CHEMISTRY 2025

For Distinguish Schools

For Grade Fourth Scientific

MOHAMMED AHMED SHIHAB

CHEMISTRY 4

For Distinguish Schools

CHAPTER ONE

Basic Concepts in Chemistry

MOHAMMED AHMED SHIHAB

2025

1 – 1 – DALTON'S ATOMIC THEORY

1. Matter is made up of tiny particles called as atoms which cannot be divided (later scientists achieved to divide those particles.)
   أن المادة تتكون من دقائق صغيرة غير قابلة للتجزئة تسمى «ذرات» وقد تمكن العلماء فيما بعد من تجزئتها.
2. Atoms can neither be created nor destroyed through human power.
   أن الذرات لاتفنى ولايمكن تخليقها، ضمن النطاق البشري.
3. Atoms of an element are similar to each other physically or chemically. But they are different from atoms of other elements.
   ذرات العنصر الواحد متشابهة في كافة خواصها الفيزيائية والكيميائية وتختلف عن ذرات العناصر الأخرى.
4. Compound atoms (as Dalton named them) are formed by simple ratios of atoms.
   تتكون الذرات المركبة (كما دعاها دالتون) من اتحاد ذرات العناصر بنسب عددية بسيطة.

Question) What are the hypotheses of Dalton's theory?

1 – 2 – LAWS OF CHEMICAL UNION

قوانين الاتحاد الكيميائي

The first of these laws is :

Law of Conservation of Mass: Matter is neither created nor destroyed.

Total mass of reactants = Total mass of products

كتل المواد المتفاعلة = كتل المواد الناتجة من التفاعل

Example 1 – 1

73 g of HCl gas was passed through a solution of 158 g of $Na_2S_3O_3 .5H_2O$. At the end of the reaction, 117 g of table salt, 64 g of SO_2 gas, 32 g of sulfur and 18g of water were formed. Prove that this reaction supports the law of mass conservation.

أمرر 73 g من غاز HCl في محلول يحتوي على 158 g من ثايوكبريتات الصوديوم فتكون 117 g من ملح الطعام و 64 g من غاز SO2 و 32 g غم من الكبريت و 18 g من الماء. برهن أن هذه النتائج تؤيد قانون حفظ الكتلة؟

Solution:

The total mass of reactants = 158 + 73 = 231 g

The total mass of products =117 + 64 + 32 + 18 = 231 g

As the total mass of products is equal to the total mass of reactants, this reaction

follows the law of mass conservation.

Law of constant composition : The composition of elements are constant in all samples of a compound.

قانون التركيب الثابت: تكوين العناصر ثابت في جميع عينات المركب.

For example, in 18 of water there are 16 grams of oxygen and the remaining 2 grams is hydrogen. If 9 gram of water is taken, 8 gram of it is oxygen and 1 gram is hydrogen. This ratio is always constant.

ولناخذ المثال الاتي اذا تفكك الماء فسنجد ان 16 g من الاوكسجين في العينة موجودة مقابل 2 g من الهيدروجين، او نسبة كتلة الاوكسجين الى الهيدروجين :

$$\text{Ratio} = \frac{16\ (O)}{2\ g\ (H)} = 8$$

We can observe this ratio in all samples of water with no regard where and how the water is obtained.

وهذه النسبة سنجدها في كل عينة من عينات الماء النقي بغض النظر عن المصدر الذي اخذت منه اوباي طريقة تم تحضيره

Law of constant composition applies to all chemical compounds. For example, NH_3 gas consists of nitrogen and hydrogen. It has 14g of N and 3g of H. The ratio of N and H,

يطبق قانون التراكيب الثابتة على جميع المركبات الكيميائية . لناخذ الامونيا التي تتركب من النتروجين والهيدروجين . تحتوي الامونيا على 14 g من النتروجين لكل 3 g من الهيدروجين ، اي نسبة كتلة النتروجين الى الهيدروجين تساوي:

$$\text{Ratio} = \frac{14\ (N)}{3\ g\ (H)} = 8$$

This ratio is valid for all samples of NH_3 with no regard to the source or formation.

وهذه النسبة كذلك صحيحة لاي عينة من عينات الامونيا مهما كان مصدرها وطريقة تحضيرها.

Exercise 1 – 1

CO gas from two sources was analyzed. In the first sample, there is 4.3 g of O and 3.2 g of C. In the second sample, there is 7.5 g of O and 5.6 g of C. Do the results comply with law of constant composition?

Example 1 – 2

CO_2 gas was obtained from two sources, and decomposed to its components. The first sample contains 4.8 g of O and 1.8 g of C, the second sample contains 17.1 g of O and 6.4 g of C. Prove that those results comply with the law of constant composition.

Solution:

In the first sample, ratio of O to C mass :

$$\text{Ratio} = \frac{4.8\ (O)}{1.8\ g\ (C)} = 2.7$$

In the second sample, ratio of O to C mass :

$$\text{Ratio} = \frac{17.1\ (O)}{6.4\ g\ (C)} = 2.7$$

As the results are the same, law of constant composition is valid.

Question) Define the following:

Law of Conservation of Mass , Law of constant composition

1-3-GAY-LUSSAC'S LAW OF COMBINING GAS VOLUMES

قانون غي- لوساك للحجوم الغازية المتفاعلة

Law of Combining Gas Volumes :There is a simple ratio between the volumes of reactant and product gases in a chemical reaction under the same temperature and pressure

قانون الجمع بين أحجام الغاز: توجد نسبة بسيطة بين أحجام المواد المتفاعلة وغازات المنتج في تفاعل كيميائي تحت نفس درجة الحرارة والضغط

For example :

1. When 1 volume of hydrogen gas reacts with 1 volume of chlorine gas, 2 volumes of hydrogen chloride forms. As shown in the following equation, the ratio between gases is 1:1:2 .

يتحد حجم واحد من الهيدروجين مع حجم واحد من الكلور ويتكون حجمان من غاز كلوريد الهيدروجين، فالنسبة بين حجمي الغازين المتحدين وحجم الغاز الناتج هي 2:1:1 كما في المعادلة الكيميائية الأتية :

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

2. When we electrolyze water, the volume of hydrogen is twice the volume of hydrogen. As a result of reaction of 2 volumes of H_2 and 1 volume of O_2 , 2 volumes of H_2O is formed.

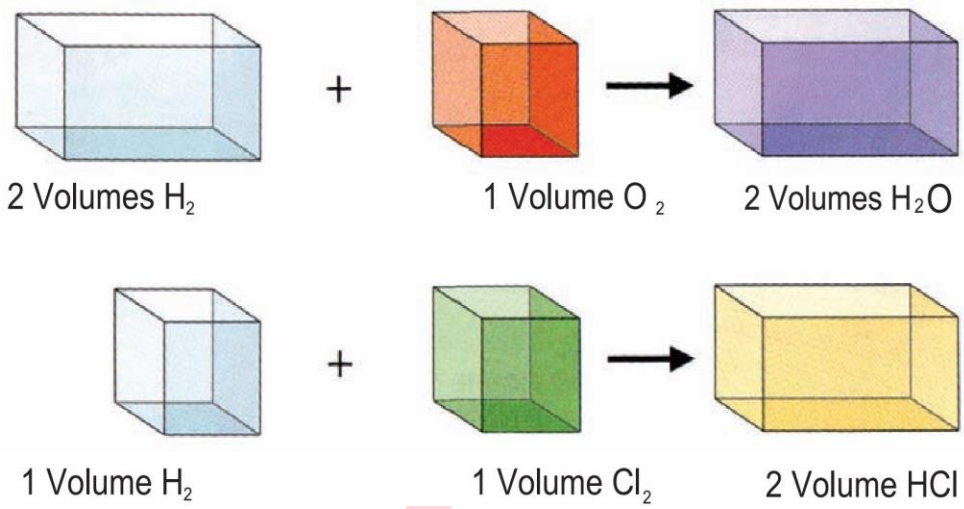
عند تحليل الماء كهربائيا يكون حجم الهيدروجين المتحرر مساويا ضعف حجم الاوكسجين، كما أنه يتحد حجمين من الهيدروجين بحجم واحد من الاوكسجين وينتج حجمان من بخار الماء.

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

The ratio of reacting gases and formed water vapour is 2:1:2, that means there is a simple and constant ratio between them.

فالنسبة بين حجمي الغازين المتحدين وحجم بخار الماء الناتج هي 2:1:2 فتكون نسبة عددية بسيطة.

If we want to summarize what we have told above :



Reaction of gases with a constant ratio

Question) What the simple ratio between the volumes of reactant and product gases in this chemical reaction: $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

1 – 4 – AVOGADRO'S HYPOTHESIS فرضية أفوكادرو

Avogadro's Hypothesis : Equal volumes of gases contain equal number of molecules under the same pressure and temperature conditions.
فرضية أفوجادرو: تحتوي الأحجام المتساوية من الغازات على عدد متساوٍ من الجزيئات تحت نفس ظروف الضغط ودرجة الحرارة.

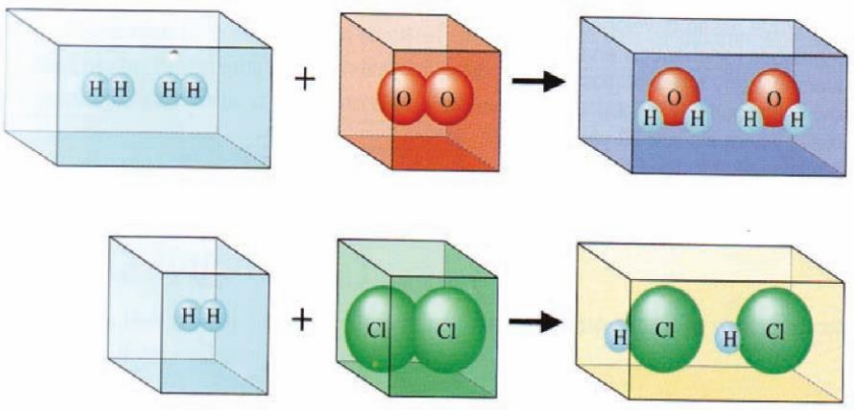
For example, if 1 volume of hydrogen gas reacts with 1 volume of chlorine gas, 2 volumes of HCl gas is formed
فمثلا : عند اتحاد حجم من غاز الهيدروجين مع حجم مساو له من غاز الكلور نحصل على حجمين من غاز كلوريد الهيدروجين اي نحصل على :

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

From the reaction of 2 volumes of hydrogen gas and 1 volume of oxygen gas, 2 volumes of H_2O are obtained.
ويتحد حجمان من غاز الهيدروجين مع حجم واحد من غاز الاوكسجين لنحصل على حجمين من بخار الماء.

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

This isn't contradictory with Dalton's atom model. According to this, a hydrogen molecule consists of 2 atoms. Similarly, oxygen and chlorine molecules consist two atoms. HCl molecule consists of 1 chlorine and 1 hydrogen atom, water molecule consists 2 hydrogen and 1 oxygen atom.
وان هذا لا يناقض نظرية دالتون الذرية ، فعليه يجب ان يتكون جزيء الهيدروجين من ذرتين وكذلك جزيء الكلور والاوكسجين تتكونان من ذرتين ايضا، اما جزيء كلوريد الهيدروجين فانها تتكون من ذرة كلور واحدة متحدة مع ذرة واحدة من الهيدروجين، وجزيء بخار الماء فانها تتكون ايضا من ذرتي هيدروجين مع ذرة واحدة من الاوكسجين.



Balls represent atom in molecules formed from combination

1 – 5 – VALENCE

Chemical formulas of compounds weren't assigned arbitrarily but they were assigned according to bonding of atoms in molecules of compounds. An atom of element needs to have a capability in order to be bonded to atoms of other elements. The capability of bonding of an atom or number of hydrogen atoms that an atom of an element can combine is called as valence.

إن صيغ المركبات الكيميائية، ليست وليدة الصدفة ، وانما هي معتمدة على كيفية ارتباط الذرات مع بعضها في جزيئات تلك المركبات . وقد وجد انه هناك حد معين لقدرة ذرات عنصر معين للاتحاد مع ذرات عنصر اخر، وتسمى القدرة الاتحادية للعنصر في مركباته ، أو عدد ذرات الهيدروجين التي تتحد مباشرة مع ذرة واحدة من العنصر بـ "التكافؤ. "

We can define valence of an element as follows :

Valence : It is the number of electrons which an element loses, gains or shares during a chemical reaction.

التكافؤ: هو عدد الإلكترونات التي يفقدها عنصر ما أو يكتسبها أو يشاركها أثناء تفاعل كيميائي.

For example, the valence of hydrogen is 1. Because it has an electron in its outer shell which can be shared. Valence of oxygen in water is 2 because it has 6 electrons in its outer shell. Therefore it needs 2 electrons to satisfy its outer shell. Valence of Na is 1. It has an electron to lose in its outer shell. Valence of Mg is 2 because it can lose 2 electrons from its outer shell. Valence of Cl is 1 because it needs one electron to satisfy its outer shell.

فمثلاً : ان تكافؤ الهيدروجين يعتبر واحدا لوجود الكترون واحد في غلافه الخارجي قابل للمشاركة، ويكون تكافؤ الاوكسجين في الماء H_2O يساوي 2 وذلك لوجود 6الكترونات في غلافه الخارجي، فذرته تميل لاكتساب الكترونين لاشباع غلافها الخارجي وكذلك يكون الصوديوم احادي التكافؤ لانه يفقد الكترون واحد من غلافه الخارجي، ويكون تكافؤ المغنسيوم ثنائي لانه يفقد الكترونين من غلافه الخارجي، ويكون تكافؤ الكلور احادي لانه يكتسب الكترون واحد لغلافه الخارجي وهكذا

Question) Explain the following:

1. Valence of oxygen in water is 2.
2. Valence of Na is 1.
3. Valence of Mg is 2.
4. Valence of Cl is 1.

1 – 6 – ATOMIC MASS

As atoms are tiny particles, it is very difficult to find out their mass. Despite this, atomic mass was determined with a very high precision. For example, mass of a hydrogen atom was found to be 1.64×10^{-24} g.

نظرًا لأن الذرات عبارة عن جزيئات صغيرة ، فمن الصعب جدًا معرفة كتلتها. على الرغم من ذلك ، تم تحديد الكتلة الذرية بدقة عالية جدًا. على سبيل المثال ، وُجد أن كتلة ذرة الهيدروجين تساوي 1.64×10^{-24} جم.

The standard unit of atomic mass, which was called the atomic mass unit (amu) as being equal to one of twelve parts of the mass of an atom of the isotope carbon 12, whose atomic mass was considered to be exactly 12 units. On this basis :

الوحدة القياسية للكتل الذرية والتي سميت بوحدة الكتلة الذرية (وكذ) على انها مساوية لواحد من اثنا عشر جزئا من كتلة ذرة نظير الكاربون 12 والذي اعتبرت كتلته الذرية مساوية 12وحدة بالضبط وعلى هذا الاساس فأن :-

$$1 \text{ atomic mass unit (amu)} = \frac{\text{mass of carbon} - 12 \text{ atom } 12}{12} = \frac{1}{12}$$

$$\text{As mass of Carbon-12 atom} = \frac{12}{Avogadro's\ number} = \frac{12}{6.02 \times 10^{23}}$$

$$1(\text{amu}) = \frac{12}{6.02 \times 10^{23}} \times \frac{1}{12} = 1.64 \times 10^{-24} \text{ g}$$

Actual mass of an atom is the mass of a single atom of an element.

اما الكتلة المطلقة للذرة فهي كتلة ذرة واحدة من العنصر

$$\text{Actual atomic mass} = \frac{\text{gram atomic mass of an element}}{\text{Avogadro's number}}$$

Example 1 – 3

Calculate actual mass of an oxygen atom.(Gram atomic mass of oxygen is 16 g)

احسب الكتلة المطلقة لذرة الاوكسجين علما بان كتلته الذرية تساوي 16

Solution :

$$\text{Actual atomic mass} = \frac{\text{gram atomic mass of an element}}{\text{Avogadro's number}}$$

$$\text{Actual atomic mass} = \frac{16}{6.023\ x\ 10^{23}} = 2.656 \text{ x } 10^{-23} \text{ g}$$

Question) Complete the following statements:

1. The capability of bonding of an atom or number of hydrogen atoms that an atom of an element can combine is called as valence.
2. Mass of a hydrogen atom was found to be 1.64×10^{-24} g.

Question) Complete the following statements:

The atomic mass unit (amu) as being equal to one of twelve parts of the mass of an atom of the isotope carbon 12

Question) Calculate actual mass of an nitrogen atom.(Gram atomic mass of nitrogen is 14 g)

Question) Calculate actual mass of an carbon atom.(Gram atomic mass of carbon is 12 g)

1 – 7 – EQUIVALENT MASS

الكتلة المكافئة

Equivalent gram : is the amount of mass of an element or compound which can react or substitute with 8g of oxygen. Owing to this definition, equivalent mass law was proposed.

الجرام المكافئ مقدار كتلة عنصر أو مركب يمكنه التفاعل مع 8 جم من الأكسجين أو استبداله. بسبب هذا التعريف ، تم اقتراح قانون الكتلة المكافئ.

Thus :

$$\frac{\text{mass of } 1^{st} \text{ element}}{\text{equivalent mass of } 1^{st} \text{ element}} = \frac{\text{mass of } 2^{nd} \text{ element}}{\text{equivalent mass of } 2^{nd} \text{ element}}$$

formula can be used.

Example 1 – 4

Through reaction of 3.5g of Fe and S, 5.5g of iron(II) sulfide was formed. Calculate the equivalent mass of Fe (equivalent mass of S = 16 g).

تتحد 3.5 g من الحديد مع الكبريت لتكوين 5.5 g من كبريتيد الحديد (II) . إحسب الكتلة المكافئة للحديد علما بان الكتلة المكافئة للكبريت = 1 .

Solution:

Mass of Sulfur = 5.5 - 3.5 = 2 g

$$\frac{\text{mass of } 1^{st} \text{ element}}{\text{equivalent mass of } 1^{st} \text{ element}} = \frac{\text{mass of } 2^{nd} \text{ element}}{\text{equivalent mass of } 2^{nd} \text{ element}}$$

$$\frac{2}{16} = \frac{3.5}{\text{equivalent mass of Fe}}$$

Equivalent mass of Fe = 28 g

Exercise 1 – 2

1.31 g of Cu was obtained from reduction of 1.64 g of copper oxide with hydrogen. Calculate equivalent mass of Cu.

عنـد اختـزال 1.64 g من اوكسيـد النحاس (II) بالهيدروجيـن يتكون 1.31 g من النحـاس، احسب الكتلة المكافئة للنحـاس علمـا بـان الكتلةالمكافئةللاوكسجين= 8 غرام

1-8-The Relationship between Atomic Mass, Equivalent Mass and Valence

العلاقة بين الكتلة الذرية والكتلة المكافئة والتكافؤ

Equivalent mass (the result) is obtained by dividing mass of element to its valence.

الكتلة المكافئة للعنصر تساوي كتلته الذرية مقسوما على تكافئه

$$\text{equivalent mass of element} = \frac{\text{atomic mass of element}}{\text{valence of element}}$$

Example 1 – 5

What is the valence of Al if its atomic mass is 27 and equivalent mass is 9 ?

Solution:

$$\text{valence of element} = \frac{\text{atomic mass of Al}}{\text{equivalent mass Al}} = \frac{27}{9} = 3$$

Exercise 1 – 3

What is the equivalent mass of an element if its atomic mass is 55.85 and its valence is 3 ? عنصـــر كتلتـــه الذريـــة = 55.85 وتكـــافئه = 3 ماهي كتلته المكافئة ؟

1 – 9 – DENSITY OF GASES

كثافة الغاز

We have learnt density and the following relationship in the beginning of this chapter.

$$\text{Density}(kg/m^3) = \frac{\text{Mass}(kg)}{\text{Volume}(m^3)} = \frac{m\ (kg)}{V\ (m^3)} = \rho\ (kg/m^3)$$

The unit of density can be (g/cm^3) and (g/mL) for solids and liquids. As mL unit is too small and difficult to use in calculations, for gases litre unit (l) is used instead. Volume of gases is very sensitive to temperature and pressure change. Therefore, the temperature and pressure of the medium must be considered while making measurements. The conditions at which temperature is 0 °C and pressure is 1 atm are called as standard conditions (STP: Standard Temperature and Pressure).

ان وحدة الكثافة يمكن ان تكون ، (g/cm^3) (غم \سم^3) او (g/mL) للمواد الصلبة والسائلة اما بالنسبة للغازات فان كتلة 1 مليلتر تكون صغيرة جداً يصعب التعامل بها عمليا، فلذلك قد أتخذ اللتر« L » كوحدة حجم لقياس كثافة الغاز. وان حجوم الغازات ً تتأثر تأثرا ً كبيرا بالضغط ودرجة الحرارة، فعليه يجب ان تحدد الظروف التي تقاس بها كثافة الغازات، وتدعى الظروف التي يقاس عندها الغاز في درجة حرارة صفر درجة سيليزية (0°C) وضغط 1 جو بالظروف القياسية (STP) .

Example 1 – 6

If you know that a density of a gas is 0.7 g/L and it occupies volume of 490 cm^3 at STP. What is the mass of this gas ?

اذا علمت ان كثافة غاز ما تساوي ً 0.7 g/L ويشغل حجما مقداره 490 cm^3 عند STP ماهي كتلة هذا الغاز ؟

Solution:

Firstly, we need to convert cm^3 to L.

$$V\ (L) = 490\ cm^3 \times \frac{1\ L}{1000\ cm^3} = 0.490\ L$$

We use the following relationship to calculate mass of gas.

$$m\ (g) = \rho\ (g/L) \times V\ (L)$$

$$m\ (g) = 0.7\ (g/L) \times 0.490\ (L) = 0.343\ g$$

Exercise 1 – 4

The mass of a gas is 0.4 g and its volume is ¼ L. What is its density under standard conditions ?

اذا كانت كتلة غاز = 0.4 جرام وتشغل حجما مقداره ربع لتر عند STP ما هي كثافته ؟

1 – 10 – MOLE CONCEPT

Mole (n) : The amount of substance which contains atoms, molecules or ions as many as Avogadro's number is called as 1 mole of substance.

المول: كمية المادة التي تحتوي على ذرات أو جزيئات أو أيونات بقدر عدد أفوجادرو تسمى مول واحد من المادة.

Avogadro's Number : It is either number of atoms in 1 mole of an element or number of molecules in 1 mole of a compound. Its value is 6.023×10^{23}.

رقم أفوجادرو: هو إما عدد الذرات في مول واحد من عنصر أو عدد الجزيئات في مول واحد من المركب. قيمتها 6.023×10^{23}.

We use the following equation to calculate mole number (n) :

$$n\ (mole) = \frac{mass\ (m)\ (g)}{molar\ mass\ (M)\ (g/mol)}$$

1-10-1-Molar Mass

Molar mass : It is the unit of mass of 1 mole of atom or 1 mole of molecule in gram unit. Its unit is g/mol.

الكتلة المولية: هي وحدة كتلة 1 مول من الذرة أو 1 مول من الجزيء بوحدة الجرام. وحدتها جم / مول.

In order to calculate final masses of these molecules, we use relativistic masses of atoms which make up them :

من أجل حساب الكتل النهائية لهذه الجزيئات ، نستخدم كتل الذرات النسبية التي تتكون منها

Molar mass of matter = Total relativistic masses of atoms which make up matter

الكتلة المولية للمادة = الكتل النسبية الكلية للذرات التي تتكون منها المادة

For example, if we want to calculate the molar mass of methane gas (CH_4) or if we ask what is the mass of 1 mole of methane gas, as each methane molecule has 1 C and 4 H atoms, 1 mole of methane molecule contains 1 mole of C atom and 4 moles of H atoms. According to this, we can calculate the mass of 1 mole of methane gas as follows:

Mass of 1 mole of C = 1 x 12 = 12 g
Mass of 4 moles of H = 4 x 1= 4 g

Mass of 1 mole of CH_4 = 16 g

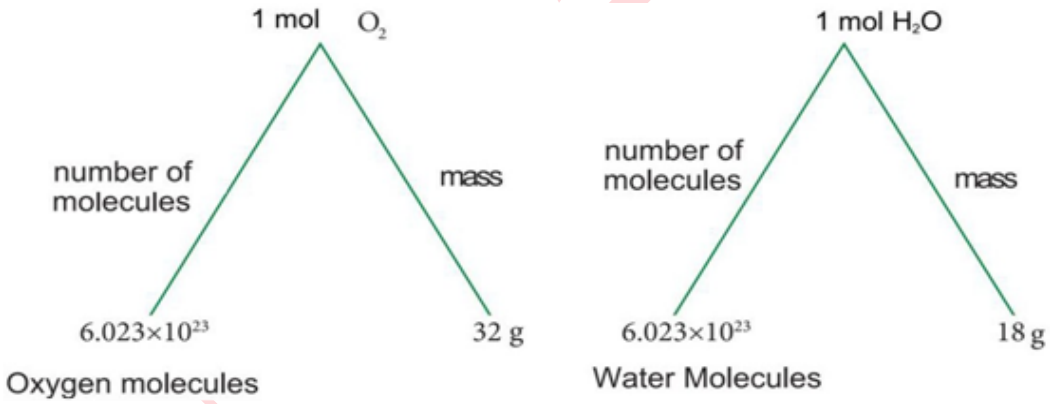
In the same manner, we can calculate molar mass of H_2SO_4 acid.
Mass of 2 moles of H = 2 x 1= 2 g
Mass of 1 mole of S = 1 x 32 = 32 g
Mass of 4 moles of O = 4 x 16 = 64 g

Mass of 1 mole of H_2SO_4 = 98 g

all atoms and molecules are bound with the following :
يتضح مما سبق ان جميع الحسابات التي تخضع لها الذرات والجزيئات في الكيمياء تنحصر فيما يأتي

a) Atomic mass and molar mass
b) Mole
c) Avogadro's number

Avogadro's number or Avogadro's constant is the number of atoms in 1 mole of an element or number of molecules in 1 mole of a molecule. It is shown with NA. Previously, we have mentioned that atoms, molecules or ions as many as Avogadro's number are called as a mole.
فالكتلة الذرية او الكتلة المولية معبراً عنها بوحدة الغرام تحتوي على نفس العدد من الذرات او الجزيئات وقد اسميناه بعدد افوكادرو(N_A)بينما اطلقنا على الكمية المحتوية على هذا العدد من الذرات او الجزيئات او الايونات اسم المول



Example 1 – 7

Calculate molar masses of the following compounds :

a) Aqueous sodium sulfate $Na_2SO_4.7H_2O$

b) Juglone $C_{10}H_6O_3$

c) Sulfur dioxide SO_2

Solution:

a) $M_{(Na_2SO_4.7H_2O)} = (2 \times 23) + (1 \times 32) + (4 \times 16) + 7(2 \times 1 + 1 \times 16) = 268$ g/mol

b) $M_{(C_{10}H_6O_3)} = (10 \times 12) + (6 \times 1) + (3 \times 16) = 174$ g/mol

c) $M_{(SO_2)} = (1 \times 32) + (2 \times 16) = 64$ g/mol

Example 1 – 8

Find out the mole numbers of the following compounds :

a) 9.6 g of SO_2

b) 85 g of NH_3

Solution:

a) Molar mass of SO_2 :

$M_{(SO_2)} = (1 \times 32) + (2 \times 16) = 64$ g/mol

$$n\ (\text{mole}) = \frac{\text{mass (m) (g)}}{\text{molar mass (M) (g/mol)}} = \frac{9.6\ (\text{g})}{64\ (\text{g/mol})} = 0.15 \text{ mol } SO_2$$

b) Molar mass of NH_3:

$M_{(NH_3)} = (1 \times 14) + (3 \times 1) = 17$ g/mol

$$n\ (\text{mole}) = \frac{\text{mass (m) (g)}}{\text{molar mass (M) (g/mol)}} = \frac{85\ (\text{g})}{17\ (\text{g/mol})} = 5 \text{ mol } NH_3$$

Exercise 1 – 5

Perform the following conversions.

a) 3.2 g Cu = …… mol Cu (Cu = 64 g/mol)
b) 0.2 mol Ag = ……..… g Ag (Ag = 108g/mol)
c) 1 silver atom = …… g
d) 3.01×10^{22} Fe atoms = …… mol Fe atom = ……..… g Fe (Fe = 56 g/mol)
e) 6.4 g S atom = ……..… mol S = ……. atoms (S = 32 g/mol)

Exercise 1 – 6

a) What is the mass of 0.04 mole of N_2 ?

b) What is the number of moles in 5.6 g of PCl_5 ?

c) Calculate the molar mass of the gas which has 22.54 g in 0.23 mole.

Example 1 – 9

Calculate the mass of 0.7 moles of MnO_2.

Solution:

$M_{(MnO_2)} = (1 \times 55) + (2 \times 16) = 87$ g/mol

m (g) = n (mol) × M (g/mol) = 0.7 (mol) × 87 (g/mol) = 60.9 g MnO_2

1 – 10 – 2 – Applications of Mole Concept تطبيق فكرة المول على المواد

Example 1 – 10

a) Calculate the number of moles of $3.01x10^{25}$ water molecules.

b) Calculate the number of molecules in 0.02 mole of CO_2.

Solution:

a) Number of moles = $\frac{\text{number of molecules}}{\text{Avogadro's number } (N_A)} = \frac{3.01 \times 10^{25}}{6.023 \times 10^{23}}$ = 50 moles H_2O

b) Number of molecules = number of moles × Avogadro's number

Number of molecules = 0.02 x 6.023×10^{23} = 1.2 x 10^{22} CO_2 molecules

Example 1 – 11

Calculate the number of molecules in 170 g of H_2S gas.

Solution :

$M_{(H_2S)} = (2 \times 1) + (1 \times 32) = 34$ g/mol

$$n \text{ (mole)} = \frac{\text{mass (m) (g)}}{\text{molar mass (M) (g/mol)}} = \frac{170 \text{ (g)}}{34 \text{ (g/mol)}} = 5 \text{ mol } H_2S$$

Number of molecules = number of moles x Avogadro's number

Number of molecules = $5 \times 6.023 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{24}$ H_2S molecules

Exercise 1 – 7

Calculate the number of molecules of SiO_2 found in 1mg of dust. (Assume that dust particles are made up of 100 % SiO_2.)

كم عدد جزيئات ثنائي أوكسيد السليكون SiO2 الموجودة في حبة رمل كتلتها 1mg على فرض ان SiO_2 حبة الرمل تحتوي على 100% النقي.

Exercise 1 – 8

Calculate the number of moles of each of the following :

a) 3.01×10^{22} N_2 molecules
b) 4.82×10^{24} iron atoms

1 – 11 – Mass Percentages of Elements in a Compound

النسبة المئوية للعناصر في المركبات

There are two methods to learn molecular structure of a compound. The first is to determine the number of atoms of all elements in the compound, and the second is to determine mass percentages of elements in the compound. For this, the following steps and formula can be used to find out masses of elements in 100g of a compound.

توجد طريقتان لوصف التراكيب الجزيئية للمركبات أولها معرفة عدد الذرات لكل عنصر الداخلة في تركيب المركب وثانيهما معرفة النسب المئوية بدلالة كتل العناصر الداخلة في هذا التركيب. اي عدد غرامات العنصر في 100 g من المركب، وعليه يمكن إيجاد النسبة المئوية لكل عنصر يدخل في تكوين المركب وكما يأتي:

a) To find out molar mass of a compound from molecular formula

أ- ايجاد الكتلة المولية للمركب من صيغته الجزيئية

b) To determine mass of each element in a compound (by multiplying atomic mass with no. of atoms)

ب- تعيين وايجاد كتلة كل عنصر في جزيء المركب، اي حاصل ضرب الكتلة الذرية لكل عنصر × عدد ذراته

c) To find out mass percentages of elements in a compound :

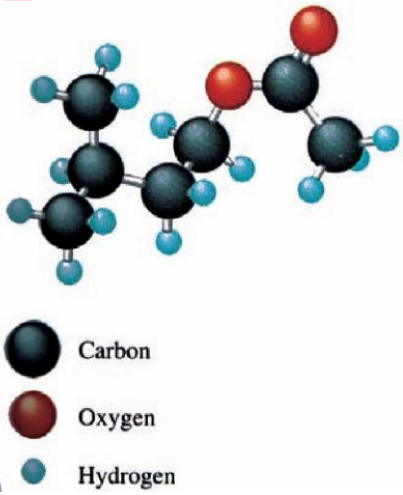
جـ- استخراج النسبة المئوية للعنصر في المركب حسب العلاقة الاتية :

$$\text{Mass percentage of an element in a compound} = \frac{\text{Molar mass of element } x \text{ number of atoms}}{\text{Molar mass of the compound}} \times 100\%$$

Example 1 – 12

Find out mass percentages of C, H and O in pentyl acetate ($C_7H_{14}O_2$) compound.

احسب النسبة المئوية لكل من الكاربون و الهيدروجين والاوكسجين في مركب خلات الايزو بنتيل ($C_7H_{14}O_2$) (مادة تفرزها حشرة النحل)



Isopentyl is a substance made by bees

Solution:

Molar mass of $C_7H_{14}O_2$:

$M_{(C_7H_{14}O_2)} = (7 \times 12) + (14 \times 1) + (2 \times 16) = 130$ g/mol

According to the equation above, we can find out mass percentages of elements.

وحسب العلاقة اعلاه يتم حساب النسبة المئوية للعنصر في المركب كالاتي:

$$\% C = \frac{7 \times 12}{130} \times 100\% = \frac{84}{130} \times 100\% = 64.61\ \%$$

$$\% H = \frac{14 \times 1}{130} \times 100\% = \frac{14}{130} \times 100\% = 10.77\ \%$$

$$\% O = \frac{2 \times 16}{130} \times 100\% = \frac{32}{130} \times 100\% = 24.62\ \%$$

Sum of mass percentages of elements is equal to 100%

Example 1 – 13

a) Find out mass percentages of elements in $C_2H_2O_4$ acid.

b) What is the mass percentage of crystal water in $C_2H_2O_4 .2H_2O$ compound

Solution:

a) Molar mass of $C_2H_2O_4$

$M_{(C_2H_2O_4)} = (2 \times 1) + (2 \times 12) + (4 \times 16) = 90$ g/mol

$$\% C = \frac{2 \times 12}{90} \times 100\% = \frac{2}{90} \times 100\% = 2.22\ \%$$

$$\% H = \frac{2 \times 1}{90} \times 100\% = \frac{24}{90} \times 100\% = 26.67\ \%$$

$$\% O = \frac{4 \times 16}{90} \times 100\% = \frac{64}{90} \times 100\% = 71.11\ \%$$

Sum of mass percentages of elements is equal to 100%

b) For $C_2H_2O_4.2H_2O$

$M_{(C_2H_2O_4.2H_2O)} = (2 \times 12) + (2 \times 1) + (4 \times 16) + 2\,[(2 \times 1) + (1 \times 16)]$

$M_{(C_2H_2O_4.2H_2O)} = 126$ g/mol

For crystal water

$$\% H_2O = \frac{2 \times 18}{126} \times 100\% = 28.57\ \%$$

In order to find out the mass of any element in a compound with a known mass, molar mass of compound and atomic mass of elements are used. This calculation can be expressed with the following formula :

اضافة لما تقدم يمكن ايضا حساب كتلة العنصر في كتلة معينة لاي مركب من خلال معرفتنا لنسبة العنصر في اي مركب ، وذلك باستخدام القانون الاتي :

$$\text{Mass of element} = \frac{\text{Atomic mass of element in the compound} \times \text{mass of sample}}{\text{Molar mass of compound}}$$

Example 1 – 14

Find out the mass of Ca in 20 g of $Ca_3(PO_4)_2$

Solution:

Molar mass of $Ca_3(PO_4)_2$:

$M_{(Ca_3(PO_4)_2)} = (3 \times 40) + (2 \times 1 \times 31) + (2 \times 4 \times 16) = 310$ g/mol

If we insert the values in the formula above; Mass of Ca = $(\frac{3 \times 40}{310}) \times 20 = 7.74$ g

Exercise 1 – 9

Find out mass percentages of elements in CH_3COOH acid .

Exercise: 1 – 10

50% of by mass of a 2.2 moles mixture of He and Ar gasses is He. Calculate the mole number of He in the mixture ? He = 4, Ar = 40

Exercise 1 – 11

Calculate the mass of Na in 25 g of $Na_2CO_3.10H_2O$

Example 1 – 15

In 10 g of $CuSO_4.5H_2O$,

a) Find out mass of Cu.
b) Find out mass of crystal water.

Solution:

a) Molar mass of $CuSO_4.5H_2O$:

$M_{(CuSO_4.5H_2O)} = (1 \times 64) + (1 \times 32) + (4 \times 16) + 5\,[(2 \times 1) + (1 \times 16)]$

$M_{(CuSO_4.5H_2O)} = 250$ g/mol

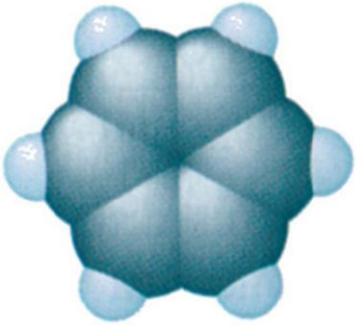
b) Using the same equation :

Mass of crystal water = $\frac{18 \times 5}{250} \times 10 = 3.6$ g

1 – 12 – CHEMICAL FORMULA الصيغ الكيميائية

A chemical formula : is a formula which gives detailed and clear information about atoms that form a chemical compound.
الصيغة الكيميائية: هي صيغة تعطي معلومات مفصلة وواضحة عن الذرات التي تشكل مركبًا كيميائيًا.

Molecular formulas contain symbols of elements and numbers written underneath those symbols. Chemical formulas can be classified in three groups as empirical formula, molecular formula and structural formula.
تحتوي الصيغ الجزيئية على رموز للعناصر والأرقام المكتوبة أسفل تلك الرموز. يمكن تصنيف الصيغ الكيميائية إلى ثلاث مجموعات على أنها معادلة تجريبية وصيغة جزيئية وصيغة هيكلية.



$C_6H_6 = (CH)_6$

Benzene molecule

For example, the molecule of benzene is shown in three different formulas below.
على سبيل المثال ، يتم عرض جزيء البنزين في ثلاث صيغ مختلفة أدناه.

1-12-1 Empirical Formula الصيغة الوضعية

Empirical Formula : It is the simplest formula of chemical compounds. It shows relative numbers of elements which form a compound.
الصيغة التجريبية: وهي أبسط صيغة للمركبات الكيميائية. يظهر عددًا نسبيًا من العناصر التي تشكل مركبًا.

How is empirical formula of a compound found?
كيفية ايجاد الصيغة الوضعية للمركبات :

We should follow the steps below to find an empirical formula of a compound:
لتعيين وايجاد الصيغة الوضعية للمركبات نتبع الخطوات الآتية :

a) The elements forming a compound are analyzed.
أ) تعيين العناصر الداخلة والمشتركة في تركيب المركب بطرق التحليل الكيميائي

b) The ratio of number of atoms is found by dividing mass of element or its percent ratio with atomic mass.
ب) تحسب كتل العناصر الداخلة في تركيب كتل معينة من المركب او تحسب بشكل نسبة مئوية

$$\text{Ratio of no. atoms of element} = \frac{\text{Mass of element or percent ratio}}{\text{Atomic mass}}$$

c) In order to get the simplest ratio of number of atoms, we need to divide number of atoms of element to the number of atoms with lowest ratio and round it up to nearest integer.

تقسم نسبة عدد ذرات العنصر على اصغر نسبة منها وتقرب الى اقرب عدد صحيح وذلك للحصول على ابسط نسبة لعدد الذرات، اي ان :

$$\text{Simplest ratio of number of atoms} = \frac{\text{Number of atoms of each element}}{\text{The lowest value of number of atoms}}$$

We get the empirical formula this way.

ومن ذلك نستنتج الصيغة الوضعية للمادة

Example 1 – 16

It is found that one of the gases consist of 20% H and 80% C . Find the empirical formula for this gas .

Solution:

We divide ratio of each element to its atomic mass:

$$\text{Number of atoms of element} = \frac{\text{Percent ratio of element}}{\text{Atomic mass}}$$

$$\text{Number of atoms of H} = \frac{20}{1} = 20$$

$$\text{Number of atoms of C} = \frac{80}{12} = 6.6$$

We divide the results by the smallest value and get it close to the nearest number.

نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح

$$\text{Simplest ratio of number of atoms} = \frac{\text{Number of atoms of each element}}{\text{The lowest value of number of atoms}}$$

$$\text{The simplest no. of atoms of H} = \frac{20}{6.6} = 3$$

$$\text{The simplest no. of atoms of C} = \frac{6.6}{6.6} = 1$$

The empirical formula of gas : CH_3

Example 1 – 17

Cholesterol is an organic compound and it is found in almost every tissue of human body. Therefore it causes occlusion in veins. It contains 83.87% C, 11.99% H and 4.14% O. Find out the empirical formula of cholesterol.

الكوليستيرول مركب عضوي ، يوجد تقريبا في جميع انسجة الجسم وهو المسؤول عن مرض تصلب الشرايين يتكون من 83.87 %كاربون و11.99 %هيدروجين و 4.14 %اوكسجين، اوجد الصيغة الوضعية للكوليستيرول؟

Solution:

We divide ratio of each element to its atomic mass:

$$\text{Number of atoms of element} = \frac{\text{Percent ratio of element}}{\text{Atomic mass}}$$

$$\text{Number of atoms of H} = \frac{11.99}{1} = 11.99$$

$$\text{Number of atoms of C} = \frac{83.87}{12} = 6.989$$

$$\text{Number of atoms of O} = \frac{4.14}{16} = 0.258$$

We divide the results by the smallest value and get it close to the nearest number.

نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح

$$\text{Simplest ratio of number of atoms} = \frac{\text{Number of atoms of each element}}{\text{The lowest value of number of atoms}}$$

$$\text{The simplest no. of atoms of H} = \frac{11.99}{0.258} = 46$$

$$\text{The simplest no. of atoms of C} = \frac{6.989}{0.258} = 27$$

$$\text{The simplest no. of atoms of O} = \frac{0.258}{0.258} = 1$$

The empirical formula of gas : $C_{27}H_{46}O$

Exercise 1 – 12

After burning a medicine, it was found to contain 74.27% carbon, 7.47% hydrogen, 12.99% nitrogen and 4.95% oxygen. Write down the empirical formula of this medicine.

نفترض انك كيميائي، وقد دعيت لتحديد الصيغة الوضعية لعقار طبي، فعند حرقه وجد ان نتائج الحرق توضح ان هذا العقار الطبي يحتوي على 74.27 %كاربون و 7.47 %هيدروجين و 12.99 % نيتروجين و4.95 % اوكسجين.
ماهي ابسط صيغة لهذا العقار الطبي؟

Exercise 1 – 13

What is the empirical formula of a compound consisting of 7.8 g of K , 7.1 g of Cl and 9.6 g of O ? K = 39 Cl = 35.5 O = 16

1 – 12 – 2 – Molecular Formula

Molecular Formula: It is the formula which gives detailed and clear information about elements which form a chemical compound.

الصيغة الجزيئية: هي الصيغة التي تعطي معلومات مفصلة وواضحة عن العناصر التي تشكل مركبًا كيميائيًا.

It is the chemical formula which expresses the real number of atoms found in a molecule of a substance.

هي الصيغة الكيميائية التي تبين العدد الحقيقي لذرات العناصر المشتركة في تركيب جزيء واحد من المادة .

In order to find molecular formula of a substance, the following steps are applied:

لتعيين وايجاد الصيغة الجزيئية للمادة نتبع الخطوات الآتية :

a) Empirical formula is determined as mentioned before.

أ- نستخرج الصيغة الوضعية للمادة كما مر بنا سابقا

b) Molar mass is determined by adding atomic masses of elements.

ب- نحسب الكتلة المولية للصيغة الوضعية ، وذلك من جمع الكتل الذرية لعناصرها

c) Molar mass of substance (molecular formula) is determined.

جـ - إيجاد الكتلة المولية للمادة (الصيغة الجزيئية)

d) We get the empirical formula unit by dividing molar mass of molecular formula by molar mass of empirical formula.

د- تقسيم الكتلة المولية للصيغة الجزيئية على الكتلة المولية للصيغة الوضعية لنحصل على وحدات الصيغة الوضعية

ووحدات الصيغة الوضعية يمكن الحصول عليها باستخدام العلاقة الاتية :

$$\text{Empirical formula unit} = \frac{\text{Molar mass of molecular formula}}{\text{Molar mass of empirical formula}}$$

e) The result of division is multiplied with empirical formula and molecular formula is determined

هـ - ثم يضرب حاصل القسمة في الصيغة الوضعية للحصول على الصيغة الجزيئية

$$\text{Molecular formula} = \text{empirical formula} \times \text{empirical formula unit}$$

Example 1 – 18

Molar mass of an organic acid is 60 g/mol. 40% of this compound is C, 6.7% is H and the rest is O. Find out the molecular formula of this acid.

حامض عضوي كتلته المولية 60 g/mol = ويحتوي على 40 % كاربون و 6.7 %هيدروجين والباقي اوكسجين فأوجد الصيغة الجزيئية للحامض العضوي؟

Solution:

Percent ratio of O = 100 – (40 + 6.7) = 53.3%

1) For each element, percent ratio is divided to atomic mass:

$$\text{Number of atoms of element} = \frac{\text{Percent ratio of element}}{\text{Atomic mass}}$$

Number of atoms of H = $\frac{6.7}{1}$ = 6.7

Number of atoms of C = $\frac{40}{12}$ = 3.3

Number of atoms of O = $\frac{53.3}{16}$ = 3.3

We divide the results by the smallest value and get it close to the nearest number.

نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح

$$\text{Simplest ratio of number of atoms} = \frac{\text{Number of atoms of each element}}{\text{The lowest value of number of atoms}}$$

The simplest no. of atoms of H = $\frac{6.7}{3.3}$ = 2

The simplest no. of atoms of C = $\frac{3.3}{3.3}$ = 1

The simplest no. of atoms of O = $\frac{3.3}{3.3}$ = 1

The empirical formula of gas : CH_2O

$M_{(CH_2O)}$ = (1 × 12) + (2 × 1) + (1 × 16) = 30 g/mol

$$\text{Empirical formula unit} = \frac{\text{Molar mass of molecular formula}}{\text{Molar mass of empirical formula}} = \frac{60\ \text{g/mol}}{30\ \text{g/mol}} = 2$$

Molecular formula = empirical formula × empirical formula unit = $CH_2O \times 2$

Molecular formula = $C_2H_4O_2$

Example 1 – 19

The empirical formula of an organic compound is known as C_2H_4O.As molar mass of this compound is 88g/mol, find out its molecular formula.

مركب عضوي صيغته الوضعية C_2H_4O وكتلته المولية 88 g/mol اوجد صيغته الجزيئية ؟

Solution:

C_2H_4O

$M_{(C_2H_4O)} = (2 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 16) = 44$ g/mol

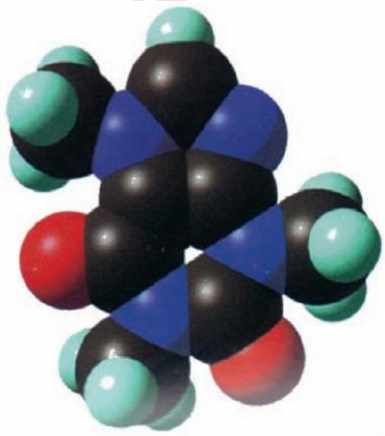
$$\text{Empirical formula unit} = \frac{\text{Molar mass of molecular formula}}{\text{Molar mass of empirical formula}} = \frac{88\ \text{g/mol}}{44\ \text{g/mol}} = 2$$

Molecular formula= empirical formula × empirical formula unit= $C_2H_4O \times 2$

Molecular formula = $C_4H_8O_2$

Exercise 1 – 14

Caffeine is found in tea, coffee and chocolate. It contains 49.48% C, 5.15% H and 16.49% O. As its molar mass is 194 g/mol, find out its molecular formula



CHEMISTRY 4

For Distinguish Schools

CHAPTER TWO

GASES

MOHAMMED AHMED SHIHAB

2025

CHAPTER-2

GASES

2 – 1 – PREFACE

We live in the layer of the atmosphere in which gases are found most densely is called as troposphere. It consists of 78% N_2, 21% O_2 and 1% other gases. Most of this 1% is CO_2.In nature,some substances are found in gas form at 25 °C temperature and 1 atm pressure conditions. In the following table 2-1, those gases and their symbols are given.

نحن نعيش في اسفل طبقة من الغلاف الجوي والتي تدعى طبقــة تروبوسفير اذ يتكـون حجمهـا من 78 % من غــاز N_2 و 21% من غاز O_2 و 1% من غازات مختلفة تقريبا ويشكل غاز CO_2 النسبة العظمى فيها. بالاضافة الى ذلك يوجد العديد من المواد في الحالة الغازية تحت ظروف (ضغط atm ودرجة حرارة)

Table 2-1 Some Elements and Compound in gas form at room temperature

Chemical Symbol	Element	Chemical Formula	Compound
H_2	Hydrogen	HF	Hydrogen flouride
N_2	Nitrogen	HCl	Hydrogen Chloride
O_2	Oxygen	HBr	Hydrogen Bromide
F_2	Fluorine	HI	Hydrogen Iodide
Cl_2	Clorine	CO	Caron monoxide
Ne	Neon	CO_2	Carbon dioxide
Ar	Argon	NH_3	Ammonia
Kr	Krypton	NO	Nitrogen Monoxide
Xe	Xenon	NO_2	Nitrogen Dioxide
Rn	radon	N_2O	Dinitrogen monoxide
		SO_2	Sulfur dioxide
		H_2S	Hydrogen Sulfide

Molecules of matter can be studied most easily when they are in gas form. Gas molecules occupy 0.1% of the medium in which they are found; the remaining is space. Therefore, gas molecules move independently. As gases have compressibility, their volumes can be reduced, they can be liquefied by pressure and cooling.

ان الحالة الغازية كانت اخر حالة من حالات المادة التي توجد في الظروف الاعتيادية امكن التعرف اليها تاريخيا، الا انها في الواقع هي الأبسط والأفضل تفهما لأن اوضح تعريف للجزيئات هو عندما تكون المادة في الحالة الغازية وأن كثيرا مما نفهمه بخصوص الجزيئات يكون تاما فقط في حالة الغازات. تشغل الجزيئات الغازية في الظروف القياسية فقط 0.1% من الحيز الذي تحتله أما الباقي فيكون فراغ لذلك فأن كل جزيء من الغاز يتصرف بشكل مستقل تقريبا، ونتيجة لذلك يمكن للغاز ان يضغط ويصغر حجمه بشكل كبير وبالضغط والتبريد يسال الغاز فيصبح حجمه صغيرا مقارنة بحجمه وهو غاز. اذن تتأثر حجوم الغازات كثيرا بالضغط وبدرجة الحرارة وبعوامل اخرى

2 – 2 – VOLUME

Volume : is the area which matter occupies. Volume of a gas is as much as the volume of the container it is inside.

الحجم: المساحة التي تحتلها المادة. حجم الغاز مساوٍ لحجم الحاوية التي بداخلها.

Volume is shown with V and measured with l, ml or cm^3.

To convert units of volume :

1 L = 1000 cm^3

1 L = 1000 mL

1 cm^3 = 1 mL conversion are used

Example 2 – 1

What is the volume of an 800 cm^3 sample of NO_2 gas in liters ?

Solution:

$$V\ (L) = V\ (cm^3) \times \frac{1\ L}{1000\ cm^3} = 800\ cm^3 \times \frac{1\ L}{1000\ cm^3} = 0.8\ L\ NO_2$$

Exercise 2 – 1

What is the volume of a 0.125 L sample of O_2 gas in millilitres (ml) ?

2 – 3 – TEMPERATURE

In Chapter 1, when we have mentioned temperature, we have told that there are different temperature scales, the Celsius (°C) and Kelvin (K) following formula to convert Celsius (°C) scale to Kelvin (K).

ان هناك وحدتان للتعبير عن درجة الحرارة هي الدرجة السيليزية °C ويرمز لها t ودرجة كلفن K ويرمز لها T ولتحويل الدرجة السيليزية الى درجة كلفن نستخدم العلاقة الآتية :

$$T(K) = t\,(°C) + 273$$

Example 2 – 2

The temperature of water in a container is 80°C whereas the temperature of water in another container is – 13°C. What are their temperatures in Kelvin scale?

Solution:

First container :

$T\,(K) = t\,(℃) + 273 = 80\ ℃ + 273 = 353\ K$

Second container :

$T\,(K) = t\,(℃) + 273 = -\,13\ ℃ + 273 = 260\ K$

Exercise 2 – 2

a) – 100°C b) 1°C c) 127°C

Write down the temperatures above in Kelvin scale.

2 – 4 – PRESSURE

Pressure: is the force (F) applied to per unit area (A)

الضغط: هو القوة (F) المطبقة على كل وحدة مساحة (A)

symbolizes it(P). While pressure in open air is measured with a barometer, pressure of a closed container is measured with a manometer.

ويرمز له (P) ويقاس الضغط الجوي بمقياس البارومتر بينما تقاس ضغوط الغازات بمقياس المانومتر.

$$Pa\ (Pascal) = \frac{F\ (Force)}{A\ (area)} \qquad P = \frac{1N(Newton)}{m^2}$$

Units of pressure are Pascal (Pa), atmosphere (atm) and Torr. The relationship between them is shown below.

1 atm = 101325 Pa

1 atm = 760 mmHg

1 atm = 760 Torr

1 Torr = 1 mmHg

1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg = 760 Torr

Example 2 – 3

What is the equivalent of 688 Torr pressure in atm?

Solution:

$$P\ (atm) = P\ (Torr) \times \frac{1\ atm}{760\ Torr} = 688\ Torr \times \frac{1\ atm}{760\ Torr} = 0.905\ atm$$

Exercise 2 – 3

What is the equivalent of 1.5 atm pressure in Torr ?

2 – 5 – THE GAS LAWS

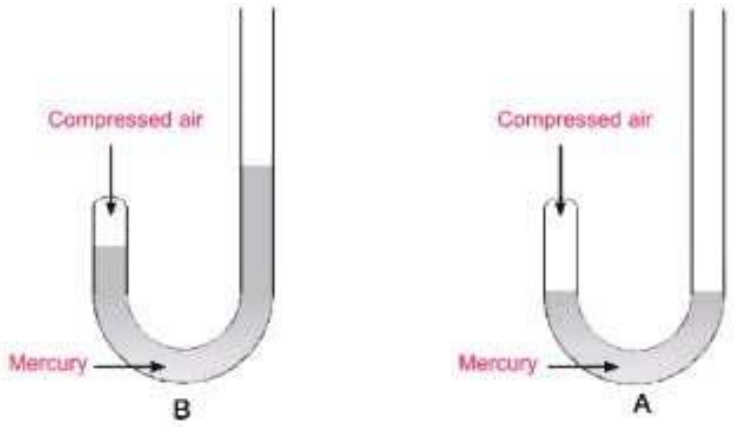
قوانين الغازات

2 – 5 – 1 – Volume-Pressure Relationship (Boyle's Law)

علاقة الحجم والضغط (قانون بويل)

For gases He used a U-shaped glass tube with one arm shorter. The short arm is closed and filled with some gases and when mercury is added from the open and long arm, it starts to apply pressure on the gas. Until the gas is compressed to some volume, the amount of mercury increases and as shown in Fig., the volume of gas has decreased.

وقد استخدم أنبوب على شكل حرف ل مسدود من جهة الساق القصيرة فيه بعض من الغاز المحصور وقام باضافة الزئبق من الطرف الاطول فبدأ الزئبق بالضغط على الغاز ليصبح حجم الغاز ذا حجم معين وعندما ضاعف كمية الزئبق (اي ضاعف الضغط) قل حجم الهواء المحصور الى النصف كما موضح في الشكل :



Boyle observed that as pressure increased, volume of air decreased at constant temperature and the gas amount. Thus, Boyle's Law is stated :

لقد لاحظ بويل ان حجم الهواء يقل كلما زاد الضغط المسلط عليه، (عند تثبيت درجة الحرارة وكمية الغاز) ولهذا وضع بويل قانونه الشهير الذي ينص

Boyle's Law: as long as temperature and amount of gas are kept constant, volume of gas is inversely proportional to pressure applied to it.

قانون بويل : طالما ظلت درجة الحرارة وكمية الغاز ثابتة ، فإن حجم الغاز يتناسب عكسياً مع الضغط المطبق عليه.

This relationship is shown mathematically as follows:

وقد وضع بويل العلاقة بشكل رياضي حيث:

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ and } V = K\frac{1}{P}$$

$$P\,V = k \text{ (k is constant)}$$

That means the product of pressure and volume is equal to a constant. According to this law, at constant temperature, for a certain amount of sample gas under P_1 pressure and V_1 volume is taken and if we would like to change P_2 pressure or V_2 volume of this gas, we can use the following equation:

اي ان حاصل الضرب للضغط والحجم بأية حالة يساوي كمية ثابتة. وعند أخذ عينة من غاز ذات حجم V1 تحت ضغط P 1 عند درجة حرارة ثابتة وقمنا بتغيير ظروف هذا الغاز ليصبح حجمه V2وضغط P2 مع الاحتفاظ بدرجة الحرارة ثابتة T 1 فانه طبقا لقانون بويل يصح ان نقول

$$\mathbf{P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2}$$ (constant temperature and constant amount of gas)

Example 2 – 4

The pressure of perfume in a 0.5 L bottle is 3atm. If applied pressure were 4 atm, what would be its volume ?

Solution:

$P_1 . V_1 = P_2 . V_2$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{(3\ \text{atm})(\frac{1}{2}\ \text{L})}{(4\ \text{atm})} = 0.375\ \text{L}$$

Example 2 – 5

a) 1 L of a gas was filled in a cylinder under 1 atm pressure. When a weight was put on it, the volume decreased to 0.5 L. Assuming the temperature was constant, calculate the final pressure.

أ - غاز موضوع في اسطوانة حجمها 1 L بضغط 1atm وضع عليه ثقل مما ادى الى تقلص حجمه الى 0.5 L احسب ضغطه الجديد على افتراض ثبوت درجة الحرارة .

b) Divers are subject to 1 atm pressure over the surface of water. At constant temperature, in 20 m depth, how much pressure is applied to divers? (Due to the weight of water, assume that pressure increases by 1 atm at every 10m)

ب - يسلط الضغط الجوي 1 atm على الغواص عند سطح البحر اي بعمق 0 m ما الضغط الذي سيسلط عليه عند عمق 20 m على افتراض ان كل 10 m تسلط ضغطاً اضافيا مقداره 1 atm بسبب وزن الهواء المحيط به ، على افتراض ثبوت درجة الحرارة .

Solution:

a) $P_1 . V_1 = P_2 . V_2$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{(1\ \text{atm})(1\ \text{L})}{(0.5\ \text{L})} = 2\ \text{atm}$$

b) As the pressure on a diver increases by 1 atm at every 10 m, the pressure in 20 meter depth is 2 atm. Therefore, total pressure applied to the diver is 3 atm to take the pressure over the surface into account.

طالما ان كل 10 m تسلط ضغطا مقداره 1 atm على الغواص لذا سيكون الضغط المسلط عليه على عمق 20 m هو 2 atm . وعليه سيصبح الضغط المسلط عليه عند هذا العمق 3 atm بسبب وجوب اضافة الضغط الجوي عليه البالغ 1 atm

Exercise 2 – 4

If the pressure of 50 L of gas in a balloon was reduced from 1 atm to 0.9 atm, what will be the final volume of the gas ?

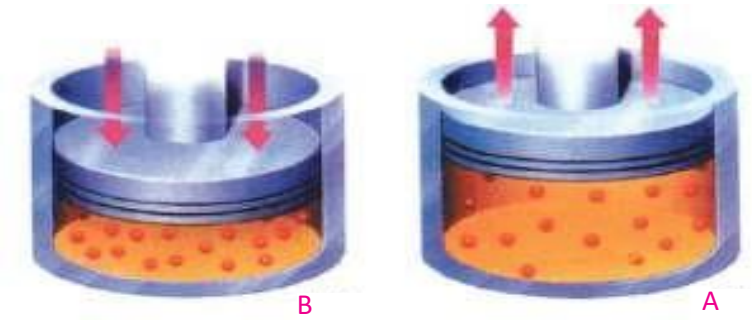
منطاد جوي يحتوي على غاز يشغل حجما قدره 50 L تحت ضغط 1 atm . ما حجمه عندما يرتفع في الجو ويتعرض لضغطا قدره 0.9 atm ؟

2 – 5 – 2 – Temperature and Volume Relationship (Charles' Law)

علاقة الحجم ودرجة الحرارة (قانون شارل)

When temperature of all gases increase, also their volumes increase. To measure volume increase by rise in temperature, a gas with a certain mass is filled into a cylinder with a moving piston as in Figure

ان جميع الغازات تتمدد في الحجم عندما ترفع درجة حرارتها ، ويمكن عمليا قياس الزيادة في الحجم بزيادة درجة الحرارة وذلك بحبس كتلة ثابتة لغاز في اسطوانة مزودة بمكبس كما هو مبين بالشكل



A) Volume of heated gas increase and piston moves up.

B) Volume of cooled gas decreases and piston moves down.

When the mass over the piston is constant, the gas is under constant pressure. When the gas is heated, the piston moves upward and the volume of the gas increases.

حيث ان الكتلة فوق قمة المكبس ثابتة فأن العينة من الغاز تبقى عند ضغط ثابت ويلاحظ انه كلما سخن الغاز فان المكبس يتحرك للخارج ويزداد الحجم.

Charles' Law : At constant pressure, change in volume of any amount of ideal gas is directly proportional to change in its temperature in Kelvin.

قانون تشارلز: عند الضغط المستمر ، فإن التغيير في حجم أي كمية من الغاز المثالي يتناسب طرديًا مع التغير في درجة حرارته في كلفن.

$$V \alpha T \text{ and } V = K \times T$$

$$\frac{V}{T} = k \text{ (k is constant)}$$

Generally, for a certain mass of gas, at T_1 and T_2 temperatures, V_1 and V_2 volumes are considered. In this case, at constant temperature, temperature volume relationship is as follows:

وفي كثير من الاحيان نتعامل مع حجمين لكمية معينة من غاز عند درجتي حرارة مختلفتين على التوالي لذلك يمكن استخدام العلاقة العامة للحجم ودرجة الحرارة عند ثبوت الضغط كالآتي:

$$\boxed{\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}}$$ At constant pressure and amount of gas

Example 2 – 6

A balloon was filled with air until its volume reached 4 L at 27°C. What will be its volume when we put it in a fridge at 0°C? (Pressure is the same for both temperatures.)

ملئ بالون (نفاخة) بالهواء حتى اصبح حجمه 4 L بدرجة حرارة 27°C ما حجم البالون بعد وضعه في المجمدة علما بان درجة حرارتها 0°C (الضغط ثابت في الحالتين)؟

Solution:

We convert temperature from °C to K.

T (K) = t°C + 273

T_1 (K) = 27°C + 273 = 300 K V_1 = 4 L

T_2 (K) = 0°C + 273 = 273 K V_2 = ? L

After conversion, we find the volume by Charles' Law.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1\ T_2}{T_1} = \frac{(4\ L)(273\ K)}{(300\ K)} = 3.64\ L$$

Exercise 2 – 5

1 L of CO_2 is found in a balloon at 27°C. What happens when we put the balloon in a pool at -3°C ?

غاز CO_2 في بالون حجمه 1L في درجة حرارة 27°C ما حجم البالون عندما يوضع في حوض مبرد بدرجة حرارة - 3 °C ؟

2 – 5 – 3 – Pressure-Temperature Relationship (Gay-Lussac's Law)

علاقة الضغط ودرجة الحرارة (قانون غي لوساك)

When with constant volume is heated ,its pressure increases

When with constant volume is cooled ,its pressure decrease

Gay Lussac's Law : Pressure of a constant amount of an ideal gas with a constant volume is directly proportional to its temperature in Kelvin.

قانون جاي لوساك: ضغط كمية ثابتة من غاز مثالي بحجم ثابت يتناسب طرديًا مع درجة حرارته بالكلفن.

This expression is shown as follows:

$P \alpha T$, $P = k \times T$, $\boxed{\frac{P}{T} = k}$ (k : constant)

For gases at two different temperatures (T_1 and T_2) and two different pressures (P_1 and P_2), the following equation are used:

وعند استخدام غاز بدرجتي حرارة مختلفتين T_1و T_2 ضغطين مختلفين P_1 و P_2على التوالي يمكن استخدام العلاقة السابقة كالاتي:

$$\boxed{\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}}$$ (Volume and amount of gas constant)

Example 2 – 7

Why shouldn't deodorant and spray cans be disposed of in fire? We can under stand the reason better with the following question. The pressure of a spray can is 3 atm at 17°C. What will be its pressure at 187°C ?

لماذا ينصح دائما بعدم رمي علب معطرات الجو او الجسم في النار وعلى فرض بان لديك علبة من معطر جو تحتوي على غاز تحت ضغط 3 atm وبدرجة حرارة 17°C ما ضغطها عندما تتعرض الى حرارة قدرها 187°C؟

Solution:

When temperature increases, kinetic energy of molecules in the can increases. Therefore, number of collisions of gas molecules with the walls of the can and also pressure increase. This causes can to burst. The following steps are applied for solution:

انه عندما ترتفع درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات وبالتالي يزداد عدد اصطداماتها بجدران العلبة مما يؤدي الى زيادة الضغط المسلط من قبل الغاز على جدرانها وبالتالي قد تؤدي الى انفجارها وتشظيها .

We convert temperature from °C to K.

T (K) = t°C + 273

T_1 (K) = 17°C + 273 = 290 K $\qquad$ P_1 = 4 atm

T_2 (K) = 187°C + 273 = 460 K $\qquad$ P_2 = ? atm

We find out P_2 through Gay-Lussac Law.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1\ T_2}{T_1} = \frac{(3\ atm)(460\ K)}{(290\ K)} = 4.75 \text{ atm}$$

Exercise 2 – 6

The air pressure of tires of a car is 1.8 atm at 20°C. The car's owner wants to go to Basra. When he arrives at Basra, what will be the air pressure of tires at 36°C ?

قام رجل يروم السفر من بغداد الى البصرة بقياس ضغط الهواء في اطار سيارته فوجد انه يبلغ 1.8 atm بدرجة حرارة 20°C وعند وصوله الى البصرة اصبحت درجة الحرارة داخل الاطار 36°C ما ضغط الهواء داخل الاطار.

2 – 6 – THE COMBINED GAS LAW القانون الموحد للغازات

Boyle's Law ..... P.V = K

Charles' Law ..... $\frac{V}{T} = K$

Gay-Lussac's Law..... $\frac{P}{T} = K$

A combined law can be written from those 3 laws :

$$\boxed{\frac{PV}{T} = K} \qquad K \text{ (Constant)}$$

We can write the change in a gas with constant amount from P_1, V_1 and T_1 conditions to P_2, V_2 and T_2 conditions.

$$\boxed{\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}}$$

The equation above is also called as equation of state for a constant amount of gas.

Example 2 – 8

A bubble of 2.1 mL in volume is going up from the bottom of a lake at 8°C temperature and 6.4 atm pressure. At the surface, the temperature is 25°C and the pressure is 1 atm Calculate the volume of the bubble at the surface.

فقاعة هواء صغيرة حجمها 2.1 mL أرتفعت من قاع بحيرة حيث الضغط 6.4 atm ودرجة حرارة 8°C الى سطح الماء حيث درجة الحرارة 25°C والضغط 1 atm أحسب حجم الفقاعة على سطح الماء

Solution:

We convert °C to K:

$T\ (K) = t°C + 273$

$T_1\ (K) = 8°C + 273 = 281\ K$, $P_1 = 6.4\ atm$, $V_1 = 2.1\ ml$

$T_2\ (K) = 25°C + 273 = 298\ K$, $P_2 = 1\ atm$, $V_2 = ?\ ml$

We find out V_2 through the combined gas law.

$$\frac{P_1\ V_1}{T_1} = \frac{P_2\ V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1\ P_1\ T_2}{P_2\ T_1} = \frac{2.1\ ml \times 6.4\ atm\ \times 298\ K}{1\ atm \times 281\ K)}$$

$V_2 = 14.25$ mL The volume of the bubble at the surface

Exercise 2 – 7

The volume of a sample of CO_2 is 4 L at 66°C temperature and 1.2 atm pressure. At 42°C, the volume becomes 1.7 L. Calculate the pressure at this temperature. (The no. of moles hasn't changed.)

عينة من غاز CO_2 حجمه 4 L وتحت ضغط 1.2 atm وبدرجة حرارة 66°C تعرض الى تغير فاصبح حجمه 1.7 L عند درجة حرارة 42°C احسب ضغطه علما بان عدد مولاته لم تتغير.

2 – 7 – THE RELATIONSHIP BETWEEN AMOUNT OF GAS AND VOLUME (AVOGADRO'S LAW)

علاقة كمية الغاز والحجم (قانون افوكادرو)

Avogadro's Law : Equal volumes of different gases contain equal numbers of particles at constant pressure and temperature.

قانون أفوجادرو: تحتوي الأحجام المتساوية من الغازات المختلفة على أعداد متساوية من الجسيمات عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين.

The amount of gas is expressed with number of moles (n). According to this :

ان كمية الغاز تقاس بعدد مولاته (n) ولذلك حسب ما وجده افوكادور ان :

$V\ \alpha\ n$, $\boxed{V = k\ n}$

For two different amounts of gases (n_1, n_2) and two different volumes (V_1,V_2) of them, we can use the following equation.

وعند استخدام غاز بكميتين مختلفتين n_1 و n_2 تشغلان حجمين مختلفين V_1و V_2 فانه يمكن استخدام العلاقة الاتية :

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$ (at constant temperature and pressure)

When we withdraw gas from the environment, so, number of moles decreases. When we add some more gas, number of moles increases and gas volume increases.

عند سحب الغاز تقل عدد مولاته لذلك يقل حجم الغاز وعند اضافة كمية من الغاز تزداد عدد مولاته لذلك يزداد حجم الغاز (وهذا عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة).

2 – 7 – 1 – MOLAR VOLUME الكميات المولية

The value obtained by dividing volume to no. of moles is called as molar volume. As no. of moles is shown with (n) and volume with (V), (V_m) expresses molar volume.

ان اي كمية تقسم على عدد المولات (n) تسمى بالكمية المولية ومثال على ذلك ان الحجم المولي Vm يساوي V مقسوم على عدد المولات n أي:

$$V_m = \frac{V\ (L)}{n\ (mol)} = \text{L/mol}$$

Molar volume of a gas is equal to 22.4 L (22414 cm^3) at standard temperature and pressure (STP). (1atm = 760 Torr, 0°C = 273 K).

Molar mass (M) is found by dividing mass (m) to no. of moles (n) :

$$M = \frac{m\ (g)}{n\ (mol)} = \text{g/mol}$$

Example 2 – 9

If the volume of 1 mole of hydrogen gas is 22.4 L at standard temperature and pressure, what is the volume of 3 moles of hydrogen gas at the same conditions?

غاز الهيدروجين يشغل حجما قدر 22.4 L في الظروف القياسية (STP) عندما ناخذ 1 mol منه ، ما حجمه في نفس الظروف عندأخذ 3 moles منه .

Solution:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1\, n_2}{n_1} = \frac{(22.4\ L)(3\ mol)}{(1\ mol)} = 67.2\ L$$

Exercise 2 – 8

Calculate the molar volume of 3 moles of a gas with a volume of 36 L.

Exercise 2 – 9

If 0.5 mole of a gas has 11.2 L of volume at standard temperature and pressure (STP), what is the no. of mole when it has a volume of 16.8 L?

2 – 8 – IDEAL GAS LAW

قانون الغاز المثالي

We can obtain a single equation by combining 4 gas laws :

$PV = K$ ……. Boyle's Law

$\frac{V}{T} = K$ ……. Charles' Law

$\frac{P}{T} = K$ ……. Gay Lussac's Law

$\frac{V}{n} = K$ ……. Avogadro's Law

We can get a single equation from the equations above:

وبربط هذه المعادلات مع بعضها يمكن الحصول على العلاقة الرياضية الاتية :

$$V\ \alpha\ n\ \frac{T}{P}$$

When we convert the ratio to an equation: وعند تحويل التناسب الى مساواة نحصل على:

$$V = (\text{Constant})\ n\ \frac{T}{P}$$

By inserting gas constant (R), we get the final equation will be:

ويرمز لثابت التناسب بالحرف (R) لذا تصبح المعادلة الاخيرة على الصورة الاتية :

$$\boxed{PV = nRT}$$ ideal gas law

We can apply the equation above can be applied to gases which are applied 4 laws. This kind of gases are called as ideal gases. R is the general constant for ideal gases(R) (0.082). This equation must be used along with P(atm) , V (L), n (number of moles) and T(K) units in mathematical calculations.

يطبق هذا القانون فقط على الغازات التي تنطبق عليها قوانين الغازات الاربعة وتسمى مثل هذه الغازات بالغازات المثالية . ويمثل R ثابت يسمى الثابت العام للغازات . وعند استخدام هذه المعادلة حسابيا يجب ان تكون وحدات الضغط بالجو و الحجم باللتر وعدد المولات بالمول و درجة الحرارة بالكلفن .

In order to calculate R value, we take 1 mole of an ideal gas with 22.414 L volume at standard temperature and pressure (0°C and 1 atm).

وعندما نريد ايجاد قيمة R نـأخذ مـول واحـد من اي غـاز مثـالـي (n = 1) في الظروف القياسية (STP) درجة حرارة 0 °C وضغط 1 atm والذي يشغل حجما قدره 22.414 L وبالتعويض في معادلة الغاز المثالي :

$PV = nRT$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1\ atm \times 22.414\ L}{1\ mol \times 273\ K} = 0.082\ \text{atm.L/mol.K}$$

In order to find R value in International System of Units, we take pressure as 101325 Pa (Pascal), volume as 22.4×10^{-3} m^3, no. of moles as 1 mole and temperature as 273 K .

وبالامكان استخدام الوحدات الدولية (SI) للضغط (باسكال) (101325) والحجم يسا وي 22.4×10^{-3} m^3 وعدد المولات n يساوي 1 mole ودرجة الحرارة تساوي 273 K لايجاد قيمة R بالوحدات الدولية :

$PV = nRT$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{101325\ Pa \times 22.4 \times 10^{-3}\ m^3}{1\ mol \times 273\ K} = 8.314\ \text{Pa.m}^3\text{/mol.K}$$

$$\text{Pa unit} = \frac{\text{Kg}}{\text{m.s}^2}$$

When we use it in the equation above,

$$R = \frac{\frac{kg}{m\,S^2}\,m^3}{mol\ K} = \frac{\frac{kg}{S^2}\,m^2}{mol\ K}$$

Unit of energy $J = \frac{kg\ m^2}{S^2}$ So : R = 8.314 J/ mol . K

Example 2 – 10

The volume of NO gas is 5.6 L. Find out the number of moles under standard temperature and pressure.

احسب عدد مولات غاز NO في الظروف القياسية اذا كان حجمه 5.6 لتر.

Solution:

Standard pressure and temperature conditions are 1 atm and 273K.

PV = nRT

$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1\ atm \times 5.6\ L}{0.082\ \frac{atm \cdot L}{mol \cdot K} \times 273\ K} = 0.25$ mol.

Exercise 2 – 10

Calculate the number of moles of 10 L of oxygen under standard conditions.

2 – 8 – 1 –Calculation of Gas Density

We can use ideal gas law to calculate gas density. According to the following equation;

PV = nRT..... .... (1)

As , we can insert (n) in (1).

$n = \frac{m\ (g)}{M\ (\frac{g}{mol})}$

PV = $(\frac{m}{M})$ RT …….. (2)

Or ; PM = $(\frac{m}{V})$ RT …….. (3)

$\rho = \frac{m\ (g)}{V\ (L)}$ ……. from density formula

ρ shows density and by using it in (3) We get :

PM = ρ RT …… (4)

By arranging Equation (4), we can calculate density of a gas with known molar mass and pressure at a certain temperature.

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

We can find out the mass of gas or molar mass from Equation (3):

$PM = (\frac{m}{V})\ RT$

By re-arranging to find mass of gas :

$$m = \frac{PMV}{RT}$$

Example 2 – 11

Hydrazine (N_2H_4) is used as rocket propellant. Calculate the density of this substance at standard temperature and pressure (STP).

يستخدم الهيدرازين (N_2H_4) وقودا للصواريخ . احسب كثافته عند الظروف القياسية .

Solution:

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

Molar mass of hydrazine

$M_{N_2H_4} = (2 \times 14) + (4 \times 1) = 32$ g/mol

At standard conditions, the pressure is 1 atm and the temperature is 273K

$$\rho = \frac{1\ (atm) \times 32\ (\frac{g}{mol})}{0.082\ (\frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}) \times 273\ (K)} = 1.43\ g/L$$

Exercise 2 – 11

Calculate the density of oxygen gas (O_2) at 373K temperature and 5 atm pressure in g/L unit.

احسب كثافة غاز الاوكسجين (O_2) بوحدات g/L في درجة حرارة 373 K وضغط 5 atm .

Example 2 – 12

Find out the number of moles of a 700 mL gas at 27°C temperature and 0.8 atm pressure.

ما عدد مولات عينة غاز تشغل 700 mL عند ضغط قدره 0.8 atm ودرجة حرارة 27°C .

Solution:

The following steps are followed for solution :

We convert the volume of the gas from mL to L.

$$V\ (L) = V\ (ml) \times \frac{1\ L}{1000\ ml} = 700\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ ml} = 0.7\ L$$

We convert the temperature from °C to K.

T (K) = t°C + 273

T_1 (K) = 27°C + 273 = 300 K

From ideal gas law;

PV = nRT

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.8\ atm \times 0.7\ L}{0.082\ \frac{atm \cdot L}{mol \cdot K} \times 300\ K} = 0.023\ mol.$$

Exercise 2 – 12

Methane is a gas obtained by oil refining. Find out the volume of 0.5 mole of a sample from meth- ane gas at 27°C temperature and 3 atm pressure.

غاز الميثان هو احد الغازات الناتجة من عملية تكرير النفط اخذت عينة منه قدرها 0.5 mol وتحت ضغط 3 atm بدرجة حرارة 27°C احسب الحجم بالمليلتر (mL) الذي تشغله العينة.

Example 2 – 13

The pressure of a gas in a 3 litre container was found as 5.46 atm at 27°C temperature. As the molar mass of the gas is 44 g/mol, find out the mass and mole number of the gas.

وجد ان ضغط غاز في وعاء حجمه 3 L ودرجة حرارة 27°C يساوي 5.46 atm .احسب كتلة الغاز وعدد مولاته في الوعاء علما بان الكتلة المولية للغاز 44 g/mol .

Solution:

The following steps are applied for solution :

1. We convert the temperature from °C to K.

T (K) = t°C + 273

T (K) = 27°C + 273 = 300 K

2. Using the following equation;

$$m = \frac{PMV}{RT} = \frac{5.46\ atm \times 44 \frac{g}{mol} \times 3\ L}{0.082\ \frac{atm \cdot L}{mol \cdot K} \times 300\ K} = 29.3\ g$$

3. Calculate the mole number;

$$n = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)} = \frac{29.3\ (g)}{44\ (g/mol)} = 0.67\ mol$$

Example 2 – 14

At 227°C temperature and 748 Torr pressure, the mass of a gas is 0.6 g in a 500 mL container. Calculate the molar mass of the gas.

احسب الكتلة المولية لغاز كتلته 0.6 g في وعاء حجمه 500 mL ودرجة حرارة 227 °C علما بان ضغط الغاز يساوي 748 Torr .

Solution:

The following steps are applied for solution:

1. We convert the volume from mL to L.

$$V\ (L) = V\ (ml) \times \frac{1\ L}{1000\ ml} = 500\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ ml} = 0.5\ L$$

We convert the temperature from °C to K.

$$T\ (K) = t°C + 273$$

$$T\ (K) = 227°C + 273 = 500\ K$$

2. We convert the pressure from Torr to atm.

$$P\ (atm) = P\ (Torr) \times \frac{1\ atm}{760\ Torr} = 748\ Torr \times \frac{1\ atm}{760\ Torr} = 0.984\ atm$$

3. From Equation :

$$M = \frac{mRT}{PV} = \frac{0.6\ g \times 0.082\ \frac{atm \cdot L}{mol \cdot K} \times 500\ K}{0.984\ atm \times 0.5\ L} = 50\ g/mol$$

Example 2 – 15

The molar mass of 0.31 g of a gas is 32 g/mol and it has a pressure of 1.17 atm. What is the temperature when this gas has a volume of 0.23 L ?

0.31 g من غاز كتلته المولية 32 g/mol تحت ضغط 1.17 atm عند اي درجة حرارة تشغل هذه العينة حجما مقداره 0.23 لتر

Solution:

$$PV = \left(\frac{m}{M}\right) RT$$

$$T = \frac{PVM}{mR} = \frac{1.17\ (atm) \times 0.23(L) \times 32\ (\frac{g}{mol})}{0.31\ (g) \times 0.082\ \frac{atm \cdot L}{mol \cdot K}} = 339\ K$$

Exercise 2 – 13

At 127°C temperature and 3.65 atm pressure, find out the molar mass of a gas with 900 mL volume and 4.41 g mass.

Exercise 2 – 14

Calculate the molar mass of a gas with 0.4 g mass and 280 mL of volume at standard temperature and pressure (STP).

2 – 9 – DALTON'S LAW OF PARTIAL PRESSURES

قانون دالتون للضغوط الجزئية

Dalton' Law of Partial Pressures: Total pressure of a gas mixture with gases which don't react with each other is equal to sum of partial pressures of all gases in the mixture.

قانون دالتون للضغط الجزئي: الضغط الكلي لمزيج غاز مع غازات لا تتفاعل مع بعضها البعض يساوي مجموع الضغوط الجزئية لجميع الغازات في الخليط.

It can be expressed mathematically:

P_T show total gas pressure , whereas P_1, P_2 and P_3 show partial pressures of gases in the mixture.

Total Number of Moles and Mole Fraction

العلاقة بين الضغط الكلي وعدد المولات الكلية والكسر المولي

We find the partial pressures using the ideal gas law as follows :

نجد الضغوط الجزئية باستخدام قانون الغاز المثالي على النحو التالي :

$$P_1 = \frac{n_1 RT}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$P_2 = \frac{n_2 RT}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

From Dalton's Law

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

We insert Equation 1 and 2 in Equation 3.

$$P_T = \frac{n_1 RT}{V} + \frac{n_2 RT}{V} = (n_1 + n_2)\frac{RT}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

By dividing Eq. 1 to Eq. 4 :

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{\frac{n_1 RT}{V}}{(n_1 + n_2)\frac{RT}{V}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

By eliminating similar terms : وبحذف المتشابهات نحصل على

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{(n_1 + n_2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

We get the equation

n_T shows total No. of moles in the mixture. It is found by adding No. of moles of gases in the mixture.

$$n_T = n_1 + n_2$$

Thus, Equation 6 becomes as follows :

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{n_T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Similarly, for the second gas in the mixture:

$$\frac{P_2}{P_T} = \frac{n_2}{n_T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Mole Fraction: It is the ratio of number of moles of components in a gas mixture over total number of moles.

الكسر المولي: هو نسبة عدد مولات المكونات في خليط غازي على عدد المولات الكلي .

Mole fraction of 1st component is shown as (x_1) .

$$X_1 = \frac{n_1}{(n_1 + n_2)} = \frac{n_1}{n_T}$$

Mole fraction of 2nd component is shown as (x_2) .

$$X_2 = \frac{n_2}{n_T}$$

When we insert mole fraction in Equations 7 and 8 :

$$\frac{P_1}{P_T} = X_1 \quad , \quad \frac{P_2}{P_T} = X_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

we get these equations:

$$P_1 = X_1 \times P_T \quad , \quad P_2 = X_2 \times P_T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

We can re-write Eq. 10 as follows :

$$P_i = X_i \times P_T$$

X_i shows mole fraction of a component and P_i shows its partial pressure. Besides, sum of mole fractions of all gases in a mixture is equal to 1. We can apply this to the previous two-gas mixture:

حيث يمثل Xi الكسر المولي للمكون i و Pi ضغطه الجزئي ولا بد ان نعلم ان مجموع الكسور المولية لمزيج من الغازات يساوي الواحد الصحيح ويمكن تطبيق ذلك على المثال المذكور سابقا لمزيج مكون من غازين كما يأتي :

$$X_1 + X_2 = \frac{n_1}{(n_1 + n_2)} + \frac{n_2}{(n_1 + n_2)} = \frac{(n_1 + n_2)}{(n_1 + n_2)} = 1$$

Generally, we can write the following equation:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \ldots\ldots\ldots = 1$$

Example 2 – 16

In a mixture of noble gases, there are 4.46 moles of Ne, 0.74 mole of Ar and 2.15 moles of Xe. Calculate the partial pressures of each gas. (Temperature is constant and total pressure is 2 atm.)

خليط من الغازات النبيلة تحتوي 4.46 mol من غاز النيون (Ne) و 0.74 mol من الاركون (Ar) و 2.15 mol من الزينون (Xe) . احسب الضغط الجزئي لكل غاز علما بان الضغط الكلي يساوي 2 atm ودرجة الحرارة ثابتة.

Solution:

The following steps are applied for solution:

1) Total number of moles is found.

$$n_T = n_{Ne} + n_{Ar} + n_{Xe}$$

$$n_T = 4.46\ mol + 0.74\ mol + 2.15\ mol = 7.35\ mol$$

2) Mole fractions of noble gases are found.

$$X_{Ne} = \frac{n_{Ne}}{n_T} = \frac{4.46\ mol}{7.35\ mol} = 0.607$$

$$X_{Ar} = \frac{n_{Ar}}{n_T} = \frac{0.74\ mol}{7.35\ mol} = 0.1$$

$$X_{Xe} = \frac{n_{Xe}}{n_T} = \frac{2.15\ mol}{7.35\ mol} = 0.293$$

3) Using the following formula, partial pressure of each gas is found.

$$P_i = X_i \times P_T$$

We write symbol of each gas in place of i in the formula.

$P_{Ne} = X_{Ne} \times P_T = 0.607 \times 2 = 1.214$ atm

$P_{Ar} = X_{Ar} \times P_T = 0.1 \times 2 = 0.2$ atm

$P_{Xe} = X_{Xe} \times P_T = 0.293 \times 2 = 0.586$ atm

To make sure, we add up partial pressures. (The sum must be 2.)

1.214 atm + 0.2 atm + 0.586 atm = 2 atm

Exercise 2 – 15

Gases obtained by oil refining wer placed into a container. There ar 6 moles of methane, 4 moles o ethane and 2 moles of propane in i As the total pressure is 6 atm, calculate partial pressures of each gas

يحتوي آناء على خليط من الغازات الطبيعية الناتجة من تكرير النفط مقاديرها هي 6 mol من غاز الميثان و 4 mol من الايثان و 2 mol من البروبان فاذا علمت ان الضغط الكلي لها 6 atm احسب الضغط الجزئي لكل غاز

Example 2 – 17

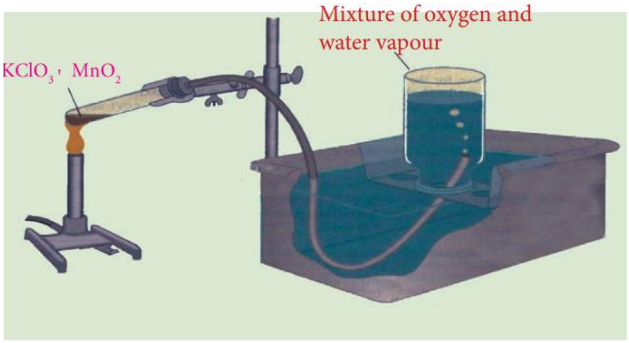
Potassium chloride releases oxygen gas under extreme heat through MnO_2 catalyst. In order to collect oxygen gas, water is used. Calculate the mass of gas in grams with 128 mL of volume at 24°C and 762.4 mmHg pressure. (At 24°C, vapor pressure of water is 22.4 mmHg and molar mass of oxygen is 32 g/mol .)

حضر غاز الاوكسجين من التسخين الشديد لكلورات البوتاسيوم بوجود MnO_2 كعامل مساعد وجمع الغاز بازاحة الماء نحو الاسفل بدرجة حرارة 24 °C وتحت ضغط 762.4 mmHg وكان حجمه 128 mL احسب كتلة الغاز بالغرام علما بان الكتلة المولية للاوكسجين تساوي 32 g/mol وضغط بخار الماء يساوي 22.4 mmHg بدرجة حرارة 24 °C

Solution:

The following steps are applied for solution:

1) Collected gases were mixed with water vapor. Therefore, in the tube, there is a mixture of gas and water vapor.



The total pressure of oxygen and water vapor mixture is 764.2 mmHg. We need to find out the partial pressure of oxygen gas.

يمثل الضغط 762.4 mmHg الضغط الكلي لكل من O_2 وبخار الماء . لذا علينا ايجاد ضغط O_2 الجزئي

$P_T = P_{O_2} + P_{H_2O}$

$762.4 = P_{O_2} + 22.4$

$P_{O_2} = 740$ mmHg

2) We convert pressure from mmHg to atm :

$$P\ (atm) = P\ (mmHg) \times \frac{1\ atm}{760\ mmHg} = 740\ mmHg \times \frac{1\ atm}{760\ mmHg} = 0.974\ atm$$

3) We convert volume from mL to L :

$$V\ (L) = V\ (mL) \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 128\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 0.128\ atm$$

4) We convert °C to K :

$T(K) = t(°C) + 273 = 24°C + 273 = 297\ K$

5) By using ideal gas law :

$PV = \frac{m}{M} RT$

mass of gas :

$$m = \frac{PMV}{RT} = \frac{0.974\ atm \times 32\ \frac{g}{mol} \times 0.1283\ L}{0.082\ \frac{atm \cdot L}{mol \cdot K} \times 297\ K} = 0.164\ g$$

Exercise 2 – 16

When Ca and water react at 30°C and 988 mmHg pressure, H_2 gas is released. Water is used to collect the gas. Calculate the mass of H_2 gas which is 200 mL in grams.

(Molar mass of H_2 gas is 2 g/mol. , Water vapor pressure at 30°C is 32.82 mmHg.)

حضر غاز الهيدروجين من تفاعل الكالسيوم مع الماء وجمع بازاحة الماء الى الاسفل بدرجة حرارة 30°C وتحت ضغط 988 mmHg وكان حجمه 641 mL احسب كتلة غاز الهيدروجين بالغرام علما بان الكتلة المولية من H_2 تساوي 2 g/mol وضغط بخار الماء بدرجة 30°C يساوي 32.82 mmHg

Exercise 2 – 17

The partial pressures of gases in a sample of air are as follows: Nitrogen = 569 Torr, Oxygen = 116 Torr, Carbon dioxide = 28 Torr and water vapor = 0.47 Torr. Calculate the percentages of these gases in air through mole fractions.

عينة من الهواء كان الضغط الجزئي لكل غاز من مكونات العينة كالاتي: للنتروجين 116 Torr وللاوكسجين 569 Torr ولثنائي اوكسيدالكاربون 28 Torr ولبخار الماء 0.47 Torr فما هي نسبة هذه الغازات في الهواء محسوبة بالكسر المولي

Example 2 – 18

At 7 °C, there are 3.2 g of oxygen, 0.4 g of helium and 14 g of nitrogen gases mixture in a 2 L test tube. Calculate the total pressure of this mixture. (Molar masses of gases: Oxygen = 32 g/mol, nitrogen = 28 g/mol, helium = 4g/mol)

يحتوي دورق حجمه 2 L في درجة حرارة 7 °C على خليط من الغازات 3.2 g من الاوكسجين و 0.4 g من الهيليوم و 14 g من النتروجين . احسب الضغط الكلي للخليط علما بان الكتلة المولية للاوكسجين تساوي 32 والنتروجين 28 والهيليوم 4 بوحـــدات g/mol .

Solution:

The following steps are applied for solution :

1)

$$n_{He} = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)} = \frac{0.4\ (g)}{4\ (g/mol)} = 0.1\ mol$$

$$n_{O_2} = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)} = \frac{3.2\ (g)}{32\ (g/mol)} = 0.1\ mol$$

$$n_{N_2} = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)} = \frac{14\ (g)}{28\ (g/mol)} = 0.5\ mol$$

2) We convert °C to K :

$$T(K) = t(°C) + 273 = 7°C + 273 = 280\ K$$

3) We find out the total number of moles of the mixture.

$$n_T = n_{He} + n_{O_2} + n_{N_2}$$

$$n_T = 0.1\ mol + 0.1\ mol + 0.5\ mol = 0.7\ mol$$

4) By using ideal gas law :

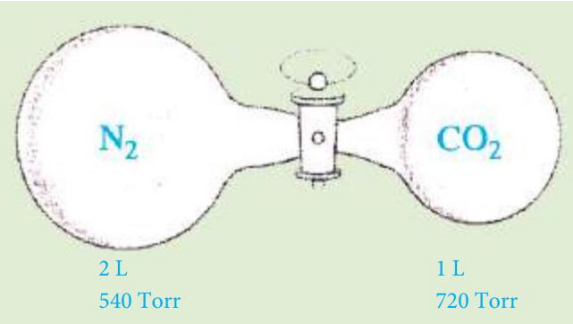
$$P_T = \frac{n_T RT}{V} = \frac{0.7\ mol \times 0.082\ \frac{atm \cdot L}{mol \cdot K} \times 280\ K}{2\ L} = 8.036\ atm$$

Example 2 – 19

Two containers in different volumes were connected via a valve. The volume of the first container was 1 L and it had CO_2 gas under 720 Torr pressure. The volume of the second container was 2 L and it had nitrogen as under 540 Torr pressure. After the valve was switched on and equilibrium established, what was the total pressure in Torr? (Temperature was constant).

وعاءان متصلان بصمام . الاول حجمه 1 L يحتوي على غاز CO2 تحت ضغط 720 Torr والثاني حجمه 2 L يحتوي على غاز N2 تحت ضغط 540 Torr احسب الضغط الكلي عند فتح الصمام على فرض ثبوت درجة الحرارة.

The following steps are applied for solution :



1) After the valve was switched on, the gases were mixed and total volume was equal to the sum of two volumes :

$V_2 = V_{N_2} + V_{CO_2} = 2 + 1 = 3$ L

2) Through Boyle's Law, we find out partial pressures of each gas :

$P_1 . V_1 = P_2 . V_2$

$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$

Partial pressure of CO_2 gas :

$P_1 = \frac{720\ Torr \times 1\ L}{3\ L} = 240$ Torr $= P_{CO_2}$

Partial pressure of N_2 gas :

$P_2 = \frac{540\ Torr \times 2\ L}{3\ L} = 360$ Torr $= P_{N_2}$

3) Total pressure of the mixture :

$P_T = P_{CO_2} + P_{N_2}$

$P_T = 240$ Torr + 360 Torr = 600 Torr

Exercise 2 – 18

20 mL of N_2 under 740 Torr pressure was mixed with 30 mL of O_2 under 640 Torr pressure in a 50 mL container. Assuming the temperature was constant, find out the total pressure of the mixture.

كم هو الضغط الكلي N2 الناتج عن خلط 20 mL من 30 mL مع 740 Torr وتحت ضغط من O2 وعند ضغط 640 Torr اذا تم خلطها في وعاء حجمه 50 mL علما بان درجة الحرارة ثابتة .

2 – 10 – GRAHAM'S LAW OF DIFFUSION

قانون الانتشار لكراهام

Graham's Law of Diffusion: Diffusion rate of gases through small holes is inversely proportional to square root of its density.

قانون جراهام للانتشار: معدل انتشار الغازات عبر الثقوب الصغيرة يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكثافتها.

Let the diffusion rates of two different gases through the same hole be r_1 and r_2, their densities be ρ_1 and ρ_2 . According to Graham's law :

فاذا اعتبرنا سرعة نفاذ غازين من خلال نفس الثقوب هي r_1 و r_2 وكانت كثافتيهما ρ_1 و ρ_2 على التوالي فانه واعتمادا على قانون كراهام يكون :

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

M_1 and M_2 are molar masses of both gases respectively.

حيث M_1 و M_2 هي الكتل المولية للغازين على التوالي.

Example 2 – 20

If the diffusion rate of oxygen gas through a porous obstacle is 8 mL/s , Find out the diffusion rate of hydrogen gas through the same obstacle. (Densities of gases at the same temperature and pressure $\rho(O_2)$=144g/L, $\rho(H_2)$ = 0.09 g/L).

اذا علمت ان سرعة انتشار غاز الاوكسجين خلال حاجز مسامي يساوي 8 mL/s فما سرعة انتشار غاز الهيدروجين خلال نفس الحاجز علما بان كثافة غاز الاوكسجين تساوي 1.44 g/L وكثافة غاز الهيدروجين تساوي 0.09 g/L خلال نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة

Solution:

$$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{\rho_{O_2}}{\rho_{H_2}}} \longrightarrow \frac{r_{H_2}}{8\ mL/S} = \sqrt{\frac{1.44\ g/L}{0.09\ g/L}} \longrightarrow \frac{r_{H_2}}{8\ mL/S} = \sqrt{16}$$

$$\frac{r_{H_2}}{8\ mL/S} = 4 \longrightarrow r_{H_2} = 8 \times 4 = 32\ mL/s$$ Diffusion rate of hydrogen gas

Exercise 2 – 19

The diffusion rate of O_2 gas is 8 mL/s and the diffusion rate of H_2 gas is 32 mL/s. As molar mass of O_2 is 32 g/mol, find out the molar mass of H_2 gas.

سرعة انتشار غاز O_2 تساوي 8 mL/s وسرعة انتشار غاز الهيدروجين 32 mL/s . فما الكتلة المولية للهيدروجين اذا علمت ان الكتلة المولية مـــن O_2 تساوي 32 g/mol .

Example 2 – 21

If diffusion rate of nitrogen gas through a tiny hole is 2.65 mL/s , find out the diffusion rate of NH_3 gas through the same hole. (Molar mass of N_2 is 28 g/mol, molar mass of NH_3 is 17 g/mol.)

عينة من غاز النتروجين انتشرت خلال ثقب صغير بمعدل انتشار مقداره 2.65 mL/s . احسب معدل سرعة انتشار غاز NH_3 عند خروجه من نفس الثقب. علما بان الكتلة المولية من N_2 يساوي 28 g/mol و NH_3 تســاوي 17 g/mol

Solution:

$$\frac{r_{N_2}}{r_{NH_3}} = \sqrt{\frac{M_{NH_3}}{M_{N_2}}} \longrightarrow \frac{2.65\ mL/S}{r_{NH_3}} = \sqrt{\frac{17\ g/mol}{28\ g/mol}}$$

Taking the square root of both sides :

$$\frac{7.0225\ mL/S}{r^2_{NH_3}} = \frac{17}{28}$$

$r^2_{NH_3}$ = 11.56 $(mL/s)^2$

r_{NH_3} = 3.4 mL/s diffusion rate of ammonia

2–10–1–The Relationship between Diffusion Rate and Diffusion Time

العلاقة بين الانتشار وزمن الانتشار

Diffusion rate of a gas is inversely proportional to diffusion time for a given temperature and pressure. That means as diffusion rate of a gas increases, diffusion time decreases.

عندما ينتشر حجم معين من غاز فانه يستغرق زمنا معينا وان سرعة انتشار اي غاز في درجة حرارة وضغط معينين يتناسب عكسيا مع الزمن الذي تستغرقه عملية الانتشار لذلك الغاز اي كلما زادت السرعة قل الزمن اللازم للانتشار.

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1}$$

t_1 and t_2 are diffusion times of the 1st and 2nd gases respectively. If we combine Graham's laws in one single law :

حيث ان t_1 و t_2 هي أزمان الانتشار للغاز الاول والثاني على التوالي. ويمكن جمع قوانين كراهام بقانون واحد على الصورة الاتية :

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Example 2 – 22

A sample of hydrogen gas diffuses in 5 seconds through a hole. At the same conditions, another sample of a gas diffuses in 20 seconds through the same hole. As the molar mass of hydrogen is 2 g/mol, find out the molar mass of the other gas.

تنتشر عينة من غاز الهيدروجين خلال ثقب في 5 s وينتشر غاز معين آخر خلال نفس الثقب تحت نفس الظروف في 20 s احسب الكتلة المولية للغاز الثاني اذا علمت ان الكتلة المولية لغاز الهيدروجين تساوي 2 g/mole

Solution:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1} \longrightarrow \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \longrightarrow \frac{20\ s}{5\ s} = \sqrt{\frac{M_2}{2\ g/mol}} \longrightarrow 4 = \sqrt{\frac{M_2}{2\ g/mol}}$$

$$16 = \frac{M_2}{2\ g/mol} \longrightarrow M_2 = 32\ g/mol$$

Exercise 2 – 20

Xenon gas needs 1 min. 8.3 sec. t pass through a hole. Find out th molar mass of a gas which passe through this hole in 57 sec. (Mola mass of Xe is 131.3 g/mol)

عينة من غاز الزينون يحتاج الى دقيقة و 8.3 ثانية لكي ينتشر من خلال فوهة صغيرة. احسب الكتلة المولية لغاز اذا علمت ان الزمن الذي استغرقه في الانتشار من نفس الفوهة وتحت نفس الظروف كان 57 s علما بان الكتلة المولية من غاز الزينون Xe تساوي 131.3 g/mol

Exercise 2 – 21

Explain the reason why ammonia molecules diffuse faster than perfume molecules.

علل انتشار جزيئات الامونيا بسرعة اكبر من جزيئات الروائح والعطور

2 – 11 – KINETIC THEORY OF GASES النظرية الحركية للغازات

Hypothesises of kinetic theory of gases :

1) Gases are made up of molecules in great numbers. With respect to volume that a gas occupies, volume of a single molecule can be neglected. In other words, intermolecular distance is too big.

أن الغازات تتكون من عدد كبير من الجزيئات، وان حجم الجزيئة صغير يمكن اهماله مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز. اي ان المسافة التي تفصل بين الجزيئات كبيرة نسبيا .

2) The movements of gases are fast, random and linear. Therefore, gas molecules collide either with themselves or with the walls of the container they are inside.

جزيئات الغاز في حالة حركة سريعة وعشوائية وبخطوط مستقيمة، وهي في حركتها هذه تصطدم مع بقية جزيئات الغاز وبجدران الوعاء الحاوي لها.

3) There are no attraction or repulsion forces between gas molecules.

لا يوجد تجاذب أو تنافر بين جزيئات الغاز.

4) Pressure applied by gas molecules arise from collisions with the walls of container they are inside.

ان الضغط الذي ينتجه الغاز ناتج من التصادمات التي تحدثها جزيئاته مع جدران الوعاء الذي يحتويها.

5) Gas molecules move at different speeds. Average speed of molecules is directly proportional to absolute temperature of gas.

ان لجزيئات الغاز سرع مختلفة، وان معدل سرعة حركة الجزيئات يتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة للغاز

2 – 12 – REAL AND IDEAL GASES الغازات الحقيقية والغازات المثالية

Ideal Gas: It is a gas model in which volumes of molecules are negligibly small when compared to total volume; inter molecular attraction and repulsion forces don't exist and intermolecular collisions are elastic.

الغاز المثالي: هو نموذج غازي تكون فيه أحجام الجزيئات صغيرة بشكل ضئيل مقارنة بالحجم الكلي ؛ لا توجد قوى التجاذب والتنافر بين الجزيئات ، وتكون التصادمات بين الجزيئات مرنة.

Real Gas: A gas which deviates from ideal behavior is called as a real gas or a non-ideal gas.

الغاز الحقيقي: يسمى الغاز الذي ينحرف عن السلوك المثالي بأنه غاز حقيقي أو غاز غير مثالي.

Diversions by real gases arise from two wrong hypotheses of kinetic theory of gases (This can be possibly true at low pressures.) :

ان حيود الغازات الحقيقية ياتي من افتراضين خاطئين من فرضيات النظرية الحركية للغازات (وهذا لربما يكون صحيحا عند الضغوط الواطئة) وهما :

1) With respect to total volume of a gas, the volume occupied one of its molecules is almost zero. But at high pressures, gas molecules must occupy a certain volume. Otherwise gas cannot be turned into liquid or solid.

ان الحجم الذي يشغله الجزيء معدوم مقارنة بالحجم الكلي للغاز، لكن جزيئات الغاز يجب ان تشغل حجم معين في الضغوط العالية والا فانه لا يمكن تحويل الغاز الى سائل او صلب

2) There is an attraction force between gas molecules. But in fact, there is a general attraction force. Otherwise molecules would not approach each other and gas wouldn't turn into liquid or solid.

لا وجود لقوى التجاذب بين جزيئات الغاز، لكن لجزيئات الغاز فيما بينها قوى تجاذب والا لما اقتربت جزيئات الغاز من بعضها ولم يتحول الغاز الى سائل أو صلب

2 – 13 – CRITICAL PRESSURE-CRITICAL TEMPERATURE AND LIQUEFACTION OF GASES

الظواهر الحرجة وتسييل الغازات

When a certain low temperature is reached, gas turns into liquid. On the other hand, with increasing pressure, gas molecules approach each other more. Therefore, as a result of a continuous increase in pressure and decrease in volume, gas turns into liquid.

عندما يتم الوصول إلى درجة حرارة منخفضة معينة ، يتحول الغاز إلى سائل. من ناحية أخرى ، مع زيادة الضغط ، تقترب جزيئات الغاز من بعضها البعض أكثر. لذلك ، نتيجة للزيادة المستمرة في الضغط وانخفاض الحجم ، يتحول الغاز إلى سائل.

Critical Temperature: It is the temperature at which a gas cannot turn into liquid no matter how much pressure is applied.

درجة الحرارة الحرجة: هي درجة الحرارة التي لا يمكن أن يتحول فيها الغاز إلى سائل بغض النظر عن مقدار الضغط الذي يتم تطبيقه.

Critical Pressure: It is the pressure necessary for a gas at critical temperature to turn into liquid.

الضغط الحرج: هو الضغط الضروري لكي يتحول الغاز عند درجة حرارة حرجة إلى سائل.

Critical Volume: Volume of 1 mole of a gas at critical pressure and temperature.

الحجم الحرج: حجم 1 مول من الغاز عند الضغط الحرج ودرجة الحرارة

2 – 14 – LIQUID VAPOR PRESSURE ضغط بخار السائل

Vapor Pressure: It is the pressure of vapor molecules which are at equilibrium with liquid molecules at a certain temperature.

ضغط البخار: هو ضغط جزيئات البخار التي تكون في حالة توازن مع الجزيئات السائلة عند درجة حرارة معينة.

2 – 15 – BOILING POINTS OF LIQUIDS درجة غليان السائل

Boiling Temperature: It is the temperature at which vapor pressure of a liquid and atmospheric pressure are equal.

درجة حرارة الغليان: هي درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي.

Question) What are hypothesises of kinetic theory of gases?

Question) What are the reasons for the diversions of real gases from an ideal gas?

Question) Define the following:

Ideal Gas , Real Gas , Critical Temperature , Critical Pressure , Critical Volume , Vapor Pressure , Boiling Temperature

CHEMISTRY 4

For Distinguish Schools

CHAPTER THREE

CHEMICAL EQUATIONS AND CALCULATIONS

MOHAMMED AHMED SHIHAB

2025

CHAPTER-3

CHEMICAL EQUATIONS AND CALCULATIONS

3 – 1 – PREFACE

Chemical calculations have a great signifi cance in our lives. Through calculations, ratios of reactants and products are determined. Also knowing reaction ratios of different reactants enables us to calculate amounts of products. Besides, we can calculate how much substance is needed for a reaction with another substance. Chemists use balanced chemical equations while calculating amounts of reactants and products. In this chapter, we will mention how we can make use of balanced chemical equations to calculate correct amounts of reactants and products.

ان للحسابات الكيميائية اهمية بالغة في حياتنا ، حيث تحدد نسب المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل الكيميائي . ان معرفتنا للنسبة التي تتفاعل فيها المواد المختلفة تمكننا من حساب كمية المواد الناتجة، او مقدار مايلزم من احدى المواد المتفاعلة لتتفاعل مع كمية معينة من مادة اخرى. يعتمد الكيميائيون في حساب كميات المواد المتفاعلة والناتجة على المعادلة الكيميائية الموزونة . وسنتطرق في هذا الفصل الى كيفية الاستفادة من المعادلة الكيميائية الموزونة في اجراء الحسابات الكيميائية لمعرفة النسب الكمية الصحيحة للمواد المتفاعلة بالاضافة الى حساب كميات المواد الناتجة من التفاعل .

3 – 2 – CHEMICAL EQUATION AND CONCEPTS المعادلة الكيميائية ومدلولها

A chemical equation is a short way to show a chemical reaction using chemical symbols and formulas.

المعادلة الكيميائية : هي طريق مختصر للتعبير عن تفاعل كيميائي بدلالة الرموز والصيغ الكيميائية.

Table shows additional information and symbols used in writing chemical equations.

ويبين الجـــدول الرموز المستخدمة في كتابة المعادلة الكيميائية والتي بواسطتها يمكن الحصول على معلومات اضافية تساعدنا في اجراء الحسابات الكيميائية.

Symbol	Use
⟶	*separate between reactants and products
(s)	*indication for solid/abbreviation of solid
(l)	*indication for liquid/ abbreviation of liquid
(g)	*indication for gas/ abbreviation of gas
(aq)	*indication for aqueous solution/ abbreviation of aqueous
$\xrightarrow{\Delta}$ heat	*shows reactants are heated
$\xrightarrow{pt}$	*tells that platinum is used as catalyst. Catalyst can be written under the arrow.

3 – 3 – INFORMATION GIVEN BY BALANCED EQUATIONS

المعلومات التي تعطيها المعادلة الكيميائية المتوازنة

A lot of information can be obtained from a balanced chemical equation. For example, we can study the formation reaction of ammonia gas.

يمكن الحصول على معلومات عديدة من معادلة التفاعل الموزونة ، كما في تفاعل تحضير غاز الامونيا حسب المعادلة الاتية :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

We can get the information from this equation given in Table.

والتي نحصل منهـــا على المعلومـــات المدرجة فـــي الجدول:

Table 3-2 Information given by chemical equations

1.Properties of reactants and products	Nitrogen gas $N_2(g)$	Hydrogen gas $3H_2(g)$	Ammonia gas $2NH_3(g)$
2.Relative numbers of molecules	1 molecule	3 molecules	2 molecules
3.Number of moles	1 mole	3 moles	2 moles
4.Ratio between masses of substances	28 g	6 g	34 g
5.Ratios between volumes of gases if measured under the same conditions	1 volume	3 volumes	2 volumes
Ratios between volumes of gases if measured under standard conditions (STP)	22.4 L	67.2 L	44.8 L

Explanation of titles given in Table : توضيح النقاط في الجدول :

1) Determining properties of reactants and products: معرفة طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة

Gas state of matter is shown with (g) symbol. In other words, the equation shows the reaction between nitrogen and hydrogen gases to form ammonia gas.

يدل الرمز (g) على ان المادة بشكل غاز ، اي ان المعادلة تعبر عن تفاعل غاز النتروجين مع غاز الهيدروجين لتكوين غاز الامونيا

2) Determining relative numbers of molecules: معرفة العدد النسبي للجزيئات

A molecular formula shows one single molecule of a substance. In other words, the reaction occurs between 1 molecule of nitrogen (N_2) and 3 molecules of hydrogen (H_2) to form 2 molecules of ammonia (NH_3).

ان الصيغة الجزيئية تعبر عن جزيء واحد من المادة، اي ان التفاعل بين جزيء واحد من النتروجين N_2 مع ثلاث جزيئات من الهيدروجين $3H_2$ لتكوين جزيئين من الامونيا $2NH_3$

Ratio between numbers of molecules of N_2 and H_2 is $\frac{1}{3}$

Ratio between numbers of molecules of N_2 and NH_3 is $\frac{1}{2}$

Ratio between numbers of molecules of H_2 and NH_3 is $\frac{3}{2}$

Similarly, other ratios can also be written

3) Determining relative number of moles معرفة العدد النسبي للمولات

Ratio between numbers of molecules is equal to ratio between numbers of moles.

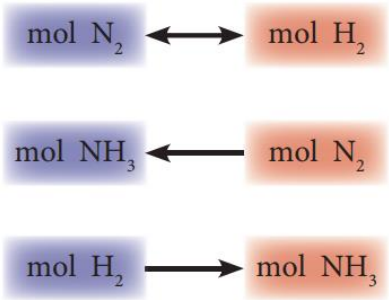
According to this:

Ratio between numbers of moles of N_2 and H_2 1:3 = $\frac{1\ mol\ N_2}{3\ mol\ H_2}$

Ratio between numbers of moles of NH_3 and N_2 2:1 = $\frac{2\ mol\ NH_3}{1\ mol\ N_2}$

Ratio between numbers of moles of H_2 and NH_3 3:2 = $\frac{3\ mol\ H_2}{2\ mol\ NH_3}$

Similarly, other ratios can also be written.



Using moles instead of molecules can be explained this way:

ان استبدال الجزيء بالمول يمكن توضيحه كما يأتي:

If we study the reaction, notes that 1 molecule of nitrogen (N_2) and 3 molecules of hydrogen (H_2) react to form 2 molecules of ammonia (NH_3).

نلاحظ في التفاعل ان جزيء واحد من N_2 يتفاعل مع ثلاث جزيئات من H_2 لتكوين جزيئين من NH_3

Multiply two sides of the equation with Avogadro's number.

واذا ضربنا طرفي المعادلة بعدد افوكادور فنحصل على:

Number of molecules of any substance as many as Avogadro's number is equivalent to 1 mole of that substance.

عدد جزيئات أي مادة بقدر عدد أفوجادرو يعادل 1 مول من تلك المادة.

1 mole of (N_2) reacts with 3 moles of (H_2) to form 2 moles of (NH_3).

1 مول من (N_2) يتفاعل مع 3 مولات من (H_2) ليشكل 2 مول من (NH_3).

4) Determining ratio between masses of substances معرفة النسبة بين كتل المواد

To calculate masses of substances in equations, we need to know number of moles and molar masses. Thus, we can calculate mass via the following formula. تحسب كتلة المادة في معادلة التفاعل من معرفة عدد المولات والكتلة المولية وبتطبيق القانون الآتي

$m\ (g) = n\ (mol) \times M\ (g/mol)$

n (mol) = number of moles

m (g) = mass in gram

M (g/mol) = molar mass

Calculation of mass of N_2 in the reaction equation: We check the molar mass of N from the table of atomic masses.
حساب كتلة N_2 في معادلة التفاعل: نحسب اولا الكتلة المولية لـ N_2 من جدول الكتل الذرية

$M_{(N2)} = 2 \times 14 = 28\ g/mol$

Then we use the following equation to calculate the mass of N_2 in the reaction
ثم نحسب كتلة N_2 في معادلة التفاعل بتطبيق القانون:

$m\ (g) = n\ (mol) \times M\ (g/mol)$

$m\ (g) = 1mol \times 28\ (g/mol) = 28\ g\ N_2$

To calculate mass of H_2 in the reaction equation, we follow the same method as in calculation of N_2. Firstly, we check molar mass of H from the chart of atomic masses.
ولحساب كتلة H_2 في معادلة التفاعل نتبع نفس طريقة حساب كتلة ، N_2 نحسب اولا الكتلة المولية لـ H_2 من جدول الكتل الذرية

$M_{(H2)} = 2 \times 1 = 2\ g/mol$

Then we calculate the mass of H_2 in the reaction equation.
ثم نحسب كتلة H_2 في معادلة التفاعل

$m\ (g) = 3\ mol \times 2\ (\ g/mol\ ) = 6\ g\ H_2$

By using the same method, we calculate the mass of NH_3. For this, first we calculate molecular mass of NH_3.
وبنفس الطريقة نحسب كتلة NH_3 حيث نحسب اولا الكتلة المولية لـ NH_3

$M_{(NH3)} = (1 \times 14) + (3 \times 1) = 17\ g/mol$

Then we calculate the mass of NH_3 in the reaction equation.

$m\ (g) = 2\ mol \times 17\ (\ g/mol\ ) = 34\ g\ NH_3$

Ratio of NH_3 to N_2 = $\frac{34\ g\ NH_3}{28\ g\ N_2}$

And total masses of reactants, مجموع كتل المواد المتفاعلة

28 g N_2 + 6 g H_2 = 34 g

Thus, total mass of products must be 34 g (NH_3). كتلة الموادالناتجة

Therefore, total mass of reactants is equal to total mass of products. This is consistent with law of mass conservation.
مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة وهذا يتفق مع قانون حفظ الكتلة

Exercise 3 – 1

Calculate the masses of the following in grams.

A) 2 moles of H_2O

B) 10 moles of H_2SO_4

5) Determining ratio between volumes of gases معرفة النسبة بين حجوم الغازات

We can express volume of gas in litre (L), milliliter (mL), and cubic centimeter (cm^3).

Ratio of volume of H_2 to volume of N_2 = $\frac{3L\ H_2}{1L\ N_2}$

Thus, other ratios are the same.

As we have studied in Chapter 1&2, 1 mole of any gas occupies 22.4 L (22.400 mL) of volume under standard conditions. Therefore, volume of a gas under standard conditions can be calculated through the following equation.
22.4 L (22400 mL) وكما مر علينا سابقا في الفصل الاول والثاني ان مول واحد من اي غاز يحتل حجما مقداره
تحت الظروف القياسية وعليه يحسب حجم الغاز مقاس تحت الظروف القياسية (STP) بتطبيق القانون الآتي :

V(L) = n (mol) × 22.4 (L / mol)

Calculate the volume of N_2.

V_{N2} = 1 (mol) × 22.4 (L / mol) = 22.4 L

Calculate the volume of H_2.

V_{H2} = 3 (mol) × 22.4 (L / mol) = 67.2 L

Calculate the volume of NH_3.

V_{NH3} = 2 (mol) × 22.4 (L / mol) = 44.8 L

Total volume of reactant gases مجموع حجوم الغازات المتفاعلة

22.4 L (N_2) + 67.2 L (H_2) = 89.6 L

The volume of product gas (NH_3) is 44.8 L. As densities of gases are different, volumes of reactants and products need not to be equal.

حجم الغاز الناتج NH_3 44.8 لتر لا يشترط ان تتساوى حجوم الغازات المتفاعلة مع حجوم الغازات الناتجة وذلك بسبب اختلاف كثافات الغازات .

Exercise 3 – 2

What are the volumes of samples of 3 moles of CO_2 and 2 moles of CO_2 under standard conditions (STP)?

ما هي أحجام عينات 3 مولات من CO_2 و 2 مول من CO_2 في ظل الظروف القياسية (STP)؟

Question) Define a chemical equation, and what information does it given?

3 – 4 – CHEMICAL CALCULATIONS الحسابات باستخدام المعادلات الكيميائية

3 – 4 – 1 – Calculation of number of moles حساب عدد المولات

In a reaction equation, we can calculate unknown number of moles of any of reactants or products in a balanced equation through known no. of moles of a substance or from ratio of no. of moles of substances.

يمكن حساب عدد المولات المجهولة لاية مادة متفاعلة او ناتجة في معادلة التفاعل من عدد مولات مادة اخرى معلومة في المعادلة الكيميائية الموزونة ، ومن نسبة عدد المولات للمادتين من معادلة التفاعل الموزونة والتي تساوي :

$$\frac{\textit{Number of moles of unknown substance}}{\textit{Number of moles of known substance}}$$

Example 3 – 1

For the following reaction:

$$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

Calculate those:

A- Number of moles of H_2 produced by the reaction of 0.145 mole of Na

عدد مولات H_2 الناتجة من تفاعل 0.145 مول من Na

B- Number of moles of H_2O necessary to produce 0.75 mole of NaOH

عدد مولات H_2O اللازمة لتكوين 0.75 مول من NaOH

Solution:

Known: 0.75 mole of NaOH and 0.145 moles of Na Unknown: mole of H_2O and mole of H_2

A) Conversion factor معامل التحويل

$$\frac{1\ mol\ H_2}{2\ mol\ Na}$$

Number of moles of H_2 produced by the reaction of 0.145 mole of Na:

Number of moles of H_2 = 0.145 mole of Na $\times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ mol\ Na}$ = 0.0725 mol H_2

B) Conversion factor معامل التحويل

$$\frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ NaOH}$$

Number of moles of H_2O produced by the reaction of 0.75 mole of NaOH:

Number of moles of H_2O = 0.75 mole of NaOH $\times \frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ NaOH}$ = 0.75 mol H_2O

Example 3 – 2

Sodium chloride (NaCl) is formed from the reaction of sodium metal and chlorine gas as in the following equation.

يتكون كلوريد الصوديوم بواسطة التفاعل التالي الحاصل بين الصوديوم والكلور

$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$$

If 3.4 moles of Cl_2 reacts with enough sodium, what is the no. of moles of produced NaCl ?

ما عدد مولات NaCl الناتجة من تفاعل 3.4 مول من الكلور تفاعلا تاما مع الصوديوم

Solution:

Known: 3.4 moles of Cl_2

Unknown: mole of NaCl

Factor : mol Cl_2 ⟶ mol NaCl

$$\frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2}$$

Number of moles of NaCl = 3.4 mol Cl_2 × $\frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2}$ = 6.8 mol NaCl

Example 3 – 3

How many moles of Na_2O can be obtained from the reaction of 4.8 moles of sodium according to the following reaction?

كم عدد مولات اوكسيد الصوديوم التي يمكن تحضيرها من تفاعل 4.8 mol من الصوديوم حسب المعادلة الموزونة الاتية :

$$4Na_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Na_2O_{(s)}$$

Solution:

Known: 4.8 moles of Na

Unknown: Number of moles of Na_2O

Factor : mol Na ⟶ mol Na_2O

$$\frac{2\ mol\ Na_2O}{4\ mol\ Na}$$

Number of moles of Na_2O produced from the reaction of 4.8 moles of Na

Number of moles of Na_2O = 4.8 mol Na × $\frac{2\ mol\ Na_2O}{4\ mol\ Na}$ = 2.4 mol Na_2O

Exercise 3 – 3

The equation above shows the oxidation of aluminum in air and formation of a layer on aluminum which protects it from continuous oxidation.

يمثل التفاعل تأكسد الالمنيوم في الهواء وتكوين طبقة من اوكسيده والتي تقي الالمنيوم من استمرار التأكسد

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

A) Write down 3 relationships expressing ratio between moles of two substances in the equation.

اكتب ثلاث علاقات تعبر كل واحدة منها عن النسبة بين مولات مادتين في المعادلة.

B) Calculate number of moles of Al necessary to form 6 moles of Al_2O_3.

احسب عدد مولات Al اللازمة لتكوين 3.7 mol من Al_2O_3

C) Calculate number of moles of O_2 which reacts to form 12 moles of Al_2O_3.

احسب عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل مع 14.8 mol من Al .

3 – 4 – 2 – Calculation of Masses of Substances

حساب كتل المواد

This is applied in 3 steps:

Step 1:

Number of moles of the substance with known mass is calculated. If this substance is A, firstly we calculate molar mass from periodic table, then we use the following equation to calculate number of moles.

نحسب عدد مولات المادة التي كتلتها معلومة في المعادلة ولنفترض انها المادة A وذلك من حساب كتلتها المولية اولا من جدول الكتل الذرية للعناصر، ثم نطبق القانون الآتي لحساب عدد مولاتها :

$$n\ (mol) = \frac{m\ (g)}{M\ (\frac{g}{mol})}$$

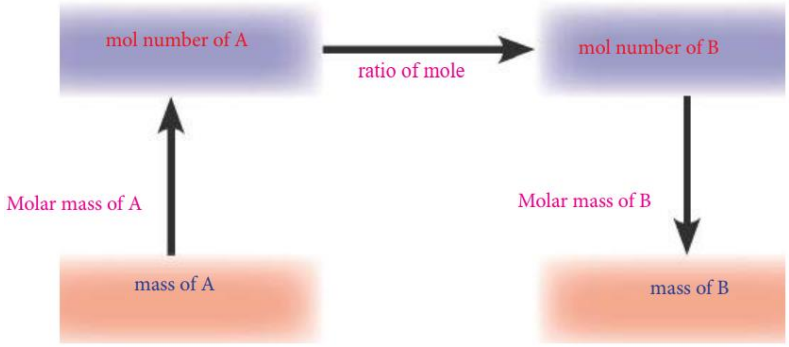
Step 2:

Calculate unknown no. of moles of the other substance. If we assume this substance as B, using no. of moles of A, we use the following equation.

نحسب عدد المولات المجهولة للمادة الاخرى ولنفترض انها B من عدد مولات المادة المعلومة A وبتطبيق القانون الاتي:

Mole number of substance = Mole number of known substance × mol ratio

Or the following diagram is followed.



Step 3:

We start from calculation of molar mass to find out unknown mass of substance B. Firstly, by using periodic table as in Step 2, we apply mole calculation in the following equation.

نحسب الكتلة المجهولة للمادة B وذلك من حساب كتلتها المولية اولا من جدول الكتل الذرية ومن عدد مولاتها المحسوبة في الخطوة الثانية وبتطبيق القانون الآتي:

$$m\ (g) = n\ (mol) \times M\ (g/mol)$$

Note:

1) We can directly start from Step 2 if number of moles of substance is known instead of mass.

يمكن الاستغناء عن تطبيق الخطوة الاولى والبدء بتطبيق الخطوة الثانية مباشرة، اذا كان المعلوم في المعادلة عدد مولات المادة بدلا من كتلتها.

2) If number of moles is unknown in the equation instead of mass, we can avoid Step 3.

يمكن الاستغناء عن تطبيق الخطوة الثالثة اذا كان المجهول في المعادلة عدد مولات المادة وليس كتلتها.

Example 3 – 4

Calculate the mass of released CO_2 in grams from burning of 500 g of C_8H_{18} according to the following equation.

احسب عدد غرامات CO_2 الناتجة من حرق 500 g من C_8H_{18} حسب المعادلة الاتية :

$$2C_8H_{18(g)} + 25O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 16CO_{2(g)} + 18H_2O_{(g)}$$

Solution:

Mass of C_8H_{18} = 500 g

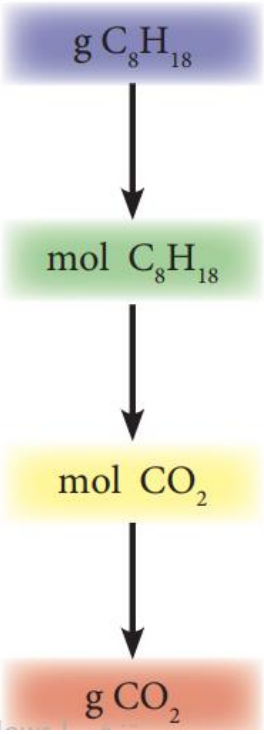
Mole ratio = $\frac{16\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_8H_{18}}$

Unknown: Mass of CO_2

Step 1: Firstly, we calculate molar mass of C_8H_{18} from periodic table.

$M_{(C8H18)} = (8 \times 12) + (18 \times 1) = 114$ g/mol

Then we apply the following formula to calculate number of moles of C_8H_{18}.



$$n\ (mol) = \frac{m\ (g)}{M\ (\frac{g}{mol})} = \frac{500\ g}{114\ g/mol} = 4.39\ mol\ C_8H_{18}$$

Step 2: We apply the following formula to calculate number of moles of released CO_2 from the reaction of 4.39 moles of C_8H_{18}.

mol number of CO_2 = mol number of C_8H_{18} × ratio of number moles both substance

$$n\ (mol) = 4.39\ mol\ C_8H_{18} \times \frac{16\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_8H_{18}} = 35.12\ mol\ CO_2$$

Step 3: Firstly, we calculate molar mass of CO_2 from periodic table.

$M_{(CO2)} = (1 \times 12) + (2 \times 16) = 44$ g/mol

Then we calculate mass of CO_2 by applying the following formula.

$$m\ (g) = n\ (mol) \times M\ (g/mol)$$

$m\ (g) = 35.12\ mol\ CO_2 \times 44\ g/mol\ CO_2 = 1545\ g\ CO_2$

Example 3 – 5

One of the components of acid rain is nitric acid which is formed from the reaction of NO_2 with oxygen and rainwater according to the following equation.

احد مكونات الامطار الحامضية هو حامض النتريك الذي يتكون نتيجة تفاعل NO_2 مع الاوكسجين وماء الامطار وحسب التفاعل الاتي :

$$4NO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 4HNO_{3(aq)}$$

What is the amount of HNO_3 produced from the reaction of 1500 g of NO_2 with enough water and oxygen ?

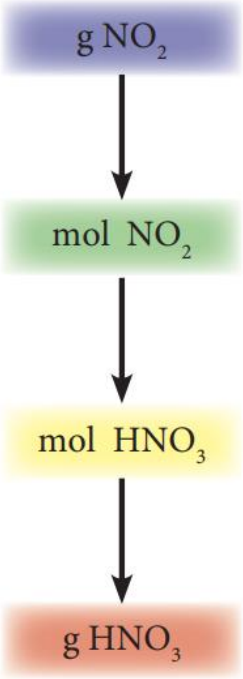
ماهي كمية HNO_3 الناتجة من تفاعل 1500 من NO_2 مع كمية كافية من الاوكسجين و الماء ؟

Solution:

Known: Mass of NO_2 1500g

Mole ratio = $\frac{4\ mol\ HNO_3}{4\ mol\ NO_2}$

Unknown: Mass of HNO_3.



Step 1: Firstly, we calculate mass of NO_2 from periodic table.

$M_{(NO2)}$ = (1 × 14) + (2 × 16) = 46 g/mol. Then, to calculate number of moles of NO_2, we use the following equation.

n (mol) = $\frac{m\ (g)}{M\ (\frac{g}{mol})}$ = $\frac{1500\ g}{64\ g/mol}$ = 32.6 mol NO_2

Step 2: We use the following equation to calculate number of moles of HNO_3 which reacts with 32.6 moles of NO_2.

Mole number of HNO_3 = mole number of NO_2 × ratio of number of moles of both substances

n (mol) = 32.6 mol NO_2 × $\frac{4\ mol\ HNO_3}{4\ mol\ NO_2}$ = 32.6 mol HNO_3

Step 3: We calculate mass of HNO_3 from its molar mass (63 g/mol) and number of moles as follows :

m (g) = n (mol) × M (g/mol)

m (g) = 32.6 mol HNO_3 × 63 g/mol HNO_3 = 2054 g HNO_3

Exercise 3 – 4

CS_2 burns with oxygen as in the following equation:

يحترق ثنائي كبريتيد الكاربون في الاوكسجين حسب المعادلة الاتية:

$$CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)}$$

What is the number of moles of each product produced from the reaction of 48.0 g of O_2?

كم مولاً يتكون من كل ناتج عند تفاعل 48.0 غم من O_2 ؟

Exercise 3 – 5

Phosphorus is prepared synthetically from calcium phosphate, silicon dioxide and coal in electric oven as in the following equation.

يحضر الفسفور صناعيا من تفاعل فوسفات الكالسيوم وثنائي اوكسيد السليكون والفحم في فرن كهربائي حسب المعادلة الآتية :

$$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10CO \xrightarrow{\triangle} 6CaSiO_3 + 10CO + P_4$$

Make the following calculations:

A. What is the mass of P_4 in grams produced from the reaction of 1.0 mole of $Ca_3(PO_4)_2$?
B. Calculate number of moles of P_4 produced from the reaction of 62.0 g of $Ca_3(PO_4)_2$.

Example 3 – 6

Calculate number of moles of released O_2 from heating of 1.65 g of $KClO_3$ according to the following equation.

احسب عدد مولات O_2 الناتجة من تسخين 1.65 غم من $KClO_3$ حسب المعادلة الآتية :

$$2KClO_{3(s)} \xrightarrow{\triangle} 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

Solution:

1- Known: Mass of $KClO_3$:1.65 g

2- Mole ratio = $\frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ KClO_3}$

Unknown: Number of moles of O_2.

Step 1: Firstly, we calculate molar mass of $KClO_3$ from periodic table.

$M_{(KClO3)} = (1 \times 39) + (1 \times 35.5) + (3 \times 16) = 122.5$ g/mol

Then we use the following formula to calculate number of moles of $KClO_3$.

$$n\ (mol) = \frac{m\ (g)}{M\ (\frac{g}{mol})} = \frac{1.65\ g}{122.50\ g/mol} = 0.013\ mol\ KClO_3$$

Step 2: We use the following formula to calculate number of moles of O_2.

Number of moles of O_2 = Number of moles of $KClO_3$ × ratio of number of moles

$$n\ (mol) = 0.013\ mol\ KClO_3 \times \frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ KClO_3} = 0.02\ mol\ O_2$$

Exercise 3 – 6

Acetylene gas is prepared through the following equation by adding water to calcium carbide (CaC_2).

يحضر غاز الاستلين C_2H_2 من اضافة الماء الى كاربيد الكالسيوم CaC_2 حسب المعادلة الآتية :

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(L)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

Calculate the following:

A-What is the mass of released acetylene from the reaction of 32 g of CaC_2?

B- What is number of moles of CaC_2 which reacts with 36 g of H_2O?

3 – 4 – 3 – The Specific reactant for product

المادة المتفاعلة المحددة للناتج

Specific Reactant for product which determines products is the substance which is fully used up in a reaction.

المفاعل المحدد للمنتج الذي يحدد المنتجات هو المادة المستخدمة بالكامل في التفاعل.

Number of moles of limiting reagent component determines number of moles of products.

A) We determine specific reactant through the following methods:

يمكن تعيين المادة المتفاعلة المحددة للناتج بالطريقة الآتية:

We calculate ratio of shown substance in the reaction and number of moles of all reactants.

نحسب نسبة عدد مولات المادة الناتجة الى عدد مولات كل مادة من المواد المتفاعلة المعبر عنها في المعادلة الكيميائية.

B) According to balanced chemical reaction, each of these ratios is multiplied with no. of moles of each substance.

نضرب كل نسبة من هذه النسب في عدد مولات كل مادة متفاعلة وحسب المعادلة الكيميائية الموزونة.

C) According to the result, the substance giving the smallest value is the specific reactant which determines the product.

المادة التي تعطي اقل عدد من مولات المادة الناتجة ستكون هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج.

If we apply those steps above to the previous reaction:

1 moles of N_2 and 3 moles of H_2,

لنطبق هذه الخطوات على التفاعل اعلاه عند وضع 1 مول من N_2 مع 3 مول من H_2

A- Ratio of number of moles of NH_3 to number of moles of N_2 according to reaction equation $\frac{2\ mol\ NH3}{1\ mol\ N2}$

أ - نسبة عدد مولات NH_3 الى N_2 حسب معادلة التفاعل: $\frac{2\ mol\ NH3}{1\ mol\ N2}$

Ratio of number of moles of NH_3 to number of moles of H_2 according to reaction equation $\frac{2\ mol\ NH3}{3\ mol\ H2}$

نسبة عدد مولات NH_3 الى H_2 حسب معادلة التفاعل الموزونة: $\frac{2\ mol\ NH3}{3\ mol\ H2}$

B- We multiply ratios with number of moles of N_2 and H_2.

نضرب النسب في عدد المولات الموضوعة من N_2 و H_2 وحسب الاتي :

$$2\ mol\ N_2 \times \frac{2\ mol\ NH_3}{1\ mol\ N_2} = 4\ mol\ NH_3$$

$$3\ mol\ H_2 \times \frac{2\ mol\ NH_3}{3\ mol\ H_2} = 2\ mol\ NH_3$$

C. As number of moles of NH_3 formed from the reaction of H_2 is less than that of from the reaction of N_2, specific reactant of ammonia product is hydrogen.

بما ان عدد مولات NH_3 الناتجة من تفاعل H_2 اقل من تلك الناتجة من تفاعل N_2 لذا الهيدروجين هو المادة المتفاعلة المحددة لناتج الامونيا .

Example 3 – 7

According to the following reaction :

$$Ti_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \longrightarrow TiCl_{4(s)}$$

When 1.8 moles of titanium (Ti) and 3.2 moles of chlorine (Cl_2) are mixed, which is the specific reactant that determines the product?

Solution:

Unknown: Specific reactant which determines the product

The ratio of number of moles of $TiCl_4$ to number of moles of Ti in the reaction: $\frac{1\ mol\ TiCl_4}{1\ mol\ Ti}$

The ratio of number of moles of $TiCl_4$ to number of moles of Cl_2 in the reaction: $\frac{1\ mol\ TiCl_4}{2\ mol\ Cl_2}$

Number of moles of $TiCl_4$ from the reaction of Ti

$$1.8\ mol\ Ti \times \frac{1\ mol\ TiCl_4}{1\ mol\ Ti} = 1.8\ mol\ TiCl_4$$

Number of moles of $TiCl_4$ from the reaction of Cl_2

$$3.2\ mol\ Cl_2 \times \frac{1\ mol\ TiCl_4}{2\ mol\ Cl_2} = 1.6\ mol\ TiCl_4$$

As number of moles of $TiCl_4$ formed from the reaction of 3.2 moles of Cl_2 is less than that of from the reaction of 1.8 moles of Ti, limiting reagent that determines the product is Cl_2.

بما ان عدد مولات $TiCl_4$ الناتجة من تفاعل 3.2 مول من Cl_2 اقل من تلك الناتجة من تفاعل 1.8 مول من Ti فالمادة Cl_2 هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج .

Exercise 3 – 7

Magnesium nitrite (Mg_3N_2) is obtained from the reaction magnesium and nitrogen according to the following equation.

يحضر نتريد المغنيسيوم Mg_3N_2 من تفاعل المغنيسيوم مع النتروجين حسب المعادلة الآتية :

$$3Mg_{(s)} + N_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_{2(s)}$$

When the reaction occurs at a certain temperature by mixing 4.0 moles of N_2 and 6.0 moles of Mg, which mixture is present in the reaction vessel that fits the following answers?

وعند اجراء التفاعل بخلط 4.0 مول من N_2 مع 6.0 مول من Mg وبدرجة حرارة معينة فان وعاء التفاعل يحتوي على خليط من المواد يتفق مع احد الاجوبة الآتية :

A) 4.0 moles of Mg_3N_2 and 1.0 mole of Mg in excess

B) 2.0 moles of Mg_3N_2 and 2.0 moles of N_2 in excess

C) 6.0 moles of Mg_3N_2 and 3.0 moles of N_2 in excess

Example 3 – 8

Sodium chloride (NaCl) is obtained through the reaction of sodium (Na) and chlorine (Cl_2) according to the equation below:

يحضر كلوريد الصوديوم من تفاعل الصوديوم مع الكلور حسب المعادلة الاتية :

$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$$

A) Which is the specific reactant in the reaction of 11.2 moles of Na and 3.2 moles of Cl_2?

B) How many number of moles of NaCl is formed?

Solution:

Known:

Number of moles of Na is 11.2

Number of moles of Cl_2 is 3.2.

Unknown:

1) Limiting reagent

2) Number of moles of formed NaCl

Ratio between number of moles of NaCl and number of moles of Na

$$\frac{2\ mol\ NaCl}{2\ mol\ Na}$$

Ratio between number of moles of NaCl and number of moles of Cl_2

$$\frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2}$$

Number of moles of NaCl obtained from 11.2 moles of Na

$$11.2\ mol\ Na \times \frac{2\ mol\ NaCl}{2\ mol\ Na} = 11.2\ mol\ NaCl$$

Number of moles of NaCl obtained from 3.2 moles of Cl_2

$$3.2\ mol\ Cl_2 \times \frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2} = 6.4\ mol\ NaCl$$

As number of moles of NaCl obtained from Cl_2 interaction is less than that of Na interaction, the limiting reagent is Cl_2.

نظرًا لأن عدد مولات NaCl التي تم الحصول عليها من تفاعل Cl_2 أقل من تفاعل Na ، فإن الكاشف المحدد هو Cl_2

As the limiting reagent is Cl_2, number of moles of formed NaCl is calculated from the interaction of Cl_2 as follows:

نظرًا لأن الكاشف المحدد هو Cl_2 ، يتم حساب عدد مولات NaCl المتكون من تفاعل Cl_2 على النحو التالي:

$$3.2\ mol\ Cl_2 \times \frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2} = 6.4\ mol\ NaCl$$

3 – 4 – 4 – Calculation of Gas Volume حساب حجوم الغازات

The following steps are followed to calculate volumes of gases in chemical reactions: نتبع الخطوات التالية عندما نريد ان نحسب حجوم الغازات في المعادلة الكيميائية

Step 1: We calculate number of moles of substance with known mass by the following formula:

الخطوة الاولى : نحسب عدد مولات المادة من كتلتها التي تعطى في السؤال ، وذلك بتطبيق القانون الاتي:

$$n\ (mol) = \frac{m\ (g)}{M\ (\frac{g}{mol})}$$

If the substance is in gas state, starting from its volume given in the question, we apply ideal gas law to calculate no. of moles of the substance.
او نحسب عدد مولات المادة من حجمها الذي يعطى في السؤال اذا كانت بشكل غاز وذلك بتطبيق القانون العام للغازات:

$$n\ (mol) = \frac{P\,V}{R\,T}$$

If the volume of the gas is measured under standard conditions (STP), we use the following formula to calculate number of moles:
او نحسب عدد مولات الغاز اذا كان حجمه مقاس تحت الظروف القياسية (STP) ، وبتطبيق القانون :

$$n\ (mol) = \frac{V\ (L)(at\ STP)}{22.4\ (\frac{L}{mol})}$$

Step 2: Number of moles of the substance asked in the question is calculated by the method in Step 1.
الخطوة الثانية : نحسب عدد مولات المادة المطلوبة في السؤال من عدد مولات المادة المحسوبة في الخطوة الاولى وبنفس الطريقة السابقة.

Step 3: From the number of moles calculated in Step 2, mass of the asked substance is calculated by using the following formula:
الخطوة الثالثة : نحسب كتلة المادة المطلوبة في السؤال من عدد مولاتها المحسوبة في الخطوة الثانية ومن تطبيق القانون

$$m\ (g) = n\ (mol) \times M\ (g/mol)$$

To calculate gas volume from number of moles calculated in Step 2, we can apply the following formula.
او نحسب حجم الغاز من عدد مولاته المحسوبة في الخطوة الثانية ومن تطبيق القانون :

$$V\ (L) = \frac{nRT}{P}$$

We apply the following formula to calculate volume of a gas under standard conditions (STP).
ويمكن حساب حجم الغاز تحت الظروف القياسية (STP) بتطبيق القانون

$$V\ (L) = n\ (mol) \times 22.4\ (L/mol)$$

Besides, we can calculate unknown gas volume in the question through known volume of a gas in the balanced reaction equation. But volumes must be measured under the same temperature and pressure values.
كما ويمكن حساب حجم الغاز المجهول في السؤال من حجم غاز آخر معلوم وذلك باستخدام النسبة بين حجمي الغازين في معادلة التفاعل الموزونة، على ان تكون الحجوم مقاسة تحت نفس الظروف من درجة حرارة وضغط

Example 3 – 9

According to the following equation, nitrogen monoxide gas changes into brownish nitrogen dioxide gas through reaction with oxygen.

يتحد غاز احادي اوكسيد النتروجين NO مع الاوكسجين لتكوين غاز بني اللون من ثنائي اوكسيد النتروجين NO_2 حسب المعادلة الآتية:

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

Calculate the volume of formed NO_2 from the reaction of 34 L of oxygen with enough NO. Volumes measured under (STP)

احسب حجم NO_2 الناتج من تفاعل 34 لتر من O_2 مع كمية كافية من NO علما بان الحجوم مقاسة تحت (STP) .

Solution:

Known: The volume of O_2 under (STP) is 34 L.

Unknown: The volume of formed NO_2

The ratio between number of moles of NO_2 and O_2 : $\frac{2\ mol\ NO_2}{1\ mol\ O_2}$

If measurements were made under standard conditions (STP), volumes will be directly proportional with moles. Thus, ratio between volumes:

وبما ان الحجوم تتناسب تناسباً طرديا مع عدد المولات اذا كانت جميعها مقاسة تحت نفس الظروف في (STP) لذلك فأن النسبة بين الحجوم ستكون :

$$\frac{2\ L\ NO_2}{1\ L\ O_2}$$

Therefore, the volume of NO_2 will be as follows:

$$V\ (L) = 34\ L\ of\ O_2 \times \frac{2\ L\ NO_2}{1\ L\ O_2} = 68\ L\ of\ NO_2$$

Exercise 3 – 8

Silicone oxide (quartz) is generally an inactive substance. But as it is seen below, it reacts vigorously with hydrogen fluoride.

ثنائي اوكسيد السليكون (الكوارتز) مادة غير نشطة عادة ، لكنها تتفاعل بسرعة مع فلوريد الهيدروجين حسب المعادلة الاتية :

$$SiO_{2(s)} + 4HF_{(g)} \longrightarrow SiF_{4(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

As 2.0 moles of HF and 4.5 moles of SiO_2 were put in the container,

فأذا اجري التفاعل بخلط 2.0 مول من HF مع 4.5 مول من SiO_2

A) Which is the limiting reagent ? ما المادة المتفاعلة المحددة للناتج ؟

B) How many moles of SiF_4 were formed ? ماعدد مولات SiF_4 الناتجة ؟

Example 3 – 10

Calculate the volume of obtained O_2 from heating 3.5 moles of KNO_3 according to the following equation under standard conditions (STP).

احسب حجم O_2 مقاسا في (STP) الذي يمكن الحصول عليه من تسخين 3.5 مول من KNO_3 حسب المعادلة الآتية :

$$2KNO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2KNO_{2(s)} + O_{2(g)}$$

Solution:

Known: 3.5 moles of KNO_3

Unknown: Volume of obtained O_2 under STP

Ratio of number of moles of O_2 to number of moles of KNO_3 in the reaction:

$$\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ KNO_3}$$

Number of moles of O_2 released from decomposition of 3.5 moles of KNO_3:

$$\text{n (mol)} = 3.5 \text{ mol of } KNO_3 \times \frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ KNO_3} = 1.75 \text{ mol of } O_2$$

Calculate the volume of O_2 under standard conditions by using the following formula:

$$\text{V (L)} = \text{n (mol)} \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 1.75 \text{ mol} \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 39.2 \text{ L}$$

Exercise 3 – 9

Phosphine gas is formed from the reaction of phosphorus and hydrogen gas according to the following equation:

يتفاعل الفسفور(P_4) مع الهيدروجين لتكوين غاز الفوسفين PH_3 حسب المعادلة الاتية :

$$P_{4(s)} + 6H_{2(g)} \longrightarrow 4PH_{3(g)}$$

Calculate the volume of PH_3 formed from the reaction of 0.42 L of H_2.

Example 3 – 11

Calculate number of moles of copper atoms formed from the reaction of 4250 mL of H_2 with enough CuO under standard conditions (STP).

احسب عدد مولات ذرات النحاس التي تنتج من تفاعل 4250 مل من H_2 تحت (STP) مع كمية كافية من CuO حسب المعادلة الآتية :

$$CuO_{(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

Solution:

Known: Volume of H_2 under standard conditions is 4250 mL.

Unknown: Number of moles of Cu

1- We convert volume of H_2 from mL to L

$$V\ (L) = 4250\ ml\ H_2 \times \frac{1\ L}{1000\ ml} = 4.250\ L\ H_2$$

2- We calculate number of moles of H_2 through the following formula under normal conditions:

$$n\ (mol) = \frac{V\ (L)(at\ STP)}{22.4\ (\frac{L}{mol})} = \frac{4.250\ L}{22.4\ (\frac{L}{mol})} = 0.19\ mol\ H_2$$

3- We calculate number of moles of Cu formed from the reaction of 0.19 moles of H_2 through ratio of number of moles.

Number of moles = Known number of moles × ratio of number of moles

$$n\ (mol) = 0.19\ (mol)\ H_2 \times \frac{1\ mol\ Cu}{1\ mol\ H_2} = 0.19\ mol\ Cu$$

Exercise 3 – 10

Hydrazine (N_2H_4) which is used as rocket propellant burns according to the following equation.

$$N_2H_{4(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

Calculate the volume of formed N_2 through reaction of 3.2 kg of N_2H_4 with enough O_2 under standard conditions (STP)

Example 3 – 12

0.4 mole of potassium chlorate decomposes with heat according to the following equation.

$$2KClO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_{2(g)}$$

Calculate the volume of O_2 released at 27 °C temperature and 760 Torr pressure.

Solution:

Known: Number of moles of $KClO_3$ is 0.4

Unknown: Volume of O_2 released at 27 °C temperature 760 Torr pressure

1. We convert 27 °C to Kelvin :

   T (K) = 27 + 273 = 300 K

2. We calculate number of moles of O_2 released from 0.4 mole of decomposition of $KClO_3$ and mole ratio

   $$n\ (mol) = 0.4\ mol\ KClO_3 \times \frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ KClO_3} = 0.6\ mol\ O_2$$

3. By applying general gas law, we calculate the volume of O_2 at 300 K temperature and 1 atm pressure (1 atm = 760 Torr)

   $$V\ (L) = \frac{nRT}{P} = \frac{0.6\ mol \times 0.082\ \frac{L.\ atm}{K.\ mol} \times 300\ K}{1\ atm} = 14.76\ L\ O_2$$

Exercise 3 – 11

Ammonium nitrate (NH_4NO_3) decomposes through high heat according to the following equation:

$$2NH_4NO_{3(s)} \longrightarrow 2N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + O_{2(g)}$$

Calculate total volume of gases released from decomposition of 40 grams of NH_4NO_3 under standard conditions (STP).

Exercise 3 – 12

$$Mg_3N_{2(s)} + 6H_2O_{(L)} \longrightarrow 3Mg(OH)_{2(s)} + 2NH_{3(g)}$$

Make the following calculations according to the equation above.

A. What is the mass of magnesium nitride (Mg_3N_2) necessary to produce 22.4 L of ammonia under standard conditions (STP)?
B. What is the number of moles of formed $Mg(OH)_2$?

3 – 4 – 5 – Percent Yield النسبة المئوية للناتج

Theoretical yield is obtained through calculation of masses of products and reactants from a balanced chemical equation. Actual yield is obtained from experimental results by the same components.

عند حساب كتلة المادة الناتجة من معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة ومن الكتلة المعلومة لمادة متفاعلة، فان هذه الكتلة تسمى بالناتج النظري وعند اجراء تجربة عملية لتحضيرها وقياس كتلتها عمليا ، فان هذه الكتلة تسمى بالناتج الحقيقي (الفعلي)

Theoretical Yield : Mass of a substance which is calculated from a known mass of a substance which participates in the balanced reaction.

الناتج النظري: كتلة مادة محسوبة من كتلة معروفة لمادة تشارك في التفاعل المتوازن.

Actual Yield: Mass of a substance which can be measured through an experiment. Actual yield is always less than theoretical yield.
الناتج الفعلي: كتلة مادة يمكن قياسها من خلال التجربة. العائد الفعلي دائمًا أقل من العائد النظري.

Actual yield is always less than theoretical yield. The reasons are given below:
يكون الناتج الحقيقي (الفعلي) دائما اقل من الناتج النظري بسبب :

1) Interaction between reactants cannot be completed.
عدم اكتمال التفاعل بين المواد المتفاعلة

2) Usage of impure substances. As a result, unwanted products are formed through side reactions.
عند استعمال مواد غير نقية تحصل تفاعلات جانبية ينتج عنها مواد غير مرغوب فيها

3) Loss of some product while filtering or transferring to another container.
فقدان كمية من المادة الناتجة عند اجراء عملية الترشيح أو عند نقلها من وعاء الى آخر

4) Lack of attention during weighing reactants and products.
عدم دقة قياس كتل المواد المتفاعلة والناتجة

Calculate the percentage of product from the application of the following law:
تحسب النسبة المئوية للناتج من تطبيق القانون الاتي :

$$\text{Percent yield} = \frac{Actual\ yield}{Theoretical\ yield} \times 100\%$$

Question) Define the following:

Specific reactant for product, Theoretical Yield, Actual Yield

Question) State the reasons why the actual yield is always less than theoretical yield.

Example 3 – 13

For the following reaction : $2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow 2AlCl_{3(s)}$

Calculate the percentage yield of aluminum chloride obtained from the reaction of 1.5 moles of Al. Mass of actual yield is 139 grams.

Solution:

Percent yield is calculated through the following formula.

$$\text{Percent yield} = \frac{Actual\ yield}{Theoretical\ yield} \times 100\ \%$$

Known: 1.5 moles of Al

Unknown: Percent yield of $AlCl_3$.

For percent yield, we calculate number of moles of $AlCl_3$ using ratio of mole numbers from the balanced equation

n (mol) = 1.5 mol Al $\times \frac{2\ mol\ AlCl_3}{2\ mol\ Al}$ = 1.5 mol $AlCl_3$

We calculate mass of formed $AlCl_3$ from molar mass of $AlCl_3$ and known number of moles theoretically.

$M_{(AlCl3)}$ = 133.5 g/mol $AlCl_3$

m (g) = n (mol) × M (g/mol) = 1.5 mol × 133.5 g/mol = 200.3 g

Thus, percent yield:

% $AlCl_3$ = $\frac{139\ g}{200.3\ g}$ × 100 % = 69.4 %

Exercise 3 – 13

56 g of cadmium and dilute hydrochloric acid react according to the following equation. $Cd_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CdCl_{2(s)} + H_{2(g)}$

1- Calculate mass of produced hydrogen.

2- As actual yield of hydrogen is 0.75g, calculate percent yield.

Example 3 – 14

$CaCO_3$ decomposes with heat according to the following equation.

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

1. What is the mass of CaO obtained theoretically through heating of 24.8 g of $CaCO_3$?
2. As molar mass of $CaCO_3$ is 100 g/mol, molar mass of CaO is 56 g/mol and actual yield is 13.1 g, calculate percent yield of CaO product.

Solution:

Known: Mass of $CaCO_3$ = 24.8 g

Actual mass of CaO = 13.1 g

molar mass of $CaCO_3$ is 100 g/mol, molar mass of CaO is 56 g/mol

Unknown:

1) Theoretical yield of CaO

2) Percent yield of CaO

1. Calculate number of moles of $CaCO_3$

n (mol) = $\frac{24.8\ (g)}{100\ (\frac{g}{mol})}$ = 0.25 mol $CaCO_3$

2. Calculate no. of moles of CaO produced from 0.25 mole of $CaCO_3$ using mole ratio in the balanced equation.

0.25 mol $CaCO_3$ × $\frac{1\ mol\ CaO}{1\ mol\ CaCO_3}$ = 0.25 mol CaO

3- Calculate mass of 0.25 mole of CaO (theoretical product).

m (g) = 0.25 (mol) × 56 (g/mol) = 14 g CaO

4- Calculate percent yield using the following formula to produce CaO

Percent yield = $\frac{Actual\ yield}{Theoretical\ yield}$ × 100 %

% CaO = $\frac{13.1\ g}{14\ g}$ × 100 % = 93.6 %

Exercise 3 – 14

56 g of iron reacts with 4 moles of dilute hydrochloric acid according to the following equation. $Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow FeCl_{2(s)} + H_{2(g)}$

1- Calculate mass of produced hydrogen.

2- As actual yield of hydrogen is 1.75 g, calculate percent yield.

3- Which one is the limiting reagent?

CHEMISTRY 4

For Distinguish Schools

CHAPTER FOUR

ORGANIC CHEMISTRY

MOHAMMED AHMED SHIHAB

2025

CHAPTER - 4

ORGANIC CHEMISTRY

Organic Chemistry : is chemistry which studies organic compounds which are commonly used in daily life and their preparation methods.

الكيمياء العضوية: هي الكيمياء التي تدرس المركبات العضوية التي يشيع استخدامها في الحياة اليومية وطرق تحضيرها.

Organic compounds are different from inorganic compounds by their following properties:

وتمتاز المركبات العضوية عن المركبات اللاعضوية بصورة عامة بما يأتي:

1- Carbon is the main element in organic compounds. Besides, they contain elements as hydrogen, oxygen, nitrogen, sulfur and phosphorus.

الكاربون عنصر اساس في تركيبها ويليه الهيدروجين وعناصر اخرى مثل الاوكسجين و النتروجين و الكبريت و الفسفور .

2- Organic compounds usually have covalent bonds.

ان الاواصر الكيميائية في المركبات العضوية تكون في الغالب تساهمية.

3- Most organic compounds are combustible and they can decompose with heat. Therefore, these compounds are accepted as the most important source of energy.

معظم المركبات العضوية قابلة للاحتراق والتجزأ بالتسخين لذا تعتبر أهم مصدر للطاقة.

4- Reactions of organic compounds are usually slow.

تفاعلات المركبات العضوية بصورة عامة بطيئة وانعكاسية.

5- Most organic compounds are soluble in organic solvents as alcohol, ether, gasoline, acetone and chloroform.

معظم المركبات العضوية تذوب في المذيبات العضوية كالكحول والايثر والبنزين والاسيتون والكلوروفورم .

6- Organic compounds have a very important property called as “isomerism”.

تتميز المركبات العضوية بوجود ظاهرة الجناس وهي ظاهرة ذات اهمية كيميائية وفيزيائية .

Question) Define organic chemistry, and what are properties of organic compounds?

Explain / Most organic compounds are accepted as the most important source of energy.

تعتبر معظم المركبات العضوية كأهم مصدر للطاقة.

Answer / Because this compounds are combustible and they can decompose with heat and result great energy.

لأن هذه المركبات قابلة للاحتراق ويمكن أن تتحلل بالحرارة وتنتج طاقة كبيرة.

4-2-ELECTRONIC CONFIGURATION OF CARBON ATOM

التكوين الإلكتروني لذرة الكربون

Explain / Carbon shares its four electrons with 4 bonds to full out outer shell.

يشارك الكربون إلكتروناته الأربعة مع 4 روابط لإكمال الغلاف الخارجي.

Answer / Atomic number of carbon atom is 6 and its outer electron shell is half filled with 4 electrons and carbon atom has no possibility of gaining 4 electrons or donating of it to full out its outer shell.

العدد الذري لذرة الكربون هو 6 وقشرة الإلكترون الخارجية نصفها مملوءة بـ 4 إلكترونات وليس لذرة الكربون إمكانية اكتساب 4 إلكترونات أو التبرع بها لإكمال غلافها الخارجي

Explain / Carbon can form numerous organic compounds.

يمكن أن يشكل الكربون العديد من المركبات العضوية

Answer / Carbon shares its four electrons with 4 bonds to full out outer shell.

يشارك الكربون إلكتروناته الأربعة مع 4 روابط لإكمال الغلاف الخارجي

4-3-INTERMEDIATES

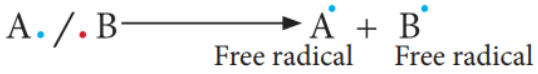
Intermediates : are a chemical products less stable intermediate formed when some bonds are broken and forms a new bonds during chemical reactions.

الوسطيات: هي منتجات كيميائية وسيطة أقل ثباتًا تتشكل عندما تنكسر بعض الروابط وتشكل روابط جديدة أثناء التفاعلات الكيميائية.

There are two types of bond breaking occur: هناك نوعان من كسر الرابطة يحدثان:

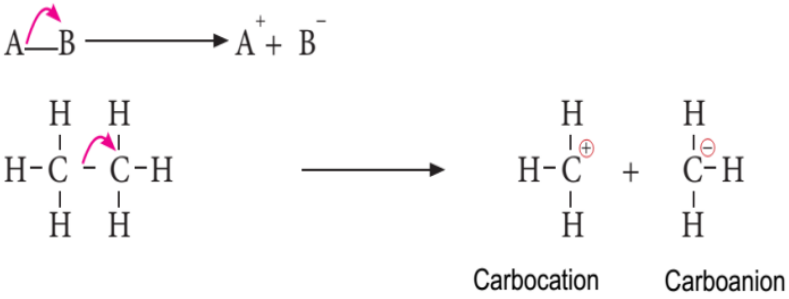
1. Homogeneous Breaking: As a result of breaking of a covalent bond between 2 atoms or groups, each group keeps one electron of the covalent bond and forms a neutral particle called as free radical.

التكسير المتجانس: نتيجة لانكسار الرابطة التساهمية بين ذرتين أو مجموعتين ، تحتفظ كل مجموعة بإلكترون واحد من الرابطة التساهمية وتشكل جسيمًا محايدًا يسمى الجذور الحرة.



2. Non-homogeneous breaking: As a result of breaking a covalent bond between 2 atoms or groups, one of each keeps an electron pair and becomes negatively charged (carbanion). The other one becomes positively charged (carbocation).

الانشطار غير المتجانس : هو انكسار الاصرة التساهمية بين ذرتين او مجموعتين بحيث تحتفظ احداهما بزوج الالكترونات وتحمل الشحنة السالبة (ايون الكاربانيون) بينما تبقى الاخرى حاملة للشحنة الموجبة (ايون الكاربونيوم).



4-4-STRUCTURAL FORMULA التركيبة الهيكلية

Structural formula : Is formula which shows types of elements, number of atoms, bonding orders and valences of a molecule .

الصيغة البنائية: هي الصيغة التي تُظهر أنواع العناصر وعدد الذرات وترتيبات الترابط والتكافؤ في الجزيء.

Explain / In order to differentiate isomers, writing structural formula is necessary.

اشرح / من أجل التفريق بين الأيزومرات ، من الضروري كتابة صيغة هيكلية.

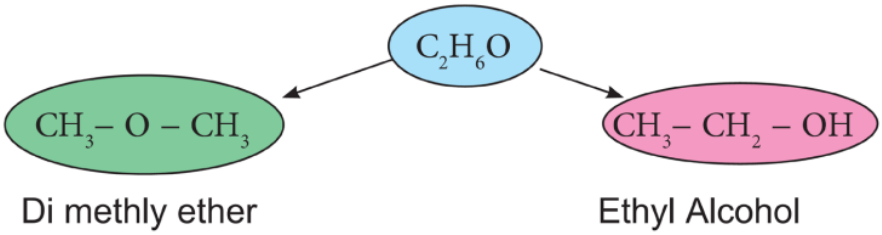
Answer / The reason of this difference is due to the difference in bonding of atoms which form the molecule.

الجواب / سبب هذا الاختلاف هو الاختلاف في الترابط بين الذرات التي تشكل الجزيء.

This property is called as "isomerism". هذه الخاصية تسمى "isomerism"

For example, C_2H_6O molecular formula shows either ethyl alcohol or dimethyl ether.

على سبيل المثال ، تُظهر الصيغة الجزيئية C_2H_6O كحول الإيثيل أو ثنائي ميثيل الأثير.



4-5 HYDROCARBONS الهيدروكربونات

Hydrocarbons : They are compounds which only consist of carbon and hydrogen atoms.

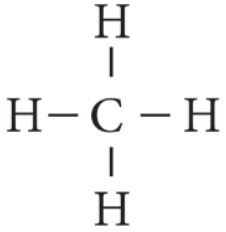
إنها مركبات تتكون فقط من ذرات الكربون والهيدروجين.

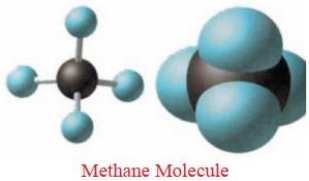
They are classified according to having a closed or an open chain or being saturated or unsaturated as follows.

وتصنف على أنها ذات سلسلة مغلقة أو مفتوحة أو أنها مشبعة أو غير مشبعة على النحو التالي.

1. Alkanes or Paraffins: are saturated, single bonded compounds with the general formula of C_nH_{2n+2}. The simplest of those is methane (CH_4) gas.

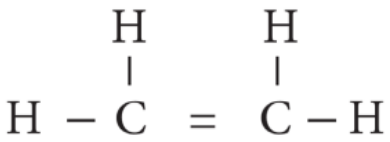
الألكانات أو البارافينات عبارة عن مركبات مشبعة أحادية الترابط مع الصيغة العامة لـ C_nH_{2n+2}. أبسطها هو غاز الميثان (CH_4).

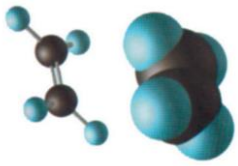



Methane Molecule

2. Alkenes or olefins: are unsaturated hydrocarbons with a double bond. Their general formula is C_nH_{2n}. The simplest of those is ethylene (C_2H_4).

الألكينات أو الأوليفينات عبارة عن هيدروكربونات غير مشبعة ذات رابطة مزدوجة. صيغتهم العامة هي C_nH_{2n}. أبسطها هو الإيثيلين (C_2H_4).

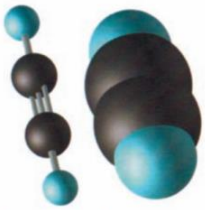




Ethylene Molecule

3. Alkynes or acetylenes: are unsaturated hydrocarbons with a triple bond. Their general formula is C_nH_{2n-2}. The simplest of those is acetylene or ethyne (C_2H_2).

الكاينات أو استيلينات عبارة عن هيدروكربونات غير مشبعة ذات رابطة ثلاثية. صيغتهم العامة هي C_nH_{2n-2}. أبسطها هو الأسيتيلين أو الإيثين (C_2H_2).



Acetylene Molecule

4. Cyclic hydrocarbons: are compounds which have a carbon chain in a cyclic structure.

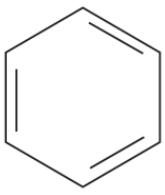
الهيدروكربونات الحلقية مركبات لها سلسلة كربونية في هيكل دوري.

Saturated types of those are called as cycloalkanes. e.g, cyclohexane.

الأنواع المشبعة منها تسمى سيكلو ألكانات. على سبيل المثال ، الهكسان الحلقي.

Unsaturated types of cyclic hydrocarbons are called as cycloalkenes.

تسمى الأنواع غير المشبعة من الهيدروكربونات الحلقية بالألكينات الحلقية.



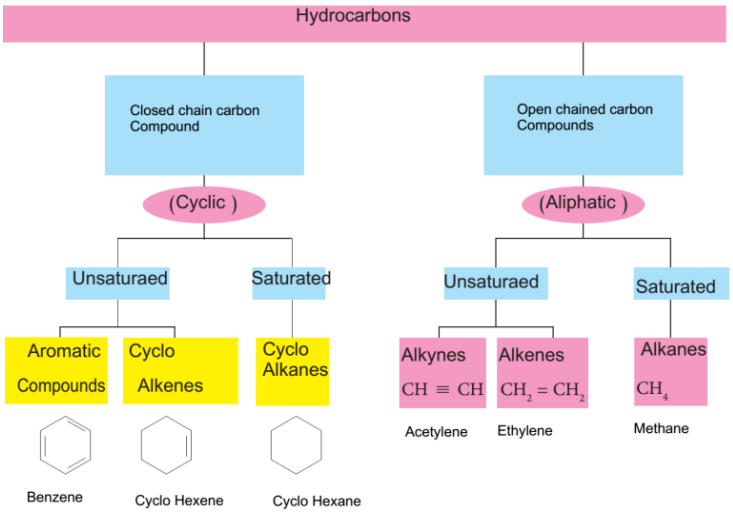
Benzene Molecule

Besides, aromatic compounds or benzene or derivatives are members of this group.

إلى جانب ذلك ، فإن المركبات العطرية أو البنزين أو المشتقات هي أعضاء في هذه المجموعة.

General classification of hydrocarbons is as follows:

التصنيف العام للهيدروكربونات هو كما يلي:



4-6-ALKANES

They are saturated hydrocarbons. They have a structure of carbon and hydrogen atoms bonded with strong and single covalent bonds. Their general formula is C_nH_{2n+2}. (n) is an integer and it shows number of carbon atoms. The following are examples for alkanes.

إنها هيدروكربونات مشبعة. لديهم بنية من ذرات الكربون والهيدروجين مرتبطة بروابط تساهمية قوية وحيدة. صيغتهم العامة هي C_nH_{2n+2}. (ن) هو عدد صحيح ويظهر عدد ذرات الكربون. فيما يلي أمثلة للألكانات.

Chart shows names and formulas for the first 10 members of alkanes

يعرض الرسم البياني الأسماء والصيغ لأول 10 أعضاء من الألكانات.

Structural Formula	Name of Compound	Latin Prefix	Number of Carbon Atoms
CH_4	Methane	Meth-	C_1
$CH_3–CH_3$	Ethane	Eth-	C_2
$CH_3–CH_2–CH_3$	Propane	Prop-	C_3
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$	Butane	But-	C_4
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	Pentane	Pent-	C_5
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	Hexane	Hex-	C_6
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	Heptane	Hep-	C_7
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	Octane	Oct-	C_8
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	Nonane	Non-	C_9
$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	Decane	Dec-	C_{10}

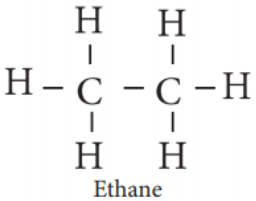
4-6-1-Types of Carbon Atoms

Carbon atoms are classified as follows according to type of bonding to each other in compounds :

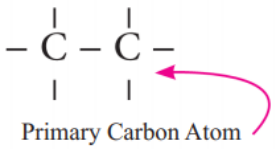
تُصنف ذرات الكربون على النحو التالي وفقًا لنوع الترابط مع بعضها البعض في المركبات:

1. Primary Carbon Atom: It is a carbon atom to which another carbon atom is attached.

ذرة كربون أولية: وهي ذرة كربون تلتصق بها ذرة كربون أخرى.



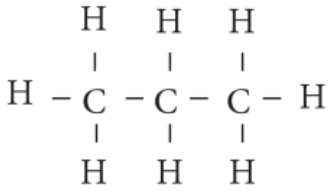
Ethane



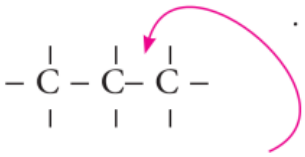
Primary Carbon Atom

2. Secondary carbon atom: It is a carbon atom to which two carbon atoms are attached.

ذرة كربون ثانوية: وهي ذرة كربون تلتصق بها ذرتان كربون.



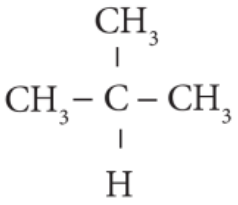
Propane



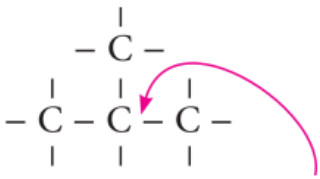
Secondary Carbon Atom

3. Tertiary carbon atom: It is a carbon atom to which 3 carbon atoms are attached.

ذرة كربون ثالثية: وهي ذرة كربون تلتصق بها 3 ذرات كربون.



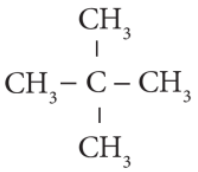
Isobutane



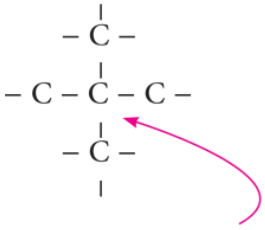
Tertiary carbon atom

4. Quaternary carbon atom: It is a carbon to which 4 carbon atoms are attached.

ذرة الكربون الرباعية: وهي كربون تلتصق به 4 ذرات كربون.

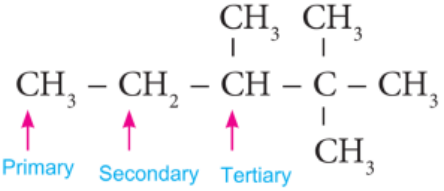


Neopantane



Quaternary carbon atom

Besides, type of hydrogen atom depends on the carbon atom it is attached to. According to this, a hydrogen atom which is attached to a primary carbon atom is called as a primary hydrogen. A hydrogen atom which is attached to a secondary carbon atom is called as a secondary hydrogen. Similarly, there is also a tertiary hydrogen atom. But quaternary hydrogen atoms do not exist. Why? Discuss with your friends.



Question) Determine the type of carbon atom colored red for each of the following compounds:

1. $CH_3—CH_2—CH_3$

2. $CH_3—CH(CH_2—CH_3)—CH_2—CH_3$

3. $CH_3—CH(CH_2—CH_3)—CH(CH_3)—CH_3$

4. $CH_3—C(CH_2—CH_3)(CH_3)—CH(CH_3)—CH_3$

4-6-2-Nomenclature of Alkanes

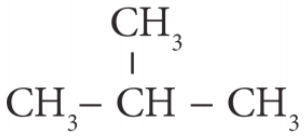
There is a common and old nomenclature system used for linear and unbranched carbon atoms. While naming it starts with letter “n” (normal) and then name of alkane comes. For example:

هناك نظام تسمية شائع وقديم يستخدم لذرات الكربون الخطية وغير المتفرعة. أثناء التسمية ، يبدأ بحرف "n" (عادي) ثم يأتي اسم الألكان. علي سبيل المثال:

$CH_3 – CH_2 – CH_3$

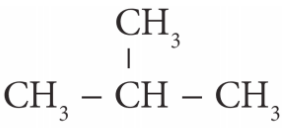
(n- propane)

In alkanes with branched alkyl group; في الألكانات ذات مجموعة الألكيل المتفرعة ؛



There is a common and old nomenclature with "iso-" prefix. After "iso-" prefix, name of alkane is written. For example:

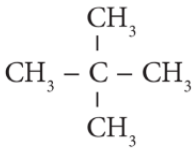
هناك تسمية شائعة وقديمة ببادئة "**iso**". بعد البادئة "**iso-**" ، يتم كتابة اسم الألكان. علي سبيل المثال:



(iso-butane)

For an alkane with a quaternary carbon atom, there is a common and old nomenclature which starts with the prefix "neo-". After neo-, name of alkane is written.

بالنسبة للألكان الذي يحتوي على ذرة كربون رباعي ، هناك تسمية شائعة وقديمة تبدأ بالبادئة "neo-". بعد neo- ، يتم كتابة اسم الألكان.



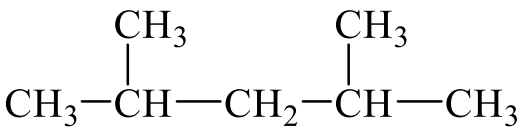
(Neo pentane)

Exercise 4-2

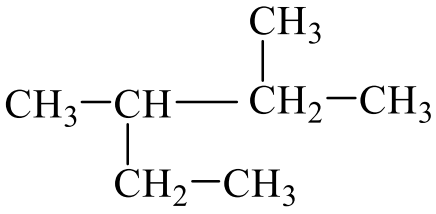
What is the molecular formula of the alkane with 10 carbon atoms?

Question) Write the names of the following organic compounds according to the IUPAC system:

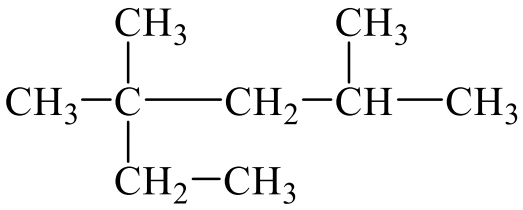
1)



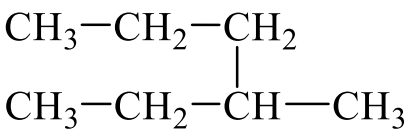
3)



2)



4)



4-6-3-Alkyl Groups

Alkyl group: The remaining group after removal of 1 hydrogen atom from an alkane . Its general formula is C_nH_{2n+1} and it is shown as (-R).

مجموعة الألكيل: المجموعة المتبقية بعد إزالة ذرة هيدروجين واحدة من ألكان. صيغتها العامة هي C_nH_{2n+1} وتظهر على أنها (-R)

Table shows alkyl groups and names derived from alkane groups.

يوضح الجدول مجموعات الألكيل والأسماء المشتقة من مجموعات الألكان.

Alkyl		Alkane	
Methyl	CH_3	Methane	CH_4
Ethyl	C_2H_5- CH_3-CH_2-	Ethane	C_2H_6 CH_3-CH_3
Propyl n propyl Iso Propyl	C_3H_7- $CH_3-CH_2-CH_2-$ $CH_3-\underset{\vert}{CH}-CH_3$	Propane n–Propane	C_3H_8 $CH_3-CH_2-CH_3$

Example 4-1

What is the molecular formula of the alkane with four carbon atoms?

Solution:

As the general formula of alkanes is (C_nH_{2n+2})

n = number of carbon atoms, n = 4

Number of hydrogen atoms $H_{2n+2} = (2 \times 4) + 2 = 10$

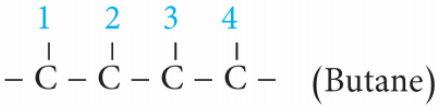
So the molecular formula is C_4H_{10}

Question) What is the molecular formula of the alkane with molar mass is 72 g/mole?

4-6-4-Nomenclature of Alkanes IUPAC Nomenclature Rules:

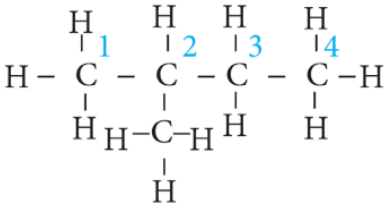
1. We choose the longest carbon chain to be named. Then, we number carbon atoms by starting from the side closest to branching. Name is given according to the number of carbon atoms corresponding to alkane.

نختار أطول سلسلة كربون ليتم تسميتها. بعد ذلك ، نقوم بترقيم ذرات الكربون بالبدء من الجانب الأقرب للتفرع. يتم إعطاء الاسم وفقًا لعدد ذرات الكربون المقابلة للألكان.



2. In order to determine places of alkyl groups or functional groups, we look at the number of carbon atom they are attached to.

من أجل تحديد أماكن مجموعات الألكيل أو المجموعات الوظيفية ، ننظر إلى عدد ذرة الكربون التي ترتبط بها.



3. If there are more than one alkyl groups, they are named with respect to order of letter in Latin.

إذا كان هناك أكثر من مجموعة ألكيل ، يتم تسميتها وفقًا لترتيب الحروف في اللاتينية.

4. While naming, a comma is placed between numbers and a dash is placed between numbers and names.

أثناء التسمية ، يتم وضع فاصلة بين الأرقام وشرطة بين الأرقام والأسماء.

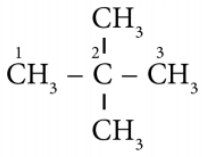
5. If there are more than one of the same groups, their number is expressed by Greek numbers (-di, -tri, -tetra) before there group name. The numbers of carbon atoms to which they are attached are written separately.

إذا كان هناك أكثر من مجموعة واحدة من نفس المجموعات ، فسيتم التعبير عن رقمها بالأرقام اليونانية (-di ، -tri ، -tetra) قبل اسم المجموعة. تتم كتابة عدد ذرات الكربون التي ترتبط بها بشكل منفصل.

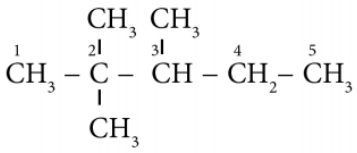
1 – mono , 2 – di , 3 – tri , 4 – tetra , 5 – penta

We can examine the following examples for nomenclature rules:

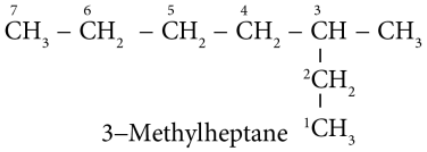
يمكننا فحص الأمثلة التالية لقواعد التسمية:



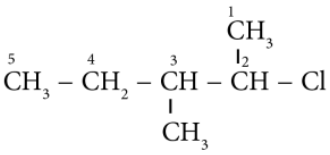
2,2–Dimethylpropane



2,2,3–Trimethylpentane



3–Methylheptane

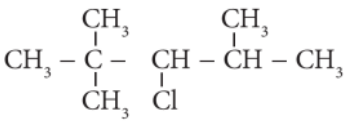


2–Chloro–3–methylpentane

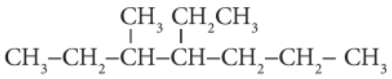
Exercise 4-3

Write down the names for the following structural formulas.

1)



2)



Exercise 4-4

Write down structural formulas for the following compounds.

1) 2 – Chloro – 2 – methylbutane

2) 3,2 – Dimethylpentane

4-6-5-Isomerism

Isomers: are compounds with the same molecular formula but with different structural formulas have different physical and chemical properties .

الايزومرات: مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية ولكن لها صيغ هيكلية مختلفة لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة.

This phenomenon starts with butane (C_4H_{10}) molecule because carbon atoms have two possibilities of bonding.

تبدأ هذه الظاهرة بجزيء البوتان (C_4H_{10}) لأن ذرات الكربون لها احتمالان للترابط.

1st Possibility: Bonding of carbon atoms in an open chain (unbranched)

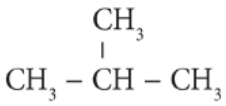
الاحتمال الأول: ربط ذرات الكربون في سلسلة مفتوحة (غير متفرعة)

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

(n- butane)

2nd Possibility: Bonding of carbon atoms in a branched way.

الاحتمال الثاني: ربط ذرات الكربون بطريقة متفرعة.



2- Methylpropane

According to the old nomenclature, this compound is named as "isobutane."

وفقًا للتسمية القديمة ، يُطلق على هذا المركب اسم "أيزوبيوتان".

As told above, butane has a single molecular formula and two different structural formulas. These two compounds which are found in nature are different by their physical and chemical properties as their structural formulas are different.

كما قيل أعلاه ، يحتوي البيوتان على صيغة جزيئية واحدة وصيغتين هيكليتين مختلفتين. يختلف هذان المركبان الموجودان في الطبيعة باختلاف خواصهما الفيزيائية والكيميائية حيث تختلف صيغتهما الهيكلية.

Example 4-2

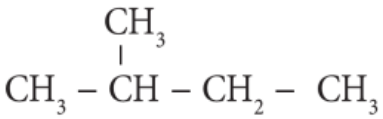
Write down and name isomers of C_5H_{12}.

Solution:

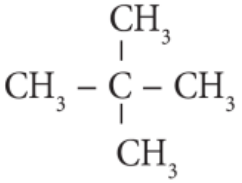
C_5H_{12} has 3 isomers.

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

(n –Pentane)



(2–Methyl butane)



(2,2 – Di methyl propane)

Exercise 4-5

Write down the possible structural formulas (isomers) of the alkane with the molecular formula of C_6H_{14} according to general or IUPAC system.

4-6-6-Physical Properties of Alkanes

1 – Solubility:

Explain / Alkanes aren't soluble in water. But they dissolve in solvents as gasoline and carbon tetra chloride.

علل / الألكانات غير قابلة للذوبان في الماء. لكنها تذوب في مذيبات مثل البنزين ورباعي كلوريد الكربون.

Answer / Because Molecules of alkanes aren't polar (they are nonpolar), therefore, they aren't soluble in polar solvents as water. But they dissolve in nonpolar organic solvents as gasoline and carbon tetra chloride.

الإجابة / لأن جزيئات الألكانات ليست قطبية (فهي غير قطبية) ، لذلك فهي غير قابلة للذوبان في المذيبات القطبية مثل الماء. لكنها تذوب في مذيبات عضوية غير قطبية مثل البنزين ورابع كلوريد الكربون.

2 – Boiling Point:

Explain / Boiling points of alkanes increase as their molar masses increase.

علل / تزداد نقاط غليان الألكانات مع زيادة كتلها المولية.

Answer / Because weak Van der Waals attraction forces increase when surface areas of molecules increase.

الإجابة / لأن قوى جذب فان دير فال الضعيفة تزداد عندما تزداد المساحات السطحية للجزيئات.

Explain / Boiling points of alkanes with open carbon chains are higher than boiling points of alkanes with branched carbon chains

علل / نقاط غليان الألكانات ذات السلاسل الكربونية المفتوحة أعلى من نقاط غليان الألكانات ذات السلاسل الكربونية المتفرعة

Answer / Because in alkanes with open carbon chains the distance between molecules decreases and Increase surface areas of this molecules, so weak Van der Waals attraction forces increase.

الإجابة / لأنه في الألكانات ذات السلاسل الكربونية المفتوحة تتناقص المسافة بين الجزيئات وتزيد المساحات السطحية لهذه الجزيئات ، لذلك تزداد قوى جذب فان دير فال الضعيفة.

Explain / boiling points of (n Pentane) are higher than boiling points of (2 – Methylbuthane).

علل / نقاط غليان n بنتان أعلى من درجة غليان 2 - ميثيل بوتان.

Answer / Because in (n Pentane) the distance between molecules less than (2 – Methylbuthane), as well Increase surface areas of (n Pentane) molecules to become great than (2 – Methylbuthane), so weak Van der Waals attraction forces increase.

الإجابة / لأنه في (n بنتان) المسافة بين الجزيئات أقل من (2 - ميثيل بوتان) ، وكذلك زيادة مساحة جزيئات (n بنتان) لتصبح أكبر من (2 - ميثيل بوتان) ، لذلك تزداد قوى جذب فان دير فال الضعيفة.

Exercise 4-6

Which of the following compounds has the highest boiling point?

1) C_5H_{12}

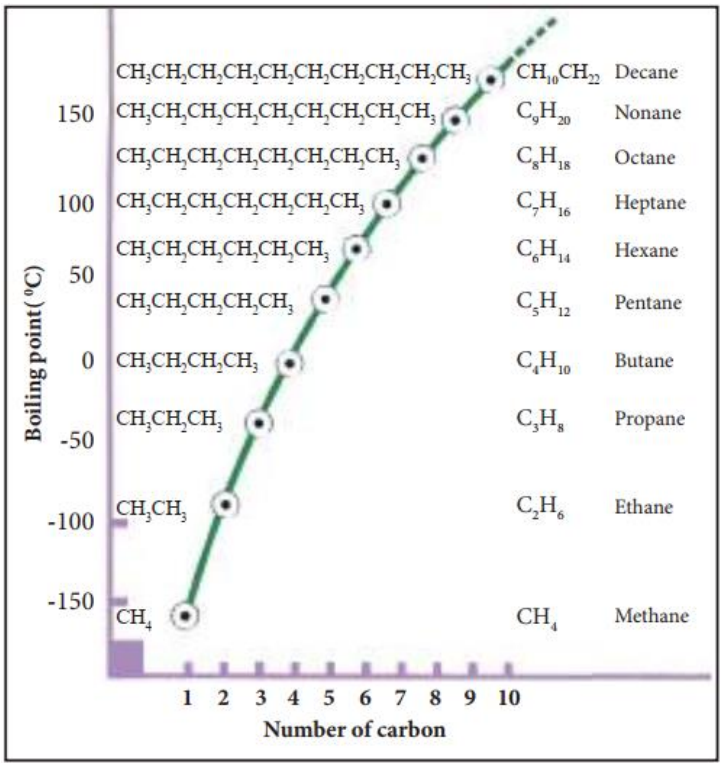
2) CH_4

3) C_8H_{18}

4) C_2H_6

Note;

1. Methane, ethane, propane and butane are in gas form at room temperature.
1. الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان في شكل غاز في درجة حرارة الغرفة.
2. While alkanes which have number of carbon atoms between (5 - 17) become liquids
2 .بينما الالكانات التي تحتوي على عدد ذرات كربون بين (5 - 17) تصبح سائلة
3. When alkanes contain number of carbon atoms great than 18 become solid.
3. عندما تحتوي الألكانات على عدد من ذرات الكربون أكبر من 18 تصبح صلبة.



4 – 6 – 7 – Chemical Properties of Alkanes

A – Chemical Reaction:

Explain / Alkanes are less active when compared to other organic compounds.
تكون الألكانات أقل نشاطًا عند مقارنتها بالمركبات العضوية الأخرى

Answer / Because alkanes are saturated hydrocarbons, they have strong single bonds. So need big amounts of energy are necessary to break their bonds.
لأن الألكانات عبارة عن هيدروكربونات مشبعة ، فلديها روابط مفردة قوية. لذلك نحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة ضرورية لكسر روابطهم

Alkanes don't react with strong acids as sulfuric acid and nitric acid under normal conditions. They also don't react with strong bases as sodium hydroxide or oxidizing agents as potassium permanganate.
لا تتفاعل الألكانات مع الأحماض القوية مثل حامض الكبريتيك وحمض النيتريك في الظروف العادية. كما أنها لا تتفاعل مع القواعد القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم أو عوامل مؤكسدة مثل برمنجنات البوتاسيوم

B – Combustion Reaction:

Explain / Alkanes are used as fuels in industry and engines of motor vehicles.
تستخدم الألكانات كوقود في الصناعة ومحركات السيارات

Answer / When alkanes are combusted fully in air, they yield carbon dioxide and water vapor along with smokeless blue flame. A great amount of energy is released.
عندما يتم احتراق الألكانات بالكامل في الهواء ، فإنها تنتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء مع اللهب الأزرق الذي لا يدخن. يتم إطلاق كمية كبيرة من الطاقة

General formula of combustion of alkanes is as follows:
الصيغة العامة لاحتراق الألكانات هي كما يلي:

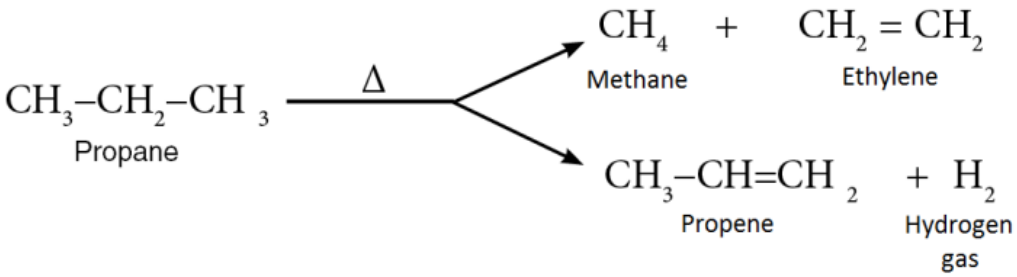
$$C_nH_{2n+2} + \left(\frac{3n+1}{2}\right) O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)\, H_2O + \text{Heat Energy}$$

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + \text{Heat Energy}$$

C – Thermal Cracking:

Alkanes are transformed into saturated or unsaturated compounds with heat effect in air-free medium by breaking of carbon chain or loss of hydrogen molecule.
تتحول الألكانات إلى مركبات مشبعة أو غير مشبعة لها تأثير حراري في وسط خال من الهواء عن طريق تكسير سلسلة الكربون أو فقدان جزيء الهيدروجين

For example, propane can be cracked into two different compounds as follows:
على سبيل المثال ، يمكن تكسير البروبان إلى مركبين مختلفين على النحو التالي:



Explain / Thermal Cracking reactions are accepted as very important.

يتم قبول تفاعلات التكسير الحراري على أنها مهمة جدًا

Answer / Because they are used in oil-refining to obtain fuels for planes, automobiles and other engines.

لأنها تستخدم في تكرير النفط للحصول على وقود الطائرات والسيارات والمحركات الأخرى

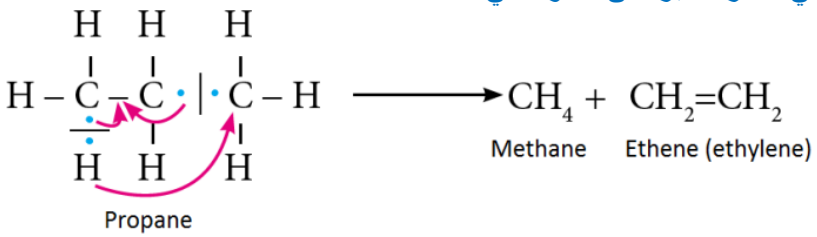
Reaction mechanisms :

1st Possibility: Free radicals form as a result of homogeneous cracking.

الاحتمال الأول: تتشكل الجذور الحرة نتيجة للتشقق المتجانس.

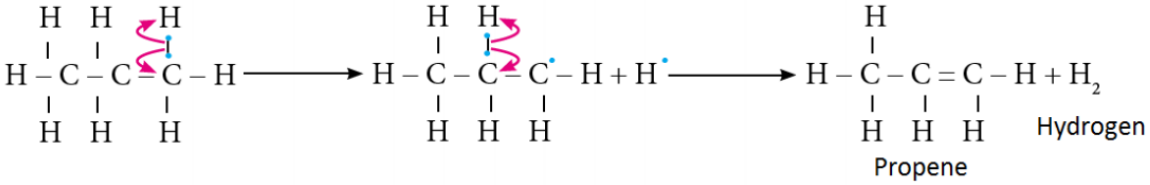
Generally, the largest carbon containing structure undergoes homogenous cracking. Through addition of hydrogen atom to the other radical, double bond is formed in the larger radical as follows.

بشكل عام ، يخضع أكبر هيكل يحتوي على الكربون لتكسير متجانس. من خلال إضافة ذرة الهيدروجين إلى الجذر الآخر ، تتشكل الرابطة المزدوجة في الجذر الأكبر على النحو التالي.



2nd Possibility: To form a hydrogen atom free radical, (H – C) bond is broken. H radical is bonded with another H radical to form H_2 molecule. The remaining is propene molecule.

الاحتمال الثاني: لتشكيل ذرة الهيدروجين الجذور الحرة ، (HC) يتم كسر الرابطة. يرتبط جذر H بجذر H آخر لتكوين جزيء H_2. المتبقي هو جزيء البروبين.



Exercise 4-7 / Write down thermal cracking reaction of n-butane.

D-Substitution reactions

It is the substitution of one hydrogen atom in alkanes with a halide atom (Cl_2, Br_2).

إنه استبدال ذرة هيدروجين واحدة في الألكانات بذرة هاليد (Cl_2, Br_2)

For example, in the reaction of methane with chlorine, the reaction continues until all hydrogen atoms in methane are replaced with chloride atoms.

على سبيل المثال ، في تفاعل الميثان مع الكلور ، يستمر التفاعل حتى يتم استبدال كل ذرات الهيدروجين في الميثان بذرات الكلوريد.

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{Sunlight}} CH_3{-}Cl + HCl$$

Methyl chloride

$$CH_3 - Cl + Cl_2 \longrightarrow CH_2{-}Cl_2 + HCl$$

Dichloromethane

$$CH_2 - Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow CHCl_3 + HCl$$

Chloroform

$$CHCl_3 + Cl_2 \longrightarrow CCl_4 + HCl$$

Carbon tetrachloride

4 – 6 – 8 – Preparation of Alkanes in Laboratory

There are a few methods of preparation of alkanes in laboratory :

1- When sodium salts of carboxylic acids (R – COONa) are heated with solid sodium hydroxide or barium hydroxide, alkanes are obtained. Produced alkane has one carbon atom less than the carboxylic acid.

عند تسخين أملاح الصوديوم للأحماض الكربوكسيلية (R-COONa) مع هيدروكسيد الصوديوم الصلب أو هيدروكسيد الباريوم ، يتم الحصول على الألكانات. يحتوي الألكان المنتج على ذرة كربون واحدة أقل من حمض الكربوكسيل.

For example, when sodium acetate is heated with sodium hydroxide, methane gas is obtained.

على سبيل المثال ، عندما يتم تسخين أسيتات الصوديوم بهيدروكسيد الصوديوم ، يتم الحصول على غاز الميثان.

$$CH_3{-}COONa + NaOH \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{Methane}}{CH_4} + Na_2CO_3$$

When sodium propanoate ($CH_3CHCOONa$) is heated with barium hydroxide $Ba(OH)_2$, ethane is obtained according to the following reaction:

عند تسخين بروبانوات الصوديوم ($CH_3CHCOONa$) باستخدام هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ ، يتم الحصول على الإيثان وفقًا للتفاعل التالي:

$$2CH_3CH_2COONa + Ba(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{Ethane}}{2CH_3CH_3} + BaCO_3 + Na_2CO_3$$

Exercise 4-8

Obtain butane gas from sodium salt of carboxylic acid.

Question) Write prepare Pentane from sodium salt of carboxylic acid.

2- In Grignard method, firstly, Grignard reagent is produced. In order to obtain Grignard reagent, magnesium (Mg) reacts with alkyl halide in a medium with dry ether as in the following reaction:

في طريقة كرينيارد أولاً ، يتم إنتاج كاشف كرينيارد. من أجل الحصول على كاشف كرينيارد ، يتفاعل المغنيسيوم (Mg) مع هاليد الألكيل في وسط مع الأثير الجاف كما في التفاعل التالي:

$$\underset{\text{Alkyl halide}}{R - X} + Mg \xrightarrow{\text{dry ether}} \underset{\text{Grignard's reagent}}{RMgX}$$

For example, Grignard reagent is obtained from methyl iodide (CH_3I) according to the following equation:

على سبيل المثال ، يتم الحصول على كاشف كرينيارد من يوديد الميثيل (CH_3I) وفقًا للمعادلة التالية:

$$\underset{\text{Methyl iodide}}{CH_3 - I} + Mg \xrightarrow{\text{dry ether}} \underset{\text{Magnesium Methyl iodide}}{CH_3MgI}$$

Alkanes are prepared from Grignard reagent by two methods.

يتم تحضير الألكانات من كاشف كرينيارد بطريقتين.

A- If target alkane contains as many carbon atoms as Grignard reagent, the reagent is analyzed aqueously. Therefore, this method is called as aqueous analysis of Grignard reagent.

إذا كان الألكان المستهدف يحتوي على العديد من ذرات الكربون مثل كاشف كرينيارد ، يتم تحليل الكاشف مائيًا. لذلك ، تسمى هذه الطريقة بالتحليل المائي لكاشف كرينيارد.

$$RMgX + H{-}OH \longrightarrow \underset{\text{Alkane}}{R-H} + Mg(OH)X$$

Preparation of methane is an example:

$$CH_3{-}I + Mg \xrightarrow{\text{Dry Ether}} CH_3MgI$$

$$CH_3MgI + H{-}OH \longrightarrow \underset{\text{Methane}}{CH_4} + Mg(OH)I$$

B- If Grignard reagent reacts with an alkyl halide, no. of carbon atoms in prepared alkane is more than no. of carbon atoms in the reagent. This difference is as many as no. of carbon atoms in the alkyl halide.

إذا كان كاشف جرينارد يتفاعل مع هاليد ألكيل ، فلا. من ذرات الكربون في الألكان المحضر أكثر من لا شيء. من ذرات الكربون في الكاشف. هذا الاختلاف هو بقدر لا. من ذرات الكربون في هاليد الألكيل.

$$RMgX + R-X \longrightarrow \underset{\text{Alkane}}{R-R} + MgX_2$$

$$CH_3MgI + CH_3{-}I \longrightarrow \underset{\text{Ethane}}{CH_3-CH_3} + MgI_2$$

Example 4 – 3

Prepare the following from Ethyl chloride, 2 – Chloropropane and any other substances you wish.

قم بإعداد ما يلي من كلوريد الإيثيل ، 2- كلوروبروبان وأي مواد أخرى تريدها.

A) n – Butane B) 2 – Methylbutane

Solution:

A- First, we prepare Grignard reagent from ethyl chloride.

$$CH_3CH_2Cl + Mg \xrightarrow{\text{dry ether}} CH_3CH_2MgCl$$

We need an alkyl halide with two carbon atoms in order to increase number of carbon atoms and to prepare n-butane.

$$CH_3CH_2MgCl + CH_3CH_2Cl \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_3 + MgCl_2$$

B- In order to prepare 2 – Methylbutane, we need to increase number of carbon atoms in Grignard reagent. For this, we need 2 – Chloropropane.

$$CH_3CH_2MgCl + CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-Cl \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle CH_2CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3 + MgCl_2$$

2- Chloro Propane

2- Methyl butane

Exercise 4-9

Prepare the following substances using ethyl chloride and any substance you may need.

قم بإعداد المواد التالية باستخدام كلوريد الإيثيل وأي مادة قد تحتاجها.

a) Ethane

b) Propane

c) Butane

Question) Write prepare 2 – Methyl pentane from ethyl chloride.

4-7-Alkenes (Olefins)

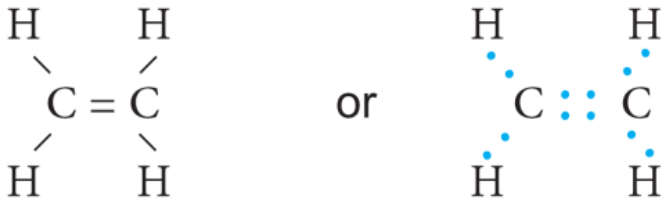
They are unsaturated hydrocarbons. They are accepted as linked chains. Members of alkenes contain less hydrogen atoms when compared with alkanes. Carbon chain has a double bond. Alkenes are shown with the general formula of (C_nH_{2n}).

إنها هيدروكربونات غير مشبعة. يتم قبولها كسلاسل مرتبطة. تحتوي أعضاء الألكينات على ذرات هيدروجين أقل عند مقارنتها بالألكانات. سلسلة الكربون لها رابطة مزدوجة. تظهر الألكينات بالصيغة العامة لـ (C_nH_{2n}).

$$R - CH = CH - R` \quad or \quad R - CH = CH_2$$

R=R' means a symmetrical alkene whereas R ≠ R' means asymmetrical alkene. Alkenes undergo addition, oxidation and substitution and combustion reactions. The simplest member of alkenes is ethylene (C_2H_4). Ethylene can be written as ;

R=R' يعني ألكين متماثل بينما R ≠ R' يعني ألكين غير متماثل. تخضع الألكينات لتفاعلات الإضافة والأكسدة والاستبدال والاحتراق. أبسط عضو في الألكينات هو الإيثيلين (C_2H_4). يمكن كتابة الإيثيلين كـ ؛



or as below: $CH_2 = CH_2$

Exercise 4-10

Which of the following is the formula that doesn't belong to alkenes?

A) C_4H_8

B) C_5H_{10}

C) C_7H_{16}

D) C_6H_{12}

4-7-1-Nomenclature of Alkenes

1- Choose the longest carbon chain with double bond.

اختر أطول سلسلة كربونية ذات رابطة مزدوجة

2- Number carbon atoms starting from the closest carbon to the double bond.

عدد ذرات الكربون ابتداء من أقرب كربون للرابطة المزدوجة

3- Name the longest chain as an alkane. We replace (-ane) suffix with (-ene).

قم بتسمية أطول سلسلة على أنها ألكان. نستبدل اللاحقة (-ane) بـ (-ene)

4- Determine the position of double bond by picking the smaller of 2 numbers on the double bond.

حدد موضع الرابطة المزدوجة باختيار الرقم الأصغر من رقمين على الرابطة المزدوجة

5- Determine other groups with respect to the numbered carbon atom.

تحديد المجموعات الأخرى بالنسبة لذرة الكربون المرقمة

Names of some alkenes according to IUPAC system and old (common) system		
Common name	Systematic name (IUPAC)	Structural Formula
ethylene	Ethene	$CH_2 = CH_2$
propylene	Propene	$CH_3 - CH = CH_2$
butylene	1-butene	$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$
	2-butene	$CH_3 - CH = CH - CH_3$
pentylene	1-pentene	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH = CH_2$
	2-pentene	$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_3$
	3-methyl-1-butene	$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}} - CH = CH_2$
	2-methyl-1-butene	$CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}} = CH_2$

Exercise 4-11

Name the following alkenes according to general nomenclature system.

1) $CH_3 - \underset{\displaystyle H}{\underset{\vert}{C}} = CH - CH_3$

2) $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$

4-7-2-Geometrical Isomerism (cis-trans isomerism)

Explain / In alkenes, due to double bond, attached groups can't turn around the double bond freely.

علل / في الألكينات ، بسبب الرابطة المزدوجة ، لا يمكن للمجموعات المرتبطة الالتفاف حول الرابطة المزدوجة بحرية

Answer / Because double bonds are shorter and stronger when compared to single bonds.

الإجابة / لأن الروابط المزدوجة أقصر وأقوى عند مقارنتها بالروابط الفردية

But they can be positioned in 2 different orders with respect to each other. This different order seen in alkenes is called as cis-trans isomerism (geometrical isomerism). For example, including geometrical isomers, expected structural formulas for C_4H_8 molecular formula are as follows:

ولكن يمكن وضعها في أمرين مختلفين فيما يتعلق ببعضها البعض. يُطلق على هذا الترتيب المختلف الذي يُرى في الألكينات اسم cis-trans isomerism (الهندسي). على سبيل المثال ، بما في ذلك أيزومرات هندسية ، فإن الصيغ الهيكلية المتوقعة للصيغة الجزيئية C_4H_8 هي كما يلي:

(A) (B) (C)

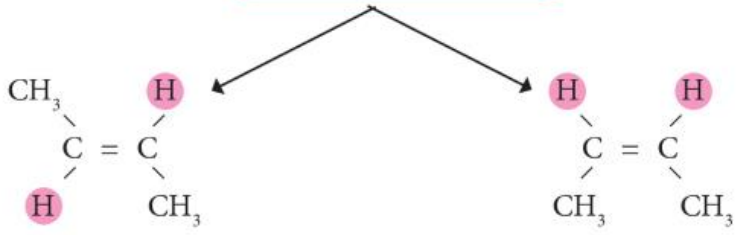
$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$ — 1- Butene

$CH_3 - CH = CH - CH_3$ — 2-Butene

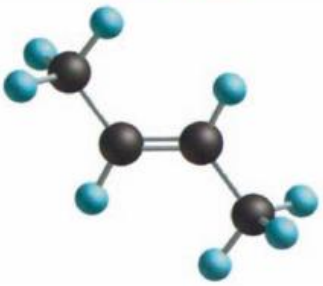
$CH_3 - C(CH_3) = CH_2$ — 2- Methylpropene

2) Geometrical isomers of 2-butene are as follows:

$CH_3 - CH = CH - CH_3$
2- Butene



trans-2- butene



Cis -2 - butene

There are two main conditions for a compound to form geometrical isomers. The first is the position of double bond (being in center not in sides), the other is no branching in carbon atoms of double bond. 2-butene supplies these conditions.

هناك شرطان رئيسيان للمركب لتكوين أيزومرات هندسية. الأول هو موضع الرابطة المزدوجة (كونه في المركز وليس في الجانبين) ، والآخر لا يتفرع في ذرات الكربون للرابطة المزدوجة. 2-بيوتين يوفر هذه الشروط

Exercise 4-12

Write down isomers of C_5H_{10} alkene. Determine which of those is a geometrical isomer.

4 – 7 – 3 – Physical Properties of Alkenes

1- First three members are in gas form, others are in liquid form.
أول ثلاثة أعضاء في شكل غاز والبعض الآخر في صورة سائلة

2- Boiling points increase as molar masses increase.
تزداد نقاط الغليان مع زيادة الكتلة المولية

3- They don't dissolve in water but dissolve in organic solvents.
لا تذوب في الماء ولكنها تذوب في مذيبات عضوية

Question) What are the physical properties of alkenes?

4 – 7 – 4 – Reagents

1-Electrophiles

2-Nucleophiles

Particles (atoms, molecules or ions) which have empty orbitals and can accept a pair of electrons or electron loving reagents are called as Electrophiles or Lewis acids. Particles which can share a pair of electrons by donating or nucleus loving reactants are called as Nucleophiles or Lewis bases.
تسمى الجسيمات (الذرات أو الجزيئات أو الأيونات) التي لها مدارات فارغة ويمكن أن تقبل زوجًا من الإلكترونات أو الكواشف المحبة للإلكترون باسم الإلكترونات أو أحماض لويس. تسمى الجسيمات التي يمكن أن تشترك في زوج من الإلكترونات عن طريق التبرع أو المتفاعلات المحبة للنواة باسم قواعد نيوكليوفيل أو قواعد لويس.

Table 4-4 shows examples for both reagents

Nucleus loving reactant Nucleophile (Lewis Bases)	Electron loving reagent Electrophile (Lewis acids)
Negative hydride ion (H^-)	Positive hydronium ion H^+
Halide ion X^-(F^-,I^-,Cl^-, Br^-)	
Hydroxide Ion (OH^-)	Carbocation $-\overset{|}{\underset{|}{C}}^{+}$
Carbonion $-\overset{|}{\underset{|}{C}}^{-}$	Boron trifluoride BF_3
Double Bond $-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}-$	
Triple Bond $-C\equiv C-$	Polarized Carbonyl group $-\overset{\|\|}{C}-$
Ammonia NH_3	Aluminum Chloride $AlCl_3$

Question) Define the following:

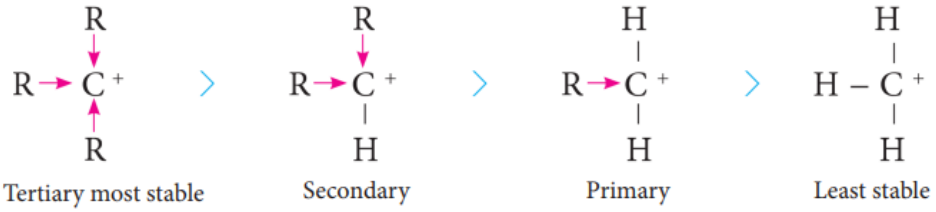
Electrophiles (Lewis acids): Particles which have empty orbitals and can accept a pair of electrons or electron loving reagents.

Nucleophiles (Lewis bases): Particles which can share a pair of electrons by donating or nucleus loving reactants.

Stability of carbocation:

A carbocation becomes more stable as number of groups which repel bond electrons increase. For example, a carbocation which bonds 3 alkyl groups is known as the most stable type.

ان آيون الكاربونيوم الموجب يكون أكثر استقرارا كلما ازدادت عدد المجاميع الدافعة للالكترونات المرتبطة بذرة الكاربون الموجبة. حيث يعتبر آيون الكاربونيوم الثالثي اكثر الانواع استقرارا



Explain / A carbocation which bonds 3 alkyl groups is known as the most stable type.

Answer / Because a carbocation becomes more stable as number of groups which repel bond electrons increase.

4-7-5-Chemical Properties of Alkenes

Alkenes owe their properties to double bond (Double bond performs chemical activities of alkenes). Alkenes tend to satisfy double bond in order to become more stable.

الألكينات تدين بخصائصها إلى الرابطة المزدوجة (الرابطة المزدوجة تؤدي الأنشطة الكيميائية للألكينات). تميل الألكينات إلى إرضاء الرابطة المزدوجة من أجل أن تصبح أكثر استقرارًا.

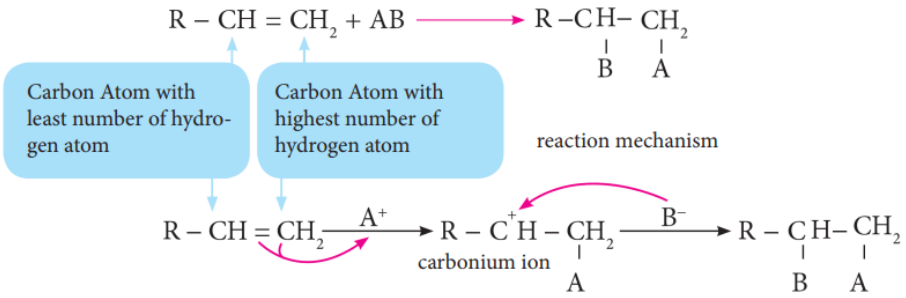
Alkenes undergo the following reactions:

تخضع الألكينات للتفاعلات التالية:

A-Addition Reactions:

Markovnikov's rule: According to this rule, positive ion adds to the carbon atom of double bond with the highest No. of hydrogen atoms. While negative ion adds to the other carbon atom of the double bond.

قاعدة ماركوفنيكوف: وفقًا لهذه القاعدة ، يضيف الأيون الموجب إلى ذرة الكربون الرابطة المزدوجة مع أعلى عدد من ذرات الهيدروجين. بينما يضيف الأيونات السالبة إلى ذرة الكربون الأخرى للرابطة المزدوجة.



Types of addition reactions are given below.

1-Hydrogenation (Hydrogen addition)

Alkenes react with hydrogen and saturate in presence of platinum, palladium and nickel as catalysts along with heat and pressure.

تتفاعل الألكينات مع الهيدروجين وتتشبع في وجود البلاتين والبلاديوم والنيكل كمحفزات إلى جانب الحرارة والضغط.

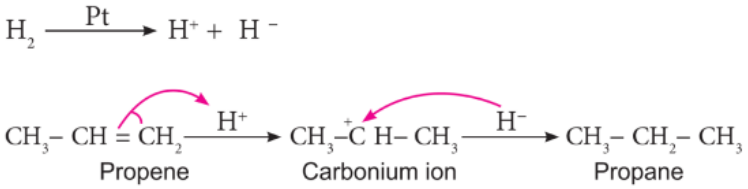
$$\underset{\text{Ethylene}}{CH_2 = CH_2} + H_2 \xrightarrow[\text{suitable solvent}]{Pt} \underset{\text{Ethane}}{CH_3 - CH_3}$$

This method is used to prepare alkanes and hydrogenation of vegetable oils.

تستخدم هذه الطريقة لتحضير الألكانات وهدرجة الزيوت النباتية.

Hydrogenation of alkenes is carried out in presence of platinum catalyst. According to this, hydrogen molecule is divided into positive and negative hydrogen ions. Firstly, through addition of positive hydrogen ion, carbocation is formed. Then, negative hydrogen ion is added as shown below:

تتم هدرجة الألكينات في وجود محفز البلاتين. وفقًا لذلك ، ينقسم جزيء الهيدروجين إلى أيونات الهيدروجين الموجبة والسالبة. أولاً ، من خلال إضافة أيون الهيدروجين الموجب ، يتم تشكيل الكربوهيدرات. ثم يضاف أيون الهيدروجين السالب كما هو موضح أدناه:



2- Halogenation

When an alkene compound is mixed with bromine solution (red-colored) dissolved in carbon tetrachloride, we see that red color disappears as a sign of interaction of bromine with the double bond. As a result, a double halide compound is formed.

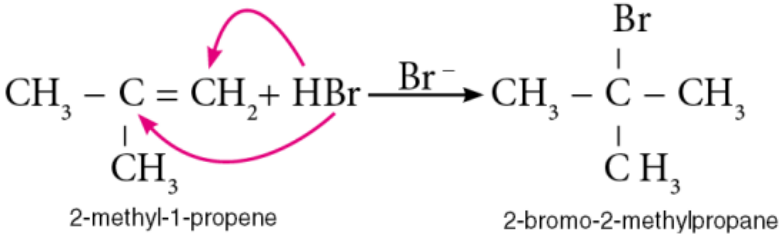
عندما يتم خلط مركب ألكين بمحلول بروم (أحمر اللون) مذاب في رابع كلوريد الكربون ، نرى أن اللون الأحمر يختفي كدليل على تفاعل البروم مع الرابطة المزدوجة. نتيجة لذلك ، يتم تكوين مركب هاليد مزدوج.

This process is used to determine presence of a double bond and to differentiate an alkane from an alkene.

تُستخدم هذه العملية لتحديد وجود رابطة مزدوجة ولتمييز ألكان عن ألكين.

3-Addition of hydrogen halide-HX (HCl or HBr)

Addition occurs according to the following equation.



Exercise 4-13

While 2 – Bromopropane is formed from the reaction of hydrogen bromide with propene, 1 – Bromopropane isn't formed. Why not ?

4-Addition of Strong Sulfuric Acid to Alkenes

When ethylene gas (which is an alkene) is passed through concentrated sulfuric acid and hydrolyzed according to the simplified equation below, alcohol (Ethyl alcohol) is formed.

عندما يتم تمرير غاز الإيثيلين (وهو ألكين) عبر حمض الكبريتيك المركز ويتحلل بالماء وفقًا للمعادلة المبسطة أدناه ، يتم تكوين الكحول (كحول الإيثيل).

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{Ethyl alcohol}}{CH_3 - CH_2 - OH}$$

This reaction is used to separate alkenes from alkanes after thermal cracking process. The method is also accepted as a commercial process to produce alcohol. Intermediate product (Ethyl hydrogen sulfate) decomposes through hydrolysis and forms alcohol and concentrated sulfuric acid.

يستخدم هذا التفاعل لفصل الألكينات عن الألكانات بعد عملية التكسير الحراري. الطريقة مقبولة أيضًا كعملية تجارية لإنتاج الكحول. يتحلل المنتج الوسيط (كبريتات هيدروجين الإيثيل) من خلال التحلل المائي ويشكل الكحول وحمض الكبريتيك المركز.

B - Polymerization

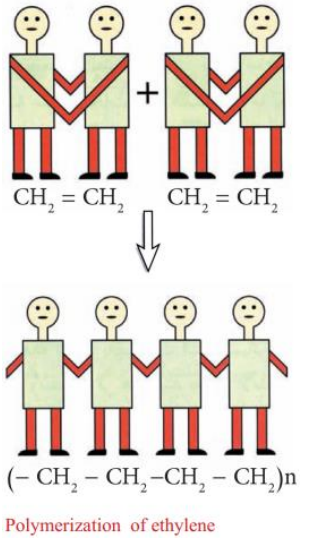
It is a type of addition reaction of alkenes small molecules which are called monomers build up in presence of a suitable catalyst (e.g. sulfuric acid) produced saturated molecules which large molar masses .

إنه نوع من تفاعل إضافة جزيئات الألكينات الصغيرة التي تسمى المونومرات التي تتراكم في وجود محفز مناسب (مثل حمض الكبريتيك) ينتج جزيئات مشبعة ذات كتل مولية كبيرة.

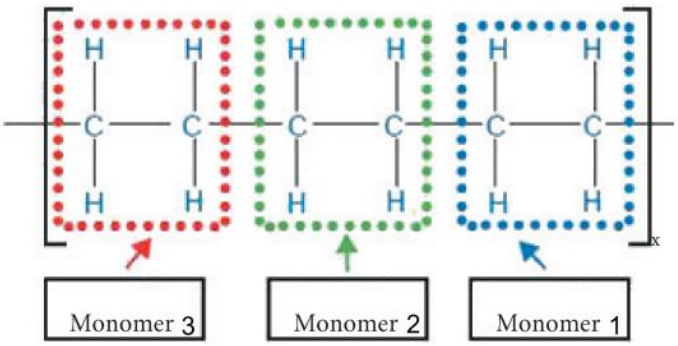
Polymers are used in plastic production. For example, from the reaction of ethylene molecules, a substance called as polyethylene is produced.

تستخدم البوليمرات في إنتاج البلاستيك. على سبيل المثال ، من تفاعل جزيئات الإيثيلين ، يتم إنتاج مادة تسمى البولي إيثيلين.

$$n\,(CH_2 = CH_2) \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{Polyethylene}}{[-CH_2-CH_2(CH_2-CH_2)_nCH_2-CH_2-]_x}$$



Polymerization of ethylene



Polymerization: It is a type of addition reaction of alkenes small molecules which are called monomers build up in presence of a suitable catalyst (e.g. sulfuric acid) produced saturated molecules which large molar masses.

C- Combustion Reactions

Explain / Alkenes burn with a smoky flame in air .

علل / الألكينات تحترق بلهب مدخن في الهواء.

Answer / Because ratio of carbon is higher in alkenes than in alkanes.

الجواب / لأن نسبة الكربون أعلى في الألكينات منها في الألكانات.

As a result of combustion, CO_2 and water vapor (H_2O) are formed. Besides, energy is released.

نتيجة للاحتراق ، يتكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء (H_2O). الى جانب ذلك ، يتم إطلاق الطاقة.

$$CH_2 = CH_2 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O + \text{Energy}$$

D – Oxidation Reactions

When alkenes are mixed with cold dilute potassium permanganate ($KMnO_4$) purple colored solution, the strong oxidizing agent potassium permanganate breaks double bond and purple color disappears rapidly. At the end of oxidation, a substance called as glycol and manganese dioxide (MnO_2) a brown precipitate are formed.

عندما يتم خلط الألكينات مع محلول برمنجنات البوتاسيوم المخفف على البارد ($KMnO_4$) ، فإن عامل الأكسدة القوي برمنجنات البوتاسيوم يكسر الرابطة المزدوجة ويختفي اللون الأرجواني بسرعة. في نهاية الأكسدة ، يتم تكوين مادة تسمى جلايكول وثاني أكسيد المنغنيز (MnO_2) راسب بني.

$$3CH_2 = CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow \underset{\text{OH}}{3CH_2} - \underset{\text{OH}}{CH_2} + 2KOH + 2MnO_2$$

purple solution

dark brown precipitate

Ethylene glycol

When hot concentrated potassium permanganate solution is used, ethylene is oxidized completely as in the following equation.

عند استخدام محلول برمنجنات البوتاسيوم المركز على الساخن ، يتأكسد الإيثيلين تمامًا كما في المعادلة التالية.

$$CH_2 = CH_2 + 4KMnO_4 \longrightarrow 2CO_2 + 4KOH + 4MnO_2$$

This method is used to separate alkenes and alkanes as in bromine method told in the 2nd method.

تستخدم هذه الطريقة لفصل الألكينات والألكانات كما في طريقة البروم المذكورة في الطريقة الثانية.

Question) Compare mixing of alkenes with cold dilute potassium permanganate solution or hot concentrated potassium permanganate solution.

Answer/

When alkenes are mixed with cold dilute potassium permanganate ($KMnO_4$) purple colored solution, the strong oxidizing agent potassium permanganate breaks double bond and purple color disappears rapidly. At the end of oxidation, a substance formed called as glycol as in the following equation:

But when hot concentrated potassium permanganate solution is used, ethylene is oxidized completely as in the following equation.

Exercise 4 – 14

Show how 2 – methylpropene can be differentiated from butane using bromine solution dissolved in CCl_4 via chemical equations.

أظهر كيف يمكن تمييز 2- ميثيل بروبين عن البيوتان باستخدام محلول البروم المذاب في CCl_4 عبر المعادلات الكيميائية.

Question) Express the following reactions in balanced chemical equations:

1 . Hydrogenation (ethylene - propene)

2 . Halogenation of butene with bromine solution (red-colored)

3 . Addition of hydrogen halide to 1 – Butene

4. Hydrolysis of ethylene in the presence of concentrated sulfuric acid

5 . Polymerization of ethylene

6 . Propane combustion

4 – 7 – 6 – Preparation of Alkenes in Laboratory

1 – Dehydration of Alcohols

In order to accomplish this reaction, several catalysts as concentrated sulfuric acid are used. Ethylene is produced when concentrated sulfuric acid is mixed with ethyl alcohol and heated until 165 °C.

من أجل تحقيق هذا التفاعل ، يتم استخدام العديد من العوامل الحفازة مثل حامض الكبريتيك المركز. يتم إنتاج الإيثيلين عند خلط حامض الكبريتيك المركز مع كحول الإيثيل وتسخينه حتى 165 درجة مئوية.

$$\underset{\text{Ethyl alcohol}}{CH_3-CH_2-O-H} \xrightarrow[165\,^\circ C]{H_2SO_4} CH_2=CH_2+H_2O$$

We should emphasize here that hydrogen atom is lost from the other carbon atom which is bonded to the carbon with OH group.

يجب أن نؤكد هنا أن ذرة الهيدروجين تضيع من ذرة الكربون الأخرى المرتبطة بالكربون مع مجموعة OH.

Example 4 – 4

Prepare propene using a proper alcohol and necessary substances.

تحضير البروبين باستخدام الكحول المناسب والمواد الضرورية

Solution:

We need to choose an alcohol with 3 carbon atoms in order to prepare propene. $CH_3CH=CH_2$

In this case, we choose propyl alcohol . $CH_3CH_2CH_2OH$ The reaction occurs according to the following equation:

في هذه الحالة ، نختار بروبيل الكحول. يحدث التفاعل وفقًا للمعادلة التالية

$$\underset{\text{Propyl alcohol}}{CH_3CH_2CH_2OH} \xrightarrow[165\,^\circ C]{H_2SO_4} CH_3CH=CH_2+H_2O$$

Exercise 4 – 15

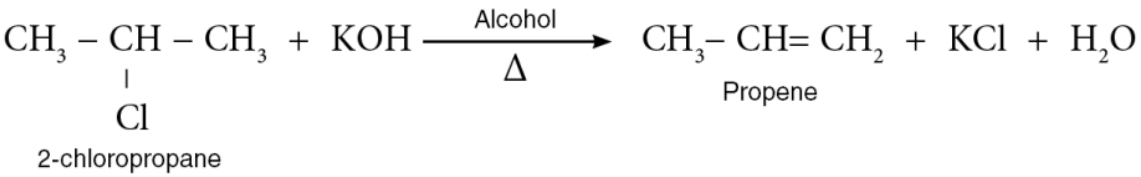
Prepare 1 – butene using a proper alcohol and necessary substances.

تحضير 1- بيوتين باستخدام الكحول المناسب والمواد الضرورية.

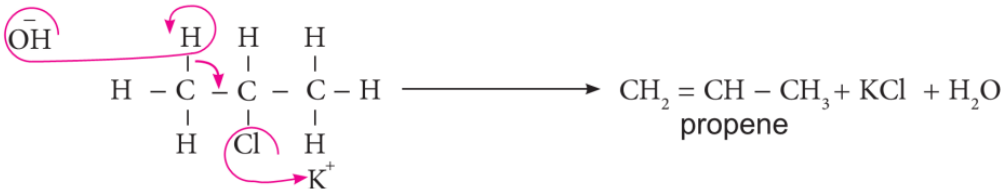
2 – Removal of Hydrogen Halide (Dehydrohalogenation) from Alkyl Halides

Alkenes can be prepared from the reaction of a strong base as KOH dissolved in alcohol (alcohol assumes the role of a catalyst here) and an alkyl halide (R – X).

يمكن تحضير الألكينات من تفاعل قاعدة قوية حيث يذوب KOH في الكحول (يفترض الكحول دور المحفز هنا) و هاليد الألكيل (R – X).



Reaction Mechanism:



Notice that hydrogen is removed from the other carbon atom which is bonded to the carbon with halide (chloride).

لاحظ أن الهيدروجين يُزال من ذرة الكربون الأخرى التي ترتبط بالكربون بالهاليد (الكلوريد).

Exercise 4 – 16

Prepare 1-butene using proper alkyl halide and necessary substances.

تحضير 1- بيوتين باستخدام هاليد الألكيل المناسب والمواد الضرورية.

4 – 8 ALKYNES-ACETYLENES

They are the third type of hydrocarbons. They have the general formula of C_nH_{2n-2} and the structural formula of $R-C\equiv C-H$ or $R-C\equiv C-R$

Their characteristic is to have a triple bond. Their first member is acetylene ($-C\equiv C-$), therefore they are also called as acetylenes.

ميزتهم هي أن يكون لديهم رابطة ثلاثية. أول أعضائهم هو الأسيتيلين ، لذلك يطلق عليهم أيضًا اسم الأسيتيلين.

3 pairs of electrons between 2 carbon atoms form a triple bond in acetylenes.

3 أزواج من الإلكترونات بين ذرتين كربون تشكل رابطة ثلاثية في الأسيتيلين.

Acetylenes undergo addition reactions just as olefins do. The reason for this is that triple bonds can react with electrophiles. Therefore, catalysts are used in most addition reaction of acetylenes.

تخضع الأسيتلين لتفاعلات إضافة تمامًا كما تفعل الأوليفينات. والسبب في ذلك هو أن الروابط الثلاثية يمكن أن تتفاعل مع المواد الكهربائية. لذلك ، يتم استخدام المحفزات في معظم تفاعلات إضافة الأسيتيلينات.

Explain / A hydrogen atom on the carbon of a triple bond is more active than a hydrogen atom on the carbon of a double bond.

ذرة الهيدروجين الموجودة على كربون الرابطة الثلاثية أكثر نشاطًا من ذرة الهيدروجين الموجودة على كربون الرابطة المزدوجة.

Answer / Because it can undergo a substitution reaction with a metal, and hydrogen atom on a triple bond is accepted as acidic.

لأنه يمكن أن يخضع لتفاعل استبدال مع معدن ، ويتم قبول ذرة الهيدروجين على رابطة ثلاثية على أنها حمضية.

4 – 8 – 1 Nomenclature of Alkynes

1- The longest chain including both carbon atoms of a triple bond is chosen. Then, the chain is numbered as the carbon of triple bond will get the smallest number. The longest chain is given the name of corresponding alkane. “-ane” suffix of alkane is replaced with “-yne” suffix. The position of the triple bond is mentioned by the smaller number on both carbon atoms.

يتم اختيار أطول سلسلة متضمنة ذرات الكربون للرابطة الثلاثية. بعد ذلك ، يتم ترقيم السلسلة حيث سيحصل الكربون من الرابطة الثلاثية على أصغر رقم. يتم إعطاء أطول سلسلة اسم الألكان المقابل. يتم استبدال اللاحقة "-ane" للألكان بلاحقة "-yne". تم ذكر موضع الرابطة الثلاثية من خلال العدد الأصغر على ذرات الكربون.

2- Names of branches are given. Their positions are mentioned through the number of the chain. The following examples show nomenclature of some alkynes.

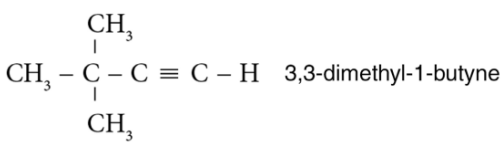
ذكر أسماء الفروع. يتم ذكر مواقعهم من خلال رقم السلسلة. توضح الأمثلة التالية تسميات بعض الألكينات.

$H-C\equiv C-H$ Ethyne

$CH_3-C\equiv C-H$ Propyne

$CH_3-CH_2-C\equiv C-H$ 1-butyne

$CH_3-C\equiv C-CH_3$ 2-butyne



3,3-dimethyl-1-butyne

4 – 8 – 2 – Physical Properties of Alkynes

1. Their boiling points increase with increasing molar masses. The first 4 members are in gas form whereas the remaining are in liquid form.
تزداد نقاط غليانها مع زيادة الكتلة المولية. أول 4 أعضاء في شكل غاز بينما الباقي في شكل سائل.

2. They dissolve in water and in other polar solutions slightly, but they are highly soluble in organic solvents.
تذوب في الماء وفي المحاليل القطبية الأخرى قليلاً ، لكنها عالية الذوبان في المذيبات العضوية.

Question) What are the physical properties of alkynes?

4 – 8 – 3 – Chemical Properties of Alkynes

Alkynes which have a structural formula of ($R-C\equiv C-H$) possess two active groups. These are:

1. First active group: triple bond
2. Second active group: weak acidic hydrogen which can react with metal acetylides as sodium acetylide.

A) Addition Reactions

Explain / Alkynes to behave like alkenes (olefins) and shows similar chemical activities. الألكاينات تتصرف مثل الألكينات (الأوليفينات) وتظهر أنشطة كيميائية مماثلة

Answer / Because presence of unsaturated triple bond in alkynes tend to saturate this bond completely or partially.
لأن وجود رابطة ثلاثية غير مشبعة في الألكاينات يميل إلى تشبع هذه الرابطة كليًا أو جزئيًا

Addition reactions are as follows:

1 – Hydrogenation:

It is possible to saturate alkynes by reacting them with hydrogen gas in presence of nickel or platinum catalysts. This process functions in two steps.
من الممكن تشبع الألكاينات بتفاعلها مع غاز الهيدروجين في وجود محفزات من النيكل أو البلاتين. تعمل هذه العملية في خطوتين.

In the first step, an alkene (olefin) is produced. في الخطوة الأولى ، يتم إنتاج ألكين (أوليفين)

In the second, an alkane is obtained. في الثانية ، يتم الحصول على ألكان

$$CH_3 - C \equiv C - H \xrightarrow[H_2]{Ni} CH_3 - CH = CH_2 \xrightarrow[H_2]{Ni} CH_3 - CH_2 - CH_3$$

propyne — Propene — propane

2 – Addition of Hydrogen Halide

It occurs in two steps and compounds with halides e.g. 2,2 – dibromopropane are produced.

$$CH_3 - C \equiv C - H + HBr \longrightarrow CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle |}{C}} = CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}} - CH_3$$

2- bromo propene — 2,2- di bromo propane

3 – A ddition of Halides (Br_2, Cl_2)

A halide molecule adds to a triple bond readily and haloalkenes are produced. Then, by addition of one more halide, double bond of alkene is saturated and an alkane is obtained.

يضيف جزيء الهاليد إلى رابطة ثلاثية بسهولة ويتم إنتاج هالو ألكينات. ثم ، بإضافة هاليد آخر ، يتم تشبع الرابطة المزدوجة للألكين ويتم الحصول على ألكان.

$$CH_3 - C \equiv C - H + Br_2 \longrightarrow CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle |}{C}} = \underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle |}{C}} - H \xrightarrow{Br_2} CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}} - \underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}} - H$$

propyne — 1,2- dibromopropene — 1,1,2,2-tetrabromopropane

B) Acetylide Reactions

They are the reactions of acidic hydrogen atom of triple bond carbon. An acetylide is a compound derived from active metals as sodium and calcium.

إنها تفاعلات ذرة الهيدروجين الحمضية لكربون الرابطة الثلاثية. الأسيتليد مركب مشتق من معادن نشطة مثل الصوديوم والكالسيوم.

As result of decomposition of those in aqueous medium, an alkyne is produced.

نتيجة لتحلل تلك الموجودة في الوسط المائي ، يتم إنتاج ألكين

$$H - C \equiv C - H + Na \longrightarrow H - C \equiv \bar{C}\,Na^+ + \frac{1}{2}H_2$$

sodium acetylide

$$H - C \equiv C - H + 2Na \longrightarrow Na^+\bar{C} \equiv \bar{C}\,Na^+ + H_2$$

disodium acetylide

Question) Express the following reactions in balanced chemical equations:

1 . Hydrogenation (ethyne - propyne)

2 . Halogenation of butyne with bromine solution (red-colored)

3 . Addition of hydrogen halide to 1 – Butyne

4 – 8 – 4 – Difference between an acidic alkyne and non-acidic alkyne

Through use of Tollens' Reagent, acidic and non-acidic alkynes as 1 – butyne and 2 – butyne can be differentiated completely. Tollens' Reagent is a solution of ammonia-silver ion obtained from solution of silver oxide or silver nitrate in ammonia. Tollens' Reagent ($Ag(NH_3)_2OH$) reacts with 1 – butyne and forms a white precipitate, silver acetylide. But Tollens' Reagent doesn't react with 2 – butyne as it doesn't have an active acidic hydrogen atom.

من خلال استخدام كاشف تولن ، يمكن تمييز الألكينات الحمضية وغير الحمضية مثل 1 – butyne و 2 – butyne تمامًا. كاشف تولنز هو محلول من أيون الفضة والأمونيا يتم الحصول عليه من محلول أكسيد الفضة أو نترات الفضة في الأمونيا. يتفاعل الكاشف ($Ag(NH_3)_2OH$) تولن مع 1 – butyne ويشكل راسبًا أبيض ، أسيتيل الفضة. لكن كاشف تولنز لا يتفاعل مع 2 – butyne لأنه لا يحتوي على ذرة هيدروجين حمضية نشطة.

$$\underset{\text{1-butyne}}{CH_3-CH_2-C\equiv C-H} + \underset{\text{Tollens' Reagent}}{Ag(NH_3)_2OH} \longrightarrow \underset{\text{white precipitate}}{CH_3-CH_2C\equiv C^{-}Ag^{+}\downarrow} + 2NH_3 + H_2O$$

$$\underset{\text{2- butyne}}{CH_3-C\equiv C-CH_3} + Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow \underset{\text{No reaction}}{N.R}$$

4 – 8 – 5 Preparation of Alkynes

A. Preparation of Acetylene gas in industry and laboratory

1. Acetylene is produced from the aqueous reaction of calcium carbide as shown in the following equation.

ينتج الأسيتيلين من التفاعل المائي لكربيد الكالسيوم كما هو موضح في المعادلة التالية.

$$\underset{\text{Calcium Carbide}}{CaC_2} + 2H_2O \rightarrow \underset{\text{acetylene gas (ethyne)}}{H-C\equiv C-H} + Ca(OH)_2$$

2. Acetylene gas is obtained from heating methane gas in air-free medium at high temperatures as shown in the following equation.

يتم الحصول على غاز الأسيتيلين من تسخين غاز الميثان في وسط خالٍ من الهواء عند درجات حرارة عالية كما هو موضح في المعادلة التالية.

$$2CH_4 \xrightarrow{1500^{\circ}C} H-C\equiv C-H + 3H_2$$

B – Preparation of Alkynes with high molar masses

Acetylenes are prepared from acetylene gas. It is first transformed into sodium acetylide. Then, an alkyne is produced from the reaction of sodium acetylide with a proper alkyl halide. For example, 1 – butyne and 2 – butyne can be obtained from acetylene gas.

يتم تحضير الأسيتيلين من غاز الأسيتيلين. يتم تحويله أولاً إلى أسيتيل الصوديوم. بعد ذلك ، يتم إنتاج ألكين من تفاعل أسيتيل الصوديوم مع هاليد ألكيل مناسب. على سبيل المثال ، يمكن الحصول على 1- بيوتين و 2- بوتين من غاز الأسيتيلين.

$$\underset{\text{acetylene}}{CH \equiv CH} + Na \longrightarrow \underset{\text{sodium acetylide}}{CH \equiv C^- Na^+} + \frac{1}{2} H_2$$

$$CH \equiv C^- Na^+ + I - CH_2 - CH_3 \longrightarrow \underset{\text{1-butyne}}{CH \equiv C - CH_2 - CH_3} + NaI$$

$$\underset{\text{acetylene}}{H - C \equiv C - H} + 2Na \longrightarrow Na^+ C^- \equiv C^- Na^+ + H_2$$

$$Na^+ C^- \equiv C^- Na^+ + 2CH_3 - I \longrightarrow \underset{\text{2-butyne}}{CH_3 - C \equiv C - CH_3} + 2NaI$$

Example 4 – 5

Prepare 2 – Pentyne from Propyne and ethyl iodide.

Solution:

In order to obtain sodium propynide, propyne and sodium must react.

$$CH_3C \equiv CH + Na \longrightarrow CH_3C \equiv C^- Na^+ + \frac{1}{2} H_2$$

By the reaction of sodium propynide (Sodium 1 – propyn – 1 – ide) with ethyl iodide, we get 2 – pentyne according to the following equation.

$$CH_3CH \equiv C^- Na^+ + I - CH_2 - CH_3 \longrightarrow CH_3CH \equiv C - CH_2 - CH_3 + NaI$$

Exercise 4 – 17

Which of the following compounds is the product of the reaction above?

$$CH_3C \equiv CH + 2HBr \longrightarrow$$

A) $CH_3CBr_2CH_3$

B) $CH_3CHBrCH_2Br$

C) $CH_3CH_2CHBr_2$

D) $BrCH_2CH_2CH_2Br$

CHEMISTRY 4

For Distinguish Schools

CHAPTER FIVE

NUCLEAR CHEMISTRY

MOHAMMED AHMED SHIHAB

2025

CHAPTER-5

NUCLEAR CHEMISTRY

5 – 1 – PREFACE

Matter was in plasma state (fourth state of matter). Plasma is a sea of positive nuclei and negative electrons.

كانت المادة في حالة البلازما (الحالة الرابعة للمادة). البلازما بحر من النوى الموجبة والإلكترونات السالبة.

5 – 2 – NUCLEUS

The elements are made up of tiny particles called as atoms.

تتكون العناصر من جزيئات صغيرة تسمى الذرات.

Atoms consist of main particles represented by nucleus. Nucleus is the axis around which nuclear chemistry evolves.

تتكون الذرات من الجسيمات الرئيسية التي تمثلها النواة. النواة هي المحور الذي تدور حوله الكيمياء النووية.

Though nucleus is too small, it carries most of atomic mass inside and its mass is much greater than mass of electrons.

على الرغم من أن النواة صغيرة جدًا ، إلا أنها تحمل معظم الكتلة الذرية في الداخل وكتلتها أكبر بكثير من كتلة الإلكترونات.

Electrons are negatively charged (e^-) and they turn around nucleus at a great speed. Amount of positive charge in an atom is equal to amount of negative charge. Therefore, it is electrically neutral.

الإلكترونات سالبة الشحنة (e^-) وتدور حول النواة بسرعة كبيرة. مقدار الشحنة الموجبة في الذرة يساوي مقدار الشحنة السالبة. لذلك ، فهو متعادل كهربائيًا.

The reason of positive charge of atom is due to particles called as protons. These are positively-charged and shown with (p^+).

يرجع سبب الشحنة الموجبة للذرة إلى جسيمات تسمى البروتونات. وهي مشحونة إيجابياً وتظهر بالرمز (p +)

In an atom, there are also neutral particles. These are called as neutrons and shown with($n°$).

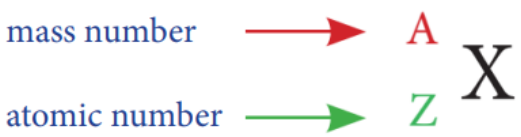
في الذرة ، توجد أيضًا جسيمات محايدة. تسمى هذه بالنيوترونات وتظهر بالرقم (n °)

Number of nucleons in an atom is equal to sum of protons and neutrons. This is named as mass number and shown with “A”.

عدد النوكليونات في الذرة يساوي مجموع البروتونات والنيوترونات. هذا يسمى بالعدد الكتلي ويظهر بالحرف " A"

Number of protons in an atom is called as atomic number and shown with "Z". This is also equal to number of electrons in a neutral atom. This number determines the position of an element in the Periodic Table. These numbers can be shown with the following order around symbol of an element.

يُطلق على عدد البروتونات في الذرة عددًا ذريًا ويظهر بالرمز "Z". هذا أيضًا يساوي عدد الإلكترونات في ذرة محايدة. يحدد هذا الرقم موضع العنصر في الجدول الدوري. يمكن عرض هذه الأرقام بالترتيب التالي حول رمز العنصر.



$N = A - Z$

If we know mass number and atomic number of an element, we can find number of neutrons (n) from this information.

إذا عرفنا العدد الكتلي والعدد الذري لعنصر ما ، فيمكننا إيجاد عدد النيوترونات (ن) من هذه المعلومات.

5 – 3 – ISOTOPES

An element can have different mass numbers but its atomic number doesn't change. Isotopes are different forms of a single element. Isotope means "the same place".

يمكن أن يكون للعنصر أعداد كتل مختلفة ولكن العدد الذري لا يتغير. النظائر هي أشكال مختلفة لعنصر واحد. النظير يعني "نفس المكان."

Explain / Isotopes of an atom fill the same place in the Periodic Table.

تملأ نظائر الذرة المكان نفسه في الجدول الدوري.

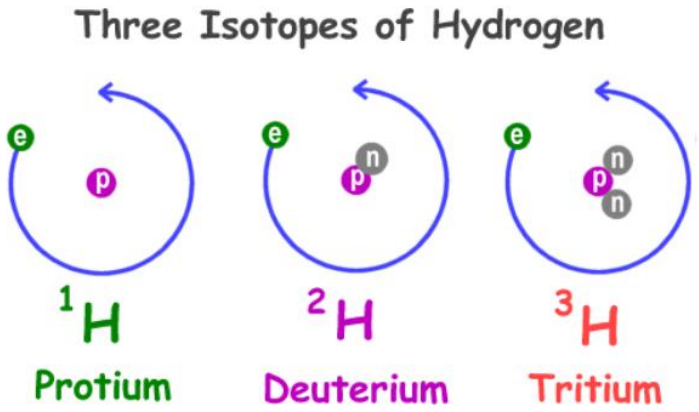
Answer / Because there are same numbers of protons in the nuclei of isotopes of an element. But they have different number of neutrons.

لأن هناك عددًا متماثلًا من البروتونات في نوى نظائر عنصر ما. لكن لديهم عددًا مختلفًا من النيوترونات.

Elements in nature are divided into two: Some have isotopes whereas others not. For example, hydrogen element has 3 isotopes. These are:

تنقسم العناصر في الطبيعة إلى قسمين: بعضها له نظائر بينما البعض الآخر ليس كذلك. على سبيل المثال ، يحتوي عنصر الهيدروجين على 3 نظائر. هؤلاء هم:

- Normal hydrogen $^{1}_{1}H$
- Heavy hydrogen or deuterium $^{2}_{1}D$ or $^{2}_{1}H$
- Heaviest hydrogen tritium $^{3}_{1}T$ or $^{3}_{1}H$



These isotopes show a difference of abundance in nature. Most of hydrogen atoms are found in water (H_2O). In every 6000 normal water molecules, there is only 1 molecule of (D_2O) (heavy water).

تظهر هذه النظائر اختلافًا في الوفرة في الطبيعة. تم العثور على معظم ذرات الهيدروجين في الماء (H_2O) في كل 6000 جزيء ماء عادي ، يوجد جزيء واحد فقط من (D_2O) ماء ثقيل.

In order to obtain heavy water, normal water is electrolyzed. In this process, normal hydrogen is isolated more easily than heavy hydrogen. As the time goes by in hydrolysis, concentration of D_2O builds up.

من أجل الحصول على الماء الثقيل ، يتم تحليل الماء العادي كهربيًا. في هذه العملية ، يتم عزل الهيدروجين العادي بسهولة أكبر من الهيدروجين الثقيل. مع مرور الوقت في التحلل المائي ، يتراكم تركيز D_2O

Explain / Isotopes have similar chemical properties.

النظائر لها خصائص كيميائية متشابهة

Answer / The reason is isotopes have same number of electrons and protons, and number of electrons is determines chemical properties of an atom.

السبب هو أن النظائر لها نفس عدد الإلكترونات والبروتونات ، وعدد الإلكترونات يحدد الخصائص الكيميائية للذرة

Explain / Nuclear properties of isotopes are different.

تختلف الخصائص النووية للنظائر

Answer / Different nuclear properties of isotopes due different between the mass numbers of an atom because different of number of neutrons determines nuclear properties of an atom

الخواص النووية المختلفة للنظائر تختلف باختلاف الأعداد الكتلية للذرة بسبب اختلاف عدد النيوترونات التي تحدد الخصائص النووية للذرة

Exercise 5 – 1

Study the symbols of elements below. Then answer the questions.

$$^{31}_{15}P \quad , \quad ^{12}_{6}C \quad , \quad ^{23}_{11}Na$$

1- What does the number on lower left corner of an element symbol show?
2- What does the number on upper left corner of an element symbol show?
3- Find out number of neutrons (n°) of each element above.

Isotopic abundance: Is the ratio of abundances of isotopes of an element in nature

الوفرة النظيرية: هي نسبة وفرة نظائر عنصر في الطبيعة

This ratio can be different for every element. We find atomic mass from average of masses of all isotopes of an element. Atomic mass is obtained by multiplication of mass number of each isotope with isotopic abundance and sum of these multiplications. It is measured with atomic mass unit (amu).

يمكن أن تختلف هذه النسبة لكل عنصر. نوجد الكتلة الذرية من متوسط كتل جميع نظائر عنصر ما. يتم الحصول على الكتلة الذرية بضرب عدد الكتلة لكل نظير مع الوفرة النظيرية ومجموع هذه المضاعفات. يقاس بوحدة الكتلة الذرية (amu).

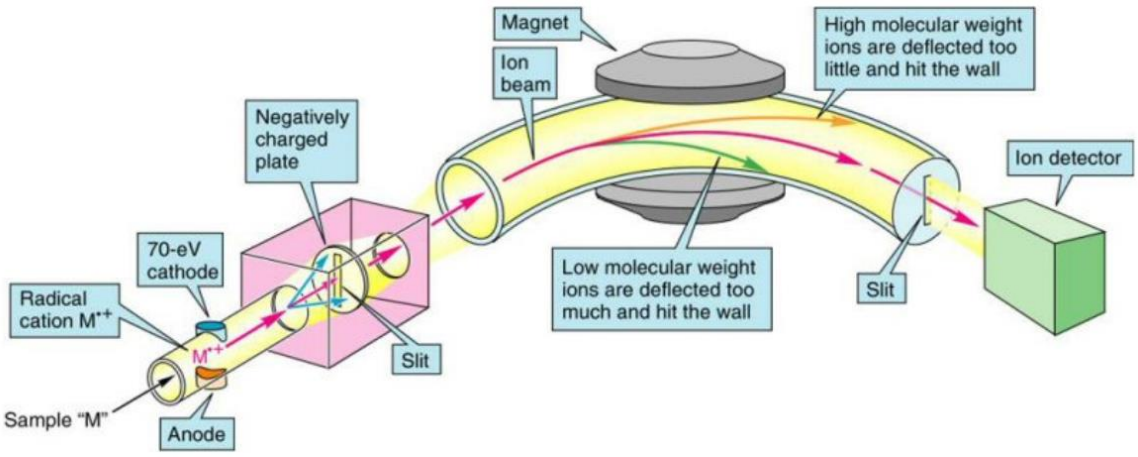
According to this, 1 (amu) = 1.66×10^{-24}

Explain / Carbon isotope $^{12}_{6}C$ was chosen as a reference for most applications.

تم اختيار نظير الكربون $^{12}_{6}C$ كمرجع لمعظم التطبيقات.

Answer / The reason is that its mass of 12 units was measured very precisely with mass spectrometers and by many other instruments.

السبب هو أن كتلته البالغة 12 وحدة تم قياسها بدقة شديدة باستخدام مطياف الكتلة وبواسطة العديد من الأدوات الأخرى.



Atomic mass of an element can be calculated from isotopic abundances as in the following equation: يمكن حساب الكتلة الذرية لعنصر ما من الوفرة النظيرية كما في المعادلة التالية

$$\text{Atomic mass of an element} = \frac{[(mass\ of\ 1^{st}\ isotope)\ (\%\ abundance)] + [(mass\ of\ 2^{nd}\ isotope)\ (\%abundance)] + [\ldots]}{100}$$

Example 5 – 1

^{35}Cl makes up 75.53% of all Chlorine in nature. ^{37}Cl makes up 24.47% of it. According to this, calculate atomic mass of chlorine.

Solution:

As chlorine has only two isotopes, the equation is written as follows:

$$\text{Atomic mass of chlorine} = \frac{[(mass\ of\ 1^{st}\ isotope)\ (\%\ abundance)] + [(mass\ of\ 2^{nd}\ isotope)\ (\%abundance)]}{100}$$

$$\text{Atomic mass of chlorine} = \frac{[(34.9689 \times 75.53)\ ] + [(36.9659 \times 24.47)]}{100} = 35.4576\ \text{amu}$$

Exercise 5 – 2

Calculate mass of Boron (B) atom which has 81.2% of ^{11}B and 18.8% of ^{10}B isotopes in nature.

Isotopes have several applications: للنظائر عدة تطبيقات :

- In medicine to diagnose and treat many illnesses.
  في الطب لتشخيص وعلاج العديد من الأمراض
- Scientists were able to estimate ages of rocks, meteors and fossils by using uranium isotopes تمكن العلماء من تقدير أعمار الصخور والنيازك والحفريات باستخدام نظائر اليورانيوم
- Radioactive isotopes are also used in industry.
  تستخدم النظائر المشعة أيضًا في الصناعة
- Besides, by using radioactive isotopes, leak points in tanks and pipes of dangerous liquids and gases, and also water leakages underground can be detected without a digging process.

إلى جانب ذلك ، باستخدام النظائر المشعة ، يمكن الكشف عن نقاط التسرب في الخزانات وأنابيب السوائل والغازات الخطرة ، وكذلك تسرب المياه تحت الأرض دون الحاجة إلى عملية حفر.

- In agriculture, radioactive isotopes are used as fertilizers and to increase soil productivity. في الزراعة ، تستخدم النظائر المشعة كسماد ولزيادة إنتاجية التربة

5 – 4 – VOLUME AND MASS OF NUCLEUS

Although atom is extremely small, it is possible to measure its volume very precisely. على الرغم من أن الذرة صغيرة للغاية ، إلا أنه من الممكن قياس حجمها بدقة شديدة

Nucleus is accepted as center of gravity of an atom and energy source.
تُقبل النواة كمركز ثقل للذرة ومصدر للطاقة.

Cloud around nucleus is made up of orbitals in which electrons turn around.
تتكون السحابة حول النواة من مدارات تدور فيها الإلكترونات.

Electrons are too far away from nucleus relatively but due to law of attraction, nucleus and electrons make up atom as a single body.
الإلكترونات بعيدة جدًا عن النواة نسبيًا ولكن بسبب قانون الجذب ، تشكل النواة والإلكترونات الذرة كجسم واحد.

Mass of atom, charge, symbol and its components			
Particle	Symbol	Type of charge	Mass (g)
Electron	e^-	-1	9.11×10^{-28}
Proton	p^+	+1	1.672×10^{-24}
Neutron	n^0	neutral	1.674×10^{-24}

5 – 5 – NUCLEAR STABILITY

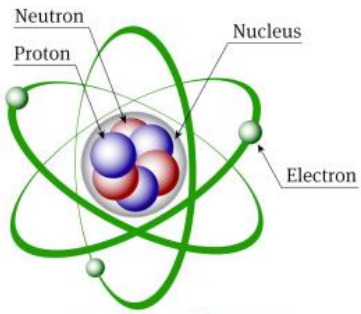
Isotopes are of two types: النظائر نوعان :

1. Isotopes are stable and are not radioactive. النظائر مستقرة وليست مشعة

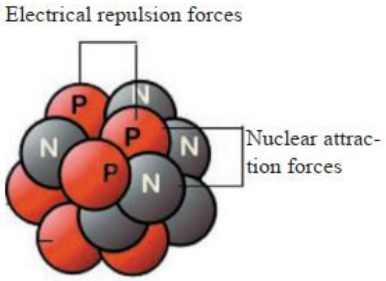
2. Isotopes are unstable and are radioactive. النظائر غير مستقرة ومشعة

There are 280 isotopes in nature. 50 of those are radioactive. Scientists have produced many isotopes up to 500 artificially.
هناك 280 نظير في الطبيعة. 50 من هؤلاء مشعة. أنتج العلماء العديد من النظائر حتى 500 بشكل مصطنع.

Reasons of instability of some radioactive isotopes depend on the ratio between numbers of neutrons and protons (n°/p+). This ratio is 1/1 for stable nuclei. But if this ratio is greater than 1, nuclei become unstable.
تعتمد أسباب عدم استقرار بعض النظائر المشعة على النسبة بين عدد النيوترونات والبروتونات. (n ° / p +) هذه النسبة هي 1/1 للنواة المستقرة. ولكن إذا كانت هذه النسبة أكبر من 1 ، تصبح النوى غير مستقرة.



Structure of the atom



Radioactivity: Its the phenomenon emissioon some rays from unstable nuclei to reach stability.
النشاط الإشعاعي: هو ظاهرة انبعاث بعض الأشعة من نوى غير مستقرة للوصول إلى الاستقرار

As atomic numbers increase, ratio of neutrons to protons becomes greater than 1
مع زيادة الأعداد الذرية ، تصبح نسبة النيوترونات إلى البروتونات أكبر من 1

Rays emit because of the relationship between nuclear attraction force and static electrical repulsion force of protons.
تنبعث الأشعة بسبب العلاقة بين قوة الجذب النووية وقوة التنافر الكهربائية الساكنة للبروتونات

Nuclear attraction force affects protons and neutrons equally and it is accepted as the greatest attraction force in nature.
تؤثر قوة الجذب النووية على البروتونات والنيوترونات على حد سواء وهي مقبولة على أنها أعظم قوة جذب في الطبيعة

As atomic number increases, also number of protons in nucleus increases, static repulsion force between protons also builds up. To overcome nuclear attraction force, more neutrons are needed.
مع زيادة العدد الذري ، يزداد أيضًا عدد البروتونات في النواة ، كما تتراكم قوة التنافر الساكنة بين البروتونات. للتغلب على قوة الجذب النووية ، هناك حاجة إلى المزيد من النيوترونات.

5 – 6 – NUCLEAR BINDING ENERGY

Nucleus of helium atom consists of 2 protons and 2 neutrons:

Mass of proton p^+: (1.00728 amu)

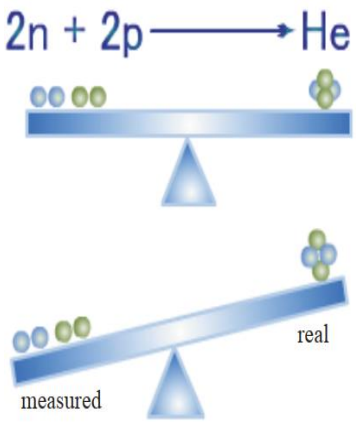
Mass of neutron n^0: (1.00866 amu)

Therefore, mass of nucleus of helium atom can be calculated as follows:

Mass of 2 protons= (1.00728 × 2 = 2.01456 amu)

Mass of 2 neutrons= (1.00866 × 2 = 2.01732 amu)

Total mass of protons and neutrons = 2.01732 + 2.01456 = 4.03188 amu



The difference between real and measured masses of nucleus of helium atom

Mass of nucleus of helium: 4.03188 amu

When we compare real mass (4.00151 amu) of helium with total of masses of particles in its nucleus, a mass difference of (0.03037 amu) can be observed.

If a mass spectrometer is used, it can be observed that this difference (lost mass) is transformed into energy according to Einstein's equation ($E = mc^2$).

إذا تم استخدام مطياف الكتلة ، فيمكن ملاحظة أن هذا الاختلاف (الكتلة المفقودة) يتحول إلى طاقة وفقًا لمعادلة أينشتاين($E = mc^2$)

Einstein's Equation: $E = mC^2$

E = Energy

m = mass

C = speed of light (3×10^8 m/s)

Nuclear binding energy: Is the energy which enables to overcome repulsion of positive protons and also keeps protons and neutrons inside tiny nucleus.

طاقة الارتباط النووي: هي الطاقة التي تمكن من التغلب على تنافر البروتونات الإيجابية وكذلك تحافظ على البروتونات والنيوترونات داخل نواة صغيرة.

In order to calculate transformation of mass into energy, we will follow the steps shown in the following example:

لحساب تحويل الكتلة إلى طاقة ، سنتبع الخطوات الموضحة في المثال التالي:

Example 5 – 2

If mass difference of nucleus of Helium is accepted as 0.03037 amu, calculate nuclear binding energy of Helium nucleus.

Solution:

We convert mass from amu to kg.

$$m = 0.03037 \text{ amu} \times \frac{1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ amu}} = 0.050414 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

To calculate binding energy, we use Einstein's equation.

$E = mC^2 = 0.050414 \times 10^{-27}$ kg × (3 × 108 m/s)^2 = 0.454 x 10^{-11} kg . m^2/s^2

As 1 joule (J), $kg.m^2/s^2$, it is found that $E = 0.454 \times 10^{-11}$ J.

Exercise 5 – 3

Calculate nuclear binding energy of nucleus of lead element with 82 protons and 125 neutrons. As mass of proton is 1.00728 amu and mass of neutron is 1.00866 amu, mass of lead nucleus is 207.2 amu.

5 – 7 – RADIOACTIVITY

Radioactivity unit was accepted as Curie to honor studies of Madame Curie.

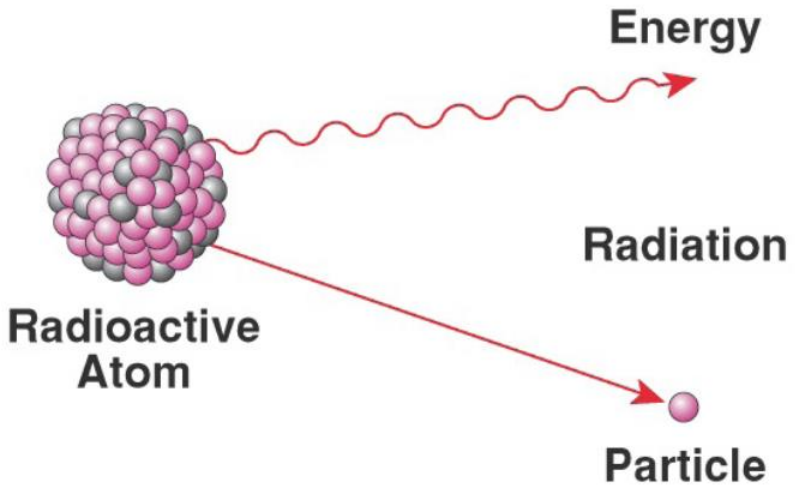
تم قبول وحدة النشاط الإشعاعي باسم كوري لتكريم دراسات مدام كوري.

Radioactivity: Is decay some unstable radioactive nuclei spontaneously and form new and stable isotopes, during this process, high energy nuclear rays are emitted and as a result, nuclei of elements become more stable.

النشاط الإشعاعي: هو تحلل بعض النوى المشعة غير المستقرة تلقائيًا وتشكل نظائر جديدة ومستقرة ، وخلال هذه العملية تنبعث أشعة نووية عالية الطاقة ونتيجة لذلك تصبح نوى العناصر أكثر استقرارًا.

Radioactive Nucleus: Unstable nuclei, they release radioactive rays.

النواة المشعة: نوى غير مستقرة تطلق أشعة مشعة.



Radioactivity

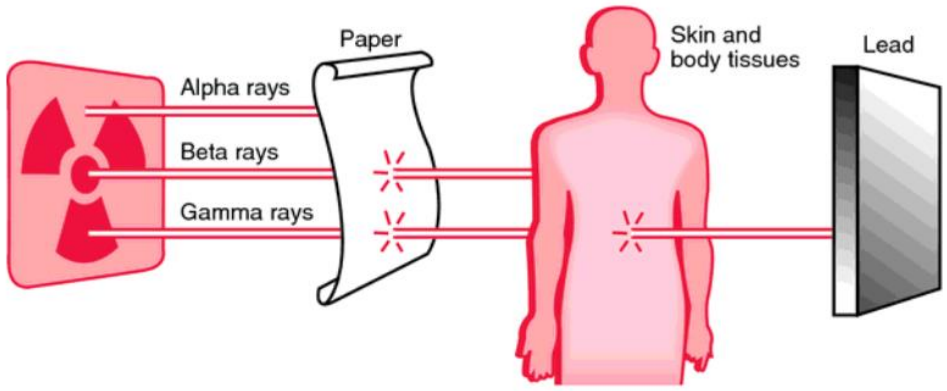
The nucleus of a radioactive atom

Nucleus of Uranium isotope can be given of as an unstable (radioactive) atom. This nucleus undergoes decay. Rate of decay of nucleus depends on components of nucleus and its energy level.

يمكن إعطاء نواة نظير اليورانيوم على شكل ذرة غير مستقرة (مشعة). هذه النواة تتعرض للاضمحلال. معدل اضمحلال النواة يعتمد على مكونات النواة ومستوى طاقتها.

According to studies, there are 3 kinds of radiation. Ability of penetration of these radiation types are different. These 3 radiations were named after the first 3 letters of Greek alphabet (Alpha α, Beta β, Gamma γ).

وفقًا للدراسات ، هناك 3 أنواع من الإشعاع. تختلف قدرة اختراق هذه الأنواع من الإشعاع. تمت تسمية هذه الإشعاعات الثلاثة على اسم الأحرف الثلاثة الأولى من الأبجدية اليونانية (Alpha α و Beta β و Gamma γ).



Types of radiation and their characteristics

1 – Alpha Particles (α)

Alpha Particles: are positive-charged particles and has the largest mass among radiation types. As an alpha particle is made up of 2 protons and 2 neutrons, it represents a helium nucleus.

جسيمات ألفا: هي جسيمات موجبة الشحنة ولها أكبر كتلة بين أنواع الإشعاع. نظرًا لأن جسيم ألفا يتكون من 2 بروتون و 2 نيوترون ، فإنه يمثل نواة الهيليوم.

Alpha Particles properties:

1) Alpha particles have a great effect on matter. Because these particles cause electrons to be freed when they hit substances, they cause them to be ionized.

جسيمات ألفا لها تأثير كبير على المادة. لأن هذه الجسيمات تتسبب في تحرير الإلكترونات عند اصطدامها بالمواد ، فإنها تتسبب في تأينها.

2) Effect of these particles on matter is very short as alpha particles combine with 2 electrons which have been freed. This occurs through ionization of matter. Alpha particles are transformed into Helium atom according to the following equation.

تأثير هذه الجسيمات على المادة قصير جدًا حيث تتحد جسيمات ألفا مع إلكترونين تم تحريرهما. يحدث هذا من خلال تأين المادة. تتحول جسيمات ألفا إلى ذرة هيليوم وفقًا للمعادلة التالية.

$$^{4}_{2}He\ (\alpha) + 2e^- \longrightarrow {}^{4}_{2}He$$

Alpha particles — Helium gas

Disintegration of uranium isotope $^{238}_{92}U$ due to radioactivity:

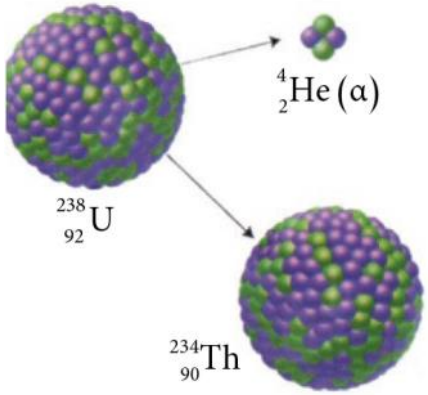
Uranium changes into Thorium isotope $^{234}_{90}Th$ and releases alpha particles.

$$^{238}_{92}U + {}^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{4}_{2}He\ (\alpha)$$

Uranium — Thorium — Alpha particles

Emission of alpha particles from radioactive nucleus of uranium isotopes

انبعاث جسيمات ألفا من النواة المشعة لنظائر اليورانيوم



2 – Beta particles (β)

They are equivalent to electrons. they penetrate more into matter. Because volumes of alpha particles are bigger than volume of electrons. Therefore, electrons can reach more electron orbitals of atoms. β particles are shown with $_{-1}^{0}e$ symbol.

إنها معادلة للإلكترونات. يتغلغلون أكثر في المادة. لأن أحجام جسيمات ألفا أكبر من حجم الإلكترونات. لذلك ، يمكن للإلكترونات الوصول إلى المزيد من مدارات الذرات الإلكترونية. تظهر الجسيمات برمز $_{-1}^{0}e$

Beta radiation can be stopped with a piece of wood. The following equation shows emission of beta particles from neutron to produce a proton.

يمكن إيقاف إشعاع بيتا بقطعة من الخشب. توضح المعادلة التالية انبعاث جسيمات بيتا من النيوترون لإنتاج بروتون.

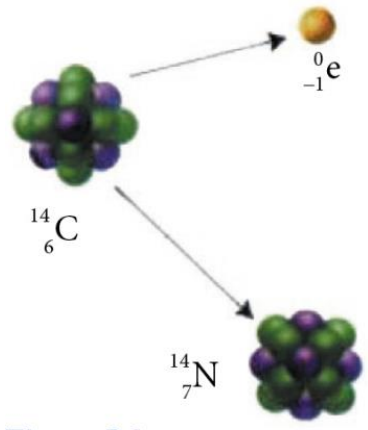
$$_{0}^{1}n \longrightarrow {}_{1}^{1}p + {}_{-1}^{0}e$$

For example, carbon isotope $_{6}^{14}C$ decays and changes into nitrogen isotope $_{7}^{14}N$. Notice that atomic number goes up by 1 whereas mass number remains unchanged.

على سبيل المثال ، يتحلل نظير الكربون $_{6}^{14}C$ ويتحول إلى نظير نيتروجين $_{7}^{14}N$ لاحظ أن العدد الذري يرتفع بمقدار 1 بينما يظل العدد الكتلي كما هو.

*While along with emission of beta particle, 1 neutron changes into 1 proton, also 1 electron and 1 anti-electron (neutrino) are released.

* مع انبعاث جسيم بيتا ، يتحول نيوترون واحد إلى بروتون واحد ، ويتم أيضًا إطلاق إلكترون واحد وواحد مضاد للإلكترون (نيوترينو).



Emission of beta particles through disintegration of carbon isotopes $_{6}^{14}C$

3 – Gamma Rays (γ)

Gamma rays are made up of neutral electromagnetic waves and they have a speed close to speed of light.

تتكون أشعة جاما من موجات كهرومغناطيسية محايدة ولها سرعة قريبة من سرعة الضوء.

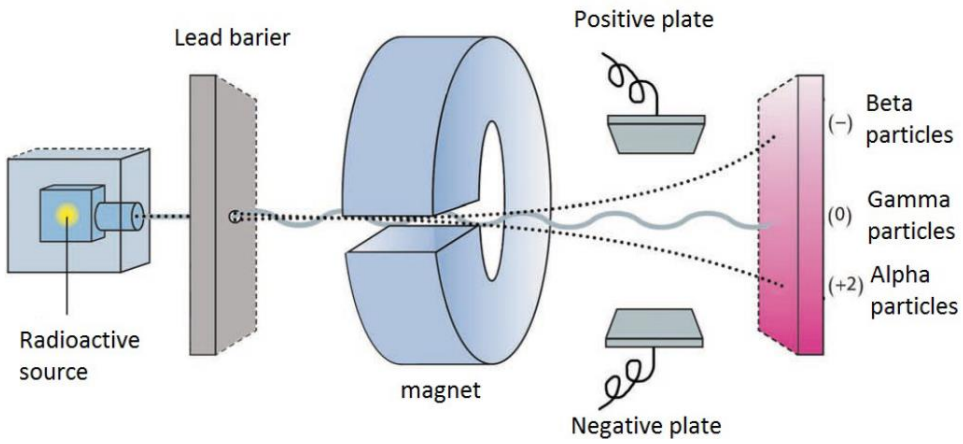
They are also accepted as the most dangerous type of radiation. Path of these rays can only be slowed down by concrete barrier.

يتم قبولهم أيضًا على أنهم أخطر أنواع الإشعاع. لا يمكن إبطاء مسار هذه الأشعة إلا بواسطة حاجز خرساني.

The following equation shows disintegration of uranium isotope $^{238}_{92}U$ as a result of alpha and gamma radiation and formation of Thorium isotope.

توضح المعادلة التالية تفكك نظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ نتيجة لإشعاع ألفا وجاما وتكوين نظير الثوريوم.

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He\ (\alpha) + {}^{0}_{0}\gamma$$



Effect of magnetic and electric fields on radioactive particles released from a radioactive source

Properties of radioactive types

Type of radion	Property	Speed	Charge	Behavior electric field	Stopping radiation
Alpha (α)	Helyum nucleus ($^{4}_{2}He$)	10% of speed of light	Positive (+2)	It deviates by approaching negative plate	paper,clothing
Beta (β)	High speed ($^{0}_{-1}e$)	90% of speed of light	Negative (-1)	It deviates by approaching Positive plate	Wood or Aluminum barrier
Gamma (γ)	High energy electromag-netic wave	Speed of light	(0)	Not effected	Concrete or 10 cm lead barriers don't stop them but only reduces their effects.

Properties of Radioactive Elements

1- All compounds of radioactive elements are also radioactive.
جميع مركبات العناصر المشعة مشعة أيضًا

2- A radioactive element is radioactive in all states (solid, liquid, gas).
العنصر المشع مشع في جميع الحالات (صلب ، سائل ، غاز)

3- Nucleus of a radioactive element doesn't emit alpha and beta particles at the same time. It can emit either alpha or beta emission only. But it can companied emit gamma radiation.
نواة العنصر المشع لا تصدر جسيمات ألفا وبيتا في نفس الوقت. يمكن أن تصدر إما انبعاث ألفا أو بيتا فقط. ولكن يمكن أن يصاحبها إشعاع غاما

4- Radioactivity of a sample isn't affected from outside factors as pressure and temperature.
لا يتأثر النشاط الإشعاعي للعينة من العوامل الخارجية مثل الضغط ودرجة الحرارة

5- Emission of alpha or beta particles from nucleus of a radioactive element changes it into another element's nucleus.
انبعاث جسيمات ألفا أو بيتا من نواة عنصر مشع يغيرها إلى نواة عنصر آخر

5 – 8 – INTENSITY OF RADIATION

Intensity of radiation: It number of decays in 1 second.
شدة الإشعاع: عدد الاضمحلال في ثانية واحدة

According to this, when it is said that intensity of cobalt source is 50 thousand Becquerel, it means at every second, 50 thousand nuclei decay at this source with Becquerel unit.
وفقًا لهذا ، عندما يقال أن كثافة مصدر الكوبالت تبلغ 50 ألف بيكريل ، فهذا يعني في كل ثانية ، أن 50 ألف نواة تتحلل في هذا المصدر بوحدة بيكريل

Becquerel unit: Is one decays at 1 second. وحدة بيكريل: تتحلل واحدة في ثانية واحدة

Curie unit (Ci) is equal to 37 million Becquerel.
وحدة كوري (Ci) تساوي 37 مليون بيكريل.

5 – 9 – HALF-LIFE TIME

Half-life time: Its symbol is ($t_{1/2}$). It is the time necessary for decay of half of radioactive material.

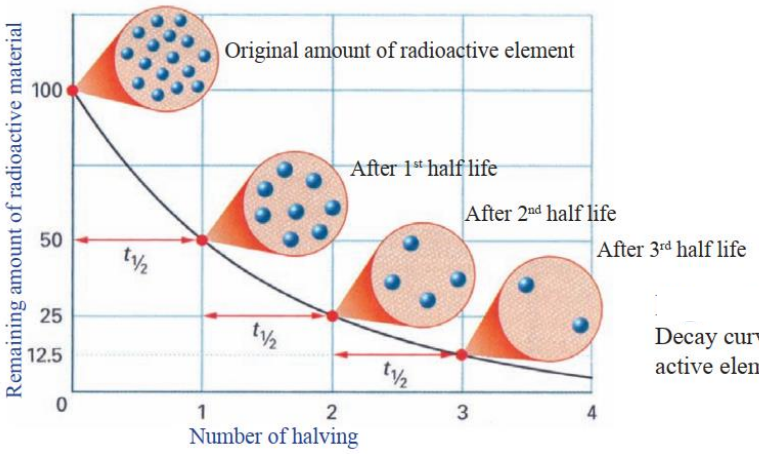
فترة نصف العمر: رمزها هو ($t_{1/2}$). إنه الوقت اللازم لانحلال نصف المواد المشعة.

Isotopes of different elements have a constant, known half- life for each.

نظائر العناصر المختلفة لها نصف عمر ثابت معروف لكل منها

Most radioactive isotopes decay in a few steps (successive radiolysis chain). In the end, radioactive material becomes stable. These are called as radioisotope elements while real isotopes before decay are called as main elements.

تتحلل معظم النظائر المشعة في خطوات قليلة (سلسلة التحلل الإشعاعي المتتالية). في النهاية ، تصبح المادة المشعة مستقرة. تسمى هذه العناصر بالنظائر المشعة بينما تسمى النظائر الحقيقية قبل الاضمحلال كعناصر رئيسية.



Decay curve and half lives of radio-active elements

Half-life features

1. Half lives of isotopes depend on atoms properties which they are made up of.

تعتمد نصف عمر النظائر على خصائص الذرات التي تتكون منها

2. Each radioactive nucleus has a characteristic half-life, this is a natural constant value. Therefore, half-lives of isotopes don't change by time.

كل نواة مشعة لها نصف عمر مميز ، وهذه قيمة ثابتة طبيعية. لذلك ، لا تتغير فترات نصف عمر النظائر بمرور الوقت

3. Stable nuclei decay slowly. Therefore, they have a longer half-life. But less stable nuclei decay rapidly.

النوى المستقرة تتحلل ببطء. لذلك ، لديهم نصف عمر أطول. لكن النوى الأقل استقرارًا تتحلل بسرعة.

Half-life applications

1. Radioactive elements with short half-lives are used in nuclear medicine in treatment of some illnesses especially against cancer tumors.

تستخدم العناصر المشعة ذات فترات نصف العمر القصيرة في الطب النووي في علاج بعض الأمراض وخاصة ضد أورام السرطان.

2. Hal-life times are also used to estimate ages of trees and fossils.

تُستخدم أوقات نصف العمر أيضًا لتقدير أعمار الأشجار والحفريات.

Half-life calculation

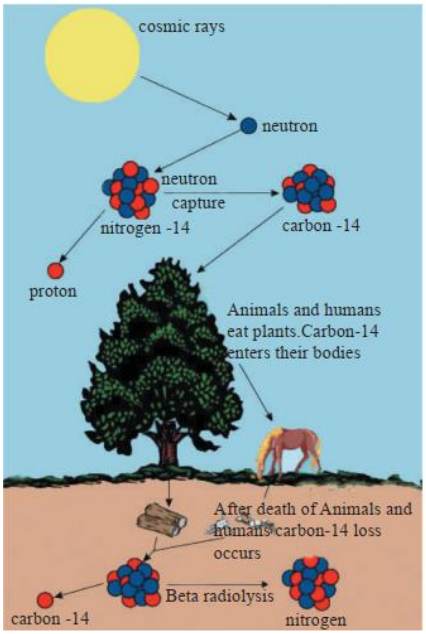
The half-life is calculated using the following relationship:

$$N_t = \frac{N_0}{2^{\left(\frac{t}{t_{1/2}}\right)}}$$

N_t : The remaining amount of radioactive material

N_0 : The original amount of radioactive material

t : Dissolution time



Cycle of Carbon-14 isotopes in living organism

Example 5 – 3

Carbon isotope ${}^{6}_{14}C$ with a half-life of ($t_{1/2}$) 5730 years decays by emitting beta particles. For an isotope sample with a mass of 2×10^{-2} g, make the following calculations:

يتحلل نظير الكربون ${}^{6}_{14}C$ بعمر نصف يبلغ 5730 ($t_{1/2}$) سنة عن طريق انبعاث جسيمات بيتا. بالنسبة لعينة نظيرية كتلتها 2×10^{-2} جم ، قم بإجراء الحسابات التالية:

1 -Find out the time passed in three half-lives اكتشف الوقت المنقضي في ثلاثة أنصاف عمر

2- How many grams remain from the isotope at the end of third half-life?

كم غراما متبقية من النظير في نهاية نصف العمر الثالث؟

Solution:

This kind of questions are solved by the following formula:

$$N_t = \frac{N_0}{2^{\left(\frac{t}{t_{1/2}}\right)}}$$

(N_0) is original amount of matter. (N_t) is amount of remaining radioactive material after (t) time and ($t_{1/2}$) has passed.

1. In order to calculate three half-lives, half-life time is multiplied with number of half-times:

   من أجل حساب ثلاثة أنصاف عمر ، يتم ضرب فترة نصف العمر بعدد أنصاف الأعمار

   Half-life time = 3 × 5730 years = 17190 years

2. In order to calculate amount of remaining isotope after third half-life has passed, the following formula is used:

   من أجل حساب كمية النظائر المتبقية بعد مرور النصف الثالث من العمر ، يتم استخدام الصيغة التالية:

$$N_t = \frac{N_0}{2^{\left(\frac{t}{t_{1/2}}\right)}} = \frac{2 \times 10^{-2}\ g}{2^{(17190/5730)}} = 0.25 \times 10^{-2}\ g$$

Exercise 5 – 4

1) Manganese isotope ^{56}Mn decay in 2.6 hours by emitting beta rays. How much of 1 g of Manganese-56 sample remains after 10.4 hours passed?

2) Half-life of Phosphorus ^{32}P isotope is 14.3 days. How many grams of 4 g of ^{32}P isotope remain after 57.2 days has passed?

5 – 10 – NUCLEAR REACTIONS

Nuclear reactions: Changes which occur in nucleus and cause it change into another nucleus. التفاعلات النووية: التغيرات التي تحدث في النواة وتتسبب في تحولها إلى نواة أخرى

Nuclear reactions can be expressed as in the following equation:

يمكن التعبير عن التفاعلات النووية كما في المعادلة التالية:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

In nuclear reactions, arithmetical sum of atomic numbers and mass numbers must be equal on both sides.

في التفاعلات النووية ، يجب أن يكون المجموع الحسابي للأعداد الذرية وأعداد الكتلة متساويًا في كلا الجانبين.

Neutron	${}_{0}^{1}n$
Proton	${}_{1}^{1}H$ (P^{+})
Electron	${}_{-1}^{0}e$
Alpha	${}_{2}^{4}He$
Beta	${}_{-1}^{0}\beta$ (e^{-})
Gamma	${}_{0}^{0}\gamma$

Example 5 – 4

In the following nuclear equation, find out atomic number and mass number of X element. ${}_{84}^{212}Po \rightarrow {}_{2}^{4}He$ + X

Solution:

Mass number of Polonium isotope is 212 and its atomic number is 84. When alpha particles are released, X element is formed as in the equation.

Mass number of element X = 212 - 4 = 208

Atomic number of element X = 84 - 2 = 82

The result ${}_{84}^{212}Po \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{82}^{208}X$

Exercise 5 – 5

1. In the following nuclear equations,find the name of particle added to ${}_{11}^{22}Na$ isotope: ${}_{11}^{22}Na$ + x $\rightarrow {}_{10}^{22}Ne$
2. Find out atomic number and mass number of element X in the following nuclear equation: ${}_{99}^{253}Es + {}_{2}^{4}He \rightarrow {}_{0}^{1}n$ + x

5 – 11 – TYPES OF NUCLEAR REACTIONS

We can divide nuclear reactions into 4 parts:

1- Radioactive spontaneous disintegration التفكك التلقائي المشع

2- Non-spontaneous nuclear reaction تفاعل نووي غير تلقائي

3- Nuclear Fission الانشطار النووي

4- Nuclear Fusion الاندماج النووي

5 – 11 – 1 – Radioactive Spontaneous Disintegration

Radioactive Spontaneous Disintegration: Is nuclei of heavy unstable elements are transformed into lighter and more stable nuclei spontaneously, alpha, beta and gamma particles are released through radiation.

التفكك التلقائي المشع: هو أن نوى العناصر الثقيلة غير المستقرة تتحول إلى نوى أخف وأكثر استقرارًا تلقائيًا ، ويتم إطلاق جسيمات ألفا وبيتا وجاما من خلال الإشعاع.

For example, transformation of Uranium isotope into Thorium isotope spontaneously and alpha radiation.

على سبيل المثال ، تحويل نظير اليورانيوم إلى نظير الثوريوم تلقائيًا وإشعاع ألفا.

5 – 11 – 2 – Non-spontaneous Nuclear Reaction

Non-spontaneous Nuclear Reaction: It occurs through bombardment of nucleus by particles or light nuclei.

التفاعل النووي غير التلقائي: يحدث من خلال قصف النواة بواسطة الجسيمات أو النوى الضوئية.

1) proton emission, nucleus is bombarded with neutron, as in the following equation: انبعاث البروتون ، يتم قصف النواة بالنيوترون ، كما في المعادلة التالية

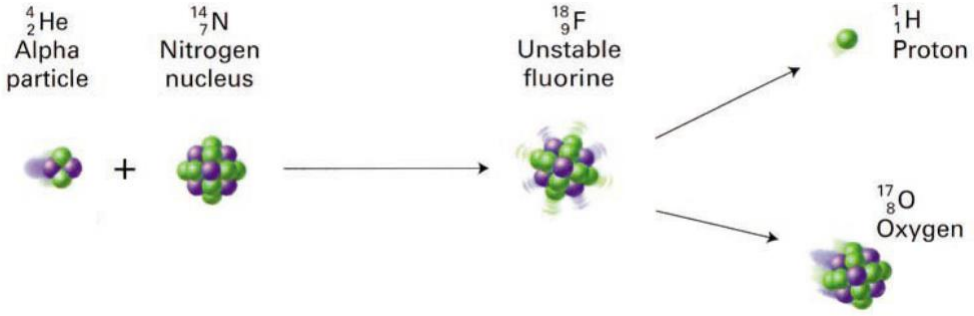
$$^{35}_{17}Cl + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{35}_{16}S + ^{1}_{1}H$$

2) Nucleus is bombarded with alpha particles, as in the following equation:

يتم قصف النواة بجزيئات ألفا ، كما في المعادلة التالية:

$$^{4}_{2}He + ^{14}_{7}N \rightarrow ^{18}_{9}F$$

$$^{18}_{9}F \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$



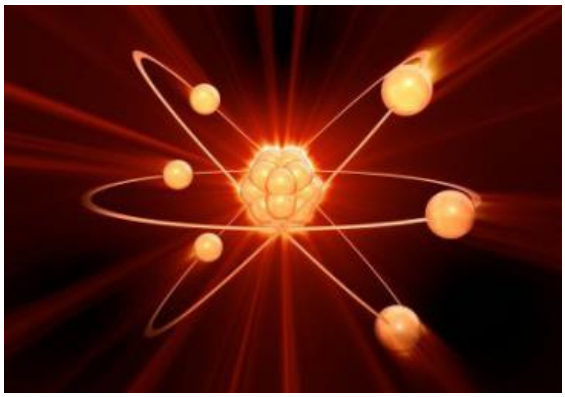
5 – 11 – 3 – NUCLEAR FISSION

Nuclear fission: Is division of a heavy nucleus into two average massed nuclei, formation of new elements and producing a great amount of heat and radiation.

الانشطار النووي: هو انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطي الكتلة ، وتشكيل عناصر جديدة وإنتاج كمية كبيرة من الحرارة والإشعاع.

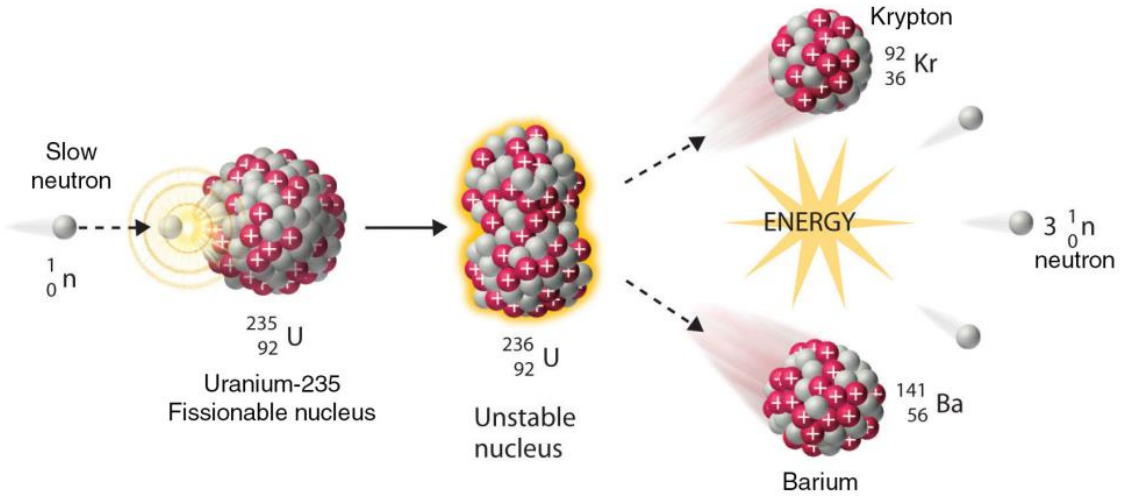
If left uncontrolled, nuclear fission can lead up to great explosions just as in an atomic bomb explosion.

إذا ترك الانشطار النووي دون رقابة ، يمكن أن يؤدي إلى انفجارات كبيرة كما هو الحال في انفجار قنبلة ذرية.



The photograph above pictures the great energy after explosion of an atomic bomb.

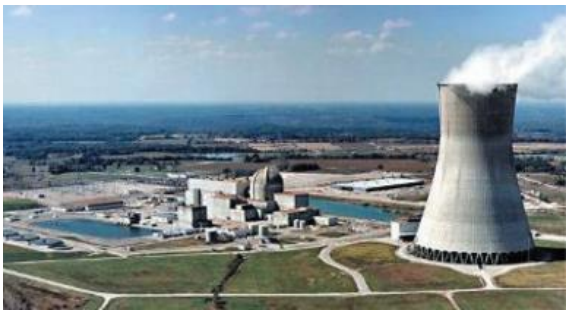
الصورة أعلاه تصور الطاقة العظيمة بعد انفجار القنبلة الذرية.



Fission of uranium $^{235}_{92}U$ nucleus

One of nuclear fission applications is made in nuclear reactors by controlling amount of released energy during fission to produce electric energy.

يتم إجراء أحد تطبيقات الانشطار النووي في المفاعلات النووية عن طريق التحكم في كمية الطاقة المنبعثة أثناء الانشطار لإنتاج الطاقة الكهربائية.



A nuclear power plant which produces electric energy

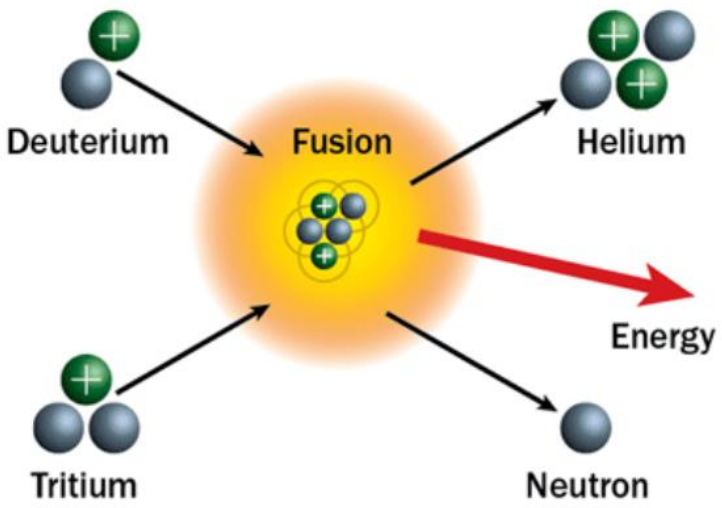
5 – 11 – 4 – Nuclear Fusion

Nuclear fusion: Is formation of heavier nuclei from combination of lighter nuclei, a great amount of energy is released.

الاندماج النووي هو تكوين نوى أثقل من مزيج من نوى أخف ، ويتم إطلاق كمية كبيرة من الطاقة.

Fusion of hydrogen isotopes:

$$^{3}_{1}T + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + \text{Energy}$$



Nuclear fusion and formation of nucleus of Helium ${}_2^4He$ atom

In order to accomplish nuclear fusion, a great amount of energy is needed. When this fusion occurs, an immense amount of energy in form of heat and radiation is released as in the sun.

من أجل تحقيق الاندماج النووي ، هناك حاجة إلى قدر كبير من الطاقة. عندما يحدث هذا الاندماج ، يتم إطلاق كمية هائلة من الطاقة على شكل حرارة وإشعاع كما هو الحال في الشمس.

Energy released from fusion is much greater than energy released from nuclear fission. الطاقة المنبعثة من الاندماج أكبر بكثير من الطاقة المنبعثة من الانشطار النووي

Hydrogen bomb is an example of nuclear fusion.

القنبلة الهيدروجينية هي مثال على الاندماج النووي.

5 – 12 – MEASUREMENT OF RADIATION

There are a few methods used to detect activity of radioactive materials.

هناك عدد قليل من الطرق المستخدمة لاكتشاف نشاط المواد المشعة.

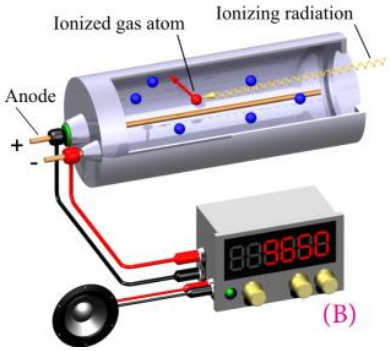
5 – 12 – 1 – Geiger Counter

Geiger Counter: This counter is used to detect radiation activity of radioactive materials in different fields.

عداد جيجر: يستخدم هذا العداد للكشف عن النشاط الإشعاعي للمواد المشعة في مختلف المجالات.

Operation principle of this instrument, depends on ionization of Argon gas in the instrument by high energy rays. Ionization of Argon gas is transformed into electric pulses. These cause a digital counter work or produce audible clicks. This sound points radiation activity from a radioactive substance.

يعتمد مبدأ تشغيل هذه الأداة على تأين غاز الأرجون في الجهاز بواسطة أشعة عالية الطاقة. يتحول تأين غاز الأرجون إلى نبضات كهربائية. يؤدي ذلك إلى عمل عداد رقمي أو إنتاج نقرات مسموعة. يشير هذا الصوت إلى نشاط إشعاعي من مادة مشعة.



A) Geiger counter

B) part of Geiger counter

5 – 12 – 2 – Film Badge

Film Badge: Is a plastic plate covered with silver bromide (AgBr). This plate is sensitive to amount of rays which pass through it. Amount of rays is determined from the extent of exposure of the film.

شارة الفيلم: عبارة عن لوح بلاستيكي مغطى ببروميد الفضة (AgBr). هذه اللوحة حساسة لكمية الأشعة التي تمر عبرها. يتم تحديد مقدار الأشعة من مدى تعرض الفيلم.

These special film badges are specially protected. They are installed on clothes of staff who work at places with radiation activity.

هذه شارات الفيلم الخاصة محمية بشكل خاص. يتم تثبيتها على ملابس الموظفين الذين يعملون في الأماكن ذات النشاط الإشعاعي.

Personnel who works at a place with radiation activity is attracting a film badge on his clothes.

يجذب الموظفون الذين يعملون في مكان به نشاط إشعاعي شارة فيلم على ملابسه.

5 – 13 – RADIATION DOSE

Radiation dose: It is the amount of radiation absorbed by unit mass of an object in energy units. جرعة الإشعاع: مقدار الإشعاع الذي تمتصه وحدة كتلة الجسم بوحدات الطاقة

This amount is measured with Gray (Gy) unit.

1 Gy = 1 J/kg

This amount is measured with (Rad) unit according to another system.

1 Gy = 100 Rad

5 – 14 – IONIZING RADIATION

Ionizing radiation: Is once type of energy and they have an ability of ionizing substances they pass through.

الإشعاع المؤين: هو نوع من الطاقة وله قدرة المواد المؤينة التي تمر من خلالها.

People can't feel so they don't try to keep away from them. Ionizing rays penetrate body and transfer their energy to it. With respect to dose which body has absorbed, their harm can continue from a few hours to tens of years.

لا يستطيع الناس الشعور بذلك فلا يحاولون الابتعاد عنهم. تخترق الأشعة المؤينة الجسم وتنقل طاقتها إليه. فيما يتعلق بالجرعة التي يمتصها الجسم ، يمكن أن يستمر ضررها من بضع ساعات إلى عشرات السنين.

5 – 15 – EFFECTS OF IONIZING RADIATION ON MOLECULES IN LIVING BEINGS

1. Physical Risks: They cause leukemia, bone marrow cancer, thyroid, bone cancers and malign tumors.
   المخاطر الجسدية: تسبب سرطان الدم وسرطان نخاع العظام والغدة الدرقية وسرطان العظام والأورام الخبيثة.
2. Genetic Risks: Ionizing radiations weakens ability of fertilization and cause infertility along with some genetic deformations.

المخاطر الوراثية: تضعف الإشعاعات المؤينة القدرة على الإخصاب وتسبب العقم إلى جانب بعض التشوهات الجينية.

5 – 16 – RADIOACTIVE DECOMPOSITION OF WATER

Water is accepted as main source of life. From radioactive decomposition of water, negative and positive ions are formed. Ions decompose to high energy ions and free radicals. As a result, these ions and free radicals cause great changes in organic components of cells and in sensitive parts (chromosomes) by combining with them.

يُقبل الماء كمصدر رئيسي للحياة. من التحلل الإشعاعي للماء تتشكل الأيونات السالبة والموجبة. تتحلل الأيونات إلى أيونات عالية الطاقة وجذور حرة. نتيجة لذلك ، تسبب هذه الأيونات والجذور الحرة تغيرات كبيرة في المكونات العضوية للخلايا وفي الأجزاء الحساسة (الكروموسومات) من خلال الاندماج معها.

5 – 17 – WAYS OF PROTECTING FROM RADIATION

There are three main methods of protecting from ionizing radiation people can face:

هناك ثلاث طرق رئيسية للحماية من الإشعاع المؤين يمكن أن يواجهها الناس :

1. Time: Harmful effects of radiation increases by time which a person is exposed to radiation.

   الوقت: تزداد الآثار الضارة للإشعاع بمرور الوقت الذي يتعرض فيه الشخص للإشعاع.

2. Distance: Amount of radiation a person is exposed decreases as distance between a person and radiation source increases.

   المسافة: تقل كمية الإشعاع التي يتعرض لها الشخص مع زيادة المسافة بين الشخص ومصدر الإشعاع.

3. Protective Shield: Effect of radiation decreases as thickness of protective shield around radiation source increases. Thickness of shield depends on type and energy of radiation.

الدرع الواقي: يقل تأثير الإشعاع مع زيادة سمك الدرع الواقي حول مصدر الإشعاع. سمك الدرع يعتمد على نوع وطاقة الإشعاع.