

第5節 酸鹼滴定原理

一 當量數與滴定原理

1. 定義：酸鹼中和時，酸可解離出氫離子的莫耳數稱為當量數或（克當量數）。

2. 當量數 = 酸莫耳數 $\times H^+$ 數(可解離) = $M \times V \times H^+$ 數 = $N \times V$

$$= \frac{\text{重量}}{\text{分子量}} \times H^+ \text{ 數} = \frac{\text{重量}}{\text{當量}}$$

如：2 mol H_3PO_4 = 6 當量數，1 M H_3PO_4 3 升 = 9 當量數，
49 克 H_2SO_4 = 1 當量數，2N $Ba(OH)_2$ 2 升 = 4 當量數。

3. 當量濃度 (N)：溶液 1 升中所含溶質的當量數。

如：3M H_2SO_4 = 6 N，4N $Ba(OH)_2$ = 2 M。

4. 滴定原理： $N \times V =$ 當量數 = 得失 $H^+(OH^-)$ 數

∴ 酸鹼中和時，酸鹼當量數必相等，但酸鹼莫耳數不一定相等。

5. 酸鹼中和計算： $N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2 = M \times V \times H^+$ 數 = $\frac{W}{\text{分子量}} \times H^+$ 數 = $\frac{W}{\text{當量}}$

6. 弱酸的觀念

$$[OH^-] = \sqrt{C_0 \cdot K_b} \quad M$$

(1) 在水中，不中和時 1 M 的 CH_3COOH ： $[H^+] = \sqrt{C_0 \cdot K_a}$ M (in aq)

(2) 若與鹼中和時 1 M 的 CH_3COOH ， $[H^+] =$ 1 M \Rightarrow 1 N (when A B 中和)

(3) 1M H_2CO_3 在水中 $[H^+] = \sqrt{C_0 \times K_{a1}}$ M，1M H_2CO_3 中和時 $[H^+] =$ 2 N。

(4) 酸鹼中和，計算當量數時，與酸鹼強弱 不考慮。

會被迫解離

二 酸鹼滴定

1. 目的：利用已知濃度酸或鹼，去測量未知濃度酸或鹼。

2. 當量點：酸鹼中和，恰好雙方當量數相等時之點。（理論值）此時溶液中僅存在鹽一種，但溶液可能是酸性、中性或鹼性。

3. 終點：酸鹼中和，指示劑恰變色，即滴定終止之點，（實驗值）。雖然終點不一定和當量點相同，但通常把終點視為當量點。所以指示劑的選擇非常重要。

4. 中性點：是指滴定到溶液 pH 值恰好等於 7 之點。與當量點不一定相同。

5. 逆滴定 (back-titration, 或稱「反滴定」) : 在滴定過程中, 先加入標準溶液 (已知濃度的溶液) 使之超過滴定終點, 然後再利用另一已知濃度的適當溶液 (稱為第二標準溶液) 來滴定, 使之返回滴定終點, 稱為逆滴定。

B

範例 1

以 NaOH 溶液滴定乙二酸氫鉀 (式量 128) 0.128 克溶於水所成的溶液, 用去 NaOH 10.0 mL 指示劑恰變色, 若以此 NaOH 溶液滴定某一元未知酸 20.0 mL, 用去 10.0 mL NaOH 溶液時超過終點, 再行反滴定, 恰用去未知酸 5.0 mL, 則此未知酸的濃度為:

- (A) 0.020 M (B) 0.040 M (C) 0.050 M (D) 0.060 M。

【解】
$$\frac{0.128}{128} \times 1 = C_M \times \frac{20+5}{1000} \times 1$$

$$N \times V = C_M \times \lambda \times V$$

範例 2

25°C 時, $\text{pH} = 11$ 的氨水之游離度為 1.8%, 取此水溶液 10 mL, 需用 0.010 N HCl 若干 mL 中和才達當量點?

【解】 $\text{pOH} = 3$ $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-3} = \sqrt{C_0 \times K_b}$ $\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{C_0}$ $1.8\% = \frac{10^{-3}}{C_0}$ $C_0 = \frac{1}{18}$

$$\frac{1}{18} \times \frac{10}{\text{mL}} \times 1 = 0.01 \times V$$
 $V = 55.5 \text{ mL}$

$$M \times V \times \lambda = N \times V$$

演練

有 0.10 莫耳 $\text{HCl}_{(aq)}$ 及 0.10 莫耳 $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 滴定中和時:

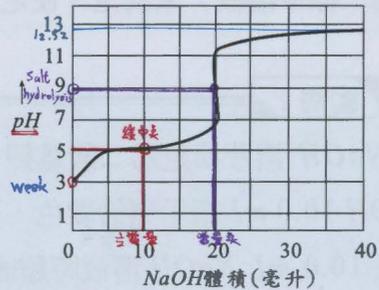
- (A) HCl 中和須 NaOH 較多 (B) 二者之中和熱相等
 (C) 用去等量 NaOH (D) 滴定終點後, 溶液之 pH 皆為 7
 (E) 中和後之溶液加入酚酞試液均不變色。

	HCl	CH_3COOH	H_2SO_4
mole	0.1	0.1	0.1
NaOH 用量	0.1	0.1	0.2
ΔH 之比較	小	中	大 ($\lambda = \frac{1}{2}$)
終=當量	NaCl $\text{pH} = 7$	CH_3COONa $\text{pH} > 7$ (Salt hydrolysis)	Na_2SO_4 $\text{pH} = 7$

範例 3

以 $0.1M NaOH$ 滴定 20 毫升 $0.1M HA$ ($K_a = 1.0 \times 10^{-5}$) ($\log 3 = 0.48$)

pH 值	NaOH 體積 (毫升)
①	0.00
②	10.00
③	20.00
	:
④	40.00



PH	NaOH (V)	滴定四階段 (狀態)	溶液性質	公式	由圖知
PH = 3	0	尚未滴定	Weak Acid	$[H^+] = \sqrt{C_0 \times K_a}$	⇒ 求 C_0 或 K_a
PH = 5	10	未達當量點	buffer solution	$[H^+] = \frac{[HA]}{[A^-]} \times K_a$	⇒ 求 K_a
PH = 8.85	20	達當量點	salt hydrolysis	$[OH^-] = \sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}}$	⇒ 求 C_s 或 K_a
PH = 12.52	40	過當量點	Strong Base	$[OH^-] = \frac{C_s V_2 - C_1 V_1}{V_1 + V_2}$	⇒ 反滴定量, 送回算

$$\textcircled{3} [OH^-] = \sqrt{\frac{0.1 \times 20}{40} \times \frac{1 \times 10^{-14}}{10^{-5}}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \times 10^{-5}$$

$$\therefore [H^+] = \sqrt{5} \times 10^{-9} = 9 - \frac{1}{2} \log 2 = 8.85$$

$$\ast N_1 V_1 = N_2 V_2 \Rightarrow \text{求 } C_0$$

$$\textcircled{4} [OH^-] = \frac{9-2}{40+20} = \frac{1}{30} = \frac{1}{3} \times 10^{-1}$$

$$[H^+] = 3 \times 10^{-13} \quad PH = 13 - 0.48 = 12.52$$

範例 4

某一元弱酸 ($K_a = 10^{-3} \sim 10^{-7}$) 之溶液 100 毫升, 以 $0.50 N$ 氫氧化鈉溶液滴定後得滴定曲線如圖示:

$$0.50 N (NaOH) \times 40 \text{ ml} = 20$$

1. 該弱酸在滴定前的濃度是:

- B (A) $0.05 M$ (B) $0.10 M$ (C) $0.15 M$
(D) $0.20 M$ (E) $0.50 M$ 。

2. 該弱酸的電離常數 (或解離常數) 是:

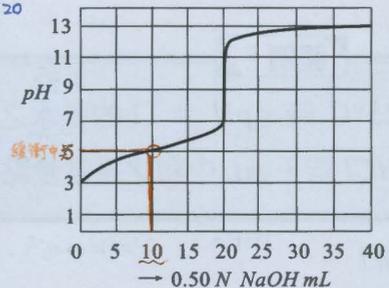
- C (A) 10^{-3} (B) 10^{-4} (C) 10^{-5}
(D) 10^{-6} (E) 10^{-7} 。

E 3. 滴定前弱酸溶液中 $[OH^-]$ 離子濃度應為:

- (A) $10^{-3} M$ (B) $10^{-5} M$ (C) $10^{-7} M$ (D) $10^{-9} M$ (E) $10^{-11} M$ 。

4. 當量點的 pH 值約為:

- C (A) 5 (B) 7 (C) 9 (D) 11 (E) 13。



【解】 (1) $C_0 \times 100 \times 1 = 0.5 \times 20 \quad C_0 = 0.1$
 $C_m \times V \times i = N \times V$

(2) 緩衝中點 = 當量點 $\times \frac{1}{2}$ ($V = 10 \text{ ml}$) $\therefore PH = 5 \Rightarrow K_a = 10^{-5}$

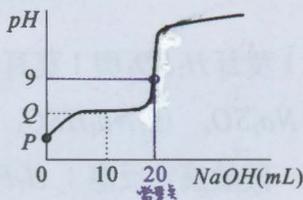
(3) $PH = 3 \quad POH = 11 \quad [OH^-] = 10^{-11}$

(4) 鹽水解 $\sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}} = [OH^-] = \sqrt{0.1 \times 10^{-14}} = 10^{-5}$
 $\therefore [H^+] = 10^{-9} \quad PH = 9$

範例 5

某單質子弱酸 0.8g 配成 20 毫升水溶液再以 0.5 N NaOH(aq) 滴定，滴定曲線圖如右求：

- (1) 此酸的分子量為多少？
- (2) 圖中 P 點的 $[H^+]$ 。
- (3) 圖中 Q 點的 $[H^+]$ 。
- (4) 滴定前此弱酸之解離度。



〔解〕 (1) $\frac{0.8}{(mole) \cdot n} = 0.5 \times \frac{20}{1000} \Rightarrow M = 80$
 $(mole) \cdot n = C_n \times (V_n) = n$

(2) Salt hydrolysis point 非 $K_a [OH^-] = \sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}}$ $10^{-5} = \sqrt{\frac{10}{40} \times \frac{10^{-14}}{K_a}}$ $K_a = 2.5 \times 10^{-5}$

$[H^+] = \sqrt{0.5 \times (2.5 \times 10^{-5})} \approx 3.5 \times 10^{-3}$

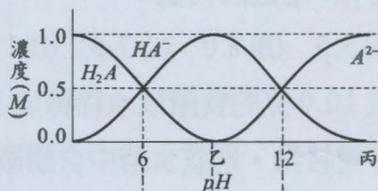
$[H^+] = 2.5 \times 10^{-5} \times \frac{1}{1} = 2.5 \times 10^{-5}$
 $K_a \times \frac{[HA]}{[A^-]}$

(3) $\alpha = \frac{[H^+]}{C_0} = \frac{3.5 \times 10^{-3}}{0.5} = 0.7\% = 7\%$

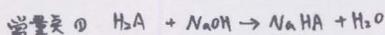
範例 6

某雙子弱酸 H_2A ，今於此弱酸溶液中以 0.10M 的 NaOH(aq) 滴入，測得 $[H_2A]$ 、 $[HA^-]$ 、 $[A^{2-}]$ 與溶液之 pH 值有下列的關係圖：試回答下列各問題：

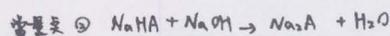
- (1) 試求此弱酸的 K_{a1} 及 K_{a2} ？
- (2) 1M 的 H_2A (aq) 的 pH 值？



〔解〕



① $K_{a1} = 10^{-6}$

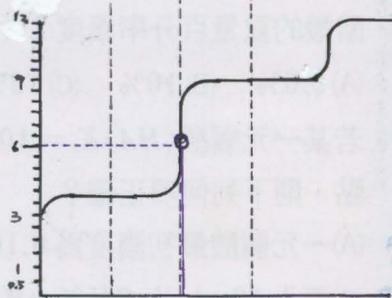


② $K_{a2} = 10^{-12}$

buffer solution ① $[H^+] = K_{a1} \times \frac{[HA^-]}{[H_2A]}$ 1/1

buffer solution ② $[H^+] = K_{a2} \times \frac{[A^{2-}]}{[HA^-]}$

$[H^+] = \sqrt{C_0 \times K_{a1}}$
 $= \sqrt{1 \times 10^{-6}}$
 $= 10^{-3}$



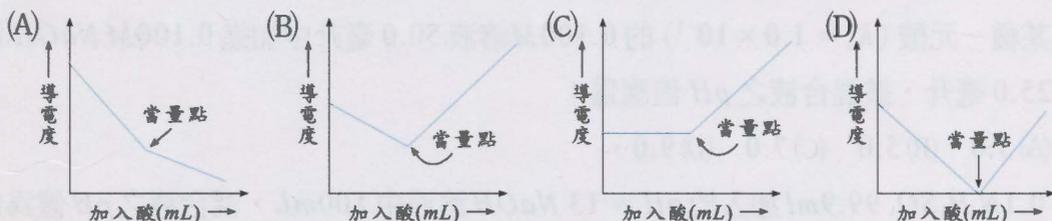
實力的養成

- 當 1 莫耳 H_2SO_4 與 1 莫耳 $NaOH$ 完成反應後，所生成之鹽為：
(A) Na_2SO_4 (B) Na_2HSO_4 (C) $NaHSO_4$ (D) Na_2SO_3 。
- 在一酸鹼滴定反應： $H_3PO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2HPO_4 + 2H_2O$ 中 H_3PO_4 之克當量為：
〔原子量： $H = 1.0$ ， $P = 31.0$ ， $O = 16.0$ 〕
(A) 98 (B) 49 (C) 33 (D) 不一定。
- 某二元酸 0.945 克溶於水配成 50c.c 溶液，取其 10c.c 加 0.075N 之 $NaOH$ 溶液，則需 $NaOH$ 40c.c 才中和。該酸之分子量為若干？
(A) 32 (B) 63 (C) 126 (D) 252。
- 某二質子酸 1.0 克，加水配成 100mL 的溶液，取此溶液 50mL 以 0.20N 之 $NaOH$ 溶液滴定，滴入 30mL 後，發現過量，再加入 0.10N 的 HCl 20mL 時，恰好達當量點，求此酸之分子量。
- 在 pH 等於 2.0 的鹽酸溶液中加入同體積 pH 為 13.0 的氫氧化鈉溶液時，此混合液的 pH 應近於何值？
(A) 5.5 (B) 7.0 (C) 7.5 (D) 12.6。
- 取 10.0 克的食醋以水稀釋成 100 毫升，再以 0.0704M 的 $Ba(OH)_2$ 滴定需 34.3 毫升達終點，則該食醋中含醋酸之重量百分率為
(A) 1.5% (B) 4.5% (C) 2.9% (D) 5.8%。
- 一不純的冰醋酸 30 克溶於水，以 0.50M 之 $NaOH$ 溶液滴入 103mL 時發現過量，又以 0.30M 之 H_2SO_4 反滴定，達當量點用去硫酸溶液 2.50mL，試求此醋酸中含純醋酸的重量百分率濃度？〔 $C = 12$ ， $H = 1$ ， $O = 16$ 〕
(A) 5.0% (B) 10% (C) 15% (D) 20%。
- 若某一元弱酸(HA) $K_a = 10^{-6}$ ，20mL，以 0.10N 之 $NaOH$ 滴定用去 20mL 達當量點，則下列何項正確？
(A) 一元弱酸最初濃度為 0.10M (B) 達當量點時 $[OH^-] = 1 \times 10^{-6}M$
(C) 滴入 10mL $NaOH$ 時 $pH = 6$ (D) 若滴入 30mL $NaOH$ 時 $[OH^-] = 0.10M$
(E) 此滴定可使用酚酞為指示劑。

9. 某單質子酸的 K_a 值為 1.0×10^{-8} ，濃度為 $1.00N$ ，試問：
- (1) 該溶液的 pH 為多少？
 - (2) 取該溶液 20.0 毫升，加入 5.00 毫升 $2.00N$ 的 $NaOH$ 溶液，則 pH 值為多少？
 - (3) 取該溶液 10.0 毫升，加入 10.0 毫升 $1.00N$ 的 $NaOH$ 溶液，則 pH 值為多少？
10. 若(甲)： $0.5M HCl_{(aq)}$ ，(乙)： $0.5M H_2SO_{4(aq)}$ ，(丙)： $0.5M CH_3COOH_{(aq)}$ ，且三溶液體積相等，則下列何者正確？
- (A) pH 值：(丙) > (甲) > (乙)
 - (B) 以 $0.10M NaOH_{(aq)}$ 滴定時達當量點所需 $NaOH$ 之量是(乙) > (甲) > (丙)
 - (C) 以 $0.10M NaOH_{(aq)}$ 滴定達當量點之 pH 值是(丙) > (甲) = (乙)
 - (D) 以 $0.10M NaOH$ 滴定使 pH 均等於 7 時所需 $NaOH$ 之量是(乙) > (甲) = (丙)
 - (E) 若(甲)、(乙)、(丙)均 $0.50N$ ，則溶液中之 $[H^+]$ 大小為(甲) > (乙) > (丙)。
11. a ： $0.05M$ 鹽酸。 b ： $0.05M$ 硫酸。 c ： $0.05M$ 醋酸，下列何者正確？
- (A) pH ： $b > a > c$
 - (B) 取 a, b, c 同一體積各以同濃度氫氧化鈉完全中和所生鹽之莫耳數： $b > a = c$
 - (C) 取 a, b, c 同一體積各以同濃度氫氧化鈉完全中和所需氫氧化鈉體積： $a = b = c$
 - (D) B 項中完全中和後溶液之 pH 值： $a = b < c$ 。
12. 某種一元酸 ($K_a = 1.0 \times 10^{-5}$) 的 $0.100M$ 溶液 50.0 毫升中加進 $0.100M NaOH$ 溶液 25.0 毫升，該混合液之 pH 值應為：
- (A) 3.0 (B) 5.0 (C) 7.0 (D) 9.0 。
13. $0.1N H_2SO_4$ $99.9ml$ 加入於 $pH = 13 NaOH$ 溶液中 $100mL$ ，混合液之 pH 值為何？
- (A) $13 \sim 12$ (B) $12 \sim 11$ (C) $11 \sim 10$ (D) $10 \sim 9$ (E) $9 \sim 8$ 。
14. 在 $100mL$ 的 $HA_{(aq)}$ 中含有溶質 $0.05mol$ ，且測得 pH 值為 4 。問：
- (1) 此酸的 K_a 值為何？
 - (2) 若在此溶液中再加入 NaA $0.025mol$ ，則 pH 值會變成多少？($\log 2 = 0.30$)
15. 下列何溶液之 pH 值最高？(CH_3COOH 之 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)
- (A) $1.8 \times 10^{-5}M HCl$ (B) $0.10M CH_3COOH$
 - (C) 溶液內含 $0.10M$ 之 CH_3COOH 與 $0.10M$ 之 CH_3COONa
 - (D) 溶液內含 $0.10M$ 之 CH_3COOH 與 $0.20M$ 之 CH_3COONa 。

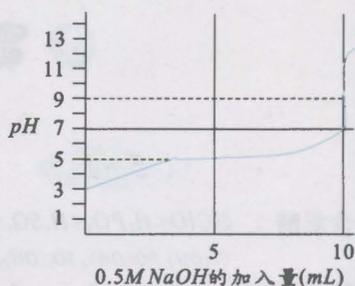
16. 20 毫升 $0.1M$ HA 酸 ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$) 需用 30 毫升 $NaOH$ 滴定到達當量點，問滴入 $NaOH$ 溶液若干毫升時，溶液的 $[H^+]$ 恰與酸的 K_a 值相同？
 (A) 10 (B) 15 (C) 20 (D) 30。
17. 有一弱酸 HA 0.20 莫耳和 $NaOH$ 0.08 莫耳，混合後稀釋至 10.0 升
 (1) 假如此溶液的 $pH = 5.0$ ，則此弱酸的 K_a 為若干？
 (2) 試問再加入多少莫耳的 $NaOH$ ，可使溶液的 pH 增加至 6.0？ **【76 聯】**
18. 磷酸的三個游離常數分別為 7.1×10^{-3} ， 6.3×10^{-8} 及 4.4×10^{-13} ，含 $1.0M$ 磷酸鹽的中性水溶液，其主要組成為：
 (A) H_3PO_4 及 $H_2PO_4^-$ (B) $H_2PO_4^-$ 及 HPO_4^{2-} (C) HPO_4^{2-} 及 PO_4^{3-} (D) H_3PO_4 及 PO_4^{3-} 。
19. 已知 HCN $K_a = 4 \times 10^{-10}$ ，若將 7.30 克 HCl 與 2.45 克 $NaCN$ 混合，並加水使成 1 升溶液，則溶液中 $[H^+] = ?$

20. HCN 之 $K_a = 4 \times 10^{-10}$ ，若將 7.30 克 HCl 與 49 克 $NaCN$ 混合，並加水使成 1 升溶液，則溶液中 $[H^+] = ?$ ($NaCN = 49$)
21. (1) 燒杯中備有氫氧化鋇溶液，將 2 塊鉑電極浸在其中，以導線連結至電流計及電池，從滴管漸滴下稀硫酸於燒杯中，直至硫酸之量比氫氧化鋇更多為止，所加稀硫酸之體積 V 與導電度之關係，用下面之何圖表明為適當？



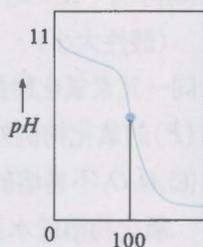
- (2) 於 $0.1N$ 氫氧化鈉水溶液 $50mL$ 逐漸加入 $0.1N$ 鹽酸水溶液 $100mL$ 以加入鹽酸的體積為橫軸，混合溶液的導電度為縱軸，所得的曲線應為上列何圖？
- (3) 若將第(2)題所加入的鹽酸改為加入醋酸，則所得的曲線應為上列何圖？
22. 今有濃度均為 $0.1M$ 的鹽酸、醋酸、硝酸之水溶液各 $20mL$ ，用 $0.1M$ $NaOH$ 溶液滴定達當量點時，則所需 $NaOH$ 溶液的體積：
 (A) 以 HCl 溶液最多 (B) 以 CH_3COOH 溶液最少
 (C) 以 HNO_3 溶液最多 (D) 三種溶液都一樣多。
23. 苯甲酸的 $K_a = 6.6 \times 10^{-5}$ ，今將 $20.0mL$ 的 $0.100M$ 苯甲酸以 $0.100M$ 的氫氧化鈉滴定達當量點時，溶液的 pH 值為何？

24 某一元弱酸 100mL，以 0.50M NaOH 溶液滴定，其滴定曲線圖如右：



- (1) 求該弱酸之 K_a 值。
- (2) 本滴定實驗須用何指示劑？如何確認滴定終點？
- (3) 達當量點時，溶液的 $[H^+]$ 為若干 M？

25 某一元鹼 (BOH) 100mL，以 0.1N HCl(aq) 滴定，所得滴定曲線如右圖所示，試求：



- (1) BOH 的 K_b 為若干？ (2) 指示劑應該用甲基橙或酚酞？
- (3) 當加入 HCl(aq) 70mL 時， $[H^+]$ = ？
- (4) 當溶液中 $[OH^-] = 10^{-4} M$ 時，應有若干 mL HCl(aq) 已滴入？
- (5) 當溶液中， $[H^+] = [OH^-]$ 時，應有若干 mL HCl(aq) 已滴入？
- (6) 溶液呈中性時，尚餘 [BOH] 若干？

26 酸和鹼混合會產生中和反應。下列三組為含 1 莫耳酸的稀釋水溶液與含 1 莫耳鹼的稀釋水溶液混合在一起，其所放出之熱量之比較，何者正確？

a：鹽酸 + 氫氧化鈉 b：醋酸 + 氫氧化鈉 c：醋酸 + 氨水

- (A) $a > b > c$ (B) $c > b > a$ (C) $b > c > a$ (D) $a = b = c$ 。

【87 聯】

27 將 1.20N 之 NaOH 溶液 10.0 毫升與 0.40N 之 H_2SO_4 溶液 40.0 毫升均勻混合，求此溶液中 H_2SO_4 之濃度

- (A) 0.10M (B) 0.08N (C) 0.02M (D) 0.04M (E) 0.01N。

【87 聯】

28 以 50.0mL 的 0.2M 鹽酸 HCl 和 50.0mL 的 0.3M 氨水 $NH_3(aq)$ 混合後，求溶液的 pH 值為何？(NH_3 的 $K_b = 1.6 \times 10^{-5}$)

解答

- 1.(C) 2.(B) 3.(C) 4. 250 5.(D) 6.(C) 7.(B) 8.(A)(C)(E)
- 9.(1) 4 (2) 8 (3) 10.9 10.(A)(C)(E) 11.(D) 12.(B) 13.(D) 14.(1) 2×10^{-8}
- (2) 7.4 15.(D) 16.(B) 17.(1) 6.7×10^{-6} (2) 0.094 18.(B) 19. 0.15
20. 10^{-10} 21.(1)(D) (2)(B) (3)(A) 22.(D) 23. $pH = 8.44$ 24.(1) 2×10^{-5}
- (2) 酚酞變紅 (3) $2 \times 10^{-9} M$ 25.(1) 10^{-5} (2) 甲基橙 (3) $2.3 \times 10^{-7} M$ (4) 9.1mL
- (5) 99mL (6) $5.02 \times 10^{-4} M$ 26.(A) 27.(B)(D) 28. $pH = 8.9$

實力的養成 詳解

5-1

1. 含氧酸： $HClO < H_3PO_4 < H_2SO_4 < HClO_4$ (酸性)

$Cl(OH) PO(OH)_2 SO_3(OH)_2 ClO_3(OH)$

鮑林法則 $n = 0 \quad n = 1 \quad n = 2 \quad n = 3$

極弱酸 弱酸 強酸 極強酸

2. (C) 特例： H_3PO_3 (亞) $> H_3PO_2$ (次) $> H_3PO_4$ (酸性大小)。

6. 同一元素氧化態愈高，酸性愈強 (注意！磷 (P) 的氧化物例外)。

8. (E) Al_2O_3 不易溶於水，且呈兩性。一般金屬氧化物溶於水呈鹼性。

9. (3) 氫化物酸性可利用週期表 \rightarrow 強 \downarrow 強

$\therefore HBr > H_2Se$

$$10. [OH^-] = \sqrt{C_0 \times K_b} = \sqrt{0.20 \times 1.5 \times 10^{-9}} \\ = \sqrt{3 \times 10^{-5}} M$$

$$\therefore pOH = 5 - \log \sqrt{3} = 5 - \frac{1}{2} (0.477) \\ = 5 - 0.24$$

$$\therefore pH = 14 - pOH = 9.24$$

$$11. pH = 11 \quad pOH = 14 - 11 = 3$$

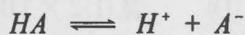
$$[OH^-] = 10^{-3} M \quad \alpha = \frac{10^{-3}}{0.1} \times 100\% = 1\%$$



$$0.1 - 10^{-3} \quad 10^{-3} \quad 10^{-3}$$

$$\therefore K_a = \frac{(10^{-3})^2}{0.1 - 10^{-3}} \approx \frac{10^{-6}}{0.1} = 10^{-5}$$

13. 濃度太稀時，不可直接代公式，須解二次式



$$10^{-5} - x \quad x \quad x$$

$$\therefore x = 6.2 \times 10^{-6} M$$

$$\therefore \alpha = \frac{x}{10^{-5}} \times 100\% = \frac{6.2 \times 10^{-6}}{10^{-5}} \times 100\% \\ = 62\%$$

$$14. C_0 = [C_4H_8O_2] = \frac{n}{V} = \frac{2.2/88}{0.1} = 0.25 M$$

$$\therefore C_0 \gg K_a = 4 \times 10^{-6}$$

$$\therefore \text{弱酸之 } [H^+] = \sqrt{C_0 \cdot K_a} = \sqrt{0.25 \times 4 \times 10^{-6}} \\ = 10^{-3} M$$

$$\therefore pH = 3$$

$$15. \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \quad \therefore \frac{1.34\%}{\alpha_2} = \sqrt{\frac{0.02}{0.10}}$$

$$\therefore \alpha_2 = 1.34\% \times \sqrt{5} = 3.0\%$$

16. $\therefore \alpha = 8\% > 5\%$ ，不可代公式，否則誤差很多



$$\text{初：} \quad 0.1 \quad 0 \quad 0$$

$$\text{平：} \quad 0.1(1-0.08) \quad 0.1 \times 0.08 \quad 0.1 \times 0.08$$

$$K_a = \frac{(0.1 \times 0.08)^2}{0.1(1-0.08)} = 6.9 \times 10^{-4}$$

17. (A) 弱鹼中之

$$[OH^-] = \sqrt{C_0 \times K_b} = \sqrt{0.1 \times 1.8 \times 10^{-5}} \\ = 1.34 \times 10^{-3} M$$

$$(B) [H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = 7.46 \times 10^{-12} M$$

$$(C) \therefore pH = 12 - \log 7.46 \quad \therefore 11 < pH < 12$$

$$(D) \text{解離率 } \alpha = \frac{[OH^-]}{[NH_4OH]_{\text{初}}} \\ = \frac{1.34 \times 10^{-3}}{0.10} \times 100\% = 1.34\%$$

18. 弱酸溶液中： $[HA] > [H^+] > [A^-] > [OH^-]$ 。

19. (A)(B) $C_0 \uparrow [H^+] \uparrow pH \downarrow$ (C) K_a 為常數，只受溫度影響 (D) $C_0 \downarrow \alpha \uparrow$ 。

21. 濃度變稀，平衡向右進行，所以 α 增加， H^+ 莫耳數增加，導電度變小。但因溶液體積增加使 $[H^+]$ 濃度反而減少，故 pH 值增加。

22. 由 $[H^+] = \sqrt{C_0 \cdot K_a}$ 可求得 $K_1 = 9 \times 10^{-8}$ ，而 $K_2 = [S^{2-}]$ 。

23. 多質子酸 $K_1 : K_2 : K_3 \approx 1 : 10^{-5} : 10^{-10}$

$$\therefore K_1 + K_2 + K_3 \approx K_1 \quad K_1 \times K_2 \times K_3 \text{ 與 } K_w \text{ 無關。}$$

24. 全反應 $K = K_1 \times K_2 = 10^{-21}$

25.(C)因 K_1 略大,須解二次方程,可得

$$[H^+] = 2.4 \times 10^{-2}$$

26. H_2SO_4 為二元強酸 $\therefore 0.1M$ 之 H_2SO_4 $[H^+]$

介於 $0.1M$ 與 $0.2M$ 之間

HCl 為強酸 $\therefore 0.1M$ 之 HCl 之 $[H^+] = 0.1M$

H_3PO_4 為弱酸 $\therefore 0.1M$ 之 H_3PO_4 之

$$[H^+] < 0.1M$$

H_2CO_3 為極弱酸 $\therefore 0.1M$ 之 H_2CO_3 之

$$[H^+] \ll 0.1M$$

27.(1) $H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$ $K_1 = \text{極大}$

$$1.00 - 1.00 \quad 1.00 \quad 1.00$$

$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$ $K_2 = 1.00 \times 10^{-2}$

$$1.00 - x \quad 1.00 + x \quad x$$

$$\therefore K_2 = \frac{[H^+][SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]} = \frac{(1+x) \times x}{1-x}$$

$$= 1.00 \times 10^{-2}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{解之得 } x = [SO_4^{2-}] = 0.01M \\ \therefore [H^+] = 1 + 0.01 = 1.01M \end{array} \right\} \text{(答)}$$

(2) $\therefore H_2SO_4 + NaOH \rightarrow NaHSO_4 + H_2O$

$$\text{初: } 0.5 \times 2.0 \quad 0.5 \times 2.0$$

$$\text{終: } 0 \quad 0 \quad 0.5 \times 2.0$$

\therefore 得到 $NaHSO_4$ 溶液,

$$[NaHSO_4] = \frac{0.5 \times 2.0}{0.5 + 0.5} = 1.0M$$

$\therefore HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$ $K_a = 1.00 \times 10^{-2}$

$$1.0 - x \quad x \quad x$$

$$\therefore K_a = \frac{x^2}{1.0 - x} = 1.0 \times 10^{-2} \quad (x \text{ 不可省略})$$

解之得 $x = [H^+] = 9.5 \times 10^{-2}M$

$$= 0.095M \text{(答)}$$

31.(a)呈鹼性 (b)呈酸性 (c)近於中性 (d)酸性

(d)酸性來自 HSO_4^- 解離, $K_a = 1.3 \times 10^{-2}$

(b)酸性來自 $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

$$K_b = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.5 \times 10^{-10}$$

\therefore 酸強度(d) > (b)

pH 大小順序為: $a > c > b > d$ 。

33.無限稀釋與純水接近。

35. $pH = 7.4$ $[H^+] = 4 \times 10^{-8}M$

$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$ $K_{a1} = 7.1 \times 10^{-2}$

$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$ $K_{a2} = 6.3 \times 10^{-8}$

$H_2PO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$ $K_{a3} = 4.4 \times 10^{-13}$

$$\therefore \frac{[H_2PO_4^-] \times [H^+]}{[H_3PO_4]} = K_{a1}$$

$$\therefore \frac{[H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]} = \frac{7.1 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-8}} = \frac{7.1}{4} \times 10^6$$

$$\frac{[HPO_4^{2-}] \times [H^+]}{[H_2PO_4^-]} = K_{a2}$$

$$\therefore \frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = \frac{6.3 \times 10^{-8}}{4 \times 10^{-8}} = \frac{6.3}{4}$$

$$\frac{[PO_4^{3-}] \times [H^+]}{[HPO_4^{2-}]} = K_{a3}$$

$$\therefore \frac{[PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]} = \frac{4.4 \times 10^{-13}}{4 \times 10^{-8}} = \frac{4.4}{4} \times 10^{-5}$$

$$\therefore [HPO_4^{2-}] = [H_2PO_4^-]$$

36. $CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H_{(aq)}^+ + CH_3COO_{(aq)}^-$

$$0.10M \text{ 時: } \frac{x^2}{(0.1-x)} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$x = 1.34 \times 10^{-3} = [H^+]$$

$$\alpha = \frac{1.34 \times 10^{-3}}{1.0} = 1.34\%$$

$$1.0M \text{ 時: } \frac{x^2}{1.0-x} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$x = 4.2 \times 10^{-3} = [H^+]$$

$$\alpha = \frac{4.2 \times 10^{-3}}{1.0} = 0.42\%$$

5-2

1. $CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H^+$

$$\text{初} \quad \frac{0.2}{2} \quad 0 \quad \frac{2}{2}$$

$$\text{平} \quad 0.1-x \quad +x \quad 1+x$$

$$K_a = \frac{x \times (1+x)}{0.1-x} = 2 \times 10^{-5}$$

$$x = [CH_3COO^-] = 2 \times 10^{-6}M$$

2. $H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$ $K_{a1} = 10^{-7}$

$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$ $K_{a2} = 1.2 \times 10^{-13}$

$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$ $K_c = K_{a1} \times K_{a2}$
 $= 1.2 \times 10^{-20}$

$$0.05 \quad 10^{-2} \quad x$$

$$K_c = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[H_2S]} = \frac{(x)(10^{-2})^2}{0.05} = 1.2 \times 10^{-20}$$

$$[S^{2-}] = x = 6 \times 10^{-18} (M)$$

$$3. [H^+] = K_a \frac{\text{酸}}{\text{鹽}} = 6.6 \times 10^{-5} \times \frac{0.61/122}{2.16/144} = 2.2 \times 10^{-5} M$$

$$4. [H^+] = K_a \times \frac{0.2}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$$

$$\alpha = \frac{[H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{3.6 \times 10^{-5}}{0.2/2} = 3.6 \times 10^{-4} = 3.6 \times 10^{-2} \%$$

$$5. [OH^-] = K_b \times \frac{0.015}{0.02} = 1.4 \times 10^{-5} M$$

$$6. [H^+] = K_a \times \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.100}{0.100} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$7. [H^+] = \sqrt{C_1 K_1 + C_2 K_2 + C_3 K_3} = 2 \times 10^{-3} M \dots (1)$$

$$[CN^-] = \frac{K \times 0.1}{[H^+]} = 2 \times 10^{-8} M \dots (2)$$

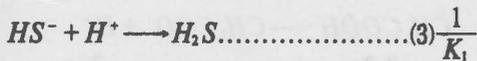
$$[HCO_3^-] = \frac{K_1 \times 0.01}{[H^+]} = 2 \times 10^{-6}$$

$$\frac{[CO_3^{2-}] \times [H^+]}{[HCO_3^-]} = K_a \Rightarrow [CO_3^{2-}] = 4 \times 10^{-14} M \dots (3)$$

$$CH_3COOH \text{ 的 } \alpha = \frac{2 \times 10^{-3}}{0.2} = 1\%$$

$$8. H^+ = K_a \times \frac{2-1.2}{1.2} = K_a \times \frac{0.8}{1.2} = 1.2 \times 10^{-5}$$

$$9. MnS_{(s)} \rightleftharpoons Mn^{2+} + S^{2-} \dots (1) (K_{sp})$$



$$MnS + 2H^+ \rightarrow Mn^{2+} + H_2S \quad K_c = K_{sp} \times \frac{1}{K_2} \times \frac{1}{K_1}$$

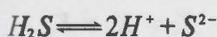
$$= 4 \times 10^5 \quad \therefore K_c > 1 \text{ 可溶}$$

$$10. PbS_{(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+} + S^{2-}$$

$$[Pb^{2+}][S^{2-}] < K_{sp} \text{ (不沉澱)}$$

$$(0.005)[S^{2-}] < 2.3 \times 10^{-27}$$

$$\therefore [S^{2-}] < 4.6 \times 10^{-25}$$

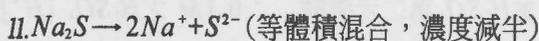


$$\frac{[S^{2-}][H^+]^2}{[H_2S]} = K_1 \times K_2 = 6.3 \times 10^{-8} \times 10^{-14}$$

$[S^{2-}]$ 以最大值 4.6×10^{-25} 代入, 則 $[H^+]$ 得最小值

$$\frac{4.6 \times 10^{-25} [H^+]^2}{0.1} = 6.3 \times 10^{-22}$$

$$[H^+] = 11.7 (M) \text{ (最小值)}$$



$$[Na_2S] = 0.3 \times \frac{1}{2} = 0.15 (M)$$

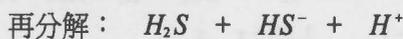
Na^+ 沒有參與反應

$$\therefore [Na^+] = 2 \times 0.15 = 0.3 (M), \text{ 即}$$

$[S^{2-}] = 0.15 M$ 與 $[H_2S] = 0.2 M$ 有酸有鹼,



0.2	0.15	0
-0.15	-0.15	+0.30
0.05	0	0.30



0.05	0.3	x
0.05-x	0.3+x	x

$$K_1 = \frac{(0.03+x) \times x}{(0.05-x)} = 3 \times 10^{-7}$$

$$x = [H^+] = 5 \times 10^{-8}, [HS^-] = 0.3 M$$

12. 若已知 $[H_2S]$ 及 $[HCl]$, 則可找出 $[S^{2-}]$, 判定硫化物是否沉澱

$$(1) H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-} \quad K = K_1 \times K_2 = 1 \times 10^{-21}$$

$$1 \times 10^{-21} = \frac{(0.1)^2 [S^{2-}]}{0.1}$$

$$\therefore [S^{2-}] = 1 \times 10^{-20} M$$

$$(2) CdS: 0.02 \times 1 \times 10^{-20} > K_{sp}$$

$\therefore CdS$ 會沉澱

$$(3) MnS: 0.02 \times 1 \times 10^{-20} < K_{sp}$$

$\therefore MnS$ 不沉澱

14. 因 CH_3COO^- 的加入會抑制 CH_3COOH 的解離。

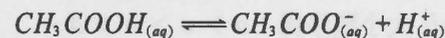


0.20-x	x	x
--------	---	---

$$K_a = \frac{x^2}{(0.20-x)} = 1.8 \times 10^{-5} \quad x = 1.9 \times 10^{-3}$$

$$\alpha = \frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.20} = 0.95\%$$

在 $0.10 M$ 的鹽酸溶液中

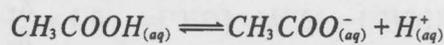


0.20-y	y	y+0.10
--------	---	--------

$$K_a = \frac{y(y+0.10)}{(0.20-y)} = 1.8 \times 10^{-5} \quad y = 3.6 \times 10^{-5}$$

$$\alpha = \frac{3.6 \times 10^{-5}}{0.20} = 1.8 \times 10^{-2} \%$$

在 0.10M 的醋酸鈉中



$$0.20 - z \qquad z + 0.10 \qquad z$$

$$K_a = \frac{(z+0.10)z}{(0.20-z)} = 1.8 \times 10^{-5} \quad z = 3.6 \times 10^{-5}$$

$$\alpha = \frac{3.6 \times 10^{-5}}{0.20} = 1.8 \times 10^{-2} \%$$

5-3

1. (1) 氯化鉀：HCl(強酸)，KOH(強鹼)形成之鹽類，呈中性。

(2) 草酸氫鈉：NaHC₂O₄，酸性(Na⁺：中性，HC₂O₄⁻：酸性)

(3) 碳酸氫鈉：NaHCO₃，鹼性(Na⁺：中性，HCO₃⁻：鹼性)

(4) 磷酸氫二鈉：Na₂HPO₄，鹼性(Na⁺：中性，HPO₄²⁻：鹼性)

(5) 亞磷酸氫鈉：NaH₂PO₃，酸性(Na⁺：中性，H₂PO₃⁻：酸性)

(6) 鉀鋁礬：KAl(SO₄)₂ · 12H₂O，酸性(K⁺，SO₄²⁻：中性，Al³⁺：酸性)。

2. (A) 酸式鹽代表可解離 H⁺ 之鹽類，鹼式鹽表可解離 OH⁻ 之鹽類，但不表示其酸鹼性

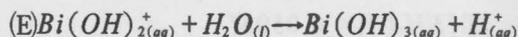
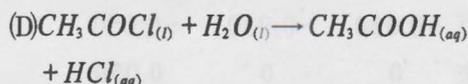
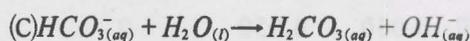
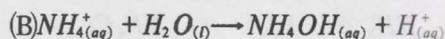
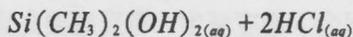
(C) Ca(OH)₂ 水溶性小，而解離度不等於溶解度

(D) 弱酸的鹽呈中性或鹼性，會使酸性溶液 [H⁺] 變小，pH 值變大

(E) 酸鹼性質由比較而來，強鹼+弱鹼，以布一羅的觀念變成鹼+酸，所以酸性物質，不一定在水中呈酸性。

3. (B)(C) 為正鹽，(A)(D) 為酸式鹽，但 NaHCO₃ 為鹼性，呈藍色。

7. (A) (CH₃)₂SiCl₂ + 2H₂O_(l) →

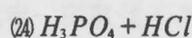
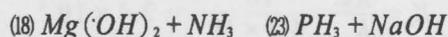
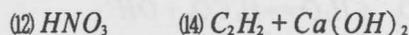


9. (C) 在 aq 中，HSO₃⁻、HC₂O₄⁻ 即可作酸(解離 H⁺) 又可作鹼(接受 H⁺)，但 Al³⁺ 只能作酸

(E) 水中皆為中性。

11. (C) KHC₄H₄O₆ 為酒石酸氫鉀，屬酸式弱酸鹽(具酸性)。

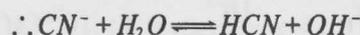
12. (2) HCl + HClO (5) H₃PO₄



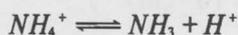
$$14. [OH^-] = \sqrt{\left(\frac{10^{-14}}{5.0 \times 10^{-10}}\right)(0.10)} = 1.4 \times 10^{-3}$$

$$pOH = 3 - 0.15 = 2.85 \quad pH = 11.15$$

∴ NaCN 中 Na⁺ 不水解，CN⁻ 會水解



15. Cl⁻ 不水解，NH₄⁺ 會水解



$$[H^+] = \sqrt{C_0 \times \frac{K_w}{K_b}} = 1.1 \times 10^{-5} \quad \therefore pH = 4.96$$

16. Na⁺ 不水解 ∴ [Na⁺] = 0.10 (M)

CH₃COO⁻ 會水解，略小於 0.1M



$$0.10 - X \qquad X \qquad X$$

$$X = [OH^-] = [CH_3COOH] = \sqrt{0.1 \times \frac{K_w}{K_a}}$$

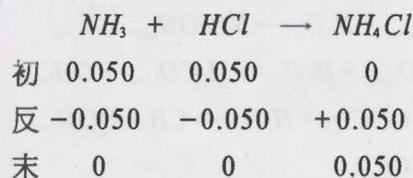
$$= 7.5 \times 10^{-6} M$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{7.5 \times 10^{-6}} = 1.3 \times 10^{-9}$$

$$\therefore [Na^+] > [CH_3COO^-] > [OH^-] =$$

$$[CH_3COOH] > [H^+]$$

17. 等體積混合，濃度減半，有反應要先算。



即 $[\text{NH}_4\text{Cl}] = 0.050\text{M}$

$\therefore \text{Cl}^-$ 不水解 $[\text{Cl}^-] = 0.050\text{M}$

$\therefore \text{NH}_4^+$ 水解： $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$

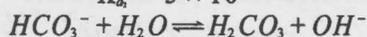
$$\Rightarrow [\text{H}^+] = \sqrt{C_0 \times \frac{K_w}{K_b}} = 5.3 \times 10^{-6}$$

$\therefore \text{pH} = 5.28$ 又 $\text{OH}^- = \frac{K_w}{\text{H}^+} = 1.9 \times 10^{-9}\text{M}$

18. Na_2CO_3 中 Na^+ 不水解 CO_3^{2-} 有 2 步水解



$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-11}} = 2 \times 10^{-4}$$



$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{4.2 \times 10^{-7}} = 2.4 \times 10^{-8}$$

第一步之 K_b > 第二步之 K_b ，計算第一步之水解即可。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_0 \times \frac{K_w}{K_2}} = 4.5 \times 10^{-3}$$

$\text{pOH} = 2.35$ ， $\text{pH} = 11.65$

$$19. [\text{OH}^-] = \sqrt{0.1 \times \frac{10^{-14}}{6.4 \times 10^{-5}}} = 4 \times 10^{-6} (\text{M})$$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = 2.5 \times 10^{-9} (\text{M})$$

20. 0.10M NaOH 與 0.10M HCl 達當量點生成 CH_3COONa

$$N_{A1}V_{A1} = N_{A2}V_{A2} \quad N_{A1} = N_{A2} = 0.10\text{M}$$

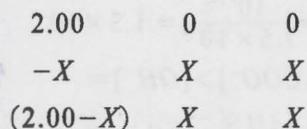
故 $V_{A1} = V_{A2}$ 表示二者體積相同，

\therefore 等體積混合，濃度減半

$\therefore [\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.05\text{M}$ ，又 CH_3COO^-

$$\text{會水解} [\text{OH}^-] = \sqrt{0.05 \times \frac{K_w}{K_a}} = 5.3 \times 10^{-6}\text{M}$$

21. $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$



= 2.00

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}}$$

22. (1) 0.1M KX ， $\text{pH} = 9$ $[\text{H}^+] = 10^{-9}$

$$\text{即} [\text{OH}^-] = 10^{-5}\text{M}, [\text{OH}^-] = \sqrt{0.1 \times \frac{K_w}{K_a}}$$

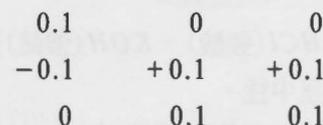
$$10^{-5} = \sqrt{0.1 \times \frac{10^{-14}}{K_a}} \quad K_a = 1 \times 10^{-5}$$

(2) 0.10HK

$$[\text{H}^+] = \sqrt{0.10 \times K_a} = \sqrt{0.10 \times 1 \times 10^{-5}} = 10^{-3}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-3} \quad \therefore \text{pH} = 3$$

23. $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$



$$X = [\text{H}^+] = 7.5 \times 10^{-6}$$

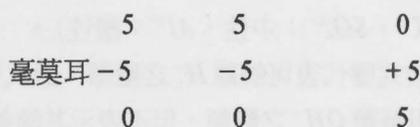
$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = 1.33 \times 10^{-9}$$

$$[\text{Cl}^-] > [\text{NH}_4^+] > [\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$$

25. (1) $[\text{HA}] \times 20.0 = 0.125 \times 40.0$

$$[\text{HA}] = 0.25\text{M}$$

(2) 中和： $\text{HA} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaA}$



混合後 $V = 60\text{mL}$

$$\text{則} [\text{NaA}] = \frac{5}{60} = 8.3 \times 10^{-2}\text{M}$$

$$\text{又 } A^- \text{ 會水解 } \therefore \text{OH}^- = \sqrt{C_0 \times \frac{K_w}{K_a}}$$

$$\Rightarrow 10^{-5} = \sqrt{8.3 \times 10^{-2} \times \frac{10^{-14}}{K_a}}$$

$$\Rightarrow K_a = 8.3 \times 10^{-6} \quad (\text{已知 } \text{pH} = 9)$$

28. (A) H_2O 中性 ($\text{pH} = 7$)

(B) NaCl 中性 ($\text{pH} = 7$)

(C) NH_4Cl 酸性 ($\text{pH} < 7$)

(D) CH_3COONa 鹼性 ($pH > 7$)

29. Na_2SO_3 為強鹼弱酸所形成的正鹽。

33.(B) $SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$



34.(E) $Na_2SO_3 \Rightarrow$ 水溶液呈鹼性
中性 鹼性

5-4

2. 不論何種配法溶液中皆須有共軛酸鹼對存在。(D)已變成鹽之水解。

3. 最有效乃緩衝液中濃度大且為 1:1 混合之共軛酸鹼對。

4. 先中和:



初 0.2/2 0.1/2 0 0

末 0.05 0 0.05 -

再分解 $HA \longrightarrow H^+ + A^-$

平 0.05-x x 0.05+x

$$x = K_a \times \frac{0.05}{0.05} = 10^{-5}$$

$$[Na^+] = 0.05 \quad [A^-] = 0.05 + 10^{-5}$$

$$[HA] = 0.05 - 10^{-5} \quad [H^+] = 10^{-5}$$

$$[OH^-] = 10^{-9}$$

$$\therefore [A^-] > [Na^+] > [HA] > [H^+] > [OH^-]$$

5. $pH = 9$, 即 $[H^+] = 10^{-9} (M)$

$$[OH^-] = 10^{-5} (M)$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[\text{弱鹼}]}{[\text{共軛酸}]}$$

$$10^{-5} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[NH_3]}{[NH_4NO_3]}$$

即 $NH_3 : NH_3^+ = 1 : 1.8$ 或 $5 : 9$

6. 丙酸剩 $NaOH$ 用完 \Rightarrow 緩衝液

$$H^+ = K_a \times \frac{1 \times 40 - 60 \times 0.1}{60 \times 0.1}$$

$$= (1.2 \times 10^{-5}) \times \frac{34}{6} = 6.8 \times 10^{-5} M$$

7. 原來緩衝液 $H^+ = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{10}{10}$, 即

$$pH = 4.74$$

$$\text{若加入 } NaOH \text{ 時 } [H^+] = K_a \times \frac{10-0.1}{10+0.1}$$

$$= 1.76 \times 10^{-5}$$

$$\therefore pH = 4.75 \dots \textcircled{1}$$

$$\text{若加入 } HCl \text{ 時 } [H^+] = K_a \times \frac{10+0.1}{10-0.1}$$

$$= 1.84 \times 10^{-5}$$

$$\therefore pH = 4.735 \dots \textcircled{2}$$

$$8. H^+ = K_a \times \frac{2.5 \times 100 - 2V}{2 \times V}$$

$$10^{-4} = 2 \times 10^{-4} \times \frac{250-2V}{2V} \quad V = 83.3 mL$$

$$9. [H^+] = 1.8 \times 110^{-5} \times \frac{0.05-0.001}{0.05+0.001}$$

$$= 1.7 \times 10^{-5} M$$

$$10. 10^{-5} = K_a \times \frac{20}{60} \quad K_a = 3 \times 10^{-5}$$

$$11. [H^+] = K_a \times \frac{[\text{酸}] \times \frac{1}{10}}{[\text{鹽}] \times \frac{1}{10}} \Rightarrow pH \text{ 不變}$$

$$12.(A) H^+ = \sqrt{C_0 \times K_a} \quad (B) \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_0}}$$

$$(C) H^+ = \sqrt{C_1 \times K_a} \quad (D) OH^- = \sqrt{\frac{0.1}{2} \times \frac{K_w}{K_a}}$$

$$(D) H^+ = K_a \times \frac{1}{2}$$

$$13. 10^{-5} = (2 \times 10^{-3}) \times \frac{0.3 \times 0.5 - x}{x} \quad x = 0.1 mol$$

$$\Rightarrow 40 \times 0.1 = 4 \text{ 克 } NaOH$$

14. $[H^+]$ 接近 H_2A 之 K_2 表示 ($\frac{HA^-}{A^{2-}}$) 為主要緩衝液。 $\therefore NaOH$ 須加 0.6 莫耳後再加 x 莫耳才能配出上述之緩衝液。即

$$[NaHA] = 0.6 - x, [Na_2A] = x$$

$$1.12 \times 10^{-10} = 2.24 \times 10^{-10} \times \frac{0.6-x}{x}$$

$$x = 0.4 mol$$

$\therefore NaOH$ 共加了 1 莫耳 = 40 克

$$15. \alpha = 0.04 = \sqrt{\frac{K_a}{0.01}} \quad \therefore K_a = 1.6 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = 1.6 \times 10^{-5} \times \frac{0.005}{0.02} = 4 \times 10^{-6}$$

$$(pH = 5.4)$$

16. 利用 $K_a \times K_b = K_w$, 求出 HA 之 $K_a = 10^{-4}$

$$\therefore [H^+] = 10^{-4} \times \frac{1}{1} = 10^{-4} \quad pH = 4$$

$$17. pH = 7.4 = 8 - 0.6 \Rightarrow [H^+] = 4 \times 10^{-8}$$

$$\text{又 } 4 \times 10^{-8} = 8 \times 10^{-7} \times \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

$$\therefore \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 20$$

$$18. \text{同上之方法} \cdot 10^{-5} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$\text{則比值爲 } \frac{1}{1.8} = \frac{5}{9} \approx 0.56$$

19. 用莫耳數來算就不用考慮稀釋

$$[H^+] = 2 \times 10^{-5} \times \frac{0.1 \times 50}{0.1 \times 25} = 4 \times 10^{-5} \quad (pH = 4.4)$$

25. (A) 中和後形成 $NaCl$ 及 NH_4OH (無共軛對)

(B) 均為酸性 (非緩衝液)

(C) 形成 NH_4Cl 與 NH_4OH (緩衝)

(D) 均為酸性 (非緩衝液)

(E) 形成 $NaOH$ 及 NH_4OH (非緩衝液)

$$28. [OH^-] = K_b \times \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$= 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.100 \times \frac{60}{100}}{0.100 \times \frac{40}{100}}$$

$$= 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{3}{2} = 2.7 \times 10^{-5} M$$

$$pOH = 5 - \log 2.7 = 5 - 0.43 = 4.57$$

$$\therefore pH = 9.43$$

$$29. (1) [H^+] = K_a \times \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = 1.81 \times 10^{-5} M$$

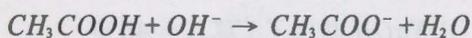
$$\therefore pH = 5 - \log 1.81 = 4.74$$

(2) 加入 HCl : $CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_3COOH$

$$\therefore [H^+] = K_a \times \frac{1.01}{0.99} = 1.81 \times 10^{-5} \times 1.02$$

$$= 1.85 \times 10^{-5} M \quad \therefore pH = 4.73$$

(3) 加入 $NaOH$:



$$\therefore [H^+] = K_a \times \frac{0.99}{1.01} = 1.81 \times 10^{-5} \times 0.98$$

$$= 1.77 \times 10^{-5} M \quad \therefore pH = 4.75$$

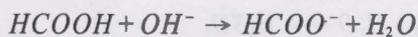
$$30. HCOOH \rightleftharpoons HCOO^- + H^+ \quad K_a = 1.7 \times 10^{-4}$$

$$[H^+] = K_a \times \frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]} = 1.7 \times 10^{-4} \times \frac{0.025}{0.018}$$

$$= 2.36 \times 10^{-4} M$$

$$pH = 4 - \log 2.36 = 4 - 0.37 = 3.63$$

加入 $NaOH$:



反應後: $[HCOOH] = 0.025 - 0.005$

$$= 0.020 \quad (M)$$

$$[HCOO^-] = 0.018 + 0.005 = 0.023 \quad (M)$$

$$\therefore [H^+] = K_a \times \frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]}$$

$$= 1.7 \times 10^{-4} \times \frac{0.020}{0.023} = 1.48 \times 10^{-4}$$

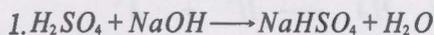
$$pH = 4 - \log 1.48 = 4 - 0.17 = 3.83$$

$$31. [H^+] = K_a \times \frac{[HQ]}{[Q^-]}, \text{ 取緩衝中點 (加入之}$$

$$HCl = 25ml \text{ 時)} \Rightarrow 10^{-8} = K_a \times \frac{1}{1}$$

$$\therefore K_a = 10^{-8}$$

5-5



2. H_3PO_4 分子量 = 98, 由方程式知用去 2 個

$$H^+ \quad \therefore \frac{98}{2} = 49$$

$$3. \left(\frac{0.945}{M}\right) \times \frac{10}{50} \times 2 = 0.075 \times \frac{40}{1000}$$

$$M = 126$$

$$4. \left(\frac{1}{M} \times \frac{50}{100} \times 2\right) + (0.1 \times 0.02) = 0.2 \times 0.03$$

$$M = 250$$

5. $pH = 2$, 即 $[H^+] = 0.01M$, $pH = 13$, 即

$$[OH^-] = 0.1M$$

$$\text{中和後 } [OH^-] = \frac{0.1 - 0.01}{2} = 0.045M$$

$$pOH = 1.4 \quad \therefore pH = 12.6$$

$$6. \frac{(10 \times x\%)}{60} = 0.0704 \times 2 \times 0.0343$$

$$x\% = 2.9\%$$

$$7. \frac{(30 \times x\%)}{60} + (0.3 \times 0.0025 \times 2) = 0.5 \times 0.103$$

$$x\% = 10\%$$

$$8. (1) [H^+] = \sqrt{C_0 \times K_a} = 10^{-4} \quad (pH = 4)$$

$$(2) H^+ = K_a \times \frac{20 - 5 \times 2}{5 \times 2} = 10^{-8} \quad (pH = 8)$$

$$(3) \text{鹽水解 } OH^- = \sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}} \Rightarrow$$

$$H^+ = \sqrt{K_a \times \frac{K_w}{C_s}} = 1.4 \times 10^{-11} \quad pH = 10.9$$

$$9.(B) OH^- = \sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}} = 2.24 \times 10^{-5}$$

$$(C) H^+ = K_a + \frac{1}{1} = 10^{-6}$$

$$(D) OH^- = \frac{3-2}{20+30} = 0.02M。$$

10.(A) $\therefore [H^+]$ 爲 $H_2SO_4 > HCl > CH_3COOH$

$\therefore pH$ 值相反

(B) 滴定與酸強弱無關乙 > 甲 = 丙

(C) 強 + 強必爲中性

(D) 滴定達 $pH = 7$ ，因弱酸 $[H^+]$ 較少可先達到， \therefore 乙 > 甲 > 丙

(E) H_2SO_4 爲 $0.5N$ 時 = $0.25M$ ，則 K_2 不完全解離。甲 > 乙 > 丙。

11.(A) $[H^+]$ 爲 $H_2SO_4 > HCl > CH_3COOH$

(B) $a = b = c$ ，即 $NaCl = CH_3COONa = Na_2SO_4$ ，生成鹽相同，但耗用 $NaOH$ 量不同

(C) $a = c < b$ 。

$$12. [H^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{2.5}{2.5} = 1.0 \times 10^{-5} M,$$

故 $pH = 5.0$

13. $pH = 13$ 的 $NaOH$ 表示 $[NaOH] = 0.1M$ 中和後，溶液中剩下

$$[OH^-] = \frac{0.1 \times (100 - 99.9)}{100 + 99.9} = 5 \times 10^{-3} M$$

$$\Rightarrow [H^+] = 2 \times 10^{-10} M$$

$\Rightarrow pH = 9.7$ 介於 $10 \sim 9$ 之間。

14.(1) $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(10^{-4})^2}{0.05 \times \frac{1000}{100}} = 2 \times 10^{-8}$$

$$(2) \quad HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

初 $0.05 \times \frac{1000}{100}$	$0.025 \times \frac{1000}{100}$
$= 0.5M$	$= 0.25M$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow 2 \times 10^{-8} = \frac{[H^+ \times 0.25]}{0.5}$$

$$\Rightarrow [H^+] = 4 \times 10^{-8} M$$

$$15.(A) H^+ = 1.8 \times 10^{-5} M$$

$$(B) H^+ = \sqrt{C_0 \times K_a} = 1.35 \times 10^{-3} M$$

$$(C) H^+ = K_a \times \frac{1}{1} = 1.8 \times 10^{-5} M$$

$$(D) H^+ = K_a \times \frac{1}{2} = 9 \times 10^{-6} M$$

(H^+ 愈小， pH 值愈高)

16. 設 $NaOH$ 的莫耳濃度爲 aM ，由

$$a \times V = \frac{1}{2} \times (a \times 30), \text{ 得 } V = 15mL$$

$$17.(1) 10^{-5} = K_a \times \frac{0.2 - 0.08}{0.08} \Rightarrow K_a = 6.7 \times 10^{-6}$$

$$(2) 10^{-6} = 6.7 \times 10^{-6} \times \frac{0.12 - x}{0.08 + x} \quad x = 0.094mol$$

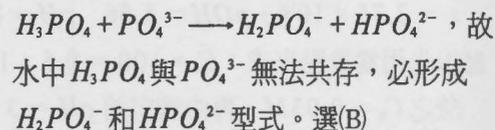
18.(A) 兩者共軛皆呈酸性

(B) $H_2PO_4^-$ 酸性 HPO_4^{2-} 鹼性，互爲共軛

$$H^+ = K_a \times \frac{1}{1} = 6.3 \times 10^{-8} \text{ (接近中性)}$$

(C) 兩者共軛皆呈鹼性 $H^+ = K_a \times \frac{1}{1}$ ($pH = 13$)

(D) 兩者不共軛，故會產生反應



$$19. HCl = \frac{7.3}{36.5} = 0.2mol$$

$$NaCN = \frac{2.45}{49} = 0.05 \text{ 中和後剩}$$

$$HCl = 0.15 \Rightarrow [H^+]$$

20. $HCl = 0.2mol$ ， $NaCN = 1mol$ 中和後剩

HCl 與 $NaCN$ 緩衝液 \Rightarrow

$$H^+ = 4 \times 10^{-10} \times \frac{0.2}{0.8} = 10^{-10}$$

21. 酸鹼滴定時求當量點不必考慮酸強弱，當量數相等即可。

22.(1) 當 H_2SO_4 滴入時，生成 $BaSO_4$ 沉澱及

H_2O ，使得溶液中的離子數目減少，導度下降。達當量點時，導電度接近 0 以後

再繼續滴入稀硫酸時，溶液中之離子(H^+ 、 HSO_4^- 及 SO_4^{2-})增多，電流強度才漸增大。

(2)中和後形成 H_2O 及 $NaCl$ 。 Na^+ 及 Cl^- 仍可導電，故導電度略降低一些。達當量點後再加入 HCl ，因完全解離，導電度又增加。

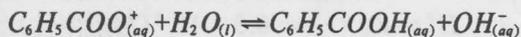
(3)中和時形成 H_2O 及 CH_3COONa ，同上原理導電度略降，達當量點後再加醋酸，因為弱酸、導電度小而溶液體積增加使導電度又再降低。

23 達當量點時需氫氧化鈉的體積為 x mL

$$0.100 \times 20.0 = 0.100 \times x \quad \therefore x = 20.0 \text{ mL}$$

達當量點時生成苯甲酸鈉其濃度為 y mol/L

$$y = \frac{0.100 \times 20.0}{40.0} = 0.0500$$



$$\begin{array}{ccc} 0.0500 - z & & z & & z \\ \frac{z^2}{0.0500 - z} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{6.6 \times 10^{-5}} \end{array}$$

$$z = 2.75 \times 10^{-6}, \quad pOH = 5.56 \quad pH = 8.44$$

24 (1)先用當量點來求： $C_0 \times 100 = 0.5 \times 10$ 得酸之 $C_0 = 0.05M$ ，再由滴定前 $pH = 3$

$$\text{可知 } H^+ = \sqrt{C_0 \times K_a}, \text{ 得 } K_a = 2 \times 10^{-5}$$

(2)強鹼滴定弱酸用酚酞作指示劑最適當，加入酚酞時溶液無色，當出現持久性粉紅色時，表已達滴定終點。

(3)達當量點利用鹽水解公式

$$OH^- = \sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}} \approx 5 \times 10^{-6}$$

$$H^+ = 2 \times 10^{-9} M$$

25 (1)先用圖形中當量點求 C_0 ：

$$C_0 \times 100 = 0.1 \times 100, \quad C_0 = 0.1M, \text{ 再由}$$

$$\text{滴定前 } pH = 11 \text{ 可求: } OH^- = \sqrt{C_0 \times 1K_b}$$

$$K_b = 10^{-5}$$

(2)此為強酸，弱鹼的滴定，故選用甲基橙。

(3)未達當量點之前，皆可視為緩衝溶液。

$$[OH^-] = K_b \times \frac{30}{70} = 4.3 \times 10^{-6} M$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = 2.3 \times 10^{-9} M$$

(4)由圖知 $pH = 11 \sim 5$ 之間皆可視為緩衝

$$\text{區，故 } [OH^-] = 10^{-4} = K_b \times \frac{[BOH]}{[B^+]}$$

$$10^{-4} = 10^{-5} \times \frac{0.1 \times 100 - 0.1x}{0.1x}$$

$$x = 9.1 \text{ mL}$$

(5)同上題 $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$

$$10^{-7} = 10^{-5} \times \frac{0.1 \times 100 - 0.1y}{0.1y} \quad y = 9.9 \text{ mL}$$

(6)承上題： $[BOH] = \frac{0.1 \times 100 - 0.1 \times 99}{100 + 99}$
 $= 5.02 \times 10^{-4} M$



$$\text{初 } 0.2 \times 50 \quad 0.3 \times 50$$

$$\text{末 } 0 \quad 0.1 \times 50 \quad 0.2 \times 50$$



$$\frac{0.1 \times 50}{100} - x \quad \frac{0.2 \times 50}{100} + x$$

$$K_b = 1.6 \times 10^{-5} = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$= \frac{(\frac{0.2 \times 50}{100} + x)x}{\frac{0.1 \times 50}{100} - x}, \quad x = 8 \times 10^{-6} = [OH^-]$$

$$pOH = 5.1 \quad pH = 8.9$$

附錄一 鹽類在水中之溶解度

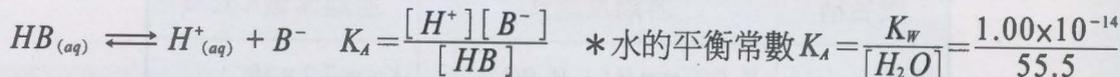
陰 離 子	陽 離 子	生成鹽之溶解度
全部	鹼金屬離子 Li^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 、 Cs^+	可溶
全部	銨離子、 NH_4^+	可溶
硝酸根離子、 NO_3^-	全部	可溶
醋酸根離子、 CH_3COO^-	全部 (Ag^+ 、 Cr^{2+} 相當小)	可溶
氯離子、 Cl^- 溴離子、 Br^- 碘離子、 I^-	Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Hg_2^{2+} 、 Cu^+ 、 Tl^+	溶解度小
	全部他種陽離子	可溶
硫酸根離子、 SO_4^{2-}	Ba^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Pb^{2+}	溶解度小
	全部他種陽離子	可溶
硫離子、 S^{2-}	鹼金屬離子、 NH_4^+ 、 Be^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Ba^{2+}	可溶
	全部他種陽離子	溶解度小
氫氧根離子、 OH^-	鹼金屬離子、 NH_4^+	可溶
	Sr^{2+} 、 Ba^{2+}	可溶
	全部他種陽離子	溶解度小
磷酸根離子、 PO_4^{3-} 碳酸根離子、 CO_3^{2-} 亞硫酸根離子、 SO_3^{2-}	鹼金屬離子、 NH_4^+	可溶
	全部他種陽離子	溶解度小

附錄二 溶度積常數 (298K)

1. 乙酸鹽		$BaCrO_4$	1.2×10^{-10}	$Sn(OH)_2$	6×10^{-27}	$Mg(NH_4)PO_4$	3×10^{-12}
$Ag(CH_3COO)$	4.4×10^{-3}	Ag_2CrO_4	2.5×10^{-12}	$Cr(OH)_3$	6×10^{-31}	Ag_3PO_4	1.4×10^{-16}
$Hg_2(CH_3COO)_2$	4×10^{-10}	$PbCrO_4$	2.8×10^{-13}	$Al(OH)_3$	3.5×10^{-34}	$AlPO_4$	5.8×10^{-19}
2. 砷酸鹽		7. 氰化物		$Fe(OH)_3$	3×10^{-39}	$Mn_3(PO_4)_2$	1×10^{-22}
Ag_3AsO_4	1×10^{-22}	$AgCN$	2.3×10^{-16}	$Sn(OH)_4$	10^{-57}	$Ba_3(PO_4)_2$	3×10^{-23}
3. 溴化物		8. 氟化物		11. 碘化物		$BiPO_4$	1.3×10^{-23}
$PbBr_2$	3.9×10^{-5}	BaF_2	1.0×10^{-6}	PbI_2	7.1×10^{-9}	$Ca_3(PO_4)_2$	10^{-26}
$CuBr$	5.2×10^{-9}	HgF_2	6.8×10^{-9}	CuI	1.1×10^{-12}	$Sr_3(PO_4)_2$	4×10^{-28}
<u>$AgBr$</u>	<u>4.9×10^{-13}</u>	SrF_2	2.5×10^{-9}	<u>AgI</u>	<u>8.3×10^{-17}</u>	$Mg_3(PO_4)_2$	10^{-32}
Hg_2Br_2	5.8×10^{-23}	CaF_2	2.7×10^{-11}	HgI_2	3×10^{-26}	$Pb_3(PO_4)_2$	7.9×10^{-43}
4. 碳酸鹽		ThF_4	4×10^{-28}	Hg_2I_2	4.5×10^{-29}	16. 硫酸鹽	
$MgCO_3$	1×10^{-5}	9. 亞鐵氰化物		12. 硝酸鹽		$CaSO_4$	2.5×10^{-5}
$NiCO_3$	1.3×10^{-7}	$KFe[Fe(CN)_6]$	3×10^{-41}	$BiO(NO_3)$	2.8×10^{-3}	Ag_2SO_4	1.5×10^{-5}
$CaCO_3$	3.84×10^{-9}	$Ag_4[Fe(CN)_6]$	2×10^{-41}	13. 亞硝酸鹽		Hg_2SO_4	6.8×10^{-7}
$BaCO_3$	2.0×10^{-9}	$K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$	1×10^{-95}	$Ag(NO_2)$	6.0×10^{-4}	$SrSO_4$	3.5×10^{-7}
$SrCO_3$	5.2×10^{-10}	10. 氫氧化物 (= Kb)		14. 草酸鹽		$PbSO_4$	2.2×10^{-8}
$MnCO_3$	5.0×10^{-10}	$Ba(OH)_2$	1.3×10^{-2}	MgC_2O_4	8×10^{-5}	$BaSO_4$	1.7×10^{-10}
$CuCO_3$	2.3×10^{-10}	$Sr(OH)_2$	6.4×10^{-3}	CoC_2O_4	4×10^{-6}	17. 硫化物	
$CoCO_3$	1.0×10^{-10}	$Ca(OH)_2$	4.0×10^{-5}	FcC_2O_4	2×10^{-7}	MnS	2.3×10^{-13}
$FeCO_3$	2.1×10^{-11}	Ag_2O	2×10^{-14}	NiC_2O_4	1×10^{-7}	FeS	4.2×10^{-17}
$ZnCO_3$	1.7×10^{-11}	$Mg(OH)_2$	7.1×10^{-12}	SrC_2O_4	5×10^{-6}	NiS	3×10^{-19}
Ag_2CO_3	8.1×10^{-12}	$BiO(OH)$	1×10^{-12}	CuC_2O_4	3×10^{-8}	ZnS	2×10^{-24}
$CdCO_3$	1.0×10^{-12}	$Be(OH)_2$	4×10^{-13}	BaC_2O_4	2×10^{-8}	CoS	2×10^{-25}
$PbCO_3$	7.4×10^{-14}	$Zn(OH)_2$	3.3×10^{-13}	CdC_2O_4	2×10^{-8}	SnS	3×10^{-27}
5. 氯化物		$Mn(OH)_2$	2×10^{-13}	ZnC_2O_4	2×10^{-9}	CdS	2×10^{-28}
$PbCl_2$	2×10^{-5}	$Cd(OH)_2$	8.1×10^{-15}	CaC_2O_4	1×10^{-9}	PbS	1×10^{-28}
$CuCl$	1.2×10^{-6}	$Pb(OH)_2$	1.2×10^{-15}	$Ag_2C_2O_4$	3.5×10^{-11}	CuS	6×10^{-34}
<u>$AgCl$</u>	<u>1.8×10^{-10}</u>	$Fe(OH)_2$	8×10^{-16}	PbC_2O_4	4.8×10^{-12}	Cu_2S	3×10^{-48}
Hg_2Cl_2	1.3×10^{-18}	$Ni(OH)_2$	3×10^{-16}	$Hg_2C_2O_4$	2×10^{-13}	Ag_2S	7.1×10^{-50}
6. 鉻酸鹽		$Co(OH)_2$	2×10^{-16}	MnC_2O_4	1×10^{-15}	HgS	4×10^{-53}
$CaCrO_4$	6×10^{-4}	$SbO(OH)$	1×10^{-17}	$La_2(C_2O_4)_3$	2×10^{-28}	Fe_2S_3	1×10^{-83}
$SrCrO_4$	2.2×10^{-5}	$Cu(OH)_2$	1.3×10^{-20}	15. 磷酸鹽			
Hg_2CrO_4	2.0×10^{-9}	$Hg(OH)_2$	4×10^{-26}	Li_3PO_4	3×10^{-13}		

附錄三 酸類之游離常數 (298K)

(各酸均在水溶液中，所有離子皆已水合)



酸	強度	反應	K_A
過氯酸	甚強 ↓	$HClO_4 \rightarrow H^+ + ClO_4^-$	極大
氫碘酸		$HI \rightarrow H^+ + I^-$	極大
氫溴酸		$HBr \rightarrow H^+ + Br^-$	極大
氫氯酸		$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	極大
硝酸		$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$	極大
硫酸		$H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^-$	極大
草酸		$HOOC-COOH \rightarrow H^+ + HOOC-COO^-$	5.4×10^{-2}
亞硫酸		$H_2SO_3 \rightarrow H^+ + HSO_3^-$	1.7×10^{-2}
硫酸氫根離子		$HSO_4^- \rightarrow H^+ + SO_4^{2-}$	1.3×10^{-2}
亞磷酸		$H_3PO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_3^-$	3.0×10^{-12}
磷酸	強 ↓	$H_3PO_4 \rightarrow H^+ + H_2PO_4^-$	7.1×10^{-3}
砷酸		$H_3AsO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2AsO_4^-$	6.0×10^{-3}
碲化氫		$H_2Te \rightarrow H^+ + HTe^-$	2.3×10^{-3}
氫氟酸		$HF \rightarrow H^+ + F^-$	6.7×10^{-4}
亞硝酸		$HNO_2 \rightarrow H^+ + NO_2^-$	5.1×10^{-4}
硒化氫		$H_2Se \rightarrow H^+ + HSe^-$	1.7×10^{-4}
苯甲酸		$C_6H_5COOH \rightarrow H^+ + C_6H_5COO^-$	6.6×10^{-5}
草酸氫根離子		$HOOC-COO^- \rightarrow H^+ + OOC-COO^{2-}$	5.4×10^{-5}
醋酸		$CH_3COOH \rightarrow H^+ + CH_3COO^-$	1.8×10^{-5}
亞磷酸氫根		$H_2PO_3^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_3^{2-}$	1.7×10^{-7}
碳酸	弱 ↓	$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$	4.4×10^{-7}
砷酸二氫根		$H_2AsO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HAsO_4^{2-}$	1.1×10^{-7}
硫化氫		$H_2S \rightarrow H^+ + HS^-$	1.0×10^{-7}
磷酸二氫根		$H_2PO_4^- \rightarrow H^+ + HPO_4^{2-}$	6.3×10^{-8}
亞硫酸氫根離子		$HSO_3^- \rightarrow H^+ + SO_3^{2-}$	6.2×10^{-8}
銨離子		$NH_4^+ \rightarrow H^+ + NH_3$	5.7×10^{-10}
碳酸氫根離子		$HCO_3^- \rightarrow H^+ + CO_3^{2-}$	4.7×10^{-11}
碲氫根離子		$HTe^- \rightarrow H^+ + Te^{2-}$	1.0×10^{-11}
過氧化氫		$H_2O_2 \rightarrow H^+ + HO_2^-$	2.4×10^{-12}
砷酸氫根		$HAsO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + AsO_4^{3-}$	3.0×10^{-2}
磷酸氫根離子	甚弱 ↓	$HPO_4^{2-} \rightarrow H^+ + PO_4^{3-}$	4.4×10^{-13}
硫氫根離子		$HS^- \rightarrow H^+ + S^{2-}$	1.2×10^{-15}
水		$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$	1.8×10^{-16}
氫氧根離子		$OH^- \rightarrow H^+ + O^{2-}$	$> 10^{-26}$
氨		$NH_3 \rightarrow H^+ + NH_2^-$	極小

附錄四 25°C 時多質子酸之游離常數

酸名稱	游離反應式	游離常數 $K_{a_n} M$
磷酸	$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$	$K_{a_1} = 7.2 \times 10^{-3}$
	$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$	$K_{a_2} = 6.3 \times 10^{-8}$
	$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$	$K_{a_3} = 4.2 \times 10^{-13}$
亞磷酸	$H_3PO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_3^-$	$K_{a_1} = 3.0 \times 10^{-2}$
	$H_2PO_3^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_3^{2-}$	$K_{a_2} = 1.7 \times 10^{-7}$
砷酸	$H_3AsO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2AsO_4^-$	$K_{a_1} = 6.0 \times 10^{-3}$
	$H_2AsO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HAsO_4^{2-}$	$K_{a_2} = 1.1 \times 10^{-7}$
	$HAsO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + AsO_4^{3-}$	$K_{a_3} = 3.0 \times 10^{-12}$
碳酸	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$	$K_{a_1} = 4.5 \times 10^{-7}$
	$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$	$K_{a_2} = 4.7 \times 10^{-11}$
氫硫酸	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$	$K_{a_1} = 9.0 \times 10^{-8}$
	$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$	$K_{a_2} = 1.1 \times 10^{-12}$
草酸	$H_2C_2O_4 \rightleftharpoons H^+ + HC_2O_4^-$	$K_{a_1} = 5.6 \times 10^{-2}$
	$HC_2O_4^- \rightleftharpoons H^+ + C_2O_4^{2-}$	$K_{a_2} = 5.4 \times 10^{-5}$
硫酸	$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$	極大
	$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$	$K_{a_2} = 1.3 \times 10^{-2}$
亞硫酸	$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$	$K_{a_1} = 1.4 \times 10^{-2}$
	$HSO_3^- \rightleftharpoons H^+ + SO_3^{2-}$	$K_{a_2} = 6.5 \times 10^{-8}$

比色法 \Rightarrow 求 k_c

比爾定律 \Rightarrow 透光度 (同) \Rightarrow mole (同)

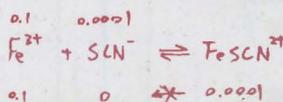
$$\frac{M_1 V_1}{\text{高度}} = \frac{M_2 V_2}{\text{高度}} \quad \text{求 } M_2$$

$$C_1 h_1 = C_2 h_2$$

(混合後) 初 a b 0
 平 $a-x$ $b-x$ x

$$k_c = \frac{x}{(a-x)(b-x)}$$

濃度差 100 倍以上視為標準溶液



元素週期表

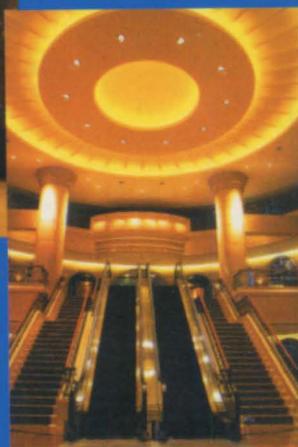
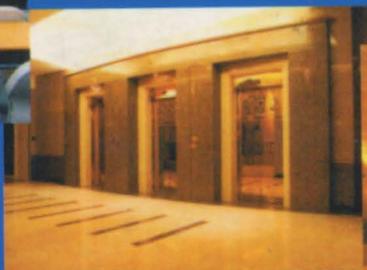
懂化學的楊明 · 讓你更懂化學

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
週期	典型元素		過渡元素										典型元素						惰性氣體

1	1.008 H 1s 氫		原子序 - 24 52.00 元素符號 Cr 3d ⁴ 4s ¹ 元素名稱 鉻 原子量 52.00 電子組態 3d ⁴ 4s ¹ 原子半徑 1.25 電負度 1.6										2 4.003 He 1s 氦					
2	3 6.941 Li 2s ¹ 鋰	4 9.012 Be 2s ² 鈹	5 10.81 B 2s ² 2p 硼										6 12.01 C 2s ² 2p 碳	7 14.01 N 2s ² 2p 氮	8 16.00 O 2s ² 2p 氧	9 19.00 F 2s ² 2p 氟	10 20.18 Ne 2s ² 2p 氖	
3	11 22.99 Na 3s ¹ 鈉	12 24.31 Mg 3s ² 鎂	13 26.98 Al 3s ² 3p 鋁										14 28.09 Si 3s ² 3p 矽	15 30.97 P 3s ² 3p 磷	16 32.07 S 3s ² 3p 硫	17 35.45 Cl 3s ² 3p 氯	18 39.95 Ar 3s ² 3p 氬	
4	19 39.10 K 4s ¹ 鉀	20 40.08 Ca 4s ² 鈣	21 44.96 Sc 3d ¹ 4s ² 鈦	22 47.88 Ti 3d ² 4s ² 鈦	23 50.94 V 3d ³ 4s ² 釩	24 52.00 Cr 3d ⁴ 4s ¹ 鉻	25 54.94 Mn 3d ⁵ 4s ² 錳	26 55.85 Fe 3d ⁶ 4s ² 鐵	27 58.93 Co 3d ⁷ 4s ² 鈷	28 58.69 Ni 3d ⁸ 4s ² 鎳	29 63.55 Cu 3d ¹⁰ 4s ¹ 銅	30 65.39 Zn 3d ¹⁰ 4s ² 鋅	31 69.72 Ga 4s ² 4p 鎵	32 72.59 Ge 4s ² 4p 鍮	33 74.92 As 4s ² 4p 砷	34 78.96 Se 4s ² 4p 硒	35 79.90 Br 4s ² 4p 溴	36 83.80 Kr 4s ² 4p 氪
5	37 85.47 Rb 5s ¹ 銣	38 87.62 Sr 5s ² 銣	39 88.91 Y 4d ¹ 5s ² 鈾	40 91.22 Zr 4d ² 5s ² 鈷	41 92.91 Nb 4d ⁴ 5s ¹ 鈷	42 95.94 Mo 4d ⁵ 5s ¹ 鉬	43 98.91 Tc 4d ⁵ 5s ² 錳	44 101.1 Ru 4d ⁷ 5s ¹ 鈳	45 102.9 Rh 4d ⁸ 5s ¹ 銩	46 106.4 Pd 4d ¹⁰ 鈳	47 107.9 Ag 4d ¹⁰ 5s ¹ 銀	48 112.4 Cd 4d ¹⁰ 5s ² 鎘	49 114.8 In 5s ² 5p 銦	50 118.7 Sn 5s ² 5p 錫	51 121.8 Sb 5s ² 5p 銻	52 127.6 Te 5s ² 5p 碲	53 126.9 I 5s ² 5p 碘	54 131.3 Xe 5s ² 5p 氙
6	55 132.9 Cs 6s ¹ 銣	56 137.3 Ba 6s ² 鋇	57-71 鐳系元素	72 178.5 Hf 5d ² 6s ² 鈷	73 180.9 Ta 5d ³ 6s ² 鉭	74 183.9 W 5d ⁴ 6s ² 鎢	75 186.2 Re 5d ⁵ 6s ² 錳	76 190.2 Os 5d ⁶ 6s ² 銱	77 192.2 Ir 5d ⁷ 6s ² 銥	78 195.1 Pt 5d ⁹ 6s ¹ 鉑	79 197.0 Au 5d ¹⁰ 6s ¹ 金	80 200.6 Hg 5d ¹⁰ 6s ² 汞	81 204.4 Tl 6s ² 6p 鉍	82 207.2 Pb 6s ² 6p 鉛	83 209.0 Bi 6s ² 6p 鉍	84 (210) Po 6s ² 6p 鉷	85 (210) At 6s ² 6p 砹	86 (222) Rn 6s ² 6p 氡
7	87 (223) Fr 7s ¹ 銣	88 (226) Ra 7s ² 鐳	89-103 鐳系元素	104 (261) Rf 6d ² 7s ² 鈷	105 (262) Db 6d ³ 7s ² 鈷	106 (263) Sg 6d ⁴ 7s ² 鈷	107 (262) Bh 6d ⁵ 7s ² 鈷	108 (265) Hs 6d ⁶ 7s ² 鈷	109 (267) Mt 6d ⁷ 7s ² 鈷	110 (269) Ds 6d ⁸ 7s ² 鈷	111 (272) Rg 6d ⁹ 7s ² 鈷	112 (281) Uub 鈷	113 Uut 鈷	114 (285) Uuq 鈷	115 Uup 鈷	116 (289) Uuh 鈷	117 Uus 鈷	118 (293) Uuo 鈷
			鐳系元素	57 138.9 La 5d ¹ 6s ² 鐳	58 140.1 Ce 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 鈳	59 140.9 Pr 4f ³ 5d ¹ 6s ² 鐳	60 144.2 Nd 4f ⁴ 5d ¹ 6s ² 鈳	61 144.9 Pm 4f ⁵ 5d ¹ 6s ² 鈳	62 150.4 Sm 4f ⁶ 5d ¹ 6s ² 鈳	63 152.0 Eu 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 鈳	64 157.3 Gd 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 鈳	65 158.9 Tb 4f ⁹ 5d ¹ 6s ² 鈳	66 162.5 Dy 4f ¹⁰ 5d ¹ 6s ² 鈳	67 164.9 Ho 4f ¹¹ 5d ¹ 6s ² 鈳	68 167.3 Er 4f ¹² 5d ¹ 6s ² 鈳	69 168.9 Tm 4f ¹³ 5d ¹ 6s ² 鈳	70 173.0 Yb 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 鈳	71 175.0 Lu 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 鈳
			鐳系元素	89 (227) Ac 6d ¹ 7s ² 鈳	90 232.0 Th 5f ¹ 6d ² 7s ² 鈳	91 (231) Pa 5f ² 6d ¹ 7s ² 鈳	92 238.0 U 5f ³ 6d ¹ 7s ² 鈳	93 (237) Np 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² 鈳	94 (239) Pu 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² 鈳	95 (243) Am 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² 鈳	96 (247) Cm 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² 鈳	97 (247) Bk 5f ⁹ 6d ¹ 7s ² 鈳	98 (252) Cf 5f ¹⁰ 6d ¹ 7s ² 鈳	99 (252) Es 5f ¹¹ 6d ¹ 7s ² 鈳	100 (257) Fm 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² 鈳	101 (256) Md 5f ¹³ 6d ² 7s ² 鈳	102 (259) No 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² 鈳	103 (260) Lr 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² 鈳

楊明

版權所有 ▶▶ 未經許可不得翻印



楊

明

化學教室

懂化學的楊明 · 讓你更懂化學

Chemistry

楊明化學家教班上課教室

台北教室 台北市衡陽路51號4樓之8 TEL : 02-23811199

桃園教室 桃園市民族路55號6樓 TEL : 03-3329025

新竹教室 新竹市東大路一段95號 TEL : 03-6127999

台中教室 台中市三民路三段217號7樓 TEL : 04-22252511

鳳山教室 鳳山市光復路二段237號 TEL : 07-7997776

基隆教室 基隆市忠二路24號3樓 TEL : 02-24254088

宜蘭教室 宜蘭市民族路338號 TEL : 03-9355388