جامعة الموصل/
كلية العلوم البيئية/
المرحلة الاولى

د. حازم جمعة محمود
المحاضرة الخامسة

المعادن Minerals

تعريف المعدن Mineral: هي مواد غير عضوية تتكون بصورة طبيعة، لها تركيب كيميائي محدد وشكل بلوري منتظم وخواص فيزيائية محددة.

يفهم من التعريف ان اي مادة غير طبيعية (مصنعة) هي ليست معدن، مثل الزجاج والبورسلين والمواد البلاستيكية المصنعة. كذلك فان اي مادة عضوية هي ليست معدن، مثل الخشب و الصمغ الجاف وبشكل عام فان اي مادة لا يتوفر فيها احد الصفات المذكورة في تعريف المعدن هي ليست بمعدن.

قد تتكون المعادن من عنصر واحد فقط مثل الذهب و الماس و الكرافايت، او قد تتكون من مركبات كيميائية ناتجة عن اتحاد عنصرين او اكثر وهي الصيغة الاكثر انتشارا في الطبيعة مثل معدن الكوارتز SiO_2 و الكالسايت $CaCO_3$ ... الخ.

شبيه المعدن Mineraloid: هي مواد تمتلك معظم صفات المعادن ولكن ليس لها تركيب ذري داخلي منتظم اي انها غير متبلورة (Amorphous) مثل الاوبال ($SiO_2.nH_2O$ Opal).

نشأة المعادن Mineral Genesis:

قد تتكون المعادن في الطبيعة باحدى الطرق التالية:

1- تكون المعادن من الصهارة Magma:

عن طريق التبلور المباشر والانفصال من الصهارة عند التبريد و التصلب مثل معدن الفلدسبار ($Ca, Na, AlSi_3,O_8$) او ($KAlSi_3O_8$) والاوليفين $(Fe, Mg)\ SiO_4$ والكوارتز (SiO_2) والمغنيتايت (Fe_2O_3).

2- تكون المعادن من المحاليل المشبعة Solutions:

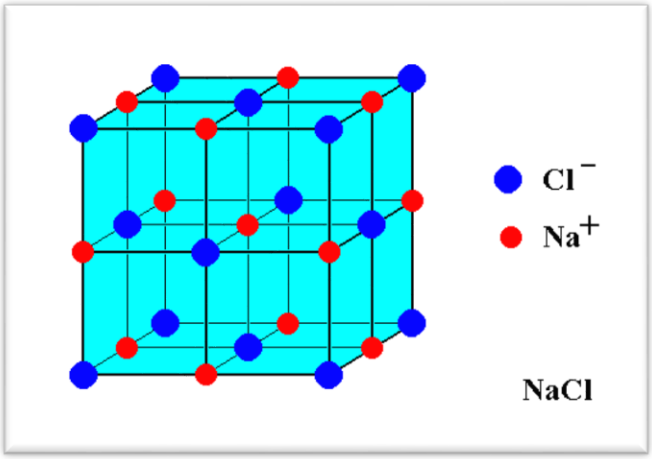
عن طريق محاليل المياه الحارة بعد برودتها مثل الكالينا (PbS) و الكالسايت ($CaCO_3$) و السنابار (HgS) او عن طريق التبخر مثل الهالايت (ملح الطعام) (NaCl) او خروج الغاز من السائل مثل بيكاربونات الصوديوم او الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$ ان هذه الحالات تتم لتركيز المادة في السائل ومن ثم ترسيبها بشكل معدن.

3- تكوين المعادن من الغازات Gasses:

مثل تفاعل فلوريد الهايدروجين HF مع الصخور الجيرية $CaCO_3$ لتكوين معدن الفلورايد CaF_2.

التركيب البلوري للمعادن: Structure of Minerals

سبق وان ناقشنا في محاضرة البلورات ان البلورة هي انعكاس لترتيب ذري داخلي، وبما ان المعادن لها اشكال بلورية لذا فان المعادن تتكون من وحدات بناء صغيرة جدا تعرف بالوحدة البنائية (Unit Cell) والتي تمثل ايونات مركبة بصورة منتظمة ومتماسكة فيما بينها بواسطة قوى كهربائية تعبر عن بنائها الذري الداخلي.



ولفهم ذلك بصورة مفصلة نذكر على سبيل المثال ابسط انواع هذه الوحدات لمعدن الهالايت (NaCl) المعروف ايضا بملح الطعام، اذ ترتبط اربعة ايونات من الكلور (Cl) مع اربعة ايونات من الصوديوم (Na^+) باواصر ايونية كما مبين في الشكل الجانبي.

فعند تراص 8 وحدات بنائية في شكل منتظم وفقا للترتيب المذكور اعلاه فاننا نحصل على بلورة مكعبة الشكل صغيرة جدا في الحجم لتمثل الاساس في بناء بلورة مكعبة كبيرة الحجم، وقد وجد ان هذه البلورة الكبيرة تتكون من عدد ضخم جدا من الوحدات البنائية يصل الى 56×10^{17} وحدة بنائية.

صفات المعادن: Minerals Properties

فضلا عن الصفة البلورية للمعادن فان المعادن لها صفات كيميائية وفيزيائية .

اولا/ الصفات الكيميائية: Chemical Properties

تتكون بعض المعادن من عنصر واحد من عناصر الجدول الدوري الموجودة في الطبيعة. وهذا النوع اما ان يكون فلزيا (Metallic) كالذهب (Au) والفضة (Ag) والنحاس (Cu)، او لا فلزيا (non-Metallic) كالكرافيت (C) والكبريت (S) والبعض الاخر من المعادن مكون من اتحاد عنصرين اثنين مثل الكوارتز (SiO_2) والمغنيتايت (Fe_3O_4). في حين تتكون معظم المعادن في الطبيعة من اتحاد ثلاثة عناصر او اكثر مثل الكالسايت ($CaCO_3$) و الاوليفين $(MgFe)_2SiO_4$.

وكما أسلفنا سابقا في حديثنا عن المكونات الكيميائية للقشرة الارضية سبب افضلية اتحاد الاوكسجين السالب الشحنة مع باقي العناصر الموجبة الاخرى لتكوين الاكاسيد. وبما ان التحليلات الكيميائية لمئات الالالف من النماذج الصخرية اظهرت ان ايون السيليكون هو الاكثر نسبة، يليه بنسبة اقل ايون الكاربون ثم الكبريت ثم الفسفور واخيرا النيتروجين، لذا فانه من الطبيعي ان تكون المعادن السيليكاتية والاكاسيد هي الاكثر شيوعا في الطبيعة تليها معادن الكاربونات ثم الكبريتات والكبريتيدات ثم الفوسفات واخيرا النترات. وعلى هذا الاساس تصنف المعادن كيميائيا الى المجاميع التالية:

1- المعادن الحرة او العنصرية: Native Elements

هذه المجموعة من المعادن تمثل الحالة العنصرية للمعدن الحر الذي يتكون من عنصر واحد فقط، والمعدن اما ان يكون فلزيا او لا فلزيا كما ذكرنا سابقا.

2- الاكاسيد: Oxides

تشمل هذه المجموعة معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية كالهيماتايت Fe_2O_3 والمغنيتايت Fe_3O_4 والكاستيرايت SnO_2 والروتايل TiO_2 وغيرها.

3- السيليكات: Silicates

تضم عدد كبير جدا من المعادن يقدر بحوالي 25% من جميع المعادن المعروفة او تكون حوالي 90% من معادن القشرة الارضية، وتشمل معادن مهمة مثل معادن الفلدسبار التي تقسم الى مجموعتين هي مجموعة الاورثوكليز Orthoclase ($KAlSi_3O_8$) ومجموعة البلاجيوكليز Plagioclase (سليكات الصوديوم والكالسيوم والالمنيوم). ومن الامثلة على هذه المجموعة ايضا معدني الاولفين $(Mg,Fe)_2SiO_4$ والتالك Talc (سليكات المغنيسيوم المائية).

4- الكبريتيدات: Sulfides

تعتبر هذه المجموعة من اهم المجموعات المعدنية اذ انها تضم اغلب الخامات المعدنية. مثل معدن البايرايت FeS_2 والكالينا PbS والسفاليرايت ZnS.

5- الكبريتات: Sulphates

تتكون هذه المجموعة من اتحاد مجموعة الكبريتات SO_4^{-2} مع العناصر الاخرى مثل معدن الجبس $CaSO_4.2H_2O$ والانهايدرايت $CaSO_4$ والبارايت $BaSO_4$.

6- الهاليدات: Halides

تتميز هذه المجموعة بسيادة ايونات الهالوجينات ذات الشحنة السالبة (Cl, I, F, Br) مثل معدن الهالايت NaCl وهو ملح الطعام والفلورايد CaF_2.

7- الكاربونات: Carbonates

تتكون من اتحاد مجموعة الكاربونات CO_3^{-2} مع العناصر الاخرى مثل معدن الكالسايت $CaCO_3$ والدولومايت $CaMg(CO_3)_2$ و السيديرايت $FeCO_3$.

8- الفوسفات: Phosphates

تحتوي هذه المجموعة على ايون الفوسفات PO_4^{-2} كوحدة بناء اساسية مثل معدن الاباتايت $Ca_5FCl(PO_4)_3$.

ثانيا/ الصفات الفيزيائية: Physical Properties

ان من اهم صفات المعادن المظهر الخارجي الذي تحدده الصفات الفيزيائية للمعدن. ويمكن الاستعانة بهذه الصفات للتعرف على الكثير من المعادن وخاصة تلك التي تكون حبيباتها كبيرة ومميزة بالعين المجردة. ويمكن حصر الصفات الفيزيائية للمعادن بأربعة خواص هي:

1- الشكل البلوري للمعدن: وهذا قد تم شرحه ودراسته سابقا.

2- الصفات الفيزيائية التي تعتمد على الضوء.

3- الصفات الفيزيائية التي تعتمد على تماسك المعدن.

4- صفات اخرى خاصة ومميزة.

وفيما يلي شرح مفصل لكل صفة من هذه الصفات الفيزيائية:

1- الصفات الفيزيائية المعتمدة على الضوء:

1-1- اللون Color:

تمتلك بعض المعادن ألوان خاصة مميزة يمكن التعرف بواسطتها على نوع المعدن. مثلا لون معدن الكبريت اصفر فاقع ولون معدن المغنيتايت اسود ومعدن البايرايت اصفر ذهبي والاورثوكليز ذو لون لحمي والاولفين زيتوني ومعدن المالاخايت اخضر ساطع.

وقد تظهر بعض المعادن بألوان مختلفة بسبب احتوائها على شوائب مختلفة مثل معدن الكوارتز هو معدن عديم اللون، ولكنه يكون ذو لون وردي في بعض الاحيان بسبب احتوائه على شوائب من اكاسيد الحديد الحمراء وقد يظهر باللون الرمادي او الاسود إذا ما احتوى على بعض الشوائب العضوية.

1-2- المخدش Streak:

مخدش المعدن هو اللون الذي يظهر به مسحوق ذلك المعدن عند خدشه او حكه على سطح قطعة خاصة من الخزف البلوري تسمى لوحة المخدش (Streak Plate).

ان معظم المعادن ذات اللون الابيض او عديمة اللون تعطي مخدشا ابيض اللون وقد يختلف لون المخدش عن لون المعدن نفسه، وتعتبر هذه الصفة من اهم الصفات المميزة لبعض المعادن، مثل معدن البايرايت لونه اصفر ذهبي ولكن مخدشه اسود مخضر، ومعدن المغنيتايت لونه اسود ومخدشه اسود في حين ان معدن الهيماتايت لونه اسود ومخدشه بني محمر (وتعد هذه الصفة مهمة في التمييز بين هذين المعدنين).

1-3- البريق Luster:

يمثل مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن تعتمد شدة البريق على شدة الضوء المنعكس وهذه تعتمد بدورها على معامل الانكسار وكلما زاد معامل الانكسار زادت شدة الانعكاس وشدة البريق وهو على نوعين **بريق فلزي (Metallic luster)** يشبه البريق الذي تعطيه الفلزات المصقولة او بريق المرآة وهو صفة مميزة للمعادن المعتمة التي لا يخترقها الضوء ولها معامل انكسار عالي تتجاوز قيمته 3. ويتميز بهذا البريق سطوح المعادن العنصرية كالذهب والفضة وكذلك المعادن الكبريتيدية مثل البايرايت والكالينا.

وبريق لا فلزي (non-Metallic luster) تمتاز به المعادن غير المعتمة ولها معامل انكسار اقل من 2.6 وهو على انواع:

- بريق زجاجي Glassy luster/ مثل معادن الكالسايت والكوارتز والهالايت
- بريق ماسي Diamond luster/ مثل معدني الماس والزركون
- بريق صمغي Resinous luster/ مثل معدني الكبريت
- بريق لؤلؤي Pearly luster/ مثل معدني التالك والمسكوفايت (المايكا)
- بريق حريري Silky luster/ مثل معدن الجبس الليفي

- بريق ترابي Dull(Earthy) luster/ مثل معادن الكاؤلينايت وبقية المعادن الطينية

4-1- الشفافية Transparency:

هي تعبير عن إمكانية مرور الضوء من خلال المعدن، والمعادن اما ان تكون:

- شفافة Transparent/ مثل معادن الكوارتز والكالسايت والهالايت.
- نصف شفافة Translucent/ مثل معدن الاوبال.
- معتمة Opaque/ مثل معادن الكالينا و الكرافايت والهيماتايت.

2- الصفات الفيزيائية المعتمدة على تماسك المعدن:

2-1- الصلادة Hardness:

ويقصد بها مقاومة سطح المعدن لعملية الخدش فالمعدن الذي يخدش الاخر يعتبر اصلد من المعدن المخدوش. ويمكن تحديد صلادة اي معدن باستخدام مقياس خاص يعرف بمقياس موس للصلادة (Mohs Scale of hardness)، وقد تضمن هذا المقياس عشرة معادن ورتبت ترتيبا تصاعديا حسب درجة صلادتها النسبية.

2-2- الانفصام Cleavage:

ويقصد بها قابلية المعادن على التشقق والانقسام الى اجزاء في اتجاهات معينة ومنتظمة إذا ما طرقت طرقا خفيفا، بحيث تكون هذه الاتجاهات موازية او على امتداد سطوح ملساء تمثل اوجه البلورات، وتسمى هذه المستويات مستويات الانفصام او مستويات الضعف. وبناءا على ذلك يوصف المعدن بانه:

- كامل الانفصام (واضح)/ حينما يسهل شطر المعدن الى رقائق ذات سطوح موازية، كما هو الحال في معادن المايكا.
- غير كامل (غير واضح)/ مثال ذلك معدن الكبريت.

3-2- المكسر Fracture:

ويقصد به شكل سطح المعدن الذي ينكسر عليه اذا ما ضرب بقوة باستخدام الة حادة، وهو يمكن ان يكون:

- سطح مستوي/ مثل معدني الكالسايت و الهالايت.
- سطح غير مستوي/ مثل معدني الاوليفين و الكبريت.
- سطح مسنن/ مثل معدن النحاس.
- سطح محاري Conchoidal/ يشبه الشكل الداخلي لصدفة المحار، مثل المكسر الناتج عن كسر قطعة سميكة من الزجاج. وهذه صفة مميزة لمعدن الكوارتز.
- سطح ترابي/ يميز مكسر المعادن الطينية مثل معدت الكاؤلينايت.

4-2- الوزن النوعي:

يمثل نسبة كثافة المعدن الى كثافة الماء. وعليه يصنف المعدن بانه خفيف اذا كان وزنه النوعي (2.5)، ومتوسط اذا تراوح بين (2.5 – 4.0)، وثقيل اذا زاد عن (4.0).

3- الصفات الخاصة او المميزة Special Properties:

تتمتع بعض المعادن بصفات خاصة ومميزة كالخاصية المغناطيسية والخواص الحسية وغيرها من الخواص التي يمكن الاستعانة بها لتمييز المعادن بسهولة وكما موضح ادناه:

- معادن الكاربونات/ مثل الكالسايت والدولومايت تتفاعل مع حامض الهايدروكلوريك (HCl).
- معدن الكالسايت يمتاز بظاهرة الانكسار المزدوج اذ كانت البلورة نقية.
- معدن المغنيتايت/ يمتاز بصفته المغناطيسية.
- معدن الكبريت/ يمتاز بلونه الاصفر الفاقع ورائحته المميزة.
- معدن الاورثوكليز/ يمتاز بلونه اللحمي.
- معدن الاوليفين/ يمتاز بلونه الزيتوني
- معدن الهالايت/ يمتاز بطعمه المالح
- معدن المالاخايت/ يمتاز بلونه الاخضر الساطع