كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثانية**

المادة : كيمياء تحليلية

المحاضرة : **الخامسة** /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z



2026

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

توازنات (حمض - أساس) تقليدية:

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

تفاعلات التعديل: هي التفاعلات التي تتم بين الحمض والأساس وتشكل ملح + ماء

الحمض: هو كل مادة قادرة على منح البروتون.

الأساس: هو كل مادة قادرة على منح شوارد الهيدروكسيد.

ويعرف لوري الحمض بأنه كل مادة قادرة على منح شوارد الهيدروكسيد ويعرف الأساس بأنه كل مادة قادرة على منح شوارد الهيدروجين

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

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

* يمكن لـ pH أن يأخذ قيم سالبة وذلك في المحاليل الحمضية شديدة التركيز

مثال: $H^+ = 10^{10}\ M$

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

* ويمكن أن يأخذ pH قيم أكبر من 14 وذلك في المحاليل القلوية شديدة التحمد

تفاعل البرتنا الذاتي للماء $H_2O + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$

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

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} \qquad K = 1.8 \times 10^{-16}$$

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

$$d[H_2O] = 1\ g.cm^{-3} = 997\ mg/ml$$

$$\Rightarrow \qquad H^+ OH^- = 10^{-14}$$

استنتج العلاقة بين pH و pOH :

$$Kw = [H^+][OH^-] \qquad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

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

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

$$pKw = -\log Kw$$

$$Kw = 10^{-14} \Rightarrow pKw = -\log (10^{-14}) = 14 \rightarrow (1)$$

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

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

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

$$pKw = pH + pOH \Rightarrow pH + pOH = 14$$

في الماء النقي يكون الوسط معتدل أي تركيز شوارد الهيدروكسيد = تركيز شوارد الهيدرونيوم

وسط معتدل $\Rightarrow [H^+] = [OH^-]$

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

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

$$10^{-14} = [H^+]^2 \Rightarrow [H^+] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}\ mol/l$$

أو

$$10^{-14} = [OH^-]^2 \Rightarrow [OH^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}\ mol/l$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

محلول مائي لحمض بركين شوارد الهيدروجين منه يدعى $0.1\ mol/L$ له pH

هذا المحلول واسمه بركين شوارد الهيدروكسيد

$[H^+] = 0.1\ mol/L$

$pH = ?$ $[OH^-] = ?$

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

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

$[H^+] = 10^{-PH}$ حيث

هنالك طريقتين لحساب $[OH^-]$ :

الطريقة الأولى:

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

$10^{-14} = 10^{-1}\ [OH] \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13}\ mol/L$

الطريقة الثانية:

$pH + pOH = 14$

$1 + pOH = 14 \Rightarrow pOH = 13$

$\Rightarrow [OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-13}\ mol/L$

---

أنواع المحاليل:

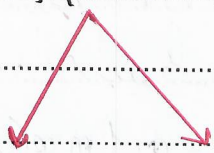
1) محاليل حمضية $pH < 7$ وتقسم إلى:

- محاليل حموض قوية
- محاليل حموض ضعيفة



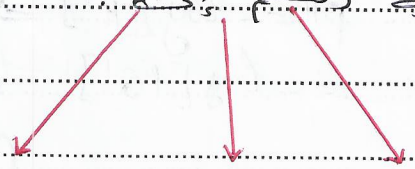
TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

2) محاليل قلوية ... $pH > 7$ ... وتقسم إلى :



محاليل قلوية قوية ... محاليل قلوية ضعيفة

3) محاليل حمضية وتقسم إلى :



محاليل حمضية ذات ... محاليل حمضية ذات ... محاليل حمضية

الصفة الحمضية ... الصفة القلوية ... معتدلة

المحاليل الحمضية القوية :

هي عبارة عن الأحماض القوية مثل $HCl$ ، $HNO_3$ ... تتفكك كاملاً

$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^- \qquad HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

$$x \quad x \quad x \qquad x \quad x \quad x$$

في المحاليل الحمضية القوية ذات الوظيفة الحمضية الواحدة يكون تركيز الهيدروجين مساوي تركيز الحمض الأم (المذاب).

$$[H^+] = [HCl] = C_{HCl}$$

$$C_{HCl}$$

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

$$pH = -\log [HCl]$$

$$pH = -\log C_{HCl}$$

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

$$x \quad 2x \quad x$$

في المحاليل الحمضية القوية ثنائية الوظيفة الحمضية يكون تركيز الهيدروجين ضعف تركيز الحمض الأم



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$[H^+] = 2[H_2SO_4]$

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

**الحاليل القلوية القوية:**

في الحاليل الحمضية القوية يكون تركيز شوارد الهيدروكسيد يساوي تركيز الأساس القوي الأم. وذلك إذا كان الأساس الوظيفة القلوية ويساوي ضعف تركيز المحلول القلوي القوي الأم في حال كان الأساس الوظيفة القلوية

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

0.1M 0.1M 0.1M

$p.o.H = -\log[OH^-]$

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

$pH = 14 - 1 = 13$

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

$x \quad x \quad x$

$[OH^-] = [NaOH] = C_{NaOH}$

$p.o.H = -\log[OH^-] = -\log[NaOH] = -\log C_{NaOH}$

$pH = 14 - p.o.H$

$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2OH^-$

$x \quad x \quad 2x$

الحاليل الحمضية الضعيفة: } يشردها غير كامل ع

الحاليل الوظيفة الحمضية

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

قبل التشرد (قبل التأين) $C \quad 0 \quad 0$

بعد التشرد (بعد التأين) $C-x \quad x \quad x$

$Ka = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x \cdot x}{C-x} = \frac{x^2}{C-x}$

حساب x بطريقتين:

1) بهمل x في المقام

2) لا نهمل x في المقام } حسب درجة التأين



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

1) عندما نهمل x في المقام:

$$K_a = \frac{x^2}{C} \Rightarrow x^2 = K_a \cdot C$$

$$\Rightarrow x = \sqrt{K_a \cdot C}$$

تركيز شوارد الهيدرونيوم بـ mol/L

$$pH = -\log[H^+] = -\log(\sqrt{K_a \cdot C})$$ ← (1) نعوض

2) عندما لا نهمل x في المقام:

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

$$K_aC - K_ax = x^2$$

$$x^2 + K_ax - K_aC = 0$$ معادلة من الدرجة الثانية

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

$$\Delta = K_a^2 + 4K_aC \Rightarrow x = \frac{-b \mp \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x = \frac{-K_a \mp \sqrt{K_a^2 + 4K_aC}}{2}$$

نختار قيمة x الموجبة

نعوض قيمة pH قيمة موجبة

$$pH = -\log[H^+] = -\log\left(\frac{-K_a \mp \sqrt{K_a^2 + 4K_aC}}{2}\right)$$ ← (2) نعوض

في أسس الصفة الوظيفة القلوية:

$$AOH \rightleftharpoons A^+ + OH^-$$

| C | 0 | 0 |
|---|---|---|
| C − x | x | x |

$$K_b = \frac{[A^+][OH^-]}{[AOH]} = \frac{x^2}{C-x}$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

1) عندما $x$ تهمل:

$$K_b = \frac{x^2}{c} \Rightarrow x^2 = K_b \cdot c$$

$$x = \sqrt{K_b c}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(\sqrt{K_b c})$$

2) عندما لا تهمل $x$:

نحل المعادلة من الدرجة الثانية:

$$x = [OH^-] = \frac{-K_b \pm \sqrt{K_b^2 + 4K_b c}}{2}$$

حساب درجة التأين الحقيقية (درجة التفكك الحقيقية):

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

قبل التأين: $c \quad 0 \quad 0$

بعد التأين: $c - x \quad x \quad x$

درجة التأين الحقيقية $\alpha_{[H^+]} = \frac{[H^+]}{C_{HA}} = \frac{x}{C_{HA}} \Rightarrow x = \alpha C_{HA}$

$$\alpha_{[A^-]} = \frac{[A^-]}{C_{HA}} = \frac{x}{C_{HA}} \Rightarrow x = \alpha C_{HA}$$

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

قبل التأين: $c \quad 0 \quad 0$

بعد التأين: $c - \alpha c \quad \alpha c \quad \alpha c$

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha c \cdot \alpha c}{c - \alpha c} = \frac{\alpha^2 c^2}{c - \alpha c}$$

$$\Rightarrow K = \frac{\alpha^2 c^2}{c(1-\alpha)} = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha}$$

يهمل اذا كان $< 10^{-4}$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$K = \frac{\alpha^2 C}{1} \Rightarrow K = \alpha^2 C \Rightarrow \alpha^2 = \frac{K}{C}$

درجة التأين $\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$

درجة التأين المئوية $\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$

وهنالك حالتين:

1) $\alpha > 5\%$ نستخدم العلاقة $[H^+] = \frac{-K_a + \sqrt{\Delta}}{2}$

2) $\alpha < 5\%$ نستخدم العلاقة $[H^+] = \sqrt{K_a C}$

مثال: محلول لحمض (ضعيف) تركيزه 0.1 mol/L ما قيمة pH هذا المحلول مع العلم أن ثابت التأين $K_a = 1.78 \times 10^{-15}$

نجد أولاً $\alpha$:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} \times 100$$

$$= \sqrt{\frac{1.78 \times 10^{-15}}{0.1}} \times 100 = 1.33\% < 5\%$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a C} = 1.33 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(1.33 \times 10^{-3}) = 2.97$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z