وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية علوم الأغذية – الشرقاط
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

الكيمياء التحليلية

المرحلة الأولى
الكورس الثاني

اعداد

م.م. نمير مؤيد خلف

الكيمياءالتحليلية Analytical Chemistry

هي فرع من علم الكيمياء يهتم بالتقدير الكمي والنوعي للعناصـــر او المركبات المكونة للمادة المراد تحليلها. وينقســم هذا الفرع إلى عدة طرق واساليب يمكن استخدامها ولكل منها استخداماته وأهميته وهما:

1- التحليل النوعي أو الوصفي Qualitative Analysis :

هو مجموعة العمليات التي يتم فيها الكشـف عن تركيب المواد أو المركبات أو العناصـر الداخلة في تركيب مادة معينة أو خليط من المواد ســـواء أكانت في الحالة الصـــلبة أو محلول في مذيب معين ولا يتعرض هذا التحليل إطلاقًا إلى كميات هذه المكونات .

2- التحليل الكمي Quantitative Analysis :

ويبحث في تقدير كميات المكونات أو العناصـــر الداخلة في تركيب المركب الكيميائي أو الخليط ، ويتبين من هذا أن التحليل النوعي لمادة مجهولة التركيب يسبق عادة التحليل الكمي لها؛ لأنه لا يجوز تقدير مادة معينة تقديرًا كميًا ما لم يتأكد من وجودها وصفيًا.

اقسام التحليل الكمي :

أ – التحليل الكمي الحجمي Volumetric Analysis:

يعتمد على قياس حجم المحلول المعلوم التركيز (القياســـي) اللازم للتفا عل مع كمية أو حجم محدد من المادة المجهولة التركيز (العينة المراد دراستها) .

ب – التحليل الوزني Gravimetric Analysis :

يعتمد على فصل العنصر أو المادة المطلوب تقدير كميتها بإحدى الطرق الكيميائية اعتمادا على خواصها .

ج – التحليل الآلي :

يعتمد على الصـفات الفيزيائية و الكيميائية للمادة و على اسـتخدام الآلات و الأجهزة لتحديد نوع و كمية المادة بدقة عالية .

فوائد التحليل الكيميائي :

أ – التعرف على المواد الكيميائية العضوية و غير العضوية .

ب – تحديد بنية المادة الكيميائية و صيغتها الكيميائية .

ج – تحديد جودة و صلاحية المواد المختلفة المستخدمة في صناعة الغذاء ، الدواء ، المواد الزراعية ....الخ .

MSC Nameer Muayad Khalaf

طرائق التعبير عن تراكيز المحاليل

التركيز : هو وحدة قياس عامة تشير الى كمية المذاب في كمية معلومة من المحلول. يمكن التعبير عن التركيز بإحدى الصيغ الاتية:

أولا_ المولارية (Molarity) M: تعرف بانها عدد المولات (عدد الغرامات الجزيئية) من المادة المذابة في لتر من المحلول

$$M = \frac{n_{(solut)}}{V_{(L)}}$$

$$\text{المولارية} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول}}$$

$$n = \frac{Wt}{M.Wt}$$

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن الجزيئي}}$$

***اذا كانت المادة صلبة يستخدم القانون الاتي لحساب المولارية**

$$M = \frac{Wt \ x \ 1000}{M.Wt \ x \ V_{mL}}$$

M : المولارية
V : الحجم ب mL
Wt : الوزن
M.Wt: الوزن الجزيئي

***اما اذ كانت المادة سائلة فنستخدم القوانين الاتية :**

أولا : استخراج مولارية المادة المركزة من خلال القانون الآتي:

$$\text{المولارية} = \frac{\text{الوزن النوعي x النسبة الوزنية x 10}}{\text{الوزن الجزيئي (M.wt)}}$$

$$M = \frac{d \ x \ \% \ x \ 10}{M.Wt}$$

ثانيا: نطبق قانون التخفيف :

المحلول المخفف		المحلول المركز
$M_2 \times V_2$	=	$M_1 \times V_1$

MSC Nameer Muayad Khalaf

مثال:- احسب مولارية محلول نترات الفضة المحضر بإذابة 24.15 g من المادة الصلبة النقية في لترين من المحلول؟ إذا علمت ان الوزن الجزيئي لـ $AgNO_3$ يساوي 169.9 g/mol ؟

الحل:

نحول الحجم الى mL

1 L = 1000 mL
2 L = 2000 mL

$$M = \frac{Wt \ x \ 1000}{M.Wt \ x \ V}$$

$$M = \frac{24.15 \ x \ 1000}{169.9 \ x \ 2000}$$

$$M = 0.071 \ mol/L$$

مثال:- حضر 0.1 M من محلول كلوريد الصوديوم في حجم 250 ml من الماء المقطر ؟ اذ عملت ان الكتل الذرية لـ Na = 23 , Cl = 35.4

الحل:

نحسب الوزن الجزيئي ل NaCl

M.Wt = (23 x 1) + (35.4 x1)

M.Wt = 58.4 g/mol

نطبق قانون المولارية

$$M = \frac{Wt \ x \ 1000}{M.Wt \ x \ V}$$

$$0.1 = \frac{Wt \ x \ 1000}{58.4 \ x \ 250}$$

$$Wt = \frac{0.1 \ x \ 58.4 \ x \ 250}{1000}$$

Wt= 1.46 g

يوزن 1.46 غرام وتذاب في 250 مل من الماء المقطر

مثال: حضر 0.5 M من حامض الهيدروكلوريك HCl في محلول حجمه 500 mL ونسبته المئوية 37 % ووزنه النوعي 1.19 علما بان الوزن الجزيئي للحامض يساوي 36.5 g/mol.

الحل: اولا نستخرج مولارية الحامض

$$M = \frac{d \ x \ \% \ x \ 10}{M.Wt}$$

$$M = \frac{1.19 \ x \ 37 \ x \ 10}{36.5}$$

M =12.06 M

MSC Nameer Muayad Khalat

ثانيا نحسب الحجم المطلوب للتحضير من خلال قانون التخفيف

المحلول المركز $M_1 \times V_1$ = المحلول المخفف $M_2 \times V_2$

$12.06 \times V_1 = 0.5 \times 500$

$V_1 = 20.7$ mL

ناخذ 20.7 مللتر من الحامض المركز ونكمل الحجم الى 500 مللتر بالماء المقطر

ثانيا- العيارية أو النورمالية (Normality)

ويرمز لها بالرمز (N) وهي عبارة عن عدد الاوزان المكافئة من المادة المذابة في لتر من المحلول .

$$N = \frac{Wt \ x \ 1000}{Eq.Wt \ x \ V_{mL}}$$

N : العيارية
V : الحجم mL
Wt : الوزن
Eq.Wt: الوزن المكافئ

$$Eq.Wt = \frac{M.Wt}{\eta}$$

حيث ان η (تلفظ ايتا)هي الوزن المكافئ وتختلفت لكل مادة ووحدتها eq/mol

أ- **الوزن المكافئ للحامض :-** هو وزن الحامض الذي يحرر غراما ذريا واحدا من ايون الهيدروجين (بروتون واحد) أي انه :

الوزن المكافئ للحامض = $\frac{\text{الوزن الجزيئي للحامض}}{\text{عدد ذرات } H \text{ القابلة للتاين}}$

$$eq.wt = \frac{HCl}{1} \ , \ \frac{HNO_3}{1} \ , \ \frac{CH_3COOH}{1} \ , \ \frac{H_2SO_4}{2} \ , \ \frac{H_3PO_4}{3}$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

ب- الوزن المكافئ للقاعدة :- هو وزن القاعدة الذي يحرر وزن مكافئ واحد من مجموعة الهيدروكسيل (OH) . او بتعبير آخر واشمل يمكن تعريف الوزن المكافئ للقاعدة بأنه وزن القاعدة الذي يكتسب او يتفاعل مع بروتون واحد . أي انه :

$$\text{الوزن المكافئ للقاعدة} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للقاعدة}}{\text{عدد مجاميع } \boldsymbol{OH} \text{ القابلة للتاين}}$$

$$eq.wt = \frac{NaOH}{1} \;,\; \frac{Ca(OH)_2}{2} \;,\; \frac{Al(OH)_3}{3} \;,\; \frac{Fe(OH)_3}{3}$$

ج- الوزن المكافئ للأملاح :- هو وزن الملح الذي يحرر او يكتسب بروتونا واحدا ، او وزن الملح الذي يحتوي على وزن من الفلز يمكن ان يتحد او يحل محل وزن مكافئ للهيدروجين . أي بتعبير آخر يمثل الوزن الجزيئي للملح مقسوما على عدد ذرات الايون الموجب القابل للاستبدال بالهيدروجين.

$$\text{الوزن المكافئ للملح} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للملح}}{\text{عدد ذرات الفلز } \boldsymbol{X} \text{ شحنة الفلز}}$$

$$eq.wt = \frac{KCN}{1} \;,\; \frac{Na_2CO_3}{2} \;,\; \frac{BaSO_4}{2} \;,\; \frac{CaCO_3}{2}$$

د- الأوزان المكافئة للعوامل المؤكسدة والمختزلة :-

يعرف الوزن المكافئ للعامل المؤكسد او المختزل بانه الوزن الذي يكتسب او يحرر الكترونا واحدا او الذي يعاني تغيرا بعدد التأكسد مقداره واحد . او بتعبير اخر يمثل الوزن الجزيئي للمادة مقسوما على عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة اثناء التفاعل . لذلك فهو غير ثابت يعتمد على نوع التفاعل ، مثلا تفاعل $KNnO_4$.

أي انه الوزن المكافئ لتفاعلات التأكسد والاختزال يحسب طبقا للمعادلة الآتية :-

$$\text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للمادة}}{\text{عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة}}$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O \qquad eq.wt = \frac{MnO_4^-}{5}$$

$$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O \qquad eq.wt = \frac{MnO_4^-}{3}$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

مثال :-ما عدد الغرامات المذابة في (250 مل) من محلول كاربونات الصوديوم Na_2CO_3 الذي عياريته (0.2 N)
علما ان الأوزان الذرية هي (Na = 23 , C = 12 , O = 16).
الحل :-

$$N = \frac{Wt \ x \ 1000}{Eq.Wt \ x \ V_{mL}}$$

$$eq.Wt_{(Na_2CO_3)} = \frac{M.Wt}{\eta}$$

$$M.Wt_{(Na_2CO_3)} = (2 \times 23) + (1 \times 12) + (3 \times 16) = 106 \ g/mol$$

$$eq.Wt_{(Na_2CO_3)} = \frac{106}{2} = 53 \ eq/mol$$

$$Wt = \frac{0.2 \times 250 \times 53}{1000} = 2.65 \ g$$

مثال: احسب عيارية هيدروكسيد الصوديوم NaOH في محلول محضر بحجم 2 L وكان وزن هيدروكسيد الصوديوم 20 g ؟ اذ علمت ان الوزن الجزيئي لها يساوي 40g/mol

$$N = \frac{Wt \ x \ 1000}{Eq.Wt \ x \ V_{mL}}$$

$$eq.Wt_{(NaOH)} = \frac{M.Wt}{\eta}$$

$$eq.Wt_{(NaOH)} = \frac{40}{1}$$

$$eq.Wt_{(NaOH)} = 40 \ eq/mol$$

$$N = \frac{20 \ x \ 1000}{40 \ x \ 2000}$$

$$N = 0.25 \ N$$

نحول الحجم الى mL
1L = 1000mL
2L = 2000ml

العلاقة بين المولارية والعيارية

$$N = M \times \eta$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

ثالثا: الكسر المولي Mole Fraction

ويُرمز له بالرمز x .ويعرف الكسر المولي لأي مكونة في المحلول بأنه عدد مولات تلك المكونة مقسوماً على عدد المولات الكلية لجميع مكونات المحلول .

$$X_{(solut)} = \frac{n_{(solut)}}{n_{(solut)} + n_{(solvent)}}$$

$$X_{(solvent)} = \frac{n_{(solvent)}}{n_{(solvent)} + n_{(solut)}}$$

حيث ان :

$X_{(solut)}$: الكسر المولي للمذاب .

$X_{(solvent)}$:الكسر المولي للمذيب

$n_{(solut)}$: عدد مولات المذاب .

$n_{(solvent)}$: عدد مولات المذيب .

ملاحظة :- ان مجموع الكسر المولي للمذاب والكسر المولي للمذيب يجب ان يساوي واحدا صحيحا .

مثال :- احسب الكسر المولي لكلوريد الصوديوم في محلول يحتوي على (5 mol) من كلوريد الصوديوم مذابة في (1000 g) من الماء، علما ان الاوزان الذرية (H = 1, O = 16)؟

الحل :

$$X_{(solut)} = \frac{n_{(solut)}}{n_{(solut)} + n_{(solvent)}}$$

$$n = \frac{Wt}{M.Wt} = \frac{1000}{18} = 55.5 \text{ mole}$$

$$X_{(solut)} = \frac{5}{5 + 55.5} = 0.082$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

رابعا- نسبة وزن الى حجم :

انه وزن مادة مذابة الى حجم معين من المحلول . هناك عدة أنواع للنسبة وزن الى حجم منها :

ا- النسبة المئوية %

$$\% = \frac{Wt(g)}{V(ml)} \text{ x } 100$$

ب- جزء لكل مليون Parts per Millions (ppm) وحدتها mg/L or µg/ml

$$ppm = \frac{\text{Weight of solute (g)}}{\text{Volume of Solution (ml)}} \text{ x } 10^6$$

مثال: 150 ml من محلول كلوريد الصوديوم تحتوي على 0.0045 g من كلوريد الصوديوم . احسب تركيز كلوريد الصوديوم بتركيز ppm؟

$$ppm == \frac{Wt(g)}{V(ml)} \text{ x } 10^6$$

$$ppm == \frac{0.0045}{150} \text{ x } 10^6$$

$$ppm = 30 \text{ ppm}$$

العلاقة بين ppm والمولارية والعيارية

ppm = M x M.Wt x1000

ppm = N x Eq.Wt x 1000

مثال : محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه 0.002M احسب التركيز بوحدة ppm اذ علمت ان وزنه الجزيئي 36.5 g/mol؟

ppm = M x M.Wt x1000

ppm = 0.002 x 36.5 x1000

ppm = 73ppm

ج – جزء لكل بليون ppb

$$ppb = \frac{Wt(g)}{V(ml)} \text{ x } 10^9$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية علوم الأغذية – الشرقاط
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

المحاضرة الثانية

التحليل الكمي

المرحلة الأولى

2025

اعداد

م.م. نمير مؤيد خلف

التحليل الكمي: Quantitative Analysis

وهو ذلك الفرع من فروع الكيمياء المختص بالتقدير الكمي للعناصر أو الجذ ور الحامضية أو القاعدية أو المركبات الموجودة في عينة ما Sample تقديراً كميا

اقسام التحليل الكمي :

أ- التحليل الكمي الحجمي: Volumetric Analysis

في هذه الطريقة يمكن تسحيح جميع او جزء معلوم من محلول النموذج مع المحلول القياسي الى ان نحصل على نقطة نهاية التفاعل End point والتي عندها تكون كمية المحلول القياسي تكافئ تماما المادة المراد تحليلها .

يمكن تعيين نقطة نهاية التفاعل من خلال:-

أولا:- استخدام الدلائل ذات طبيعة كيميائية ملونة Color Indicator

ثانيا:- قياس صفات المحلول الفيزيوكيميائية مثل قياس فرق الجهد للمحلول

ب- التحليل الكمي الوزني: Gravimetric Analysis

حيث يتم تقدير كمية العنصر او المركب بعملية وزنية بعد عملية ترسيب المادة ومن ثم فصلها ووزنها وهذه العملية تتطلب استخدام :-

أولا:- مرسبات عضوية

ثانيا:- مرسبات لاعضوية

ثالثا:- عملية الترسيب الكهربائي

ج- امتصاص الطاقة الضوئية: Absorption of photo Energy

تتضمن هذه الطريقة قياس كمية الطاقة الضوئية الممتصة من قبل المادة المراد تحليلها (عند طول موجي معين) ويمكن استخدام الطرق التالية لهذا الغرض:-

أولا:- الطرق الطيفية المرئية (اللونية) Colorimetrical Method

ثانيا:- الطرق الطيفية في المنطقة فوق البنفسجية Ulta-Violet Spectroscopy

ثالثا:- الطرق الطيفية في المنطقة تحت الحمراء Infra Red Spectroscopy

رابعا:- طريقة الاشعة السينية X-ray Method

خامسا:- الرنين النووي المغناطيسي Nuclear Magnetic Resonance (NMR)
تتضمن هذه الطريقة التفاعل بين موجات الراديو ونوى الذرات التي تكون مجال مغناطيسي

MSC Naneer Muajad Khalaf

د. انبعاث الطاقة الضوئية:- Absorption of photo Energy

وتتضمن هذه الطريقة استثارة المادة الى مستويات عالية من الطاقة بواسطة الطاقة الضوئية او الكهربائية وعند رجوع المادة الى مستوى طاقة منخفض ينبعث منها كمية من الطاقة الممتصة حيث تكون هذه الكمية مقياس لكمية المادة.

هـ. تحليل الغازات Analysis of Gases

أولا: الطريقة الحجمية : يقاس فيها التغيير في حجم المادة بعد تصاعد او امتصاص الغاز
ثانيا: الطريقة المانومترية :- حيث يتم قياس ضغط الغاز او التغير في الضغط

و. الطرق الكهروكيميائية Electro – chemical Methods

وتتضمن الطرق البولاروغرافيا polarography التحليل بقياس الكمية الكهربائية ، التحليل بقياس فرق الجهد Potentiometery ، التحليل بقياس التوصيل الكهربائي Conductometery

ز. التحليل الكروماتوغرافي Chromatographic Analysis

يستند التحليل الكروماتوغرافي على اختلاف المواد في ميلها للامتزاز Adsorption او التجزئة (التوزيع) Partition او التبادل Exchange من خلال سطح ممتز او سطح ممتز مغلف بمذيب مناسب او خلال مادة كيميائية. وبالتالي يمكن ان تنفصل تلك المواد على هذا السطح بقدرات مختلفة فيسهل تعيينها وتقديرها

تنقسم طرق التحليل الكروماتوغرافي الى :-

أولا: كروماتوغرافيا الامتزاز
ثانيا: كروماتوغرافيا التبادل الايوني
ثالثا: كروماتوغرافيا التجزئة – يقصد به تجزئة (انتشار) لخيط من عدة مواد وتنقسم هذه الطريقة الى عدة الى :-

1. كروماتوغرافيا العمود
2. كروماتوغرافيا الورقة
3. كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة
4. كروماتوغرافيا الغاز

ي. طرق أخرى

1. **التحليل باستخدام البولارميتر**
2. **التحليل باستخدام انكسار الضوء**
3. **مطياف الكتلة**
4. **طرق تحليل المواد المشعة**
5. **التوصيل الحراري**

MSC Nameer Muayad Khalaf

بناءاً على ما سبق يمكن تصنيف طرق التحليل الكمي الى:-

1. **طرق كيميائية :-** تتضمن عمليات كيميائية وزجاجيات بسيطة
2. **طرق آلية :-** تتضمن استخدام الآت و أجهزة معقدة تعتمد على الكهربائية ،البصريات و الحرارة حيث يتطلب التحليل قياس الطاقة التي لها علاقة بتركيز النموذج

محاسن الطرق الآلية :-

1. **تكون سريعة**
2. **يمكن استخدام كمية صغيرة من النموذج**
3. **يمكن تحليل النماذج المعقدة**
4. **الحصول على حساسية عالية**
5. **الحصول على قياسات موثوق بها**

عيوب وتحديات الطرق الآلية :-

1. **تحتاج الى عملية معايرة أولية**
2. **تعتمد الحساسية والدقة على مرجع الجهاز او الالة او الطريقة الكيميائية المستخدمة في المعايرة**
3. **غالبا ماتكون الدقة النهائية بحدود 5% ±**
4. **تكاليف الأجهزة وادامتها عالية**
5. **تحتاج الى مكان واسع في المختبر**
6. **تتطلب تدريب خاص**

MSC Nameer Muayad Khalf

محاسن الطرق الكيميائية التقليدية:

1. تكون الطريقة بسيطة.
2. تكون الطريقة مضبوطة.
3. بشكل عام تعتمد على قياسات مطلقة.
4. تكون الأجهزة المستخدمة رخيصة الثمن.

عيوب وتحديدات الطرق الكيميائية التقليدية :-

1. فقدان في الخصوصية
2. تكون الطريقة نوعا ما مملة وتستغرق وقتا طويلا" .
3 تنخفض الدقة بانخفاض الكمية المحللة
4. تكون الظروف الكيميائية المحيطة حرجة .

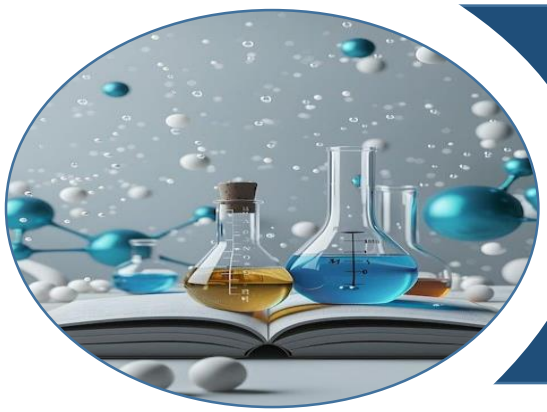
MSCNameer Muayad Khalaf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية علوم الأغذية – الشرقاط
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

المحاضرة الثالثة

التحليل الحجمي

المرحلة الأولى



2025

اعداد

م.م. نمير مؤيد خلف

التحليل الكمي الحجمي : Volumetric quantitative analysis

ويجري بوساطة حساب حجم محلول قياسي معلوم التركيز بصورة مضبوطة والذي يتفاعل كميا مع المحلول المجهول المراد حساب تركيزه وباستخدام الدلائل.

وتقسم التفاعلات التي تتم في التحليل الحجمي إلى أربعة أنواع:

1- **تسحيحات حامض - قاعدة (التعادل) Acid - Base titration**

2- **تسحيحات الأكسدة والاختزال Oxidation - Reduction titration**

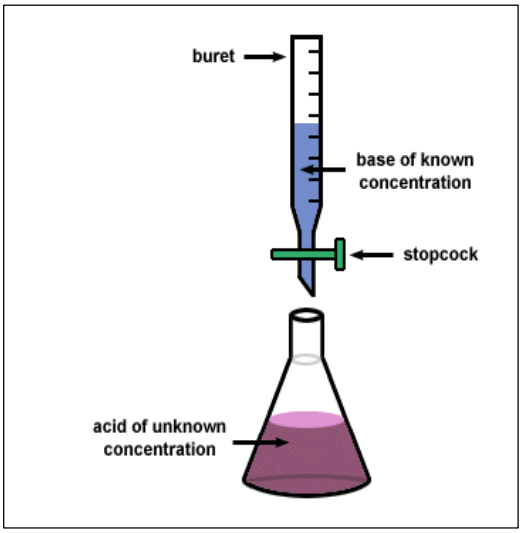
3- **تسحيحات تكوين المعقدات Complex formation titration**

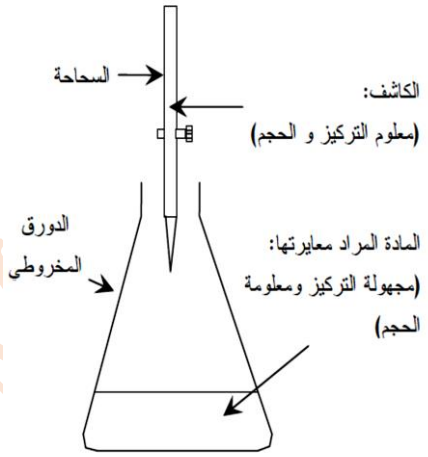
4- **التسحيحات الترسيبية Precipitation titration**

طرق التسحيح الحجمي: Volumetric titration methods

تتضمن استعمال محاليل ذات تركيز معلوم وقياس حجم هذه المحاليل التي تتفاعل كميا مع المحلول المراد تقديره لحد نقطة معينة تسمى **نقطة التكافؤ** equivalence point أو **نقطة الانتهاء** end point وتكشف بواسطة تفاعلات الدلائل Indicators التي تتضمن تغيرا حادا في خواص المحلول.

أو حدوث عكارة في المحلول التي تتحسسها العين المجردة أو ما يقاس بالطرق الكيميائية أو الفيزيائية كقياس فرق الجهد أو التوصيل الكهربائي ويسمى المحلول معلوم التركيز بالمحلول القياسي standard solution.





طريقة التحليل الغازي : Gas analysis method

تقاس بهذه الطريقة كمية الغازات الناتجة أو المستهلكة وفيه تقدر المادة بتقدير حجم الغاز الذي قد يتكون بحيث تعطي المادة غاز يمكن تقديره.

مبادئ التحليل الحجمي بطريقة التسحيح :

أن طريقة التحليل الحجمي بالتسحيح هي إحدى الطرق المفيدة جدا في الكيمياء التحليلية لكونها سريعة وذات دقة عالية. ويقصد **بعملية التسحيح** titration:هي إضافة المحلول القياسي titrant تدريجيا من الأنبوبة المدرجة المسماة بالسحاحة Burette الى حجم معين من المادة المجهولة التركيز titrand في دورق التسحيح المخروطي الشكل conical flask أو العكس حتى يتم التفاعل.

شروط (متطلبات) التسحيح الحجمي :

1- يجب أن تمثل العملية تفاعلا بسيطا يمكن أن يعبر عنه بمعادلة كيميائية متكافئة.

2- عدم وجود تفاعلات جانبية بين الدليل والمادة المجهولة أو بين المحلول القياسي ومواد أخرى مع المادة المجهولة.

3- يجب أن يكون التفاعل سريعا حيث معظم التفاعلات الأيونية تحقق ذلك.

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

4- يجب أن يكون للتفاعل نقطة انتهاء واضحة – تغير ملحوظ في بعض الصفات الفيزيائية أو الكيميائية للمحلول وأن يتوفر دليل مناسب.

5- أن يستمر التفاعل إلى نهايته.

نقطة التكافؤ Equvialent pont

هي نقطة نظرية يصعب تحديدها بشكل عملي و هي تدل على لحظة التفاعل التام بين المحلول القياسي و المحلول المجهول ، أنها النقطة التي يتساوى عندها عدد المكافئات الغرامية للمحلول القياسي مع عدد المكافئات الفراغية للمحلول المجهول .

نقطة نهاية التفاعل End pont

فهي النقطة العملية التطبيقية التي تحدد لحظة نهاية المعايرة نتيجة لتغيير مفاجيء في إحدى الخصـــائص الفيزيائية أو الكيميائية للمحلول كظهور لون أو تشكل راسب أو ذوبانه ، تغير في قيمة pH أو الحرارة النوعية أو شدة التيار الكهربائي و هي قريبة من نقطة التكافؤ النظرية (قبلها أو بعدها)

الدليل : Indicator

الدليل عبارة عن مركب كيميائي تتم إضافته أثناء المعايرة بكمية ضئيلة جدا تتسـبب في إحداث تغيرا ملحوظا لإحدى الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية للمحلول و يساهم في تحديد نقطة نهاية المعايرة و التي يجب أن تتطابق مع نقطة التكافؤ أو أن تكون قريبة جدا منها ما أمكن و عمليا يوجد فارق ضئيل جدا بين النقطتين يعبر عنه بخطأ الدليل . و الدليل يختلف بحسب المعايرة .

الاسم التجاري	نوع المذيب	التركيز%	صبغة الدليل	الصبغة الحامضية	الصبغة القاعدية	مدى الاستعمال pH
فينول فثالين	60% كحول	0.1	حامضي	عديم اللون	أحمر	10 - 8.0
المثيل الأحمر	كحول	0.1	قاعدي	أحمر	أصفر	6.0 - 4.1
المثيل البرتقالي	الماء	0.1	قاعدي	أحمر	أصفر	4.4 - 3.1

MSC Nameer Muayad Khalaf

المحلول : Solution

عبارة عن مزيج متجانس من مادتين أو أكثر وتوجد هذه المواد في طور واحد ويختلف المحلول بصفاته عن صفات مكوناته ويطلق على المادة الأقل بالمذاب solute والأخرى بالمذيب solvent.

المعايرة هي عملية تحويل المحاليل القياسية الثانوية إلى محاليل قياسية أولية من خلال معايرتها مع محاليل قياسية أولية.

المحاليل القياسية Standard Solution

المحلول القياسي : Standard Solution

يعرف المحلول القياسي بأنه المحلول الذي يحتوي الحجم المعين منه على وزن معلوم من المادة المذابة.

وتقسم المحاليل القياسية إلى نوعين:

1- المحاليل القياسية الأولية : Primary standard solutions

تحضر بإذابة وزن مضبوط بدقة من مادة تتصف بكونها على درجة عالية من النقاوة والثبات في حجم معين لتعطي التركيز اللازم بالضبط. مثل محلول ملح Na_2CO_3 وحامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$

أهم شروط (مواصفات) المادة القياسي الأولي:

1- ذات تركيب معروف ويسهل الحصول عليها بدرجة عالية من النقاوة 100% ، وإذا كانت المادة غير نقية فان نسبة الشوائب يجب أن لا تتجاوز(0.1-0.2)%.

2- أن تكون المادة غير متميئة non hygroscopic، كما يجب أن لا تكون قابلة لأي تغيير فيها خلال عملية الوزن.

3- يجب أن تكون المادة سهلة الذوبان في الماء تحت الظروف التي تستعمل فيها.

4- يجب أن يكون وزنها المكافئ كبير (أو وزنها الجزيئي كبير) حتى تصبح أخطاء الوزن في حدود الإهمال.

5- أن يكون التفاعل مع المادة القياسية من التفاعلات التي تظهر تماما عند نقطة التكافؤ وان يتم بسرعة وان يكون خطا المعايرة صغير يمكن إهماله.

6- يجب أن لا يكون محلول المادة القياسية الأولية ملونا قبل وبعد انتهاء عملية المعايرة منعا لتداخل لونها مع لون الدليل المستعمل لإيجاد نقطة انتهاء التفاعل.

7- يجب أن لا يتأثر بالضوء ودرجات الحرارة والغبار والمواد العضوية.

المحلول القياسي الثانوي:

يحضر بالكمية التقريبية من وزن المذاب في حجم معين من المذيب، ثم يسحح مع محلول قياسي أولي لضبط تركيزه، مثل محلول هيدروكسيد الصوديوم والحوامض مثل حامض الهيدروكلوريك والنتريك.

MSC Nameer Muayad Khalaf

ملاحظة : لا تعتبر الحوامض المركزة مثل H_2SO_4, HCI, HNO_3 مواد قياسية أولية؟

وذلك لأنها تتبخر في التراكيز العالية، وكذلك القواعد بشكلها الصلب مثل NaOH و KOH لأنها متميئة ولا يمكن الحصول عليها بدرجة عالية من النقاوة.

حسابات نتائج التحليل الحجمي

من المعلوم انه عند نقطة نهاية التفاعل (نقطة التكافؤ العملية) ، تتكافأ كمية المادة المجهولة (المطلوب قياسها) مع كمية المادة القياسية. يمكن التعبير عن كمية أي مادة مذابة في محلول (معبرا عنها بدلالة عدد المولات او بعدد المكافئات الغرامية ... الخ) وذلك بضرب حجم المحلول (x) mL تركيز المحلول (معبرا عنه بوحدة mol/L أو eq/L على التوالي)

هناك مادتين في السؤال ويذكر المصطلحات الاتية (تسحيح ، معايرة ، مكافئة ، لمعادلته، نقطة نهاية التفاعل)

اذا كانت التراكيز مولا رية نستخدم القانون **M1 x V1 = M2 x V2**

هناك مادة مجهولة مطلوب حساب تركيزها او حجمها او كتلتها وهناك مادة معلومة قياسية معلومة التركيز والحجم

عدد مولات المادة المجهولة = عدد مولات المادة القياسية (المعلومة)

هنا نحتاج المعادلة (عدد مولات كل مادة تعوض في القانون) وبشكل مختصر يصبح

$$\frac{M \times V}{\text{عدد مولاتها}} = \frac{M \times V}{\text{عدد مولاتها}}$$

مثال

$$2NaOH + H_2C_2O_4 \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O$$

$$\frac{2NaOH}{M \times V} = \frac{H_2C_2O_4}{M \times V}$$
$$\frac{}{2} \qquad \frac{}{1}$$

واذا كانت التراكيز عياري نستخدم

عدد مكافئات المادة المجهولة = عدد مكافئات المادة المعلومة

N1 x V1 = N2 x V2

ولا نحتاج المعادلة

واغلب الاسئلة يكون المطلوب هو كتلة مولية او كتلة لمادة معينة (اي لا يعطي تركيز وحجم المجهول)

فيصبح القانون

$$\frac{m(g)}{EM} = N \quad V$$

يمكن ان نستخدم القانون الاتي للتحويل من النورمالي الى المولاري وبالعكس

$$N = \eta \times M$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

مثال

تمت معايرة 0.958g من عينة تحوي حامض الخليك (M.wt= 60g/mol) بالتسحيح مع محلول هيدروكسيد الصوديوم القياسي بتركيز 0.225N فاذا علمت ان حجم القاعدة المضافة من السحاحة اللازم للوصول الى نقطة نهاية التفاعل بلغ 33.6 ml احسب النسبة المئوية لحامض الخليك في العينة

الحل

اعطى تركيز عياري وذكر نقطة نهاية التفاعل اذن نستخدم N1 x V1 = N2 x V2

وبما ان المجهول لم يعطى له شيء وطلب نسبة مئوية للحامض فنستخدم القانون $N1 \times V1 = \frac{Wt(g)}{eq.wt}$

نحسب الوزن المكافئ

$$Eq.wt = \frac{M.Wt}{\eta} = \frac{60}{1} = 60$$

عدد مكافئات المادة المجهولة = عدد مكافئات المادة المعلومة

$$N1 \times V1\ (NaOH) = \frac{Wt(g)}{eq.wt}\ (CH_3COOH)$$

$$0.225\ \frac{eq}{L} \times 0.0336\ L = \frac{Wt(g)}{60}$$

$$Wt(g) = 0.45g$$

$$\% = \frac{0.45}{0.958}\ x\ 100\%$$

$$= 47.34\%$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

مثال : في عملية تسحيح حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$ (M.Wt=90g/mol) مع هيدروكسيد الصوديوم تطلب تسحيح 0.1743g من عينة غير نقية لهذا الحامض اضافة 39.82ml من 0.09M من محلول القاعدة للوصول الى نقطة نهاية التفاعل احسب النسبة المئوية للحامض

الحل

التفاعل بين حامض وقاعدة واعطى التراكيز مولاري اذن نحتاج المعادلة لنستخدم عدد المولات

$$2NaOH + H_2C_2O_4 \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O$$

عدد مولات الحامض = عدد مولات القاعدة

$H_2C_2O_4$ = NaOH

بما ان المجهول لم يعطي تركيزه وحجمه نستخدم

$$\frac{M1\ x\ V1}{2}\ (NaOH) = \frac{Wt}{M.Wt}\ H_2C_2O_4$$

$$\frac{0.09\ x\ 0.03982}{2}\ (NaOH) = \frac{Wt}{90}$$

$$0.00179 = \frac{Wt(g)}{90}$$

$$Wt(g)=0.16g$$

$$\%= \frac{0.16}{0.1743}\ 100\%$$

$$= 91.8\ \%$$

حل بطريقة العيارية:

نجد الوزن المكافئ للحامض

$$Eq.wt = \frac{M.Wt}{\eta} = \frac{90}{2} = 45$$

نحول تركيز NaOH الى التركيز العياري

$$N = M \times \eta$$

$$N = 0.09 \times 1 = 0.09\ N$$

عدد مكافئات المادة المجهولة = عدد مكافئات المادة المعلومة

$$N1\ x\ V1\ (NaOH) = \frac{Wt(g)}{eq.wt}\ H_2C_2O_4$$

$$0.09\ x\ 0.03982 = \frac{Wt(g)}{45}$$

$$Wt(g)=0.16g$$

$$\%= \frac{0.16}{0.1743}\ 100\%$$

$$= 91.8\ \%$$

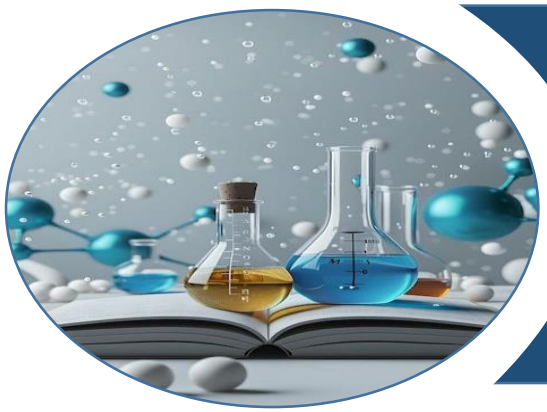
MSC Nameer Mayad Khalaf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية علوم الأغذية – الشرقاط
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

المحاضرة الرابعة

التحليل الوزني

المرحلة الأولى



2025

اعداد

م.م. نمير مؤيد خلف

التحليل الوزني Gravimetric Analysis

تحليل كمي يتضمن عدة طرائق تعتمد على عزل مادة معلومة التركيب الكيميائي بصورة نقية وتامة ثم توزن بميزان حساس . يتم من خلالها تقدير عنصر منفرد او مشتق منه معروف التركيب تقديرا كميا

طرائق التحليل الوزني
1- طرائق التطاير
2- طرائق العزل
3- طرائق الترسيب

1- طرائق التطاير

تعتمد على ازاحة المكون المتطاير (الذي يتحول الى الحالة الغازية او بخارية) ويتم ذلك بطريقتين

1- بواسطة عملية الحرق البسيطة (التسخين الى درجات حرارة عالية) التي تجرى مع الهواء

$$BaCI2.\ 2H2O \xrightarrow{\Delta} BaCI2\ +\ 2H2O\uparrow$$

2- معاملة العينة مع كواشف كيميائية تحول جميع اجزاء العينة الى حالة متطايرة مع ترك المكون المراد تحليلة بحاله غير متطايرة ويمكن ان تمتص المادة المتطايرة في وسط مناسب ويتم ايجاد وزنها وهذه تدعى بالطريقة المباشرة او تحسب كتلة الجز المتطاير من النقص الحاصل في وزنها قبل وبعد التطاير وهذه تدعى بالطريقة الغير مباشرة

$$CaCO3 + 2HCI \rightarrow CaCI2 + CO2\uparrow + H2O$$

الحسابات

وزن الجز المتطاير(المكون) = وزن العينة – وزن الجزء الغير متطاير

ثم النسبة المئوية = $\frac{\text{المكون}}{\text{العينة}}$ x 100

المتطاير مثل H2O , CO2

MSCNameer Mwaad Khalaf

مثال

تم تحليل عينه وزنها 2g من ملح كلوريد الباريوم المائي النقي ($BaCI2.2H2O$) لمعرفة النسبة المئوية لماء التبلور وذلك باتباع طريقة التطاير الغير مباشرة تم تسخين العينة لمدة كافية عند درجة حرارة 150C وبعد التبريد في محيط جاف وجد ان وزن الجزء الغير متطاير يساوي 1.6g احسب النسبة المئوية لماء التبلور في العينة

الحل

$$\text{النسبة المئوية} = \frac{\text{وزن ماء التبلور}}{\text{وزن العينة}} \times 100\%$$

$$BaCl_2.2H_2O \rightarrow BaCl_2 + 2H_2O$$

قبل التسخين | بعد التسخين | جزء متطاير

وزن الجزء المتطاير(الماء) =وزن العينة – وزن الجزء الغير متطاير

$= 2 - 1.6$

وزن ماء التبلور $= 0.4\ g$

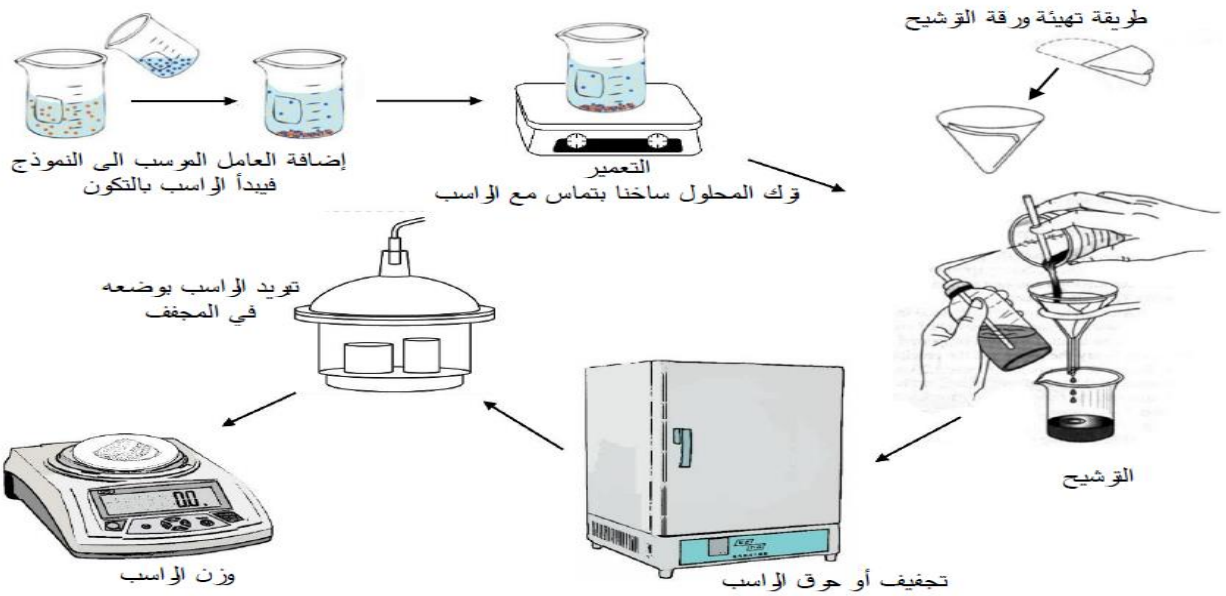
$$\text{النسبة المئوية} = \frac{0.4}{2} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

2- طريقة الترسيب

تتضمن عدة خطوات

1- اذابة كتلة معلومة ومضبوطة بمذيب مناسب
2- ترسيب المكون المراد تقديره من محلول العينة على هيئة مركب شحيح الذوبان وبصيغة كيميائية معلومة تدعى صيغة الترسيب وذلك بمفاعلة مع كاشف كيميائي مناسب يدعى العامل المرسب
3- فصل وعزل الراسب المتكون من محلول الترسيب ويتم ذلك عن طريق الترشيح
4- غسل الراسب
5- تجفيف الراسب بعملية الحرق او التسخين للتخلص من الرطوبة
6- وزن الراسب لا يجاد كتلته بشكل مضبوط



Nameer Muayad Khalaf

شروط محاليل الغسيل

1- ان لا يؤثر على ذوبانية الراسب
2- ان لا تكون مركبات متطايرة مع الراسب
3- ان يكون المحلول المستعمل لغسل الراسب سهل التطاير للتخلص منه لاحقا

العوامل التي تؤدي الى نجاح عملية التحليل الوزني والحصول على نتائج دقيقة بهذه الطريقة

1- يجب ان يكون الراسب المتكون غي ذائب بدرجة كافية (قابلية ذوبانه قليلة جدا) لأجل عدم حصول خسارة ملحوظة للمكون المراد تقديره عند جمعة بعملية الترشيح
2- يتمتع بصفات فيزيائية مناسبة تمكن من فصلة عن المحلول الترسيب بشكل كمي ومن ثم غسلة من الملوثات
3- يجب ان تكون هنالك امكانية لتحويل الراسب الى مادة نقية (غير ملوثة)وذات صيغة كيميائية معلومة وثابتة ويمكن الوصول الى ذلك بالتجفيف او الحرق او كواشف كيميائية

ماهي صفات الراسب

يكون بلوري ودقائقه ذات حجم كبير نسبيا واقل عرضة للتلوث ولاتمر من خلال اوراق الترشيح ولا تتأثر بعملية غسل الراسب

ماهي العلاقة بين حجم الراسب ونقاوة

ذات الحجم الكبير تكون اقل عرضه للتلوث من محيط الراسب

علل // يتطلب ان تكون دقائق الراسب كبيرة الحجم

ج// لكي تكون اقل عرضة للتلوث ولاتمر من وسط الترشيح ولا يتأثر حجمها بعملية غسل الراسب

العوامل المؤثرة على حجم دقائق الراسب

1- طبيعة الراسب وتركيبة الكيميائي
2- ذوبانية الراسب الرواسب ذات الذوبانية العالية تميل الى تكوين رواسب بلورية والعكس صحيح
3- درجة الحرارة اجراء عملية الترسيب في درجات الحرارة العالية يؤدي الى تكوين رواسب متبلورة لان درجة الحرارة تؤدي الى زيادة ذوبانية معظم الرواسب اثناء عملية الترسيب ويعني ذلك بطي الترسيب واتاحه الوقت الازم لبناء بلورات
4- تركيز المواد التي تشترك في عملية الترسيب يفضل اجراء عملية الترسيب في محاليل مخففه لإتاحة الوقت الكافي لبناء بلورات الراسب والحصول على راسب متبلور

المعامل الوزني GF = الوزن الجزيئي للمادة المطلوبة / الوزن الجزيئي للمادة الموزونه

الحسابات

اذا طلب حساب النسبة المئوية يمكن استخدام العلاقة الاتية

نحسب المعامل الوزني GF

$$GF = \frac{a}{b} \times \frac{\text{الوزن الجزيئي للمكون المراد تقديره}}{\text{الوزن الجزيئي للمركب}}$$

a على b لنساوي عدد ذرات المكون مع الصيغة الوزني
المعامل الوزني بدون وحدات

MSC Nameer Muayad Khalaf

حساب وزن المكون

وزن المكون المراد تقديره = المعامل الوزني GF x وزن الصيغة الوزنية

ثم حساب النسبة المئوية

$$\%\text{المكون المراد تقديره} = \frac{\text{وزن المكون}}{\text{وزن العينه}} \times 100$$

مثال

احسب المعامل الوزني للكلور (مكون مراد تقديره) (M=35.5 g/mol) في الراسب كلوريد الفضة AgCI (الصيغة وزنية) (M= 143.5g/mol)

الحل

$$GF = \frac{a}{b} \times \frac{Mcl}{MAgcl}$$

الكلور متساوي ذرة بذرة $GF = \frac{1}{1} \times \frac{35.5}{143.5} = 0.25$

مثال

احسب المعامل الوزني للحديد (M= 56 g/mol) في Fe_2O_3 (M=160 g/mol)

الحل

نساوي عدد ذرات الحديد $GF = \frac{a}{b} \times \frac{MFe}{MFe2O3}$

$$GF = \frac{2}{1} \times \frac{56}{160} = 0.7$$

مثال

تمت معاملة 120mg من مركب عضوي مع حامض النتريك ثم اضيف الى محلول النموذج الناتج كمية من نترات الفضة لترسيب محتوى المركب من الكلور كميا على هيئة كلوريد الفضة احسب النسبة المئوية للكلور (M= 35.5) في المركب اذا علمت ان كتلة كلوريد الفضة(M=143.5)المترسبة بلغت 153mg

الحل

نحسب المعامل الوزني

$$GF = \frac{a}{b} \times \frac{M.wt\ cl}{M.wt\ Agcl}$$

$$GF = \frac{1}{1} \times \frac{35.5}{143.5} = 0.25$$

وزن المكون المراد تقديره = المعامل الوزني GF x وزن الصيغة الوزنية

$$153 \times 0.25 =$$

$$37.85\ mg =$$

$$\%CI = \frac{wt\ cl}{wt\ \text{العينة}} x100\%$$

$$\%CI = \frac{37.8}{120} x100\% = 31.5\%$$

MSC Nameer Muyad Khalaf

كيفية إيجاد العامل الوزني

المادة المراد تقديرها	المادة الناتجة الموزونة	العامل الوزني
الكلورايد Cl^-	$AgCl$	$\frac{A.wt.of\ Cl}{M.wt.of\ AgCl}$
الكبريتات SO_4^{2-}	$BaSO_4$	$\frac{M.wt.of\ SO_4^{2-}}{M.wt.of\ BaSO_4}$
الحديد Fe	Fe_2O_3	$\frac{A.wt.of\ Fe \times 2}{M.wt.of\ Fe_2O_3}$
الإنديوم In	In_2O_3	$\frac{A.wt.of\ In \times 2}{M.wt.of\ In_2O_3}$
أوكسيد الزئبق HgO	$Hg_5(IO_6)_2$	$\frac{M.wt.of\ HgO}{M.wt.of\ Hg_5(IO_6)_2}$
اليوديد I^-	$Hg_5(IO_6)_2$	$\frac{A.wt.of\ I \times 2}{M.wt.of\ Hg_5(IO_6)_2}$
الفسفور P	$Mg_2P_2O_5$	$\frac{A.wt.of\ P \times 2}{M.wt.of\ Mg_2P_2O_5}$

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية علوم الأغذية – الشرقاط
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

المحاضرة الخامسة

الاتزان الكيميائي

المرحلة الأولى

2025

اعداد

م.م. نمير مؤيد خلف

الاتزان الكيميائي Chemical Equilibrium

التفاعل الكيميائي : هو عملية تتحول فيه مادة واحدة او اكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة التي تكونت منها

انواع التفاعلات

1-التفاعلات الغير انعكاسية Irreversible Reactions

" تفاعلات تحدث في اتجاه واحد ، حيث لا تستطيع المواد الناتجة من التفاعل أن يتحد بعضها مع الآخر مرة ثانية لتكوين المواد الداخلة في التفاعل تحت ظروف التجربة " . (تتجه بتجاه واحد والمعادلة تمثل بسهم واحد →)

مثال تفاعل احتراق البنزين $C_6H_6 + \frac{15}{2} O2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$

تفاعلات التعادل $2NaOH + H_2SO4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

2-التفاعلات الانعكاسية Reversible Reactions

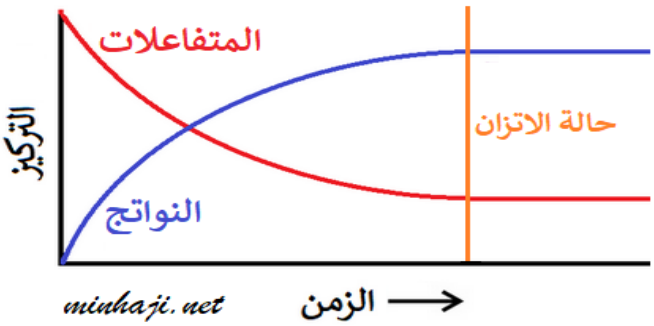
" تفاعلات لا تستمر في اتجاه واحد حتى تكتمل – أي أن المواد الداخلة لا تستهلك استهلاكا تاما لتكوين النواتج – فالمواد الناتجة تتحد مع بعضها البعض مرة ثانية لتعطي المواد الداخلة في التفاعل تحت ظروف التجربة نفسها " . (تكون بتجاهين والمعادلة تمثل بسهمين ⇌

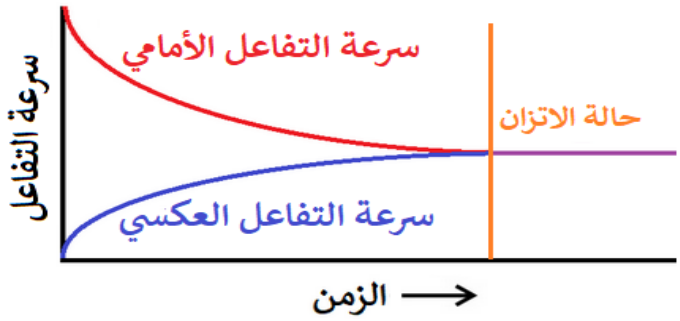
مثال التفاعل الكيميائي $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

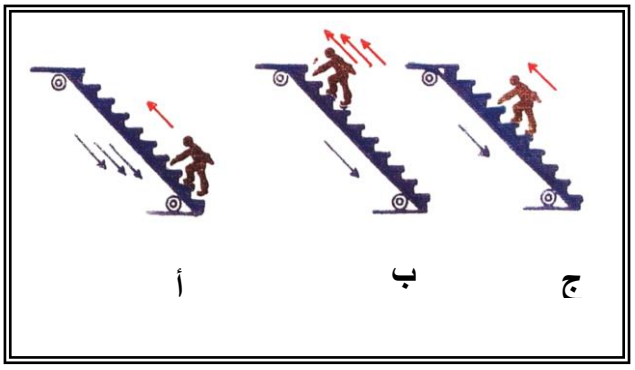
التغير الفيزيائي $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$

ملاحظة يحدث الاتزان الكيميائي للتفاعلات الانعكاسية فقط

الاتزان الكيميائي : حاله اتزان كيميائي (حركي) وليس حاله اتزان استاتيكي (ساكن) تصل اليها اغلب التفاعلات الانعكاسية عندما تصبح معدل سرعة التفاعل بكلا الاتجاهين متساوية فتكون عندها تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة ثابتة مالم يحدث تغير لظروف التفاعل لذلك يبدو التفاعل كانه توقف







س/ما هي الاحتمالات التي يرى المشاهد فيها الشخص المتحرك على السلم؟

قانون فعل الكتلة

وينص على أنه : " عند ثبوت درجة الحرارة فإن سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طرديا مع الكتل الفعالة للمواد المتفاعلة كل مرفوع إلى أس يساوي عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة " .

ملاحظة : يتم التعبير عن الكتل الفعالة للمواد المتفاعلة حسب حالتها كالتالي :
* عندما توجد جميع المواد الداخلة والناتجة من التفاعل على صورة محاليل ، يتم التعبير عن كتلها الفعالة بالمول / لتر (**M**) . وتستخدم الأقواس المربعة [ ] للدلالة على تركيز المادة بالمول / لتر (**M**) .
* عندما تكون جميع المواد الداخلة والناتجة من التفاعل في الحالة الغازية يتم التعبير عن كتلها الفعالة بالضغط الجزئي للغاز (P_{gas}) .

فمثلا في التفاعل العكسي الافتراضي المتزن التالي والذي يحدث عند درجة حرارة معينة :

$$a\,A + b\,B \underset{\upsilon_2}{\overset{\upsilon_1}{\rightleftharpoons}} c\,C + d\,D$$

حيث :
* **a ، b ، c ، d** هي عدد مولات **A ، B ، C ، D** على الترتيب في المعادلة الموزونة .
تتناسب سرعة التفاعل (υ) (**velocity or speed**) مع تراكيز المواد المتفاعلة كالتالي :

أ – في حالة التفاعل الامامي :

تتناسب سرعة التفاعل الامامي (υ_1) تناسبا طرديا مع تراكيز المواد الداخلة في التفاعل كل مرفوع إلى أس يساوي عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة .
ويتم التعبير عن ذلك رياضيا حسب الحالات الفيزيائية للمواد في التفاعل كالتالي :

1 – في حالة المحاليل : $\upsilon_1 \propto [A]^a [B]^b$ **وعليه فإن** $\upsilon_1 = k_1 [A]^a [B]^b$

2 – في حالة الغازات : $\upsilon_1 \propto (P_A)^a (P_B)^b$ **وعليه فإن** $\upsilon_1 = k_1 (P_A)^a (P_B)^b$

حيث k_1 ثابت السرعة للتفاعل الامامي .

ب – في حالة التفاعل العكسي :

تتناسب سرعة التفاعل العكسي (υ_2) تناسبا طرديا مع تراكيز المواد الناتجة من التفاعل (المتفاعلة في الاتجاه العكسي) كل مرفوع إلى أس يساوي عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة .
ويتم التعبير عن ذلك رياضيا حسب الحالات الفيزيائية للمواد في التفاعل كالتالي :

1 – في حالة المحاليل : $\upsilon_2 \propto [C]^c [D]^d$ **وعليه فإن** $\upsilon_2 = k_2 [C]^c [D]^d$

2 – في حالة الغازات : $\upsilon_2 \propto (P_C)^c (P_D)^d$ **وعليه فإن** $\upsilon_2 = k_2 (P_C)^c (P_D)^d$

حيث k_2 ثابت السرعة للتفاعل العكسي .

ثابت الاتزان : Equilibrium Constant (K_{eq})

عند وصول التفاعل الانعكاسي إلى حالة الاتزان الكيميائي الديناميكي تكون سرعة التفاعل الامامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي ،

أي أن : $\upsilon_1 = \upsilon_2$

وبالتعويض عن υ_1 ، υ_2 بالتركيز بالمول / لتر (M)

$$k_1 [A]^a [B]^b = k_2 [C]^c [D]^d$$

ويمكن إعادة كتابة المعادلة السابقة بالشكل التالي :

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

$$K_{eq} = \frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]^a\,[B]^b}$$

حيث يتم التعويض عن قيمة $\frac{K1}{K2}$ بثابت جديد يسمي ثابت الاتزان ويرمز له بالرمز (K_{eq}) . وقد وجد عمليا أن قيمة ثابت الاتزان (K_{eq}) ثابتة لا تتغير إلا بتغير درجة الحرارة للتفاعل ، وعليه يمكن تعريف

ثابت الاتزان K_{eq} بأنه :

" النسبة بين حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة إلى حاصل ضرب تراكيز المواد الداخلة كل مرفوع إلى أس يساوي عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة " .

أ) التعبير عن ثابت الاتزان :

1 – عندما توجد جميع المواد الداخلة والناتجة على صورة محاليل ، فإن ثابت الاتزان (K_{eq}) يتم التعبير عنه بالمول / لتر (M) ، كالتالي :

$$K_{eq} = \frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]^a\,[B]^b}$$

2 – عندما تكون جميع المواد الداخلة والناتجة في الحالة الغازية ، فإن ثابت الاتزان (K_{eq}) يتم التعبير عنه بالضغط الجزئي (P_{gas}) ، كالتالي :

$$K_{eq} = \frac{(P_C)^c\,(P_D)^d}{(P_A)^a\,(P_B)^b}$$

مثال 1 :

اكتب تعبير ثابت الاتزان (K_{eq}) لكل من التفاعلين المتزنين التاليين :

1 - $HC\ell O_{2(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + C\ell O_2^-{}_{(aq)}$

2 – $Fe^{3+}_{(aq)} + SCN^-_{(aq)} \rightleftharpoons FeSCN^{2+}_{(aq)}$

الحل :

1 - $$K_{eq} = \frac{[H^+][ClO_2^-]}{[HClO_2]}$$

2 - $$K_{eq} = \frac{[FeSCN^{2+}]}{[Fe^{3+}][SCN^-]}$$

مثال 2 :

اكتب تعبير ثابت الاتزان (K_{eq}) لكل من التفاعلين المتزنين التاليين :

1 - $PC\ell_{5(g)} \rightleftharpoons PC\ell_{3(g)} + C\ell_{2(g)}$

2 – $2\,SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2\,SO_{3(g)}$

الحل :

1 - $$K_{eq} = \frac{(P_{PCl_3})(P_{Cl_2})}{(P_{PCl_5})}$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

$$K_{eq} = \frac{(P_{SO_3})^2}{(P_{SO_2})^2 (P_{O_2})}$$ - 2

في الأمثلة السابقة نلاحظ أن جميع المواد الداخلة والناتجة في حالة فيزيائية واحدة ، وأن جميع المواد الداخلة والناتجة مشاركة في التفاعل .
لكن ماذا عن التفاعلات التي تحتوي مادة صلبة أو سائل نقي كمذيب (مثل الماء) ؟
تركيز كل من المادة الصلبة والمادة السائلة (مثل الماء) يعتبر مقدارا ثابتا قيمته الوحدة ، لهذا يتم إهماله ، وبالتالي لا يوضع في العلاقة الرياضية التي تستخدم للتعبير عن ثابت الاتزان .
مثال على ذلك التفاعل المتزن التالي :

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

يلاحظ أن الاتزان بين H_3O^+ ، $HCOO^-$ ، H_2O ، $HCOOH$ ونظرا لأن الماء سائل نقي (مذيب) ، فإن تركيزه يعتبر مقدار ثابت قيمته الوحدة ، وعليه يمكن التعبير عن ثابت الاتزان كما يلي :

$$K_{eq} = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

ومثال آخر على ذلك التفاعل (غير المتجانس) المتزن التالي والذي يمثل تفكك كربونات الكالسيوم بالحرارة :

$$CaCO_{3(s)} \underset{\Delta}{\rightleftharpoons} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

عند ثبوت درجة الحرارة ، وجد أن الاتزان بين $CaCO_3$ ، CaO ، CO_2 ينتج عنه دائما نفس الضغط الجزئي لغاز CO_2 طالما ظلت المواد الثلاث موجودة في حيز التفاعل بصرف النظر عن كميات $CaCO_3$ ، CaO الموجودة عند حدوث هذا الاتزان ، ، ويتم التعبير عن ثابت الاتزان لهذا التفاعل بالعلاقة :

$$K_{eq} = (P_{CO_2})$$

مثال 3 :
اكتب تعبير ثابت الاتزان (K_{eq}) للتفاعلات المتزنة التالية :

1 – $2\ NaHCO_{3(s)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$
2 – $NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$
3 – $NH_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
4 – $PbC\ell_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2\ C\ell^-_{(aq)}$

الحل :

1 - $$K_{eq} = \frac{(P_{CO_2})(P_{H_2O})}{}$$

2 - $$K_{eq} = (P_{NH_3})(P_{H_2S})$$

3 - $$K_{eq} = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

4 - $$K_{eq} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2$$

واجب:
اكتب تعبير ثابت الاتزان (K_{eq}) للتفاعلات المتزنة التالية :

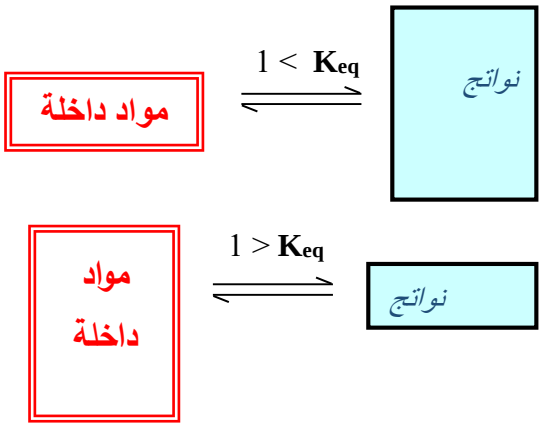
1 – $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2\ NO_{2\ (g)}$
2 – $2\ C_2H_{4(g)} + 2\ H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2\ C_2H_{6(g)} + O_{2(g)}$
3 - $CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
4 – $CaCrO_{4(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + CrO_4^{2-}{}_{(aq)}$
5 – $Pb(NO)_{3(s)} \rightleftharpoons PbO_{(s)} + NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

MSC Name: Muayad Khalaf

أهمية معرفة قيمة ثابت الاتزان K_{eq} :

تتفاوت قيم **K_{eq}** تفاوتا كبيرا للأنظمة الكيمائية المختلفة . ويمكن الاستفادة منها في معرفة :
تراكيز المواد الموجودة وسـط التفاعل عند الاتزان ، وهل يحدث التفاعل بشـكل جيد في اتجاه تكوين المواد الناتجة أم في اتجاه تكوين المواد الداخلة في التفاعل .
وعموما إذا كانت قيمة ثابت الاتزان :

* **$K_{eq} > 1$** فإن هذا يدل على أن موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين المواد الناتجة أي أن التفاعل يحدث بشكل جيد في اتجاه تكوين المواد الناتجة وأن تراكيز المواد الناتجة كبير بالنسبة إلى تراكيز المواد الداخلة عند الإتزان .
* **$K_{eq} < 1$** فإن هذا يدل على أن موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين المواد الداخلة . أي أن التفاعل لا يحدث بشكل جيد في اتجاه تكوين المواد الناتجة . ولا يكون هناك إلا تراكيز قليلة من المواد الناتجة بالنسبة إلى تراكيز المواد الداخلة عند الاتزان .



*العوامل التي تؤثر على موضع الاتزان

1- **التركيز**
2- **الضغط (الحجم)**
3- **درجة الحرارة**
4- **العامل المساعد(الحفاز)**

مثال :

وضـع مخلوط من غازي الهيدروجين والنيتروجين في إناء ، وسمح لهما بالتفاعل حتى الوصـول إلى حالة الاتزان التالي : $N_{2(g)} + 3\,H_{2(g)} \rightleftharpoons 2\,NH_{3(g)}$

وبتحليل مخلوط الغازات عند الاتزان وجد أن الضـغوط الجزئية لكل من الهيدروجين **7.38 atm** ، والنيتروجين **2.46 atm** ، الأمونيا **0.166 atm** . احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل .

الحل :

$$K_{eq} = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2})(P_{H_2})^3}$$

$$K_{eq} = \frac{(0.166)^2}{(2.46)(7.38)^3} = 2.79 \times 10^{-5}$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

مثال: جد قيمة Keq للتفاعل الاتي $2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$
اذا علمت ان التراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي :
[CH4]=0.02M ، [C2H2]= 0.05M ، [H2] = 0.143M

الحل

$$K_{eq} = \frac{[C2H2][H2]^3}{[CH4]^2}$$

$$K_{eq} = \frac{[0.05][0.143]^3}{[0.02]^2}$$

$$K_{eq} = 0.37$$

MSC Nameer Muayad Khalaf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية علوم الأغذية – الشرقاط
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

المحاضرة السادسة

الاتزان الايوني

المرحلة الأولى

الكيمياء التحليلية 2025

اعداد

م.م. نمير مؤيد خلف

Ionization Equilibrium الاتزان الايوني

الاتزان الايوني :هو حالة ديناميكية بين الايونات التي يطلقها الالكتروليت الضعيف في محلوله المائي

تقسم المواد في محاليلها المائية الى قسمين الكتروليتية و غير الكتروليتية

أولا : الالكتروليتات تقسم الى

1- المواد الالكتروليتية القوية:

هي المواد التي تتأين كلياً في محاليلها المائية وتكون هذه المحاليل موصلة للتيار الكهربائي ومن هذا المواد

الحوامض

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$
$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

القواعد

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$
$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{+2} + 2OH^-$$

الاملاح

$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

2- المواد الالكتروليتية الضعيفة:

هي المواد التي تتاين جزئيا في المحاليل المائية بحيث تصل الى حالة التوازن الايوني وتكون محاليلها رديئة التوصيل الكهربائي

الحوامض

$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$
$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

القواعد

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

الاملاح

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$
$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

ثانيا :المواد غير الالكتروليتية:

هي المواد التي لا تطلق أي ايون في محاليلها المائية مثل الايثانول وسكر الكلوكوز

الحوامض والقواعد

1- مبدا ارهينيوس

الحامض :

هو المادة التي ينتج عند تفككها في المحاليل المائية ايون الهيدروجين (البروتون) H^+

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

القاعدة :

هي المادة التي ينتج عند تفككها في المحاليل المائية ايون الهيدروكسيد OH^-

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

MSCNameer Muayad Khalaf

2- مبدأ برونشتد و لوري

الحامض / هو المادة المانحه لايون الهيدروجين (H^+)
القاعدة / هي المادة المستقبلة للايون الهيدروجين (H^+)

$$HF + H_2O \rightarrow H_3O^+ + F^-$$
حامض (مانح) | قاعدة (مستقبل) | حامض قرين | قاعدة قرينه

$$H_2O + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$
حامض | قاعدة | حامض قرين | قاعدة قرينه

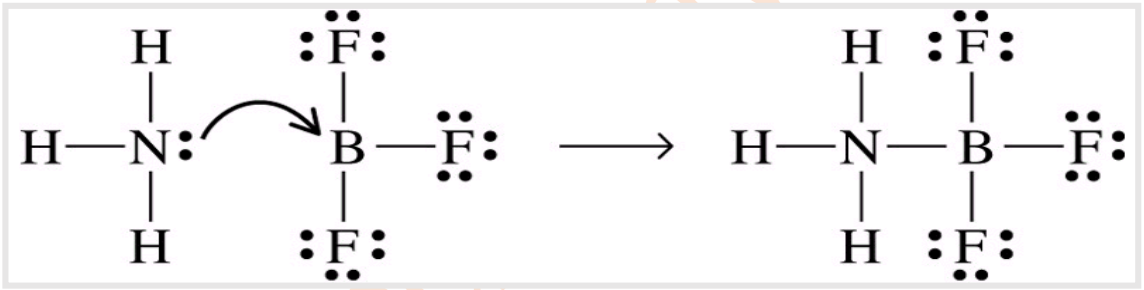
$$C_2H_3O_2H + H_2O \rightarrow C_2H_3O_2^- + H_3O^+$$
حامض | قاعدة

اعتبر الماء وفق النظرية مادة امفوتيرية لها سلوك الاحوامض و القواعد معا ..

3- مبدأ لويس :

الحوامض :هي المواد التي تستقبل زوج من الالكترونات

القواعد :هي المواد التي تمنح زوج من الالكترونات .



حامض لويس | قاعدة لويس

ثابت الحاصل الايوني للماء

يتفاعل جزيئتان من الماء لتكوين أيون هيدرونيوم (H_3O^+) وأيون هيدروكسيد OH^-.

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K = \frac{[H3O]\ [OH]}{[H2O]^2}$$

ان تركيز الماء كبير جدا مقارنة بتراكيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيد ولهذا يمكن اعتباره قيمة ثابتة وعلية يصبح القانون كالاتي

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] \quad or \quad K_w = [H^+][OH^-]$$

في الماء النقي تركيز كل من أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيد يساوي 1.0×10^{-7} مولاري عند الدرجة 25

$$K_w = (1 \times 10^{-7})(1 \times 10^{-7}) = 1 \times 10^{-14}$$

$$1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$$

MSCNameer Mouayad Khalaf

مثال: إذا علمت أن تركيز أيونات الهيدروجين في محلول يساوي $1x10^{-9}$ M فما هو تركيز أيونات الهيدروكسيل؟
الحل :

$$1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$$

$$1 \times 10^{-14} = 1x10^{-9} [OH^-]$$

$$[OH] = 1 \times 10^{-5} M$$

لو ناخذ اللوغارتم للمعادلة $1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$

$$-\log 1 \times 10^{-14} = -\log [H^+] - \log [OH^-]$$

$$14 = pH + pOH$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$pOH = - \log [OH^-]$$

اذا كانت قيمة الدالة الحامضية pH اقل من 7 المحلول حامضي
اذا كانت قيمة الدالة الحامضية pH اكبر من 7 المحلول قاعدي
اذا كانت قيمة الدالة الحامضية pH تساوي من 7 المحلول متعادل

مثال: احسب قيمة pH و pOH لمحلول تركيز ايونات الهيدروجين فيه 2×10^{-3} M ؟
الحل:

$$pH = -\log [H^+]$$

$$pH = -\log(2 \times 10^{-3}) = 2.699$$

$$14 = pH + pOH$$

$$14 = 2.699 + pOH$$

$$pOH = 14 - 2.699 = 11.301$$

حساب تراكيز الايونات

1- الحوامض القوية

مثال: احسب تركيز ايون الهيدروجين و الدالة الحامضية (الاس الهيدروجيني) لمحلول حامض الهيدروكلوريك بتركيز 0.01M
الحل:

	HCl →	H^+ +	Cl^-
قبل التاين	0.01	0.0	0.0
بعد التاين	0.0	0.01	0.01

$$[H^+] = 0.01 M$$
$$pH = -\log [H^+]$$
$$pH = -\log 0.01$$
$$pH = 2$$

MSCNameer MuayadKhalaf

مثال: احسب $[H^+]$ وpOH لمحلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 بتركيز 0.15M
الحل:

	H_2SO_4 →	$2H^+$ +	SO_4^{2-}
قبل التاين	0.15	0.0	0.0
بعد التاين	0.0	2 x 0.15	0.15

$[H^+] = 2 \times 0.15 = 0.3\ M$
$pH = -\log [H^+]$

$pH = -\log 0.3$

$pH = 0.523$

$14 = pH + pOH$
$pOH = 14 - pH$
$pOH = 14 - 0.523$
$pOH = 13.477$

2-الحوامض الضعيفة:

الحوامض الضعيفة تتاين جزئيا في محاليلها المائية وتمثل بسهمين متعاكسين وتحدث فيها حالة الاتزان الايوني

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$K_a = \frac{[CH3COO][H]}{[CH3COOH][H2O]}$$

ثابت تفكك الحامض الضعيف

تركيز الماء ثابت لذلك سوف يهمل التغير الذي يحصل فيه

$$K_a = \frac{[CH3COO][H]}{[CH3COOH]}$$

مثال: احسب تركيز ايون الهيدروجين في 0.1 مولاري من محلول حامض الخليك اذ علمت ان ثابت تفكك الحامض هو 1.8×10^{-5}

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$K_a = \frac{[CH3COO][H]}{[CH3COOH]}$$

	CH_3COOH ⇌	CH_3COO^- +	H^+
قبل التاين	0.1	0.0	0.0
بعد التاين	0.1 - x	x	x

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

يهمل

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(x)^2}{(0.1)}$$
$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$
$$X = 1.3 \times 10^{-3} M$$

MSC Nameer Muyad Khalaf

3- القواعد القوية:

مثال: احسب تراكيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيد للمحلول المائي لهيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز 0.2 مولاري؟

الحل:

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

	NaOH	→	Na^+	+	OH^-
قبل التاين	0.2		0.0		0.0
بعد التاين	0.0		0.2		0.2

$[OH^-]= 0.2\ M$

$1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$

$1 \times 10^{-14} = [H^+](0.2)$

$[H^+]= \frac{1 \times 10^{-14}}{0.2}$

$[H^+]= 5 \times 10^{-14} M$

واجب : احسب pOH , pH لمحلول 0.15 مولاري هيدروكسيد الكالسيوم؟

4- القواعد الضعيفة:

القواعد الضعيفة تتاين جزئيا في محاليلها المائية ويحدث فيها حالة اتزان ايوني

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

ثابت تاين القاعدة

$$K_b=\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH4OH]}$$

مثال: احسب تركيز ايون الهيدروكسيد للمحلول المائي للامونيا بتركيز 0.1 مولاري اذ علمت ان ثابت تاين الامونيا يساوي $K_b=1.8 \times 10^{-5}$

الحل:

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

	NH_4OH	⇌	NH_4^+	+	OH^-
قبل التاين	0.1		0.0		0.0
بعد التاين	0.1 - x		x		x

يهمل

$$K_b=\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH4OH]}$$

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

$X = 1.3 \times 10^{-3}\ M$

MSC Nameer Muayad Khalaf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية علوم الأغذية – الشرقاط
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

المحاضرة السابعة

المحاليل المنظمة Buffer Solution

المرحلة الأولى

الكيمياء التحليلية 2025

اعداد

م.م. نمير مؤيد خلف

المحاليل المنظمة Buffer Solution

في العديد من الأنظمة الكيميائية والبيولوجية، تحتاج البيئة إلى الحفاظ على الرقم الهيدروجيني (pH) شبه ثابت رغم إضافة كميات صغيرة من الأحماض أو القواعد. المحاليل المنظمة تقوم بهذا الدور الحساس.

المحلول المنظم هو محلول يقاوم التغير في تركيز أيون الهيدروجين (H^+) وبالتالي فالرقم الهيدروجيني يتغير بشكل طفيف عند إضافة كميات صغيرة من حامض أو قاعدة.

مكونات المحلول المنظم

يتكون عادةً من:

حامض ضعيف وأحد أملاحه (مع قاعدة قوية).

أو قاعدة ضعيفة وأحد أملاحها (مع حامض قوي).

أمثلة:

حمض الخليك (CH_3COOH) مع خلات الصوديوم (CH_3COONa)

الأمونيا (NH_3) مع كلوريد الأمونيوم (NH_4Cl)

آلية عمل المحلول المنظم

عند إضافة حامض قوي مصدر لأيونات (H^+)، يتفاعل مع القاعدة الموجودة في المحلول المنظم ويقلل تأثيره.

عند إضافة قاعدة قوية مصدر لأيونات (OH^-)، يتفاعل مع الحامض الموجود ويقلل تأثيرها.

النتيجة: يبقى الرقم الهيدروجيني شبه ثابت.

أنواع المحاليل المنظمة

محاليل منظمة حامضية: الرقم الهيدروجيني أقل من 7.
مثال: حامض الخليك + خلات الصوديوم.

محاليل منظمة قاعدية: الرقم الهيدروجيني أكبر من 7.
مثال: الأمونيا + كلوريد الأمونيوم.

MSC Nameer Muayad Khalaf

تطبيقات المحاليل المنظمة

دم الإنسان (مثلاً: محلول البيكربونات لتنظيم pH الدم حوالي 7.4).

صناعة الأدوية (للحفاظ على استقرار العقاقير).

في التحاليل الكيميائية (للحفاظ على ظروف معينة أثناء التفاعلات).

حساب الرقم الهيدروجيني pH للمحاليل المنظمة

للمحاليل الحامضية(حامض ضعيف وملحه):

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$pH = -\log [H^+]$
$pKa = -\log Ka$

$$pH = pKa + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

عند إضافة حامض قوي

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

حيث H لا تبقى حرة في المحلول فتتفاعل مع $CH3COO^-$ فلذلك لاتتغيرpH

$$pH = pKa + Log\frac{[salt-[H]]}{[acid+[H]]}$$

عند إضافة قاعدة قوية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

حيث OH تتفاعل مع H للحامض الضعيف ويتكون $H2O$ فلذلك لا تتغير pH

$$pH = pKa + Log\frac{[salt+[OH]]}{[acid-[OH]]}$$

MSC Nameer Muyad Khalaf

مثال /مزيج من 0.1 مولاري من CH_3COOH و0.1 مولاري من CH_3COONa، إذا كانت Ka لحمض الخليك تساوي 1.8×10^{-5} ، احسب pH المحلول؟

$$pH = pKa + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$pKa = - \log Ka$$

$$pKa = - \log 1.8 \times 10^{-5}$$

$$pKa = 4.75$$

$$pH = 4.75 + \log \frac{0.1}{0.1}$$

$$pH = 4.75$$

مثال/ ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز 0.3M اذا علمت ان قيمةpH المحلول كانت تساوي 4.31 علما ان $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

الحل

$$PH = PKb + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.31 = 4.74 + Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$0.43 = -Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$Log\ 0.37 = Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$[acid] = 0.81\ M$$

MSCNameerMuayadKhalaf

مثال/ احسب قيمة *pH* بعد اضافة *1ml* من محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه *10M* الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز *0.1M* وخلات الصوديوم بتركيز *0.1M* (ملاحظة اهمل التغيير الذي يحصل في الحجم المحلول بعد اضافة الحامض القوي) علما ان *PKa = 4.74*

المضاف هو حامض قوي

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$
$$0 \quad 0.01 \quad 0.01$$

نحسب تركيزه من قانون التخفيف

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$
$$10 \times 1 = M2 \times 1000$$

$$M2 = 0.01M$$

تركيز الحامض بعد الاضافة (تركيز *H=0.01*)

نستخدم قانون الحامض الضعيف و ملحه

$$PH = PKa + \log\frac{[salt-[H]]}{[acid+[H]]}$$

$$PH = 4.74 + \log\frac{[0.1-[0.01]]}{[0.1+[0.01]]}$$

$$PH = 4.74 + \log\frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + (-0.087) = 4.66$$

المحاليل القاعدية (قاعدة ضعيفة و ملحها)

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons \boxed{NH_4^+} + OH^-$$
$$NH_4Cl \rightarrow \boxed{NH_4^+} + Cl^-$$

$$pOH = pKb + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

pKb = - logKb
pH= 14 –pOH

عند اضافة حامض قوي

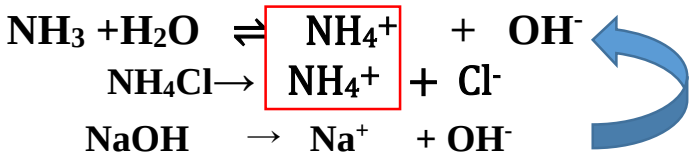
$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons \boxed{NH_4^+} + OH^-$$
$$NH_4Cl \rightarrow \boxed{NH_4^+} + Cl^-$$
$$HCl \rightarrow Cl^- + H^+$$

عند إضافة الحامض فان ايون الهيدروجين يتفاعل مع *OH* القاعدة ويكون ماء وبذلك قيمة *pH* لا تتاثر كثيرا

MSCNameerMuayadKhalaf

$$pOH = pKb + Log \frac{[salt + [H]]}{[base - [H]]}$$

اما عند اضافة قاعدة قوية للمحلول



عند إضافة القاعدة سوف يقل تركيز القاعده لان يكون ايون مشترك مع ايون **OH** ***ويزداد تركيز الملح***

$$pOH = pKb + Log \frac{[salt - [oH]]}{[base + [oH]]}$$

ملاحظ المحلول البفري يتكون من مكونين احدهما يتفاعل مع كمية الحامض المضافة والاخر مع القاعدة المضافة لذلك هذه المحاليل تحافظ على ***pH***

MSC Nameer Muayad Khalaf

مثال/ احسب قيمة pH
1-لتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز $0.1M$ وكلوريد الامونيا بتركيز $0.1M$
2-لنفس المحلول بعد اضافة $1mL$ من محلول حامض الكبريتيك تركيزه $10M$ ثم احسب مقدار التغيير الحاصل في قيمة PH (علما ان $pKb = 4.74$) (ملاحظة اهمل التغيير الذي يحصل في الحجم المحلول بعد اضافة الحامض القوي)

الحل (قاعدة ضعيفة وملحها)
قبل الإضافة

$$pOH = pKb + Log \frac{[salt]}{[base]}$$

$$pOH = 4.74 + Log \frac{[0.1]}{[0.1]}$$

$$pOH = 4.74$$

$$PH = 14 - 4.74 = 9.26$$

بعد الإضافة
نحسب تركيز المضاف H_2SO_4

$$M1 \quad V1 = M2 \quad V2$$
$$10 \quad x\ 1 = M2 \quad x\ 1000$$
$$M2 = 0.01\ M$$

نكتب معادلة تفكك

$$H2SO4 \rightarrow SO4^{-2} + 2H^{+}$$
$$0 \qquad 0.01 \qquad 2x0.01$$

تركيز ايون H = $0.02M$

$$pOH = pKb + Log \frac{[salt + [H]}{[base - [H]}$$

$$pOH = 4.74 + Log \frac{[0.1 + [0.02]}{[0.1 - [0.02]}$$

$$pOH = 4.74 + Log \frac{0.12}{0.08}$$

$$pOH = 4.74 + Log 1.5$$

$$pOH = 4.74 + 0.18$$

$$pOH = 4.92$$
$$pH = 14 - 4.92 = 9.08$$

$$\Delta pH = pH2 - pH1$$
$$\Delta pH = 9.08 - 9.26$$

$$= -0.18$$

MSC Nameer Muayad Khalaf