كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثانية**

المادة : كيمياء تحليلية١

المحاضرة :٩+١٠ /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2025

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

/ المحاليل الملحية /

وهي تقسم إلى: 1- محاليل ملحية معتدلة.
2- محاليل ملحية حمضية.
3- محاليل ملحية قلوية.

① **المحاليل الملحية المعتدلة:** وهي تنشأ من تفاعل حمض قوي مع أساس قوي.

مثال: NaCl ناتج من: حمض قوي (HCl)، أساس قوي (NaOH)

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$$

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

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

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

يعني:

$$\Rightarrow [Na^+] = [Cl^-] = [H^+] = [OH^-]$$

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

$$[H^+] = 10^{-7}$$

$$\Rightarrow pH = -\log [H^+] = -\log [10^{-7}] = 7$$

② **المحاليل الملحية ذات الصفة الحمضية:** وهي تنشأ من تفاعل حمض قوي مع أساس ضعيف.

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

مثال: NH_4Cl ناتج عن:

$$NH_4OH + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$$

الملح الذي نريد دراسته

نتبع مايلي: 1- نأخذ الملح ونحلله مع الماء:

$$NH_4Cl + H_2O \longrightarrow NH_4OH + HCl$$

2- نرد عند الحمض القوي:

$$(NH_4^+ + Cl^-) + H_2O \longrightarrow NH_4OH + (H^+ + Cl^-)$$

$$NH_4^+ + H_2O \longrightarrow NH_4OH + H^+$$

نستنتج أن طبيعة الوسط حمضي في المحاليل الملحية ذات الصفة الحمضية

3- نأخذ ثابت الحلهة:

$$K_h = \frac{[NH_4OH][H^+]}{[NH_4^+]} \quad (1)$$

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

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

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]} \Longrightarrow \frac{K_W}{K_b} = \frac{[H^+][OH^-][NH_4OH]}{[NH_4^+][OH^-]}$$

$$\frac{K_W}{K_b} = \frac{[H^+][NH_4OH]}{[NH_4^+]} \quad (2)$$

بالمقارنة بين (1) و (2) نستنتج أنه (1) = (2) ومنه:

$$K_h = \frac{K_W}{K_b} \quad (*)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$[H^+] = [NH_4OH]$ ومنه:

$[NH_4^+] = [NH_4OH] = C_s$

نعوض في (1):

$$K_h = \frac{[H^+]^2}{C_s} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_h \cdot C_s}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot C_s}$$

ومنه:

$$pH = -\log[H^+] = -\log\left(\sqrt{K_h \cdot C_s}\right)$$

$$= -\log\left(\sqrt{\frac{K_w}{K_b} C_s}\right) \quad \text{أو}$$

③ المحاليل الملحية ذات الصفة القلوية: وهي تنشأ من تفاعل أساس قوي مع حمض ضعيف.

مثال: CH_3COONa يأتي من:

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

1- نأخذ الملح ونحلله مع الماء:

$$CH_3COONa + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + NaOH$$

2- نرد عن الأساس القوي فقط:

$$(CH_3COO^- + Na^+) + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + (Na^+ + OH^-)$$

$$CH_3COO^- + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + OH^-$$

نستنتج أنه طبيعة الوسط قلوي في المحاليل الملحية ذات الصفة القلوية.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

جـ- نأخذ ثابت الحلمهة:

$$K_h = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]} \quad (1)$$

نأخذ الحمض الضعيف ونشرده:

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

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

$$\frac{K_w}{K_a} = \frac{[H^+][OH^-]}{\frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}}$$

$$\frac{K_w}{K_a} = \frac{[H^+][OH^-][CH_3COOH]}{[CH_3COO^-][H^+]}$$

$$\frac{K_w}{K_a} = \frac{[OH^-][CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} \quad (2)$$

بالمقارنة بين (1) و (2) نستنتج أنه (1) = (2) ومنه:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$[OH^-] = [CH_3COOH]$$

$$[CH_3COO^-] = [CH_3COONa] = C_s$$

نعوض في (1):

$$K_h = \frac{[OH^-]^2}{C_s}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\Rightarrow [OH^-] = \sqrt{K_h \cdot C_s}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot C_s}$$

$$\Rightarrow pOH = -\log [OH^-] = -\log \sqrt{K_h \cdot C_s}$$

$$pH = 14 - pOH$$

مثال: احسب pH محلول ملحي من حلات الصوديوم CH_3COONa تركيزه $0.1\ mol/l$ مع العلم أن $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$

الحل:

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

$$pOH = -\log \sqrt{K_h \cdot C_s}$$

$$pOH = -\log \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot C_s}$$

$$pOH = -\log \sqrt{\frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} \times 0.1}$$

$$pOH = 5,13$$

$$\Rightarrow pH = 14 - pOH$$

$$= 14 - 5,13 = 8,87$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

المحاليل المؤقية

هي عبارة عن حمض ضعيف مع أحد أملاحه أو أساس ضعيف مع أحد أملاحه وتستخدم لضبط قيمة الـ pH والحفاظ على قيمة الـ pH ثابتة في المحاليل الحمضية الضعيفة والقلوية الضعيفة.

وتقسم الى: 1- محاليل مؤقية حمضية.

2- محاليل مؤقية قلوية.

① المحاليل المؤقية الحمضية:

وهي تستخدم لحفظ قيمة الـ pH في المحاليل الحمضية الضعيفة.

مثال: ($CH_3COOH + CH_3COONa$) حمض ضعيف مع أحد أملاحه

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

K_a ثابت التأين $= \dfrac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$

$$[H^+] = K_a \cdot \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

نأخذ لوغاريتم الطرفين:

$$\log [H^+] = \log K_a + \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

نضرب الطرفين بـ (-):

$$-\log [H^+] = -\log K_a - \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$pH = pK_a - \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

نعكس إشارة لتصبح (-) ← (+)

$$pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

/ وهي علاقة هندرسون ((مهمة تأتي استنتاج)) للمحاليل المؤمنة الحمضية /

② المحاليل المؤمنة القلوية :

مثال : $(NH_4OH + NH_4Cl)$

احسب علاقة هندرسون.

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

$$K_a = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]}$$

$$[OH^-] = K_b \cdot \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

$$-\log[OH^-] = -\log K_b - \log \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

$$pOH = pK_b + \log \frac{[NH_4^+]}{[NH_4OH]}$$

/ وهي علاقة هندرسون للمحاليل المؤمنة القلوية /

وهنه : $pH = 14 - pOH$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

كيف يتم تحضير المحلول المؤقي ؟!

مثال: ما هي النسبة المئوية الواجب أخذها من محلول حمض الخل و محلول خلات الصوديوم المتساوي التركيز للحصول على محلول منظم لهُ $pH = 5$ مع العلم أن $pK_a = 4,76$

الحل:

المحلول هو: $(CH_3COOH + CH_3COONa)$

وهو محلول حمضي نأخذ علاقة هندرسون.

$$pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$5 = 4,76 + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$\log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 5 - 4,76 = 0,24$$

$$\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 10^{0,24} = 1,73$$

$$[CH_3COO^-] = 1,73\,[CH_3COOH] \quad (*)$$

$$[CH_3COOH] + [CH_3COO^-] = 100$$

$$[CH_3COO^-] = 100 - [CH_3COOH]$$

من (*) لدينا:

$$1,73\,[CH_3COOH] = 100 - [CH_3COOH]$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$1,73\,[CH_3COOH] + [CH_3COOH] = 100$$

$$[CH_3COOH](1,73+1) = 100$$

$$[CH_3COOH](2,73) = 100$$

$$\Rightarrow [CH_3COOH] = \frac{100}{2,73} = 36,63\ \%$$

وهي النسبة المئوية لحمض الخل

ومنه: $[CH_3COO^-] = 100 - 36,63$

$= 63,37\ \%$

نأخذ 36,63 mL من حمض الخل ونضيف له 63,37 mL من ملح خلات الصوديوم.

مثال2:

احسب pH محلول ناتج عن مزج 10mL من حمض الخل ذو التركيز 0,1 mol/l مع 20mL من خلات الصوديوم تركيزها 0,1 mol/l حيث أن $pK_a = 4,76$

الحل:

CH_3COOH

قبل الإضافة — بعد الإضافة

$M.V = M.V$

$0,1 \times 10 = M \times 30$

$\Rightarrow M = \frac{0,1 \times 10}{30} = \frac{1}{30}$ mol/l

CH_3COO^-

قبل الإضافة — بعد الإضافة

$M.V = M.V$

$0,1 \times 20 = M.30 \Rightarrow M = \frac{0,1 \times 20}{30} = \frac{2}{30}$ mol/l

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

نعوض في علاقة هندرسون:

$$pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$pH = 4,76 + \log \frac{\frac{2}{30}}{\frac{1}{30}}$$

$$pH = 4,76 + \log 2 = 4,76 + 0,3 = 5,06$$

* توازنات الترسيب (توازنات جملة محلول مشبع).

هي التوازنات التي تتم في المحاليل التي يكون فيها راسب.

مثال:

$$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow$$

راسب أبيض

$$AgCl \longrightarrow Ag^+ + Cl^-$$

$$s \quad s$$

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = s^2$$

مثال: احسب انحلالية AgCl في الماء النقي حيث أن ثابت الانحلالية (الذوبانية) $K_{sp} = 1 \times 10^{-10}$ واحسب أيضاً الانحلالية بـ g/l حيث أن الوزن الجزيئي لـ AgCl = 143

هناعم نزرس ماء نقي!

الحل:

$$AgCl \longrightarrow Ag^+ + Cl^-$$

بدائية	0	0
توازنية	s	s

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = S^2$$

$$\Rightarrow S = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{1 \times 10^{-10}}$$

$$= 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$[Ag^+] = [Cl^-] = 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$S_{g/L} = 10^{-5} \cdot 143$$

$$= 1,43 \times 10^{-3} \text{ g/l}$$

مثال: أوجد الحلالية بوحدات الغرام في اللتر، المغنيزيوم وأملاحها

$K_{sp} = 6,6 \times 10^{-6}$ حيث: g/l ←

والوزن الجزيئي $F_W = 367$

الحل: $PbBr_2 \longrightarrow Pb^{+2} + 2Br^-$

بدائية	0	0
توازنية	S	S

$$K_{sp} = [Pb^{+2}][Br^-]^2$$

$$K_{sp} = S \cdot (2S)^2 = 4S^3 \Rightarrow S = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}}$$

$$= 0,012 \text{ mol/l}$$

$$[Pb^{+2}] = 0,012 \text{ mol/l}$$

$$[Br^-] = 2 \times 0,012 = 0,024 \text{ mol/l}$$

$$S_{g/l} = 0,012 \times 367$$

$$= 4,34 \text{ g/l}$$

مثال: أوجد الانحلالية بدورات الرصاص في محلول يحوي شوارد مشتركة من $NaBr$ تركيزها $0.1\ M$ ولدينا:

$$K_{sp} = 6.6 \times 10^{-6}$$

/ هناعم ندرس شوارد مشتركة /

$$PbBr_2 \longrightarrow Pb^{+2} + 2Br^-$$

	Pb^{+2}	Br^-
الكل:		
بدائية	0	0,1
توازنية	S	2S + 0,1

$$K_{sp} = [Pb^{+2}][Br^-]^2$$

$$K_{sp} = S \cdot (2S + 0.1)^2$$

تهمل

$$\Rightarrow K_{sp} = S \cdot (0,01)$$

$$\Rightarrow S = \frac{K_{sp}}{0,01} = \frac{6.6 \times 10^{-6}}{0,01} = 6.6 \times 10^{-4}\ mol/l$$

عند مقارنة المثالين مع بعضهما البعض نستنتج أن الانحلالية تقل كثيراً بوجود أيون مشترك.

مثال: أوجد ذوبانية راسب كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ في محلول $NaCl$ حيث أن $K_{sp} = 3,4 \times 10^{-9}$ ومعامل فعالية شوارد الكالسيوم $\gamma_{Ca^{+2}} = 0,38$ ومعامل فعالية الكربونات $\gamma_{CO_3^{-2}} = 0,79$

/ هناعم ندرس شوارد غريبة /

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الحل:

$CaCO_3 \longrightarrow Ca^{+2} + CO_3^{-2}$

بدائية: 0 0

توازنية: $\gamma_{Ca^{+2}} \cdot S$ $\gamma_{CO_3^{-2}} \cdot S$

$a_{Ca^{+2}} = \gamma_{Ca^{+2}} \cdot S$

$a_{CO_3^{-2}} = \gamma_{CO_3^{-2}} \cdot S$

نعوض:

$K_{sp} = [Ca^{+2}][CO_3^{-2}]$

$K_{sp} = \gamma_{Ca^{+2}} \cdot S \times \gamma_{CO_3^{-2}} \cdot S$

$K_{sp} = \gamma_{Ca^{+2}} \cdot \gamma_{CO_3^{-2}} \cdot S^2$

$$S = \sqrt{\frac{K_{sp}}{\gamma_{Ca^{+2}} \cdot \gamma_{CO_3^{-2}}}} = \sqrt{\frac{3.4 \times 10^{-9}}{0,83 \times 0,79}}$$

$\Rightarrow S = 7,2 \times 10^{-5}$ mol/l

نقارنها مع الماء النقي:

$CaCO_3 \longrightarrow Ca^{+2} + CO_3^{-2}$

0 0

S S

$K_{sp} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{K_{sp}}$

$= 5.8 \times 10^{-5}$ mol/l

نستنتج أن الانحلالية بوجود شوارد غريبة في المحلول تزيد الانحلالية بالمقارنة مع الماء النقي.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

لحساب الزيادة في الانحلالية بالنسبة المئوية ؟

$$\%\text{ الزيادة في الانحلالية} = \frac{S_{\text{بوجود شوارد غريبة}} - S_{\text{بالماء النقي}}}{S_{\text{بالماء النقي}}}$$

$$= \frac{7.2\times10^{-5} - 5.8\times10^{-5}}{5.8\times10^{-5}} = 23.5\ \%$$

مثال: أوجد الانحلالية أوكزالات الكالسيوم بوجود محلول حمضي pH = 3 حيث أن $K_{sp} = 2.3\times10^{-9}$ و $K_a = 0.057$ ثم قارن الانحلالية بالماء النقي. / هنا عم نقارن بوجود حمض /

الحل:

بالماء النقي

$$CaC_2O_4 \longrightarrow Ca^{+2} + C_2O_4^{-2}$$

0 0

S S

$$K_{sp} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{K_{sp}}$$

$$= 4.8\times10^{-5}\ mol/l$$

بوجود حمض

شاردة حمضية تعطي بها K_a

$$CaC_2O_4 \longrightarrow Ca^{+2} + C_2O_4^{-2}$$

0 0

S $K_a \cdot S$

$$K_{sp} = [Ca^{+2}][C_2O_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \cdot K_a \cdot S = K_a \cdot S^2$$

$$S = \sqrt{\frac{K_{sp}}{K_a}} = 2.1\times10^{-4}\ mol/l$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

نحسب الزيادة بالنسبة المئوية:

$$\%\text{ الزيادة في الانحلالية} = \frac{S_{\text{بوجود معقد}} - S_{\text{بالماء النقي}}}{S_{\text{بالماء النقي}}}$$

$$= \frac{2\times10^{-4} - 4.8\times10^{-5}}{4.8\times10^{-5}} = 300\ \%$$

مثال: أوجد انحلالية $AgCl$ حيث أن $K_{sp} = 1\times10^{-10}$ في محلول من النشادر NH_3 تركيزه $0.1\ M$ حيث أن ثابت تشكيل المعقد $K_0 = 4\times10^{-6}$ ثم قارن النتائج في المحلول بالماء النقي.

/ حنا عم ندرس بوجود معقد /

الحل:

$$Ag + NH_3 \longrightarrow Ag(NH_3^+)$$

$$Ag(NH_3^+) + NH_3 \longrightarrow Ag(NH_3)_2^+$$

بوجود معقد:

$$AgCl \longrightarrow Ag^+ + Cl^-$$

$$0 \quad 0$$

$$K_0 \cdot S \quad S$$

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$$

$$K_{sp} = K_0 \cdot S^2 \Rightarrow S = \sqrt{\frac{K_{sp}}{K_0}} = 5\times10^{-3}\ mol/l$$

بوجود ماء نقي:

$$AgCl \longrightarrow Ag^+ + Cl^-$$

$$0 \quad 0$$

$$S \quad S$$

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = S^2$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$\Rightarrow S = \sqrt{K_{sp}} = 1 \times 10^{-5}$ mol/l

نستنتج انه يوجد زيادة

كما يلي:

$$\%\text{ الزيادة في الانحلالية} = \frac{S_{\text{بوجود معقد}} - S_{\text{بالماء النقي}}}{S_{\text{بالماء النقي}}}$$

$$= \frac{5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-5}}$$

$$= 499\ \%$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة

مكتبة A TO Z

فرع 1
تجمع الكليات(كلية العلوم)

فرع 2
الكورنيش الشرقي جانب MTN

طباعة محاضرات ـ قرطاسية

Mob:0931 497 960