

# 達思化學

課本 2B

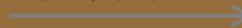
第 5 章 氧化還原反應、化學電池和電解



# 目錄

- ➔ 22.1 甚麼是電解？
- ➔ 22.2 電解熔融的氯化鋅
- ➔ 22.3 比較化學電池和電解池
- ➔ 22.4 電解水溶液
- ➔ 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序
- ➔ 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序
- ➔ 22.7 電極的性質與離子的放電次序

續下頁





# 目錄

- ➔ 22.8 電鍍
- ➔ 22.9 電鍍工業對環境造成的影響
- ➔ 關鍵詞彙
- ➔ 摘要
- ➔ 按節練習
- ➔ 按章練習

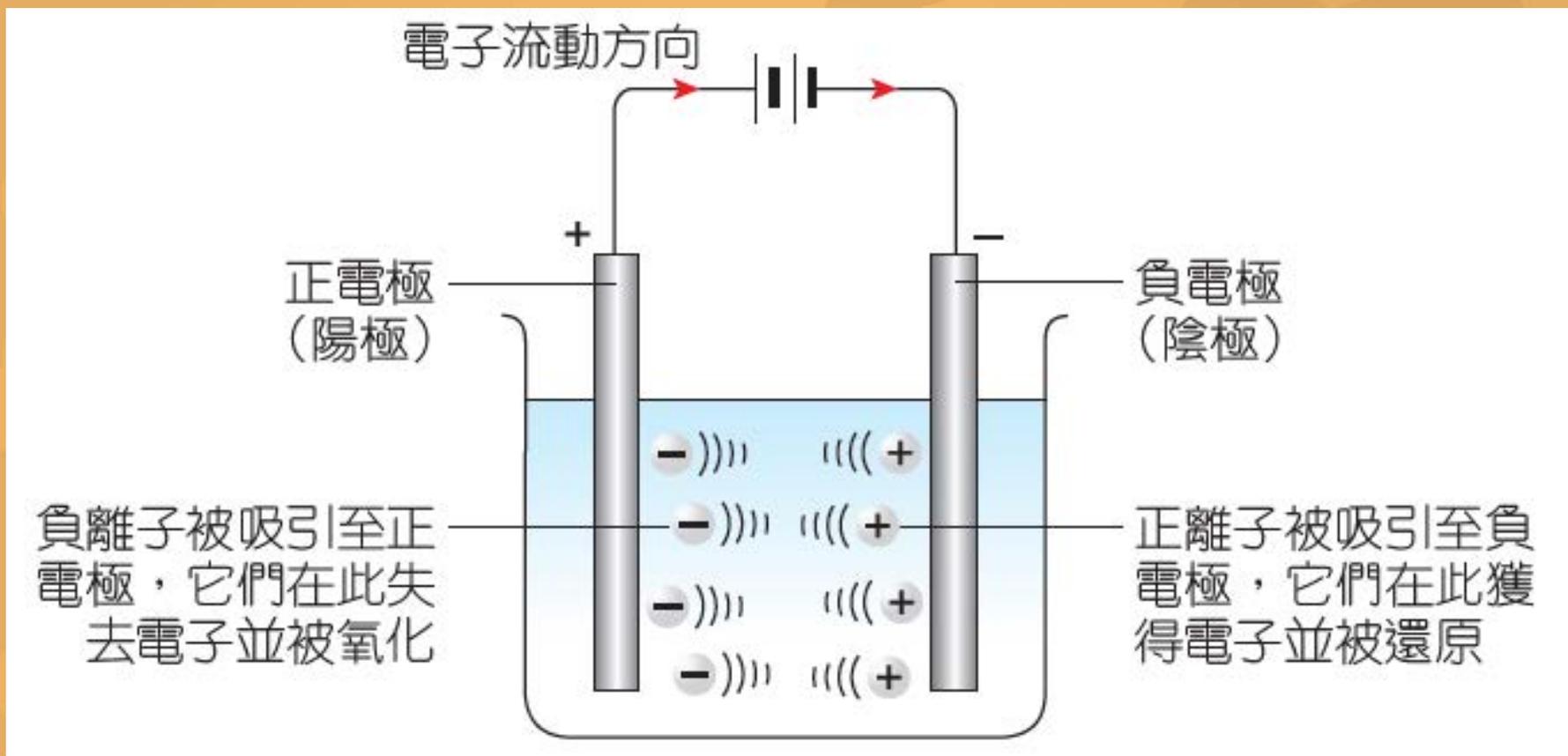


## 22.1 甚麼是電解？(頁130)

- ◆ 根據物質的導電性，可把它們分成三大類：導電體、電解質和非導電體。
- ◆ 電解質是在熔融狀態或溶於水時能導電的物質，在導電的過程中它們會被分解。
- ◆ 利用電流分解電解質的過程稱為**電解 (electrolysis)**，而讓電解在其中發生的裝置則稱為**電解池 (electrolytic cell)**。
- ◆ 電流通過電極進出電解質，電極通常由碳或金屬製成。

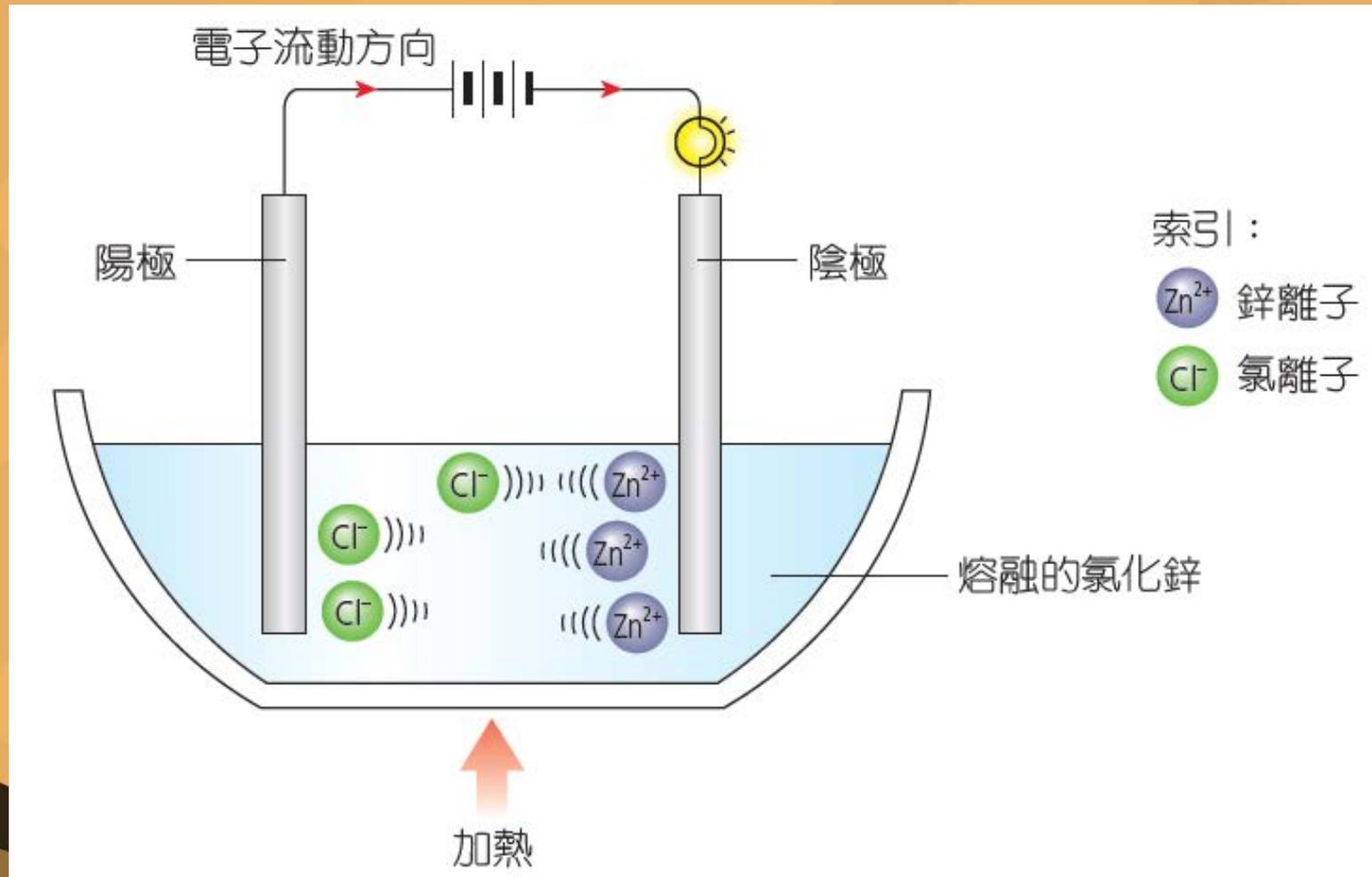
## 22.1 甚麼是電解？(頁130)

- 下圖展示進行電解的實驗裝置。



## 22.2 電解熔融的氯化鋅 (頁131)

- 下圖展示電解熔融的氯化鋅所用的實驗裝置。





## 22.2 電解熔融的氯化鋅 (頁131)

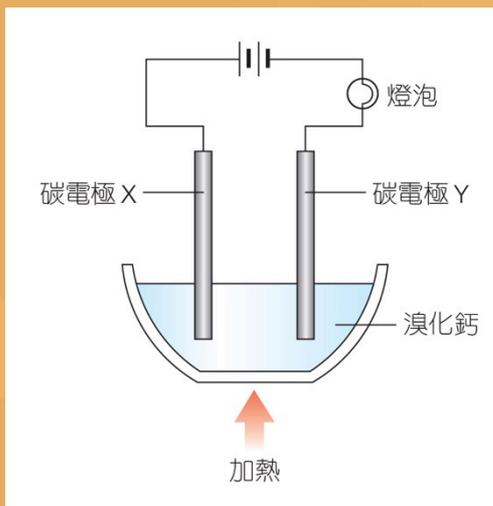
- ◆ 電解熔融的氯化鋅可把其分解成鋅和氯。
- ◆ 鋅離子被吸引至陰極，它們在此獲得電子並生成鋅原子。  
$$\text{Zn}^{2+}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Zn}(\text{s})$$
- ◆ 氯離子被吸引至陽極，它們在此失去電子，生成氯原子，氯原子連結形成氯分子。  
$$2\text{Cl}^{-}(\text{l}) \longrightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^{-}$$



## 22.2 電解熔融的氯化鋅 (頁131)

### 小測試 22.1

考慮以下所示的實驗裝置。



當溴化鈣變成熔融狀態，燈泡就亮着。

a) 在電極 X 可觀察到甚麼變化？寫出所發生的變化的半方程式。

紅棕色煙霧





## 22.2 電解熔融的氯化鋅 (頁131)

### 小測試 22.1 (續)

b) 寫出在電極 Y 所發生的變化的半方程式。



c) 指出電極 X 抑或電極 Y 是陽極，並加以解釋。

電極 X 是陽極，因為氧化作用在此發生。

d) 提出進行這實驗的一項潛在危險。

溴氣有毒。



## 22.3 比較化學電池和電解池 (頁132)

- ◆ 化學電池把化學能轉變成電能，電解池則把電能轉變成化學能。
- ◆ 離子均在電解池和化學電池的電解質中流動，但電子只在這些電池的外電路流動。



## 22.3 比較化學電池和電解池 (頁132)

- 下表總結了化學電池與電解池的差異。

| 化學電池                                | 電解池                            |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| 利用氧化還原反應產生電壓。                       | 利用電能進行氧化還原反應。                  |
| 陰極是正電極而陽極是負電極<br>(放電時)。             | 陰極是負電極而陽極是<br>正電極。             |
| 氧化作用在陽極(負電極)<br>發生。                 | 氧化作用在陽極(正電極)<br>發生。            |
| 還原作用在陰極(正電極)<br>發生。                 | 還原作用在陰極(負電極)<br>發生。            |
| 被氧化的化學物種提供電子，<br>電子由陽極經外電路流向<br>陰極。 | 直流電源提供電子，電子通過<br>陰極進入，並通過陽極流出。 |



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

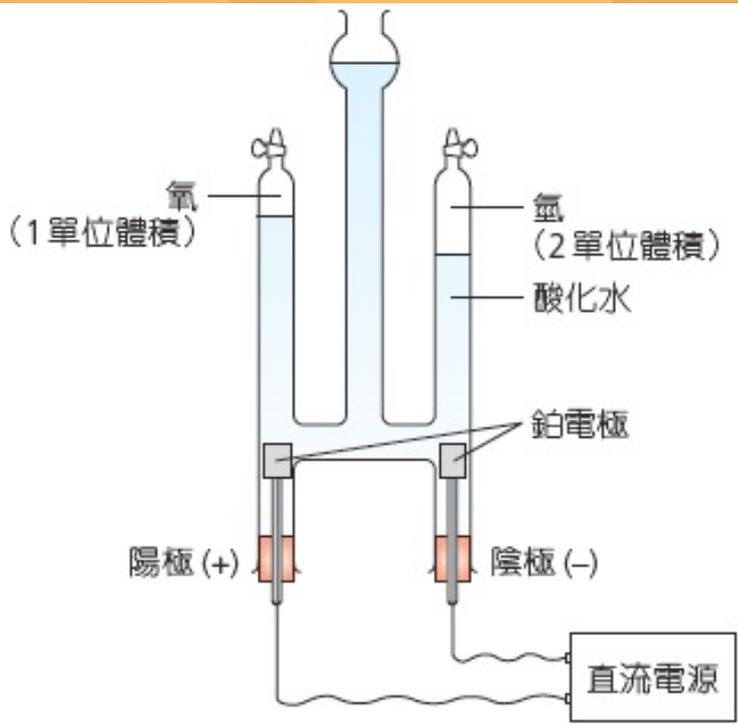
- ◆ 電解質的水溶液含有多於一種陽離子和陰離子。
- ◆ 例如：氯化鈉的水溶液含有  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子、 $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子、 $\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子。 $\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子來自水的離解：



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

### 用鉑電極進行酸化水的電解

- ◆ 純水只含少量離子，所以它的導電性很低。因此，電解水時通常會在水中加入少量的硫酸，使其變成酸化水。



探究電解過程中的化學變化 參

利用霍夫曼電量計來電解酸化水



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

- ◆ 電流流經酸化水時，兩個電極均有氣體產生，釋出的氣體收集於電量計的兩臂。  
酸化水含有下列離子：  
來自水的離子  $\text{H}^+(\text{aq}), \text{OH}^-(\text{aq})$   
來自硫酸的離子  $\text{H}^+(\text{aq}), \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
- ◆  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子被吸引至陰極， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子則被吸引至陽極。



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

### 在陰極所發生的變化

- 在陰極收集得的氣體令燃燒中的木條發出爆鳴聲，顯示該氣體是氫。H<sup>+</sup>(aq) 離子在陰極放電，生成氫氣。



### 在陽極所發生的變化

- 在陽極收集得的氣體令有餘燼的木條重燃，顯示該氣體是氧。OH<sup>-</sup>(aq) 離子在陽極**優先放電 (preferentially discharged)**，生成氧氣。





## 22.4 電解水溶液 (頁133)

- ◆  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子在陽極失去四個電子時，可生成一個氧分子。另一方面， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子在陰極獲得四個電子時，可生成兩個氫分子。
- ◆ 在陽極失去電子的速率必須等於在陰極獲得電子的速率，這樣每一個氧分子生成的同時便有兩個氫分子生成，而氧與氫的體積比同樣是1：2。

總反應是：

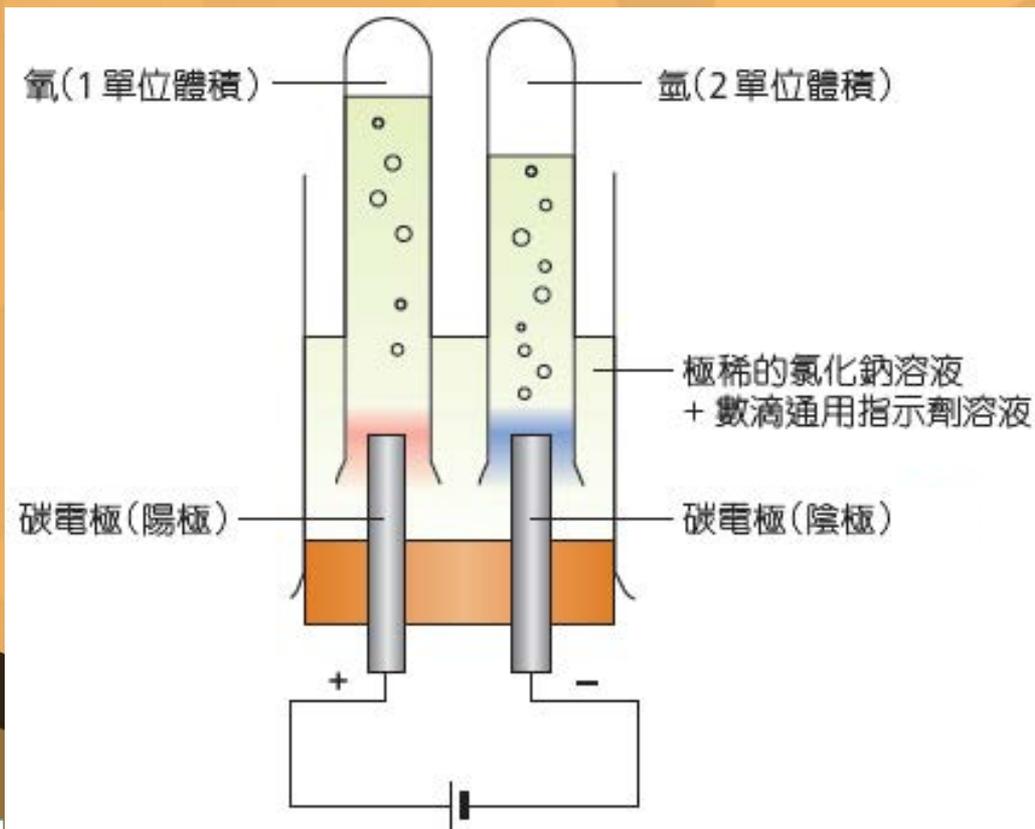


- ◆ 在電解過程中，水分子會離解以補充已消耗的離子。因此，儘管來自硫酸的離子的量保持不變，但水分子的不斷消耗使硫酸的濃度增加。

## 22.4 電解水溶液 (頁133)

用碳電極進行極稀的氯化鈉溶液的電解

- 下圖展示電解極稀的氯化鈉溶液 ( $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$ ) 所用的電解池，當中加入了數滴通用指示劑溶液。



電解極稀的氯化鈉溶液  
(用碳電極) 參



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

- ◆ 電流流經溶液時，兩個電極均有氣體產生。  
極稀的氯化鈉溶液含有下列離子：  
來自氯化鈉的離子             $\text{Na}^+(\text{aq}), \text{Cl}^-(\text{aq})$   
來自水的離子                  $\text{H}^+(\text{aq}), \text{OH}^-(\text{aq})$
- ◆  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子被吸引至陰極， $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子則被吸引至陽極。



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

### 在陰極所發生的變化

- ◆  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子在陰極優先放電，所以可在陰極收集得氫氣。  
$$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$$
- ◆ 在電解過程中，水分子會離解以補充已消耗的  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子。因此， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子在陰極周圍積聚，令該處溶液呈鹼性，所以通用指示劑溶液變成藍色。



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

### 在陽極所發生的變化

- ◆  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子在陽極優先放電，所以可在陽極收集得氧氣。



- ◆ 在電解過程中，水分子會離解以補充已消耗的 $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子。因此， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子在陽極周圍積聚，令該處溶液呈酸性，所以通用指示劑溶液變成紅色。

總反應的方程式顯示如下：

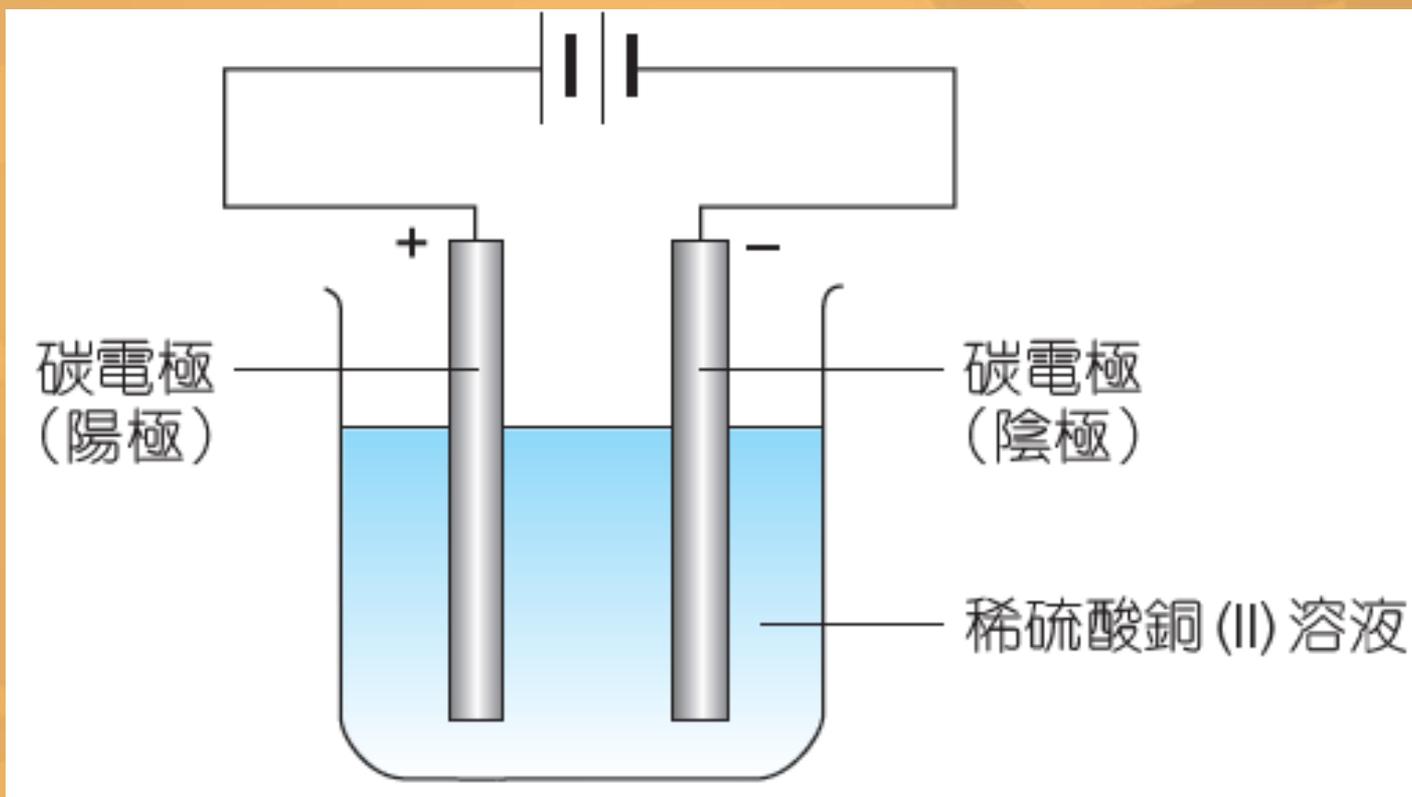


- ◆ 電解過程中水分子被消耗，因此，氯化鈉溶液的濃度增加。

## 22.4 電解水溶液 (頁133)

用碳電極進行稀硫酸銅(II) 溶液的電解

- ◆ 下圖展示用碳電極進行稀硫酸銅(II) 溶液的電解的實驗裝置。



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

- ◆ 電流流經溶液時，有一層紅棕色固體覆蓋陰極的表面，陽極則有無色的氣體產生，而溶液的藍色逐漸變淺。

稀硫酸銅(II) 溶液含有下列離子：

來自硫酸銅(II) 的離子  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}), \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

來自水的離子  $\text{H}^{+}(\text{aq}), \text{OH}^{-}(\text{aq})$



用碳電極進行稀硫酸  
銅(II) 溶液的電解時可觀  
察到的變化

- ◆  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子和  $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子被吸引至陰極， $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子則被吸引至陽極。



## 22.4 電解水溶液 (頁133)

### 在陰極所發生的變化

- ◆  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子在陰極優先放電，所以澱積在陰極表面的紅棕色固體是銅。



### 在陽極所發生的變化

- ◆  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子在陽極優先放電，生成氧氣。



總反應的方程式顯示如下：





## 22.4 電解水溶液 (頁133)

- ◆ 該溶液含有  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子，所以呈藍色。一些  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子通過在陰極發生的還原作用生成銅，溶液所含的  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子的量下降，所以溶液的藍色逐漸變淺。
- ◆ 在電解過程中， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子被消耗，但  $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子仍留在溶液中，所以該溶液最終變成硫酸。



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

- ◆ 電解水溶液時，哪些離子會優先放電受各種因素影響，其中包括離子在電化序中的位置。
- ◆ 下表總結了電解上述水溶液時所產生的生成物。

| 水溶液        | 製造電極的物料 | 被吸引至陰極的離子  | 在陰極優先放電的離子                  | 在陰極的生成物                | 被吸引至陽極的離子   | 在陽極優先放電的離子               | 在陽極的生成物                |
|------------|---------|--|-----------------------------|------------------------|---|--------------------------|------------------------|
| 酸化水        | 鉑       | $\text{H}^+(\text{aq})$                                | $\text{H}^+(\text{aq})$     | $\text{H}_2(\text{g})$ | $\text{OH}^-(\text{aq})$<br>$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ | $\text{OH}^-(\text{aq})$ | $\text{O}_2(\text{g})$ |
| 極稀的氯化鈉溶液   | 碳       | $\text{Na}^+(\text{aq})$<br>$\text{H}^+(\text{aq})$    | $\text{H}^+(\text{aq})$     | $\text{H}_2(\text{g})$ | $\text{Cl}^-(\text{aq})$<br>$\text{OH}^-(\text{aq})$      | $\text{OH}^-(\text{aq})$ | $\text{O}_2(\text{g})$ |
| 稀硫酸銅(II)溶液 | 碳       | $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$<br>$\text{H}^+(\text{aq})$ | $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ | $\text{Cu}(\text{s})$  | $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$<br>$\text{OH}^-(\text{aq})$ | $\text{OH}^-(\text{aq})$ | $\text{O}_2(\text{g})$ |

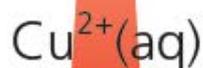
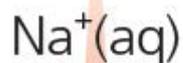
 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

在陰極放電的陽離子

- ◆ 下圖展示鈉離子、氫離子和銅(II) 離子在電化序中的相對位置。

在電化序較高位置

氧化能力遞增



探究在電解過程中影響離子放電次序的因素 - 離子在電化序中的位置 參

在電化序較低位置



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

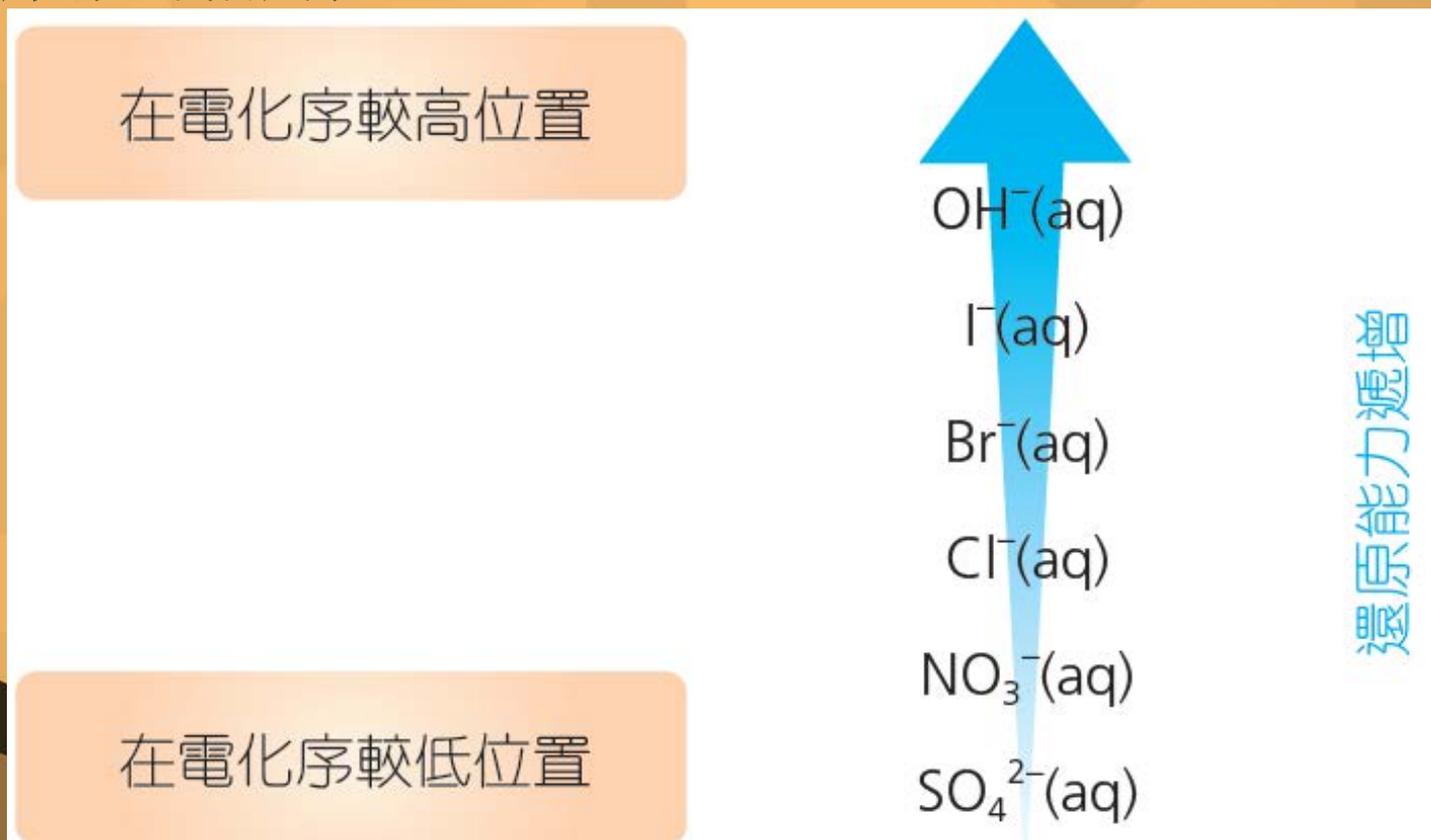
- ◆ 在陰極放電涉及還原作用，所以較容易獲得電子的離子會先被還原。因此，強的氧化劑較弱的氧化劑優先放電。
- ◆ 與  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑，所以在電解極稀的氯化鈉溶液時， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子會在陰極優先放電（被還原）。
- ◆ 與  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑，所以在電解稀硫酸銅(II) 溶液時， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子會在陰極優先放電（被還原）。



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 在陽極放電的陰離子

- 下圖展示氫氧離子、鹵離子、硝酸根離子和硫酸根離子在電化序中的相對位置。



 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

- ◆ 在陽極放電涉及氧化作用，所以較容易失去電子的離子會先被氧化。因此，強的還原劑較弱的還原劑優先放電。
- ◆ 與  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子和  $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$  離子相比， $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子是較強的還原劑，所以  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子會在陽極優先放電（被氧化）。



氯化錫(II) 溶液的電解 參



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

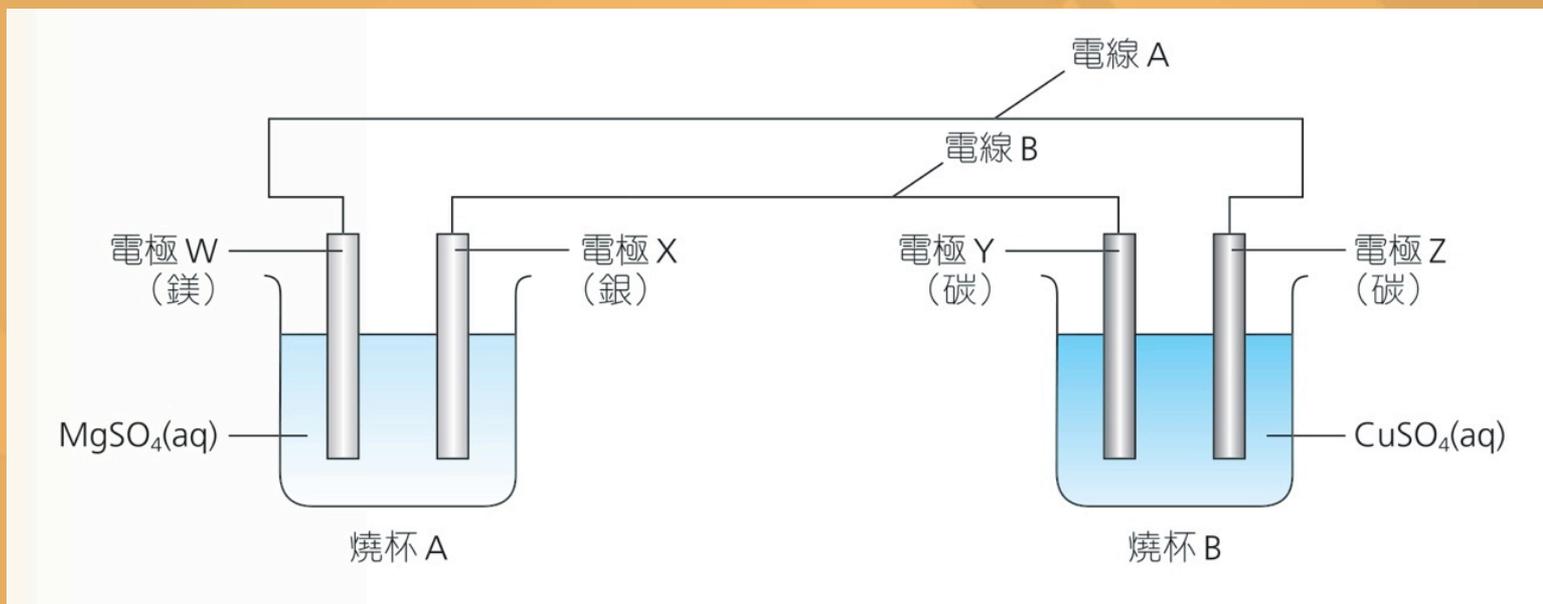
利用惰性電極進行極稀水溶液的電解時：

- 在陰極會生成金屬或氫，而在陽極會生成非金屬（氫除外）。
- 電化序中位置較低的陽離子會在陰極優先放電。
- 電化序中位置較高的陰離子會在陽極優先放電。

## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 問 (例題 22.1)

考慮以下由一個化學電池與一個電解池連接的裝置：



a) 在電線 A 的電子，是由電極 W 流向電極 Z，還是由電極 Z 流向電極 W？



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 問 (例題 22.1) (續)

- b) 寫出在每個電極所預期的觀察結果，及預期所發生的變化的半方程式。
- c) 在下表中填上「陽極」和「陰極」以描述相關電極。

| 電極 | 陽極 / 陰極 |
|----|---------|
| W  |         |
| X  |         |
| Y  |         |
| Z  |         |



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

問 (例題 22.1) (續)

答

a) 由電極 W 流向電極 Z

b)

| 電極 | 觀察結果     | 半方程式   |
|----|----------|--|
| W  | 電極逐漸變幼   | $\text{Mg(s)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$   |
| X  | 有無色的氣泡釋出 | $2\text{H}^{+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$                                  |
| Y  | 有無色的氣泡釋出 | $4\text{OH}^{-}(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^{-}$ |
| Z  | 有一層紅棕色澱積 | $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu(s)}$   |

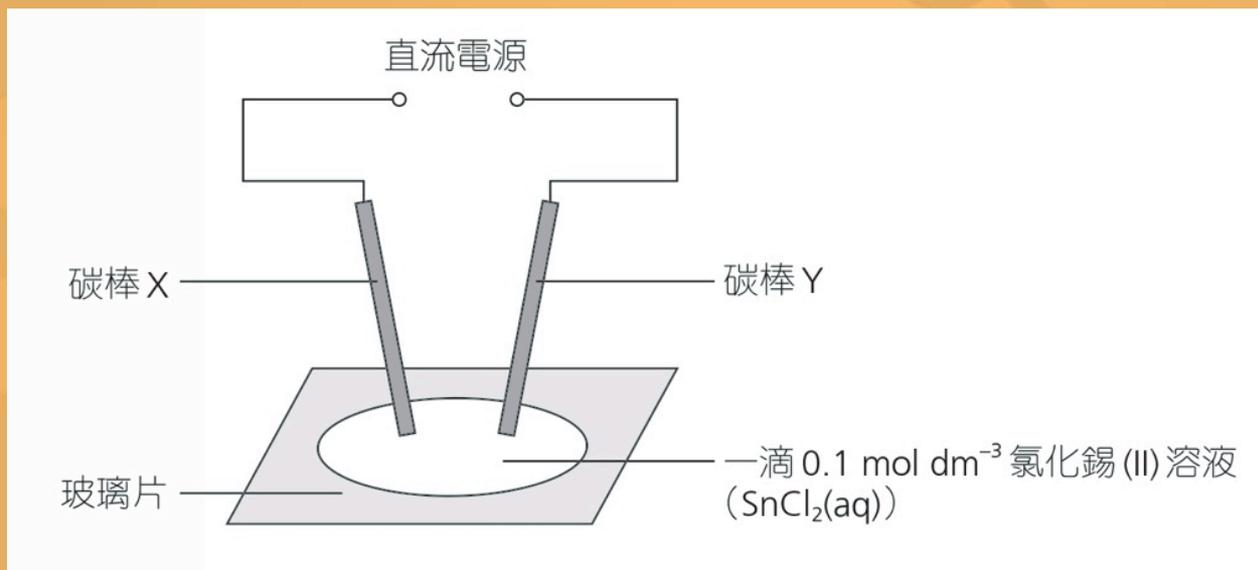
c)

| 電極 | 陽極 / 陰極 |
|----|---------|
| W  | 陽極      |
| X  | 陰極      |
| Y  | 陽極      |
| Z  | 陰極      |

## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 問 (例題 22.2)

一名學生使用下圖所示的裝置進行電解的微型實驗。



- 一段時間後，在碳棒 X 發現銀色固體。
  - 在碳棒 X 發現的銀色固體是甚麼？
  - 寫出生成銀色固體的半方程式。



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 問 (例題 22.2) (續)

- b) 在碳棒 Y 有無色的氣體釋出。
- 該氣體是甚麼？
  - 輔以一半方程式來解釋該氣體的生成。
- c) 指出電極 X 抑或電極 Y 是陽極，並解釋你的答案。
- d) 提出進行微型實驗的兩項優點。



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 問 (例題 22.2) (續)

答

a) i) 錫



b) i) 氧

ii)  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子和  $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$  離子被吸引至碳棒 Y。

$\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子是較  $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$  離子強的還原劑。

所以  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子會在碳棒 Y 優先放電，釋出氧氣。



c) 碳棒 Y

氧化作用在此發生。

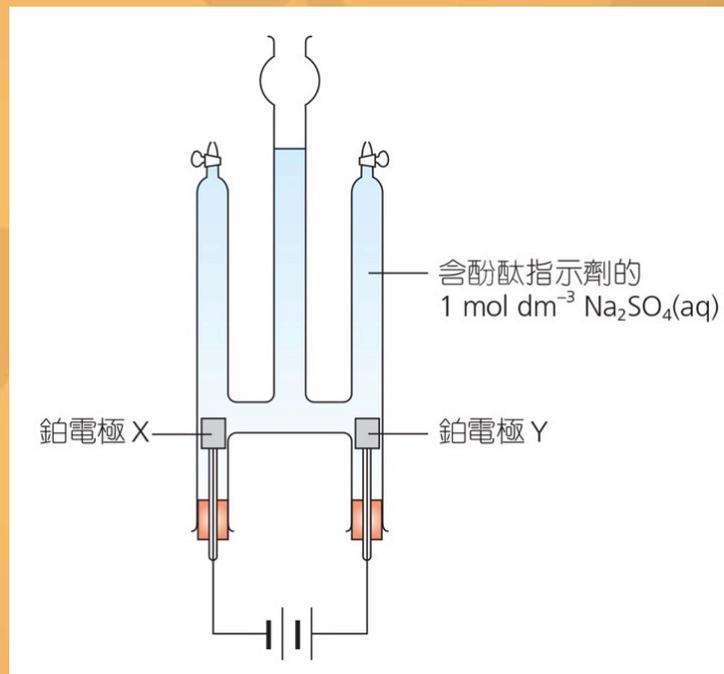
d) 以下任何兩項：

- 用較少的化學品
- 節省金錢
- 對環境造成較少的損害
- 節省時間
- 危險性較低
- 較易處理

## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 小測試 22.2

1 下圖展示一個裝置，以電解含酚酞指示劑的  $1 \text{ mol dm}^{-3}$   $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  的無色溶液。



- a) 列出存在於溶液中的所有離子。
- 來自硫酸鈉  $\text{Na}^+(\text{aq})$ 、 $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
- 來自水  $\text{H}^+(\text{aq})$ 、 $\text{OH}^-(\text{aq})$



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 小測試 22.2 (續)

1 b) 寫出圍繞每個電極所預期的觀察結果。試解釋之。

#### 在電極 X

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子被吸引至電極 X。

與  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。

因此， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子在電極 X 優先放電，生成無色的氫氣。

#### 在電極 Y

$\text{OH}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子被吸引至電極 Y。

與  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子相比， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子是較強的還原劑。

因此， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子在電極 Y 優先放電，生成無色的氧氣。

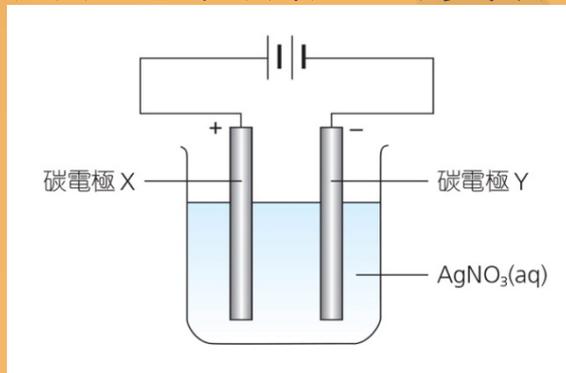
c) 寫出圍繞每個電極預期所發生的變化的半方程式。



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 小測試 22.2 (續)

2 下圖展示電解稀硝酸銀溶液所用的實驗裝置。



a) 寫出在每個電極預期的觀察結果。試解釋之。

在電極 X

$\text{OH}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  離子被吸引至電極 X。

與  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  離子相比， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子是較強的還原劑。

因此， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子在電極 X 優先放電，生成無色的氧氣。

在電極 Y

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Ag}^+(\text{aq})$  離子被吸引至電極 Y。

與  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{Ag}^+(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。

因此， $\text{Ag}^+(\text{aq})$  離子在電極 Y 優先放電，生成銀色的銀澱積物。



## 22.5 離子在電化序中的位置與其放電次序 (頁138)

### 小測試 22.2 (續)

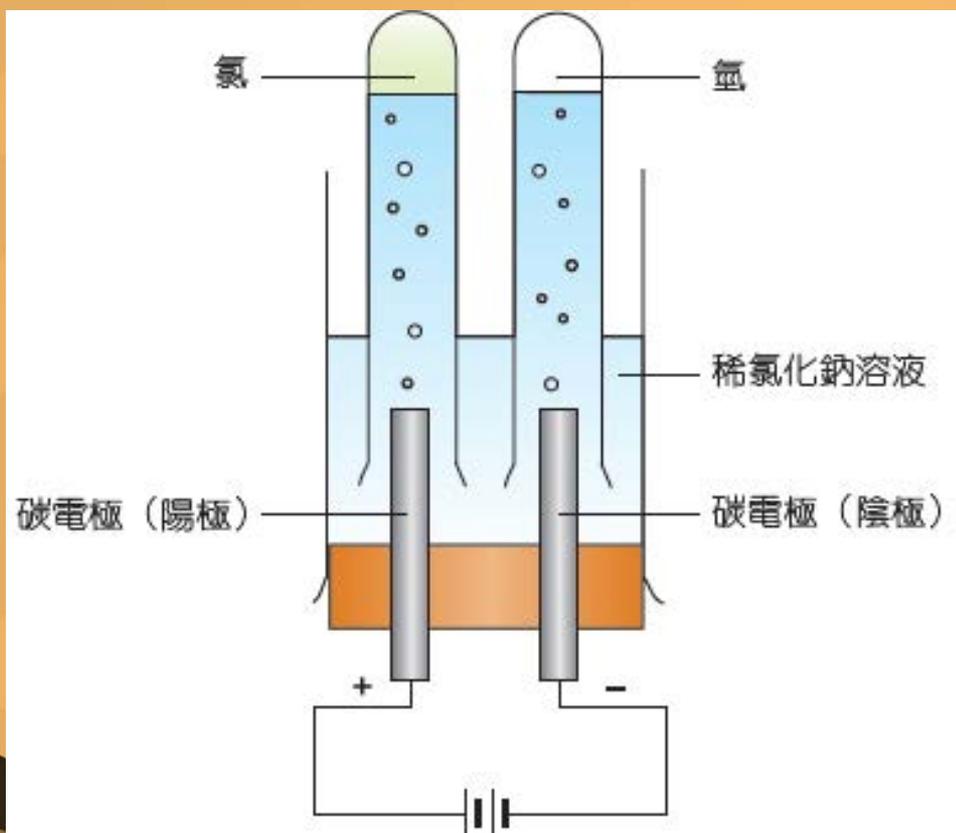
2 b) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。



## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

用碳電極進行稀氯化鈉溶液的電解

- ◆ 下圖展示電解稀氯化鈉溶液 ( $2 \text{ mol dm}^{-3}$ ) 的電解池。



探究在電解過程中影響離子放電次序的因素 - 溶液中離子的濃度的影響



## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

- ◆ 電流流經溶液時，兩個電極均有氣體產生。  
稀氯化鈉溶液含有下列離子：  
來自氯化鈉的離子             $\text{Na}^+(\text{aq}), \text{Cl}^-(\text{aq})$   
來自水的離子                  $\text{H}^+(\text{aq}), \text{OH}^-(\text{aq})$
- ◆  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子被吸引至陰極， $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子則被吸引至陽極。



## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

### 在陰極所發生的變化

- ◆  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子在陰極優先放電，所以可在陰極收集得氫氣。



### 在陽極所發生的變化

- ◆  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子在陽極優先放電，所以可在陽極收集得黃綠色的氯氣。



電解濃氯化鈉溶液 (用碳電極)

參



## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

- ◆ 已知  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子是較  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子強的還原劑。電解濃度極低的氯化鈉溶液時， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子會在陽極優先放電。可是，電解濃度較高的氯化鈉溶液時， $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子會優先放電。總反應的方程式顯示如下：  
$$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$$
- ◆ 在電解過程中， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子被消耗，但  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子仍留在溶液中，所以溶液最終變成氫氧化鈉溶液。



## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

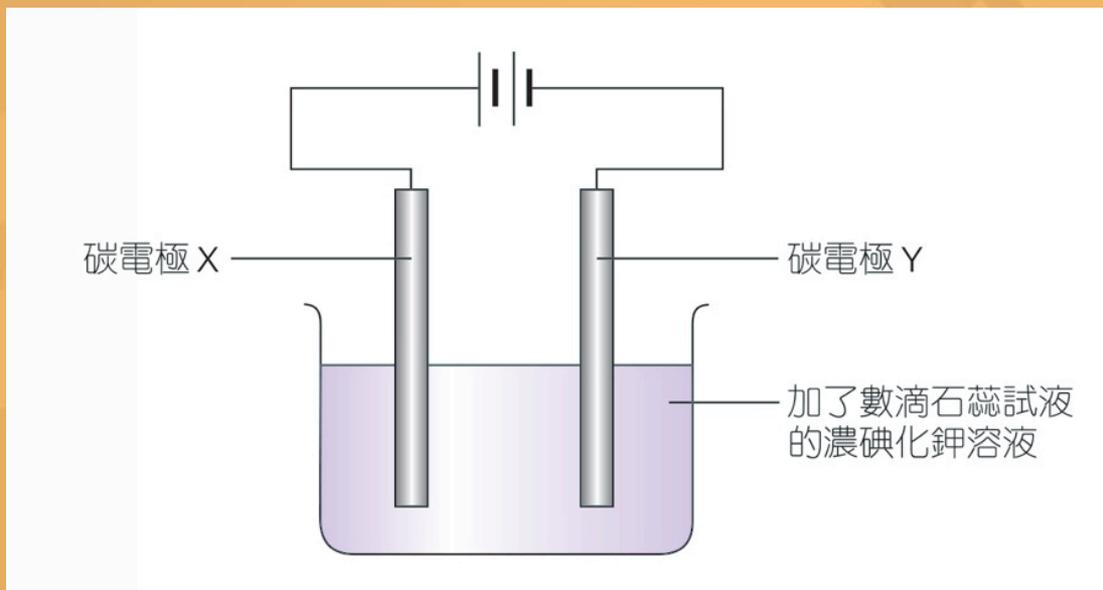
- 下表總結了用碳電極進行不同濃度的氯化鈉溶液的電解所產生的生成物。

| 氯化鈉溶液 | 生成物 |    | 溶液的變化    |
|-------|-----|----|----------|
|       | 陽極  | 陰極 |          |
| 極稀    | 氧   | 氫  | 濃度增加     |
| 稀     | 氯   | 氫  | 變成氫氧化鈉溶液 |

## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

### 問 (例題 22.3)

下圖展示電解濃碘化鉀溶液所用的實驗裝置。



- 列出存在於溶液中的所有離子。
- 寫出圍繞電極 X 的溶液所預期的觀察結果，並加以解釋。
- 寫出圍繞電極 Y 的溶液所預期的觀察結果，並加以解釋。



## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

### 問 (例題 22.3) (續)

### 答

a)  $K^+(aq)$  離子、 $I^-(aq)$  離子、 $H^+(aq)$  離子、 $OH^-(aq)$  離子

b) 溶液變成棕色。

$I^-(aq)$  離子和  $OH^-(aq)$  離子被吸引至電極 X。

溶液中  $I^-(aq)$  離子的濃度較  $OH^-(aq)$  離子濃度高很多，所以  $I^-(aq)$  離子優先放電生成碘，碘溶於  $KI(aq)$  生成棕色的  $I_3^-(aq)$  離子。

c) 溶液變成藍色。

$K^+(aq)$  離子和  $H^+(aq)$  離子被吸引至電極 Y。

$H^+(aq)$  離子是較  $K^+(aq)$  離子強的氧化劑，所以  $H^+(aq)$  離子優先放電。

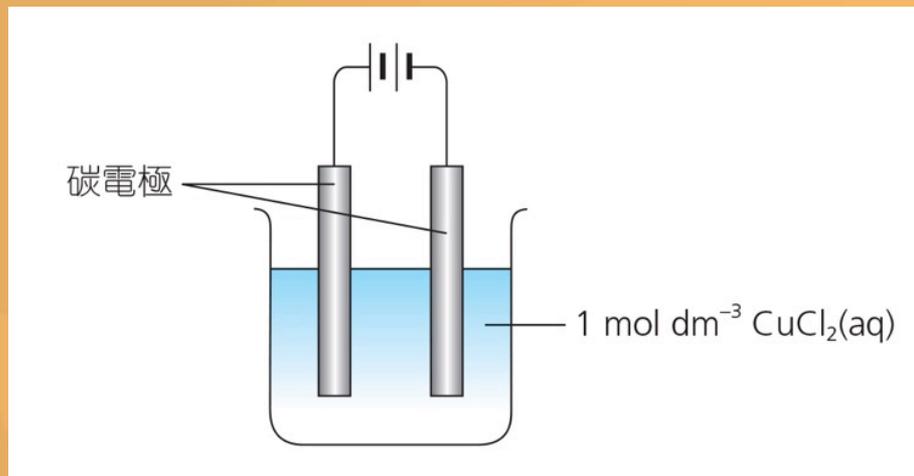
水分子持續離解以補充已消耗的  $H^+(aq)$  離子，所以有  $OH^-(aq)$  離子在電極 Y 周圍積聚。

石蕊試液在鹼性條件下變成藍色。

## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

### 小測試 22.3

下圖展示電解  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  氯化銅(II) 溶液所用的實驗裝置。



a) 列出存在於溶液中的所有離子。

來自氯化銅 (II)

$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ 、 $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$

來自水

$\text{H}^{+}(\text{aq})$ 、 $\text{OH}^{-}(\text{aq})$



## 22.6 溶液中離子的濃度與離子的放電次序 (頁144)

### 小測試 22.3 (續)

b) 寫出在每個電極預期的觀察結果。試解釋之。

在陰極

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子被吸引至陰極。

與  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。

因此， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子在陰極優先放電，生成紅棕色的銅澱積物。

在陽極

$\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子被吸引至陽極。

與  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子相比， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子是較強的還原劑。然而，氯離子的濃度極高， $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子較為優先放電，生成黃綠色的氣體。

c) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。

在陰極： $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$

在陽極： $2\text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$

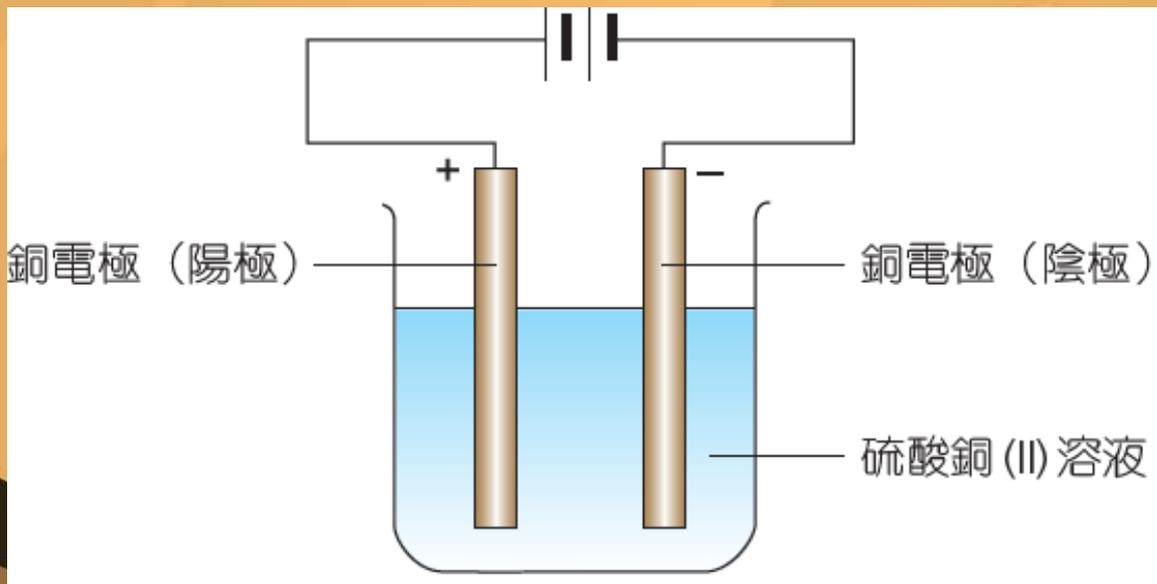


## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

- ◆ 電解水溶液時，製造電極的物料亦會影響哪些離子優先放電。

### 用銅電極進行稀硫酸銅(II) 溶液的電解

- ◆ 下圖電解水溶液時，製造電極的物料亦會影響哪些離子優先放電。



探究在電解過程中影響離子放電次序的因素 - 電極的性質 參



## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

- ◆ 電流流經溶液時，有一層紅棕色固體覆蓋陰極的表面，陽極則逐漸變薄，該溶液的顏色則保持不變。

稀硫酸銅(II) 溶液含有下列離子：

來自硫酸銅(II) 的離子

來自水的離子



用銅電極進行稀硫酸  
銅(II) 溶液的電解時可  
觀察到的變化

- ◆  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子和  $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子被吸引至陰極， $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子則被吸引至陽極。



## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

### 在陰極所發生的變化

- ◆ 在陰極的變化與用碳電極進行電解時發生的變化完全相同， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子優先放電。



### 在陽極所發生的變化

- ◆ 在陽極的變化與用碳電極進行電解時發生的變化不同，並沒有氧氣釋出。



## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

- ◆ 與  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子相比，銅是較強的還原劑。因此，銅更容易進行氧化作用，銅陽極會溶解生成  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子。



- ◆ 整個電解過程的結果是銅由陽極轉移至陰極。以純銅作為電極，陽極減少的質量會相等於陰極增加的質量。
- ◆ 電解質中  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子的濃度維持不變，所以溶液的顏色深度也保持不變。



## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

- 下表總結了用不同電極進行稀硫酸銅(II) 溶液的電解所產生的生成物。

| 電極的物料 |    | 生成物       |    | 溶液的變化 |
|-------|----|-----------|----|-------|
| 陽極    | 陰極 | 陽極        | 陰極 |       |
| 碳     | 碳  | 氧         | 銅  | 變成硫酸  |
| 銅     | 銅  | 銅 (II) 離子 | 銅  | 保持不變  |



## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

電解水溶液時，哪些離子優先放電受多個因素影響，包括：

- 離子在電化序中的位置；
- 溶液中離子的濃度；
- 製造電極的物料。



## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

### 小測試 22.4

用銅陽極和碳陰極進行  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$  氫氯酸的電解。

a) 列出存在於溶液中的所有離子。

來自氫氯酸  $\text{H}^+(\text{aq})$ 、 $\text{Cl}^-(\text{aq})$

來自水  $\text{H}^+(\text{aq})$ 、 $\text{OH}^-(\text{aq})$

b) 寫出在每個電極預期的觀察結果。試解釋之。

在銅陽極

$\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子被吸引至陽極。

與  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子相比，銅是較強的還原劑。

因此，銅較為優先放電。銅陽極溶解，生成  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子。

陽極溶解，溶液變成藍色。

在碳陰極

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子被吸引至陰極。

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子在陰極優先放電，生成無色的氫氣。



## 22.7 電極的性質與離子的放電次序 (頁148)

### 小測試 22.4 (續)

c) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。



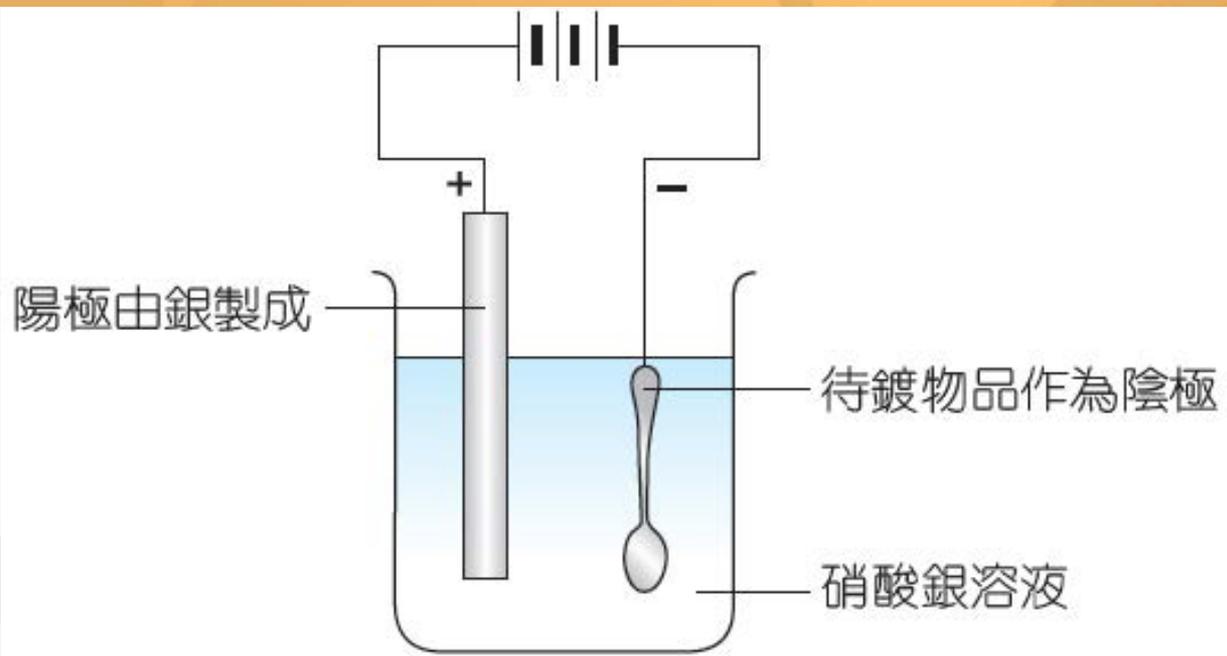
 22.8 電鍍 (頁150)把鎳鍍在物品上 [參](#)

- ◆ **Electroplating (電鍍)** 是指利用電解把一層薄金屬覆蓋在物品表面的過程。
- ◆ 電鍍可令物品的外表更美觀，或防止它們腐蝕。常用於電鍍的金屬有銅、鉻、銀及錫。
- ◆ 電鍍的例子包括鍍鉻的鋼製汽車保險槓、鍍錫的鋼製食物「錫」罐，以及鍍銀的銅或鎳製首飾。

鍍鉻的鋼製汽車保險槓（左）；  
鍍銀首飾（右）

## 22.8 電鍍 (頁150)

- ◆ 下圖展示鍍銀所用的電解池：
  - 以待鍍物品作為陰極；
  - 以銀作為陽極；
  - 以含有擬鍍金屬離子的水溶液（如硝酸銀溶液）作為電解質。





## 22.8 電鍍 (頁150)

### 在陽極所發生的變化

- ◆ 銀陽極溶解，在溶液中生成銀離子。



### 在陰極所發生的變化

- ◆ 銀離子獲得電子，在湯匙的表面生成一層銀。





## 22.8 電鍍 (頁150)

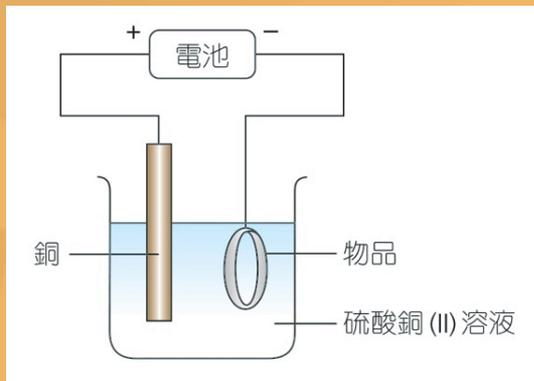
- ◆ 以下為獲得良好金屬鍍層的所需條件：
  - 待鍍物品必須潔淨及沒有油脂；
  - 電鍍時需不斷旋轉待鍍物品，使鍍層更均勻；
  - 電流不宜太大，否則鍍層會因生成得過快而脫落；
  - 必需嚴格控制電解質的溫度和濃度，否則鍍層的生成會太快或太慢。



## 22.8 電鍍 (頁150)

### 問 (例題 22.4)

考慮以下用於把物品電鍍的實驗裝置。



- 解釋為甚麼銅(II)離子在物品優先放電。
  - 寫出涉及變化的半方程式。
- 指出在電鍍過程中硫酸銅(II)溶液可觀察到的變化(如有)，並加以解釋。
- 已知電鍍過程中有  $3.96 \times 10^{22}$  個電子流經外電路。理論上，鍍於該物品的銅的質量是多少？

(相對原子質量：Cu = 63.5；亞佛加德羅常數 =  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )



## 22.8 電鍍 (頁150)

問 (例題 22.4) (續)

答

a) i) 與氫離子相比，銅(II)離子是較強的氧化劑，所以銅(II)離子在陰極優先放電生成銅，並覆蓋在物品的表面。

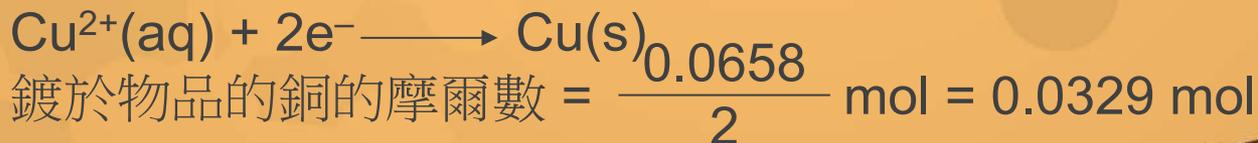


b) 硫酸銅(II)溶液並沒有可觀察到的變化。

銅陽極溶解生成  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子，有銅澱積在物品表面。整個過程的結果是銅由陽極轉移至物品，所以該溶液中  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子的濃度保持不變。

$$\begin{aligned} \text{c) 涉及電子的摩爾數} &= \frac{3.96 \times 10^{22}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \\ &= 0.0658 \text{ mol} \end{aligned}$$

以下半方程式表示在該物品發生的變化：



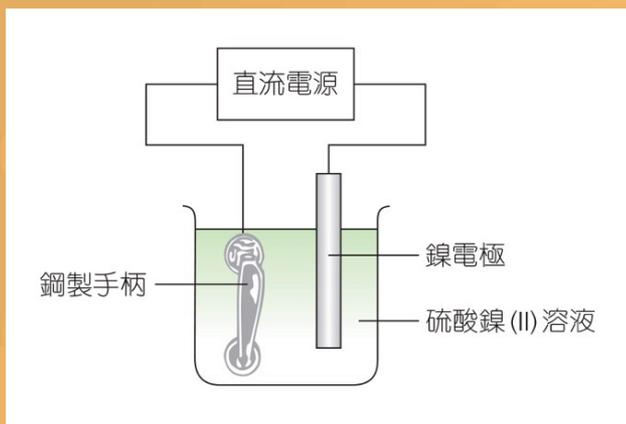
$$\begin{aligned} \text{鍍於物品的銅的質量} &= 0.0329 \text{ mol} \times 63.5 \text{ g mol}^{-1} \\ &= 2.09 \text{ g} \end{aligned}$$



## 22.8 電鍍 (頁150)

### 小測試 22.5

1 下圖展示把鎳鍍於鋼製手柄的實驗裝置。



a) 指出鎳電極是陽極抑或陰極。

陽極

b) 在鋼製手柄有甚麼觀察結果？寫出所發生的變化的半方程式。

一層薄薄的閃亮金屬會在鋼製手柄表面生成。



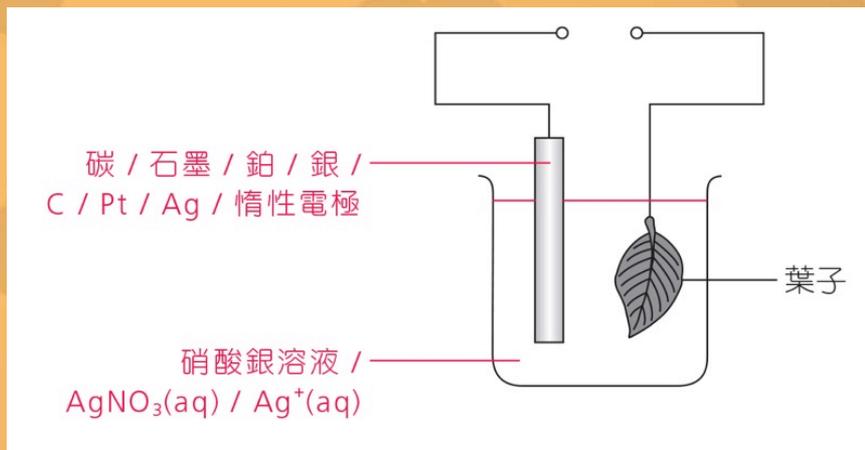


## 22.8 電鍍 (頁150)

### 小測試 22.5 (續)

2 要把銀鍍於一片小葉子，製成一件首飾。首先用石墨糊覆蓋葉子。

a) 下圖展示不完整的裝置。在圖中加上合適的部分和標示，使能把銀鍍於葉子。



b) 為甚麼首先要用石墨糊覆蓋葉子？

使葉子在電鍍的過程中能導電。

c) 寫出在葉子所發生的變化的半方程式。





## 22.9 電鍍工業對環境造成的影響 (頁154)

- ◆ 電鍍過程一般包括鍍前處理（例如清洗及除油）、電鍍及鍍後處理（例如用水沖洗）。  
電鍍工廠產生的污染物主要包括：
  - 酸和鹼；
  - 重金屬離子；
  - 氰化物。
- ◆ 排放未經處理的電鍍用廢水會影響水中生態，以及污染河道和地下水。



電鍍工廠排放的廢水污染河道



## 22.9 電鍍工業對環境造成的影響 (頁154)

### 控制電鍍工業所造成的污染

- ◆ 改變傳統的電鍍工作模式能減少污染物被排放至環境中。  
以下列舉了一些例子：
  - 設計較佳的洗滌系統，以減少水的用量。
  - 氰化物多年來為電鍍溶液的主要成分，可由毒性較低的化合物取代。
  - 通過污水處理回收廢水中有用的金屬如鎳和銅。
  - 重用電鍍缸內的溶液和沖洗用水。



## 22.9 電鍍工業對環境造成的影響 (頁154)

### 排放廢水前的處理

- 調校廢水的 pH 值至接近中性（例如加入熟石灰或硫酸）。
- 把氫氧化鈉溶液加入廢水中，通過沉澱作用除掉重金屬離子。
- 通過兩個步驟除掉含有劇毒的鉻(VI) 離子 — 首先利用還原劑如亞硫酸鈉) 把鉻(VI) 離子還原成毒性較低的鉻(III) 離子，然後加入氫氧化鈉溶液，把鉻(III) 離子以氫氧化鉻(III) 的形式沉澱出來。



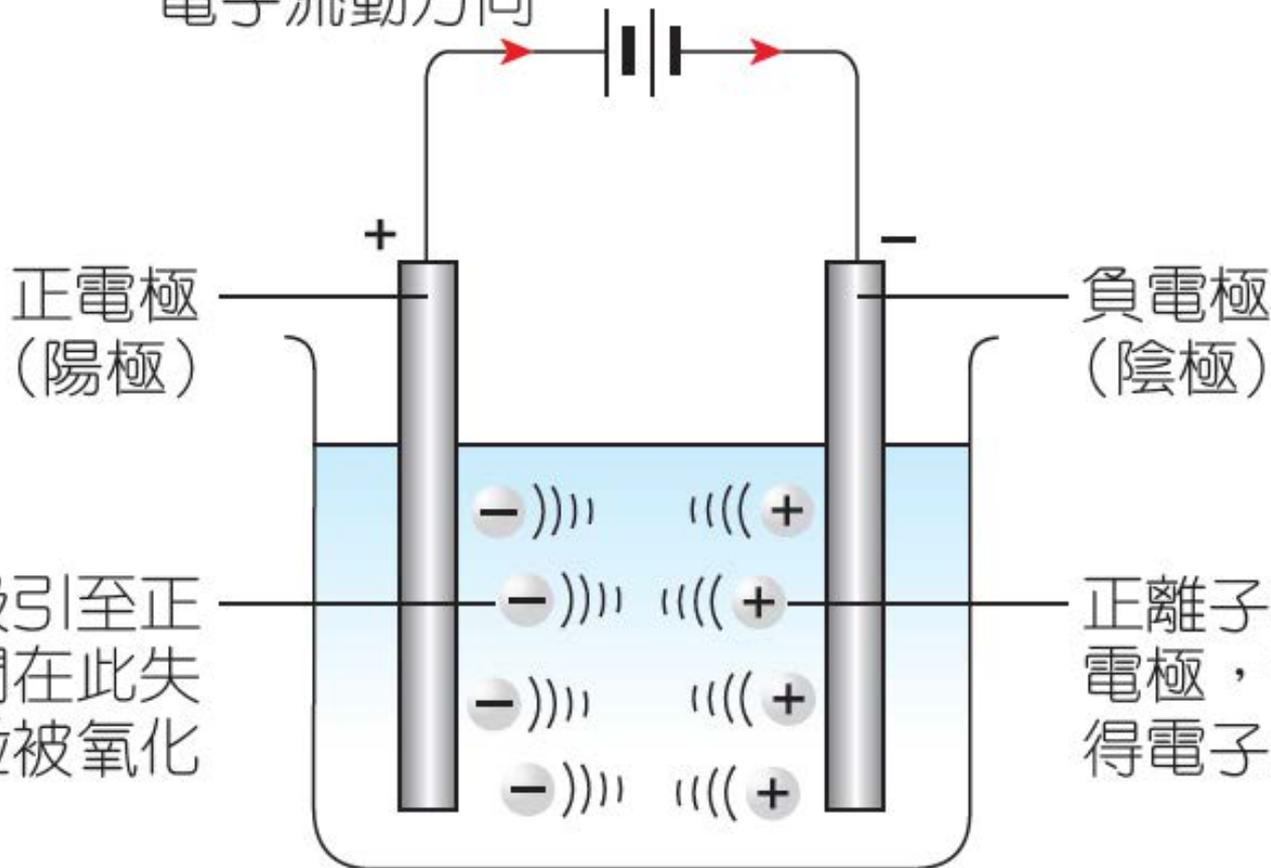
## 關鍵詞彙 (頁155)

|     |                   |      |                           |
|-----|-------------------|------|---------------------------|
| 電解  | electrolysis      | 優先放電 | preferentially discharged |
| 電解池 | electrolytic cell | 電鍍   | electroplating            |

# 摘要 (頁156)

1 電解是利用電流分解電解質的過程。

電子流動方向



負離子被吸引至正電極，它們在此失去電子並被氧化

正離子被吸引至負電極，它們在此獲得電子並被還原

## 摘要 (頁156)

2 下表總結了化學電池和電解池的差異：

| 化學電池                        | 電解池                        |
|-----------------------------|----------------------------|
| 利用氧化還原反應產生電壓。               | 利用電能進行氧化還原反應。              |
| 陰極是正電極而陽極是負電極（放電時）。         | 陰極是負電極而陽極是正電極。             |
| 氧化作用在陽極（負電極）發生。             | 氧化作用在陽極（正電極）發生。            |
| 還原作用在陰極（正電極）發生。             | 還原作用在陰極（負電極）發生。            |
| 被氧化的化學物種提供電子，電子由陽極經外電路流向陰極。 | 直流電源提供電子，電子通過陰極進入，並通過陽極流出。 |

3 利用惰性電極進行極稀水溶液的電解時：

- 在陰極會生成金屬或氫，而在陽極會生成非金屬（氫除外）。
- 電化序中位置較低的陽離子會在陰極優先放電。
- 電化序中位置較高的陰離子會在陽極優先放電。

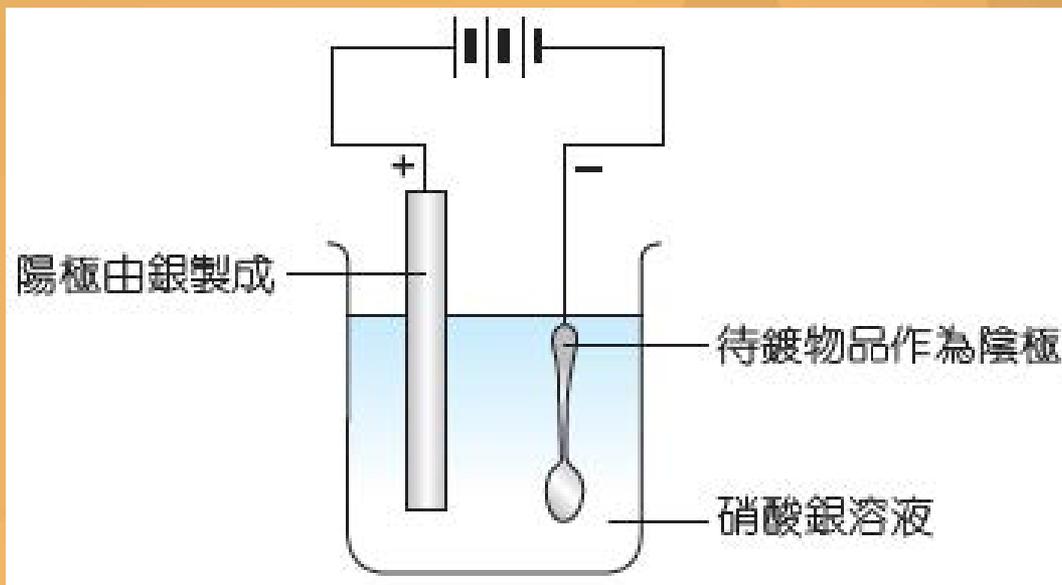
## 摘要 (頁156)

- 4 電解水溶液時，哪些離子優先放電受多個因素影響，包括：
- 離子在電化序中的位置；
  - 溶液中離子的濃度；
  - 製造電極的物料。
- 5 下表總結了電解一種熔融液體和一些水溶液的生成物。

| 物質   |               | 電極的物料 |    | 生成物       |    | 電解質的變化   |
|------|---------------|-------|----|-----------|----|----------|
|      |               | 陽極    | 陰極 | 陽極        | 陰極 |          |
| 熔融液體 | 氯化鋅           | 碳     | 碳  | 氯氣        | 鋅  | —        |
| 水溶液  | 酸化水           | 鉑     | 鉑  | 氧氣        | 氫氣 | 濃度增加     |
|      | 極稀的氯化鈉        | 碳     | 碳  | 氧氣        | 氫氣 | 濃度增加     |
|      | 稀氯化鈉          | 碳     | 碳  | 氯氣        | 氫氣 | 變成氫氧化鈉溶液 |
|      | 稀硫酸<br>銅 (II) | 碳     | 碳  | 氧氣        | 銅  | 變成硫酸     |
|      |               | 銅     | 銅  | 銅 (II) 離子 | 銅  | 保持不變     |

## 摘要 (頁156)

6 以下展示鍍銀所用的電解池：



- 以待鍍物品作為陰極；
- 以銀作為陽極；
- 以含有擬鍍金屬離子的水溶液（如硝酸銀溶液）作為電解質。

 摘要 (頁156)

- 7 控制來自電鍍工業的污染的措施包括：
- a) 設計較佳的洗滌系統；
  - b) 用毒性較低的化合物取代氰化物；
  - c) 回收廢水中有用的金屬；
  - d) 重用電鍍缸內的溶液和沖洗用水；和
  - e) 排放前處理廢水。



## 按節練習 (頁158)

註：題目按難度由淺至深（1至5級）分類：

 題目以 3 級或以上程度為目標；

 題目以 4 級或以上程度為目標；

 題目以 5 級程度為目標。

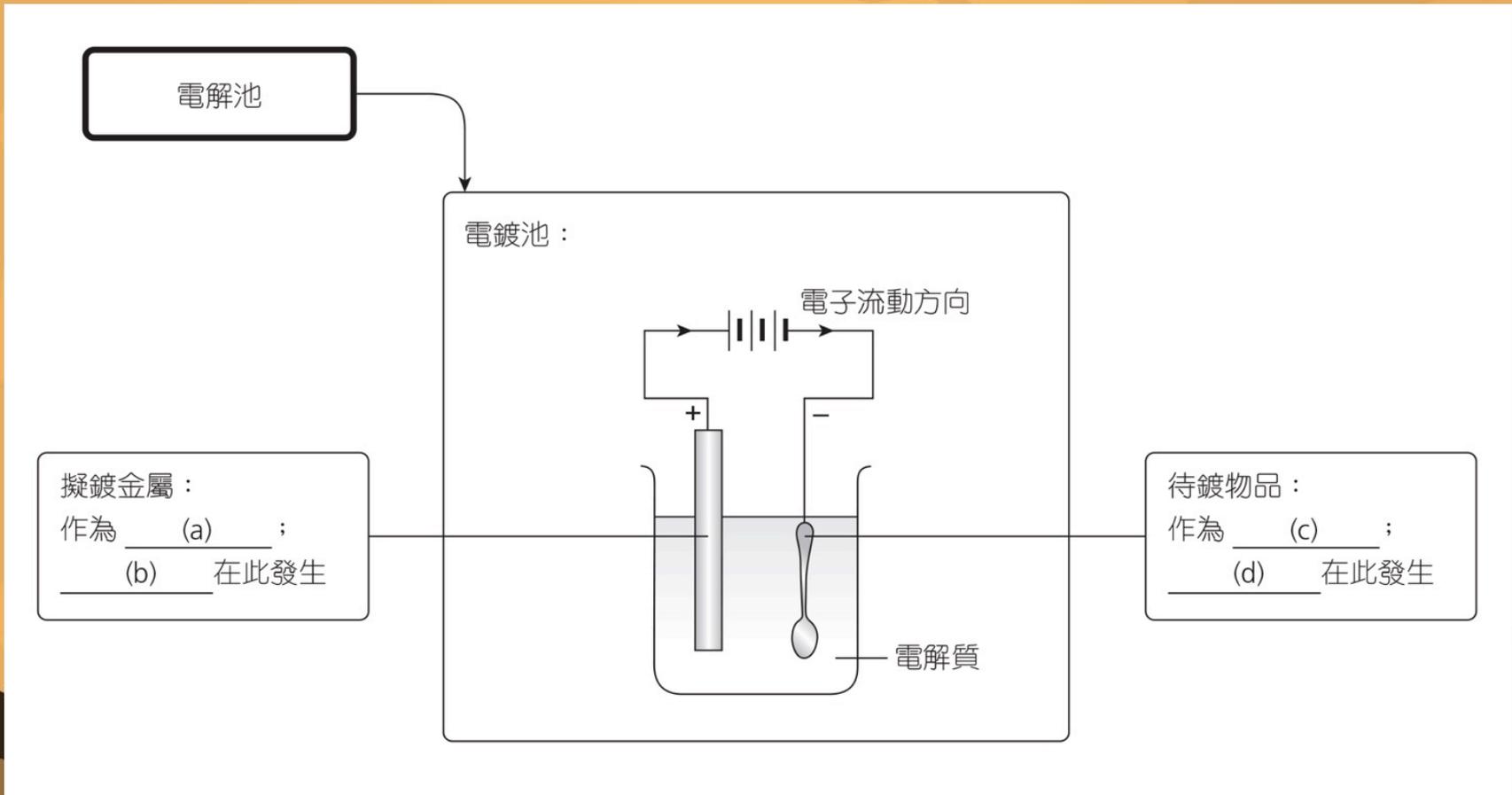
「\*」顯示有效的傳意可取一分。

# 按節練習 (頁158)

## 第一部分 知識和理解

1 完成以下概念圖。

- a) 陽極
- b) 氧化作用
- c) 陰極
- d) 還原作用



 按節練習 (頁158)

## 第二部分 多項選擇題

2 熔融的氯化鎂被電解時，下列哪項陳述正確？

- A 鎂離子流向陽極和被氧化。
- B 鎂離子流向陰極和被還原。
- C 氯離子流向陽極和被還原。
- D 氯離子流向陰極和被氧化。

答案：B

## 按節練習 (頁158)

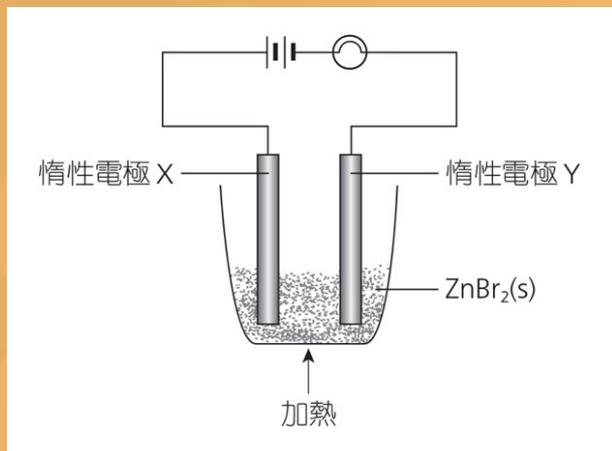
3 下列哪個組合正確描述化學電池和電解池中陽極所帶的極性？

|   | <u>化學電池</u> | <u>電解池</u> |
|---|-------------|------------|
| A | 負           | 負          |
| B | 負           | 正          |
| C | 正           | 負          |
| D | 正           | 正          |

答案：B

## 按節練習 (頁158)

4 慮下圖所示的實驗裝置：



題解：

鋅離子被吸引至電極 Y 並放電。



還原作用在電極 Y 發生。

ZnBr<sub>2</sub>(s) 被加熱至熔融。

下列哪項有關該實驗的陳述不正確？

- A 燈泡亮着。
- B 有紅棕色氣體從電極 X 釋出。
- C 氧化作用在電極 Y 發生。
- D 該實驗應在煙櫥內進行。

答案：C



## 按節練習 (頁158)

5 過氧二硫酸鉀 ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) 可藉電解飽和硫酸氫鉀 ( $\text{KHSO}_4$ ) 溶液而得到。

下列何者正確描述在  $\text{KHSO}_4$  中硫的氧化數，以及在電解時於哪電極產生  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 。

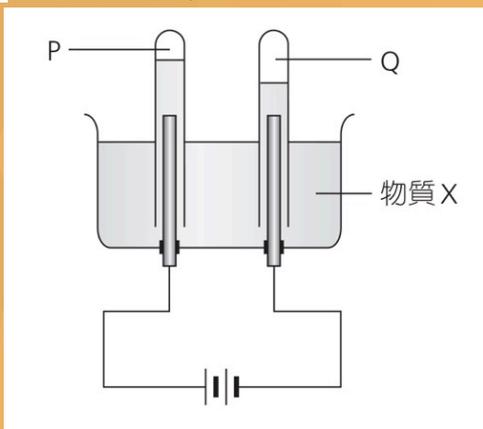
|   | <u>S 的氧化數</u> | <u><math>\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8</math> 於哪電極產生</u> |
|---|---------------|---|
| A | +6            | 陽極  |
| B | +6            | 陰極  |
| C | +4            | 陽極  |
| D | +4            | 陰極  |

答案：A

(HKDSE, Paper 1A, 2013, 17)

## 按節練習 (頁158)

6 利用碳電極進行物質 X 的電解，生成的氣體 P 和 Q 的量顯示如下。



題解：

| 溶液         | 在陽極的生成物 | 在陰極的生成物 |
|------------|---------|---------|
| 濃氯化鎂溶液     | 氯氣      | 氫氣      |
| 稀硫酸銅(II)溶液 | 氧氣      | 銅       |
| 稀硫酸        | 氧氣      | 氫氣      |
| 濃氫氯酸       | 氯氣      | 氫氣      |

物質 X 可能是甚麼？

- A 濃氯化鎂溶液
- B 稀硫酸銅(II)溶液
- C 稀硫酸
- D 濃氫氯酸

電解稀硫酸時的總反應是：



如圖中所示，氧氣的體積: 氫氣的體積是 1:2。

答案：C

 按節練習 (頁158)

7 考慮利用碳電極進行硫酸銅(II)溶液的電解。

下列哪項有關硫酸銅(II)溶液的陳述不正確？

- A 該溶液的藍色逐漸變淺。
- B 該溶液變為酸性。
- C 該溶液中氫離子的量下降。
- D 該溶液中硫酸根離子的量保持不變。

題解：

選擇A — 紅棕色的銅澱積物在陰極生成。 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子在此優先放電。



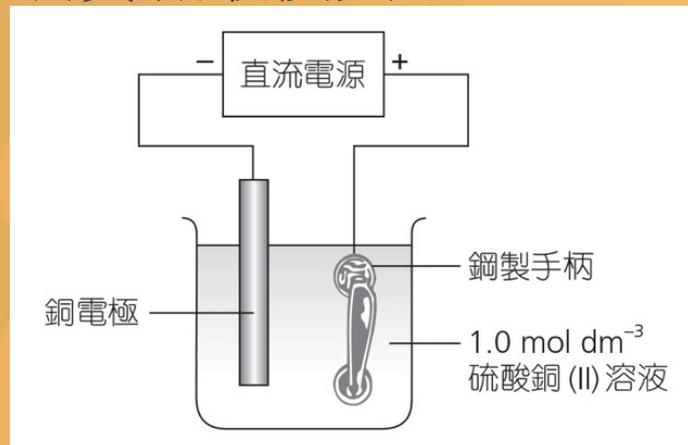
溶液的藍色是由於  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子的存在所致。該溶液的顏色變淺是因為在陰極發生的還原作用從溶液移去了  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子。

選擇B、C和D —  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子在電解過程中被消耗。 $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子保留在該溶液中。因此，該溶液最終變成硫酸。

答案：C

## 按節練習 (頁158)

- 8 下圖展示一名學生把鋼製手柄鍍銅所用的實驗裝置。可是，該實驗最後失敗。



為了把銅鍍於鋼製手柄，必須作下列哪項改變？

- A 增加硫酸銅(II) 溶液的濃度。
- B 使用硫酸鐵(II) 溶液作為電解質。
- C 增加電流。
- D 把鋼製手柄作為陰極。

答案：D

 按節練習 (頁158)

9 碳電極進行 30 分鐘硫酸銅(II) 溶液的電解時，0.010 摩爾的銅澱積在其中一個電極表面。下列哪項陳述正確？

- A 有 0.020 摩爾的氧在陰極生成。
- B 有 0.010 摩爾的氧在陽極生成。
- C 有 0.010 摩爾的氧在陰極生成。
- D 氯化鎂有 0.0050 摩爾的氧在陽極生成。

題解：

總反應的方程式是：



因此，0.010 摩爾的銅澱積時，有 0.0050 摩爾的氧生成。 答案：D



## 按節練習 (頁158)

10 用銅電極進行硫酸銅(II) 溶液的電解時，下列哪項陳述正確？

- A 銅(II) 離子流向陰極。
- B 氧在陰極生成。
- C 銅的澱積使陽極的質量增加。
- D 硫酸銅(II) 溶液的藍色褪色。

題解：

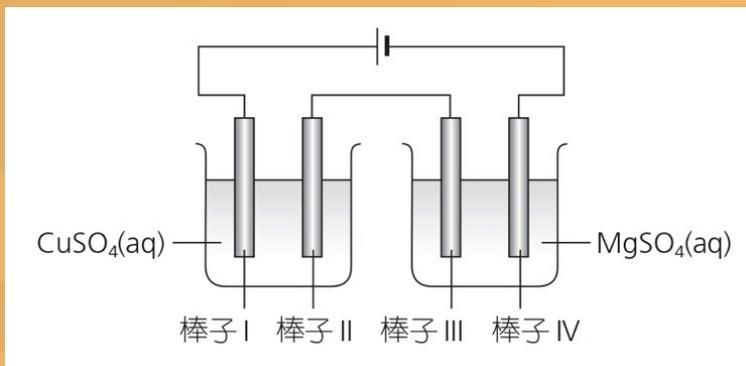
利用銅電極電解硫酸銅 (II) 溶液時，淨過程是銅由陽極轉移至陰極。

答案：A



## 按節練習 (頁158)

11 下圖顯示涉及四根鐵棒子的電鍍實驗所用的裝置：



在下列哪根鐵棒子上會鍍上金屬？

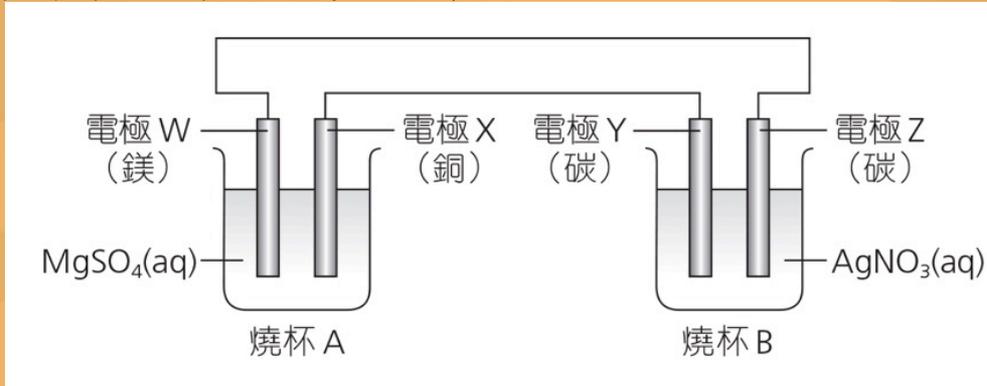
- A 棒子 I
- B 棒子 II
- C 棒子 III
- D 棒子 IV

答案：B

(HKDSE, Paper 1A, 2016, 12))

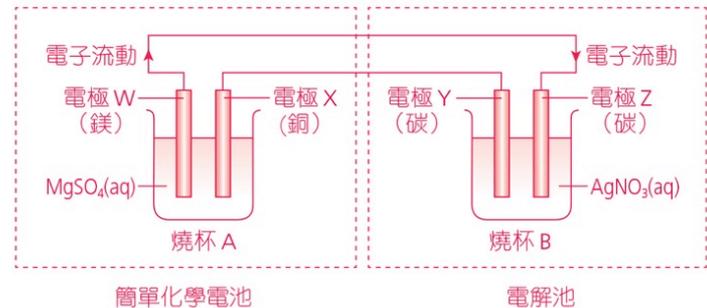
# 按節練習 (頁158)

12 下圖展示電子流經電線的裝置。此外，在燒杯 A 有離子從其中一個電極生成。



題解：

該裝置以簡單化學電池連接至電解池所組成。



下列哪項有關該裝置的陳述正確？

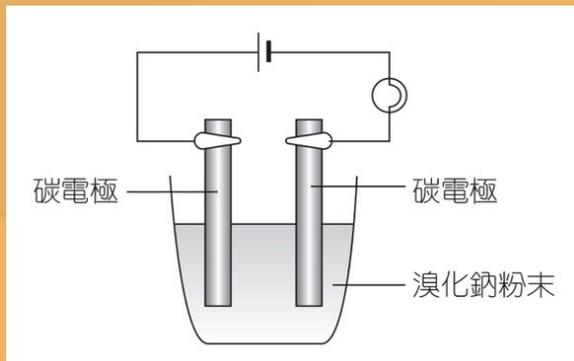
- A 電極 W 逐漸變幼。
- B 有一層棕色金屬逐漸澱積在電極 X 表面。
- C 有一層銀色金屬逐漸澱積在電極 Y 表面。
- D 無色的氣泡從電極 Z 釋出。

電極 W (鎂) 失去電子，生成離子。  
 $Mg(s) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^{-}$   
 因此，電極 W 逐漸變幼。

答案：A

## 按節練習 (頁158)

13 下圖顯示一實驗的裝置：



下列的方法，何者可令燈泡亮起來？

- (1) 把該溴化鈉粉末加熱至熔融
- (2) 把去離子水加進該溴化鈉粉末
- (3) 以液體溴代替該溴化鈉粉末

- A 只有 (1) 和 (2)  
B 只有 (1) 和 (3)  
C 只有 (2) 和 (3)  
D (1)、(2) 和 (3)

答案：A

(HKDSE, Paper 1A, 2014, 20)

 按節練習 (頁158)

14 下列哪些有關用碳電極進行濃氯化銅(II)溶液的電解的陳述正確？

- (1) 電子從陰極轉移至銅(II) 離子。
- (2) 氯離子被吸引至陽極。
- (3) 氫離子轉移電子至陰極。

- A 只有 (1) 和 (2)
- B 只有 (1) 和 (3)
- C 只有 (2) 和 (3)
- D (1)、(2) 和 (3)

題解：

(1) 和 (3)  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子被吸引至陰極。  
與  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。  
因此， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子在陰極優先放電。  
$$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$$

答案：A

 按節練習 (頁158)

15 以碳作為電極，下列哪些溶液在電解時會釋出氫氣？



- (1)  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  氯化鈣溶液
- (2)  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  硫酸鉀溶液
- (3)  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  硝酸銀溶液

題解：

- A 只有 (1) 和 (2)
- B 只有 (1) 和 (3)
- C 只有 (2) 和 (3)
- D (1)、(2) 和 (3)

| 溶液                                | 在陽極的生成物 | 在陰極的生成物 |
|-----------------------------------|---------|---------|
| (1) $1 \text{ mol dm}^{-3}$ 氯化鈣溶液 | 氯       | 氫       |
| (2) $1 \text{ mol dm}^{-3}$ 硫酸鉀溶液 | 氧       | 氫       |
| (3) $1 \text{ mol dm}^{-3}$ 硝酸銀溶液 | 氧       | 銀       |

答案：A

## 按節練習 (頁158)

### 第三部分 結構性問題

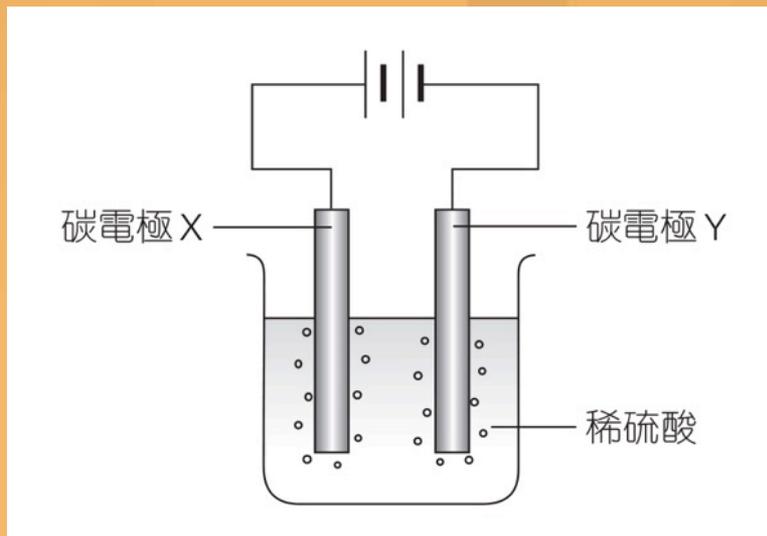
16 利用惰性電極進行數種溶液的電解。

完成下表，寫出在每個電極的生成物和電解結束時剩下在電解池的物質。

| 溶液         | 在陽極的生成物 | 在陰極的生成物 | 電解結束時剩下在電解池的物質 |
|------------|---------|---------|----------------|
| 稀硫化銅(II)溶液 | 氧氣 (1)  | 銅 (1)   | 硫酸             |
| 稀硝酸鎂溶液     | 氧氣 (1)  | 氫氣 (1)  | 濃度增加 (1)       |
| 濃氯化鉀溶液     | 氯氣 (1)  | 氫氣 (1)  | 氫氧化鉀溶液 (1)     |
| 稀硝酸銀溶液     | 氧氣 (1)  | 銀 (1)   | 硝酸 (1)         |

 按節練習 (頁158)

17 下圖展示稀硫酸的電解。



a) i) 寫出在電極 X 所發生的變化的半方程式。



ii) 該變化是氧化作用抑或還原作用？解釋如何從 (i) 的半方程式得知。

因為失去電子，所以該變化是氧化作用。(1)

 按節練習 (頁158)

17 (續)



b) i) 寫出在電極 Y 所發生的變化的半方程式。



ii) 該變化是氧化作用抑或還原作用？解釋如何從 (i) 的半方程式得知。

因為獲得電子，所以該變化是還原作用。(1)

c) 電解進行一段時間後，稀硫酸的濃度有甚麼變化？試解釋之。

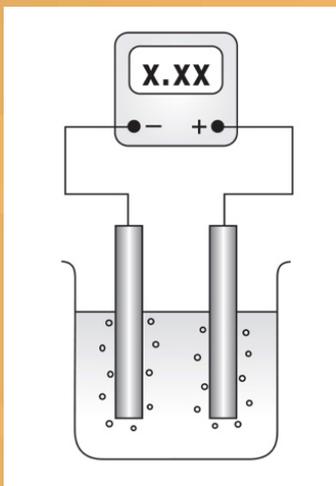
電解進行時，水分子離解以取代已放電的離子。由於水被消耗，即使硫酸的量不變，但它的濃度也會增加。(1)

 按節練習 (頁158)

17 (續)



d) 一段時間過後，把電源移去並立即以萬用電錶代替。



萬用電錶的讀數顯示有電能產生。試解釋這能量是如何產生的。

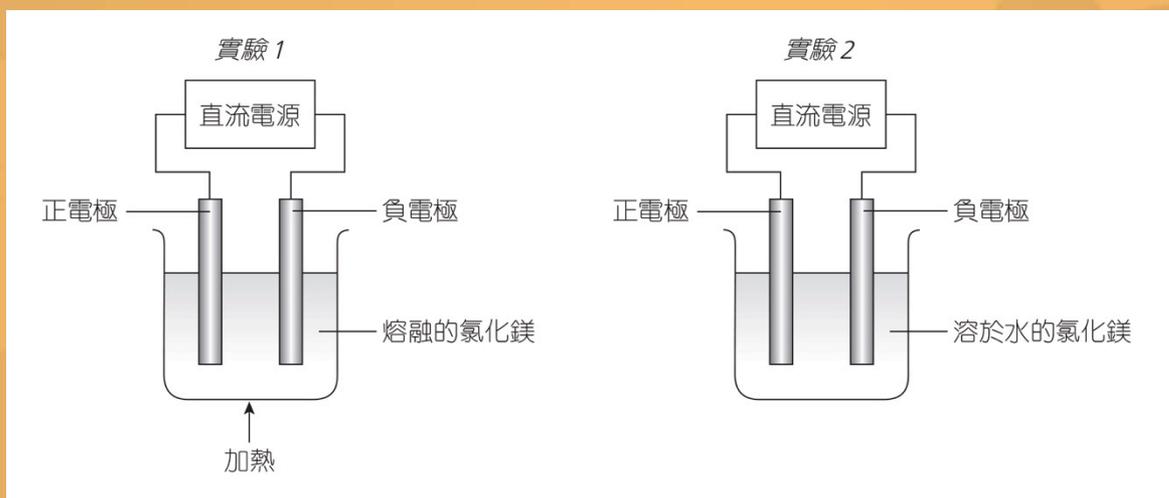
這是化學電池。(1)

氫與氧發生反應。

這反應產生流動電子 / 把化學能轉換成電能。

## 按節練習 (頁158)

- 18 這問題與鎂和氯化鎂有關。  
氯化鎂可被電解。  
下圖展示兩個電解氯化鎂的實驗裝置。



- a) 解釋為甚麼電解時氯化鎂必須是熔融狀態或溶於水？  
離子可流動並移動至電極。 / 離子可流動，帶着電荷移動。 (1)
- b) 解釋在實驗 1 中，鎂如何在負電極生成。  
鎂離子被吸引至負電極。 (1)  
每個鎂離子獲得兩個電子生成鎂原子。 (1)

 按節練習 (頁158)

18 (續)

c) 實驗 2 中有一氣體在負電極生成。寫出在負電極生成的氣體名稱。

氫 (1)

d) 提出為甚麼實驗 2 中沒有鎂在負電極生成。

與  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$  離子相比， $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。(1)

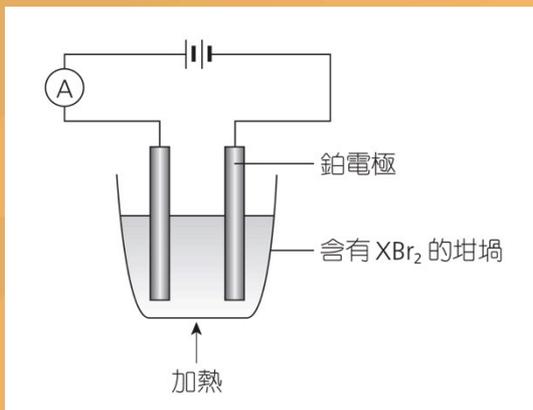
e) 完成並平衡在正電極所發生的反應的半方程式。



(AQA GCSE (Higher Tier), Additional Science Chemistry, Unit 2, Jun. 2016, 5(b))

## 按節練習 (頁158)

19 一名老師展示利用一未知金屬鹽 ( $XBr_2$ ) 進行熔融的鹽的電解。以下展示所使用的裝置。



- a) 為了通電， $XBr_2$  必須處於熔融狀態。試提出一個原因。  
熔融的  $XBr_2$  中的離子可流動並移動至電極。 /  
 熔融的  $XBr_2$  中的離子可流動，帶着電荷移動。(1)
- b) 寫出在陽極所發生的變化的半方程式。  
 $2Br^-(l) \longrightarrow Br_2(l \text{ 或 } g) + 2e^-$  (1)

 按節練習 (頁158)

19 (續)

c) 已知在過程中有  $1.65 \times 10^{22}$  個電子流經外電路，生成 2.84 g 的金屬 X。

i) 推定所生成的 X 的摩爾數。

(亞佛加德羅常數 =  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )

$$\text{電子的摩爾數} = \frac{1.65 \times 10^{22}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ mol}$$

$$= 0.0274 \text{ mol}$$

在陰極所發生的變化的半方程式是： $\text{X}^{2+}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{X}(\text{s})$

$$\therefore \text{產生的 X 的摩爾數} = \frac{0.0274}{2} \text{ mol}$$

$$= 0.0137 \text{ mol (1)}$$

 按節練習 (頁158)

19 (續)

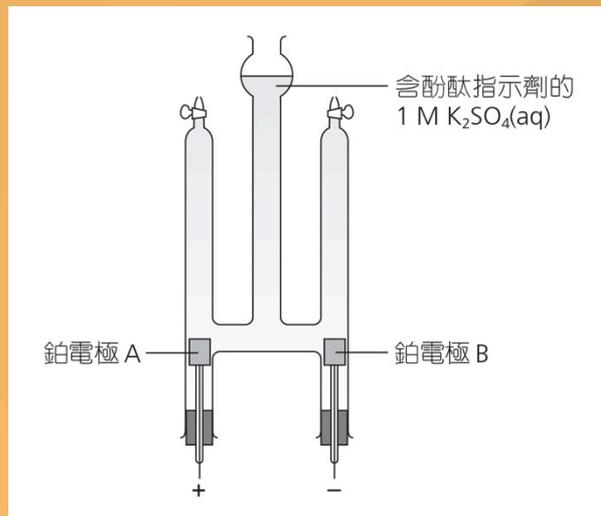
c) ii) 辨認金屬 X (可參考週期表)。

$$\begin{aligned} X \text{ 的摩爾質量} &= \frac{2.84 \text{ g}}{0.0137 \text{ mol}} \\ &= 207.3 \text{ g mol}^{-1} \quad (1) \end{aligned}$$

X 是鉛。(1)

## 按節練習 (頁158)

20 下圖顯示一個裝置，以電解含酚酞指示劑的  $1\text{ M K}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  的無色溶液。



- a) 寫出並解釋在進行這電解時，圍繞以下各電極的預期觀察：
- 電極 A
  - 電極 B
- b) 寫出這電解的總反應的方程式。



## 按節練習 (頁158)

20 (續)



c) 如以  $1 \text{ M H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  取代  $1 \text{ M K}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ ，解釋在進行這電解時，圍繞以下各電極的預期觀察會否改變：

i) 電極 A

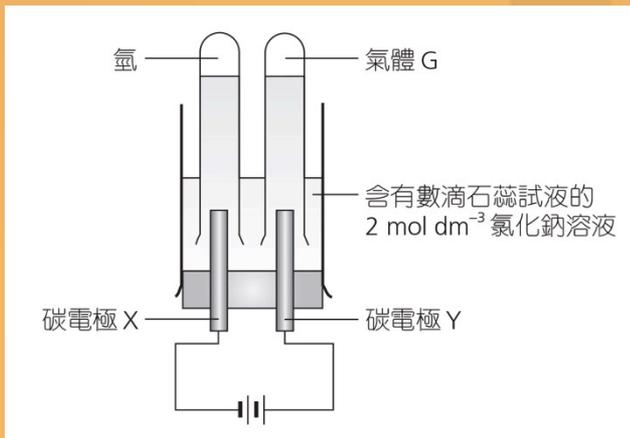
ii) 電極 B

*(HKDSE, Paper 1B, 2017, 4)*

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

## 按節練習 (頁158)

21 利用碳電極進行含有數滴石蕊試液的  $2 \text{ mol dm}^{-3}$  氯化鈉溶液的電解。



a) 在電極 X 收集到氫，而在電極附近的石蕊試液變成藍色。寫出生成氫的半方程式，並解釋為甚麼石蕊試液變成藍色。



電解進行時，水分子離解以取代已放電的  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子。因此， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子會在電極 X 周圍積聚，令該處溶液呈鹼性，石蕊試液變成藍色。(1)

 按節練習 (頁158)

21 (續)



- b) 在電極 Y 附近石蕊試液變成無色。
- i) 辨認氣體 G，並寫出其生成的半方程式。

氯氣



- ii) 氣體 G 具毒性。
- 建議進行有氣體 G 生成的反應時應採取的一項安全措施。
- 使用煙櫥 / 通風良好的實驗室。(1)



## 按節練習 (頁158)



22 可通過電解水溶液來提取銅。解釋為甚麼不能通過電解水溶液來提取鋁。

與  $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$  離子相比， $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。(1)  
因此，電解含  $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$  離子的水溶液時， $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子較  $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$  離子容易在陰極優先放電。(1)



## 按節練習 (頁158)

23 可進行濃氯化鈉的電解以產生有用的物質：

- 氯；
- 氫；
- 氫氧化鈉溶液。

a) 寫出在兩個電極所發生的變化的半方程式。



b) 指出為甚麼氫氧化鈉是這過程的生成物。

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Cl}^-$  離子在電解過程中被消耗。 $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子保留在溶液中。最終，該溶液變成氫氧化鈉溶液。(1)

 按節練習 (頁158)

24 電解稀硝酸鎳(II) 溶液時，有鎳在其中一個電極生成。

a) 寫出生成鎳的半方程式。



b) 解釋鎳在陽極還是陰極生成。

鎳在陰極生成，因為還原作用在此發生。(1)

c) i) 寫出並解釋在另一電極預期的觀察結果。

$\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子和  $\text{NO}_3^{-}(\text{aq})$  離子被吸引至另一電極。

與  $\text{NO}_3^{-}(\text{aq})$  離子相比， $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子是較強的還原劑。(1)

因此， $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子在這電極優先放電，生成無色的氧氣。(1)

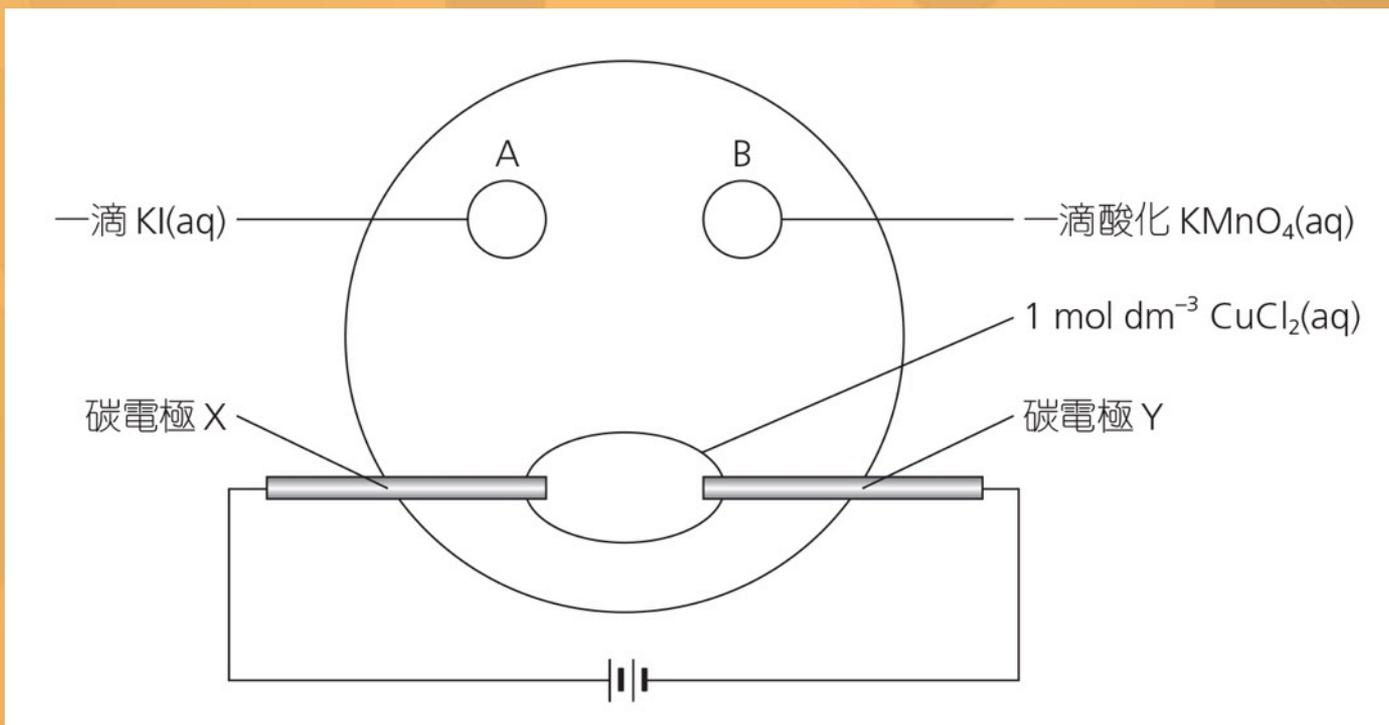
ii) 寫出在這電極預期所發生的變化的半方程式。



 按節練習 (頁158)

25 下圖展示用來進行  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  氯化銅(II) 溶液的電解的微型裝置。

把  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  氯化銅(II) 溶液放在培養皿中的兩個碳電極之間。該培養皿用蓋子蓋著，並有電流流經溶液。





## 按節練習 (頁158)

25 (續)



a) 寫出並解釋在每個電極預期的觀察結果。

在電極 X

$\text{Cl}^{-}(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子被吸引至電極 X。

$\text{Cl}^{-}(\text{aq})$  離子的濃度遠高於  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  離子。 (1)

因此， $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$  離子優先放電，生成黃綠色的氯氣。 (1)

在電極 Y

$\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子和  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子被吸引至電極 Y。

與  $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子相比， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。 (1)

因此， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子在電極 Y 優先放電，生成紅棕色的銅澱積物。 (1)

b) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。

在電極X： $2\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^{-}$  (1)

在電極Y： $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$  (1)



## 按節練習 (頁158)

25 (續)



c) 分別寫出在位置 A 和 B 所預期的觀察結果。就每種情況，如有反應發生，寫出涉及的離子方程式。

位置 A：該溶液由無色變成棕色 / 黃色。(1)



位置 B：沒有可觀察到的變化(1)

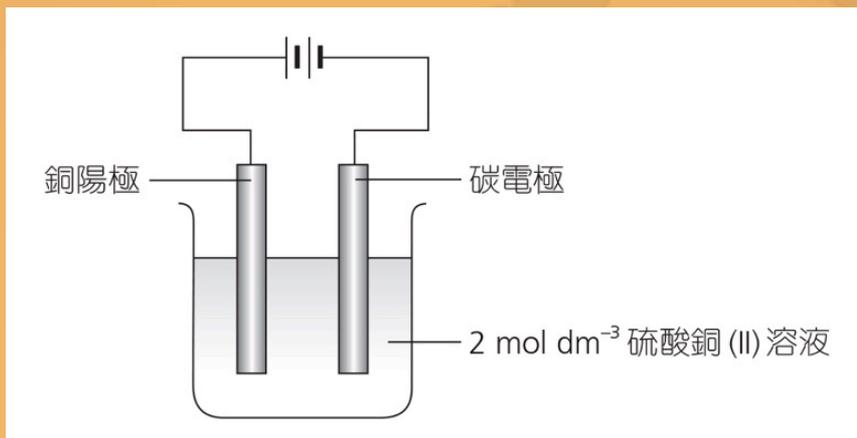
b) 提出微型實驗的一項優點。

以下任何一項：

- 使用較少的化學品。
- 對環境危害較少。(1)
- 沒有那麼危險。(1)
- 較易處理。(1)
- 節省金錢。(1)
- 節省時間。(1)

## 按節練習 (頁158)

26 下圖展示進行  $2 \text{ mol dm}^{-3}$  硫酸銅(II) 溶液的電解的裝置。



a) 列出存在於溶液中的所有離子。

來自硫酸銅(II)  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}), \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

來自水

$\text{H}^+(\text{aq}), \text{OH}^-(\text{aq})$

(1)



## 按節練習 (頁158)

26 (續)



b) 寫出並解釋在每個電極預期的觀察結果。

在碳陰極

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子被吸引至陰極。

與  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。 (1)

因此， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子在陰極優先放電，生成紅棕色的銅澱積物。 (1)

在銅陽極

$\text{OH}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子被吸引至陽極。

與  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子相比，銅是較強的還原劑。 (1)

因此，銅較易氧化。銅陽極溶解，生成  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子。 (1)

c) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。

在陰極:  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$  (1)

在陽極:  $\text{Cu}(\text{s}) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$  (1)



## 按節練習 (頁158)

26 (續)



d) 藍色的硫酸銅(II) 溶液的顏色深度在整個電解過程中保持不變。試解釋之。

淨過程是銅由陽極轉移至陰極。

電解質中  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子的總濃度沒有改變，該溶液的藍色也沒有改變。(1)

e) 如果以銅陰極取代碳陰極，會否有任何觀察上的改變？試解釋之。

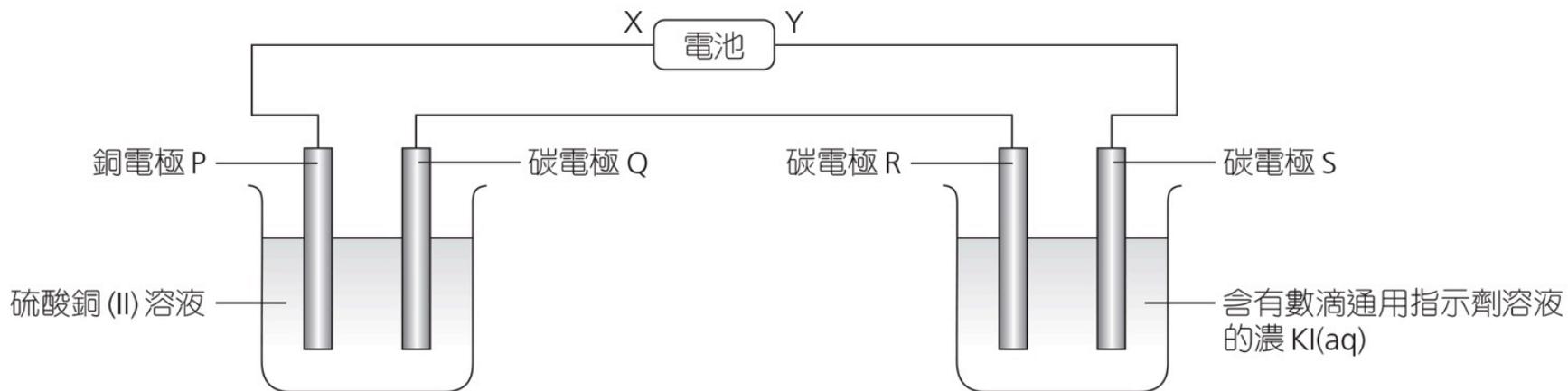
接受「是」和「否」的答案。

「否」：銅陰極不會失去電子生成  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子。(1)

「是」：銅和碳有不同的導電性。外電路的電流會改變。(1)

## 按節練習 (頁158)

27 考慮以下展示的實驗裝置。



電流流經該裝置一段時間後，碳電極 R 附近的溶液變成藍色。

a) 解釋在電極 R 的觀察結果。

$H^+(aq)$  離子在電極 R 放電，生成氫。 (1)

電解進行時，水分子離解以取代已放電的  $H^+(aq)$  離子。因此， $OH^-(aq)$  離子會在電極 R 周圍積聚，令該處溶液呈鹼性，通用指示劑溶液變成藍色。



## 按節練習 (頁158)

27 (續)



b) 寫出並解釋在電極 S 附近預期的觀察結果。

會觀察到棕色。(1)

$I^-(aq)$  離子和  $OH^-(aq)$  離子被吸引至電極 S。

在溶液中  $I^-(aq)$  離子的濃度較  $OH^-(aq)$  離子的高很多。(1)

因此， $I^-(aq)$  離子優先放電，生成碘；碘溶於  $KI(aq)$ ，生成棕色的  $I_3^-(aq)$  離子。(1)

c) 指出 X 抑或 Y 是電池的正電極。

Y 是正電極。(1)

d) 完成下表，在表內填上「陽極」或「陰極」以描述每個電極。

| 電極      | P  | Q  | R  | S  |
|---------|----|----|----|----|
| 陽極 / 陰極 | 陰極 | 陽極 | 陰極 | 陽極 |

(1)



## 按節練習 (頁158)

27 (續)



e) 寫出並解釋在電極 P 和 Q 預期的觀察結果。

在電極 P

$\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子被吸引至電極 P。

與  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。 (1)

因此， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子在電極 P 優先放電，生成紅棕色的銅澱積物。 (1)

在電極 Q

$\text{OH}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子被吸引至電極 Q。

與  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子相比， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子是較強的還原劑。 (1)

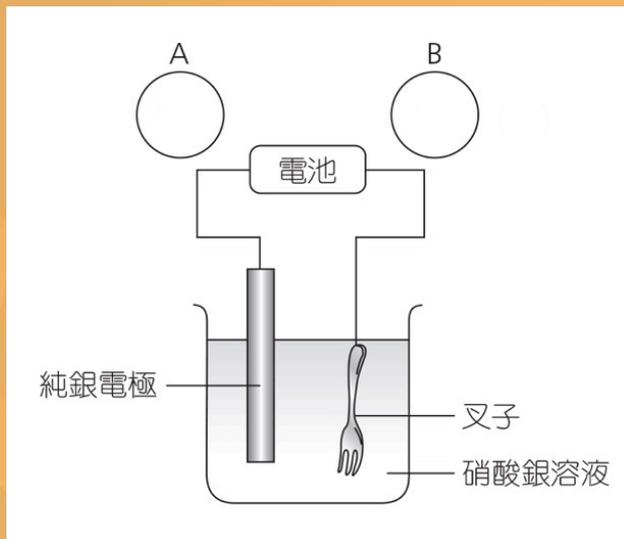
因此， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子在電極 Q 優先放電，生成無色的氧氣。 (1)

f) 硫酸銅(II) 溶液在電解後有甚麼變化？解釋你的答案。

在電解過程中， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子被消耗。 $\text{H}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  離子保留在該溶液中。 因此，該溶液最終變成硫酸。

## 按節練習 (頁378)

28 可利用以下裝置把餐具鍍上銀。



a) i) 「電鍍」一詞的意思是甚麼？

電鍍是利用電解把一層薄的金屬鍍在物品表面的過程。(1)

ii) 寫出電鍍的兩項好處。

改善外觀。(1)

防止腐蝕。(1)



## 按節練習 (頁158)

28 (續)

b) 在上圖圓圈 A 和 B 中表示電池的極性(+ 或 -)。

A : + ; B : - (1)

c) 寫出並解釋在每個電極預期的觀察結果。

銀電極溶解，生成銀離子。(1)

銀離子接收電子，在叉子表面生成一層銀。(1)

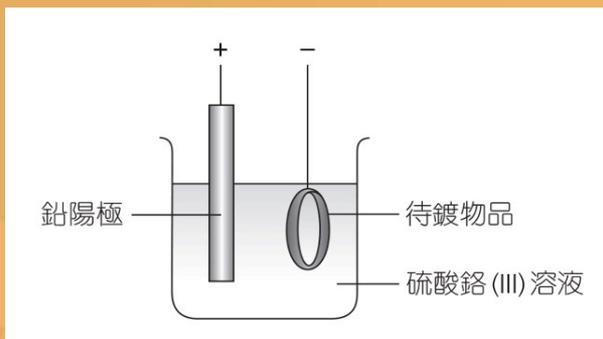
d) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。

在銀電極： $\text{Ag(s)} \longrightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$  (1)

在叉子： $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag(s)}$  (1)

## 按節練習 (頁158)

29 可用以下的實驗裝置把鉻鍍在物品上。



a) 寫出在物品所發生的變化的半方程式。



b) 已知在這過程中有  $2.71 \times 10^{22}$  個電子通過外電路。理論上，鍍於該物品的鉻的質量是多少？

(相對原子質量:  $\text{Cr} = 52.0$ ; 亞佛加德羅常數 =  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )

$$\text{電子的摩爾數} = \frac{2.71 \times 10^{22}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ mol}$$

$$= 0.0450 \text{ mol}$$

$$\text{鍍在物品上的 Cr 的摩爾數} = \frac{0.0450}{3} \text{ mol}$$

$$= 0.0150 \text{ mol} \quad (1)$$

$$\text{鍍在物品上的 Cr 的質量} = 0.0150 \text{ mol} \times 52.0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$= 0.780 \text{ g} \quad (1)$$



## 按節練習 (頁158)

29 (續)



c) 從鍍鉻工廠排放的廢水含有鉻(III) 離子。建議如何在排入河流前從水中除掉這些金屬離子。

加入  $\text{NaOH(aq)}$  /  $\text{KOH(aq)}$  / 氫氧化物 / 鹼，生成氫氧化鉻 (III)。(1)

用過濾去除沉澱物。(1)



## 按章練習 (頁169)

註：題目按難度由淺至深（1 至 5 級）分類：

 題目以 3 級或以上程度為目標；

 題目以 4 級或以上程度為目標；

 題目以 5 級程度為目標。

「\*」顯示有效的傳意可取一分。

 按章練習 (頁169)

## 第一部分 多項選擇題

1  $\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$  轉化為  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  時，鉻的氧化數會改變。在這變化中，鉻獲得或失去多少個電子？

A 失去 1 個電子 題解：

B 獲得 1 個電子  $\text{CrO}_4^{2-}$  轉化成  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  的半方程式是：

C 失去 3 個電子  $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$

D 獲得 3 個電子

答案：D

 按章練習 (頁169)

2 下列何者不是氧化還原反應？



(HKDSE, Paper 1A, 2018, 12)

答案：B

 按章練習 (頁169)

3 考慮以下的實驗：

燒杯 I 把硫酸銅(II) 溶液加進氯化鈉溶液中。

燒杯 II 把酸化重鉻酸鉀溶液加進碘化鉀溶液中。

燒杯 III 把二氧化硫氣體通入硫酸鐵(III) 溶液中。

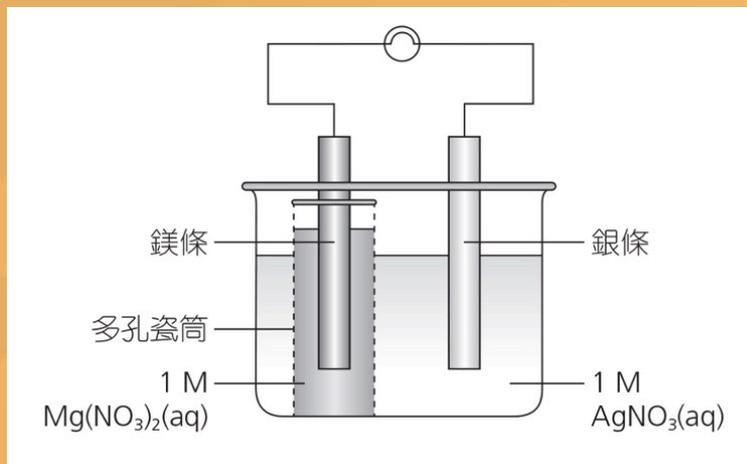
以上燒杯內的物質，何者會發生反應？

- A 只有燒杯 I
- B 只有燒杯 II
- C 只有燒杯 I 和 II
- D 只有燒杯 II 和 III

答案：D

## 按章練習 (頁169)

4 下圖顯示一個裝置，其中燈泡發亮：



下列有關這裝置的陳述，何者正確？

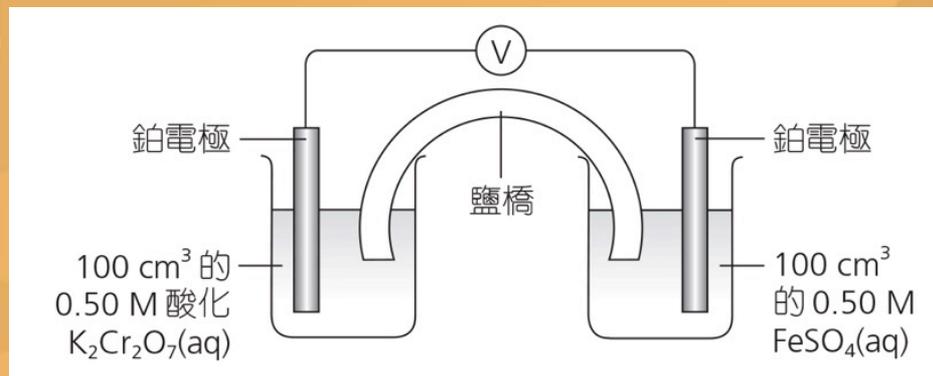
- A 銀離子移向多孔瓷筒。
- B 鎂條的質量減少。
- C 熱能轉化成電能。
- D 氫離子在銀條上放電。

答案：B

(HKDSE, Paper 1A, 2017, 4)

## 按章練習 (頁169)

5 考慮下列一個實驗開始時的裝置：



一段時間後， $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{aq})$  的濃度跌至  $0.47 \text{ M}$ 。這時  $\text{FeSO}_4(\text{aq})$  的濃度是多少？

- A  $0.53 \text{ M}$
- B  $0.47 \text{ M}$
- C  $0.41 \text{ M}$
- D  $0.30 \text{ M}$

答案：D

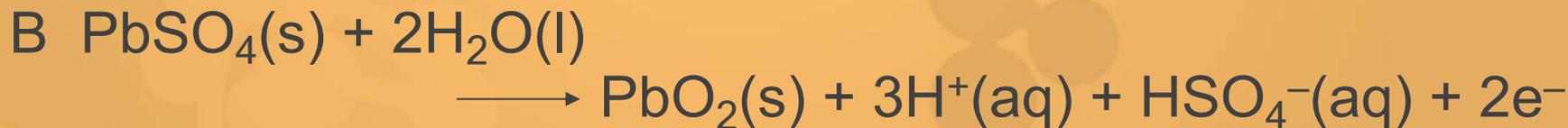
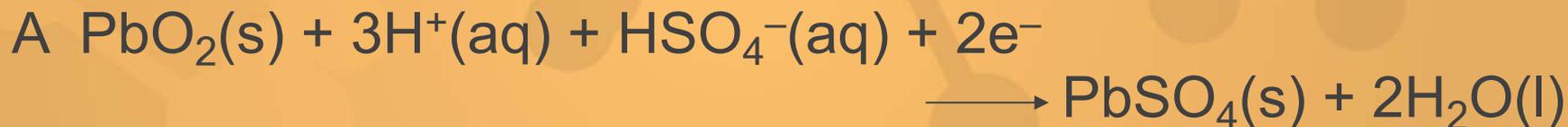
(HKDSE, Paper 1A, 2015, 16)

## 按章練習 (頁169)

6 以下方程式表示鉛酸蓄電池放電時的反應：



用外置電源把沒電的鉛酸蓄電池再充電時，下列哪條半方程式表示在負電極發生的變化？



答案：D

 按章練習 (頁169)

## 6 (續)



題解：

充電時發生以下反應：



正電極：



負電極：



 按章練習 (頁169)

7 下列哪項有關化學電池和電解池的陳述正確？

- A 氧化作用在兩者的正電極發生。
- B 還原作用在兩者的陰極發生。
- C 陰離子移向兩者的陰極。
- D 兩者的陽極均是正電極。

題解：

選擇 A — 氧化作用在化學電池的負電極發生。

選擇 C — 在電解池中，陰離子移至陽極。

選擇 D — 在化學電池中，陽極是負電極。

答案：B



## 按章練習 (頁169)



8 用碳電極進行  $1.0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaI(aq)}$  和  $1.0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CuCl}_2(\text{aq})$  的混合物的電解。

下列哪個變化在陽極發生？

- A  $2\text{I}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- B  $2\text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- C  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$
- D  $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$

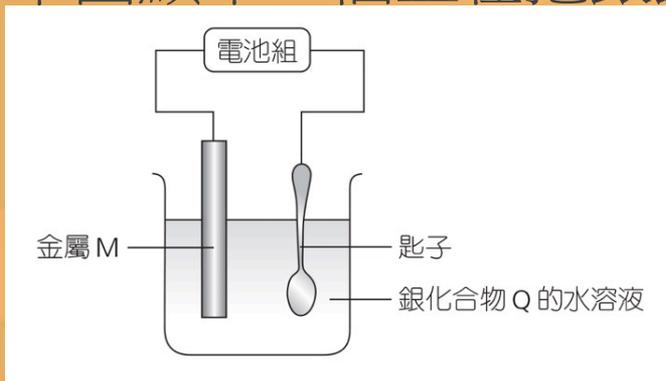
題解：

$\text{I}^-(\text{aq})$  離子、 $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子被吸引至陽極。  
與  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子相比， $\text{I}^-(\text{aq})$  離子是較強的還原劑，  
而  $\text{I}^-(\text{aq})$  的濃度遠高於  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子。因此， $\text{I}^-(\text{aq})$  離子優先放電。

答案：A

## 按章練習 (頁169)

9 下圖顯示一個正在把銀鍍於一匙子上的裝置：



下列哪個有關以上的裝置的陳述正確？

- A M 必須是銀。
- B Q 可以是氯化銀。
- C 該匙子連接至電池組的負極。
- D 電子從金屬 M 經該溶液流向該匙子。

答案：C

(HKDSE, Paper 1A, 2014, 11)

 按章練習 (頁169)

10 把黃色的  $\text{NCl}_3$  液體攪拌加入氫氧化鈉溶液時，發生的反應可用以下方程式表示。



下列有關該反應的陳述，何者正確？

- (1) 鈉離子被還原。
- (2) 反應後剩餘漂白溶液。
- (3) 最終的混合物會與硝酸銀溶液產生白色沉澱物。

題解：

A 只有 (1)

B 只有 (2)

C 只有 (1) 和 (3)

D 只有 (2) 和 (3)

(2)  $\text{NaOCl}(\text{aq})$  是漂白劑。

答案：D

 按章練習 (頁169)

11 下列有關濃硝酸與銅反應的陳述，何者正確？



- (1) 濃硝酸作為還原劑。
- (2) 有棕色氣體生成。
- (3) 一摩爾的  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  離子需用一摩爾的電子以進行還原作用。

- A 只有 (1)  
B 只有 (2)  
C 只有 (1) 和 (3)  
D 只有 (2) 和 (3)

題解：

(1) 濃硝酸作為氧化劑。

(3) 濃硝酸的還原作用的半方程式顯示如下：



因此，一摩爾的  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  離子需用一摩爾的電子進行還原作用。

答案：D

 按章練習 (頁169)

12 碘化鉀水溶液因以下反應隨時間變黃：



下列有關以上反應的陳述，何者正確？

- (1)  $\text{KI}(\text{aq})$  被  $\text{O}_2(\text{g})$  氧化。
- (2)  $\text{KI}(\text{aq})$  被  $\text{CO}_2(\text{g})$  氧化。
- (3) 該黃色是由於所生成的  $\text{K}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 。

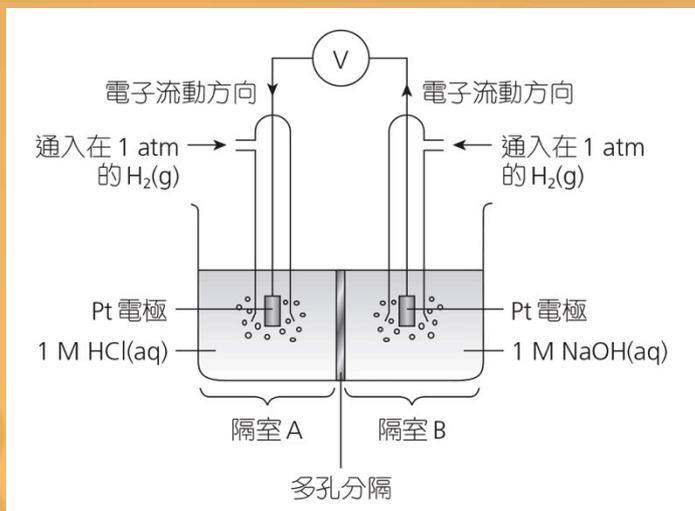
- A 只有 (1)
- B 只有 (2)
- C 只有 (1) 和 (3)
- D 只有 (2) 和 (3)

答案：A

(HKDSE, Paper 1A, 2015, 17)

## 按章練習 (頁169)

13 考慮以下的化學電池：



下列哪些陳述正確？

- (1) 在隔室 A 的溶液的 pH 逐漸下降。
- (2) 在隔室 B 的氫氣作為還原劑。
- (3) 總反應的方程式是：



- A 只有 (1) 和 (2)
- B 只有 (1) 和 (3)
- C 只有 (2) 和 (3)
- D (1)、(2) 和 (3)

答案：C

(HKDSE, Paper 1A, 2018, 23)



## 按章練習 (頁169)

指示：以下的題目（第14至15題）均由兩述句組成。學生需先判斷該兩述句是否正確，若兩述句均屬正確，再判斷第二述句是否第一述句的合理解釋，然後根據下表，從A至D四項中選出一個適用的答案：

- A 兩述句均屬正確，而第二述句為第一述句的合理解釋。
- B 兩述句均屬正確，但第二述句並非第一述句的合理解釋。
- C 第一述句錯誤，但第二述句正確。
- D 兩述句均屬錯誤。



## 按章練習 (頁169)

### 第一述句

- 14 氫水能與  $\text{KBr(aq)}$  反應。
- 15 在陽極電鍍中，鋁表面的氧化鋁被還原成金屬。

### 第二述句

- $\text{Br}^{-}(\text{aq})$  離子的還原能力較  $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$  離子的高。
- 鋁的抗腐蝕性可藉陽極電鍍增強。

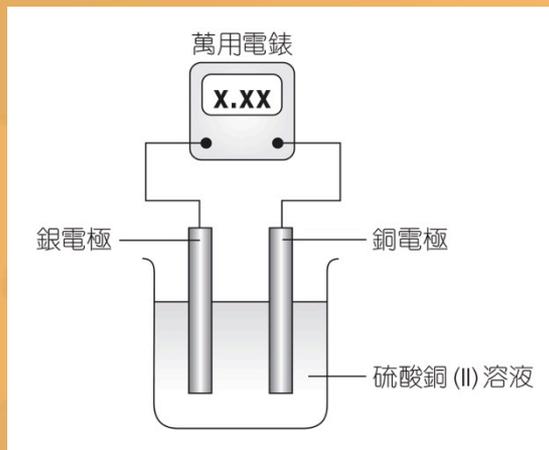
答案：A

答案：C

## 按章練習 (頁169)

### 第二部分 結構性問題

16 電子流經以下化學電池的外電路一段時間。



- 指出電子在外電路的流動方向。  
由銅電極流向銀電極 (1)
- 解釋銅電極抑或銀電極是陽極。  
銅電極是陽極，因為氧化作用在此發生。(1)



## 按章練習 (頁169)

16 (續)



c) 化學電池運作一段時間後，硫酸銅(II) 溶液的顏色深度有甚麼變化？解釋你的答案。

銅電極溶解，生成銅(II) 離子。 (1)

銅(II) 離子從銀電極接收電子，生成銅澱積物。 (1)

在電解質中， $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  離子的總濃度維持不變，該溶液的藍色保持不變。 (1)



## 按章練習 (頁169)

\*17 你獲提供常用的實驗室儀器，以及銅條、鎂條和鋅條。  
 概述如何進行一公平比較，以研習該三種金屬生成離子的相對傾向。

你要寫出所需的額外化學試劑。

### 步驟

- 用金屬偶安裝兩個化學電池：(1)
  - 鎂和銅偶
  - 鋅和銅偶
- 利用檸檬汁 / 氯化鈉溶液 / 硫酸銅 (II) 溶液作為電解質。(1)  
(也可接受用鎂半電池、銅半電池和鋅半電池建構化學電池。)
- 把每個化學電池的銅電極連接至萬用電錶的正端鈕。記錄每個電池的電壓。(1)
- 比較兩個化學電池的電壓。用鎂和銅偶較用鋅和銅偶建構化學電池所產生的電壓較高。  
因此，金屬生成離子的相對傾向如下：

鎂>鋅>銅 (1)

### 進行公平比較的條件

以下任何一項：

- 用相同長度的金屬片 (1)
- 用相同濃度的電解質 (1)

傳意分數 (1)

 按章練習 (頁169)

18 很多原油中的硫以硫化氫的形式存在。在精煉過程中，硫化氫經兩項反應轉化為硫。

a) 第一項反應涉及把硫化氫轉化為二氧化硫。



配平以上方程式。

b) 所生成的二氧化硫與剩餘的硫化氫反應，生成硫和水。



辨認該過程中的氧化劑和還原劑。根據氧化數的改變，解釋你的答案。

$\text{SO}_2$  是氧化劑，因為 S 的氧化數由 +4 減至 0。(1)

$\text{H}_2\text{S}$  是還原劑，因為 S 的氧化數由 -2 增至 0。(1)

 按章練習 (頁169)

19 可用氯從海水提取溴。在該過程中，把氯氣通入含有溴離子的溶液。

a) 寫出氯和溴離子反應的離子方程式。



b) 提出在這反應中一項可觀察到的變化。

無色的溶液變成黃色 / 橙色 / 棕色。 (1)

c) 溴離子在這反應中作為還原劑。

根據電子的得失，解釋「還原劑」一詞的意思。

作為電子供體 (1)

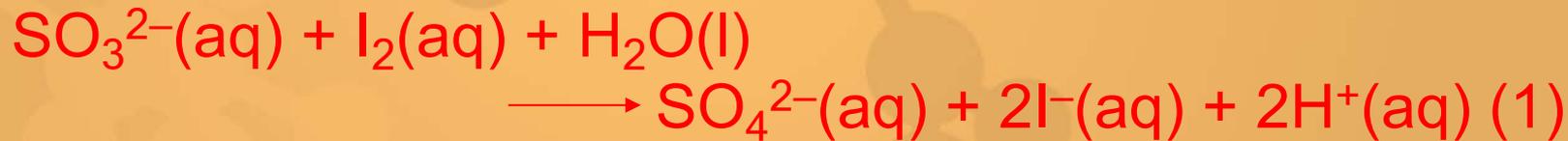
 按章練習 (頁169)

20 就以下每項實驗，寫出預期的觀察，以及寫出所涉及反應(一個或多個)的化學方程式(一條或多條)。

a) 把碘化鉀溶液加入硫酸鐵(III)溶液直至過量  
棕黃色的硫酸鐵(III)溶液變成棕色。 (1)



b) 把二氧化硫通入碘水直至過量  
棕色的碘水變成無色。 (1)





## 按章練習 (頁169)

20 (續)

c) 把稀硝酸加入銅中

銅溶解。(1)

有藍色溶液生成。(1)

有無色氣體釋出。這氣體與空氣混合時變成棕色氣體。(1)



d) 把濃硫酸加入固體溴化鈉中

有白色煙霧和棕色煙霧釋出。同時有無色的二氧化硫生成。(1)



 按章練習 (頁169)

21 氯用於水的處理。把氯加進冷水時，它會根據以下方程式反應。



a) 根據氧化數的改變，解釋為甚麼這是歧化反應。  
氯同時被氧化和還原。因此，這是歧化反應。(1)

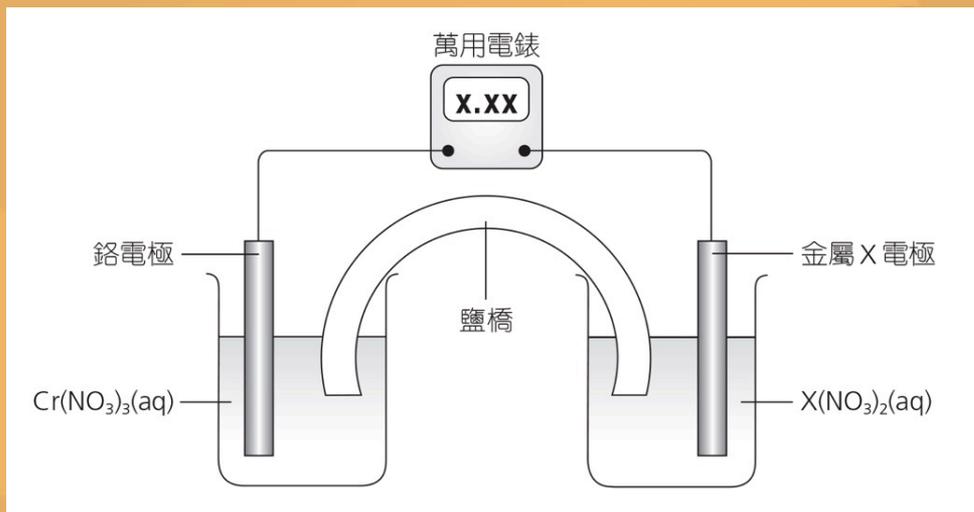
b) 氯用於水的處理。  
指出用氯處理水的一項好處和一項風險。

好處：殺菌 (1)

危機：有毒 / 生成氯化烴 / 生成致癌物 / 生成有毒的化合物 (1)

## 按章練習 (頁169)

22 一名學生製作了下圖所示的化學電池。



在化學電池內的總反應的方程式顯示如下：



a) 哪種金屬是陰極？解釋你的答案。

金屬 X 電極是陰極，因為還原作用在此發生。(1)



## 按章練習 (頁169)

## 22 (續)



b) 指出電子在外電路的流動方向。

由鉻流向金屬 X (1)

c) 指出萬用電錶提供的是正讀數抑或負讀數。

正讀數 (1)

d) 電池運作一段時間後，金屬 X 電極的質量增加了 2.38 g，  
鉻電極的質量則減少了 1.30 g。

i) 推定生成的 X 的摩爾數。

(相對原子質量：Cr = 52.0)

$$\text{Cr 的摩爾數} = \frac{1.30 \text{ g}}{52.0 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$= 0.0250 \text{ mol}$$

$$\text{生成的 X 的摩爾數} = \frac{3}{2} \times 0.0250 \text{ mol}$$

$$= 0.0375 \text{ mol} \quad (1)$$

 按章練習 (頁169)

22 (續)



d) ii) 辨認金屬 X (可參考週期表)。

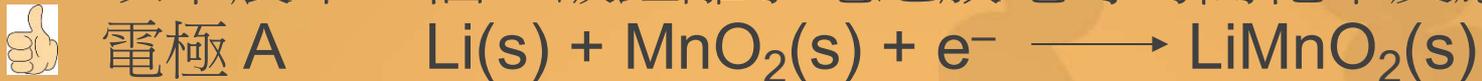
$$\begin{aligned} X \text{ 的摩爾質量} &= \frac{2.38 \text{ g}}{0.0375 \text{ mol}} \\ &= 63.5 \text{ mol}^{-1} (1) \end{aligned}$$

銅 (1)



## 按章練習 (頁169)

23 以下展示一個二級鋰離子電池放電時的簡化半反應。



a) 在放電時，電極 B 的極性是甚麼？

負 (1)

b) 寫出這鋰電池再充電時發生的總反應的方程式。



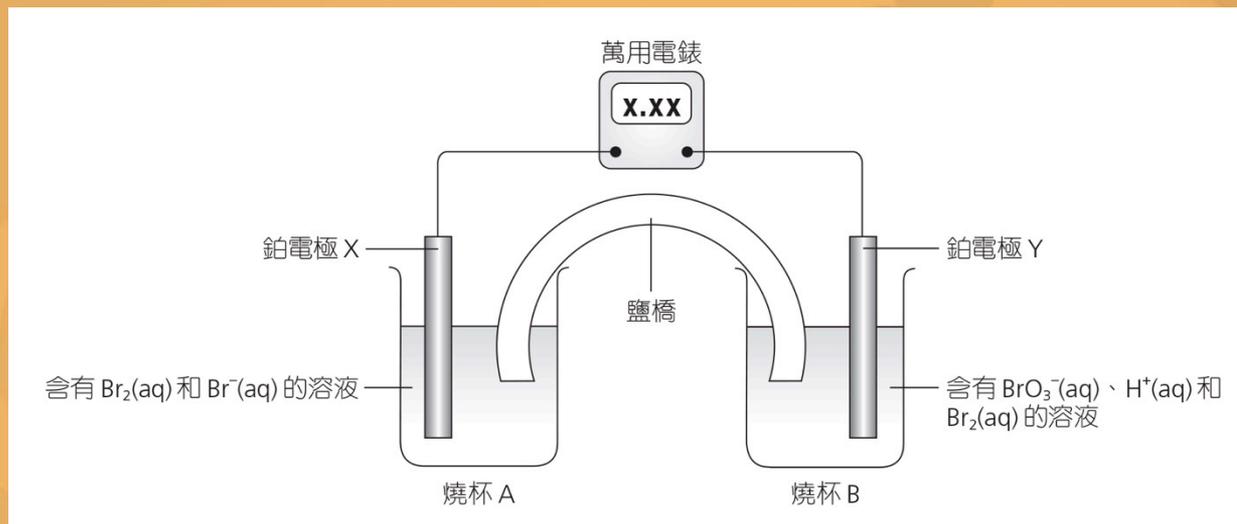
c) 在鋰離子電池中，鋰金屬一定不能與水接觸。  
解釋為甚麼並利用合適的方程式說明你的答案。

鋰與水迅速地反應。(1)



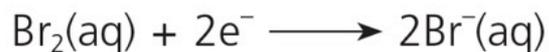
## 按章練習 (頁169)

24 下圖展示一個使用鉑電極 X 和鉑電極 Y 的化學電池。



以下展示  $\text{Br}_2(\text{aq})$  和  $\text{BrO}_3^-(\text{aq})$  在電化序中的相對位置。

在電化序較高位置



在電化序較低位置





## 按章練習 (頁169)

24 (續)



a) i) 指出在燒杯 A 中預期的觀察結果。

黃色變深。(1)

ii) 寫出預期所發生的變化的半方程式。



b) 寫出該電池的總反應的方程式。

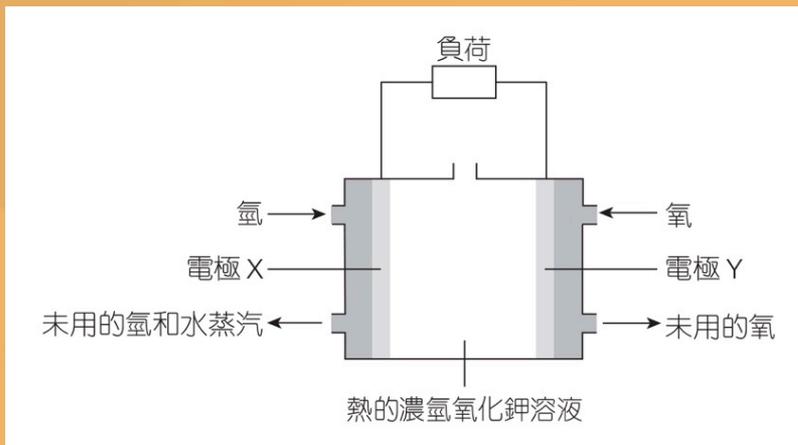


c) 指出電子在外電路的流動方向。

從電極 X 流向電極 Y (1)

## 按章練習 (頁169)

25 以下是氫氧燃料電池的簡圖。



a) 提出燃料電池與一般化學電池的一項不同之處。

以下任何一項：

- 燃料電池需要持續地供應反應物，而在化學電池中它們則儲存在電池中。(1)
- 要從燃料電池移除一些生成物。(1)
- 燃料電池電極是多孔的。(1)



## 按章練習 (頁169)

25 (續)



b) i) 電極 X 抑或電極 Y 是電池的陽極？

電極 X (1)

ii) 寫出在陽極所發生的變化的半方程式。



c) i) 電極 X 抑或電極 Y 是電池的陰極。

電極 Y (1)

ii) 寫出在陽極所發生的變化的半方程式。



d) 指出電子在外電路的流動方向。

從電極 X 經外電路流向電極 Y。 (1)

e) 寫出在電池內整體反應的方程式。





## 按章練習 (頁169)

25 (續)



f) 提出氫氧燃料電池的兩項主要優點。

以下任何兩項：

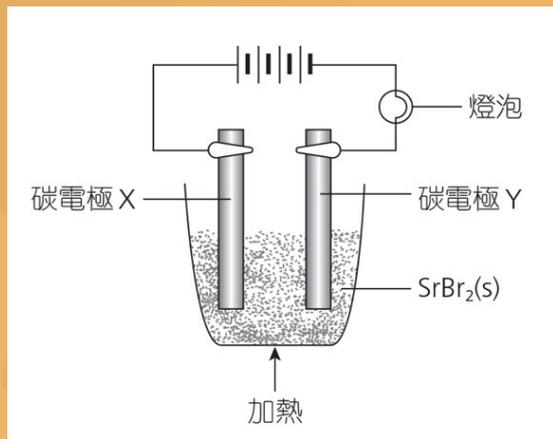
- 燃料電池不會排放空氣污染物。(1)
- 燃料電池的能量轉換效率高。(1)
- 如果氫和氧的供應持續，燃料電池便能連續地運作  
(運作不會中斷，亦不需要再充電)。(1)

g) 與一般可充電電池相比，提出使用氫氧燃料電池來提供  
電動車電能的一項缺點。以下任何一項：

- 很難運送氫。(1)
- 可能發生洩漏氫的情況。(1)
- 氫是易燃的 / 具爆炸性。(1)
- 燃料電池昂貴。(1)
- 燃料電池需要定時重新注入反應物。(1)
- 燃料電池需要持續供應  $H_2$  和  $O_2$ 。(1)
- 氫從化石燃料 / 天然氣製得。(1)
- 氫通過電解製得。(1)

## 按章練習 (頁169)

26 以下是氫氧燃料電池的簡圖。



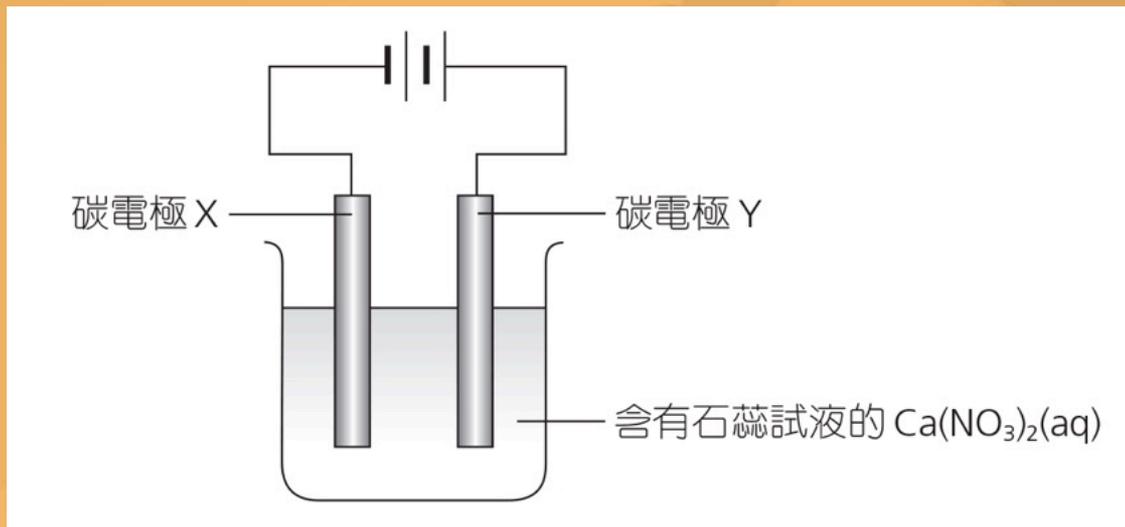
香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

- a) 在以上實驗，當  $\text{SrBr}_2(\text{s})$  變為熔融時，燈泡亮着。  
(Sr 的原子序 = 38)
- 寫出在碳電極 X 的觀察。
  - 寫出在碳電極 Y 上所起變化的半方程式。
- b) 解釋為甚麼該實驗須在煙櫥內進行。

(HKDSE, Paper 1B, 2016, 8(a)–(b))

## 按章練習 (頁169)

27 用碳電極進行含有石蕊試液的稀硝酸鈣溶液的電解。



a) 解釋為甚麼在這過程中沒有鈣生成。

與  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  離子相比， $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。(1)  
因此， $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  離子不會像  $\text{H}^{+}(\text{aq})$  離子般容易被還原。



## 按章練習 (頁169)

27 (續)



b) 指出並解釋在每個電極附近預期的觀察結果。

在電極 X

$H^+(aq)$  離子優先放電，生成無色的氫氣。(1)

電解進行時，水分子離解以取代已放電的  $H^+(aq)$  離子。因此，

$OH^-(aq)$  離子會在電極 X 周圍積聚，令該處溶液呈鹼性，石蕊試液變成藍色。(1)

在電極 Y

$OH^-(aq)$  離子優先放電，生成無色的氧氣。(1)

電解進行時，水分子離解以取代已放電的  $OH^-(aq)$  離子。

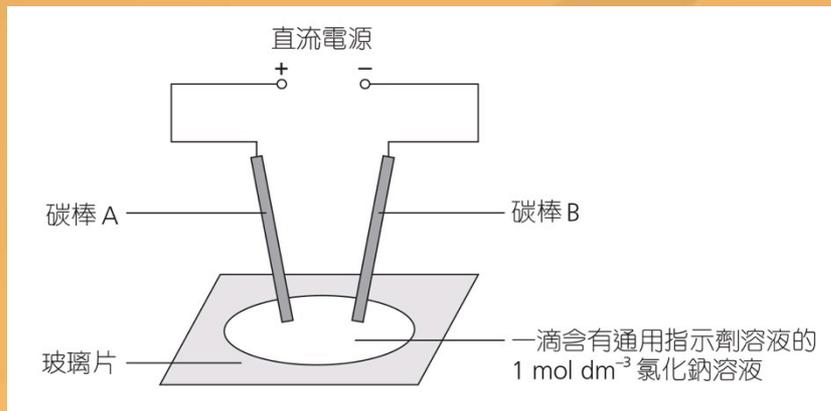
因此， $H^+(aq)$  離子會在電極 Y 周圍積聚，令該處溶液呈酸性，石蕊試液變成紅色。(1)

c) 在電解後，硝酸鈣溶液發生甚麼變化？解釋你的答案。

水在電解過程中被消耗，所以硝酸鈣溶液的濃度增加。(1)

## 按章練習 (頁169)

28 一名學生使用以下展示的裝置進行電解的微型實驗。



a) 有氣體從碳棒 A 釋出。

i) 該氣體是甚麼？

氯 (1)

ii) 輔以一半方程式來解釋該氣體的生成。

$\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子和  $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子被吸引至碳棒 A。

該溶液中  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子的濃度遠高於氫氧離子的濃度。

因此， $\text{Cl}^-(\text{aq})$  離子在碳棒 A 優先放電，生成氯氣。(1)



 按章練習 (頁169)

## 27 (續)

b) 以上顯示的那滴溶液的起始顏色是綠色。指出電流通過電路一段時間後，圍繞碳棒 B 的液體的顏色變化。輔以一半方程來解釋你的答案。

$\text{Na}^+(\text{aq})$  離子和  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子被吸引至碳棒 B。

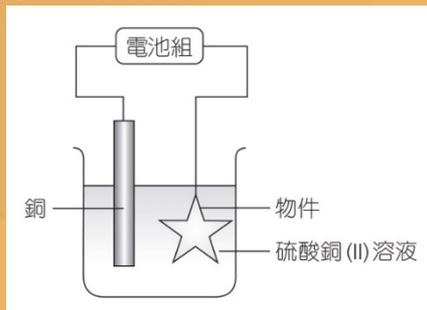
與  $\text{Na}^+(\text{aq})$  離子相比， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子是較強的氧化劑。因此， $\text{H}^+(\text{aq})$  離子在碳棒 B 優先放電。(1)



電解進行時，水分子離解以取代已放電的  $\text{H}^+(\text{aq})$  離子。因此， $\text{OH}^-(\text{aq})$  離子會在碳棒 B 周圍積聚，令該處溶液呈鹼性，通用指示劑溶液變成藍色。(1)

## 按章練習 (頁169)

29 參考下圖所示把一物件電鍍的裝置。



- 解釋為甚麼於電鍍前需把物件上的油垢清除。
- 硫酸銅(II) 是一電解質。「電解質」一詞是甚麼意思？
- 列出所有存在於該溶液的離子。
- 解釋為甚麼在電鍍過程中銅(II) 離子優先放電。
- 寫出在陽極所發生的變化的半方程式。
- 寫出在電鍍過程中於該溶液可觀察得的變化 (如有)。
- 已知在電鍍過程中已有  $2.28 \times 10^{22}$  粒電子流經外電路。  
計算理論上會鍍於該物件上的銅的質量。

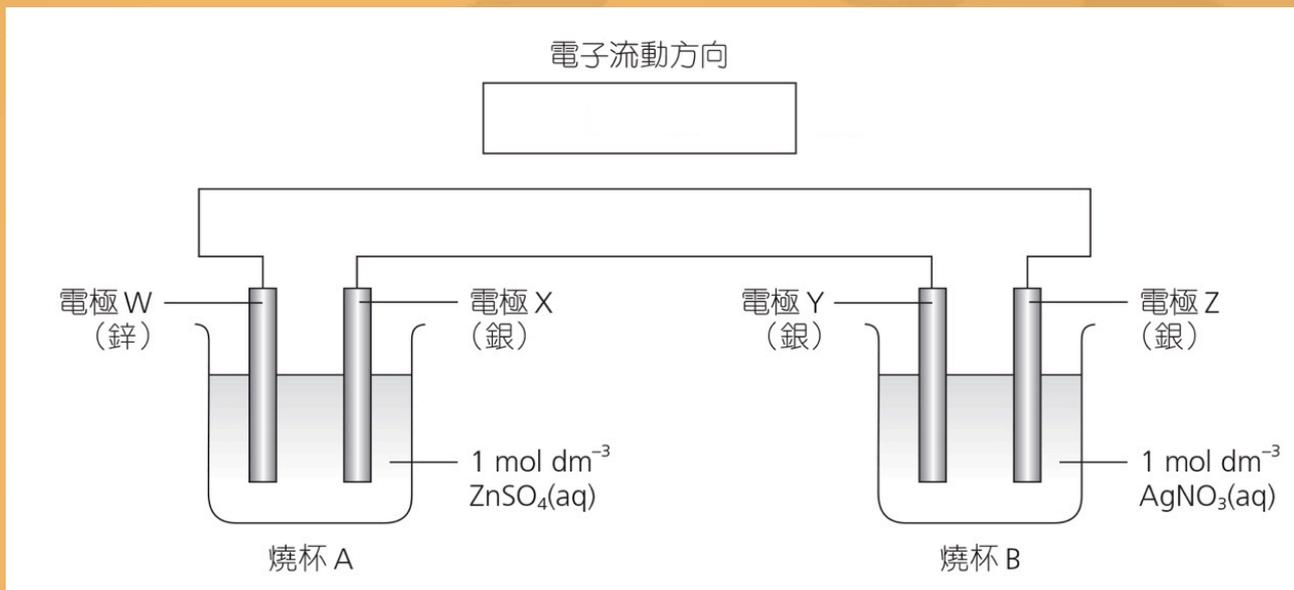
(相對原子質量：Cu = 63.5；亞佛加得羅常數 =  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )

香港公開考試試題答案從略 (如適用)。

(HKDSE, Paper 1B, 2015, 7)

## 按章練習 (頁169)

30 下圖展示一個電子流經導線的裝置。在燒杯 A 中有離子從電極 W 生成。



a) i) 寫出在燒杯 A 中每個電極預期的觀察結果。

電極 W 逐漸變幼。(1)

有無色的氣體從電極 X 釋出。(1)

ii) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。





## 按章練習 (頁169)

30 (續)



- b) 在圖中的方格內，用箭號(——→或←——)表示電子在上方的導線的流動方向。 ——→ (1)
- c) i) 寫出在燒杯 B 中每個電極預期的觀察結果。  
電極 Y 溶解，生成銀離子。 (1)  
銀離子從電極 Z 接收電子，生成銀色的銀澱積物。 (1)
- ii) 寫出在每個電極預期所發生的變化的半方程式。  
 電極 Y:  $\text{Ag(s)} \longrightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$  (1)  
 電極 Z:  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag(s)}$  (1)
- d) 完成下表，在表格填上「陽極」或「陰極」以描述相關電極。

| 電極      | X  | Z  |
|---------|----|----|
| 陽極 / 陰極 | 陰極 | 陰極 |

(1)