University of Baghdad
College of Engineering
Department of Chemical Engineering

Subject: Materials Properties

Class: 2nd

Lecture Title: Introduction to Materials Science

Lecturers: Dr. Ali I.Al-Mosawi and Dr. Asrar Abdullah Hassan

Materials science is an interdisciplinary branch that investigates the structure, properties, and applications of natural and synthetic materials, with focusing on understanding their behavior. This understanding is crucial for creating and developing the materials we use in different applications. The main aspects of materials science studies include:

1. **Structure of Materials:** Materials science studies the atomic and molecular structure of materials. Depending on the composition of the material, whether it is solid, liquid, or gas, the study of structure includes atom arrangement, grain boundaries, crystal structure, etc. As shown in **Figure.1**.

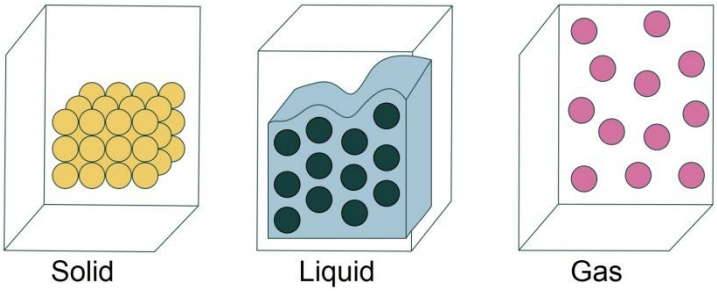


Figure.1: Atoms arrangement in solid, liquid, and gas

2. **Properties:** An important part of materials science is comprehending the properties or characteristics of various materials, such as mechanical, thermal, electrical optical properties, etc.

3. **Behavior and Performance:** Materials science studies the behavior of materials under specific conditions that vary from application to another, which will affect their performance. This includes studying how the properties and structure of materials will change as a result of changes occurring in the environment in which they operate.

4. **Manufacturing Methods:** The methods used in manufacturing, production, or processing have a significant impact on the properties and performance of materials. The types of manufacturing methods are shown in the Figure.2.

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34838.52805

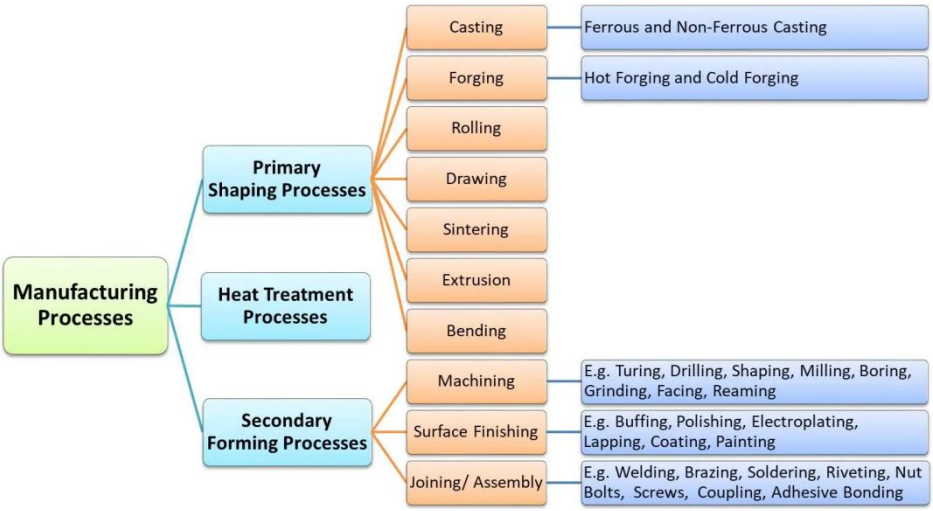


Figure.2: Types of manufacturing methods

5. **Analysis:** Analysis is used to diagnose and characterize changes that occur in the structure of materials that affect their general properties.

6. **Material Selection:** This is one of the most important fields of materials science because it determines the material that is suitable for a specific application and studies all of the circumstances surrounding this choice to determine the suitability of the material for that application. With the development of technology, it has become possible to select materials using computer-aided programs, as shown in the Figure.3.

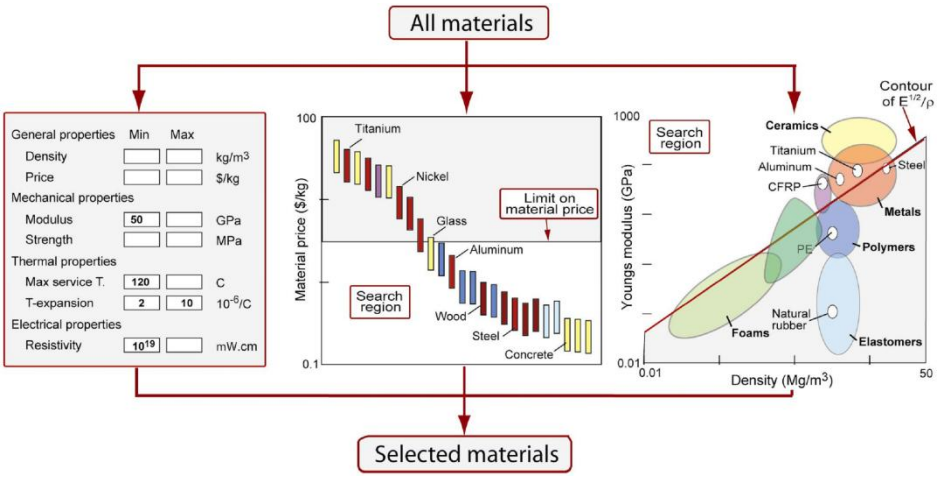


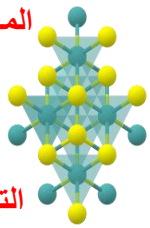
Figure.3: Computer-aided selection of materials

7. **Materials Design:** With the development of the industry, it has become possible to modify and develop the materials structures at the atomic and molecular levels to attain specific qualities and fulfill the demands of various industrial technologies.

References:

1. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition, Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2018.
2. James F. Shackelford, Introduction to Materials Science for Engineers, 8th Edition, Pearson Higher Education, Inc., NJ, USA, 2015.
3. M. F. Ashby, D. Cebon, Teaching Engineering Materials: the CES EduPack, Granta Design Limited, 2007, pp.1-13. https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Material_de_referencia/Ashby%20-%20Teaching_Engineering_Materials.pdf
4. Manufacturing Processes Types, Manufacturing Processes List, Tech Quality Pedia –TQP, 2022. https://techqualitypedia.com/manufacturing-processes-types/ (Accessed on 18 September 2023).
5. Nathan M, States of Matter, Breaking Atom, 2021. https://breakingatom.com/learn-the-periodic-table/states-of-matter (Accessed on 15 September 2023).
6. Photo credit: https://next-gen.materialsproject.org/materials/mp-1434

جامعة بغداد
كلية الهندسة
قسم الهندسة الكيمياوية



المادة: خواص المواد

المرحلة: الثانية

عنوان المحاضرة: مقدمة في علم المواد

التدريسي: د. علي إبراهيم الموسوي، د. أسرار عبد الله حسن

علم المواد هو فرع متعدد التخصصات يبحث في بنية وخواص وتطبيقات المواد الطبيعية والصناعية، مع التركيز على فهم سلوكها. يعد هذا الفهم أمراً بالغ الأهمية لإنشاء وتطوير المواد التي تستخدم في التطبيقات المختلفة. تشمل الجوانب الرئيسية التي يدرسها علم المواد ما يلي:

1. **تركيب المواد:** يدرس علم المواد التركيب الذري والجزيئي للمواد. واعتماداً على تركيب المادة، سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية، فإن دراسة البنية تشمل ترتيب الذرات، والحدود الحبيبية، والبنية البلورية، إلخ، وكما هو موضح في الشكل رقم 1.

2. **الخواص:** الجزء المهم من علم المواد هو فهم خواص المواد المختلفة، مثل الخواص البصرية، الميكانيكية، الحرارية، الكهربائية، وغيرها من الخواص.

3. **طرق التصنيع:** تمتلك الطرق المستخدمة في التصنيع أو الإنتاج أو المعالجة تأثيراً كبيراً على على خواص وإداء المواد. أنواع طرق التصنيع موضحة في الشكل رقم 2.

4. **السلوك والإداء:** يدرس علم المواد سلوك المواد تحت ظروف محددة تختلف من تطبيق إلى آخر، مما سيؤثر على أدائها. ويشمل ذلك دراسة كيفية تغير خصائص وبنية المادة نتيجة للتغيرات التي تحدث في البيئة التي تعمل فيها.

5. **التحليل:** يستخدم التحليل لتشخيص وتوصيف التغيرات التي تحصل في بنية المواد والتي تؤثر على خواصها العامة.

6. **إختيار المواد:** ويعد واحداً من أهم المجالات لعلم المواد والتي يتم من خلاله تحديد المادة التي تلائم تطبيق معين ودراسة كل الظروف التي تحيط بهذا الإختيار لتحديد مدى ملائمة المادة لذلك التطبيق. مع تطور التقنيات أصبح بالإمكان إختيار المواد بواسطة البرامج المعانة بالحاسوب كما موضح بالشكل رقم 3.

7. **تصميم المواد**: مع تطور الصناعة، أصبح من الممكن تعديل وتطوير هياكل المواد على المستوى الذري والجزيئي للحصول على صفات محددة وتلبية متطلبات التقنيات الصناعية المختلفة.

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34838.52805

University of Baghdad
College of Engineering
Department of Chemical Engineering

Subject: Materials Properties

Class: 2nd

Lecture Title: Metals and Alloys

Lecturers: Dr. Ali I.Al-Mosawi and Dr. Asrar Abdullah Hassan

Metals are inorganic substances that are solid at room temperature. However, there are a few exceptions, for example, mercury is a liquid metal at room temperature. Unlike liquids or gases, metals have a defined shape and volume, and there is a regular pattern of repeating atoms in metals called a crystal lattice. Also, metals resemble giant metallic structures rather than non-metals, which appear as discrete molecules or covalently bonded networks. Metals are characterized by their atom arrangement, which gives them their general properties, including hardness, strength, electrical conductivity, etc. In addition to their unique properties, metals have structural characteristics, including crystal structure, close packing, and metallic bonding. In addition, metals are characterized by large atomic radii, low ionization energies, and low electronegativity. **Figure.1** represents the metals in the periodic table.

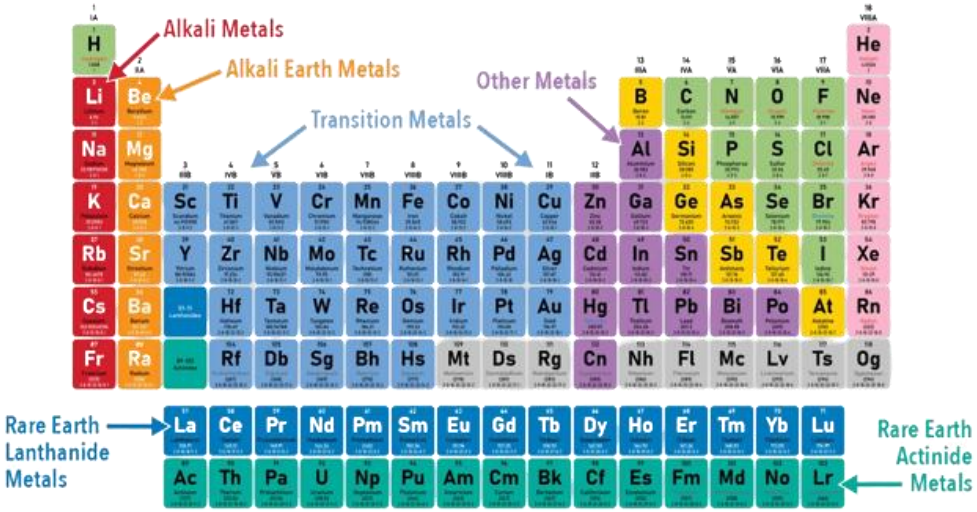


Figure.1: Metals in the periodic table

Crystal structure of metals: Metals' crystal structure determines their properties and behaviors. The arrangement of atoms in metals is usually highly ordered and tightly packed, as opposed to non-metals. Many of the characteristics of metals, such as strength, conductivity, and malleability, can be attributed to this characteristic metallic structure. There are five main types of crystal structure arrangements as shown in **Figure.2**:

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30495.12967

1. **Simple Cubic (SC):** also called primitive unit cell (P). It is the simplest of all crystal structures. Atoms are arranged at the eight corners of a cube in this structure.
2. **Body-Centered Cubic (BCC):** Another common crystal structure in metals is the body-centered cubic structure. The cube contains eight corners and a center atom. Atoms are arranged at the corners of a cube.
3. **Face-Centered Cubic (FCC):** In metals, the most common crystal structure is the face-centered cubic structure. It consists of eight atoms at the corners of a cube and four atoms on its faces.
4. **Hexagonal Closest-Packed (HCP):** There are three atoms in each layer of this structure. In each layer, an atom has six nearest neighbors within its own layer, and three neighbors above and below.
5. **Cubic Closest-Packed (CCP):** The cubic closest-packed crystal structure has atoms packed as closely as possible. A structure like this maximizes the number of atoms that can be packed into a given space, and as a result, it is extremely stable and efficient.

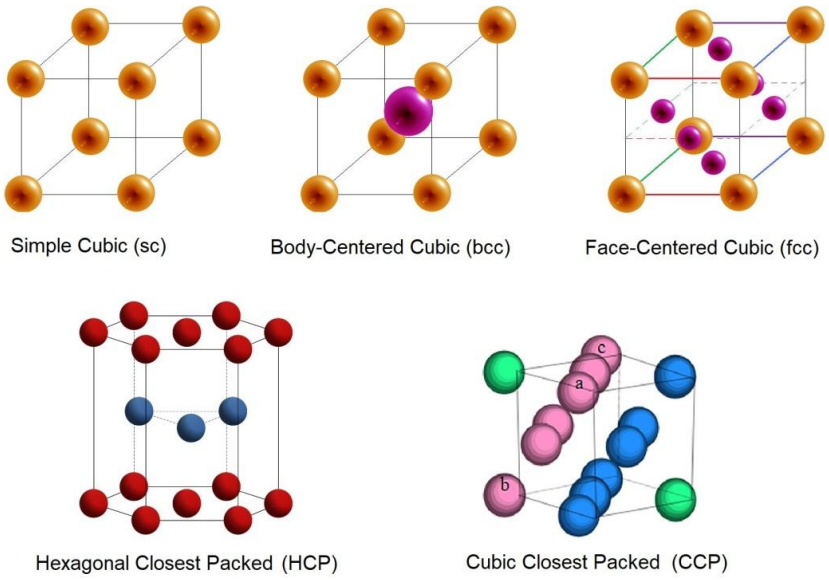


Figure.2: Types of crystal structure arrangements

Close-packing: which describes how atoms are arranged in a metal lattice. As many atoms as possible surround each atom in a close-packed arrangement. The structure resulting from this is very stable and strong. Hexagonal closest-packed (HCP) and cubic closest-packed (CCP) are the two most prevalent close-packing structures, as listed in **Figure.2**.

Metallic bonding is a kind of chemical bonding caused by the electrostatic attraction of conduction electrons (in the form of an electron cloud of delocalized electrons) to positively charged metal ions. It is defined as the sharing of free electrons among positively charged ions (cations) as shown in **Figure.3**. Many physical characteristics of metals are accounted for by metallic bonding, including strength, ductility, thermal and electrical resistivity and conductivity, opacity, and luster.

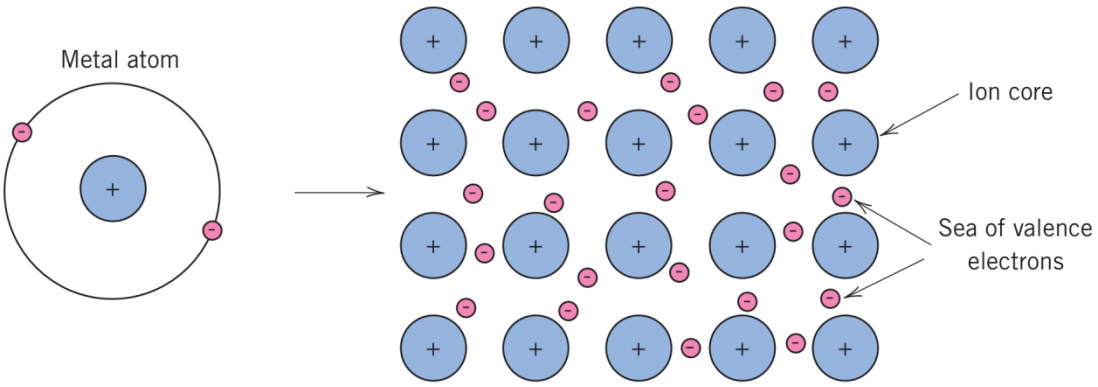


Figure.3: Metallic bonding

Properties of metals: Metals have several significant properties. These properties are critical for choosing the right metal for a given application as well as for comprehending how metals behave under different working conditions. The properties possessed by metals can be listed as follows:

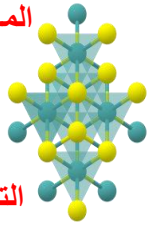
1. **Strength:** is a metal's capacity to sustain an external force without breaking or deforming excessively. There are several types of strength, such as tensile strength, compressive strength, and shear strength. This characteristic is critical for structural applications.
2. **High melting and boiling points:** The melting and boiling points of most metals are both high. Because of this feature, metals are suited for high-temperature applications.
3. **Ductility:** defined as the capacity of a metal to be drawn into wires without fracturing.
4. **Malleability:** describes the ability of a metal to withstand being hammered into thin sheets.
5. **Toughness:** represents the capacity of a metal to absorb energy and resist fracture. This feature qualifies metals for applications requiring high impact resistance.
6. **Fatigue Resistance:** it is a measure of the metal's capacity to sustain repeated or cycled loads without breaking. This feature is critical in applications involving cyclic stress on metals.
7. **Hardness:** it represents the metal's ability to resist penetration or scratching. Harder metals will be more resistant to wear and abrasion.
8. **Elasticity:** is the ability of a metal to regain its original shape after the load imposed on it that led to its deformation has been removed. Elastic metals considered more flexible and resilient.
9. **Plasticity:** The ability of a metal to deform permanently without breaking. Metals with higher ductility are usually more ductile and malleable.
10. **Density:** it is an essential property for metals that are used in applications where weight is a critical factor, such as aircraft and spacecraft or construction.
11. **Conductivity:** which is the capacity of the metal to conduct heat or electricity. Metals are usually good conductors of heat and electricity, making them appropriate for applications such as electrical cables and heat sinks.
12. **Corrosion Resistance:** is a critical attribute for metals exposed to corrosive conditions such as saltwater or chemicals.
13. **Insolubility:** metals do not dissolve in water or any other solvents.
14. **Luster:** Metals have a distinctive bright look due to their propensity to reflect light.

Metallic alloys are composed of two or more elements, one of which is a metal, which are mixed together in a particular proportion. It is often the case that alloys are formed through the melting of constituent elements and the solidification of those elements. In comparison with the individual elements, the resulting material has different properties, which allows it to be used in a broader range of applications than the individual elements. It has been discovered that alloys can have many advantages over pure metals, in the sense that alloys can be significantly stronger, harder, and more resistant than pure metals, which makes them suitable for structural applications where high strength is needed. The most common types of alloys are: steel, which is an alloy of iron and carbon; brass, which is an alloy of copper and zinc; bronze, which is an alloy of copper and tin; aluminum alloys; nickel alloys.

References:

1. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition, Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2018.
2. James F. Shackelford, Introduction to Materials Science for Engineers, 8th Edition, Pearson Higher Education, Inc., NJ, USA, 2015.
3. Emily V. Eames, Metal Crystal Structures, Chemistry Library, https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/General_Chemistry_Supplement_(Eames)/Solids/Metal_Crystal_Structures (Accessed on 12 November 2023).
4. Brittanie Harbick, Laura Suh, Jenny Fong, Closest Packed Structures, Chemistry Library, 2019. https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Physical_Properties_of_Matter/States_of_Matter/Properties_of_Solids/Crystal_Lattice/Closest_Pack_Structures (Accessed on 12 November 2023).
5. Important types of lattice structures, Important types of lattice structures, 2018. https://www.tec-science.com/material-science/structure-of-metals/important-types-of-lattice-structures/(Accessed on 12 November 2023).
6. E. Jane Minay, Aldo R. Boccaccini, Metals, In: Hench, L.L., Jones, J.R. (eds.) Biomaterials, Artificial Organs and Tissue Engineering, Woodhead Publishing Series in Biomaterials, 2005, pp.15-25. https://doi.org/10.1533/9781845690861.1.15
7. Properties of Metals, 2022. https://www.studyread.com/properties-of-metals/ (Accessed on 13 November 2023).
8. Michele Meleen, Basic Types of Metals on the Periodic Table, 2020. https://www.yourdictionary.com/articles/periodic-table-metals (Accessed on 13 November 2023).
9. Properties of the Basic Metals Element Group, Anne Marie Helmenstine, 2019. https://www.thoughtco.com/properties-basic-metals-element-group-606654 (Accessed on 13 November 2023).
10. Photo credit: https://next-gen.materialsproject.org/materials/mp-1434

جامعة بغداد
كلية الهندسة
قسم الهندسة الكيمياوية



المادة: خواص المواد
المرحلة: الثانية
عنوان المحاضرة: المعادن والسبائك
التدريسي: د. علي إبراهيم الموسوي، د. أسرار عبد الله حسن

المعادن هي مواد غير عضوية والتي تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة، ومع ذلك، هناك بعض الإستثناءات، على سبيل المثال، الزئبق معدن سائل في درجة حرارة الغرفة. على عكس السوائل والغازات، فإن المعادن لها شكل وحجم محددان، حيث هناك نمط منتظم من الذرات المتكررة في المعادن يسمى الشبكة البلورية. كما أن المعادن تُشكل ياكل معدنية عملاقة، وليس كاللافلزات، التي تظهر كجزيئات منفصلة أو بشكل شبكات مرتبطة تساهمياً. تتميز المعادن بترتيبها الذري الذي يعطيها خواصها العامة مثل الصلادة، المقاومة، الموصلية الكهربائية، وغيرها من الخواص الأخرى. بالإضافة إلى خصائصها الفريدة، تتمتع المعادن بخصائص هيكلية، بما في ذلك البنية المتراصة والترابط المعدني والبنية البلورية. إضافة لذلك، تتميز المعادن بنصف قطر ذري الكبير وطاقات تأين منخفضة وكذلك إنخفاض السالبية الكهربية لها. يمثل **الشكل رقم 1** المعادن الموجودة في الجدول الدوري.

التركيب البلوري للمعادن: يحدد التركيب البلوري للمعادن خصائصها وسلوكياتها. عادة ما يكون ترتيب الذرات في المعادن مرتباً للغاية ومتراص بإحكام، على عكس العناصر غير المعدنية. يمكن أن تعزى العديد من خصائص المعادن، مثل القوة، والتوصيل، والقدرة على التحمل، إلى هذا التركيب البلوري المعدني المميز. هناك خمسة أنواع رئيسية من التراكيب البلورية للمعادن وكما هو موضح في **الشكل رقم 2**:

1. المكعب البسيط (SC): ويسمى أيضًا بوحدة الخلية البدائية (P). وهو أبسط الهياكل البلورية. في هذا التركيب الهيكلي، يتم ترتيب الذرات في الزوايا الثمانية للمكعب.
2. المكعب مركزي الجسم (BCC): وهو هيكل بلوري شائع في المعادن. يحتوي المكعب على ثماني زوايا وذرة مركزية. يتم ترتيب الذرات في زوايا المكعب.
3. المكعب مركزي الوجه (FCC): وهي البنية البلورية الأكثر شيوعاً في المعادن، ويتكون من ثماني ذرات في زوايا المكعب وأربع ذرات في وجوهه.
4. السداسي المكتظ (HCP): توجد ثلاث ذرات في كل طبقة من هذا الهيكل. في كل طبقة، تحتوي الذرة على ستة جيران قريبين داخل طبقتها الخاصة، وثلاثة جيران في الأعلى والأسفل.
5. المكعب المكتظ (CCP): يحتوي هذا الهيكل البلوري على ذرات متراصة بشكل وثيق بشكل كبير، مما يعمل على زيادة عدد الذرات التي يمكن لأن تترتب في مساحة معينة، ونتيجة لذلك، فهو مستقر وفعال للغاية.

البنية المتراصة: تصف البنية المتراصة كيفية ترتيب الذرات في الشبكة المعدنية، إذا يحيط أكبر عدد ممكن من الذرات بكل ذرة في ترتيب متقارب. الهيكل الناتج عن هذا التراص يكون مستقراً وقوياً للغاية. تعد البنى السداسية المكتظة (HCP) والمكعبة المكتظة (CCP) الأكثر إنتشاراً، وكما هو موضح **في الشكل رقم 2**.

الترابط المعدني: هو نوع من الترابط الكيميائي الناتج عن الجذب الكهروستاتيكي لإلكترونات التوصيل (على شكل سحابة إلكترونية من الإلكترونات غير المتمركزة) لأيونات المعادن الموجبة الشحنة. يتم تعريف الترابط المعدني على أنه مشاركة الإلكترونات الحرة بين الأيونات الموجبة الشحنة (الكاتيونات) كما موضح في **الشكل رقم 3**. يتم حساب العديد من الخصائص الفيزيائية للمعادن من خلال الروابط المعدنية، بما في ذلك القوة والليونة والمقاومة الحرارية والكهربائية والموصلية والعتامة واللمعان.

خواص المعادن: تمتلك المعادن العديد من الخواص الهامة، والتي تعتبر حاسمة في عملية إختيار المعدن المناسب لتطبيق معين، وكذلك لفهم كيفية تصرف المعادن في ظل ظروف العمل المختلفة. ويمكن إدراج الخواص التي تمتلكها المعادن بالآتي:

1. **المقاومة:** المقاومة هي قدرة المعدن على تحمل قوة خارجية دون أن ينكسر أو يتشوه بشكل مفرط. هناك عدة أنواع من المقاومة، مثل مقاومة الشد، و مقاومة الإنضغاط، و مقاومة القص. تعتبر هذه الخاصية حاسمة للتطبيقات الهيكلية.
2. **نقاط إنصهار وغليان عالية:** تكون درجات إنصهار وغليان معظم المعادن مرتفعة، وبسبب هذه الميزة، تعتبر المعادن مناسبة لتطبيقات درجات الحرارة العالية.
3. **المطيلية**: ويتم تعريفها على إنها قدرة المعدن على سحبه إلى أسلاك بدون أن ينكسر.
4. **قابلية الطرق (الطروقية):** يصف قدرة المعدن على تحمل الطرق من أجل تحويله إلى صفائح رقيقة.
5. **المتانة:** تمثل قدرة المعدن على امتصاص الطاقة ومقاومة الكسر. هذه الميزة تؤهل المعادن للتطبيقات التي تتطلب مقاومة صدم عالية.
6. مقاومة الكلال: هي مقياس لقدرة المعدن على تحمل الأحمال المتكررة أو الدورية دون أن تنكسر. هذه الميزة حاسمة في التطبيقات التي تنطوي على الإجهاد الدوري على المعادن.
7. **الصلادة:** تمثل قدرة المعدن على مقاومة الاختراق أو الخدش. تكون المعادن الأصلد أكثر مقاومة للبلى والسحج.
8. **المرونة:** هي قدرة المعدن على إستعادة شكله الأصلي بعد زوال الحمل المسلط عليه والذي أدى إلى تشوهه. تعتبر المعادن المرنة أكثر ليونة ورجوعية.
9. **اللدونة:** وتمثل قدرة المعدن على التشوه بشكل دائم دون أن تنكسر. عادة ما تكون المعادن التي تتميز باللونة العالية أكثر مطيلية وقابيلة للطرق.
10. **الكثافة:** هي خاصية أساسية للمعادن التي تستخدم في التطبيقات التي يكون فيها الوزن عاملاً حاسماً، مثل الطائرات والمركبات الفضائية أو التطبيقات الإنشائية.
11. **الموصلية:** وهي قدرة المعدن على توصيل الحرارة أو الكهرباء. عادة ما تكون المعادن موصلة جيدة للحرارة والكهرباء، مما يجعلها مناسبة لتطبيقات مثل الكابلات الكهربائية والمشتتات الحرارية.
12. **مقاومة التآكل:** هي سمة هامة للمعادن المعرضة لظروف التآكل مثل المياه المالحة أو المواد الكيميائية.
13. **عدم الذوبان:** المعادن لا تذوب في الماء أو في أي مذيبات أخرى.
14. **اللمعان:** تتمتع المعادن بمظهر لامع مميز بسبب ميلها إلى عكس الضوء.

السبائك المعدنية: تتكون السبائك المعدنية من عنصرين أو أكثر، يكون أحدهما المعدن، ويتم مزجهما معًا بنسب معينة. في كثير من الأحيان يتم تشكيل السبائك من خلال ذوبان العناصر الداخلة في تكوينها ومن ثم إنجماد تلك العناصر. بالمقارنة مع العناصر الفردية، فإن المادة الناتجة (السبيكة) يكون لها خواص مختلفة، مما يسمح باستخدامها في نطاق أوسع من التطبيقات مقارنة بالعناصر الفردية. لقد تم إكتشاف أن السبائك يمكن أن تتمتع بالعديد من المزايا مقارنة بالمعادن النقية، بمعنى أن السبائك يمكن أن تكون أقوى وأكثر صلادة وأكثر مقاومة من المعادن النقية، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات الهيكلية التي تتطلب مقاومة عالية. من أكثر أنواع السبائك شيوعاً الفولاذ وهو سبيكة من الحديد والكاربون، والنحاس هو سبيكة من النحاس والزنك، والبرونز هو سبيكة من النحاس والقصدير، وسبائك الألومنيوم وسبائك النيكل.

University of Baghdad
College of Engineering
Department of Chemical Engineering

Subject: Materials Properties

Class: 2nd

Lecture Title: Selection of Materials Properties for Chemical Engineering Applications

Lecturers: Dr. Ali I.Al-Mosawi and Dr. Asrar Abdullah Hassan

What are the principles relied upon in selecting the properties of materials for chemical engineering applications? This question can be answered if we know the type of application for which the appropriate material is to be selected and the operating conditions in which it works. Engineers must take into account a group of factors to ensure that the chosen material meets the specific requirements of this application. Therefore, the chemical engineer must take the following factors into consideration to ensure the correct and sound selection of the material that suits the application:

1. Specify the Application Requirements.

This is done by determining the chemical, thermal, mechanical, and electrical requirements for the process or equipment. And also by determining operating conditions, such as temperature, pressure, and exposure to corrosive chemicals. Finally, determine the safety standards that must be provided and ensure compliance with them.

2. Identify Candidate Materials for that Application.

This is done based on the first step, which determined the application requirements for us, Which can be metal, polymer, ceramic, composite, and other materials. Material selection charts (Figure.1) can be used to compare the properties of candidate materials.

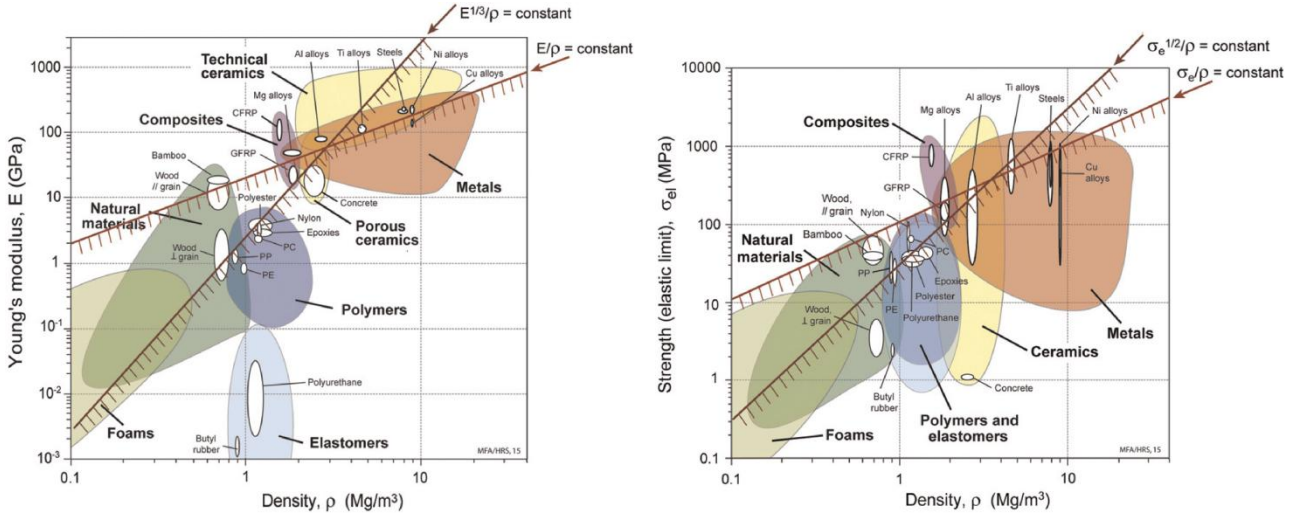


Figure.1: The material selection charts

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11953.35685

3. Chemical Compatibility Assessment.

To avoid unwanted interactions between materials, attention must be paid to the extent of their chemical compatibility. This is done through the use of chemical resistance data, corrosion charts, and compatibility tables, which help in the correct and precise assessment of the extent of chemical compatibility of the candidate material with the chemicals with which it comes into contact. For example, Figure.2 represents the chemical compatibility map for plastics and 3-D printing materials.

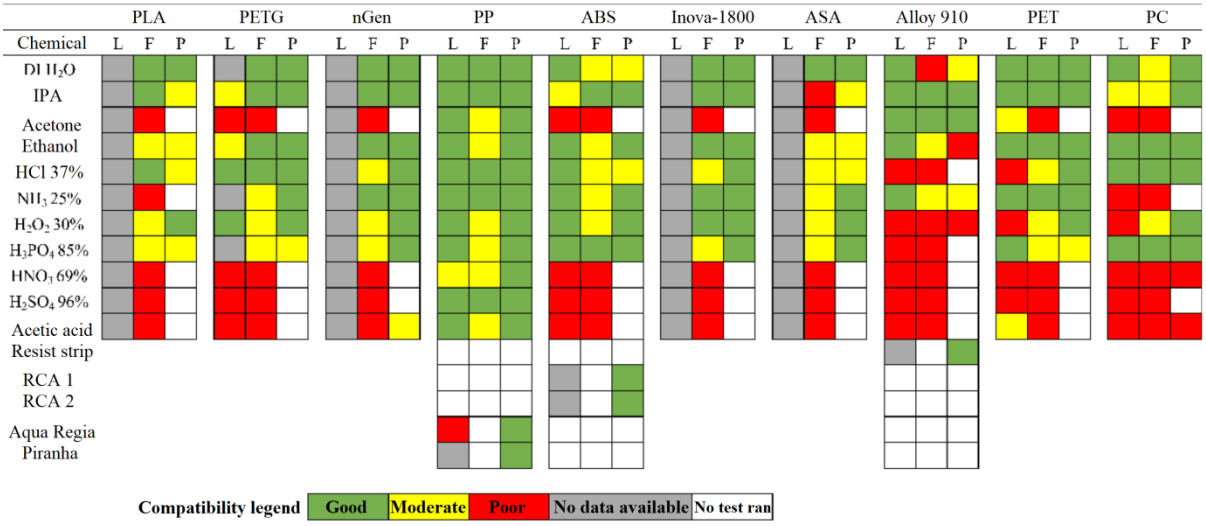


Figure.2: Chemical compatibility map for plastics and 3-D printing materials

4. Evaluation of Candidate Materials Properties.

The properties of candidate materials suitable for a specific application are evaluated by conducting practical tests on them, and then the results obtained are compared to what is found in standard tables. For example, Table.1 represents the standard mechanical properties for PA 3200 GF material.

Table.1: The standard mechanical properties of PA 3200 GF material

Mechanical Properties	Value	Unit	Test Standard
Tensile Modulus	3200	MPa	ISO 527
Tensile Strength	51	MPa	ISO 527
Strain at break	9	%	ISO 527
Charpy impact strength (+23 °C)	35	kJ/m^2	ISO 179/1eU
Charpy notched impact strength (+23 °C)	5.4	kJ/m^2	ISO 179/1eA
Flexural modulus (23 °C)	2900	MPa	ISO 178
Flexural Strength	73	MPa	ISO 178
Izod notched impact strength (+23 °C)	4.2	kJ/m^2	ISO 180/1A
Izod impact strength (+23 °C)	21	kJ/m^2	ISO 180/1U
Shore D hardness	80	-	ISO 7619-1
Ball indentation hardness	98	MPa	ISO 2039-1

5. Assessment of Environmental Effects and Sustainability Aspects.

This is done by knowing the recyclability, toxicity, carbon footprint, carbon footprint, biodegradability, energy consumption during processing, etc. of the selected materials. Therefore, as much as possible, environmentally friendly materials should be chosen. Figure.3 represents the implementation of safe and sustainable design approaches.

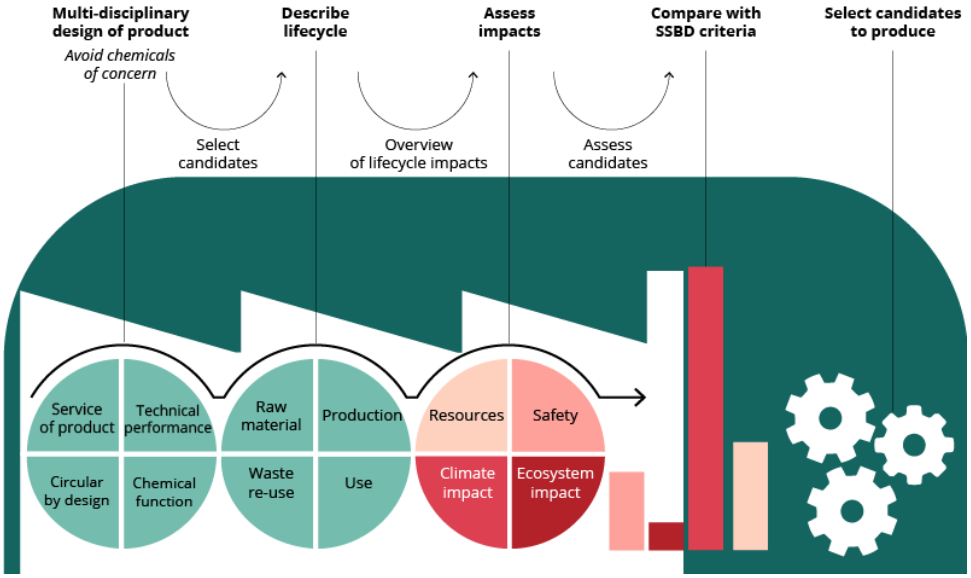


Figure.3: The implementation of safe and sustainable design approaches

6. Health and Safety Considerations.

The selected materials must be compatible with safety standards and not negatively affect the health of those dealing with them during manufacturing or during use.

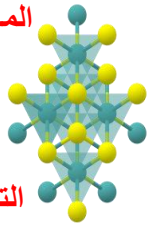
7. Longevity and Durability.

The materials selected must have a long and safe operating life, which will result in reduced operational costs.

References:

1. H.R. Shercliff, M.F. Ashby, Elastic Structures in Design, Encyclopedia of Materials: Science and Technology, 2001, pp.2429-2433. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.02944-1
2. Ismo T. S. Heikkinen, Christoffer Kauppinen, Zhengjun Liu, Sanja M. Asikainen, Steven Spoljaric, Jukka V. Seppälä, Hele Savin, Joshua M. Pearce, Chemical compatibility of fused filament fabrication-based 3-D printed components with solutions commonly used in semiconductor wet processing, Additive Manufacturing, Vol.23, October 2018, pp.99-107. https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.07.015
3. Jerzy Bochnia , Malgorzata Blasiak and Tomasz Kozior, Tensile Strength Analysis of Thin-Walled Polymer Glass Fiber Reinforced Samples Manufactured by 3D Printing Technology, Polymers, Vol.12, Issue.12, 2020, pp.2783. https://doi.org/10.3390/polym12122783
4. Designing Safe and Sustainable Products Requires a new Approach for Chemicals, European Environment Agency, 2023. https://www.eea.europa.eu/publications/designing-safe-and-sustainable-products-1 (Accessed on 20 October 2023).
5. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition, Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2018.
6. James F. Shackelford, Introduction to Materials Science for Engineers, 8th Edition, Pearson Higher Education, Inc., NJ, USA, 2015.
7. Photo credit: https://next-gen.materialsproject.org/materials/mp-1434

جامعة بغداد
كلية الهندسة
قسم الهندسة الكيمياوية



المادة: خواص المواد

المرحلة: الثانية

عنوان المحاضرة: إختيار خواص المواد لتطبيقات الهندسة الكيمياوية

التدريسي: د. علي إبراهيم الموسوي، د. أسرار عبد الله حسن

ما هي الأسس التي يتم الإعتماد عليها في إختيار خواص المواد لتطبيقات الهندسة الكيمياوية ؟. بالإمكان الإجابة على هذا السؤال إذا عرفنا نوع التطبيق المراد إختيار المادة المناسبة له وظروف التشغيل التي يعمل فيها، حيث يجب على المهندسين مراعاة مجموعة من العوامل للتأكد من أن المادة المختارة تلبي المتطلبات المحددة لهذا التطبيق. لذلك على المهندس الكيمياوي أخذ العوامل التالية بنظر الإعتبار ليضمن الإختيار الصحيح والسليم للمادة التي تلائم التطبيق:

1. **تحديد متطلبات التطبيق :**ويتم ذلك من خلال تحديد المتطلبات الكيميائية والحرارية والميكانيكية والكهربائية للعملية أو المعدات، وأيضاً تحديد ظروف التشغيل، مثل درجة الحرارة والضغط والتعرض للمواد الكيميائية المسببة للتآكل. وأخيراً تحديد معايير السلامة الواجب توفيرها وضمان الإلتزام بها.

2. **تحديد المواد المرشحة لذلك التطبيق :**ويتم ذلك بالإعتماد على الخطوة الأولى والتي حددت لنا متطلبات التطبيق، والتي يمكن أن تكون مادة معدنية، بولمير، سيراميك، مادة مركبة، وغيرها من المواد. يمكن إستخدام مخططات إختيار المواد (الشكل رقم 1) للمقارنة بين خواص المواد المرشحة.

3. **تقييم التوافق الكيميائي :**لتجنب حصول التفاعلات غير المرغوبة بين المواد يجب الإنتباه لمدى توافقها الكيميائي ويتم ذلك من خلال إستخدام بيانات المقاومة الكيميائية ومخططات التآكل وجداول التوافق والتي تساعد في التقييم الصحيح والمضبوط لمدى التوافق الكيميائي للمادة المرشحة مع المواد الكيميائية التي تكون بتماس معها. على سبيل المثال، الشكل رقم 2 يمثل خريطة التوافق الكيميائي للمواد البلاستيكية ومواد الطباعة ثلاثية الأبعاد.

4. **تقييم خواص المواد المرشحة:** يتم تقييم خواص المواد المرشحة والملائمة لتطبيق معين من خلال إجراء الإختبارات العملية عليها، ثم يتم مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بما موجود في الجداول القياسية. على سبيل المثال، الجدول رقم 1 يمثل الخواص الميكانيكية القياسية لمادة PA 3200 GF.

5. **تقييم التأثيرات البيئية وجوانب الاستدامة:** ويتم ذلك من خلال معرفة قابلية إعادة التدوير، والسمية، والبصمة الكاربونية، وقابلية التحلل الحيوي، وإستهلاك الطاقة أثناء المعالجة، إلخ للمواد المختارة. لذلك، قدر الإمكان، يجب إختيار مواد صديقة للبيئة. يمثل الشكل رقم 3 تنفيذ أساليب التصميم الآمنة والمستدامة.

6. **إعتبارات الصحة والسلامة:** يجب أن تكون المواد المختارة متوافقة مع معايير السلامة ولا تأثر سلباً على صحة المتعاملين معها أثناء التصنيع أو أثناء الإستخدام.

7. **العمر الطويل والمتانة:** يجب أن تتمتع المواد المختارة بعمر تشغيلي طويل وآمن والذي سوف يؤدي إلى تقليل التكاليف التشغيلية.

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11953.35685

University of Baghdad
College of Engineering
Department of Chemical Engineering

Subject: Materials Properties

Class: 2nd

Lecture Title: Atomic Structure

Lecturers: Dr. Ali I.Al-Mosawi and Dr. Asrar Abdullah Hassan

Within all elements, the atom is considered to be the smallest unit of ordinary matter. Atomic structure can be defined as the arrangement of subatomic particles, which includes protons, neutrons, and electrons in an atom. These subatomic particles are the fundamental constituents of all matter. **Figure.1** shows the structure of the atom, where an atom is made up of a nucleus consisting of protons and neutrons held together by a strong nuclear force and surrounded by a cloud of electrons that are held together by an electrostatic force. The nucleus contains almost all of an atom's mass, with just a little contribution from the electron cloud. As we mentioned, the atom consists of subatomic particles whose properties are shown in **Table.1**.

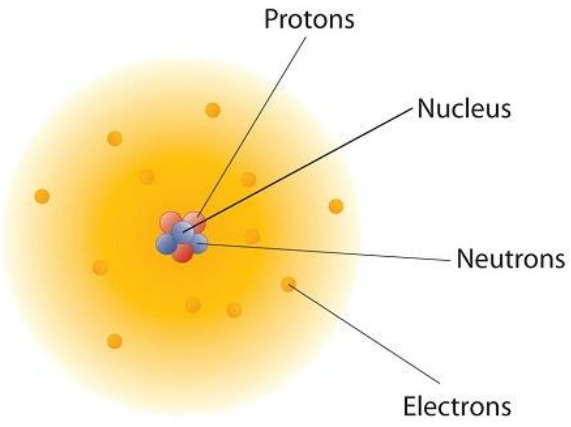


Figure.1: The structure of the atom

Table.1: Properties of subatomic particles

Particle	Symbol	Mass (amu)	Charge	Location
proton	p^{+}	1	+	Inside nucleus
neutron	n^{0}	1	-	Inside nucleus
electron	e^{-}	5.45×10^{-4}	0	Outside nucleus

Note: (aum) is an abbreviation for atomic mass unit, where 1 amu is equal to: 1 amu = 1.6605×10^{-24} g.

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.14520.72960

1. Proton: This subatomic particle has a positive charge**.** The number of protons in an atom equals the element's atomic number. For example, based on the periodic table of elements, iron (Fe) has an atomic number equal to 26, so the protons number will also be 26, as shown in **Figure.2**.

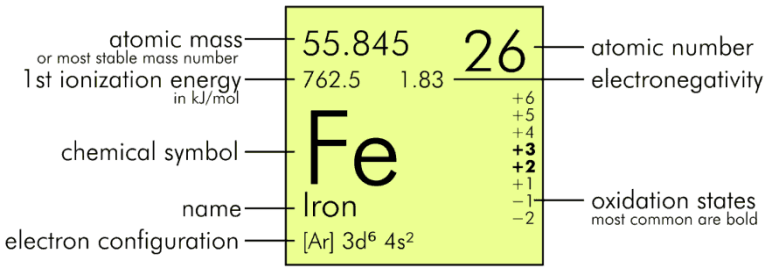


Figure.2: Atomic information for iron based on the periodic table of elements

2. Neutron: The neutron has a neutral charge. The number of neutrons (N_n)can be estimated by subtracting the atomic number (A_n) from the atomic mass (A_m). For example, from **Figure.2**, the atomic mass of iron is approximately 56 (55.845) and its atomic number is 26; therefore, the number of neutrons will be:

$N_n = 56 - 26$, So: $N_n = 30$ neutron

Depending on the isotope of the atom, the number of neutrons in an atom can vary. Isotopes are atoms of a certain element with a different number of neutrons than other atoms of that element. The most common example of an isotope is iron, where iron-56 has 30 neutrons. Iron-57 has 31 neutrons, and Iron-54 has 28 neutrons.

3. Electron: An electron is a subatomic particle with a negative charge that orbits the nucleus. As compared to protons and neutrons, electrons are much smaller and lighter. The number of electrons, as is the case with protons, is equal to the atomic number of an element for neutrally charged species. For example, according to the atomic number of iron shown in **Figure.2**, iron will have 26 electrons, which is equal to the number of protons.

A **valence electron** is an electron in the outermost shell (valence shell or orbit) of an atom. In an atom, these valence electrons participate in chemical reactions, making them the most important electrons. A chemical reaction occurs when two atoms form bonds. These bonds are created when electrons are shared or transferred between atoms. The number of valence electrons that each atom possesses determines the kind of bond that forms, reactivity, and electronegativity of an atom. **Figure.3** represents the valence electrons in the aluminium atom. There are two methods to find the number of valence electrons: the first is using the periodic table, and the second is using the electron configuration.

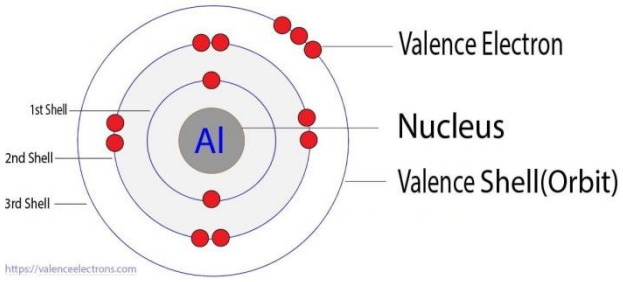


Figure.3: The valence electrons in the aluminium atom

Calculating valence electrons using the periodic table: The periodic table can be used to calculate the number of valence electrons by checking the location of the element in the table (group columns), where all elements have valence electrons equal to the number of the column of one group (except the transition elements). For example, from **Figure.4**, we can find the valence electrons of aluminum (Al), which has atomic number 13 and is in group 3 (**13**), so one atom of aluminum will have three valence electrons. **Table.2** lists the number of valence electrons in the different groups of the periodic table.

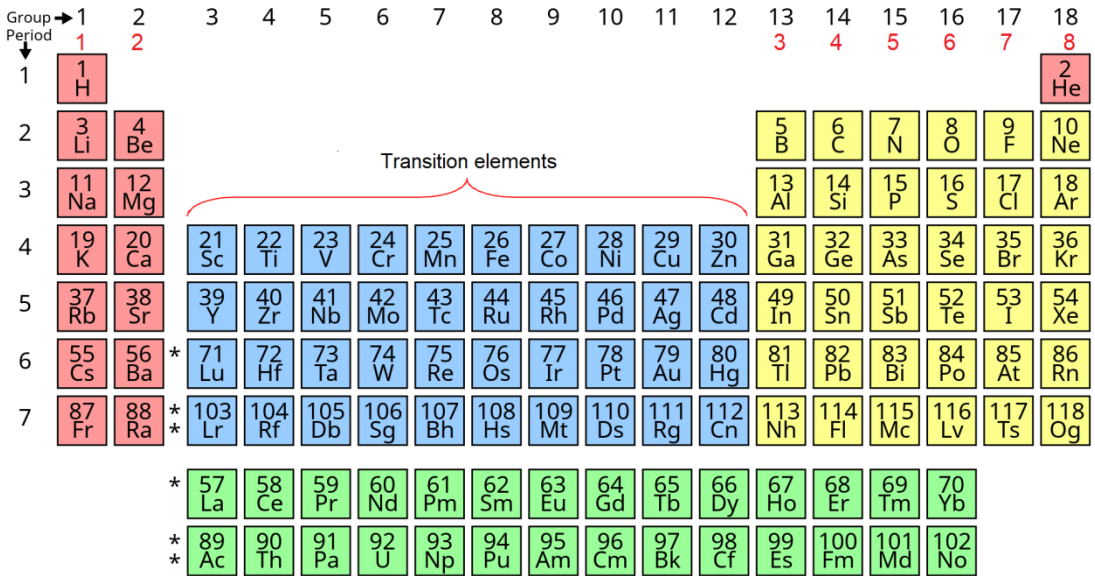


Figure.4: The periodic table

Table.2: The number of valence electrons in the various groups of periodic table

Periodic Table Group	Valence Electrons
Group 1 (1) – Alkali metals	1
Group 2 (2) – Alkaline earth metals	2
Group 3 (13) – Boron group	3
Group 4 (14) – Carbon group	4
Group 5 (15) – Nitrogen group	5
Group 6 (16) – Oxygen group	6
Group 7 (17) – Halogens	7
Group 8 (18) – Noble gases	8

Calculating valence electrons using the electronic configuration: It represents the second method of calculating valence electrons, and electronic configuration means how the electrons of an atom or molecule are distributed in atomic or molecular orbitals as shown in **Figure.5**. Major energy levels (shells) are divided into subshells, and a subshell consists of one or more atomic orbitals. The orbitals are arranged in terms of energy in the following sequence:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p, 8s

Where:
s orbital: has one orbital and holds two electrons.
p orbital: has 3 orbitals and holds 6 electrons.
d orbital: has 5 orbitals and holds 10 electrons.
f orbital: has 7 orbitals and holds 14 electrons.

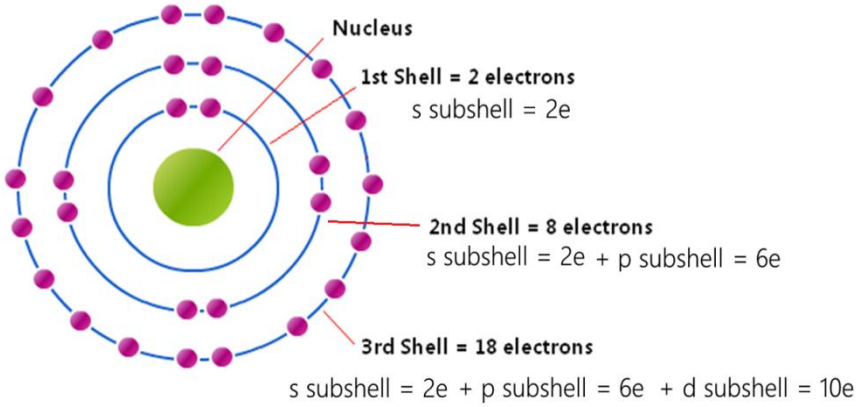


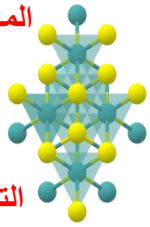
Figure.5: Distribution of electrons into orbitals

Note that the number represents the shell level, and the symbol represents the subshell, and any number that comes after the symbol will represent the number of electrons. As an example, aluminum has an atomic number of 13, so its electronic configuration would be:
$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$

References:

1. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition, Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2018.
2. James F. Shackelford, Introduction to Materials Science for Engineers, 8th Edition, Pearson Higher Education, Inc., NJ, USA, 2015.
3. Photo credit: https://next-gen.materialsproject.org/materials/mp-1434
4. Atomic Structure, StudySmarter, https://www.studysmarter.co.uk/explanations/chemistry/physical-chemistry/atomic-structure/ (Accessed on 17 November 2023).
5. The Atomic Nucleus, https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Chemistry_for_Changing_Times_(Hill_and_McCreary)/03%3A_Atomic_Structure/3.05%3A_The_Atomic_Nucleus (Accessed on 17 November 2023).
6. How to Find Number of Protons, Neutrons, and Electrons, https://chemistrytalk.org/protons-neutrons-electrons/ (Accessed on 17 November 2023).
7. Electron Configuration for Iron, valence electrons, https://valenceelectrons.com/iron-electron-configuration/ (Accessed on 17 November 2023).
8. Valence Electrons, Science Facts, https://www.sciencefacts.net/valence-electrons.html (Accessed on 17 November 2023).
9. How to Find the Valence Electrons for Aluminum, Valence Electrons, https://valenceelectrons.com/valence-electrons-of-aluminum/ (Accessed on 18 November 2023).
10. Nourhan Essam, Your Complete Guide to Calculating Valence Electrons in More Than one Method, PraxiLabs, 2023. https://arblog.praxilabs.com/valence-electrons/ (Accessed on 18 November 2023).
11. Electron Configuration, GZ Science, http://gzscienceclassonline.weebly.com/1-electron-configuration.html (Accessed on 18 November 2023).

جامعة بغداد
كلية الهندسة
قسم الهندسة الكيمياوية



المادة: خواص المواد
المرحلة: الثانية
عنوان المحاضرة: التركيب الذري
التدريسي: د. علي إبراهيم الموسوي، د. أسرار عبد الله حسن

ضمن كل العناصر، تعتبر الذرة هي أصغر وحدة في المادة. يمكن تعريف التركيب الذري على إنه ترتيب الجسيمات دون الذرية والتي هي البروتونات والنيوترونات والإلكترونات في الذرة. هذه الجسيمات دون الذرية هي المكونات الأساسية لجميع المواد. يوضح **الشكل رقم 1** بنية الذرة، حيث تتكون الذرة من نواة تتكون من بروتونات ونيوترونات والتي ترتبط ببعضها البعض بواسطة القوة النووية القوية، وتحيط بها سحابة من الإلكترونات المترابطة بقوة كهروستاتيكية. تحتوي النواة على كتلة الذرة بأكملها تقريباً، مع مساهمة بسيطة من السحابة الإلكترونية. **الجدول رقم 1** مدرج فيه خواص كل من بروتونات ونيوترونات والإلكترونات.

1. **البروتون:** هذا الجسيم دون الذري له شحنة موجبة. عدد البروتونات في الذرة يساوي العدد الذري للعنصر. على سبيل المثال، بناءً على الجدول الدوري للعناصر، فإن الحديد (Fe) له عدد ذري يساوي 26، وبالتالي فإن عدد البروتونات سيكون أيضاً 26، كما هو موضح في **الشكل رقم 2**.

2. **النيوترون:** النيوترون له شحنة متعادلة. يمكن تقدير عدد النيوترونات (Nn) عن طريق طرح العدد الذري (An) من الكتلة الذرية (Am). على سبيل المثال، من **الشكل رقم 2**، تبلغ الكتلة الذرية للحديد تقريباً 56 (55.845) وعدده الذري 26؛ وبالتالي فإن عدد النيوترونات سيكون: 56-26=30. اعتماداً على نظائر الذرة، يمكن أن يختلف عدد النيوترونات في الذرة. حيث النظائر هي ذرات عنصر معين تحتوي على عدد نيوترونات يختلف عن عدد الذرات الأخرى لذلك العنصر. المثال الأكثر شيوعاً للنظائر هو الحديد، حيث يحتوي الحديد-56 على 30 نيوتروناً، ويحتوي الحديد-57 على 31 نيوتروناً، بينما يحتوي الحديد-54 على 28 نيوتروناً.

3. **الإلكترون:** الإلكترون هو جسيم دون ذري ذو شحنة سالبة يدور حول النواة. بالمقارنة مع البروتونات والنيوترونات، تعتبر الإلكترونات أصغر بكثير وأخف وزناً. عدد الإلكترونات، كما هو الحال مع البروتونات، يساوي العدد الذري للعنصر بالنسبة للأنواع متعادلة الشحنة. على سبيل المثال، ووفقاً للعدد الذري للحديد الموضح في **الشكل رقم 2**، سيحتوي الحديد على 26 إلكتروناً، وهو ما يساوي عدد البروتونات.

إلكترون التكافؤ هو إلكترون موجود في الغلاف الخارجي (غلاف التكافؤ أو المدار) للذرة. تشارك إلكترونات التكافؤ في التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين الذرات، مما يجعلها بالغة الأهمية. يحدث التفاعل الكيميائي عندما تُشكل ذرتان روابط. يتم إنشاء هذه الروابط عند مشاركة الإلكترونات أو نقلها بين الذرات. يحدد عدد إلكترونات التكافؤ التي تمتلكها كل ذرة نوع الرابطة التي تشكل الذرة وتفاعليتها وسلبيتها الكهربائية. يمثل **الشكل رقم 3** إلكترونات التكافؤ في ذرة الألمنيوم. هناك طريقتان للعثور على عدد إلكترونات التكافؤ: الأولى باستخدام الجدول الدوري، والثانية باستخدام التوزيع الإلكتروني.

1. **حساب إلكترونات التكافؤ باستخدام الجدول الدوري:** يمكن إستخدام الجدول الدوري لحساب عدد إلكترونات التكافؤ عن طريق التحقق من مكان العنصر في الجدول (أعمدة المجاميع)، حيث جميع العناصر تكون ألكترونات التكافؤ لها مساوية لرقم عمود المجموعة الواحدة (عدا العناصر الإنتقالية). على سبيل المثال، ومن خلال **الشكل رقم 4** يمكننا إيجاد إلكترونات تكافؤ الألمنيوم (Al) الذي عدده الذري 13، ويقع في المجموعة 3(13)، لذلك سوف تحتوي ذرة واحدة من الألمنيوم على ثلاثة إلكترونات تكافؤ. **الجدول رقم 2** مدرج فيه عدد إلكترونات التكافؤ في المجموعات المختلفة بالجدول الدوري.

2. **حساب إلكترونات التكافؤ باستخدام التكوين الإلكتروني:** يمثل الطريقة الثانية لحساب إلكترونات التكافؤ، ويقصد بالتكوين الإلكتروني هو كيفية توزيع إلكترونات الذرة أو الجزيء في المدارات الذرية أو الجزيئية كما موضح في **الشكل رقم 5**. تنقسم مستويات الطاقة الرئيسية (الأغلفة) إلى مستويات فرعية، ويتكون المستوى الفرعي من مدار ذري واحد أو أكثر. يتم ترتيب المدارات من حيث الطاقة بالتسلسل التالي:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p, 8s

حيث:
المدار s: له مدار واحد ويحمل إلكترونين.
المدار p: يحتوي على 3 مدارات ويحمل 6 إلكترونات.
المدار d: يحتوي على 5 مدارات ويحمل 10 إلكترونات.
المدار f: يحتوي على 7 مدارات ويحمل 14 إلكترونًا.

مع ملاحظة أن الرقم يمثل مستوى الغلاف، والرمز يمثل المستوى الفرعي، وأي رقم يأتي بعد الرمز سوف يمثل عدد الإلكترونات.
كمثال على ذلك، الألمنيوم يمتلك عدداً ذرياً مقداره 13، لذلك فإن التكوين الإلكتروني له سوف يكون: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$

University of Baghdad
College of Engineering
Department of Chemical Engineering

Subject: Materials Properties

Class: 2nd

Lecture Title: Material Properties for Chemical Engineering Applications

Lecturers: Dr. Ali I.Al-Mosawi and Dr. Asrar Abdullah Hassan

The desired properties of materials in chemical engineering can vary depending on the application for which they are being used. Therefore, it is imperative for chemical engineers to take into consideration which material properties are required for that application in order to ensure the material meets the specific requirements of chemical processes. The following are some of the most important properties for chemical engineering applications:

1. **Chemical Resistance:** It is necessary for chemical engineers to select materials that are resistant to the corrosive effects of the chemicals they will be exposed to, which include acids, bases, solvents, aggressive chemicals, etc.

2. **Thermal Stability:** Thermal stability refers to a material's ability to withstand changes in its characteristics or structure when subjected to high temperatures. As we know, the high temperatures are often involved in chemical processes. As a result, the material should be able to resist thermal stresses without losing their significant properties, like softening, melting, or decomposition.

3. **Permeability:** The term permeability describes a material's capacity to permit fluids to pass through it. Depending on the application, a high permeability might be desirable, but for some applications, a low permeability may be necessary to prevent leaks or contamination. The permeability is important separations and filtration processes. The separation process of a membrane is shown in **Figure.1**.

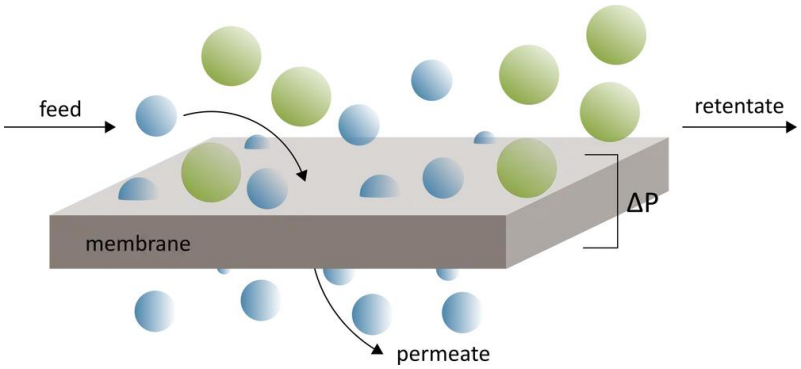


Figure.1: The separation process by membrane is an example of permeability

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.22908.51847

4. **Flammability:** The flammability is defined as a material's ability to catch fire, causing a fire, combustion, or even an explosion if the material is unstable. According to this, in case heat or sparks are involved, the material should not be flammable. The flammability ranges of non metallic materials are shown in **Figure.2**.

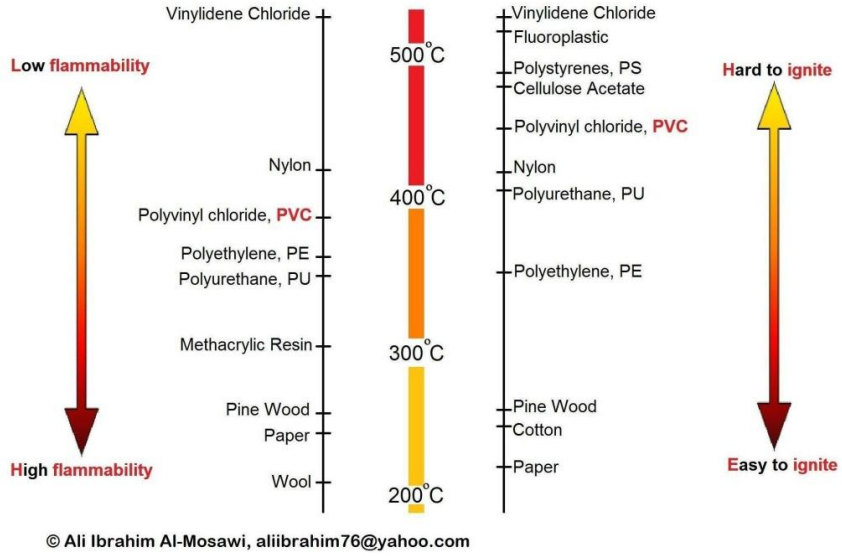


Figure.2: Flammability ranges of non metallic materials including

5. **Biocompatibility:** For biomedical or pharmaceutical applications, materials must be biocompatible and pose no health risks. In applications such as medical implants and drug delivery devices, this is essential.

6. **Biodegradability:** By definition, biodegradability refers to the ability of materials to decompose naturally into simpler and more environmentally friendly components, which reduces their negative and harmful environmental effects.

7. **Dimensional stability:** It is important that the material remains dimensionally stable under various environmental conditions, such as those associated with high pressure and temperature.

8. **Thermal conductivity:** As a property that measures a material's capability to conduct heat, thermal conductivity is crucial to chemical engineering, particularly when designing and optimizing heat-transfer processes.

9. **Toxicity:** The consideration of toxicity is crucial for chemical engineers when designing and handling products, and operating chemical processes.

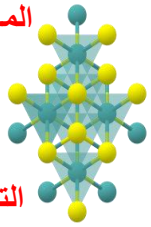
10. **Processing properties:** it refer to a material's characteristics that determine how it behaves and performs within manufacturing processes. A wide variety of chemical, material, and product production processes depend on these properties.

11. **Sustainability:** The material's effect on the environment should be taken into account, including its energy consumption during manufacture and disposal as well as its capacity for recycling and biodegradation.

References:

1. Introduction to membrane science, Open Membrane Database (OMD), https://openmembranedatabase.org/membrane-science/ (Accessed on 4 December 2023).
2. Ali I. Al-Mosawi, Flame Retarding-Stabilizing Behavior of Flexible Poly(vinyl chloride) Containing Novel Heavy Metal Free Modifier, PhD Dissertation, University of Miskolc, Hungary, 2021. https://doi.org/10.14750/ME.2021.039
3. Ulrich Wendt, Engineering Materials and Their Properties. In: Grote, KH., Hefazi, H. (eds) Springer Handbook of Mechanical Engineering. Springer Handbooks. Springer, Cham., 2021, pp. 233–292. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47035-7_8
4. Ali I. Al-Mosawi, Asrar Abdullah, Selection of Materials Properties for Chemical Engineering Applications, Lecture, Department of Chemical Engineering, University of Baghdad, Iraq, 2023. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11953.35685
5. Photo credit: https://next-gen.materialsproject.org/materials/mp-1434

جامعة بغداد
كلية الهندسة
قسم الهندسة الكيمياوية



المادة: خواص المواد

المرحلة: الثانية

عنوان المحاضرة: خواص المواد لتطبيقات الهندسة الكيمياوية

التدريسي: د. علي إبراهيم الموسوي، د. أسرار عبد الله حسن

يمكن أن تختلف الخواص المرغوبة للمواد في الهندسة الكيمياوية إعتماداً على التطبيق الذي يتم إستخدامها من أجله. لذلك من الضروري للمهندسين الكيمياويين أن يأخذوا بعين الإعتبار أي من خواص المواد هي المطلوبة لذلك التطبيق لضمان تلبية المادة للمتطلبات المحددة للعمليات الكيمياوية. فيما يلي بعض أهم الخواص لتطبيقات الهندسة الكيمياوية:

1. **المقاومة الكيميائية:** من الضروري للمهندسين الكيمياويين إختيار المواد المقاومة للتأثيرات التآكلية للمواد الكيميائية التي تتعرض لها، والتي تشمل الأحماض والقواعد والمذيبات والمواد الكيميائية العدوانية وغيرها.
2. **الإستقرارية الحرارية:** تشير الإستقرارية الحرارية إلى قدرة المادة على تحمل التغيرات في خواصها أو بنيتها عند تعرضها لدرجات حرارية عالية. وكما نعلم، فإن درجات الحرارة المرتفعة غالباً ما ترافق العمليات الكيميائية. ونتيجة لذلك، يجب أن تكون المادة قادرة على مقاومة الضغوط الحرارية دون أن تفقد خواصها المهمة، مثل التليين أو الإنصهار أو التحلل.
3. **النفاذية:** يصف مصطلح النفاذية قدرة المادة على السماح للسوائل بالمرور عبرها. وإعتماداً على التطبيق الذي تستخدم لأجله، قد تكون النفاذية العالية مرغوبة، ولكن بالنسبة لبعض التطبيقات، قد تكون النفاذية المنخفضة ضرورية لمنع التسربات أو التلوث. تعتبر النفاذية من أهم عمليات الفصل والترشيح. عملية فصل بواسطة غشاء موضحة في **الشكل رقم 1**.
4. **قابلية الإشتعال:** يتم تعريف قابلية الإشتعال على أنها قدرة المادة على إشعال النار، مما يتسبب في نشوب حريق أو إحتراق أو حتى إنفجار إذا كانت المادة غير مستقرة. وبناءً على ذلك، في حالة وجود حرارة أو شرارة، يجب ألا تكون المادة قابلة للإشتعال. تظهر نطاقات القابلية للاشتعال للمواد غير المعدنية في **الشكل رقم 2**.
5. **التوافق الحيوي:** بالنسبة للتطبيقات الطبية الحيوية أو الصيدلانية، يجب أن تكون المواد متوافقة حيوياً ولا تشكل أي مخاطر صحية. وفي تطبيقات مثل الغرسات الطبية وأجهزة توصيل الأدوية، يعد هذا الأمر ضرورياً.
6. **القابلية للتحلل الحيوي:** حسب التعريف، تشير القابلية للتحلل الحيوي إلى قدرة المواد على التحلل بشكل طبيعي إلى مكونات أبسط وتكون صديقة للبيئة بشكل أكبر، مما يختزل آثارها البيئية السلبية والضارة.
7. **إستقرارية الأبعاد:** من المهم أن تظل المادة مستقرة الأبعاد في ظل الظروف البيئية المختلفة، مثل تلك المرتبطة بالضغط ودرجة الحرارة العاليين.
8. **الموصلية الحرارية:** بإعتبارها خاصية تقيس قدرة المادة على توصيل الحرارة، تعد الموصلية الحرارية أمراً بالغ الأهمية للهندسة الكيمياوية، خاصة عند تصميم عمليات نقل الحرارة وتحسينها.
9. **السُمية:** إن أخذ سُمية المواد بنظر الإعتبار يعد أمراً بالغ الأهمية للمهندسين الكيمياويين عند تصميم المنتجات والتعامل معها وتشغيل العمليات الكيمياوية.
10. **خواص المعالجة:** تشير إلى خصائص المادة التي تحدد سلوكها وإدائها في عمليات التصنيع. تعتمد مجموعة واسعة من عمليات إنتاج المواد الكيميائية والمواد والمنتجات على هذه الخواص.
11. **الإستدامة:** ينبغي أن يؤخذ تأثير المادة على البيئة بنظر الإعتبار، بما في ذلك إستهلاكها للطاقة أثناء التصنيع والتخلص منها، فضلاً عن قدرتها على إعادة التدوير والتحلل الحيوي.