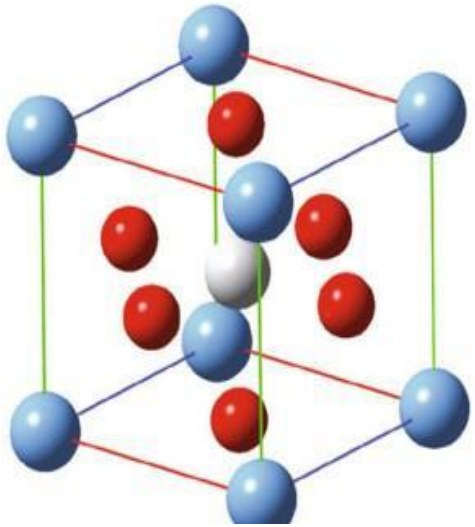
Solid State and Material Science

CHM 448

Lecture 1

Classification of Materials



Introduction to Solid State Chemistry and Material Science

Now why do we talk about solid state chemistry and material science? Because, as an example, engineering systems are made of solids. We talk about the chemistry that constitutes your laptop computer or the chemistry that constitutes the laser pointer. But we will also talk about soft matter. We as human beings are chemical machines. When this hand changes shape, it is a polymer that is changing conformity. These eyes are photodetectors, band gap of about two electron volts. They're not made of gallium nitride. They're made of organic compounds. Inside, what supports us, it's a ceramic skeleton. So solid state chemistry describes life science as well.

مقدمة في كيمياء الحالة الصلبة وعلوم المواد

لماذا نتحدث عن كيمياء الحالة الصلبة وعلوم المواد؟ كمثال، الأنظمة الهندسية تتكون من مواد صلبة. نتحدث عن الكيمياء التي تشكل جهاز الكمبيوتر المحمول الخاص بك أو الكيمياء التي تشكل مؤشر الليزر. لكننا سنتحدث أيضًا عن المواد اللينة. نحن كبشر نحن آلات كيميائية. عندما يتغير شكل هذه اليد، فإنها تكون بوليمرًا يغير شكله. هذه العيون هي كاشفات ضوئية، فجوة الطاقة حوالي اثنين من الإلكترون فولت. إنها ليست مصنوعة من نيتريد الغاليوم. إنها مصنوعة من مركبات عضوية. داخلنا، ما يدعمنا هو هيكل عظمي من السيراميك. لذا تصف كيمياء الحالة الصلبة علوم الحياة أيضًا.

Materials

* Material is anything made of matter, constituted of one or more substances. Wood, cement, hydrogen, air and water are all examples of materials.
* Materials are the parts required to make something else, from buildings and art to stars and computers.

المواد

- المادة هي أي شيء مصنوع من مادة، تتكون من مادة أو أكثر. الخشب، الأسمنت، الهيدروجين، الهواء والماء هي أمثلة على المواد.
- المواد هي الأجزاء المطلوبة لصنع شيء آخر، من المباني والفن إلى النجوم وأجهزة الكمبيوتر.

Materials Science

* Materials science is an interdisciplinary field applying the properties of matter to various areas of science and engineering. This scientific field investigates the relationship between the structure of materials at atomic or molecular scales and their macroscopic properties.

علوم المواد

- علوم المواد هي مجال متعدد التخصصات يطبق خصائص المادة على مختلف مجالات العلوم والهندسة. هذا المجال العلمي يحقق في العلاقة بين هيكل المواد على المستويات الذرية أو الجزيئية وخصائصها الماكروسكوبية.

Materials Science and Engineering

- **Materials Science**: Investigating relationships that exist between the structure and properties of materials

- **Materials Engineering**: Is, on the basis of these structure-property correlations, designing or engineering the structure of a material to produce a pre-determined set of properties

علوم وهندسة المواد

- علوم المواد: التحقيق في العلاقات التي توجد بين هيكل وخصائص المواد.
- هندسة المواد: بناءً على هذه العلاقات الهيكلية-الخصائص، تصميم أو هندسة هيكل المادة لإنتاج مجموعة محددة مسبقًا من الخصائص.

Structure of Material

- **Sub atomic** - electrons and nuclei (protons and neutrons)

- **Atomic** - organization of atoms or molecules

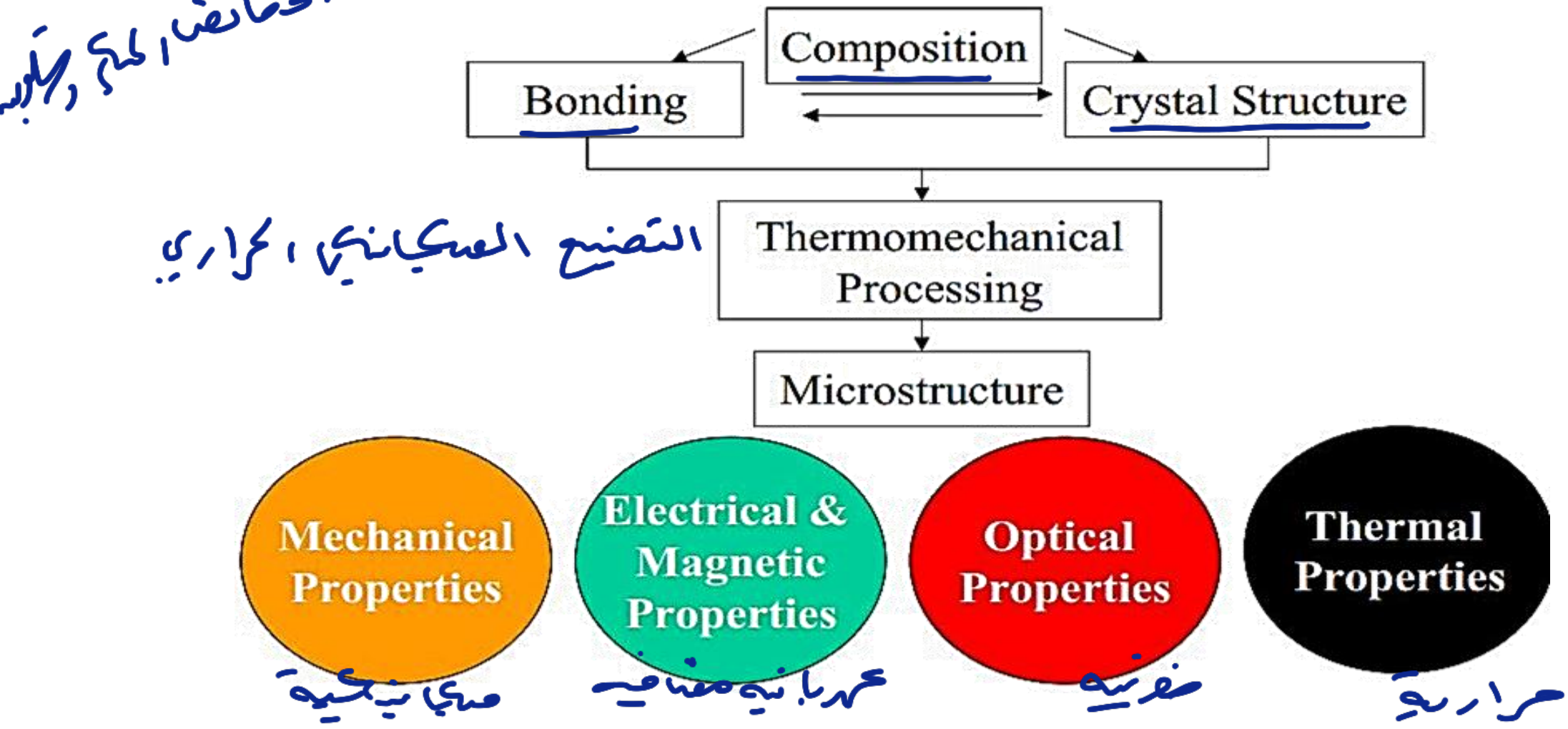
- **Microscopic** - groups of atoms that are normally agglomerated together

- **Macroscopic** – viewable with the un-aided eye

هيكل المادة

- تحت الذرية: الإلكترونات والأنوية (البروتونات والنيوترونات).
- الذرية: تنظيم الذرات أو الجزيئات.
- المجهرية: مجموعات من الذرات التي تكون عادة مجمعة معًا.
- الماكروسكوبية: قابلة للرؤية بالعين المجردة.

Composition, Bonding, Crystal Structure and Microstructure Define Materials Properties



تصنيف المواد

The classification of materials

This is about matter and the different forms of matter. Over here we have the simplest form of stuff, which is the element. We're going to work our way all the way through the table (Periodic Table), starting with electronic structure and how electronic structure governs stuff.

هذا يتعلق بالمادة والأشكال المختلفة للمادة. هنا لدينا أبسط أشكال المواد، وهي العنصر. سنعمل على استعراض الجدول الدوري، بدءًا من الهيكل الإلكتروني وكيف يحكم الهيكل الإلكتروني المواد.

According to its Physical State

Gas
Solid
Liquid

وفقًا للحالة الفيزيائية

- غاز صلب سائل

Solid State

Solids: are the chemical substances which are characterized by define shape and volume, rigidity, high density, low compressibility. The constituent particles (atoms, molecules or ions) are closely packed and held together by strong inter-particle forces.

Types of Solids

The solids are of two types : Crystalline solids and amorphous solids.

Distinction Between Crystalline and Amorphous Solids

المواد الصلبة: هي المواد الكيميائية التي تتميز بشكل وحجم محددين، والصلابة، والكثافة العالية، والانضغاطية المنخفضة. تكون الجسيمات المكونة (الذرات أو الجزيئات أو الأيونات) متراصة بشكل وثيق ومترابطة بقوى بين الجسيمات القوية.

أنواع المواد الصلبة

- المواد الصلبة البلورية: تتميز بترتيب منتظم ودقيق للجسيمات المكونة لها في الفضاء.
- المواد الصلبة غير المتبلورة: لا تحتوي على ترتيب منتظم للجسيمات المكونة لها في الفضاء.

مواد صلبة

مقارنة بين المواد البلورية وغير البلورية

Crystalline solid	Amorphous solids
1 - These have definite and regular arrangement of the constituent particles in space.	These doesn't have any regular arrangement of the constituent particles in space.
2 – These are true solids.	These are super cooled liquids or pseudo solids.
3 - These have long order arrangement of the particles.	These have short order arrangement of particle.
4 - These are isotropic in nature i.e., their physical properties are same in all the directions	These are anisotropic in nature, i.e., their physical properties are different in different directions.
5 - They have sharp melting points.	They melt over a certain range of temperature
6 - They undergo a clean cleavage when cut.	They undergo irregular cleavage when cut

المواد الصلبة البلورية:

1. تحتوي على ترتيب منتظم ودقيق للجسيمات المكونة في الفضاء.
2. هي مواد صلبة حقيقية.
3. لديها ترتيب طويل الأمد للجسيمات.
4. متساوية الخواص بطبيعتها، أي أن خصائصها الفيزيائية متساوية في جميع الاتجاهات.
5. لديها نقاط انصهار حادة.
6. تخضع لانقسام نظيف عند القطع.

المواد الصلبة غير المتبلورة:

1. لا تحتوي على ترتيب منتظم للجسيمات المكونة في الفضاء.
2. هي سوائل فائقة التبريد أو مواد صلبة زائفة.
3. لديها ترتيب قصير الأمد للجسيمات.
4. غير متساوية الخواص بطبيعتها، أي أن خصائصها الفيزيائية تختلف في الاتجاهات المختلفة.
5. تنصهر على مدى درجة حرارة معينة.
6. تخضع لانقسام غير منتظم عند القطع.

According to their physical structure

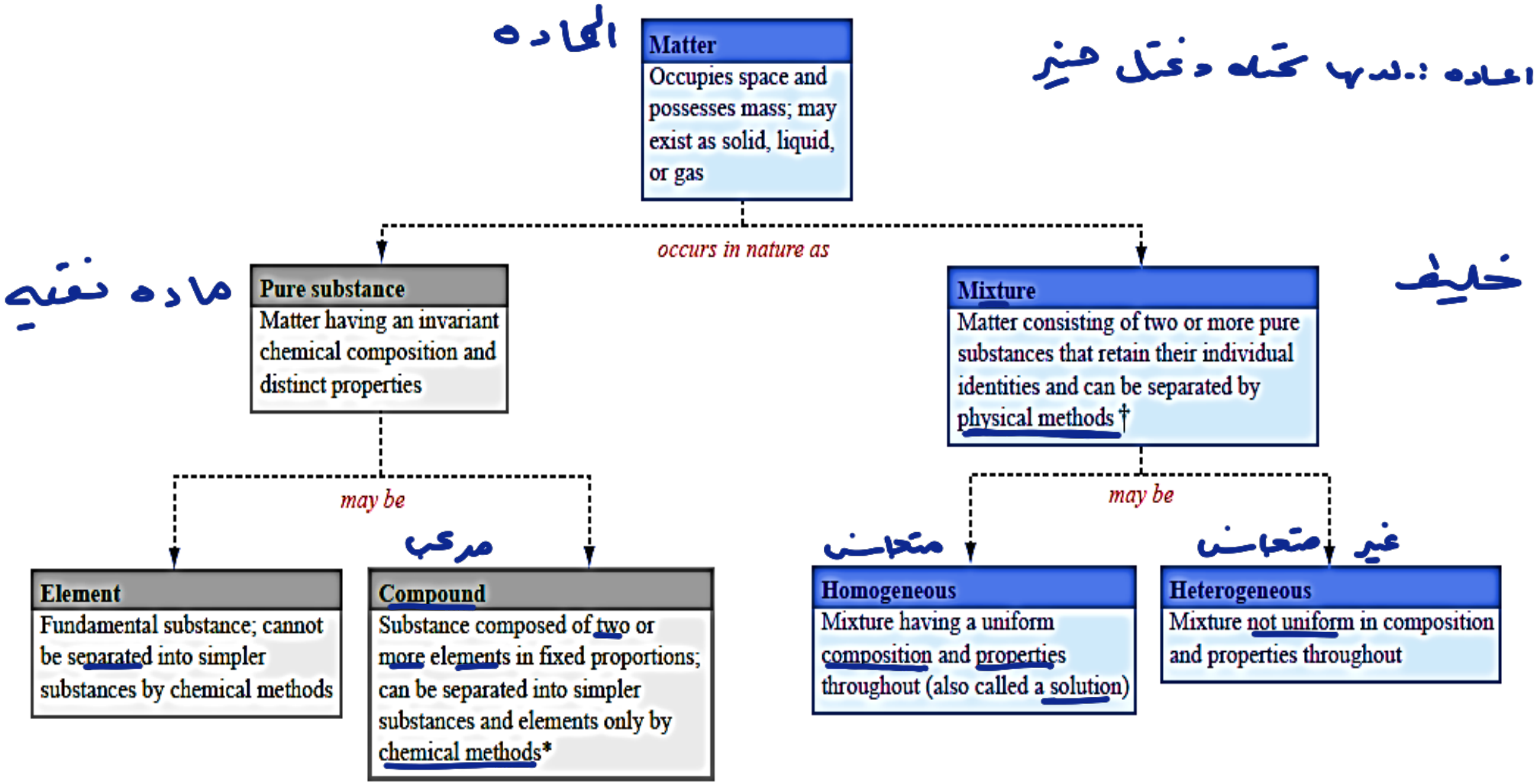
Homogeneous materials: Materials that have a uniform composition throughout its structure (i.e. steel). Heterogeneous materials: Materials that are composed of dissimilar parts (i.e. wood). Isotropic materials: Materials whose properties are identical in all directions (.e. steel). Anisotropic materials: Properties of anisotropic materials depend on the directions (axis). Wood is an example for anisotropic materials.

وفقًا لهياكلها الفيزيائية

- المواد المتجانسة: مواد ذات تركيب موحد في جميع أنحاء هيكلها (مثل الفولاذ).
- المواد غير المتجانسة: مواد تتكون من أجزاء مختلفة (مثل الخشب).
- المواد المتساوية الخواص: مواد خصائصها متطابقة في جميع الاتجاهات (مثل الفولاذ).
- المواد غير المتساوية الخواص: خصائص المواد غير المتساوية الخواص تعتمد على الاتجاهات (المحور). الخشب هو مثال على المواد غير المتساوية الخواص.

طرق الفصل الكيميائية: تشمل التحليل الكهربائي. طرق الفصل الفيزيائية تشمل الترشيح، التقطير، والتبلور.

According to their physical structure



Chemical methods of separation include electrolysis.

Physical methods of separation include filtration, distillation, and crystallization.

کیمیکل کمپوزیشن

According to The Chemical Structure

Ceramics: Ceramic materials are formed by a combination of ionic and covalent bonds. Ceramics encompass a broad range of materials, including glass, tired clay products - bricks, concrete, rocks. porcelain, etc. These materials have high strength and stiffness but their lack of fracture toughness [l/50 of metals] limits their use in engineering applications. Ceramic materials tend to fracture in a brittle manner rather than to have plastic deformation. They can be used as abrasive materials in industry {Al_2O_3}. They are also durable to high temperatures [refractory materials]. Ceramic materials do not conduct heat and electricity well since they have no free electrons.

وفقًا للهيكل الكيميائي

- السيراميك: تتكون المواد السيراميكية من مزيج من الروابط الأيونية والتساهمية. تشمل السيراميك مجموعة واسعة من المواد، بما في ذلك الزجاج، منتجات الطين المشوي - الطوب، الخرسانة، الصخور، البورسلين، إلخ. هذه المواد تتمتع بقوة وصلابة عالية ولكن نقص المتانة ضد الكسر يحد من استخدامها في التطبيقات الهندسية. المواد السيراميكية تميل إلى الكسر بطريقة هشة بدلاً من التشوه البلاستيكي. يمكن استخدامها كمواد كاشطة في الصناعة. كما أنها مقاومة لدرجات الحرارة العالية. المواد السيراميكية لا توصل الحرارة والكهرباء جيدًا لأنها لا تحتوي على إلكترونات حرة.
- المعادن: التعريف الكيميائي للمعادن هو عنصر يحتوي على واحد، اثنين، أو ثلاثة إلكترونات تكافؤ. تتجمع هذه العناصر معًا بروابط معدنية. نظرًا لطبيعة الروابط المعدنية، تتمتع المعادن بهيكل منتظم ومحدد جيدًا. توصل الحرارة والكهرباء جيدًا (بواسطة الإلكترونات الحرة). المعادن عادةً لديها القدرة على التشوه البلاستيكي. (مثل النحاس، الذهب، الحديد، إلخ).
- البوليمرات: البوليمرات هي مواد عضوية أو صناعية تتكون من جزيئات طويلة مرتبطة تساهميًا بعناصر غير معدنية، مثل الكربون، الهيدروجين، الأكسجين، النيتروجين، الكلور. يمكن تصنيف البوليمرات إلى بلاستيك حراري، بلاستيك مقسى، مواد مرنة أو مطاطية، ومواد طبيعية (مثل الخشب). أمثلة: البوليستيرين، PVC، المطاط، الخشب، إلخ.
- المواد المركبة: الحاجة إلى مواد ذات خصائص غير موجودة في المواد التقليدية، جنبًا إلى جنب مع التقدم في التكنولوجيا، أدى إلى دمج مادتين أو أكثر لتشكيل ما يسمى بالمواد المركبة. تجمع هذه المواد عادةً أفضل خصائص مكوناتها وغالبًا ما تظهر صفات لا توجد حتى في مكوناتها. أمثلة: الخرسانة، الخرسانة المسلحة، إلخ.

المواد المعدنية

- الإلكترونات التكافؤية مفصولة عن الذرات وتنتشر في "بحر إلكتروني" الذي "يلصق" الأيونات معًا. قوية، قابلة للتطويع، توصل الكهرباء والحرارة جيدًا، لامعة إذا تم تلميعها.

أشباه الموصلات

- الروابط هي تساهمية (الإلكترونات مشتركة بين الذرات). تعتمد خواصها الكهربائية بشكل كبير على كميات ضئيلة من الشوائب. أمثلة: السيليكون، الجرمانيوم، زرنيخيد الغاليوم.

السيراميك

- الذرات تتصرف كأيونات موجبة أو سالبة، وترتبط بقوى كولومبية (قوى كهروستاتيكية). عادةً ما تكون مزيجًا من المعادن أو أشباه الموصلات مع الأكسجين، النيتروجين، أو الكربون (الأكاسيد، النيتريدات، والكربيدات). صلبة، هشة، عازلة. أمثلة: الزجاج، البورسلين.

البوليمرات

- ترتبط بقوى تساهمية وأيضًا بقوى فان دير فالس الضعيفة، وعادةً ما تكون مبنية على الكربون والهيدروجين. تتحلل عند درجات حرارة معتدلة (100 - 400 درجة مئوية)، وخفيفة الوزن. أمثلة: البلاستيك، المطاط.

According to The Chemical Structure

Metals: The chemical definition of a metal is an element with one, two, or three valance electrons. These elements band into a mass. with metallic bonds. Due to the nature of metallic bonds, metals have a very regular and well-defined structure. They conduct heat and electricity well (by free electrons). Metals generally have the capability to make plastic deformations. (i.e. copper. gold. iron. etc.)

Polymers: Polymers are organic or synthetic materials composed of long molecules of covalent bonded nonmetallic elements. such as C. H, O, N. Cl. Pol men; can be classified as thermoplastics (polystyrene, PV), thermosets (epoxy), elastomers or rubbers (elastic materials} and natural materials (wood). Examples: polystrene, PVC, rubber, wood, etc.

Composites: The need for materials with properties not found in conventional materials, combined with advances in technology, have resulted in combining two or more materials to form what are called composite materials. These materials usually combine the best properties of their constituents and frequently exhibit qualities that do not even exist in their constituents. Examples: concrete. reinforced concrete, etc.

According to The Chemical Structure

More Details

معلومات اكثر تفصيلاً

Metals: valence electrons are detached from atoms, and spread. in an 'electron sea' that "glues." the ions together. Strong, ductile, conduct electricity and heat well, are shiny if polished.

Semiconductors: the bonding is covalent (electrons are shared between atoms). Their electrical properties depend strongly on minute proportions of contaminants. Examples: Si, Ge, GaAs.

Ceramics: atoms behave like either positive or negative ions, and are bound by Coulomb forces (electrostatic forces). They are usually combinations of metals or semiconductors with oxygen, nitrogen or carbon (oxides, nitrides, and carbides). Hard, brittle, insulators. Examples: glass, porcelain.

Polymers: are bound by covalent forces and also by weak van der Waals forces, and usually based on C and H. they decompose at moderate temperatures (100 – 400 C), and are lightweight. Examples: plastics rubber.

Metals	Applications	Properties
Copper	Electrical conductor wire	High electrical conductivity, good formability
Gray cast iron	Automobile engine blocks	Castable, machinable damping
Alloy steels	Wrenches	Significantly strengthened by heat treatment
Ceramics		Optically useful, thermal insulating
SiO_2,-NaO-CaO	Window glass Refractories for containing molten metal	Thermal insulating, melt at high temperature, relatively inert to molten metal
Al_2O_3, MgO, SiO_2.	Transducers for audio equipment	Converts sound to electricity (Piezoelectric behavior)
Barium titanate		
Polymers		Easily formed into thin, flexible, airtight film
Polyethylene	Food packaging Encapsulation of integrated circuits	Electrically insulating and moisture-resistant Strong, moisture resistant
Epoxy	Adhesives for joining plies in plywood	Unique electrical behavior
Phenolics		
Semiconductors		Converts electrical signals to light
Silicon	Transistors and integrated circuits Fiber-optic systems	
GaAs		High strength-to-weight ratio
Composites		
Graphite-epoxy	Aircraft components	High hardness, yet good shock resistance
Tungsten carbide cobalt	Carbide cutting tools for machining	Has the low cost and high strength of steel, with the corrosion resistance of titanium
Titanium-clad steel	Reactor vessels	

المعادن	التطبيقات	الخصائص
• النحاس • الحديد الزهر الرمادي • الصلب السبائكي	• الموصلات الكهربائية • كتل محركات السيارات • مفاتيح الربط	• الموصلية الكهربائية العالية، القدرة على التشكيل الجيد • قابلة للصب، قابلة للمعالجة • تخفيف الصدمات • تعزيز القوة بشكل ملحوظ بواسطة المعالجة الحرارية
السيراميك • SiO_2، NaO، CaO • Al_2O_3، MgO، SiO_2 • تيتانات الباريوم	• • زجاج النوافذ • المواد الحرارية لاحتواء المعدن المنصهر • محولات الصوت	• مفيدة بصريًا، عازلة حرارية • عازلة حرارية، تنصهر عند درجات حرارة عالية، مقاومة نسبيًا للمعدن المنصهر • تحويل الصوت إلى كهرباء (سلوك بيزوكهربائي)
البوليمرات • البولي إيثيلين • الإيبوكسي الفينوليك	• • تعبئة الطعام • تغليف الدوائر المتكاملة • • مواد لاصقة لربط طبقات الخشب الرقائقي	• يمكن تشكيلها بسهولة إلى فيلم رقيق ومرن ومغلق • عازلة كهربائيًا ومقاومة للرطوبة • قوية، مقاومة للرطوبة • سلوك كهربائي فريد
أشباه الموصلات • السيليكون • زرنيخيد الغاليوم	• • الترانزستورات والدوائر المتكاملة • أنظمة الألياف البصرية	• تحويل الإشارات الكهربائية إلى ضوء • نسبة قوة إلى وزن عالية • صلابة عالية، مقاومة جيدة للصدمات
المركبات • الجرافيت-الإيبوكسي • كربيد التنجستن • الكوبالت • الفولاذ المغطى بالتيتانيوم	• • مكونات الطائرات • أدوات قطع الكربيد للمعالجة • أوعية المفاعلات	• تتمتع بتكلفة منخفضة وقوة عالية مثل الفولاذ، مع مقاومة التآكل مثل التيتانيوم