

氧化還原方程式的 Balance

一、半反應法

1. procedure: 五大步驟

① 寫出正確 reactant & product

② e^- 加減 → 調 Oxi. N^o

③ (酸中) H^+ 、(鹼中) OH^- 加減 → 調 charge

④ H_2O 加減 → 調 H, O

⑤ 依得失 e^- 數、乘 factor、相消 e^- (取 LCM)

2. 必背 (可做測驗 ☺)

• (1) 過錳酸鉀 / 酸; 中弱鹼; 強鹼

• (2) 二鉻酸鉀 / 酸

(3) 稀硝酸 $\xrightarrow{\text{with whom}}$ NO

(4) 過氧化氫 / 酸 $\rightarrow H_2O$

(5) 草酸根 / 酸

(6) 過氧化氫 / 鹼

(7) 亞硫酸根 / 酸

(8) 硫代硫酸根 + I_2

(9) 濃硝酸 $\xrightarrow{\text{with whom}}$ NO_2

(10) 硫化氫 $\rightarrow$ 硫

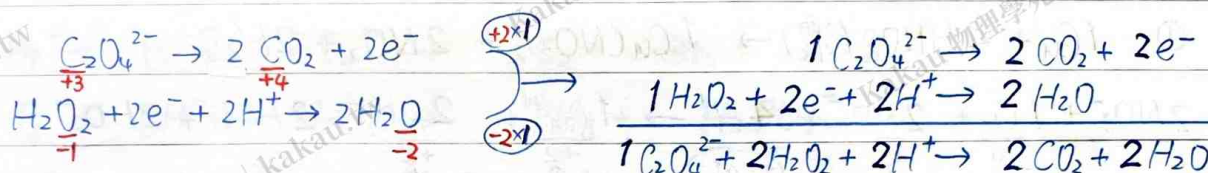
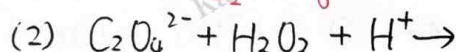
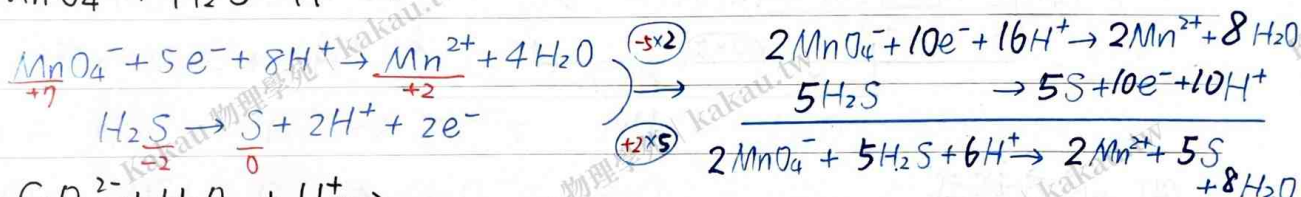
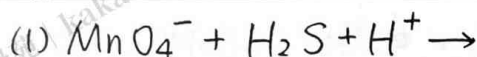
(11)

(12)

(13) 水氧化

(14) 硫代硫酸根

3. (例) 半反應式法



二、氧化數法

1. procedure

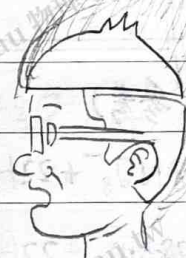
① 找 red. & oxi. 並預知產物

② cal. $\Delta \text{oxi. N}^\circ$

③ LCM [平衡 oxi. N°]

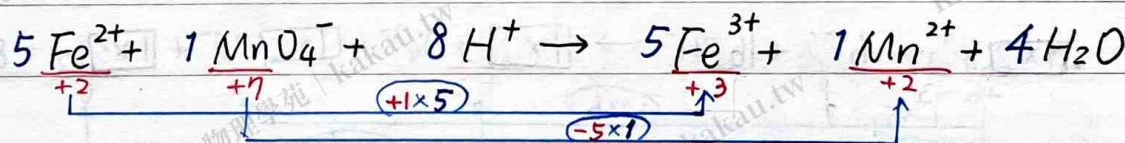
④ H^+, OH^- [平衡 charge]

⑤ H_2O [平衡 H, O]

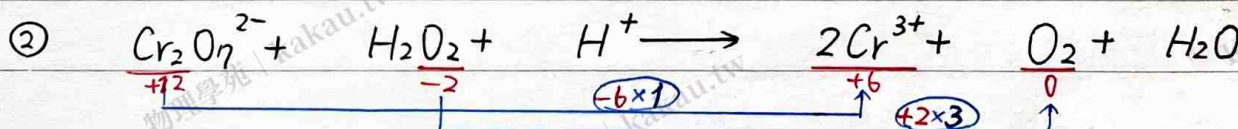
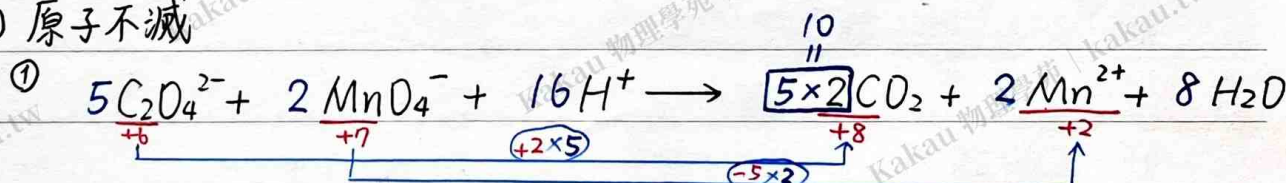


2. (例)

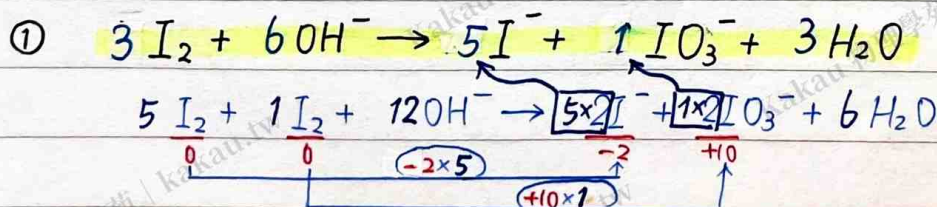
(1) 直接平衡



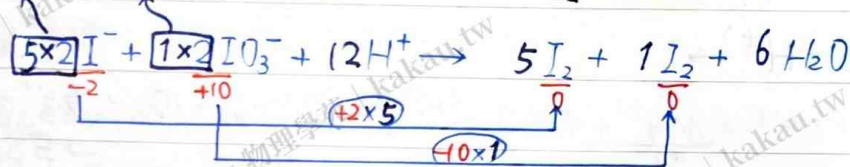
(2) 原子不減



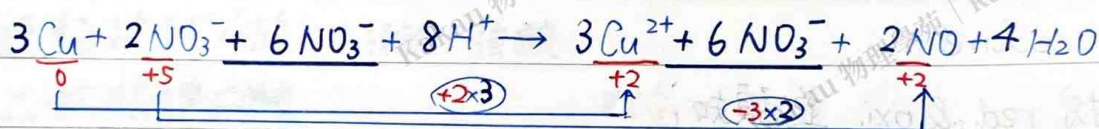
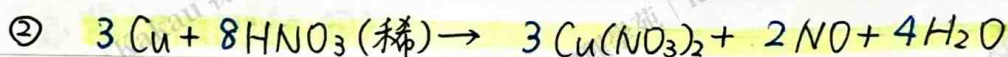
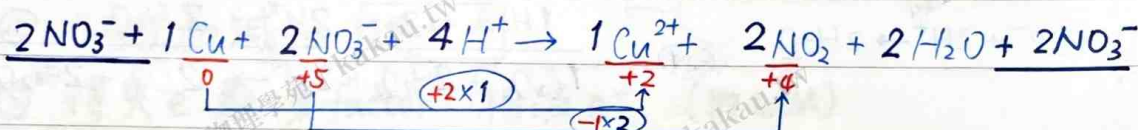
(3) 自身 redox



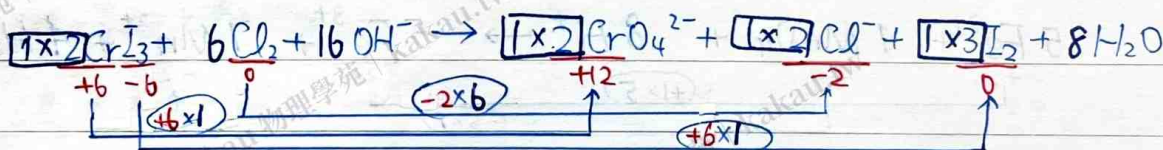
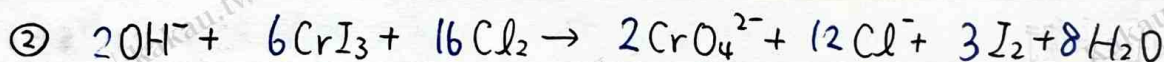
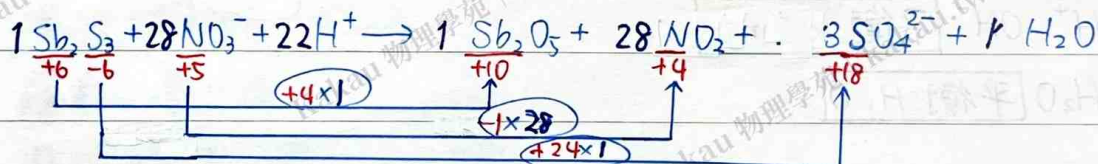
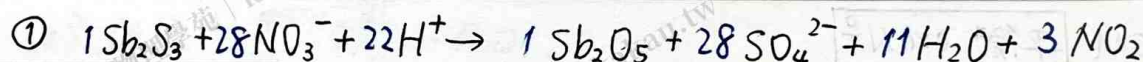
$\text{I}_2 \begin{cases} \frac{5}{6} \text{ oxi.} \\ \frac{1}{6} \text{ red.} \end{cases}$



(4) 補方程式



(5) 一變多 (參考)



練

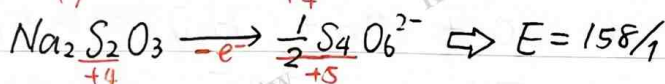
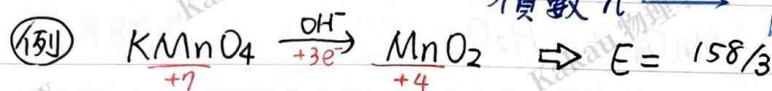
1. $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{S} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NO} + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{Zn} + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{MnO}_2 + \text{OH}^- + \text{O}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{Br}^- + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{P}_4 + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 + \text{H}_2\text{PO}_2^-$
7. $\text{H}^+ + \text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2 + \text{Cr}(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
9. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{S} + \text{SO}_2$
10. $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
11. $\text{Cu}_2\text{S} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O} + \text{S}$

氧化還原滴定

一、原理 & 計算

1. 當量 & 當量數

(1) [氧化/還原] 當量 $E = \frac{\text{分子量 } M}{\text{價數 } n}$ → 一分子 [氧化劑/還原劑] 能得到/失去的電子數



(2) 當量數 $eq = \boxed{C_N} \times V = n \times C_M \times V = n \times \text{mol} = \frac{m}{E}$

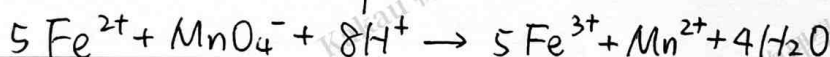
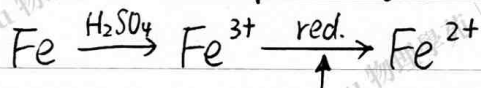
↓ 當量濃度 $C_N = eq/V$

2. 氧化還原滴定達當量點 (stoichiometric point):

氧化劑的 $eq =$ 還原劑的 eq

二、實例

1. 以 KMnO_4 標準液滴定定量 Fe



2. 碘滴定

(1) 以 starch 為 indicator, 以 starch- I_2 形成的 complex 為 criteria.

(2) 直接滴定: 標的物為還原劑。

① 以 I_2 或 I_3^- (I_2 溶於 $\text{KI}_{(\text{aq})}$ 中) 為 oxi., 直接滴定待測 red.

② endpoint: 無色 → 藍色

(2) 間接滴定: 標的物為氧化劑

① 先用過量 KI 與待測 oxi. 反應, 生成 I_2 。

② 用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定 I_2

③ endpoint: 藍色 → 無色

W 適當田原齋

易被氧化

易失電子

力化育

+ 原力

還原電位

氧化物 + $H_2 \rightarrow$ 不反應

$$\text{氧化物} + \text{H}_2 \rightarrow \text{金属}$$

能置換酸中的 H^+ ，產生 H_2

能與高溫蒸氣反應

能與熱水反應

能與冷水反應

 $E^{\circ}(V)$

-2.92
-2.93
-2.92
-2.71
-3.05
-2.90
-2.89
-2.87
-2.38
-1.66

-1.03
-0.76
-0.74
-0.44

-0.28
-0.23
-0.14
-0.13
0.00

$$\text{Cs}^+, \text{Rb}^+, \text{K}^+, \text{Na}^+, \text{Li}^+, \text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Ti}^{4+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{H}^+, \text{Sb}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$$

Cs 铯 如 钾 铷 锂 钡 锶 钙 镁 铝 钛 锰 锌 铬 铁 镉 钴 镍 锡 铅 氢 锑 铋
 Rb K Na Li Ba Sr Ca Mg Al Ti Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H₂ Sb Bi

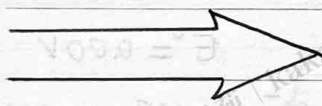
適合當電池中的正極

M^{n+} 適合當還原劑

金屬

易被還原

易得電子



能與王水反應
能與濃硫酸反應

能與王水反應
能與濃硫酸反應

銅	Cu	Cu^{2+}	0.34
汞	Hg	Hg^{2+}	0.78
銀	Ag	Ag^{+}	0.80
鈷	Pd	Pd^{2+}	0.99
鉑	Pt	Pt^{2+}	1.20
金	Au	Au^{3+}	1.42

1. 半電池電位 → 得/失 e^{-} 的傾向

- (1) 氧化電位: $M \rightarrow M^{n+} + ne^{-}$, V (失)
- (2) 還原電位: $M^{n+} + ne^{-} \rightarrow M$, V (得)

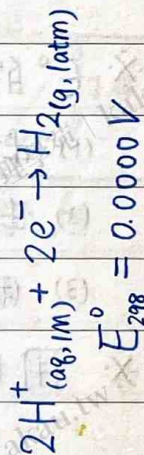
2. 半電池電位的測定

(1) 參考電極

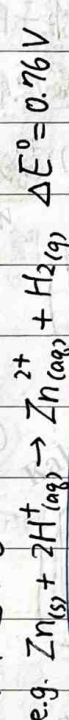
(2) 標準氫電極:
standard hydrogen electrode

標準狀態 { 1 M
1 atm
特定溫度: 298 K = 25°C

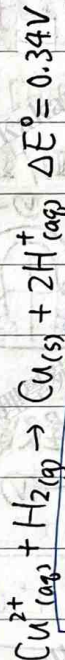
定標準氫電極
的還原電位為
0 V



(3) 標準還原電位



$$E^{\circ}(Zn^{2+}/Zn) = -0.76 V$$



$$E^{\circ}(Cu^{2+}/Cu) = +0.34 V$$

(還原劑)

(氧化劑)

◆ page/

電池符號: 陽極 | 陽極電解質 || 陰極電解質 | 陰極 | (惰性電極)

↑
相界面

↑
鹽橋

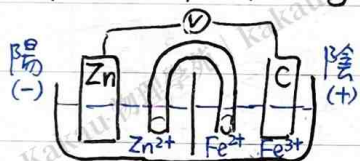
↑
相界面

↑
若有惰性電極
用 () 括起列在
最左或右

可能的
電池形式
(半電池)

- (a) 金屬電極; 含金屬陽離子的電解質: 如 $Zn_{(s)} | Zn_{(aq)}^{2+}$
- (b) 含惰性電極的氣體電極; 含氣體陰(或陽)離子的電解質, 如 $Cl_{(aq)}^- | Cl_{2(g)} | (Pt)$
- (c) 金屬電極, 覆蓋其陽離子的難溶鹽; 含該難溶鹽陰離子之電解質, 如 $Ag_{(s)} | AgCl_{(s)} | Cl_{(aq)}^-$
- (d) 含惰性電極的「氧還電極」; 含相同元素之「氧化及還原」形式之電解質, 如 $(C) | Fe_{(aq)}^{2+}, Fe_{(aq)}^{3+}$

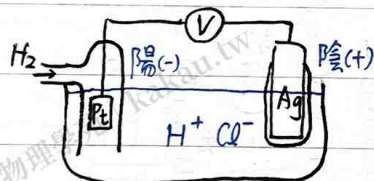
例: (1) 鋅-鐵(II)/鐵(III)電池: $Zn_{(s)} | Zn_{(aq)}^{2+} || Fe_{(aq)}^{3+}, Fe_{(aq)}^{2+} | (C)$



陰(+): $Zn_{(s)} \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + 2e^-$ $E^\circ = -0.76V$

陽(-): $Fe_{(aq)}^{3+} + e^- \rightarrow Fe_{(aq)}^{2+}$ $E^\circ = 0.77V$

(2) 氫-氯化銀電池: $(Pt) | H_{2(aq, 1atm)} | H_{(aq, 1M)}^+, Cl_{(aq, 1M)}^- | AgCl_{(s)} | Ag_{(s)}$



陰(+): $H_{2(g)} \rightarrow 2e^- + 2H_{(aq)}^+$ $E^\circ = 0.00V$

陽(-): $AgCl_{(s)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)} + Cl_{(aq)}^-$ $E^\circ = 0.22V$

※ E° 的性質

比較

- | | | E° | K_c | ΔH |
|---------------------------------|---------|------------------|--------------|-------------------|
| (1) 半反應改成逆反應, E° 符號相反 | → 倒寫 | $-E^\circ$ | $(K_c)^{-1}$ | $-\Delta H$ |
| (2) 半反應係數乘以 n 倍, E° 不變 | → n 倍 | E° | $(K_c)^n$ | $n(\Delta H)$ |
| (3) 兩半反應式相加, E° 值相加 | → 相加 | ΣE° | ΠK_c | $\Sigma \Delta H$ |

※ 用 E° 求 ϵ (電動勢)

$$\epsilon = E^\circ_{\text{陰}} - E^\circ_{\text{陽}}$$

$\epsilon > 0$, 自發

$\epsilon \leq 0$, 不自發

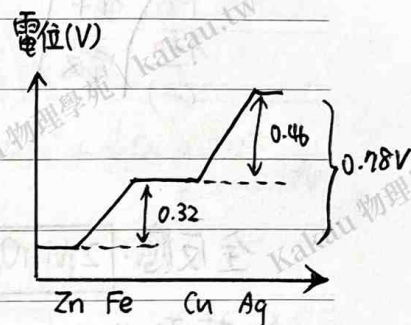
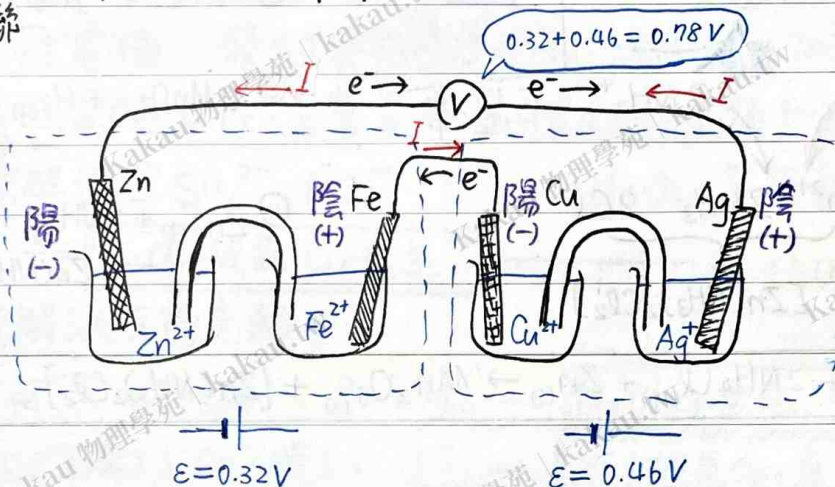
※ 陽極 (若為惰性電極) 陽極金屬種類
電解液種類

兩極電解液濃度 → ϵ → 是否自發
溫度 → ϵ → 反應速率
壓力 → ϵ

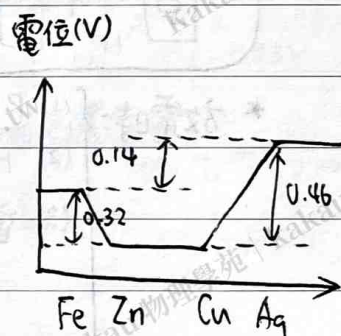
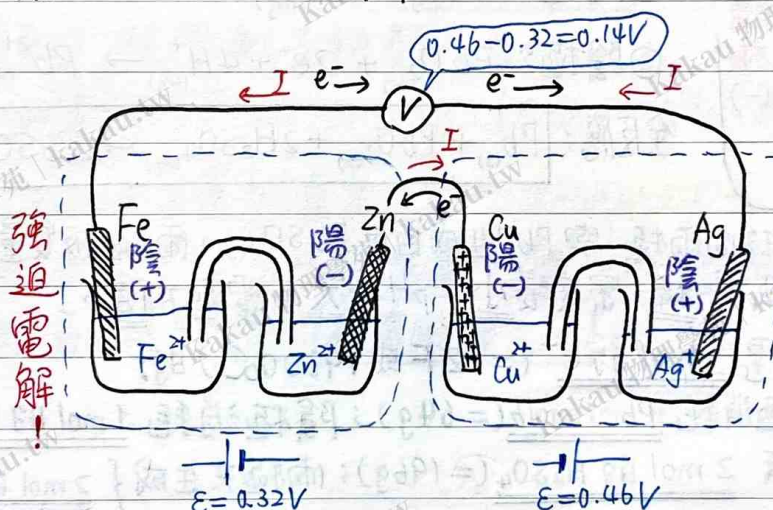


雙電池 (只討論串聯)

A. 順向串聯: $-|+| -|+|$ (異極相接)



B. 逆向串聯: $-|+| -|+|$ (同極相接)

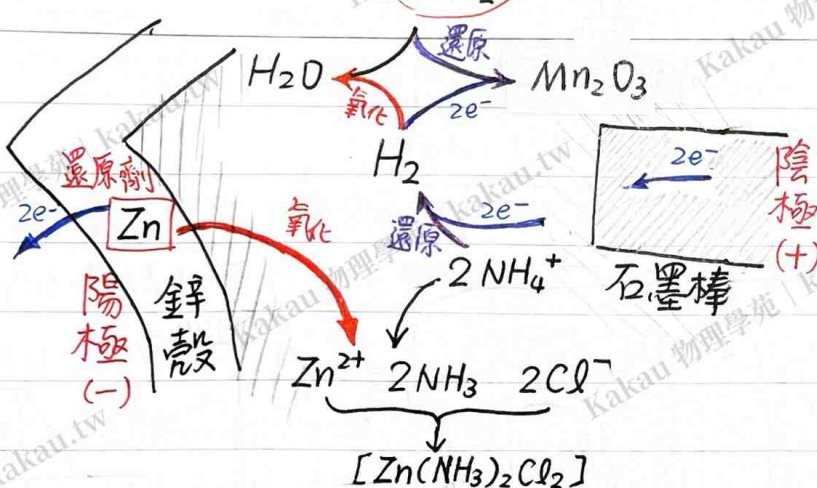


C. 將四種不同半電池, 任意組成二個電池, 再組成雙電池

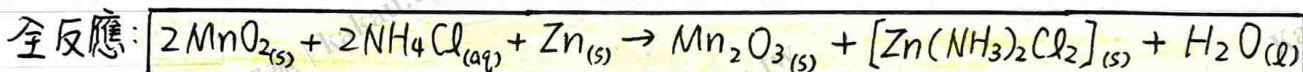
有 6 種組合、3 種 ϵ

甲: $E^\circ = -0.76V$	$\xrightarrow{0.32V}$	$\xleftarrow{0.46V}$	
乙: $E^\circ = -0.44V$			
丙: $E^\circ = +0.8V$			
丁: $E^\circ = +0.34V$			
[甲 乙]	[丙 丁]	(逆)	$0.46 - 0.32 = 0.14 V$
[甲 乙]	[丁 丙]	(順)	$0.46 + 0.32 = 0.78 V$
[甲 丙]	[乙 丁]	(順)	$1.56 + 0.78 = 2.34 V$
[甲 丙]	[丁 乙]	(逆)	$1.56 - 0.78 = 0.78 V$
[甲 丁]	[乙 丙]	(順)	$1.10 + 1.24 = 2.34 V$
[甲 丁]	[丙 乙]	(逆)	$1.24 - 1.10 = 0.14 V$

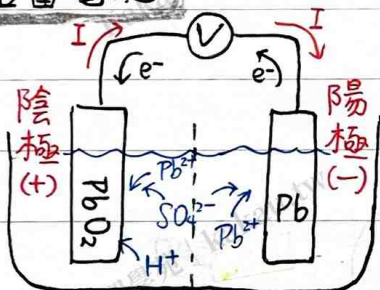
★ 乾電池 (碳鋅電池; 勒克朗舍電池) 氧化劑, 亦為去極劑 Leclanché cell



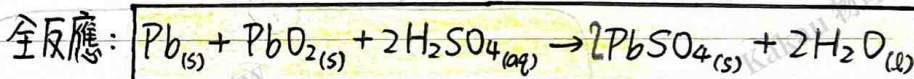
- ① 陽極: $\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2e^-$
- ② 陰極: $2\text{NH}_4^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2\text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_{2(g)}$
- ③ $2\text{MnO}_{2(s)} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- ④ $\text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2\text{NH}_3_{(g)} + 2\text{Cl}^-_{(aq)} \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]_{(s)}$



★ 鉛蓄電池

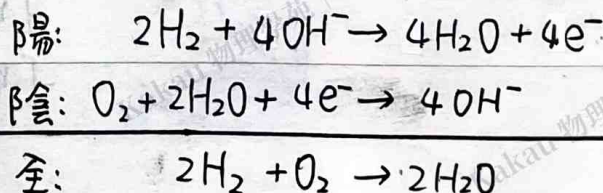
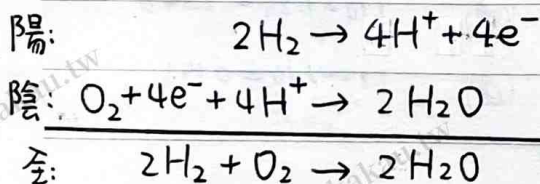
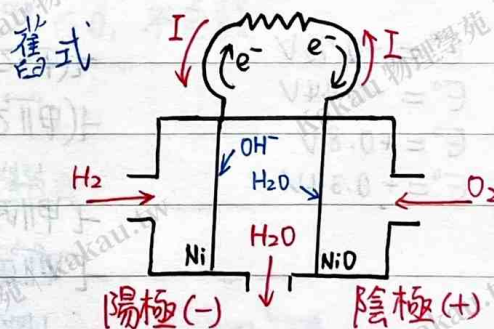
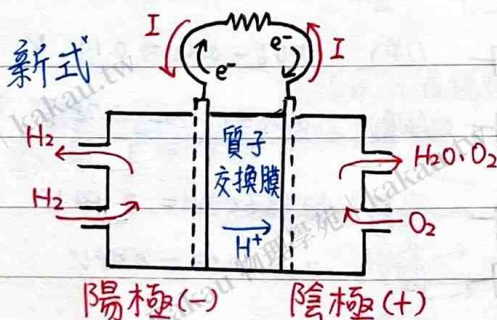


- ① 陽極: $\text{Pb}_{(s)} \rightarrow \text{Pb}_{(aq)}^{2+} + 2e^-$
- ② 陰極: $\text{PbO}_{2(s)} + 2e^- + 4\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$



- ★ 放電時:
- (1) SO_4^{2-} 移向兩極, 與 Pb^{2+} 生成白色 $\text{PbSO}_4_{(s)}$, 兩極板質量增。
 - (2) H_2SO_4 變稀, 密度變小, pH 變大, 電壓下降。
 - (3) 每放電 2 mol 的 e^- ($= 2F$ 或 19300C) 時:
 陽極消耗 1 mol 的 Pb ($= 207\text{g}$); 陰極消耗 1 mol 的 PbO_2 ($= 239\text{g}$)
 用去 2 mol 的 H_2SO_4 ($= 196\text{g}$); 兩極共生成 $\left\{ \begin{array}{l} \text{2 mol 的 } \text{PbSO}_4 (= 606\text{g}) \\ \text{2 mol 的 } \text{H}_2\text{O} (= 36\text{g}) \end{array} \right.$
- (9) $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\begin{array}{ccccccc} -207 & -239 & & -196 & & +606 & +36 \\ & & & -642 & & +642 & \end{array}$

★ 氫燃料電池





◆ date/

◆ page/

電解規則

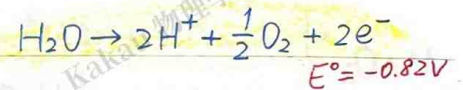
1. 陽極產物: 視電極材料而定。

(1) 活性電極: 發生該金屬之氧化。如: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ 。

(2) 惰性電極 (Pt、石墨等): 視陰離子種類而定。

① 電解液含 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 ClO_4^- 、 MnO_4^- 等含氧酸根時:

→ H_2O 被氧化, 產生 O_2



② 電解液含鹵素離子:

a. F^- 、 Cl^- (稀)、 Br^- (稀) → H_2O 被氧化, 產生 O_2

b. Cl^- (濃)、 Br^- (濃)、 I^- → X^- 被氧化, 產生 X_2 → $\text{X}_2 \rightarrow 2\text{X}^- + 2\text{e}^-$

③ 電解液含 OH^- → OH^- 被氧化, 產生 O_2 → $2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^-$

$E^\circ = -0.40\text{V}$

2. 陰極產物: 視陽離子種類而定。

(1) 電解液含鹼金屬離子 (IA^+)、鹼土金屬離子 (IIA^{2+})、 Al^{3+} 時:

→ H_2O 被還原, 產生 H_2 → $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$ $E^\circ = -0.83\text{V}$

(2) 電解液含活性比 Al 小的金屬陽離子 → 發生該金屬之還原。

(3) 電解液含 H^+ → H^+ 被還原, 產生 H_2 → $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ $E^\circ = 0.00\text{V}$

NH_4^+ 呢??

常見氧化劑及其半反應

氧化劑	半反應	轉移電子數	條件
MnO_4^- (紫色)	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ (+7) (+2) (淡粉紅色)	5	酸
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$ (+7) (+4) (棕黑色)	3	中、弱鹼
	$\text{MnO}_4^- + \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$ (+7) (+6) (綠色)	1	強鹼
MnO_2 *	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ (+4) (+2)	2	酸
	$\text{MnO}_2 + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{OH}^-$ (+4) (+3)	1	酸
HNO_3	$\text{HNO}_3(\text{濃}) + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (+5) (+4)	1	with 活性較小金屬 Cu
	$\text{HNO}_3(\text{稀}) + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$ (+5) (+2)	3	with 活性較小金屬 Cu
	$\text{HNO}_3(\text{稀}) + 9\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ (+5) (-3)	8	with 活性較大金屬 Zn
HNO_2 *	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ (+3) (+2)	1	酸
H_2SO_4	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{濃}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (+6) (+4)	2	with 活性較小金屬
	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{濃}) + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$ (+6) (0)	6	with 活性較大金屬
SO_2 *	$\text{SO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (+4) (0)	4	
H_2O_2 (橙棕色)	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ (-2) (-4)	2	酸
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$ (-2) (-4)	2	
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ (+12) (+6) (深綠色)	6	酸
IO_3^-	$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ (+5) (-1)	6	
I_2, I_3^-	$\text{I}_3^- + 2\text{e}^- \rightarrow 3\text{I}^-$ (-1) (-3)	2	
	$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-$ (0) (-2)	2	
Cl_2	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$ (0) (-2)	2	
Br_2	$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$ (0) (-2)	2	
OCl^-	$\text{OCl}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ (+1) (-1)	2	

* 表「亦可作還原劑」

常見還原劑及其半反應

◆ date/

◆ page/

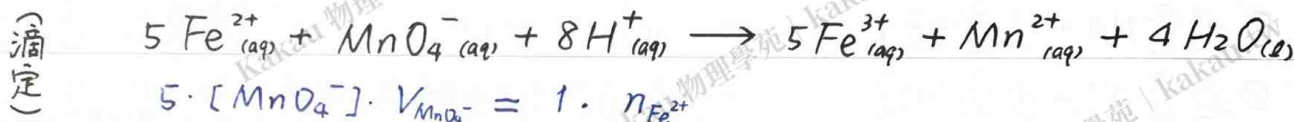
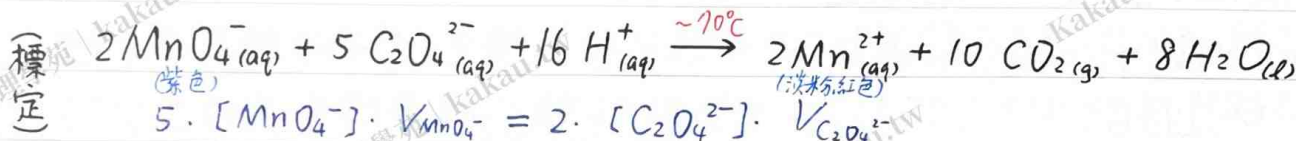
還原劑	還原半反應	轉移電子數	條件
$H_2C_2O_4$ (或 $C_2O_4^{2-}$)	$\begin{cases} H_2C_2O_4 \xrightarrow{+6} 2\overset{+8}{CO_2} + 2H^+ + 2e^- \\ C_2O_4^{2-} \xrightarrow{+6} 2\overset{+8}{CO_2} + 2e^- \end{cases}$	2	酸
H_2O_2	$H_2O_2 \xrightarrow{+2} O_2 + 2H^+ + 2e^-$	2	鹼
$HCOOH$	$HCOOH \xrightarrow{+2} \overset{+4}{CO_2} + 2H^+ + 2e^-$	2	
$S_2O_3^{2-}$	$\begin{cases} S_2O_3^{2-} + 5H_2O \xrightarrow{+4} 2\overset{+6}{SO_4^{2-}} + 10H^+ + 8e^- \\ S_2O_3^{2-} \xrightarrow{+4} \frac{1}{2}\overset{+5}{S_4O_6^{2-}} \text{(四磺酸根)} + e^- \end{cases}$	8 1	與其他氧化劑反應 與 I_2 反應
SO_2	$SO_2 + 2H_2O \xrightarrow{+4} \overset{+6}{SO_4^{2-}} + 4H^+ + 2e^-$	2	酸
SO_3^{2-}	$SO_3^{2-} + H_2O \xrightarrow{+4} \overset{+6}{SO_4^{2-}} + 2H^+ + 2e^-$	2	
HSO_3^-	$HSO_3^- + H_2O \xrightarrow{+4} \overset{+6}{SO_4^{2-}} + 3H^+ + 2e^-$	2	
H_2S (或 S^{2-})	$H_2S \xrightarrow{-2} \overset{0}{S} + 2H^+ + 2e^-$	2	
HNO_2 (或 NO_2^-)	$NO_2^- + 2OH^- \xrightarrow{+3} \overset{+5}{NO_3^-} + H_2O + 2e^-$	2	鹼
Fe^{2+} (淡綠色)	$Fe^{2+} \xrightarrow{+2} \overset{+3}{Fe^{3+}} \text{(淡黃色)} + e^-$	1	
Sn^{2+} (亞錫離子)	$Sn^{2+} \xrightarrow{+2} \overset{+4}{Sn^{4+}} + 2e^-$	2	
X^-	$X^- \xrightarrow{-1} \frac{1}{2}X_2 + e^-$	1	$X = Cl, Br, I$
M	$M \xrightarrow{0} \overset{+n}{M^{n+}} + ne^-$	n	$M = \text{金屬}$
$[Fe(CN)_6]^{4-}$ (黃色)	$[Fe(CN)_6]^{4-} \xrightarrow{+2} \overset{+3}{[Fe(CN)_6]^{3-}} + e^-$	1	

氧化還原滴定

date/

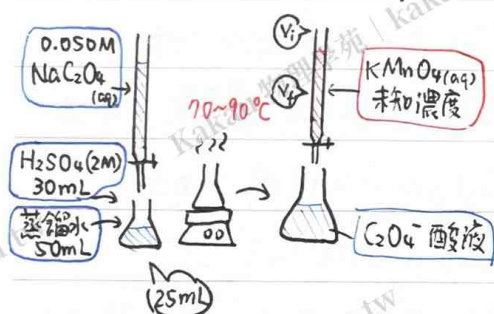
page/

一、原理

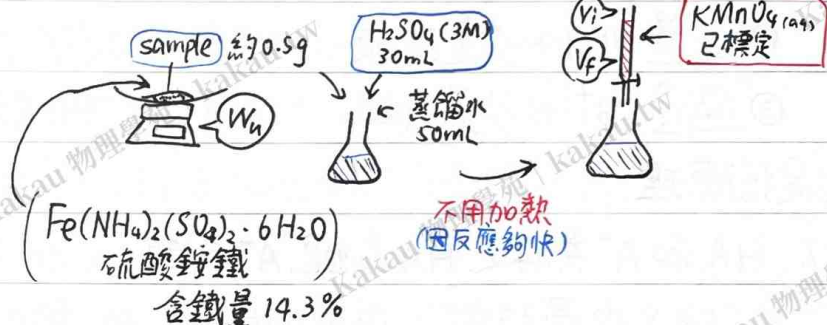


二、步驟

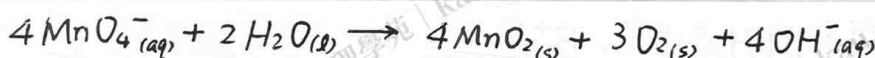
A. 標定 $\text{KMnO}_4 (\text{aq})$



B. 測定 sample 中的含鐵量



⚠ KMnO_4 易於在潮溼環境分解, 故滴定前濃度須標定.

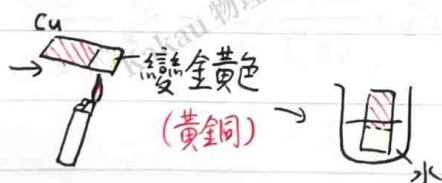
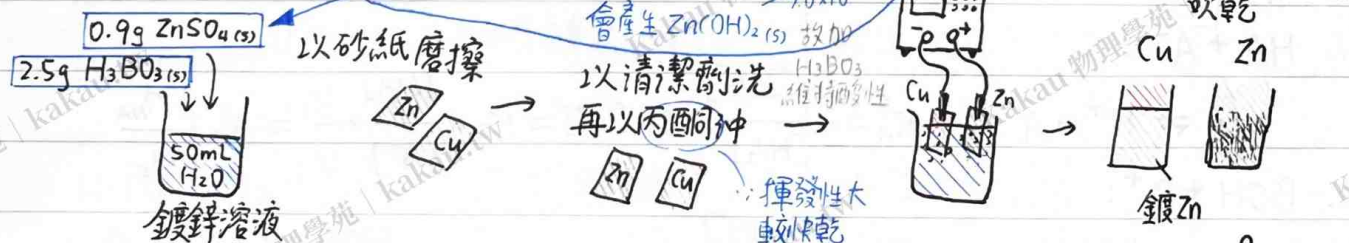


電解電鍍與非電解電鍍

一、原理: { ... : (略)
非 ... :

二、步驟

A. 銅表面鍍鋅



B. 非電解電鍍

