Chemical Reactions

Assistant Lecturer: Maryam Jassim
First Stage Department of Forensic Evidence
Ashur University

Definition

التفاعل الكيميائي هو عملية تتحول فيها المواد المتفاعلة إلى مواد جديدة مختلفة في تركيبها وخصائصها الكيميائية، نتيجة كسر الروابط الكيميائية وتكوين روابط جديدة.

A chemical reaction is a process in which reactants transform into new substances with different compositions and chemical properties, involving the breaking of chemical bonds and the formation of new ones.

What Happens During a Chemical Reaction ?

عند حدوث التفاعل الكيميائي، تتحطم الروابط الكيميائية بين الذرات في المواد المتفاعلة، وتُعاد ترتيب هذه الذرات لتكوين روابط جديدة، مما يؤدي إلى تشكيل مواد جديدة. خلال هذه العملية، تتغير مواقع الإلكترونات حول الذرات، وينتج عن ذلك مواد تختلف في تركيبها وخصائصها الكيميائية عن المواد الأصلية.

Chemical reaction properties

تُعد عملية كسر وتكوين الروابط من الخصائص الأساسية لحدوث التفاعل وتشمل خصائص التفاعل الكيميائي ما يلي:

1. **تغير اللون**: ظهور أو اختفاء لون معين.
2. **تكوّن راسب**: تشكيل مادة صلبة غير قابلة للذوبان.
3. **تصاعد غاز**: انبعاث غاز يظهر على شكل فقاعات.
4. **تغير الرائحة**: ظهور أو اختفاء رائحة مميزة.
5. **تغير درجة الحرارة**: زيادة أو انخفاض في الحرارة نتيجة التفاعل.

How to Balance a Chemical Reaction

1. **تحديد العناصر**: قم بحصر جميع العناصر في المعادلة. تأكد أن عدد الذرات لكل عنصر متساوٍ على كلا الجانبين.

2. **التحقق من الشحنات**: تأكد أن مجموع الشحنات متساوٍ على طرفي المعادلة.

3. **موازنة عنصر واحد**: ابدأ بعنصر يظهر في مركب واحد على كل جانب. عدّل المعاملات (الأرقام أمام المركبات) لتساوي عدد الذرات على الطرفين. لا تغيّر الأرقام الصغيرة في الأسفل (الرموز السفلى).

4. **موازنة باقي العناصر**: كرر العملية مع باقي العناصر واحدًا تلو الآخر، واترك العناصر النقية (مثل O_2 أو H_2) للنهاية.

5. **التأكد النهائي**: راجع المعادلة مرة أخرى وتحقق من توازن الذرات والشحنات على كلا الجانبين.

Example

Hydrogen (H_2) and oxygen (O_2) combine to produce water (H_2O).

$$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$$

This reaction is unbalanced. To balance it, first multiply the oxygen by ½, as shown below:

$$H_2 + ½ \times O_2 \rightarrow H_2O$$

Next, multiply both sides by two so that the coefficients are whole numbers and the equation is balanced:

$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$

"يدفعنا لطفٌ خفيٌ لنواصل المسير

hidden kindness motivates us to keep going

Different Types of Chemical Reactions

Many chemical reactions can be classified into one of five basic types. A thorough understanding of these types of reactions is useful for predicting the products of an unknown reaction. The five basic types of chemical reactions are :

1. Synthesis or Combination Reaction تفاعلات التكوين

In a combination reaction, two or more substances combine to form a single new substance.

Combination reactions are called synthesis reactions.

Examples:

- Solid sodium (Na) metal reacts with chlorine (Cl) gas to produce solid sodium chloride (NaCl)

$2Na\ (s) + Cl_2\ (g) \rightarrow 2\ NaCl\ (s)$

- Magnesium (Mg) rapidly reacts when ignited with oxygen (O_2) to produce a fine powder of magnesium oxide (MgO).

$2\ Mg\ (s) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ MgO\ (s)$

2. Decomposition Reaction تفاعلات التفكك

compound breaks down into two or more simple substances in a decomposition reaction.

Examples

- Calcium carbonate ($CaCO_3$) decomposes into calcium oxide (CaO) and carbon dioxide (CO_2).

$CaCO_3\ (s) \rightarrow CaO\ (s) + CO_2\ (g)$

- Sodium hydroxide (NaOH) decomposes to produce sodium oxide (Na_2O) and water (H_2O).

$2\ NaOH\ (s) \rightarrow Na_2O\ (s) + H_2O\ (g)$

3. Single-replacement or Single-displacement Reaction تفاعل الاستبدال الاحادي

In a single replacement reaction, one element replaces a similar element in a compound.

Examples

- Zinc (Zn) reacts with hydrochloric acid (HCl) to produce aqueous zinc chloride ($ZnCl_2$) and hydrogen (H_2).

  $$\mathbf{Zn\ (s) + 2\ HCl\ (aq.) \rightarrow ZnCl_2\ (aq.) + H_2\ (g)}$$

- When a strip of magnesium (Mg) metal is placed in an aqueous solution of copper (II) nitrate ($CuNO_3$), it replaces copper, resulting in aqueous magnesium nitrate ($MgNO_3$) and solid copper (Cu) metal.

  $$\mathbf{Mg\ (s) + Cu(NO_3)_2\ (aq.) \rightarrow Mg(NO_3)_2\ (aq.) + Cu\ (s)}$$

4. Double-replacement or Double-displacement Reaction تفاعل الاستبدال الثنائي

In a double replacement reaction, the positive and negative ions of two ionic compounds exchange places to form two new compounds.

The double-replacement reaction is of two types.

a) Precipitation Reaction تفاعل الترسيب

The formation of an insoluble solid in an aqueous solution is called a precipitation reaction. The solid is called a precipitate. **Examples**

- When aqueous solutions of potassium iodide (KI) and lead (II) nitrate ($Pb(NO_3)_2$) are mixed, insoluble lead iodide (PbI_2) forms in aqueous potassium nitrate (KNO_3).

  $$\mathbf{2\ KI\ (aq.) + Pb(NO_3)_2\ (aq.) \rightarrow 2KNO_3\ (aq.) + PbI_2\ (s/ppt.)}$$

- A solution of potassium chloride (KCl) and silver nitrate ($AgNO_3$) forms a white insoluble solid, silver chloride (AgCl), in the resulting solution of potassium nitrate (KNO_3).

$KCl\ (aq.) + AgNO_3\ (aq.) \rightarrow KNO_3\ (aq.) + AgCl\ (s/ppt.)$

b) Acid-Base Reaction or Neutralization Reaction تفاعلات التعادل

The reaction between an acid and a base is called an acid-base or neutralization reaction and forms water.

Example

- A mixture of sulfuric acid (H_2SO_4) and sodium hydroxide (NaOH) produces sodium sulfate (Na_2SO_4) and water (H_2O).

$H_2SO_4\ (aq.) + 2\ NaOH\ (aq.) \rightarrow Na_2SO_4\ (aq.) + 2\ H_2O\ (l)$

5. Combustion Reaction تفاعلات الاحتراق

A combustion reaction occurs when a substance reacts with oxygen gas (O2), releasing energy through light and heat. Oxygen must be present for a combustion reaction to take place.

Examples

- The combustion of hydrogen (H_2) gas in the presence of oxygen (O_2) produces water vapor (H_2O).

$2\ H_2\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ H_2O\ (g)$

- The burning of coal (carbon) in oxygen (O_2) gives carbon dioxide (CO_2).

$C\ (s) + O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g)$

- Propane (C_3H_8), a gaseous hydrocarbon, is commonly used as the fuel source in gas grills. It combusts in oxygen (O_2) to give carbon dioxide (CO_2) and water (H_2O).

$$\mathbf{C_3H_8\ (g) + 5\ O_2\ (g) \rightarrow 3\ CO_2\ (g) + 4\ H_2O\ (g)}$$

Note that the above examples are common chemical reactions in everyday life.

Other Types of Chemical Reactions

1. Redox Reaction تفاعل الاكسدة والاختزال

$$4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$$

2. Polymerization البلمرة

$$C_2H_4 + C_2H_4 + C_2H_4 + — \rightarrow (C_2H_4)_n$$

3. Hydrolysis التحلل

$$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow HSO_3^- + H_3O^+$$

4. Dehydration Synthesis

$$CH_3 – CH_2 – OH \rightarrow CH_2 = CH_2 + H_2O$$

5. Photochemical Reaction

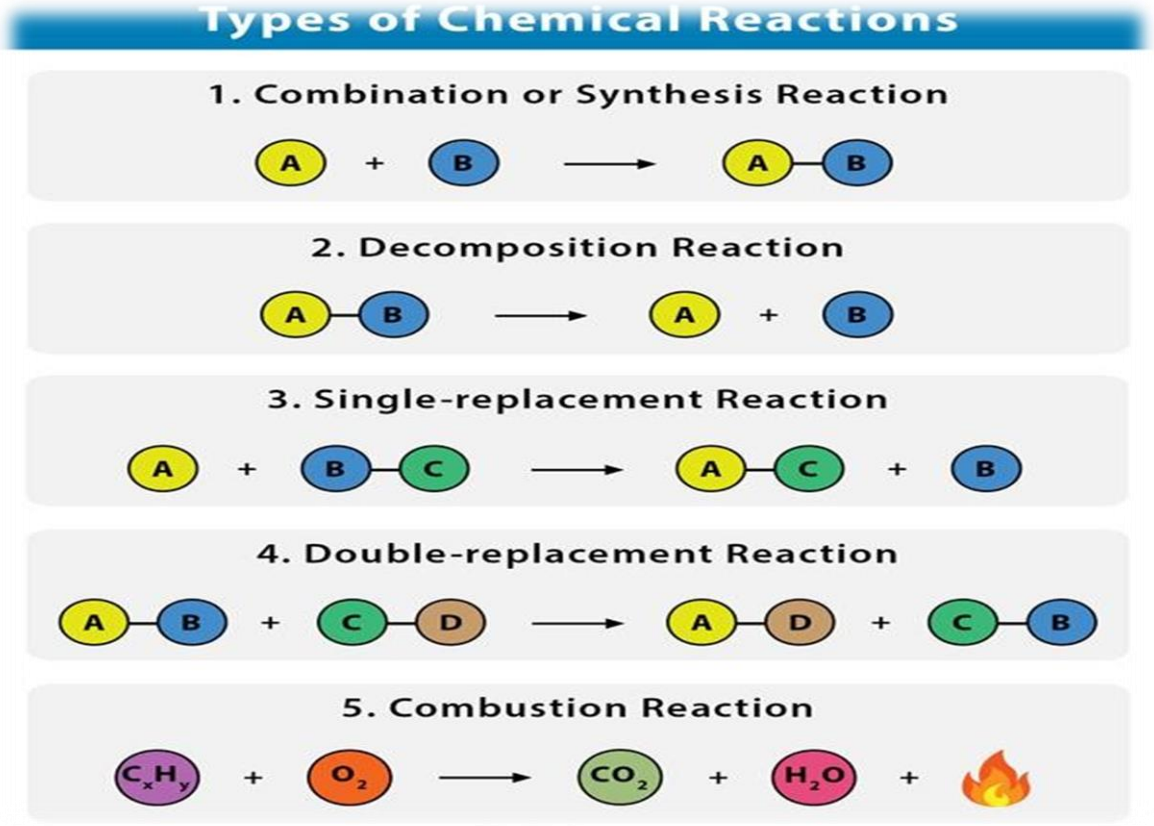
$$2\ AgCl + h\nu \rightarrow 2\ Ag + Cl_2$$

6. Endothermic Reaction

$$CaCO_3\ (s) + \text{heat} \rightarrow CaO\ (s) + CO_2\ (g)$$

7. Exothermic Reaction

$$CaO\ (s) + H_2O\ (l) \rightarrow Ca(OH)_2\ (aq.) + \text{heat}$$



Factors Affecting the Rate of Chemical Reactions

هناك عدة عوامل تؤثر على سرعة حدوث التفاعلات الكيميائية، ومنها:

- **تركيز المواد المتفاعلة:** زيادة التركيز تزيد من احتمالية اصطدام الجسيمات، مما يُسرّع التفاعل.
- **الحالة الفيزيائية ومساحة السطح**: المواد المتفاعلة في نفس الحالة (مثل الغازية أو السائلة) تتفاعل بسرعة أكبر، كما أن تقسيم المواد الصلبة إلى جزيئات أصغر يزيد من مساحة السطح ويُسرّع التفاعل.
- **درجة الحرارة** : ارتفاع درجة الحرارة يزوّد الجسيمات بالطاقة اللازمة، مما يزيد من معدل الاصطدامات وسرعة التفاعل.
- **وجود محفز** :(Catalyst) المحفز هو مادة تُسرّع التفاعل الكيميائي عن طريق تقليل طاقة التنشيط دون أن تستهلك أثناء التفاعل.

بعض التفاعلات الكيميائية تكون قابلة للانعكاس، مما يعني أن النواتج يمكن أن تعيد تكوين المواد المتفاعلة. في هذه الحالة، تحدث التفاعلات الأمامية والعكسية في نفس الوقت، ولكل منها معدل خاص بها.