

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



www.3a.com

الجامعة التقنية الوسطى  
المعهد التقني / كوت  
قسم التقنيات الميكانيكية  
( الإنتاج )

## علم المعادن



**خالد عبد الصمن حافظ**

# علم المعادن Mineralogy

**علم المعادن:** هو العلم الذي يهتم بدراسة طرق وتحضير المعادن من خاماتها وطرق تنقيتها وتراكيبها الداخلية المجهرية وترتيبها الذري وخواصها الفيزيائية والبلورية

يمكن **تعريف المعدن** : بأنه عبارة عن مادة طبيعية ذات تركيب كيميائي مميز أو متغير في نطاق محدود وله تركيب بلوري داخلي ثابت ويظهر أحياناً على شكل بلورات ويوجد على شكل متبلور في أغلب الأحيان. ويلاحظ من التعريف السابق أن المعدن هو مادة توجد في الطبيعة وليس للإنسان أو الحيوان أو النبات دخل في تكوينها. كما نلاحظ أن التركيب الكيميائي ليس كافياً لتحديد المعدن حيث أنه لا بد أن نعرف التركيب البلوري الذي يتحكم في كثير من الصفات الطبيعية للمعدن مثل الصلابة والمخدش والوزن النوعي واللون .

تمكن العلماء حتى الآن من وصف أكثر من أربعة آلاف معدن مختلف إلا أن جميع المعادن الشائعة التي تدخل في تركيب الصخور وكذلك المعادن الاقتصادية تتجاوز مائتي معدن فقط نظراً لهذا العدد الكبير من المعادن، أصبح من الضروري استنباط وسائل حديثة للتعرف على المعادن بالإضافة إلى استخدام الطرق التقليدية وتشمل هذه الوسائل استخدام أجهزة وتقنيات معملية مثل حيود أشعة إكس والميكروسكوب الإلكتروني .

# المعادن في القرآن

تم ذكر الحديد في القرآن في عدة آيات مباركة منها :

1- الآية (25) من سورة الحديد ( لقد ارسلنا رسلنا بالبينات وانزلنا الكتاب والميزان ليقوم الناس بالقسط وانزلنا الحديد فيه باس شديد ومنافع للناس وليعلم الله من ينصره ورسله بالغيب )

2- الآية (96) من سورة الكهف (اتوني زبر الحديد حتى اذا ساوى بين الصدفين قال انفخوا حتى اذا جعله ناراً قال اتوني افرغ عليه قطراً)

3- الآية (10) سورة سبأ (ولقد أتينا داود منا فضلاً يا جبال اوبى معه والطير والنال له الحديد)

صدق الله العلي العظيم

# الخواص الطبيعية للمعادن

يوجد العديد من الخواص الطبيعية للمعادن منها:

الخواص البصرية Optical properties

الخواص التماسكية Cohesive properties

الوزن النوعي Specific gravity

الخواص الحرارية Thermal properties

الخواص الحسية Taste, Odor and Feel

خواص فيزيائية أخرى Other physical properties

# الخواص الطبيعية للمعادن

الخصائص البصرية هي عدة صفات تعتمد أساسا على انعكاس أو امتصاص الضوء على سطح

المعدن مثل اللون والمخدش والبريق والشفافية .

• الخصائص التماسكية هي مجموعة من الصفات تعتمد أساسا على مقدار وكيفية تماسك جزيئات

المعدن وذراته مثل الصلادة والانقسام والمكسر .

• الخصائص الحسية وهي عدة صفات تعتمد على حواس الإنسان مثل اللمس والرائحة والمذاق .



# الخصائص البصرية

اللون من الصفات الطبيعية التي تساعد في التعرف على المعادن . يعزى لون أي معدن إلى مقدرة ذلك المعدن على امتصاص بعض مكونات الضوء الأبيض العادي وتشتيت البعض الآخر . فمعدن الكبريت مثلاً يبدو أصفر اللون لأنه يعكس الأشعة الصفراء من مجموعة الألوان المكونة للضوء الأبيض .



ذهب



نحاس

# الخصائص البصرية

البريق (اللمعان) Luster

- اللمعان صفة تصف طريقة تفاعل سطح المعدن مع الضوء الساقط عليه
- ليس للبريق علاقة باللون أو الشكل لكنه يتعلق بالشفافية



# الخصائص البصرية

الشفافية Transparency

تقسم المعادن الى ثلاثة أقسام نسبة الى شفافيته:

- 1- معادن ينفذ من خلالها الضوء دون تشويه Transparent
- 2- معادن ينفذ منها الضوء جزئياً translucent
- 3- معادن لا ينفذ منها الضوء. opaque.

# الخصائص البصرية

## المخدش Streak

المخدش عبارة عن لون مسحوق (بودرة) المعدن الذي يمكن الحصول عليه عن طريق حك المعدن

المعادن ذات البريق الفلزي لها

اما المعادن ذات البريق اللافلزي

او ابيض . المخدش صفة فائدتها اكبر عند التفريق بين المعادن ذات البريق الفلزي .



لون داكن .

المخدش لونه فاتح

# المواد الهندسية

يمكن تعريف المواد الهندسية بأنها المواد ذات الأهمية الهندسية و يمكن تقسيمها لثلاثة أنواع :  
وهي 1-الفلزات 2-البوليمرات 3- الخزفيات  
و معظم الاختلافات الأساسية في الخواص بينها سببها التركيب الالكتروني لذراتها

# المواد الهندسية

## 1- الفلزات :

- تتميز الفلزات عموماً بأن عدد الكثرونات التكافؤ لا يزيد عن ثلاثة مما يؤدي إلى حرية حركة الالكثرونات والفلزات خواص مميزة نذكر منها ما يلي:
- أ) التوصيل الجيد للكهرباء والحرارة.
  - ب) لها بريق و لمعان عندما تصقل.
  - ج) غير نافذة للضوء
  - د) لها قابلية كبيرة للتشكيل.
  - هـ) لها كثافة عالية (اكثر من الماء).

# المواد الهندسية

## البوليمرات :

هي عبارة عن سلاسل طويلة (جزيئات عملاقة) من ذرات الكربون المرتبطة بالهيدروجين و قد تشمل بعض العناصر الأخرى ولكن الأساس هو الكربون والهيدروجين و أغلبها له الخواص التالية:

أ ) سيئة التوصيل للكهرباء والحرارة.

ب ) عاكسة سيئة للضوء وبالتالي فإنها تكون شفافة أو شبه شفافة عندما تكون على شكل شرائح رقيقة.

ج ) بعضها يمكن تشكيلة بسهولة ولذلك فإنه في كثير من الأحيان يطلق الناس أسم اللدائن عند الإشارة إلى البوليمرات و لكنه في الواقع فإن اللدائن جزء من البوليمرات.



# المواد الهندسية

## الخزفيات :

و هي عادة ما تتكون من فلزات ولا فلزات و تكون الرابطة الذرية إما أيونية بالكامل أو الجزء الأغلب فيها أيوني. من أهم خصائص الخزفيات أنها:

(أ) شديدة الصلادة (صعبة التشكيل) .

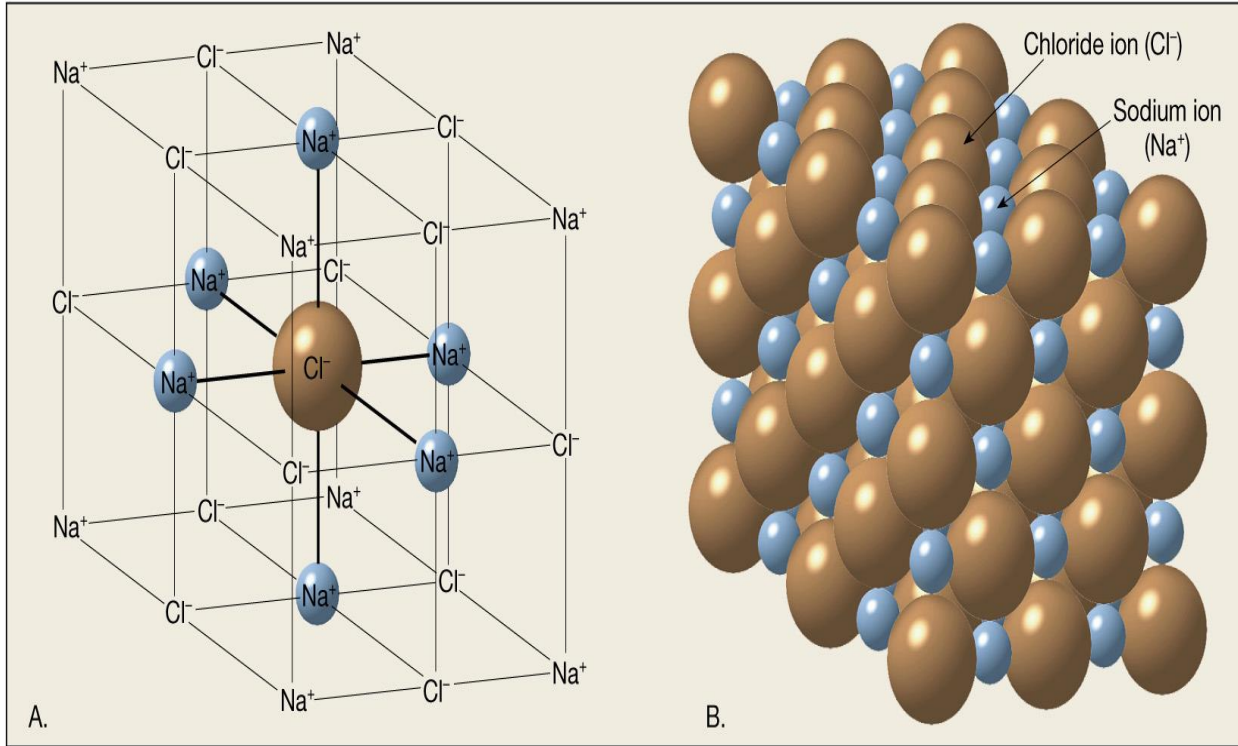
(ب) قصفة (سهولة الكسر) .

(ج ) عازلة للكهرباء والحرارة.

كل المعادن و كثير من الخزفيات تسمى مواد بلورية أو بمعنى آخر ذو بنية بلورية. في هذه المواد، ترتب الذرات في اشكال هندسية ثلاثية الأبعاد بطريقة منتظمة و متكررة ولمسافات ذرية كبيرة، كما تترابط الذرة في هذا النظام مع أقرب جيرانها من الذرات.

# المواد البلورية للمعادن

يحتوي المعدن على صفوف منتظمة من الذرات المترابطة كيميائياً لتشكل بنيته البلورية معينة



بعض العناصر يمكن أن تتحد مع بعضها بأكثر من طريقه  
ولذلك فإنه

يمكن وجود معدنين مختلفين

في الخواص ولكنهما متفقين تماما في التركيب الكيميائي (لهما نفس التركيب الكيميائي) تتكون جميع المعادن من شبكات او بنى بلورية تتحدد على اساسها خواص المعادن وكيفية التعامل معها سوآءا في تغير خواصها او صنع سبائك من معادن مختلفة. اذن يمكن تعريف

**المواد البلورية** : وهي مواد ذات تركيب بلوري محدد يتكون نتيجة التوزيع الذري المنتظم لذرات العنصر.

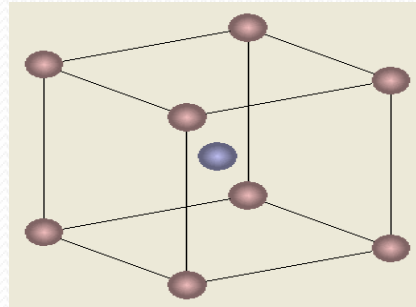
**المواد الغير بلورية** : وهي المواد التي لا تتمتع بتركيب بلوري وذراته غير منتظمة بتركيب ذري هندسي.

**وحدة الخلية** : اصغر حجم يتكرر في القطعة المعدنية بنفس الترتيب والتوزيع الذري.

# انواع الشبكات البلورية

## 1- النظام المكعب مركزي الجسم (BCC) (Body Centered Cubic).

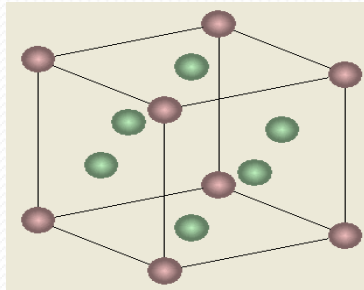
بوتاسيوم ، تنكستن



مثل : الحديد ، كروم ، صوديوم

## 2- النظام المكعب مركزي الوجه (FCC) (Face Centered Cubic).

الالمنيوم، ذهب

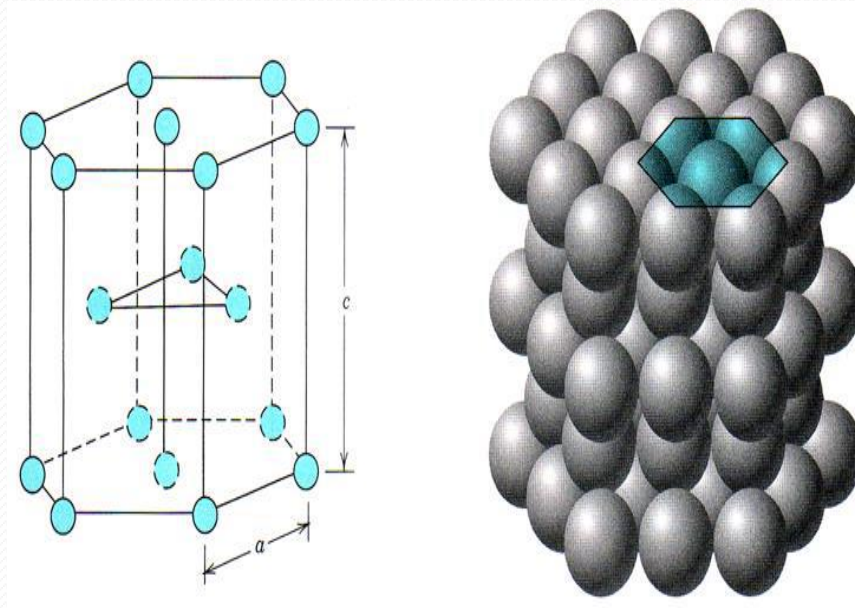


مثل : نحاس، رصاص ، فضة

# انواع الشبكات البلورية

## 3- النظام السداسي المزدحم (HCP) (Hexagonal Close Packed)

مثل : تيتانيوم ، مغنسيوم  
زنك ، كوبالت





# الخواص البلورية :

خواص البلورات احادية ( التوصيل الكهربائي، النفاذ المغناطيسي ،انتشار وانكسار الضوء) تختلف في الاتجاه لنفس المادة لذلك تعتبر هذه البلورات ذات قيمة واتجاه ومثال على ذلك .

1-معامل المرونة للخارصين 3560 كغم /ملم<sup>2</sup> في اتجاه معين في حين ان 12640 كغم/ملم<sup>2</sup> في اتجاه متعامد على الاتجاه الاول.

2-التوصيل الكهربائي لبلورة الكرافيت في اتجاهين مختلفين متعامدين القدرة على التوصيل يبلغ مئة ضعف قدرتها في الاتجاه العمودي.

**ظاهرة الانيسوتروبي** : هو ظاهرة الاختلاف في الخواص بالاتجاهات المختلفة ,اي عدم التساوي في الخواص بجميع الاتجاهات. وتكون للمواد ذات التركيب البلوري.

**ظاهرة الايستروبي** : ظاهرة تساوي الخواص بجميع الاتجاهات. وتكون للمواد ذات التركيب غير البلوري ولذلك تعتبر الخواص وحدات كمية وليس متجهة .وهي عكس ظاهرة الانيسوتروبي .

# تجمد المعادن

تجمد المعادن تتعلق بتغير الطاقة الحرة لكل من السائل والصلب مع تغير درجة الحرارة . الطاقة الحرة هي المسؤولة عن تحول المادة من حالة الى اخرى او من صورة الى اخرى والتي يستفاد منها مثل تحول الطاقة الميكانيكية او الكهربائية . وهناك نوع من الطاقة تسمى الطاقة الحبيسة وهو الجزء من الطاقة الذي يستفاد منه لكونه موجود على شكل طاقة وضع.

المعدن ينتقل من حالة الانصهار (السائلة) الى حالة التجمد (الصلبة) لان الطاقة الحرة للذرات في الحالة الصلبة اقل من الحالة السائلة.

درجة حرارة التوازن: هي الدرجة الحرارية التي يتساوى فيهما درجة حرارة الانصهار مع درجة حرارة الانجماد.

# تجمد المعادن

ان عملية تجمد المنصهر تتم بظهور مراكز تجمد ونمو هذه المراكز .  
ولابد من تكون القوة الدافعة للتجمد بالقدر الكافي الذي تستطيع من تكوين  
الاسطح الجديدة للبلورات عند تواجدها ونموها في المنصهر .  
الافراط في التبريد : هو انخفاض درجة حرارة المنصهر دون درجة حرارة  
الانصهار خلال زمن معين.

# تكوين مراكز التبلور او التجمد

تطلق تسمية عملية تكوين مراكز التبلور **التخليق** او **عملية تكوين النويات** يوجد نوعان لعملية تكوين النويات :

1- عملية تكوين النويات التلقائي او المتجانس .

2- عملية التكوين النويات غير المتجانس .

النوع الاول : تتم العملية نتيجة لوجود افراط في التبريد. أي ان القوة الدافعة للتجمد تكون نتيجة لخفض درجة الحرارة دون درجة حرارة الانجماد وللتغلب على قوى الشد السطحي التي تعاكس عملية تكون النويات. وهذه القوى تعادل الفرق في الطاقة الحرة بين الحالة السائلة والصلبة .

ان الانبات المتجانس يتطلب التبريد بسرعة او الهبوط بدرجة الحرارة الى درجة كبيرة دون درجة حرارة التجمد.

# تكوين مراكز التبلور او التجمد

النوع الثاني: تتجمع وتتمركز النويات على مواقع انبات شوائب المواد الاخرى الموجودة في المنصهر التي تعمل كمراكز جاهزة للتجمد . هذا المبدأ تعمل به عمليات السباكة ويتم الانبات لوجود جسيمات أخرى يركز عليها الانبات وينمو . وفي هذه الحالة نحتاج الى انخفاض ضئيل في درجة الحرارة دون درجة حرارة الانجماد . لذا في عمليات السباكة تعتبر جدران القالب مواقع جاهزة لبدأ عمليات الانبات



# التبلور الشجري



اثناء تجمد المعادن تأخذ البلورات أشكالاً متعددة قد تكون شجيرية أو شرائحية أو ابرية حسب معدل التبريد والاضافات . عندما يبدأ منصهر المعدن بالتجمد . ان كل بلورة تبدأ بالتكوين على حده من نواة . هذه النواة هي خلية وحدة بسيطة تنطلق منها عملية النمو . يتم نمو البلورة باستمرار بتجمع الذرات حولها حسب نوع حيث الشبكة البلورية للمعدن . حيث تكون ما يسمى بالفرع وهو عبارة عن هيكل بلوري يشبه العمود الفقري وتبدأ منه الأذرع بالنمو باتجاهات أخرى

صورة مكبرة لأذرع شجيرية

# التبلور الشجري



من هذه الاذرع تبدأ أذرع فرعية اخرى في التكوين . وتستمر العملية بالنمو والتفرع باتجاهات مختلفة منطلقة من نويات متعددة حتى تلتقي أفرعها فيما بينها وتتوقف عملية النمو عند الالتقاء . ان ما يفصل بين البلورات يسمى

**بحدود الحبيبات**

صورة لنمو شجري

# عملية التبلور

المواد الصلبة وخاصة المعادن تتكون من حبيبات بلورية وكل حبيبة تتكون من ذرات مرتبة في اتجاه معين ويعرف بعملية التبلور . عند وجود منصهر معدني فان ذرات المعدن تبدأ في التبلور أي انها تبدأ بالتجمع على شكل نويات ويزداد عدد النويات اذا كان التبريد سريع ويقل عددها عندما يكون التبريد بطيئاً . تنمو هذه النويات لتكون حبيبات . وتكون هذه الحبيبات صغيرة عندما يكون التبريد سريعاً وعندما يكون التبريد بطيئاً تكون الحبيبات كبيرة الحجم

