم في تكوين الأوجه البلورية ، ويحدث التشقق دائما في المستويات التي تكون فيها الذرات مرتبطة برباط ضعيف .

يتشقق المعدن نتيجة لدفعه أو ضغطه في اتجاه معين بواسطة حرف نصل المبراة ، وبدل على وجود التشقق في المعدن أو عدم وجود شروخ أو خطوط منتظمة المسافات والبعد والاتجاهات على سطح ناعم للمعدن ، هذه الشروخ أو الخطوط هي الأثر الذي يظهره التشقق على السطح .

- الانفصال Parting :

هو عبارة عن مستويات ضعف في البلورة ويختلف عن التشقق في أنه لا يتكون نتيجة للتركيب الذري الداخلي للمعدن ولكن نتيجة لعوامل خارجية مثل الضغط والتكسير وغيرها من العوامل الخارجية التي تخل بكيان المعدن . ويختلف التشقق عن الانفصال فيما يلي :

التشقق	الانفصال
مرتبط بالبناء الذري الداخلي	غير مرتبط ويحدث نتيجة العوامل الخارجية
تقع مستويات التشقق على مسافات متساوية في الأبعاد الفراغية وتكون متوازية	تقع مستويات الانفصال على مسافات غير منتظمة وليست متوازية .
يوجد التشقق في جميع بلورات المعدن الواحد ويعتبر من الخصائص المميزة للمعدن .	لا يشترط وجوده في جميع بلورات المعدن الواحد ، ويوجد فقط في بلورات المعادن التي تعرضت لعوامل خارجية تؤدي إليه ولذا لا يعتبر من الخصائص المميزة للمعدن .

- المكسر Fracture :

المكسر هو نوع السطح الناتج من تكسر المعادن في مستوي مخالف لمستوي التشقق في المعدن وتعطي المعادن الخالية من التشقق مكسرا أسهل وذا شكل أوضح ، ويمكن وصف أشكال السطوح المختلفة الناتجة عن كسر المعدن (المكسر) كالاتي :

☐ مكسر محاري Conchoidal :

يبدو هذا المكسر عندما يشبه السطح المكسور ، السطح الداخلي للمحارة بما فيه من تموجات متتالية مثل مكسر الزجاج السميك ، ومعدن الكوارتز .

☐ مكسر خشن Uneven :

يبدو هذا المكسر عندما يكون السطح الناتج ذا أسنان حادة مدببة مثل مكسر قطعة من النحاس أو معدن البيريت .

☐ خاصية الطرق والسحب Tonacity :

هي المقاومة التي يبديها المعدن تجاه الطرق والسحب والكسر والانشاء ، ويمكن القول بأنها مقدار تماسك المعدن ، ويمكن تقسيم المعادن من حيث قابليتها للطرق والسحب إلى ما يلي :

١- معادن هشة Brittle :

فيها يكسر المعدن إلى مسحوق بسهولة مثل الكبريت .

٢- معادن قابلة للطرق Malleable :

عندما يمكن طرق المعدن إلى صفائح رقيقة .

٣- معادن قابلة للانثناء Flexible :

هي المعادن التي يمكن ثنيها بالضغط ولا يستعيد المعدن شكله الأصلي بزوال المؤثر مثل شرائح الذهب .

٤- معادن مرنة Plastic :

هي المعادن التي يمكن ثنيها بالضغط ويستعيد المعدن شكله الأصلي بزوال المؤثر مثل صفائح الميكا .

٥- معادن قابلة للسحب Ductible :

هي المعادن التي يمكن ثنيها بالضغط ولا يستعيد المعدن شكله الأصلي بزوال المؤثر مثل شرائح الذهب .

☐ الخواص الكهربائية والمغناطيسية Electric and Magnetic Properties

الكهرباء الحرارية Pyroelectricity :

في هذه الصفة يتكون علي بلورة المعدن شحنات كهربائية نتيجة لتسخينها كما في معدن التورمالين .

- الكهرباء الضغطية Piezoelectricity :

في هذه الصفة يتكون علي أطراف بلورة المعدن شحنات كهربائية نتيجة لضغطه مثل معدن الكوارتز الذي يستعمل في أجهزة الراديو والميكروفون للتحكم في الذبذبة .

- المغناطيسية Magnetion :

في هذه الخاصية تنجذب بعض المعادن للمغناطيس الكهربائي ، وتعرف بالمعادن البارامغناطيسية Paramagnetic مثل الجناتيت والبعض الآخر يتنافر مع المغناطيس وتسمى معادن ديامغناطيسية Diamagnetic مثل الكوارتز والكالسيت والزركون وتتداخل هذه الخاصية في فصل خامات المعادن الاقتصادية.

الوزن النوعي Specific Gravity :

عبارة عن النسبة بين كثافة المعدن إلى كثافة الماء ، وهي من الخواص المميزة للمعدن لكونها تتوقف على :

التركيب الكيماوي .

طريقة رص ذرات المعدن .

وجود شوائب أو فجوات هوائية .

خواص طبيعية أخرى :

- الملمس Feel : صابوني مثل معدن الطلق .

- المذاق Test : هو مذاق المعدن في الفم مثل المذاق المالح لمعدن الهاليت ، ويراعى أن معظم المعادن قد تسبب التسمم فيفضل عدم إجراء هذا الاختبار .

- الرائحة Odour : تبلي المعادن رائحة وهي جافة أو عند حكها أو تسخينها مثل رائحة الكبريت لمعدن الكبريت ، ورائحة الثوم (رائحة الزرنيخ) الناتجة من حك معدن ارسينوبيرايت Arsenopyrit (كبريتيد الحديد والزرنيخ) .

- الإشعاع الذري Radioactivity : في هذه الخاصية يصدر المعدن إشعاعات يمكن تسجيلها بأجهزة القياس في حالة احتواء المعدن على اليورانيوم أو الثوريوم .