كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثانية**

المادة : كيمياء تحليلية١

المحاضرة : ٧+٨ /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z



2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

مثال:

أوجد تركيز كل الأنواع عند التوازن لمحلول $AB_2$ يحوي على 0,2 M في 500mL من المحلول حيث أن ثابت التشرد $k = 3,5 \times 10^{-6}$.

الحل:

$$AB_2 \rightleftharpoons A^+ + 2B^-$$

تراكيز ابتدائية: 0,4 — 0 — 0

تراكيز توازنية: 0,4 − x — x — 2x

$$[AB_2] = \frac{0,2 \times 10^3}{500} = 0,4\ M \ / \ mol/l$$

$$k = \frac{[A^+][B^-]^2}{[AB^2]} = \frac{x.(2x)^2}{0,4 - x}$$ نهمل x

$$\Rightarrow k = \frac{x.4x^2}{0,4} = \frac{4.x^3}{0,4}$$

$$\Rightarrow x = 7 \times 10^{-3}\ mol/l$$

$[A^+] = 7 \times 10^{-3}\ mol/l$

$[B^-] = 14 \times 10^{-3}\ mol/l$

$[AB_2] = 0,4\ mol/l$

$\Rightarrow [AB_2] - x = 0,4 - 7 \times 10^{-3}\ mol/l$



TEL:0931497960 - (جامعة طرطوس) كلية العلوم - A to Z مكتبة

مثال: أوجد تركيز كل الأنواع عند التوازن لمحلول $AB_2$ تركيزه 0,2 M في 500 mL من المحلول الذي يحوي على NaCl تركيزه 0,1 M حيث أن ثابت الانحلال $K = 3,5 \times 10^{-6}$ وكما أن معامل فعالية $\gamma_{B^-} = 0,86$ ومعامل فعالية $\gamma_A = 0,9$

الحل:

$$AB_2 \rightleftharpoons A^+ + 2B^-$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| تراكيز ابتدائية | 0,4 | 0 | 0 |
| تراكيز توازنية | 0,4 − x | x | 2x |

$$\Rightarrow [AB_2] = \frac{0.2 \times 10^3}{500} = 0,4\,M \equiv 0,4\ mol/l$$

$$K = \frac{a_{A^+} \cdot a_{B^-}^2}{a_{AB_2}} = \frac{\gamma_{A^+}.[A^+] \cdot \gamma_{B^-}^2 [B^-]^2}{\gamma_{AB_2}[AB_2]}$$

$$= \frac{\gamma_{A^+} \cdot \gamma_{B^-}^2}{\gamma_{AB_2}} \times \frac{[A^+][B^-]^2}{[AB_2]}$$

$$\Rightarrow K = \frac{0,9 \times 0,86}{1} \times \frac{x \cdot (2x)^2}{0,4 - (x)} \rightarrow \text{نهمل}$$

$$\Rightarrow x = 8,1 \times 10^{-3}\ mol/l$$

$$[A^+] = 8,1 \times 10^{-3}\ mol/l$$

$$[B^-] = 2 \times 8,1 \times 10^{-3}\ mol/l$$

$$[AB_2] = 0,4\ mol/l$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مثال: أوجد تركيز كل الأنواع في لحظة التوازن من محلول AB يحوي على 0,2 M في 1000 mL من المحلول حيث أن ثابت التشرد:

$$K = 2,4 \times 10^{+5}$$

الحل:

$$AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| تراكيز ابتدائية | 0,2 | 0 | 0 |
| تراكيز قبل التوازن | 0 | 0,2 | 0,2 |
| تراكيز توازنية | X | 0,2 − X | 0,2 − X |

$$[AB] = \frac{0,2 \times 10^3}{1000} = 0,2 \text{ mol/l}$$

تهمل

$$K = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} = \frac{(0,2 - X)(0,2 - X)}{X} = \frac{0,04}{X}$$

$$\Rightarrow X = \frac{0,04}{K} = \frac{0,04}{2,4 \times 10^5} = 1,67 \times 10^{-7} M$$

$$[AB] = 1,67 \times 10^{-7} \text{ mol/l}$$

$$[A^+] = 0,2 \text{ mol/l}$$

$$[B^-] = 0,2 \text{ mol/l}$$

* توازنات حمض أساس:

الحمض: هو جميع المركبات التي تمنح بروتونات ($H^+$) داخل المحلول مثل: $HCl$ , $H_2SO_4$ ...

الأساس: هو كل مركب يمنح شوارد الهيدروكسيد ($OH^-$) داخل المحلول مثل: $NaOH$ , $NH_4OH$ , $CaOH_2$ ...



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* تفاعل البرنشة الذاتية للماء:

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

* تفاعل البرنشة المختصر:

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \rightarrow K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

بجداء شاردي الماء $K_w = [H^+][OH^-]$

$$K_w = 10^{-14}$$

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

* انطلاقاً من صنعة العلاقة $K_w = [H^+][OH^-]$ أوجد العلاقة بين pH و pOH.

دورات

الحل: أولاً: نأخذ لوغاريتم الطرفين:

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

ثانياً: نضرب الطرفين بـ (−):

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

$$pK_w = pH + pOH \Rightarrow pK_w = -\log[K_w]$$

وبما أن $K_w = 10^{-14}$

فإن $pK_w = -\log[10^{-14}]$

$$pK_w = 14$$

أصبح لدينا:

$$14 = pH + pOH$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

كيف حصلنا على تركيز $H^+$ و $OH^-$ ؟!

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

$$[H^+] = [OH^-] \qquad pH = 7$$

$$K_w = [H^+]^2$$

$$\Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}\ mol/l$$

مثال: محلول مائي لحمض تركيز شوارد الهيدروجين فيه يساوي $0,1\ mol/l$ احسب pH المحلول واحسب تركيز شوارد الهيدروكسيد

الحل:

$$[H^+] = 0,1\ mol/l \text{ أي } 10^{-1}\ mol/l$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log [10^{-1}] = 1$$

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

$$\Rightarrow [OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13}\ mol/l$$

* ماذا يبقى الـ pOH ؟!

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log [10^{-13}]$$

$$= 13$$

$\Rightarrow$ (( قانون )) $pH + pOH = 14$

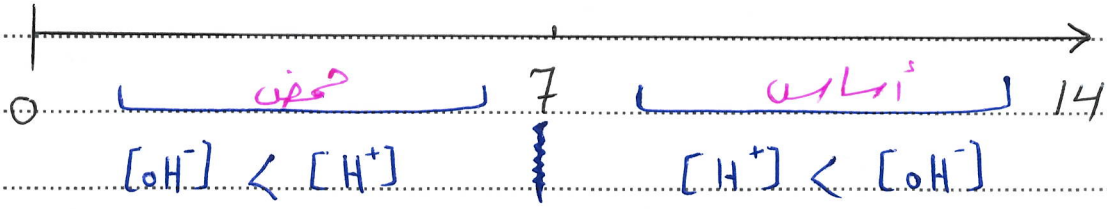
$$pOH = 14 - 1 = 13$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-13}\ mol/l$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* سلم الـ pH :




$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}\ mol/\ell$

ملاحظة 1: تأخذ pH قيمة ثابتة عندما تكون المحاليل الحمضية مركزة جداً.

مثلاً: لدينا محلول حمضي تركيز $[H^+] = 10^{-10}M$ فيكون:

$pH = -\log[H^+] = -\log[10^{-10}] = 10$

ملاحظة 2: يمكن لـ pH أن تأخذ قيم أكبر من 14 ويكون المحلول قلوي مركز جداً ويحدث عندما يكون المحلول تجريبي فقط.

## / أنواع المحاليل /

يوجد ثلاث أنواع أساسية للمحاليل:

1) محاليل حمضية ($pH < 7$)

وتقسم إلى محاليل حمضية قوية ومحاليل حمضية ضعيفة.

2) محاليل قلوية ($pH > 7$)

وتقسم إلى محاليل قلوية قوية ومحاليل قلوية ضعيفة

3) محاليل ملحية:

وتقسم إلى محاليل ملحية ذات صفة حمضية و
محاليل ملحية ذات صفة قلوية و
المحاليل المعتدلة



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

## أولاً: المحاليل الحمضية القوية:

مثال: حمض HCl تركيزه 0,1 M أوجد تركيز شوارد الهيدروجين

الحل:

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

X X X

0,1M 0,1M 0,1M

$$[H^+] = [HCl]$$

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

$$C_{HCl}$$

$$pH = -\log (10^{-1}) = 1$$

مثال 2:

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{-2}$$

X 2X X

0,1 2(0,1) 0,1

$$[H^+] = 2[H_2SO_4] = 2C_{H_2SO_4}$$

$$= 2(0,1)$$

$$= 0,2 \ mol/l$$

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

ملاحظة: في الأحماض القوية تكون تامة التفكك وبالتالي يكون تركيز الحمض يساوي تركيز الهيدروجين في الحموض أحادية الوظيفة الحمضية ويكون تركيز الحمض يساوي نصف تركيز الهيدروجين في الحموض ثنائية الوظيفة الحمضية.



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

## ثانياً: محاليل الأسس القوية:

ملاحظة: في الأسس القوية يكون تشردها تام وبالتالي تركيز شوارد الهيدروكسيد يساوي تركيز المحلول الأساسي إذا كان أحادي الوظيفة الأساسية ويساوي ضعف المحلول الأساسي إذا كان ثنائي الوظيفة الأساسية.

مثال: محلول من NaOH تركيزه 0,1M احسب الـ pH

الحل:

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

X X X

0,1 0,1 0,1

$$[OH^-] = [NaOH] = C_{NaOH} = 0,1 \ mol/l$$

1b

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log [10^{-1}] = 1$$

$$pH = 14 - pOH \Rightarrow pH = 14 - 1 = 13$$

2b

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

$$\Rightarrow [H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} \ mol/l$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log [10^{-13}]$$

$$= 13$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

## ثالثاً: الأحماض الضعيفة أحادية الوظيفة الحمضية:

مثال: $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ (ضعيف)

قبل التفكك (التأين): $C \quad 0 \quad 0$

بعد التفكك (التأين): $C-X \quad X \quad X$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{X \cdot X}{C-X}$$

$$K_a = \frac{X^2}{C-X}$$

هنا نحن حالتين: ① نهمل X

② لا نهمل X

استنتاجات

① في حالة نهمل X يكون:

$$K_a = \frac{X^2}{C-X} \rightarrow \text{نهمل} = \frac{X^2}{C}$$

$$\Rightarrow X = \sqrt{K_a \cdot C} = [H^+]$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(\sqrt{K_a \cdot C})$$ ونكون:

② في حالة لا نهمل X يكون:

$$K_a = \frac{X^2}{C-X} \Rightarrow K_a(C-X) = X^2$$

$$K_a \cdot C - K_a \cdot X - X^2 = 0$$

نضرب بـ (-) $X^2 + K_a X - K_a C = 0$

$$\Rightarrow -X^2 - K_a X + K_a C = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$\Delta = (-K_a)^2 - 4(-K_a C)$$

$$\Delta = K_a^2 + 4K_a C$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$X = \frac{-b^2 \mp \sqrt{k_a^2 + 4Kq_c}}{2} = [H^+]$$

وتكون

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

$$= -\log \left( \frac{-b^2 \mp \sqrt{k_a^2 + 4Kq_c}}{2} \right)$$

* بالنسبة للأسس الضعيفة نفس الاشتقاق ولكن نضع $K_p$ محل $K_a$ و $[OH^-]$ بدل $[H^+]$ و pOH بدل pH

وتكون $pH = 14 - pOH$

حساب درجة التأين المئوية:

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| | C | 0 | 0 |
| | $C - \alpha_c$ | $\alpha C$ | $\alpha . C$ |

درجة التشرد $\alpha_{H^+} = \frac{[H^+]}{C_{HA}} = \frac{X}{C_{HA}} \Rightarrow X = \alpha . C_{HA}$

درجة التشرد $\alpha_{A^-} = \frac{[A^-]}{C_{HA}} = \frac{X}{C_{HA}} \Rightarrow X = \alpha . C_{HA}$

درجة التشرد $\alpha_{HA} = \frac{[HA]}{C_{HA}} = \frac{X}{C_{HA}} \Rightarrow X = \alpha . C_{HA}$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha.C \times \alpha.C}{C - \alpha.C}$$

$$K_a = \frac{\alpha^2.C^2}{C(1-\alpha)} = \frac{\alpha^2.C}{1-\alpha}$$ ← تهمل

$$K_a = \alpha^2.C \Rightarrow \alpha^2 = \frac{K_a}{C}$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}}$$ وهي درجة التأين (التفكك)

أما درجة التأين المئوية:

استنتاج ←

$$\alpha\% = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \times 100$$

وهنا نميز حالتين:

① إذا كانت $\alpha\%$ أصغر من 5% تهمل $X$ ونطبق القانون:

$$\Rightarrow X = \sqrt{K_a.C} = [H^+]$$

$$pH = -\log(\sqrt{K_a.C})$$

② إذا كانت $\alpha\%$ أكبر من 5% لا تهمل $X$ ونطبق القانون:

$$\Rightarrow X = \frac{-b^2 \pm \sqrt{K_a^2 + 4K_aC}}{2} = [H^+]$$

$$pH = -\log\left(\frac{-b^2 \pm \sqrt{K_a^2 + 4K_aC}}{2}\right)$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مثال: محلول لحمض الخل تركيزه 0,1M احسب pH هذا المحلول مع العلم أن ثابت التشرد:

$K_a = 1,78 \times 10^{-5}$

الحل:

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

| C | 0 | 0 |
|---|---|---|
| C − X | X | X |

$$X\% = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \times 100$$

$$= \sqrt{\frac{1,78 \times 10^{-5}}{10^{-1}}} \times 100 = 1,33\% < 5\%$$

أصغر من 5% نهمل X:

$$X = \sqrt{K_a \cdot C} = \sqrt{1,78 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-1}}$$

$$= 1,33 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

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

$$= -\log (\sqrt{K_a \cdot C}) = -\log (1,33 \times 10^{-3})$$

$$= 2,97$$ ليس لها قاعدة



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z