

## Analytical Chemistry

**Chemistry:** is a science concerned with the study of properties, structure, components of the materials changes occur to it and emitted or absorbed energies accompany these changes.

الكيمياء: هو العلم الذي يعني بدراسة خواص وتركيب ومكونات المواد والتغيرات التي تحدث لها والطاقة المنبعثة أو الممتصة التي تصاحب هذا التغيير.

Chemistry science is classified according to the type of materials and the purpose of their studies into these general branches:

Analytical Chemistry, Organic Chemistry, Inorganic Chemistry and Physical Chemistry. Other branches are Theoretical Chemistry, Quantum Chemistry, and Nuclear Chemistry etc.

### ANALYTICAL CHEMISTRY:

### الكيمياء التحليلية:

It is a chemistry branch deals with the study on the identification of material composition and the determination of the amount of each component presented by an expression of concentration directly or indirectly (after separation). Analytical chemistry includes three types of analysis. Analytical chemistry helped in understanding the natural phenomena through providing the knowledge about quantitative relations of the phenomena. It develops chemistry science and other sciences since most of the laws based on the quantitative analysis.

الكيمياء التحليلية تتضمن تحديد هوية مكونات المواد وتقدير كمية هذه المكونات بأسلوب مباشر أو غير مباشر أي بعد فصل المكونات. للكيمياء التحليلية الفضل في فهم الظواهر الطبيعية وتطوير علم الكيمياء والعلوم الأخرى من خلال توفير المعلومات الكمية التي ساهمت بوضع القوانين.

### 1- QUALITATIVE ANALYSIS:

### التحليل النوعي (الوصفي):

It is process of many steps that through which material, compounds or elements or elements forming certain material or a mixture of materials can be identified at liquid, gas or solid phases. This process is the first step in analysis.

تتكون من عدة خطوات يمكن من خلالها تحديد هوية المادة او مكوناتها من العناصر او المركبات او مزيج المواد في الحالة الصلبة او السائلة او الغازية.

## **التحليل الكمي:** **2-QUANTITATIVE ANALYSIS:**

It is a process deals with the determination of elements or other components that form the analyzed material (compound or mixture). It tell us what is the amount of the components of the materials or their components. Quantitative analysis can not be preceded without processing qualitative analysis.

التحليل الكمي يتمثل بقياس تراكيز وكميات المواد او العناصر او المركبات التي تتكون منها المواد او مزيج من المواد.

## **يقسم التحليل الكمي الى:** **QUANTITATIVE ANALYSIS divided into:**

### **التحليل الوزني:** **a. GRAVIMETRIC ANALYSIS**

Gravimetric analysis includes the processes that enable us to determine the weight of the material under consideration or some of the material components and can be done by one of two methods.

- 1) **Direct method:** by measuring the weights of the analytical process products which should be of definite and defined composition or structure.
- 2) **Indirect method:** follows the weight losses of the materials or their components.

التحليل الوزني يمثل عمليات تمكننا من قياس وزن المادة قيد التحليل او مكوناتها مباشرة عن طريق وزن نواتج عمليات التحليل او بصورة غير مباشرة عن طريق متابعة الفقدان في وزن المواد او مكوناتها.

**b. VOLUMETRIC ANALYSIS:****التحليل الحجمي:**

Indirect methods are used in this process to determine the weights of the materials or their components and include the following:

التحليل الحجمي تمثل طرائق غير مباشرة في قياس اوزان المواد او مكوناتها تتمثل في:

**1) Titration methods:****طرائق التسحيح:**

In these methods the volume of solutions of defined concentrations which is required to complete the reaction with the materials or their components is measured. From this volume of defined concentration and the knowledge of the balanced reaction equation one can estimate the concentration or the amount of the materials or their components. Indicators (Pigments such as phenolphthalein) are used to define the end point of the reaction (equivalent point).

These indicators show sudden and sharp change in physiochemical properties such as turbidity or color at the end point.

في طرائق التسحيح يتم حساب حجم المحلول ذو التركيز المعلوم اللازم لاكمال التفاعل مع المواد او مكوناتها ويستدل على انتهاء التفاعل عند نقطة الانتهاء باستخدام الدلائل ومنها الفينو لفتالين وهي مواد تعطي تغير حاد في احد الخواص الفيزيوكيميائية مثل اللون او العكورة.

**2) Gas analysis:****التحليل الغازي:**

In this method the amounts of consumed gases or the amounts of gas product as a result of the gas material reaction with other material are determined.

يتم قياس كمية الغاز المستهلك او الغاز الناتج عن عملية التحليل نتيجة لتفاعل المادة الغازية مع مواد اخرى.

**3) INSTRUMENTAL METHODS OF ANALYSIS****(Physiochemical methods of analysis):****طرائق التحليل الالي**

Determination of materials or their components can be performed using instruments that their measurements of certain properties such as conductivity, turbidity, potentiometry, color, refractive index, absorption at UV or visible region etc...provided these measurements depend on and relate to the concentration of the material or its components directly or indirectly.

تتضمن طرائق التحليل الالي استخدام الاجهزة لقياس المواد او مكوناتها باسلوب مباشر او غير مباشر ويتم عن طريق قياس احد الخواص كالتوصيلية، التعكيرية، القياسات الجهدية، اللون، معامل الانكسار و الامتصاص للاشعة فوق البنفسجية او المرئية بشرط ان تكون القياسات تناسبية مع التركيز.

A - Using of Conductivimeter to measure the conductivity of sample solution which is changing with variation in the component concentration.

استخدام جهاز قياس التوصيلية لقياس التوصيل الكهربائي الذي يتناسب طردياً مع التركيز.

B - Using of potentiometer to measure the potential of an electrode which is in equilibrium with the sample solution.

استخدام جهاز قياس الجهدية لقياس فرق الجهد للقطب الذي في حالة توازن مع محلول المادة.

C - Using of UV-visible spectrometer to measure the absorbance of radiation at a wave length that relate to the component directly or to the compound formed by its reaction with a reagent.

استخدام مطياف الاشعة فوق البنفسجية والمرئية لقياس الامتصاص عند طول موجي خاص بالمادة او المركب المتكون من تفاعلها او مكوناتها مع الكاشف.

### **STEPS OF CHEMICAL ANALYSIS:**

### **خطوات التحليل الكيميائي:**

There are a general steps for any analysis process, a modifications in these steps depend on nature, size, and complicity of the sample, the accuracy required and availability of reagents chemicals equipments and apparatus

### **STEP 1: CHOICE OF THE METHOD:**

### **اختيار الطريقة**

The selected method should be suitable to the nature of the sample, number of samples and accuracy required. Some samples like archaeological or forensic samples need a nondestructive method to keep the samples without destruction.

تعتمد الطريقة على طبيعة النموذج وعدد النماذج ودرجة الدقة في التحليل وبعض النماذج الاثرية والجرمية تحتاج طرائق تحليل لا اتلافية لغرض الحفاظ عليها كما هي.

**STEP 2: SAMPLING:****اختيار العينات او النماذج:**

Sampling is a very important criterion. It is the fraction of the material with which he plans to work. It is truly representative the whole of it. If the material is big many samples are selected and collected.

اختيار العينات خطوة حرجة و مهمة جداً. فالعينة تمثل جزء المادة المخطط للعمل فيه. وهو حقيقية يمثل كل العينة. وفي حالة كون المادة المراد تحليلها كبيرة فيمكن اخذ عدة عينات ومن ثم جمعها.

**STEP 3: PREPARING OF LABORATORY SAMPLE:****تحضير النموذج المختبري**

The field sample is treated to prepare the laboratory sample required for the analysis.

1. Producing a homogenized sample by crashing, grinding and mixing.
2. Decreasing the size of the material sample granules.
3. Turning the sample into a phase and formula can be attacked by reagent.
4. Care should be taken to avoid the interferences or any other factors affecting the estimation such as contamination.

يتم معاملة النموذج لتحضير النموذج المختبري بالسحق والطحن والخلط وتقليل حجم اجزاء المادة وتحويلها الى هيئة جاهزة للتفاعل مع الكاشف، كما ويتوخى الحذر من التداخلات التي تسببها المكونات الاخرى للمادة او اية عوامل اخرى تؤدي الى التداخل كتلوث النموذج.

**STEP 4: PROCUREMENT OF MEASURED QUANTITY OF THE SAMPLE:****قياس كمية من النموذج**

If the sample is solid certain weight of the dried homogenized sample is taken using calibrated balance. If it is liquid certain volume is taken.

يتم وزن جزء من النموذج اذا كان صلب او يؤخذ حجم معين من النموذج السائل لاغراض التحليل.

## **STEP 5: DISSOLUTION OF THE MEASURED SAMPLE:**

### اذابة النموذج المقاس:

A suitable solvent is selected to dissolve the sample completely and within short time. The sample should not interfere in the analysis. Water is a magic solvent for almost all the inorganic materials and some of the organic materials. Organic materials require organic solvents like alcohols, carbontetrachloride and chloroform. Fusion is used for melting samples do not dissolve in solvents.

يتم اذابة النموذج تماماً وبوقت قصير وبشرط ان لايتد اخل المذيب. والماء المذيب الافضل للمواد اللاعضوية في حين تحتاج المواد العضوية الى مذيبات عضوية كالكحولات والكلوروفورم.

## **STEP 6: SEPARATION OF THE INTERFERING SUBSTANCES.**

### فصل المواد المتداخلة

To measure the sample freely from interferences by other components certain steps should be taken such as separation or using masking agents.

يتم استخدام الفصل الكيميائي واستخدام المواد الماسكة لتجنب التداخل في قياس النموذج.

## **STEP 7: COMPLETION OF THE ANALYSIS**

### اتمام التحليل

This step concern with the measurement of the substance or component under consideration precisely using a suitable method by precipitation or color formation, titration etc.

تهتم هذه الخطوة وباستخدام وسيلة مناسبة بالترسيب او تكوين اللون او التسحيح الخ بقياس المادة او جزء المادة بدقة.

## **STEP 8: CALCULATIONS AND DATA ANALYSIS:**

### الحسابات وتحليل النتائج

From the numeric results obtained by measurements the final result is calculated using the weight of the analyzed sample. The final results may be evaluated by statistic analysis.

يتم حساب التركيز باستخدام نتائج القياسات ووزن او حجم النموذج الذي تم تحليله كما ويتم تقويم النتائج احصائياً.

## Calculation of Equivalent weight

### حساب الوزن المكافئ

#### 1- Acids:

#### 1- الحوامض:

$$eq.wt(acid) = \frac{M.Wt}{no. of hydrogen atoms ionized (H^+)}$$

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي للحمض}}{\text{عدد ذرات الهيدروجين المتأينة}} = \text{الوزن المكافئ للحمض}$$

Ex. Calculate the Equivalent weight for hydrochloric and Sulfuric acid

$$\text{Atomic Weight} = \text{Cl} = 35.5 \quad \text{H} = 1 \quad \text{O} = 16 \quad \text{S} = 32$$

$$eq.wt(Acid) = \frac{M.Wt}{no. of hydrogen atoms ionized (H^+)}$$

$$\text{HCl} \quad M.Wt = 1 + 35.5 = 36.5 \text{ g/mole}$$

$$eq.wt = \frac{36.5}{1} = 36.5$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \quad M.Wt = (2 \times 1) + (1 \times 32) + (4 \times 16) = 98 \text{ g/mole}$$

$$eq.wt = \frac{98}{2} = 49$$

#### 2-Bases :

#### 2- القواعد:

$$eq.wt(Base) = \frac{M.Wt}{no. of hydroxide atoms ionized (OH^-)}$$

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي للقاعدة}}{\text{عدد ذرات الهيدروكسي المتأينة}} = \text{الوزن المكافئ للقاعدة}$$

**Ex: Calculate the Equivalent weight for Sodium hydroxide**

Atomic Weight =H=1 O=16 Na= 23 Al=27

$$eq. wt(Base) = \frac{M.Wt}{no. of hydroxide atoms ionized (OH^-)}$$

NaOH  $M.Wt = 23 + 1 + 16 = 40 \text{ g/mole}$ 

$$eq. wt = \frac{40}{1} = 40$$

Al(OH)<sub>3</sub>  $M.Wt = 27 + (3 \times 1) + (3 \times 16) = 78 \text{ g/mole}$ 

$$eq. wt = \frac{78}{3} = 26$$

**3- Salts:****3- الأملاح:**

$$eq. wt(salt) = \frac{M. wt}{no. of cations \times oxidation number of cations}$$

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي للملح}}{\text{عدد ذرات الفلز } \times \text{ عدد}} = \text{الوزن المكافئ للملح}$$

**Ex: Calculate the Equivalent weight for Calcium chloride and Ferric sulfate.** Atomic Weight: Ca=40 Cl=35.5 S = 32 Fe= 56 O=16 H=1

$$eq. wt(salt) = \frac{M. wt}{no. of cations \times oxidation number of cations}$$

CaCl<sub>2</sub>  $M. wt = 40 + (2 \times 35.5) = 111 \text{ g/mole}$ 

$$eq. wt = \frac{111}{2 \times 1} = 55.5$$

Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>  $M. wt = (2 \times 56) + (3 \times 32) + (12 \times 16) = 400 \text{ g/mole}$ 

$$eq. wt = \frac{400}{3 \times 2} = 66.667$$



#### 4- Oxidizing and Reducing Agent: 4 – العامل المؤكسد والعامل المختزل:

$$eq. wt(\text{Oxidizing Agent}) = \frac{M. wt}{no. of electrons gained}$$

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{عدد الالكترونات المكتسبة}} = \text{الوزن المكافئ للعامل المؤكسد}$$

$$eq. wt(\text{Reducing Agent}) = \frac{M. wt}{no. of electrons lost}$$

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{عدد الالكترونات المفقودة}} = \text{الوزن المكافئ للعامل المختزل}$$

#### Ex: Calculate the Equivalent weight for $\text{KMnO}_4$

$$\text{Atomic Weight} = \text{K} = 39 \quad \text{Mn} = 55 \quad \text{O} = 16$$



نلاحظ من المعادلة السابقة حدوث اكتساب للألكترونات أي أن  $\text{KMnO}_4$  عامل مؤكسد.

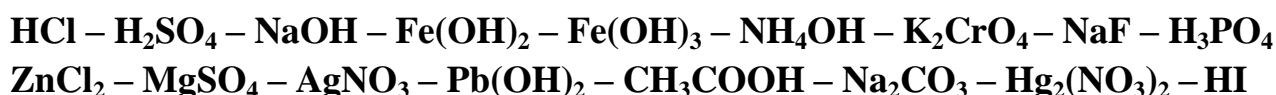
$$eq. wt(\text{Oxidizing Agent}) = \frac{M. wt}{no. of electrons gained}$$

$$\text{KMnO}_4 \quad M. wt = 39 + 55 + (4 \times 16) = 158 \text{ g/mole}$$

$$eq. wt = \frac{158}{5} = 31.6$$

#### Ex: Calculate the Equivalent weight for Compounds below.

أسئلة: احسب الوزن المكافئ للمركبات الآتية:



Methods of expression of concentrationsطرائق التعبير عن التراكيز1-Molarity :1- المولارية:

Number of grams molecular weight (moles) of solute per liter of solution.

وتعرف بأنها عدد الاوزان الجزيئية الغرامية (moles) من المادة المذابة في لتر من المحلول.

$$M = \frac{\text{number of moles}}{V(\text{liter})} \quad M = \frac{n}{V(\text{liter})} \quad \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم}} = M$$

$$n = \frac{Wt}{M.Wt} \quad \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{الوزن}} = \text{عدد المولات}$$

$$M = \frac{\text{no. of millimoles}}{VmL} \quad \frac{\text{عدد المليمولات}}{VmL} = M$$

$$M = \frac{Wt}{M.Wt} \times \frac{1000}{VmL}$$

حيث:  $Wt$  يمثل وزن المادة المذابة بالغرام،  $M.Wt$  يمثل الوزن الجزيئي للمادة المذابة،  $VmL$  حجم المحلول بالمليتر.

Units: mole/L , mmole/mL

Ex: How many grams of 0.125 M  $\text{AgNO}_3$  used to prepare 500ml of its solution.

(  $M.Wt = 169.9 \text{ g/mole}$  )

$$M = \frac{Wt}{M.Wt} \times \frac{1000}{VmL} \quad \Rightarrow \quad 0.125 = \frac{Wt}{169.9} \times \frac{1000}{500}$$

$$Wt = \frac{M \times M.Wt \times Vml}{1000}$$

$$Wt = \frac{0.125 \times 169.9 \times 500}{1000} = 10.619 \text{ g}$$

**Ex: Calculate the Molarity (M) of solution result from dissolving 20 g of Sodium hydroxide in 2 Liters of solution. Na = 23 , O = 16 , H = 1**

$$M = \frac{n}{V(\text{liter})} \quad \text{NaOH} \quad M.Wt = 23 + 16 + 1 = 40g/\text{mole}$$

$$n = \frac{Wt}{M.Wt} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ mole} \Rightarrow M = \frac{0.5}{2} = 0.25M$$

$$\text{or: } M = \frac{Wt}{M.Wt} \times \frac{1000}{VmL} \Rightarrow M = \frac{20}{40} \times \frac{1000}{2000} = 0.25M$$

$$\text{or } M = \frac{Wt}{M.Wt} \times \frac{1}{VL} \Rightarrow M = \frac{20}{40} \times \frac{1}{2} = 0.25M$$

## 2-Normality:

2 - (العيارية) :

Number of gram equivalent weight of solute per liter of solution

وتعرف بأنها عدد المكافئات الغرامية من المذاب في لتر من المحلول.

$$N = \frac{\text{number of equivalent}}{V(\text{liter})} \quad N = \frac{\text{no. of eq}}{V(\text{liter})} \quad \frac{\text{عدد المكافئات الغرامية}}{\text{الحجم}} = N$$

$$\text{no. of eq} = \frac{Wt}{eq. wt} \quad \frac{\text{الوزن بالغرام}}{\text{الوزن المكافئ}} = \text{عدد المكافئات الغرامية}$$

$$N = \frac{\text{no. of meq}}{VmL} \quad \frac{\text{عدد المليمول المكافئات الغرامية}}{\text{الحجم}} = N$$

$$N = \frac{Wt}{eq. wt} \times \frac{1000}{VmL}$$

حيث:  $Wt$  يمثل وزن المادة المذابة بالغرام،  $eq. Wt$  يمثل الوزن المكافئ للمادة المذابة،  $VmL$  حجم المحلول بالمليتر.

Units: eq /L , meq/mL

**Ex: How many grams of 0.2 N Sodium carbonate in 250 ml solution.**

(M.Wt =106g / mole)

$$eq. wt(salt) = \frac{M. wt}{no. of cations \times oxidation number of cations}$$

$$eq. wt (Na_2CO_3) = \frac{106}{2 \times 1} = 53 \text{ g/eq}$$

$$N = \frac{Wt}{eq. wt} \times \frac{1000}{VmL}$$

$$0.2 = \frac{Wt}{53} \times \frac{1000}{250} \quad \Rightarrow \quad Wt = \frac{0.2 \times 53 \times 250}{1000} = 2.650 \text{ g}$$

**Ex: Calculate the normality (N) of solution result from dissolving 0.5 g of Cu(OH)<sub>2</sub> in 100 mL of distilled water.**

Cu =63.5 O=16 H=1

$$Cu(OH)_2 \quad M. wt = 63.5 + (2 \times 16) + (2 \times 1) = 97.5 \text{ g/mole}$$

$$eq. wt(base) = \frac{M. Wt}{no. of OH ions ready to substituted}$$

$$\frac{97.5}{2} = 48.75$$

$$N = \frac{Wt}{eq. wt} \times \frac{1000}{VmL} \quad \Rightarrow \quad \frac{0.5}{48.75} \times \frac{1000}{100} = 0.103 \text{ N}$$

### 3-Formality:

### 3- الفورمالية:

Number of gram formula weight of solute per liter of solution

هي عدد اوزان الصيغة الغرامية للمذاب في لتر من المحلول.

$$F = \frac{\text{number of formula weight}}{V(\text{liter})}$$

$$\frac{\text{عدد بالتران الصيغة الغرامية}}{\text{الحجم}} = F$$

$$F = \frac{\text{no. of fw}}{V(\text{liter})}$$

$$\text{no. of fw} = \frac{Wt}{g. fw} \quad \frac{\text{الوزن بالجرام}}{\text{وزن الصيغة الغرامية}} = \text{عدد اوزان الصيغة الغرامية}$$

$$F = \frac{\text{no. of milliformula weight}}{VmL} \quad F = \frac{\text{no. of m. fw}}{VmL}$$

$$F = \frac{Wt}{g. fw} \times \frac{1000}{VmL}$$

حيث:  $Wt$  يمثل وزن المادة المذابة بالغرام،  $fw$  يمثل وزن الصيغة للمادة المذابة،  $VmL$  حجم المحلول بالمليتر.

Units: fw/L , mfw/mL

#### 4-Molality:

#### 4- المولالية:

Number of Moles of solute per Kilogram (1000g) of solvent

تمثل عدد مولات المذاب في كيلو غرام (1000 غم) من المذيب.

$$m = \frac{\text{number of moles of solute}}{Wt. solvent. (Kg)} \quad \frac{\text{عدد كيلو لترات المذاب}}{\text{وزن المذيب ( )}} = m$$

$$m = \frac{Wt}{M. Wt} \times \frac{1000}{Wt. solvent. (g)}$$

Units: Mole/kg or mmole/g

Ex: Calculate the molality (m) of solution result from dissolving 5 g of Sodium hydroxide in 250 g of distilled water. (M.Wt=40g/mole)

$$n = \frac{Wt}{M. Wt} = \frac{5}{40} = 0.125 \text{ mole}$$

$$Kg = 1000mg \Rightarrow 250g = 0.250Kg$$

$$m = \frac{\text{number of moles of solute}}{Wt. solvent. (Kg)} = \frac{0.125}{0.250} = 0.5m$$

$$\text{or: } m = \frac{Wt}{M. Wt} \times \frac{1000}{Wt. solvent. (g)} \quad M = \frac{5}{40} \times \frac{1000}{250} = 0.5m$$

**5- Mole Fraction:****5- الكسر المولي:**

The ratio between the number of moles of solute or solvent to the total number of moles of solute or solvent

هو النسبة بين عدد مولات المذاب او المذيب الى العدد الكلي لمولات المذاب والمذيب.

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

$$X_1 + X_2 = 1$$

حيث  $X_1$  تمثل الكسر المولي للمذاب،  $X_2$  الكسر المولي للمذيب،  $n_1$  عدد مولات المذاب،  $n_2$  عدد مولات المذيب.

**Ex: Calculate the mole fraction for A and B in its mixture if you know number of Moles of A = 18 moles and B= 40 moles**

$$X_1 = \frac{18}{18 + 40} = 0.310 \quad X_2 = \frac{40}{18 + 40} = 0.690$$

**6- Percentage Ratio:****6- التركيز المئوي النسبة المئوية:**

**A- Weight Volume Percentage Concentration: No. of g of solute in 100ml of solution**

أ - النسبة المئوية الوزنية الحجمية : عدد غرامات المذاب في 100 مليلتر من المحلول.

$$\%W/V = \frac{\text{Wt}_g \text{ of solute}}{\text{V}_{\text{mL}} \text{ of solution}} \times 100$$

$$100 \times \frac{\text{وزن المذاب بالغرام}}{\text{حجم المحلول بالمليلتر}} = \%W/V$$

### B- Volume Percentage Concentration: No. of mL of solute in 100 mL of solution

ب - النسبة المئوية الحجمية: عدد مليلترات المذاب في 100 مليلتر من المحلول.

$$\% V/V = \frac{V_{\text{mL of solute}}}{V_{\text{mL of solution}}} \times 100$$

$$100 \times \frac{\text{حجم المذاب بالمليلتر}}{\text{حجم المحلول بالمليلتر}} = \% V/V$$

ملاحظة: حجم المحلول = حجم (المذاب + المذيب)

### C- Weight Percentage Concentration: No. of g of solute in 100 g of solution.

ج- النسبة المئوية الوزنية: عدد غرامات المذاب في 100 غرام من المحلول.

$$\% W/W = \frac{Wt_{\text{g of solute}}}{Wt_{\text{g of solution}}} \times 100$$

$$100 \times \frac{\text{وزن المذاب بالغرام}}{\text{وزن المحلول بالغرام}} = \% W/W$$

ملاحظة: وزن المحلول = وزن (المذاب + المذيب)

**Ex: Calculate the percentage ratio for solution result from dissolving 5 g of Sodium hydroxide in 0.25 L of solution**

$$\% W/V = \frac{Wt_{\text{g of solute}}}{V_{\text{mL of solution}}} \times 100 = \frac{5}{250} \times 100 = 2\%$$

**Ex: Calculate the percentage ratio for solution result from addition of 200 mL of Methanol to 400 mL distilled water.**

$$\% V/V = \frac{V_{\text{mL of solute}}}{V_{\text{mL of solution}}} \times 100$$

$$\% V/V = \frac{200}{200 + 400} \times 100 = 33.333\%$$

**Ex: Calculate the No. of g of glucose solution in 800 mL industrial solution, if its percentage ratio is 15%**

$$\%W/V = \frac{\text{Wt}_g \text{ of solute}}{\text{V}_{\text{mL}} \text{ of solution}} \times 100$$

$$15 = \frac{\text{Wt}_g \text{ of glucose}}{800} \times 100 = 120\text{g}$$

**7- جزء لكل الف جزء (ppt) Parts per thousandth**

$$\text{ppt} = \frac{\text{Wt. of solute (وزن المذاب)}}{\text{Wt. of solution (وزن المحلول)}} \times 10^3$$

**8-Parts per million (ppm):**

**8- جزء لكل مليون جزء:**

$$\text{ppm} = \frac{\text{Wt. of solute (وزن المذاب)}}{\text{Wt. of solution (وزن المحلول)}} \times 10^6$$

**9-Parts per billion (ppb):**

**9- جزء لكل بليون جزء:**

$$\text{ppb} = \frac{\text{Wt. of solute (وزن المذاب)}}{\text{Wt. of solution (وزن المحلول)}} \times 10^9$$

**Gram (g) = 1000 Milligram (mg)**

**Milligram (mg) = 1000 Microgram (µg)**

**Microgram (µg) = 1000 Nanogram (ng)**

**Liter (L) = 1000 Milliliter (mL)**

**Milliliter (mL) = 1000 Microliter (µL)**

**Microliter (µL) = 1000 Nanoliter (nL)**



الأجزاء	سائل في سائل	صلب في سائل	صلب في صلب
ppt	mL/L = $\mu$ L/mL	g/L = mg/mL	g/kg = mg/g
ppm	$\mu$ L/L = nL/mL	mg/L = $\mu$ g/mL	mg/kg = $\mu$ g/g
ppb	nL/L	$\mu$ g/L = ng/mL	$\mu$ g/kg = ng/g

## 10 – يمكن استخدام القوانن الاتية لأيجاد تراكيز المحاليل السائلة من معرفة نسبتها المئوية

### ووزنها النوعي.

$$M = \frac{\% \times sp. gr \times 1000}{M. Wt} \quad \frac{\% \text{ الوزن النوعي} \times 1000}{\text{الوزن الجزيئي}} = M$$

$$N = \frac{\% \times sp. gr \times 1000}{eq. wt} \quad \frac{\% \text{ النسبة المئوية} \times 1000}{\text{الوزن المكافئ}} = N$$

$$F = \frac{\% \times sp. gr \times 1000}{g. fw} \quad \frac{\% \text{ النسبة المئوية} \times 1000}{\text{وزن الصيغة}} = F$$

### Also these laws:

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$F_1 V_1 = F_2 V_2$$

$$d = \frac{Wt(g)}{Vml}$$

$$\frac{\text{الكتلة بالغرام}}{\text{الحجم بالمليتر}} = \text{علمًا انه الكثافة}$$

$$\frac{\text{كثافة المولدة}}{\text{كثافة}} = \text{الوزن النوعي للمادة خالي من الوحدات : الوزن النوعي}$$

**Ex: Calculate the normality (N) of solution result from dilution 100mL of 0.25 N Nitric Acid to 250mL.**

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$0.25 \times 100 = N_2 \times 250 \quad \Rightarrow \quad N_2 = 0.1N$$

**Ex: How can you prepare 0.1 N of 250 mL Sulfuric Acid if you know Sp. Gr. 1.84, percentage ratio 96% and M.Wt. 98 g/mole**

$$eq. wt(acid) = \frac{M. Wt}{no. of H ions ready to substituted}$$

$$\frac{98}{2} = 49$$

$$N = \frac{\% \times sp. gr \times 1000}{eq. wt} = \frac{0.96 \times 1.84 \times 1000}{49} = 36.049N$$

وهذا يمثل تركيز الحامض الاصلي ولتحضير محلول تركيزه 0.1 N وحجمه 250 مل نطبق قانون التخفيف.

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$36.049 \times V_1 = 0.1 \times 250$$

$$V_1 = 0.694 \text{ mL}$$

اي نسحب 0.694 مل من الحامض الاصلي ونضعه في قنينة حجمية ذات سعة 250 مل فيها كمية قليلة من الماء المقطر، ثم نكمل الحجم الى العلامة بالماء المقطر.

**By add 0.694 mL of acid and in 250 mL volumetric flask then complete the volume up to the mark with distilled water.**

**Q:**

**سؤال**

**How can you prepare 0.5 N of 500 mL Hydrochloric Acid if you know Sp. Gr. 1.184, percentage ratio 37% and A.Wt. H=1 Cl=35.5**

### Solved questions on concentrations

**Q1- What is the formal concentration of NaCl solution (M.Wt 58.5 g/mole) if 0.1735 g of the salt dissolved in sufficient amount of water to give 240mL of solution?**

$$F = \frac{Wt}{g.fw} \times \frac{1000}{VmL}$$

$$F = \frac{0.1735}{58.5} \times \frac{1000}{240}$$

$$= 0.0125 F (mfw/mL)$$

**Q2- Calculate the molality (m) of a solution which is 10% by weight NaOH (M.Wt 40g/mole), supposing that we take 100gm of solution.**

In 100 g of solution: 10g NaOH + 90 g H<sub>2</sub>O

$$m = \frac{Wt}{M.Wt} \times \frac{1000}{Wt.solvent.(g)}$$

$$m = \frac{10}{40} \times \frac{1000}{90} = 2.778 m (mmole/g)$$

**Q3- Calculate the molarity and normality of a solution containing 10.6g of sodium carbonate Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (M.Wt 106g/mole) in one liter of aqueous solution?**

$$M = \frac{n}{V(liter)} \quad n = \frac{Wt(g)}{M.Wt} = \frac{10.6}{106} = 0.1 \text{ mole}$$

$$M = \frac{0.1}{1} = 0.1M (mole/L)$$

or: 
$$M = \frac{Wt}{M.Wt} \times \frac{1000}{VmL}$$

$$M = \frac{10.6}{106} \times \frac{1000}{1000} = 0.1M (mmole/mL)$$

$$eq. wt(salt) = \frac{M. wt}{no. of cations \times oxidation number of cations}$$

$$eq. wt (Na_2CO_3) = \frac{106}{2 \times 1} = 53 \text{ g/eq}$$

$$N = \frac{no. of eq}{V(liter)}, \quad no. of eq = \frac{Wt}{eq. wt} = \frac{10.6}{53} = 0.2 \text{ eq}$$

$$N = \frac{0.2}{1} = 0.2 \text{ N(eq/L)}$$

$$\text{Or: } N = \frac{Wt}{eq. wt} \times \frac{1000}{VmL} = \frac{10.6}{53} \times \frac{1000}{1000} = 0.2 \text{ N(meq/mL)}$$

**Q4- 16 gram of KNO<sub>3</sub> is dissolved in 84 g of water to give 16%(w/w) KNO<sub>3</sub> solution express the concentration in ppm.**

$$ppm = \frac{wt \text{ of solute}}{wt \text{ of solution}} \times 10^6 = \frac{16g}{84g} \times 10^6 = 0.1905 \times 10^6 \text{ ppm } (\mu\text{g/g})$$

**Q5- Calculate the number of grams of solute in:**

**a- 1 liter of 0.2 N Ba(OH)<sub>2</sub> solution.**

**b- 5 liter of 0.2 N (NaOH) solution.**

**a-**

**M.Wt**

$$eq. wt(Base) = \frac{M. Wt}{no. of hydroxide atoms ionized (OH^-)}$$

$$eq. wt Ba(OH)_2 = \frac{171}{2} = 85.5 \text{ g/eq}$$

$$N = \frac{Wt}{eq. wt} \times \frac{1000}{VmL} \Rightarrow Wt = \frac{N \times eq. wt \times Vml}{1000}$$

$$Wt = \frac{0.2 \times 85.5 \times 1000}{1000} = 17.1 \text{ g}$$

$$\text{b- } \text{eq.wt(Base)} = \frac{M.Wt}{\text{no. of hydroxide atoms ionized (OH}^-)} \text{ } \underline{\hspace{10em}}$$

$$\text{eq.wt NaOH} = \frac{40}{1} = 40 \text{ g/eq}$$

$$N = \frac{Wt}{\text{eq.wt}} \times \frac{1000}{VmL} \Rightarrow Wt = \frac{N \times \text{eq.wt} \times Vml}{1000}$$

$$Wt = \frac{0.2 \times 40 \times 5000}{1000} = 40 \text{ g}$$

**Q6- How can you prepare:**

a- 250 mL of 0.25 F HCl, if sp. gravity of HCl = 1.184 and containing about 37% HCl by weight.

b- 250 ml of 0.1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. if sp. Gravity = 1.84 and containing about 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

a-

$$F = \frac{\% \times \text{sp. gr} \times 1000}{g.fw} = \frac{0.37 \times 1.184 \times 1000}{36.5} = 12.002F$$

وهذا يمثل تركيز الحامض الاصلي ولتحضير محلول تركيزه 0.25 F وحجمه 250 مل نطبق قانون التخفيف.

$$F_1V_1 = F_2V_2$$

$$12.002 \times V_1 = 0.25 \times 250$$

$$V_1 = \frac{0.25 \times 250}{12.002} = 5.207 \text{ mL}$$

اي نسحب 5.207 مل من الحامض الاصلي ونضعه في قنينة حجمية ذات سعة 250 مل فيها كمية قليلة من الماء المقطر، ثم نكمل الحجم الى العلامة بالماء المقطر.

By add 5.207 mL of acid and in 250 mL volumetric flask then complete the volume up to the mark with distilled water.

b-

$$M = \frac{\% \times sp. gr \times 1000}{M. Wt} = \frac{0.96 \times 1.84 \times 1000}{98} = 18.024M$$

وهذا يمثل تركيز الحامض الاصلي و لتحضير محلول تركيزه 0.1 M وحجمه 250 مل نطبق قانون التخفيف.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$18.024 \times V_1 = 0.1 \times 250$$

$$V_1 = \frac{0.25 \times 250}{18.024} = 1.387 \text{ mL}$$

اي نسحب 1.387 مل من الحامض الاصلي ونضعه في قنينة حجمية ذات سعة 250 مل فيها كمية قليلة من الماء المقطر، ثم نكمل الحجم الى العلامة بالماء المقطر.

By add 1.378mL of acid and in 250 mL volumetric flask then complete the volume up to the mark with distilled water.

**Q7- Calculate the normality (N) of a 500 ml solution containing 20gms of NaOH (M.Wt 40 g/mole).**

$$N = \frac{Wt}{eq. wt} \times \frac{1000}{VmL} = \frac{20}{40} \times \frac{1000}{500} = 1N(meq/mL)$$

**Q8- Find the molarity (M) of NaCl solution if 1.17 % (w/v), M.Wt=58.5.**

% W/V = No. of grams of solute(1.17g) in 100 ml Of solution

$$M = \frac{Wt}{M. Wt} \times \frac{1000}{VmL}$$

$$M = \frac{1.17}{58.5} \times \frac{1000}{100} = 0.2M \text{ (mmole/mL)}$$

**Q9- Calculate the mole fraction of 15% by weight aqueous sugar solution (15% (w/w) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).**

**M.Wt:  $C_6H_{12}O_6 = 180 \text{ g/mole}$ ,  $H_2O = 18 \text{ g/mole}$**

In 100 g of solution: 15g  $C_6H_{12}O_6$  + 85 g  $H_2O$

$$\text{mole fraction of sugar } (X_1) = \frac{\text{No. of moles of sugar}}{\text{No. of moles of sugar} + \text{No. of moles of water}}$$

$$\text{mole fraction of water } (X_2) = \frac{\text{No. of moles of water}}{\text{No. of moles of sugar} + \text{No. of moles of water}}$$

Numbers of mole of  $C_6H_{12}O_6$  ( $n_1$ ) =

$$n_1 = \frac{Wt}{M.Wt} = \frac{15}{180} = 0.083 \text{ mole}$$

Numbers of mole of water ( $n_2$ ) =

$$n_2 = \frac{Wt}{M.Wt} = \frac{85}{18} = 4.722 \text{ mole}$$

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{0.083}{4.805} = 0.017 \text{ (mole fraction of sugar)}$$

$$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = \frac{4.722}{4.805} = 0.983 \text{ (mole fraction of water)}$$

$$X_1 + X_2 = 1$$

$$0.017 + 0.983 = 1$$

## Chemical equilibrium

### Chemical Reactions Divided into:

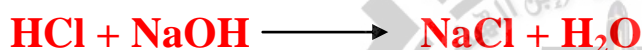
### تقسم التفاعلات الكيميائية الى:

#### 1- Irreversible Reactions:

#### 1 – التفاعلات الالاعكسية:

A chemical reaction that can occur in one direction reactions, so that the reactants are completely consumed in the reaction and shown by one arrow.

هي التفاعلات التي تجري في اتجاه واحد ويحدث فيها استهلاك تام لتراكيز المواد المتفاعلة وتحويلها إلى نواتج. ويمكن تمثيلها بسهم واحد في معادلة التفاعل.

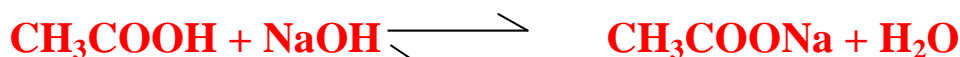


#### 2- Reversible Reactions:

#### 2 – التفاعلات العكسية:

A chemical reaction that can occur in both directions (the forward and backward directions), so that the reactants are incompletely consumed in the reaction and shown by two arrows

هي التفاعلات التي تجري في اتجاهيين ولا يحدث فيها استهلاك تام لتراكيز المواد المتفاعلة. وتمثل بسهمين في معادلة التفاعل.



Most of the reactions that are useful for chemical analysis proceed rapidly to a state of chemical equilibrium in which reactants and products exist in constant ratios. The knowledge of this ratio permits the chemists to decide whether the reaction is suitable for chemical analysis or not. Equilibrium constant expressions are algebraic equations that relate to the concentrations of reactants or

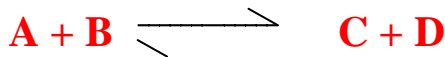


products .in a chemical reaction to one another in means of numerical quantity called equilibrium constant.

معظم التفاعلات المفيدة في التحليل تعمل سريعا على تحقيق الاتزان الكيميائي حيث تتواجد المتفاعلات والنواتج بنسب معينة. يعبر عن الاتزان الكيميائي بمعادلات جبرية تتعلق بتركيز المتفاعلات والنواتج في تفاعل ما مع بعضها بأسلوب عددي يسمى ثابت الاتزان.

Most of the reactions theoretically regarded as reverses reactions

Let's take this simple Reaction:



$$V_1 = k_1 \cdot C_A \cdot C_B$$

$$V_2 = k_2 \cdot C_C \cdot C_D$$

Rate of forward reaction  $V_1 =$  سرعة التفاعل الامامي

Rate of backward reaction  $V_2 =$  سرعة التفاعل الخلفي.

Rate Constant of forward reaction  $k_1 =$  ثابت سرعة التفاعل الامامي.

Rate Constant of backward reaction  $k_2 =$  ثابت سرعة التفاعل الخلفي.

Molar Concentration of: A,B,C,D = التراكيز المولارية لكل من  $C_{A,B,C,D}$

These double arrows refer to the reverse reaction At start, Rate of backward reaction equal zero, and when the reaction occur the concentration of C and D will increase, that's lead to an increase the Rate Constant of backward reaction, until reached the Equilibrium, the rate of both reactions become equals.

في البداية، تكون سرعة التفاعل العكسي (الخلفي) مساوية للصفر. وعند حدوث التفاعل مباشرة فإن تراكيز كل من C و D تبدأ في الزيادة وهذا يؤدي الى زيادة في سرعة التفاعل العكسي(الخلفي) لحين الوصول الى حالة التوازن والتي تتساوى فيها سرعتي كل من الفاعل الامامي والخلفي(العكسي)، وكما موضح من العلاقة الاتية:

$$k_1 \cdot C_A \times C_B = k_2 \cdot C_C \times C_D \quad \text{at Equilibrium} \quad \text{عند الأتزان}$$

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{C_C \times C_D}{C_A \times C_B}$$

At this point the reaction is called in equilibrium and no changes can be detected at this point in the system. Although it looks like the reaction is stopped but it is continuous in both sides.

عند التوازن تكون سرعة التفاعل متساوية بالاتجاهين وبالتالي لا ينتهي التفاعل وعلى الرغم من انه يبدو وكأن التفاعل متوقف إلا إن التفاعل مستمر بالاتجاهين .

Chemical equilibrium is dynamic in nature and chemical constant (k) is presented as follows :

$$K = \frac{[C] [D]}{[A] [B]}$$

[ ]=Concentration

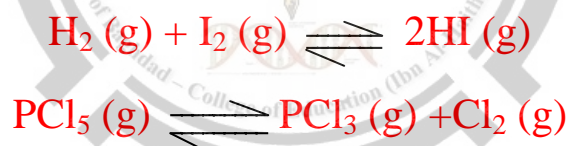
### Kinds of chemical equilibrium

### أنواع الاتزان الكيميائي

#### 1- Homogeneous system : النظام المتجانس

This system occur in one phase of reactants and product

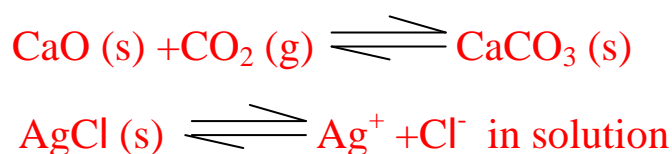
تكون المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور واحد



#### 2- Heterogeneous system : النظام الغير متجانس

This system occur in more than one phase of reactants and products.

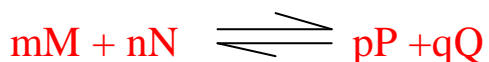
تكون المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في أكثر من طور واحد



### Mass action law:

### قانون فعل الكتلة :

This law is called also general law of chemical equilibrium. An equilibrium shift is brought about by changing the amount of one of the participants is called mass action effect .in the reverse reaction in their generalized equation .



Capital letters represents formula of participating chemical species and the small letters represent the numbers required for the equation balance.

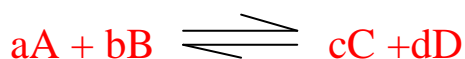
إضافة أي كمية من احد المساهمين في التفاعل ( المتفاعلات أو النواتج) يؤدي إلى انحراف بالاتزان ويسمى هذا بتأثير فعل الكتلة الحروف الكبيرة تشير إلى صيغ المساهمات الكيميائية أما الحروف الصغيرة فتشير إلى الأرقام اللازمة لموازنة المعادلة.

The approximate chemical equilibrium (equilibrium constant K) for this reaction is :

$$K = \frac{[P]^p [Q]^q}{[M]^m [N]^n}$$

Brackets represent molar concentration of dissolved solutes or partial pressure in atmosphere. Equilibrium constant (K) is a temperature dependent value. Each concentration is raised to the power that is identical integer that accompanies the formula of the species in the balanced equation .In reverse reactions the multiply yield of the activities of the products divided by the multiply yield of the reactants at certain temperature gives a constant value called equilibrium constant (K).

تعبّر الأوقواس عن التراكيز المولارية للأملاح الذائبة أو الضغط الجزئي بوحدات ضغط جوي ان قيمة ثابت الاتزان تعتمد على درجة الحرارة .يرفع كل تركيز إلى أس يساوي الرقم المصاحب لصيغة الأصناف في المعادلة المتوازنة . حاصل قسمة ناتج ضرب فعالية النواتج على حاصل ضرب فعالية المتفاعلات تساوي قيمة ثابت الاتزان.



$$K = \frac{aC^c \cdot aD^d}{aA^a \cdot aB^b}, K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Activities of,  $a C^c$ ,  $a D^d$ ,  $a A^a$

Molar concentrations of  $[C]^c$ ,  $[D]^d$ ,  $[A]^a$

$$a = c \cdot f$$

$a$  = activity *الفعالية*

$c$  = molar concentration *التركيز المولاري*

$f$  = activity factor *معامل الفعالية*

The value of  $f$  at diluted solution is approximately one and hence molar concentration is used instead of activity, also in gas reactions partial pressure is used instead of activity.

ان قيمة معامل الفعالية في المحاليل المخففة تقترب من واحد ولذا يستخدم التركيز المولاري بدلاً من الفعالية، اما في حالة التفاعلات الغازية فيستخدم الضغط الجزئي بدلاً عن الفعالية.

$$K_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

Partial pressures of  $P_A^a$ ,  $P_B^b$ ,  $P_C^c$ ,  $P_D^d$

$K_c$  or  $K_p$  is constant at certain temperature.

## LECHATELIERS PRINCIPLE

## قاعدة ليشاتليه

When the system in equilibrium any change in the values of equilibrium factors lead to a deviation in the system in a way to decrease the effect of this change. These factors are temperature, pressure, concentration, amount of solvent etc ....

When the system is subjected to such potential it direct the reaction toward the side decreases the effect of this potential .

عندما يكون النظام في حالة توازن فان تسليط جهد بتغيير في عوامل الاتزان كدرجة الحرارة أو الضغط أو التركيز أو كمية المذيب يوجه نظام التفاعل بالاتجاه الذي يقلل من تأثير هذا الجهد.

## Factors affecting the reaction equilibrium

### العوامل المؤثرة في اتزان التفاعل

#### 1- Temperature : درجة الحرارة

Reactions are of two types

Exothermic

باعث للحرارة

$\Delta H = (-)$  negative

endothermic

ماص للحرارة

$\Delta H = (+)$  positive

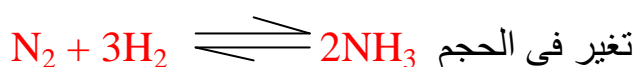


This reaction is exothermic (to the left ) and of course endothermic (to the right ) . forward reaction is exothermic and backward reaction is endothermic .when temperature increased the reaction proceed to left thus methanol concentration increases with decreasing temperature and K value increases also .

هذا التفاعل باعث للحرارة ويتوجه التفاعل نحو اليسار بزيادة درجة الحرارة ومع نقصانها يتجه التفاعل نحو اليمين ويزداد تركيز الميثانول وتزداد قيمة ثابت الاتزان .

#### 2- Pressure الضغط

Pressure has the high effect on ( K ) value in gas phase reaction. Increasing the pressure will decrease the volume and direct the reaction to the direction which cause reduction in the system reduction in total number of molecules.

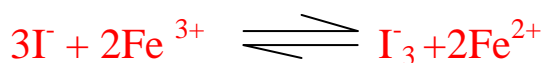


زيادة الضغط تؤدي إلى تقليل الحجم توجيه التفاعل بالاتجاه الذي يقلل من العدد الكلي للجزيئات.

#### 3- Concentration التركيز

K value depended on concentration of reactions and products.

Using lechatle principle one can predict the direction of the reaction.



If one of the participant concentrations is changed then the system will search for equilibrium .Adding  $\text{Fe}^{2+}$  to the solution will direct the reaction to the left.

تعتمد قيمة ثابت الاتزان على تركيز المتفاعلات والنواتج وفي التفاعل أعلاه إضافة ايون الحديدوز يوجه التفاعل نحو اليسار وحسب قاعدة ليشاتليه .

#### 4- Catalysts العوامل المساعدة

Catalysts can increase the velocity of the reaction and decreases the time required for obtaining equilibrium .but can not change equilibrium concentrations or constant.

العوامل المساعدة تسرع التفاعلات وتقلل من الزمن اللازم للوصول إلى الاتزان لكنها لا تغير تركيز أو ثابت الاتزان .

#### 5- Amount of solvent كمية المذيب

When the volume of the solvent increases the reaction is directed to the direction was the number of molecules is bigger.

زيادة كمية المذيب توجه التفاعل باتجاه الجهة التي تحتوي عدد اكبر من الجزيئات .

## SOLUBILITY OF PRECIPITATES

### ذوبانية الرواسب

Solubility is defined as the disappearing of atoms or molecules or ions of solute in solvent atoms or molecules. it is the amount of solute that dissolves in certain volume of solvent at certain temperature. Solubility depends on type of solvent and type of solute. All materials has certain solubility and even insoluble materials means the amount dissolved is very little. Water is the magic solvent and can

dissolve solute, acids and bases , some other organic materials require organic solvents.

تعرف الذوبانية على إنها اختفاء أجزاء المذاب بين أجزاء المذيب وهي كمية المادة التي تذوب في حجم معين من المذيب عند درجة حرارة معينة .تعتمد الذوبانية على نوع المذاب ونوع المذيب وكل المواد عموماً تذوب إلى حد معين وحتى المواد الغير ذائبة فأن كمية المذاب منها قليل جداً . الماء مذيب سحري للأملح والحوامض والقواعد في حين بعض المواد العضوية تحتاج إلى مذيبات عضوية .

## SOLUBILITY PRODUCT PRINCIPLE

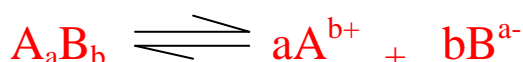
### مبدأ حاصل الإذابة

When 0.1M of NaCl solution is mixed with 0.1M of AgNO<sub>3</sub> solution, AgCl white precipitate is formed and will be in equilibrium with Ag<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions in the solution. This solution is called saturated with AgCl precipitate.



In this saturated solution the multiplication yield of [Ag] and [Cl] is constant at certain temperature. This constant value is called solubility product.

عند مزج محلولين لنترات الفضة و كلوريد الصوديوم يتكون راسب ابيض من كلوريد الفضة والذي يكون في حالة توازن مع ايوني الفضة و الكلور في محلول مشبع بالراسب .قيمة حاصل الإذابة تساوي حاصل ضرب تراكيز الايونات المتفاعلة مرفوعة إلى أس يساوي عدد الايونات في المعادلة المتوازنة عند درجة حرارة معينة للمحاليل المشبعة . إن تركيز الايونات قد يتغير إلا إن حاصل ضرب تراكيز هذه الايونات لا يتغير أي قيمه ثابتة ما دام الراسب موجود ودرجة الحرارة ثابتة .



$$K_{sp}(\text{A}_a\text{B}_b) = [\text{A}^{b+}]^a [\text{B}^{a-}]^b$$

Therefore solubility product of sparingly soluble salt is the multiplication yield of molar concentration of the ions in the solution

to the power of number of ions in the chemical equilibrium equation for the saturated solution .

From the above equations one can see that the concentration of ions may be changed but multiply yield of these ions is unchanged (constant) if the precipitate of the salt is present and the temperature is constant .

1- When  $[A]^a[B]^b \geq K_{sp}$  precipitation occur يتكون الراسب

2- When  $[A]^a[B]^b < K_{sp}$  precipitation not occur لا يتكون الراسب

### Factors affecting the solubility of precipitates

#### العوامل المؤثرة في ذوبانية الرواسب

Solubility is important factor in gravimetric analysis which requires pure material. This means there is a need for washing the precipitate to remove impurities and obtain pure precipitate .

عند الحصول على راسب يجب أن يكون الراسب نقي ولهذا تبرز الحاجة إلى غسل النموذج للتخلص من الشوائب والحصول على راسب نقي .

1 - Nature of the precipitate: If the attraction between solvent molecules and solute ions is higher than that between solute ions in the crystal then the salt is soluble.

طبيعة الراسب : إذا كان التجاذب بين أيونات المذاب أكبر منها بين أيونات المذاب و جزيئات المذيب فإن المذاب غير ذائب .

2 - Nature of solvent: Two properties of the solvent affecting the solubility of the solute, these are polarity and dielectric value . Solvent of more polarity means more attraction between solute ions and solvent molecules. The attraction at crystal surface decreases with higher electric constant of the solvent. Water as with high polarity and dielectric constant value is a good solvent for nearly all inorganic

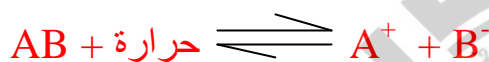


ionic salts .Organic solvents such as chloroform, alcohols are good solvents for organic salts (non polar compounds) .

طبيعة المذيب: هناك عاملان مهمان من خواص المذيب وهما القطبية وثابت العزل . إذا كانت القطبية عالية فان التجاذب بين ايونات المذاب وجزيئات المذيب وبالتالي أكثر ذوبانية أما فيما يتعلق بثابت العزل فكلما ازداد يقل التجاذب عند سطح البلورة . الماء كمذيب ذو قطبية عالية وقيمة ثابت عزل عالية من أفضل المذيبات للمركبات الأيونية في حين المذيبات العضوية هي الأفضل لإذابة المركبات الغير أيونية.

3 - Temperature : Higher temperature means higher solubility ; in water this solubility process in endothermic.

درجة الحرارة : زيادتها تزيد من الذوبانية كما أن عملية الإذابة في الماء عملية ماصة للحرارة



4 - Common ion effect: The ion that forms the precipitate is the common ion if the solvent contain these common ions. The solubility of the salts decreases compared with pure solvents. Other un common ions increases the solubility.

تأثير الايون المشترك : إذا كان هناك ايون في المذيب هو نفس احد ايونات المذاب عندها يتجه التفاعل نحو اليسار أي تقل الذوبانية مقارنة مع مذيب نقي لا يحتوي على الايون المشترك.

5 - pH value :The concentration of hydrogen ion and hydroxide ions affect the acidity of the solution and hence the solubility of sparingly soluble solute.

قيمة الدالة الحامضية : تؤثر هذه القيمة في تركيز ايونات الهيدروجين و الهيدروكسيد و حامضية المحلول وبالتالي ذوبانية الأملاح الشحيحة الذوبان.

## EXAMPLES AND APPLICATIONS OF SOLUBILITY PRODUCT

### أمثلة وتطبيقات حاصل الإذابة

The type of questions about  $K_{sp}$  values are limited and all of them related to the sparingly soluble salts saturated solutions that are in contact with an excess of non dissolved salts. The typical problems are of three types:

1. Calculation of  $K_{sp}$  value from the solubility of the salts.
2. Calculation of the solubility of the salt from  $K_{sp}$ .
3. Calculation of one ion concentration of the salt ions in saturated solution if the value of  $K_{sp}$  and the concentration of the other ion are known.

ان طبيعة الأسئلة الخاصة بحاصل الإذابة للأملاح شحيحة الذوبان في حالة تماس مع زيادة من الملح الغير مذاب. اما المسائل ذات العلاقة فتنتمن:

1. حساب حاصل الإذابة من ذوبانية الملح.
2. حساب ذوبانية الملح من معرفة حاصل الإذابة.
3. حساب تركيز احد الايونات للملح في محلول مشبع اذا كانت قيمة حاصل الإذابة وتركيز الايون الاخر معلومة.
- 4.

### a. Calculation of $K_{sp}$ value from the solubility of the salts.

حساب قيمة حاصل الإذابة من معرفة ذوبانية الملح.

**Ex.1.** If the solubility of  $AgBr = 2 \times 10^{-5}$  g/100ml at  $20^{\circ}C$ , calculate  $K_{sp}$  value? (M.Wt=187.8 g/mole)

The solubility should be calculated in unit of mole/liter

<u>Concentration</u>	<u>volume</u>
$2 \times 10^{-5}$	100 ml
×	1000 ml
$\times = \frac{2 \times 10^{-5} \times 1000}{100} = 2 \times 10^{-4} \text{ g/L}$	

Concentration mole/L = (solute weight (g)/L) / F. Wt

Or: Concentration mole/L = (solute weight (g)/L) / M.Wt

$$= \frac{2 \times 10^{-4}}{187.8} = 1.065 \times 10^{-6} \text{ mole/L}$$

This means that  $1.065 \times 10^{-6}$  mole of AgBr is dissolved in one liter of solution (available as ions). Therefore each liter of the solution contains:

$$[\text{Ag}^+] = 1.065 \times 10^{-6} \text{ mole/L}$$

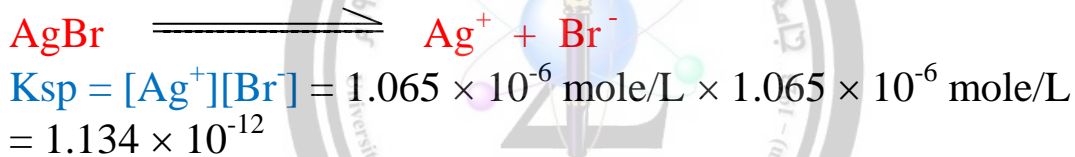
$$[\text{Br}^-] = 1.065 \times 10^{-6} \text{ mole/L} \quad 2 \times 10^{-5}$$

Or: M = mole/L

$$M = \frac{Wt}{M.Wt} \times \frac{1000}{VmL} \Rightarrow M = \frac{2 \times 10^{-5}}{187.8} \times \frac{1000}{100}$$

$$= 1.065 \times 10^{-6} \text{ mole/L}$$

Ksp can be calculated as follows:

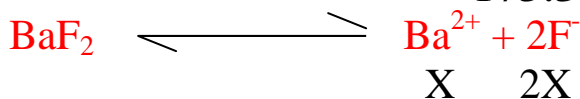


**Ex. 2.** If the solubility of BaF<sub>2</sub> at 20°C is 0.161g/100ml in water calculate Ksp value. (M. Wt = 175.36 g/mole)

Concentration	volume
0.161	100 ml

$$\times \quad 1000 \text{ ml} \times = \frac{0.161 \times 1000}{100} = 1.61 \text{ g/L}$$

$$\text{Concentration (mole/L)} = \frac{1.61}{175.36} = 0.00919 \text{ mole/L}$$



$$[\text{Ba}^{2+}] = 0.00919 \text{ mole/L}$$

$$[\text{F}^-] = 0.00919 \times 2 = 0.01838 \text{ mole/L}$$

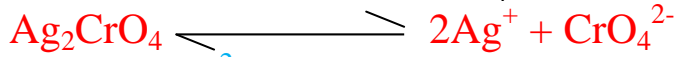
$$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{F}^-]^2 = 0.00919 \times (0.01838)^2 = 3.09 \times 10^{-6}$$

Since  $K_{sp} < [\text{Ba}^{2+}][\text{F}^-]$  then precipitation occur



حساب تركيز ايون من ايونات الملح بمعرفة تركيز الايون الاخر:

**Ex. 1:** Calculate the concentration of  $\text{Ag}^+$  ion in saturated solution of  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ( $K_{sp}=3.4 \times 10^{-12}$ ) if you know that the concentration of  $\text{CrO}_4^{2-}$  ion is  $2 \times 10^{-2}$  mole/L?



$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$3.4 \times 10^{-12} = [\text{Ag}^+]^2 \times 2 \times 10^{-2}$$

$$[\text{Ag}^+]^2 = \frac{3.4 \times 10^{-12}}{2 \times 10^{-2}} = 1.7 \times 10^{-10}$$

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{1.7 \times 10^{-10}}$$

$$[\text{Ag}^+] = 1.194 \times 10^{-5} \text{ mole/L}$$

COMMON ION EFFECTتأثير الايون المشترك

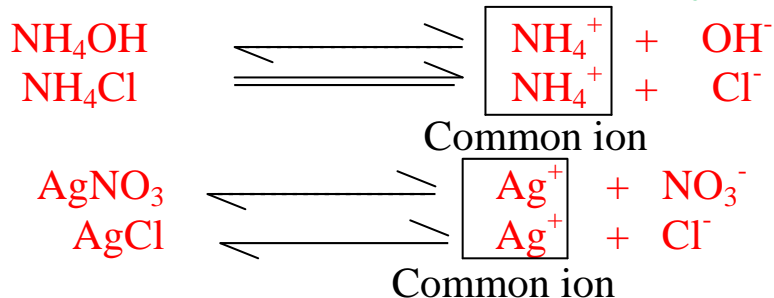
The common ion is the ion which is present in the solution and is obtained from two compounds or more. This leads to decreasing the concentration of the other ion at equilibrium provided the temperature and pressure are constant. Therefore precipitates are more soluble in water than in solutions containing one of the ions of the precipitates.

الايون المشترك هو الايون الموجود في المحلول ويستحصل عليه من اكثر من مركب

واحد ويؤدي وجوده الى التقليل من تركيز الايون الاخر عند الاتزان بشرط ثبوت درجة

الحرارة والضغط ولهذا فان الرواسب اكثر ذوبانية في الماء مقارنة بالمحاليل التي

تحتوي الايون المشترك.



When the concentrations of silver and chloride ions in the solution is  $1.0 \times 10^{-5}$  mole/L in water, then the addition of silver nitrate will increase silver ion concentration and in turn

concentration of chloride ion decreases since the reaction is directed to the left. By addition of a sufficient amount of silver nitrate  $\text{AgNO}_3$  the concentrations of silver ion and chloride ions will be  $1.0 \times 10^{-4}$  and  $1.0 \times 10^{-6}$  respectively and this will lead to the formation of  $\text{AgCl}$  according to Lechatlee principle. The common ion leads always to less solubility of the salt.

عندما يكون تركيز ايوني الفضة والكوريد  $1 \times 10^{-5}$  في المحلول فعند اضافة كمية كافية من نترات الفضة يتجه التفاعل نحو اليسار ويتكون راسب كلوريد الفضة حسب قاعدة ليشاتلية وبكل الاحوال يؤدي الايون المشترك الى التقليل من ذوبانية الملح. حيث ان اضافة كمية وافية من نترات الفضة تجعل تركيز ايون الفضة والكوريد  $1.0 \times 10^{-4}$  ،  $1.0 \times 10^{-6}$  على التوالي. أي يزداد تركيز  $\text{Ag}^+$  ويقل تركيز  $\text{Cl}^-$ .

**Ex:** Calculate the solubility of  $\text{CaF}_2$   $K_{sp} = 4.0 \times 10^{-11}$  in

1. Distilled water.
2. Solution of 0.01 M  $\text{CaCl}_2$ .
3. Solution of 0.01 M  $\text{NaF}$ .  $\times = \text{molar concentration}$

1.



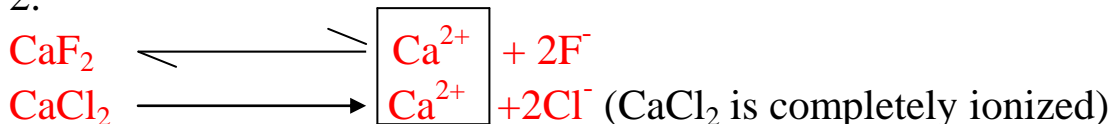
$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{F}^-]^2 = \times \cdot (2\times)^2 = 4\times^3$$

$$\times^3 = \frac{4.0 \times 10^{-11}}{4} = 1.0 \times 10^{-11}$$

$$\times = \sqrt[3]{1.0 \times 10^{-11}}$$

$$\times = 2.154 \times 10^{-4} \text{ mole/L}$$

2.



Common ion

$$[\text{Ca}^{2+}] = \times + 0.01$$

$$[\text{F}^-] = 2\times$$

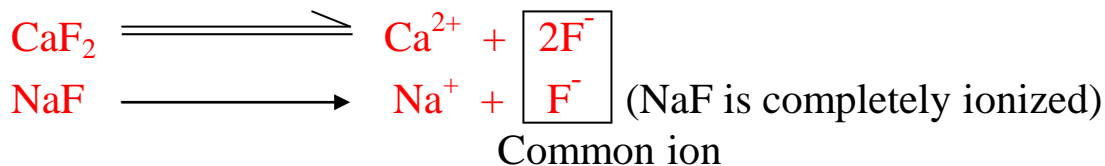
$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2 = (\times + 0.01)(2\times)^2 \quad \times \leq 0.01 \text{ تهمل}$$

$$4.0 \times 10^{-11} = 0.01 \times 4 \times^2 = 0.04 \times^2$$

$$\times^2 = \frac{4.0 \times 10^{-11}}{0.04} = 0.1 \times 10^{-10}$$

$$x = 3.16 \times 10^{-5} \text{ mole/L}$$

3.



$$[\text{Ca}^{2+}] = x$$

$$[\text{F}^-] = 2x + 0.01$$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2$$

$$4.0 \times 10^{-11} = (x) \cdot (2x + 0.01)^2$$

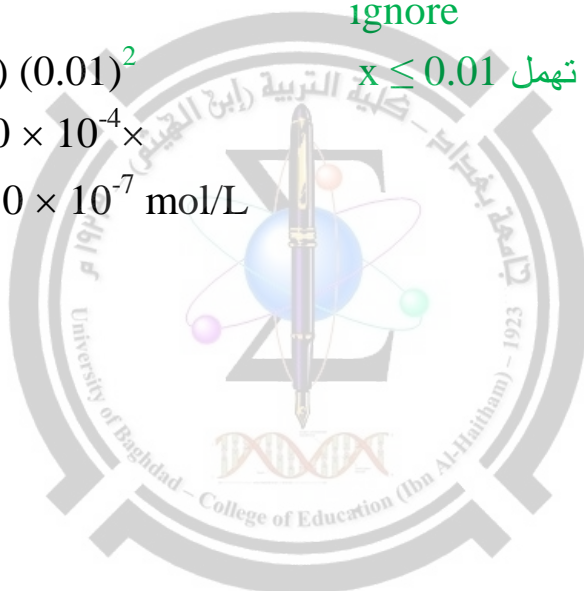
since  $2x$  is compared with  $0.01$  is negligible therefore it is ignore

$$4.0 \times 10^{-11} = (x) (0.01)^2$$

$x \leq 0.01$  تهمل

$$4.0 \times 10^{-11} = 1.0 \times 10^{-4} x$$

$$x = \frac{4.0 \times 10^{-11}}{1.0 \times 10^{-4}} = 4.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$



## IONIZATION EQUILIBRIUM

### الاتزان الايوني

It is the dynamic situation between ions released by weak electrolyte in their solutions with the electrolyte solution.

التوازن او الاتزان الايوني هو حالة ديناميكية بين الايونات التي يطلقها الكتروليت ضعيف في محاليلها مع المحلول الالكتروليتي

Materials in its aqueous solution classified into two types:

Electrolytes and non Electrolytes

تقسم المواد في محاليلها المائية الى قسمين الكتروليتية وغير الكتروليتية

Electrolytes divided into:

تقسم الالكتروليتات الى:

### A. Strong Electrolyte materials

### المواد الالكتروليتية القوية

Materials that totally ionized in their aqueous solutions are called strong electrolytes. These electrolytes are good electricity conductors, high solubility, such as strong acids and bases.

المواد الالكتروليتية القوية هي المواد التي تتأين كلياً في محاليلها المائية وتكون هذه المحاليل موصلة جيدة للتيار الكهربائي ومن هذه المواد الحوامض والقواعد القوية.



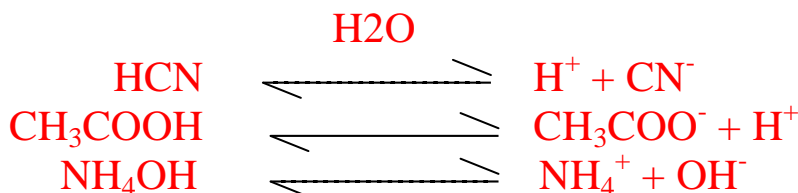
### B. Weak electrolyte materials

### المواد الالكتروليتية الضعيفة

Materials that partially ionized in their aqueous solutions, reaching ionic equilibrium called weak electrolytes. These electrolytes are weak electricity conductors such as weak acids and bases.

تدعى المواد التي تكون ذائبة جزئياً في المحاليل المائية بحيث تصل الى حالة التوازن الايوني والتي تكون محاليلها المائية ضعيفة التوصيل الكهربائي بالمواد الالكتروليتية الضعيفة مثل الحوامض والقواعد الضعيفة.



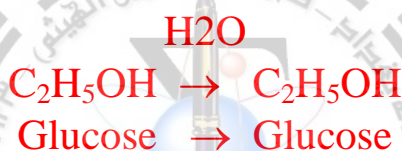


## NON ELECTROLYTE MATERIALS

### المواد اللاإلكتروليتية

These are the materials that do not release any ions in their aqueous solutions such as ethanol.

المواد اللاإلكتروليتية هي المواد التي لا تطلق أي أيون في محاليلها المائية مثل الإيثانول أو سكر الكلكوز.



## ACIDS AND BASES

### الحوامض والقواعد

#### 1. Arrhenius concept

Acid is a material that ionized in water to give hydrogen ion  
base is a material that ionized in water to give hydroxide ion.

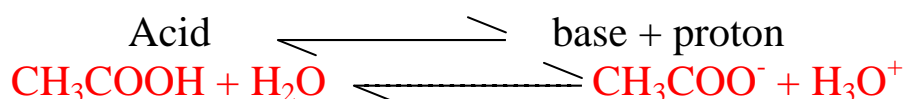
وفقاً لمبدأ أرهينيوس فإن الحامض هو المادة التي تتأين في الماء لتعطي أيون الهيدروجين  
في حين أن القاعدة هي المادة التي تتأين في الماء لتعطي أيون الهيدروكسيد.



#### 2. Bronsted and Lowry concept

Acid is any substance that is capable of donating proton  
base is any substance can accept a proton.

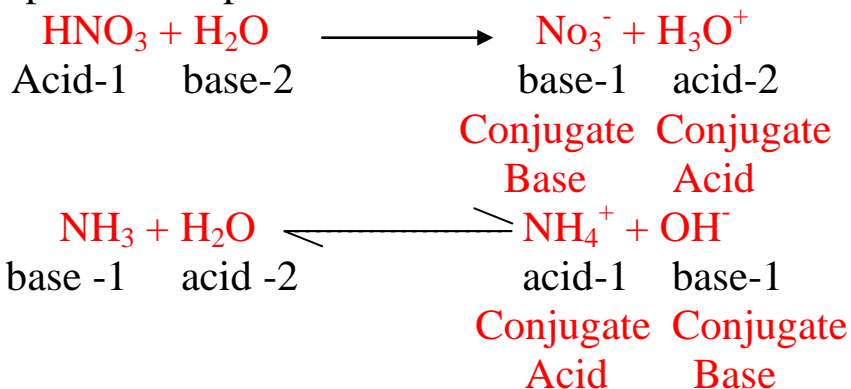
حسب مبدأ برونستد فإن الحامض هو أيّة مادة بإمكانها منح بروتون والقاعدة هي أيّة مادة  
قادرة على اكتساب البروتون.



Acid-1 base-2

base-1 acid-2

The proton donating character of an acid manifests it self only in the presence of a proton acceptor.



water is amphrotic solvent because it exhibits both acidic and basic properties.

يعتبر الماء مذيب امفوتيري لكونه يمتلك الخواص الحامضية والقاعدية

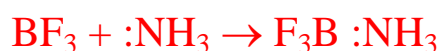
After an acid has donate a proton the species that remains is capable of accepting proton to reform the original acid then every acid is paired with its corresponding base which is called as conjugate base.

بعد ان يفقد الحامض البروتون يتحول الى صنف قادر على اكتساب البروتون ليعيد تكوين الحامض ويدعى هذا الصنف بالقاعدة القرينة.

### 3.Lewis Concept

Acid is any material capable of accepting pair of electrons such as  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$  base is any substance can donate pair of electrons such as  $\text{F}^-$ ,  $\text{NH}_3$ .

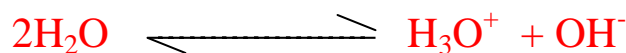
الحامض حسب مبدأ لويس هو أية مادة لها القابلية على تقبل زوج الكتروني والقاعدة اية مادة قادرة على منح زوج الكتروني.



## ION PRODUCT CONSTANT OF WATER

### ثابت الحاصل الايوني للماء

Aqueous solutions contain small amount of hydronium ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  and hydroxide ion  $\text{OH}^-$



Water dissociates to  $H^+$  and  $OH^-$  ions in aqueous solutions which are strongly contacted to water molecules. Applying mass product law gives the following equation.

ينفك الماء الى ايوني الهيدروجين والهيدروكسيد اللذان يكونا في حالة تماس مع جزيئات الماء وبتطبيق قانون فعل الكتلة نحصل على

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$

The concentration of water is enormous (each one liter of water equal to 55.5 M) when compared with the concentration of hydrogen and hydroxide ions. As consequence water concentration can be considered as a constant.

ان تركيز الماء كبير جداً مقارنة بتراكيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيد المتواجدة في النظام المتوازن ولهذا يمكن اعتبارها قيمة ثابتة.

$$K [H_2O]^2 = K_w$$

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] \text{ or } K_w = [H^+][OH^-]$$

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mole/L}$$



$[H^+] \cdot [OH^-] = K_{[H_2O]} = K_w$  (ion product constant of water) by using water concentration as one,  $K_w$  approximation value is:

$1.01 \times 10^{-14}$  or  $1.0 \times 10^{-14}$  at  $25^\circ C$ .  $K_w$  increasing with the increase in temperature (at  $50^\circ C = 5.47 \times 10^{-14}$  and at  $100^\circ C = 49 \times 10^{-14}$ ).

قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء تزداد مع زيادة درجة الحرارة.

$K_w =$  ion product constant of water  $= [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mole}^2/\text{L}^2$  in case of pure water.

$$[H^+] = [OH^-]$$

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mole/L} = M$$

By taking the logarithm of this equation

$$K_w = [H^+] [OH^-]$$

$$-\log K_w = -\log [H^+] [OH^-]$$

$$-\log K_w = -\log [H^+] - \log [OH^-]$$

$$pK_w = pH + pOH = 14$$

if  $pH < 7$  then the solution acidic.

if  $pH > 7$  then the solution is basic.

If  $pH = 7$  then the solution is equilibrium.

إذا كانت قيمة الدالة الحامضية  $pH$  أقل من 7 فإن لمحلل ذو صفة حامضية وإذا كانت أكبر من 7 فإن المحلول ذو صفة قاعدية وإذا كانت قيمة الدالة الحامضية تساوي 7 فإن المحلول متعادل.

**Ex2:** Calculate the  $pH$  and  $pOH$  values of a solution in which the hydronium ion concentration is  $2.0 \times 10^{-3}$  M.

$$[H^+] = [H_3O^+] = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mole/L}$$

$$pH = -\log [H] = -\log [2.0 \times 10^{-3}]$$

$$= 2.699$$

$$pOH = 14 - pH = 14 - 2.699 = 11.301$$

## EQUILIBRIUM CONSTANTS For Pair ACIDS AND BASES

### ثابت الاتزان لزوج الحامض والقاعدة

Calculation of hydronium and hydroxide ions for strong, acids and bases and weak acids bases.

حساب تراكيز ايون الهيدروجين والهيدروكسيد للحوامض والقواعد القوية والضعيفة.

## 1-Strong acids:

## 1- الحوامض القوية

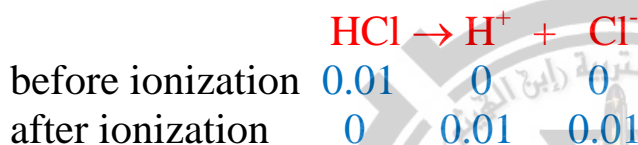
The strong Acids will completely ionize in its aqueous solution, and shown by one arrow.

الحوامض القوية تتأين كلياً في محاليلها المائية وتمثل بسهم واحد في معادلة التفاعل.



$$[\text{H}^+] = [\text{HCl}]$$

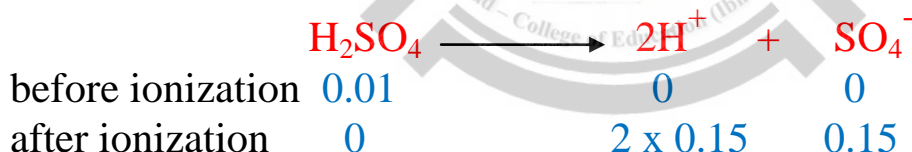
Ex. Calculate  $[\text{H}^+]$  and pH of 0.01 M HCl solution



$$[\text{H}^+] = 0.01 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 0.01 = 2$$

Ex: Calculate pH and pOH for 0.15 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$



$$[\text{H}^+] = 2 \times 0.15 = 0.3 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 0.3 = 0.523$$

$$K_w = \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

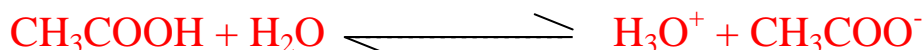
$$\text{pOH} = 14 - 0.523 = 13.477$$

## 2- Weak acids:

## 2- الحوامض الضعيفة

The Weak Acids will incompletely ionize (partial ionization) in its aqueous solution, and shown by two reverse arrows. So Ionic equilibrium in is occurring.

الحوامض الضعيفة تتأين جزئياً في محاليلها المائية وتمثل بسهمين متعاكسين في معادلة التفاعل، وتحدث فيها حالة الاتزان الايوني.



$$K_a = \frac{a_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot a_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}{a_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot a_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$a = c \cdot f$  for dilute solutions  $f = 1$ , then

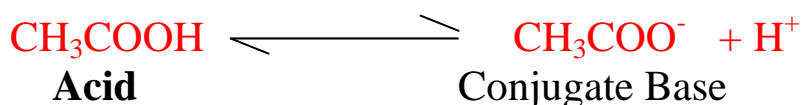
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}].[\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}, \text{ since } [\text{H}_2\text{O}] = \text{Constant}$$

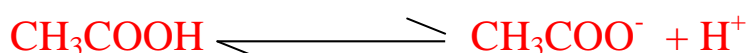
$K_a$  is a reaction between the ionized part of the acid and unionized part of the acid.  $K_a$  is a constant provided temperature and pressure are constant and called acid ionization or dissociation constant.

ان القيمة  $K_a$  هي النسبة بين الجزء الذائب الى الجزء الغير ذائب من الحامض وتدعى بثابت تأين او تفكك الحامض وهي قيمة ثابتة بشرط ثبوت درجة الحرارة والضغط.

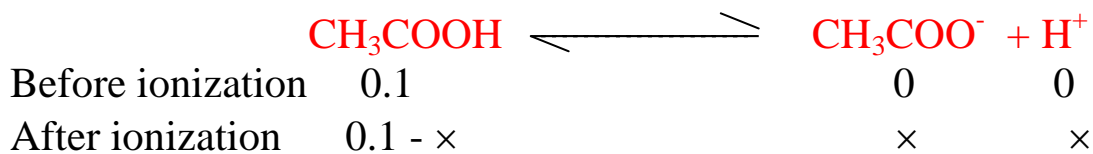
$$K_b = \frac{K_w}{K_a} \quad \text{for Conjugate Base}$$



**Ex.** Calculate  $[\text{H}^+]$  of 0.1 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  at  $25^\circ\text{C}$  ( $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ )



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$



$$K_a = 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{0.1 - x}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1} \quad \times \text{ is small value and hence it is neglected}$$

$$x^2 = 1.8 \times 10^{-6} \quad \therefore x = \sqrt{1.8 \times 10^{-6}}$$

$$x = 1.342 \times 10^{-3} \text{ mole/L}$$

## CALCULATION OF HYDROXID ION CONCENTRATION

### 1. Strong bases

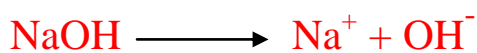
### 1-القواعد الضعيفة

The strong Bases will completely ionize in its aqueous solution. and shown by one arrow.

القواعد القوية تتأين كلياً في محاليلها المائية وتمثل بسهم واحد في معادلة التفاعل.



**Ex 1:** Calculate the hydronium and hydroxide ion concentrations in 0.2M aqueous NaOH solution?



$$0.2 \qquad \qquad 0 \qquad 0$$

$$0 \qquad \qquad 0.2 \qquad 0.2$$

$$[\text{OH}^-] = 0.2 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.00 \times 10^{-14}}{0.2} = 5.00 \times 10^{-14} \text{ mole/L}$$

**Q:** Calculate pOH and pH for 0.15 M  $\text{Ca(OH)}_2$

### 2. Weak bases:

### 2-القواعد الضعيفة

The Weak Bases will incompletely ionize (partial ionization) in its aqueous solution, and shown by two arrows. So Ionic equilibrium is occurring.

القواعد الضعيفة تتأين جزئياً في محاليلها المائية وتمثل بسهمين متعاكسين في معادلة التفاعل، وتحدث فيها حالة الاتزان الايوني.



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

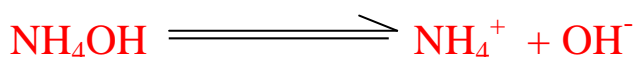
$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$K_b$  is base ionization constant

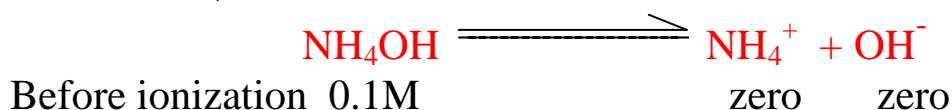
$$K_a = \frac{K_w}{K_b} \quad \text{for Conjugate Acid}$$



**Ex:** Calculate  $[\text{OH}^-]$ , pH and pOH of 0.1M ammonia solution at 25 °C if  $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ .



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$





After ionization  $0.1 - x$   $x$   $x$

$$K_b = \frac{x \cdot x}{0.1 - x} = 1.8 \times 10^{-5} \quad x \text{ is ignored}$$

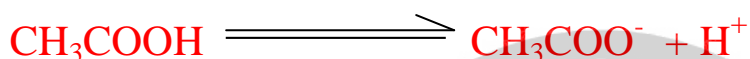
$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x = [\text{OH}^-] = 1.342 \times 10^{-3}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 1.342 \times 10^{-3} = 2.872$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2.872 = 11.128$$

**Ex:** Calculate the pH and pOH value of  $1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$  acetic acid at  $25^\circ \text{C}$  if  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$  ?



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$



Before ionization 0.001 zero zero

After ionization  $0.001 - x$   $x$   $x$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{0.001 - x}, \quad x \text{ is ignored}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.001} \quad \therefore x^2 = 1.8 \times 10^{-5} \times 0.001 = 1.8 \times 10^{-8}$$

$$x = 2.621 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [\text{H}] = -\log 2.621 \times 10^{-4} \\ &= -\log 2.621 \times \log 10^{-4} = 2.582 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= 14 - \text{pH} \\ &= 14 - 2.582 = 11.418 \end{aligned}$$

Concentration	تركيز
Ionization	تأين
Dynamic	حركي
Electrolyte	الكتروليت
Released	اطلاق
Classified	تصنيف

Aqueous	مائي
Electricity conductor	موصل كهربائياً
Partially ionized	متأين جزئياً
solution	محلول
Common	مشترك
Concept	مبدأ
Character	خاصية
Donate	تهب
Accept	تقبل
Reform	يعيد تكوين
Conjugate	قرين
Pair	زوج
Dissociate	يتفكك
Associate	يترايط
Invariant	غير متغير
Enormous	كبير الحجم
Approximation	تقريبي
Ratio	نسبة
Ignored	يهمل
Part	جزء
relation	العلاقة