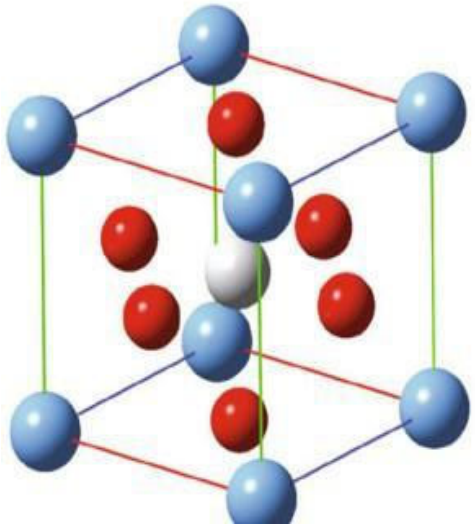
Solid State and Material Science

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

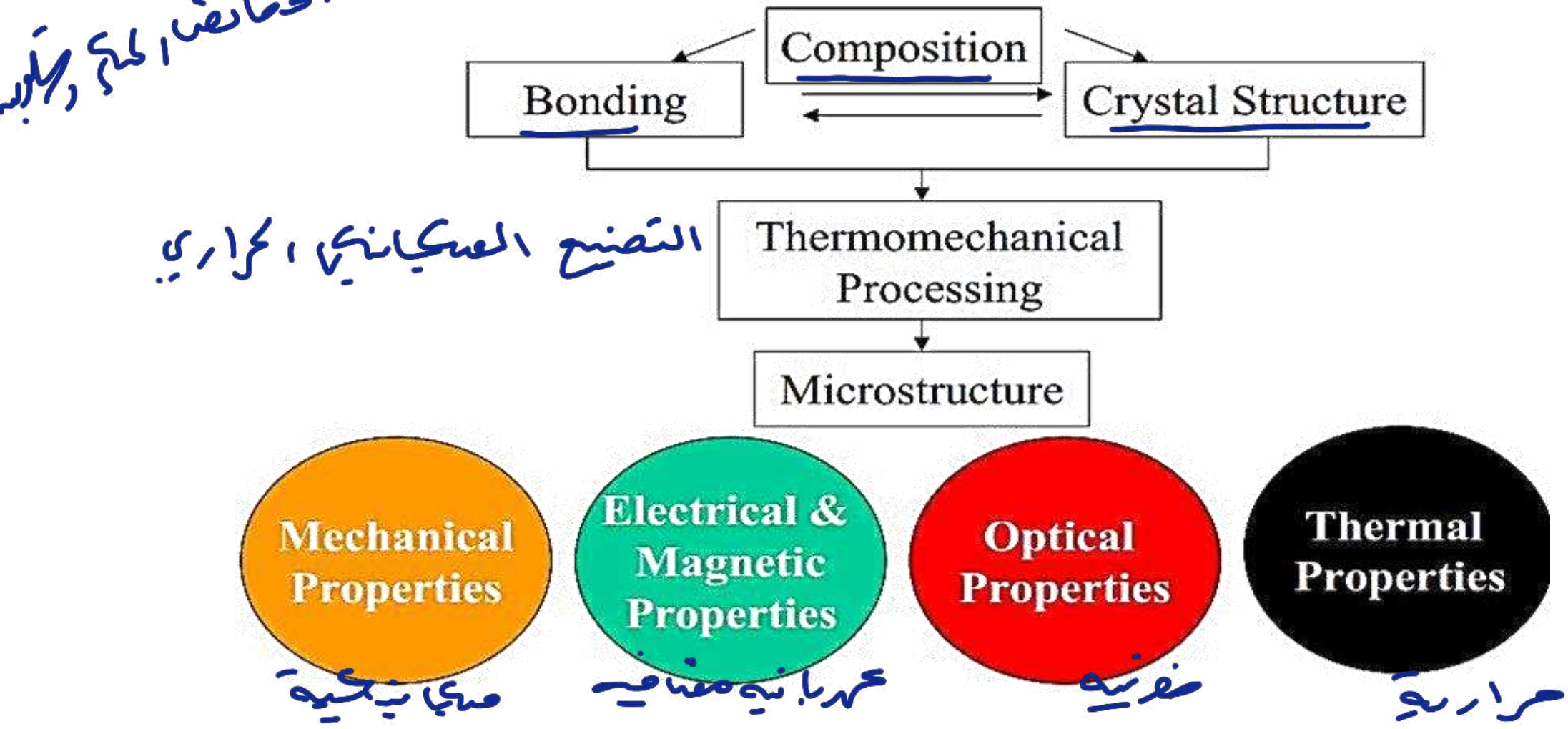
- **Microscopic** - groups of atoms that are normally agglomerated together

- **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

1 - These have definite and regular arrangement of the constituent particles in space.
2 – These are true solids.
3 - These have long order arrangement of the particles.
4 - These are isotropic in nature i.e., their physical properties are same in all the directions
5 - They have sharp melting points.
6 - They undergo a clean cleavage when cut.

Amorphous solids

These doesn't have any regular arrangement of the constituent particles in space.
These are super cooled liquids or pseudo solids.
These have short order arrangement of particle.
These are anisotropic in nature, i.e., their physical properties are different in different directions.
They melt over a certain range of temperature
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.

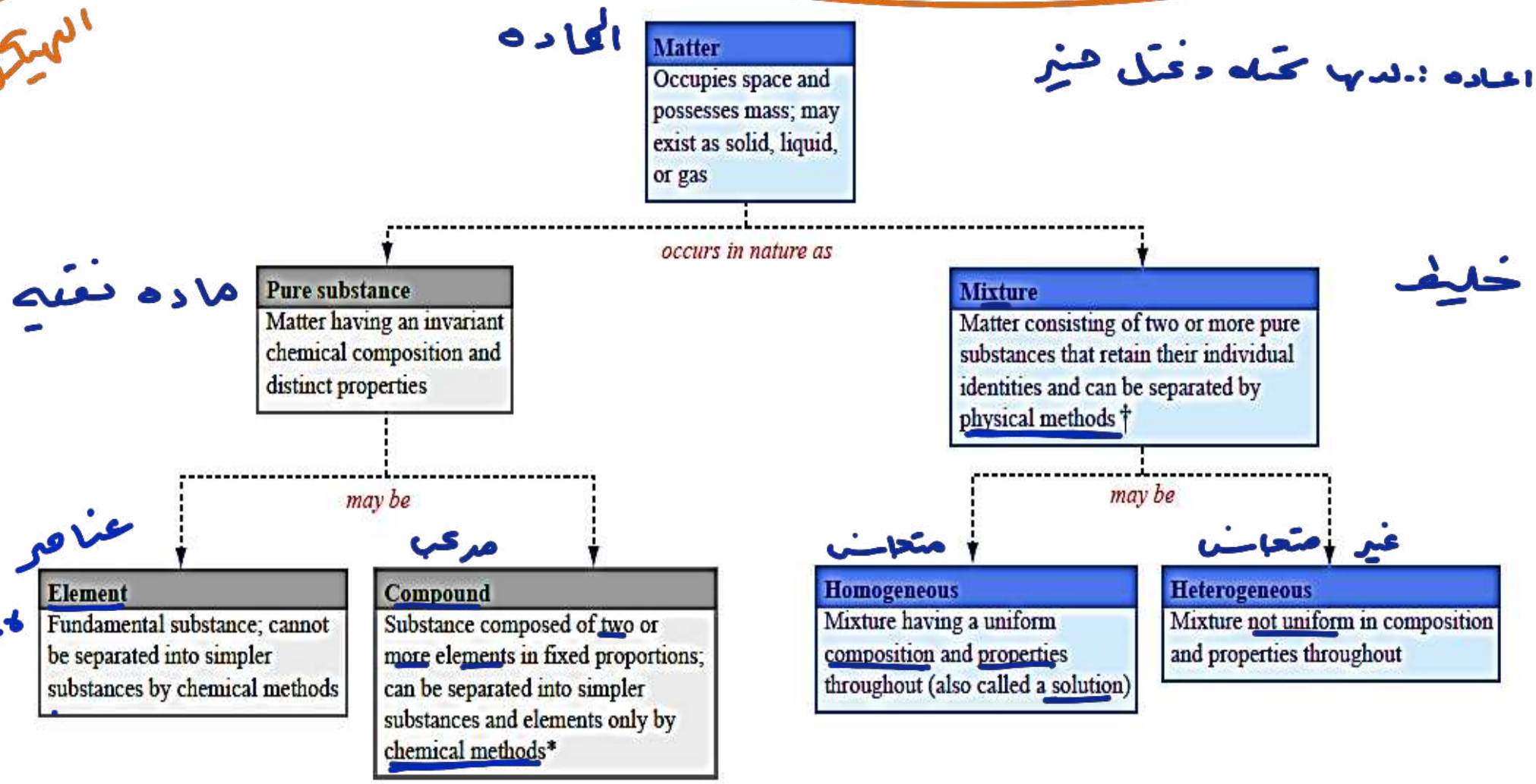
وفقًا لهياكلها الفيزيائية

- 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.

تصنيف المواد
بناءً على اعتماد على
الهيكل الفيزيائي

According to their physical structure



Chemical methods of separation include electrolysis.

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

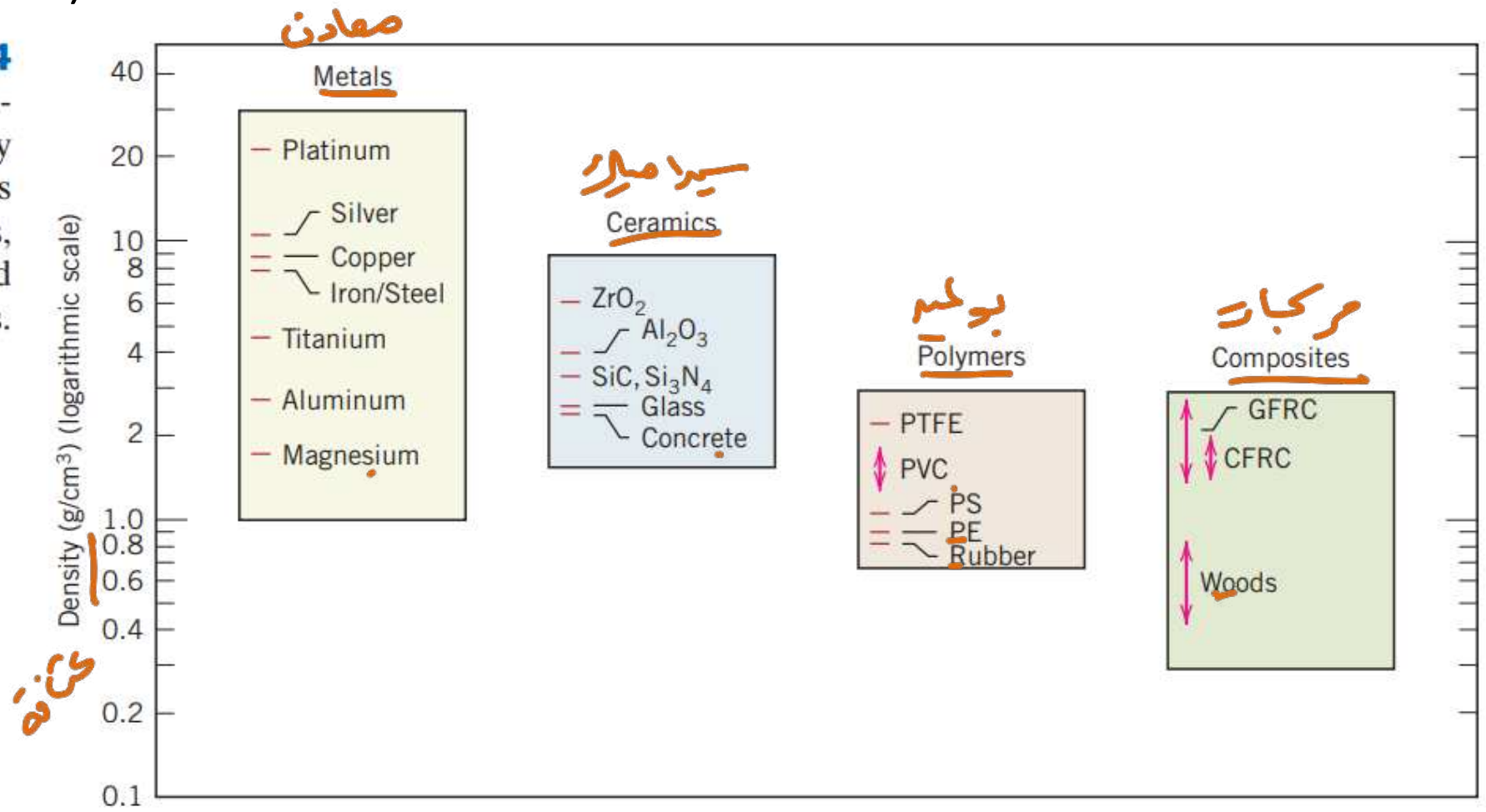
According to The Chemical Structure

تصنيف حسب التركيب الكيميائي

Solid materials have been grouped into four categories:

Metals, **ceramics**, **polymers**, and **composites** (engineered combinations of two or more different materials).

Figure 1.4
Bar chart of room-temperature density values for various metals, ceramics, polymers, and composite materials.



PTFE: poly(1,1,2,2)-tetrafluoroethylene)
PVC:Polyvinyl chloride
PS: Polystyrene
PE: Polyethylene
GFRC: **Glass fibre-reinforced concrete**
CFRC: Carbon fibre reinforced carbon

According to The Chemical Structure

معادن

Metals: Metals are composed of one or more metallic elements (e.g., iron, aluminum, copper, titanium, gold, nickel). These elements band together in 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 can make plastic deformations. (i.e., copper. Gold. iron. etc.)

سيراميك

Ceramics: are compounds between metallic and nonmetallic elements; they are most frequently oxides, nitrides, and carbides. For example, common ceramic materials include aluminum oxide (or alumina, Al_2O_3), silicon dioxide (or silica, SiO_2), silicon carbide (SiC), silicon nitride (Si_3N_4), and, in addition, those composed of clay minerals (e.g., porcelain), as well as cement and glass. ceramic materials are relatively stiff and strong—stiffnesses and strengths are comparable to those of the metals

بولیمیرز

Polymers: are organic compounds that are chemically based on carbon, hydrogen, and other nonmetallic elements (i.e., O, N, and Si). Furthermore, they have very large molecular structures, often chainlike in nature, that often have a backbone of carbon atoms. Some common polymers are polyethylene (PE), nylon, poly(vinyl chloride) (PVC), polycarbonate (PC), polystyrene (PS), and silicone rubber. These materials typically have low densities

مرکبات

Composites: A composite is composed of two (or more) individual materials that come from the categories previously discussed. The design goal of a composite is to achieve a combination of properties that are not displayed by any single material and also to incorporate the best characteristics of each of the component materials. Furthermore, some naturally occurring materials are composites—for example, wood and bone. However, most of it are synthetic

🧱 المعادن (Metals):

تتكون المعادن من عنصر معدني واحد أو أكثر (مثل الحديد، الألمنيوم، النحاس، التيتانيوم، الذهب، النيكل). تتجمع هذه العناصر معًا في كتلة مترابطة بروابط معدنية. وبسبب طبيعة الروابط المعدنية، فإن للمعادن بنية منتظمة ومحددة جيدًا.

تُوصّل المعادن الحرارة والكهرباء بشكل جيد (عن طريق الإلكترونات الحرة).

وبشكل عام، يمكن للمعادن أن تتحمل تشوهات بلاستيكية (مثل: النحاس، الذهب، الحديد، إلخ).

🔥 السيراميك (Ceramics):

السيراميك هو مركب يتكون من عناصر معدنية ولا معدنية، وغالبًا ما تكون هذه المركبات أكاسيد أو نيتريدات أو كربيدات.

على سبيل المثال، تشمل المواد السيراميكية الشائعة:

- أكسيد الألمنيوم (أو الألومينا، Al_2O_3)
- ثاني أكسيد السيليكون (أو السيليكا، SiO_2)
- كربيد السيليكون (SiC)
- نيتريد السيليكون (Si_3N_4)
- بالإضافة إلى المواد المكونة من معادن الطين (مثل البورسلان)، والإسمنت والزجاج.

تُعد المواد السيراميكية صلبة وقوية نسبيًا—إذ أن صلابة متانتها تقارن بخصائص المعادن.

🧪 البوليمرات (Polymers):

البوليمرات هي مركبات عضوية تعتمد كيميائيًا على الكربون والهيدروجين وعناصر غير معدنية أخرى (مثل الأكسجين، النيتروجين، والسيليكون).

علاوة على ذلك، فإن لها تراكيب جزيئية كبيرة جدًا، غالبًا ما تكون على شكل سلاسل، وتتكون عادة من سلسلة رئيسية من ذرات الكربون.

بعض البوليمرات الشائعة تشمل:

- بولي إيثيلين (PE)
- نايلون
- بولي فينيل كلوريد (PVC)
- بولي كربونات (PC)
- بولي ستايرين (PS)
- مطاط السيليكون

وعادةً ما تكون هذه المواد منخفضة الكثافة.

⚙️ المركّبات (Composites):

المركب هو مادة تتكون من مادتين (أو أكثر) من الفئات المذكورة سابقًا.

الهدف من تصميم المواد المركبة هو تحقيق مجموعة من الخصائص التي لا تظهر في أي مادة واحدة بمفردها، وأيضًا جمع أفضل خصائص كل من المواد المكونة لها.

وبالإضافة إلى ذلك، هناك بعض المواد المركبة التي توجد في الطبيعة، مثل الخشب والعظام.

ومع ذلك، فإن معظم المواد المركبة هي مواد صناعية (مُصنّعة).

Figure 1.9 Familiar objects made of metals and metal alloys (from left to right): silverware (fork and knife), scissors, coins, a gear, a wedding ring, and a nut and bolt.

Figure 1.10 Common objects made of ceramic materials: scissors, a china teacup, a building brick, a floor tile, and a glass vase.

Figure 1.11 Several common objects made of polymeric materials: plastic tableware (spoon, fork, and knife), billiard balls, a bicycle helmet, two dice, a lawn mower wheel (plastic hub and rubber tire), and a plastic milk carton.