

Chapter

18

氧化與還原反應

學習目標

1. 認識化學電池的原理與電池的製備。
2. 認識電池電位的測量方式。
3. 認識電解的意義與電極的反應。
4. 認識碘化鉀水溶液的電解與電極產物的檢驗。
5. 認識法拉第電解定律。
6. 認識鐵生鏽的機制與影響因素。
7. 認識鐵生鏽的防止方法與檢驗方法。
8. 認識維生素 C 與其定量方法。

授課節數 16

本章綱要

- 18-1 理論基礎
 1. 化學電池的製作與電位量測
 2. 電解質的電解與電極產物的檢驗
 3. 鐵生鏽的機制與影響因素、鐵生鏽的防止
 4. 維生素 C 的定量
- 18-2 實習活動 I - 化學電池的製作與電位量測
- 18-3 實習活動 II - 電解質的電解與電極產物的檢驗
- 18-4 實習活動 III - 鐵生鏽的機制與影響因素、鐵生鏽的防止
- 18-5 實習活動 IV - 維生素 C 的定量

氧化還原反應與我們的生活息息相關，如生活中不可或缺的電池即是利用氧化還原反應將化學能轉為電能的裝置；金屬的電鍍為利用外加電源使氧化還原反應發生；鐵的生鏽為鐵與水、氧氣的氧化還原反應；維生素 C 的氧化亦可使身體維持良好的生理機能。本章將介紹電池原理、電解原理、鐵生鏽的機制與維生素 C 的定量。

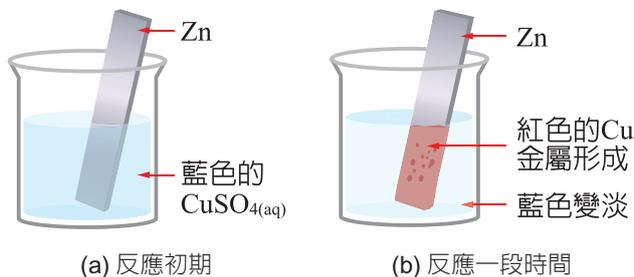
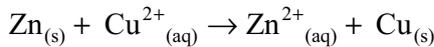


18-1 理論基礎

化學電池的製作與電位量測

一、化學電池原理

化學電池是指利用氧化還原反應將化學能轉為電能的裝置，簡稱「電池」。以鋅片與硫酸銅溶液的反應過程為例說明（如圖 18-1 所示），反應式如下。

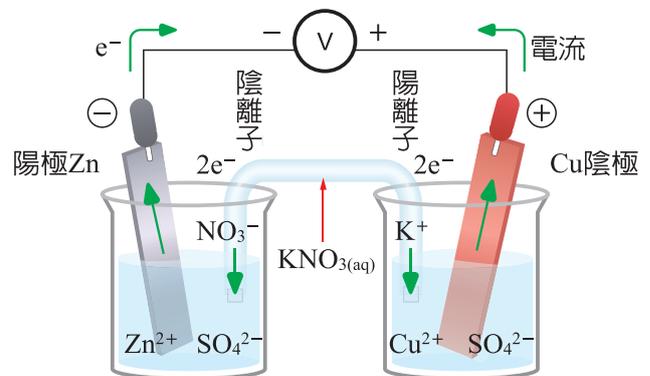
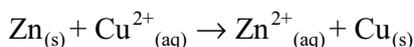


▲圖 18-1 鋅片加入硫酸銅溶液

若將鋅片置於硫酸銅溶液中，我們可觀察到鋅片逐漸溶解且銅漸析出於鋅片上，但因為鋅片直接浸泡在銅離子溶液中，電子直接由鋅原子轉移至銅離子，無法對外產生電流，故此反應僅為伴隨著放熱現象的氧化還原反應。若能使電子由鋅原子經過導線，藉由外電路流回到銅離子，即可產生電流成為化學電池。

二、化學電池構造

化學電池主要由電極與電解質組成，將兩個電極（陽極與陰極）分別插入含該電極金屬離子的電解液中，再以導線和鹽橋連接，此時陽極會放出電子經由導線流入陰極，即可產生電流。以鋅銅電池為例（如圖 18-2 所示），電子會由陽極（Zn）流出，再經導線流入陰極（Cu），電池全反應式如下。

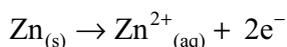


▲圖 18-2 鋅銅電池

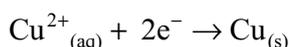
1. 電極 (electrode)

(1) 依「反應」區分

- ① **陽極 (anode)**：失去電子，發生氧化的電極，為負極 (-)，通常由容易失去電子的金屬組成。以鋅銅電池為例，鋅片為陽極，其陽極半反應式如下。



- ② **陰極 (cathode)**：獲得電子，發生還原的電極，為正極 (+)，通常由容易獲得電子的金屬組成。以鋅銅電池為例，銅片為陰極，其陰極半反應式如下。



(2) 依「材料活性」分類

- ① **活性電極**：電極本身參與氧化還原反應，如鋅銅電池中的銅電極與鋅電極。
 ② **惰性電極**：電極本身不參與氧化還原反應，僅幫助導電，如鉑金屬或石墨電極。

2. 電解質

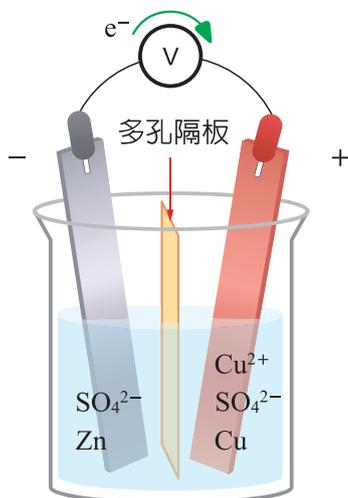
- (1) 將電極置於含有參與氧化還原反應之相關離子的電解質水溶液即可組成半電池 (half-cell)，以鋅銅電池為例。

- ① 鋅片插入硫酸鋅水溶液，組成陽極半電池。
 ② 銅片插入硫酸銅水溶液，組成陰極半電池。

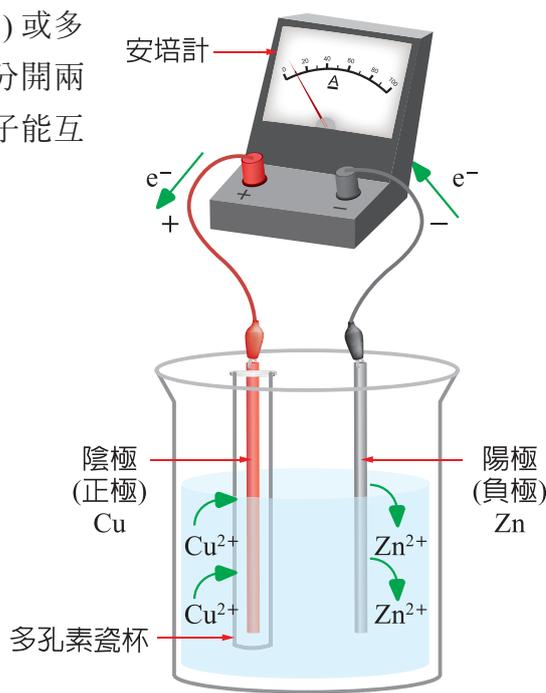
- (2) **鹽橋 (salt bridge)**：連接兩個半電池之裝置。

- ① 功用：藉由離子移動以維持反應過程中電解液的電中性，並溝通兩電極間之電路。
 ② 構造：裝有強電解質，如 KCl、KNO₃、NaNO₃、NH₄NO₃ 等飽和溶液之 U 型管。
 ③ 注意

- a. 鹽橋內電解質溶液不得與電極或電極溶液發生反應。
 b. 為避免溶液從鹽橋大量流出，可在鹽橋兩端塞上玻璃棉、棉花或將鹽類溶於洋菜膠狀物中作為鹽橋的電解質。
 c. 鹽橋可以多孔隔板 (如圖 18-3 所示) 或多孔素瓷杯 (如圖 18-4 所示) 取代以分開兩個半電池的溶液，只要溶液所含離子能互相擴散，而溶液不直接混合即可。



▲ 圖 18-3 以多孔隔板取代鹽橋



▲ 圖 18-4 以多孔素瓷杯取代鹽橋

3. 電池的表示法：陽極 | 陽極溶液 || 陰極溶液 | 陰極

(1) 符號 |：半電池中金屬與溶液的相界面。

(2) 符號 ||：分隔陰、陽極的鹽橋、多孔隔板或多孔素瓷杯。

(3) 以鋅銅電池為例，其可表示為： $\text{Zn} | \text{ZnSO}_{4(\text{aq})} || \text{CuSO}_{4(\text{aq})} | \text{Cu}$

三、電極電位

電子可自發的由陽極流出經由導線流入陰極，是因為兩個電極(半電池)之間具有電位差，而兩個電極半反應的電位無法測得，只能測得全反應之電極電位差，即電池的電壓。因此，為測得半電池電位，必須選擇一參考電極設其電位為零，再與另一半電池組成完整電池，測其電池之電位差，即可計算另一半電池的電位。

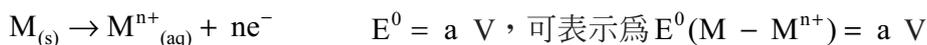
1. 標準電位 (standard potential, E^0)：標準狀態下，即反應容器內溫度 25°C 、氣態物質分壓 1 atm 、電解質濃度 1.0 M 的環境下之電極半反應電位。

2. 半反應電位：

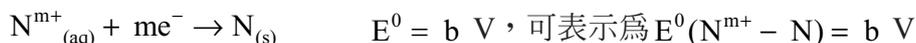
(1) 定義：物質得到或失去電子之傾向，以伏特 (V) 為單位。

(2) 種類

① 氧化電位：為陽極半反應的電位，表示物質失去電子的傾向。氧化電位愈大者，愈易失去電子，屬強還原劑，其反應式與氧化電位如下。

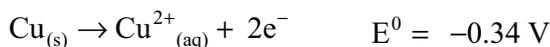
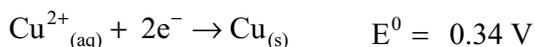


② 還原電位：為陰極半反應的電位，表示物質得到電子的傾向。還原電位愈大者，愈易獲得電子，屬強氧化劑，其反應式與還原電位如下。

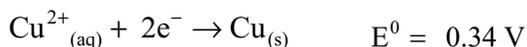


(3) 半反應電位特性

① 半反應式逆寫，其電位 (E^0) 為等值異號，以下式為例。



② 半反應式的係數變 n 倍，其電位不變。



(4) 半反應電位統一以還原電位表示 (如表 18-1 所示)，電池內還原電位大之電極可發生還原反應，為陰極；還原電位小之電極可發生氧化反應，為陽極。

▼表 18-1 標準還原電位

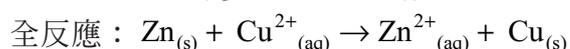
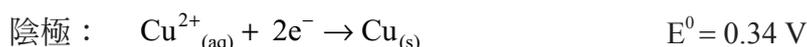
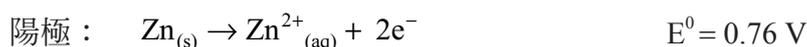
半反應	電位 (V)	半反應	電位 (V)
$F_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2F^-_{(aq)}$	+2.87	$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$	0.00
$O_{3(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow O_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	+2.08	$Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	-0.04
$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Au_{(s)}$	+1.50	$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$	-0.26
$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$	+1.36	$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Co_{(s)}$	-0.28
$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O_{(l)}$	+1.23	$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	-0.45
$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	+0.80	$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$	-0.76
$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$	+0.77	$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$	-0.83
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	+0.34	$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$	-2.71

3. 電池電位差 (ΔE^0)

(1) 電位差與半反應電位的關係

$$\begin{aligned} \Delta E^0 &= E^0_{(\text{氧化, 陽極})} + E^0_{(\text{還原, 陰極})} & \Delta E^0 : \text{電池電位差} & \text{公式 18-1} \\ &= E^0_{(\text{氧化, 陽極})} - E^0_{(\text{氧化, 陰極})} & E^0_{(\text{氧化, 陽極})} : \text{陽極氧化電位} & \\ &= E^0_{(\text{還原, 陰極})} - E^0_{(\text{還原, 陽極})} & E^0_{(\text{還原, 陽極})} : \text{陽極還原電位} & \\ & & E^0_{(\text{氧化, 陰極})} : \text{陰極氧化電位} & \\ & & E^0_{(\text{還原, 陰極})} : \text{陰極還原電位} & \end{aligned}$$

(2) 以鋅銅電池為例，其電位差計算如下。



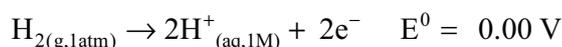
$$\Delta E^0 = 0.76 + 0.34 = 1.10 \text{ V}$$

4. 電位測定

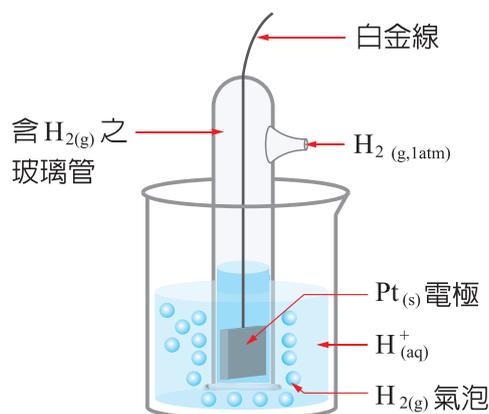
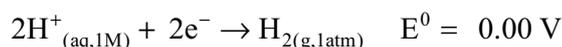
(1) 標準氫電極 (standard hydrogen electrode, SHE) :

25 °C 下，氫氣 1 atm、氫離子濃度 1 M、電極棒為鉑的氫電極。通常以標準氫電極 (如圖 18-5 所示) 作為參考電極 (reference electrode)，訂定其電位為零。

① 標準氧化電位，反應如下。



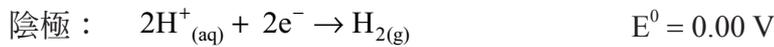
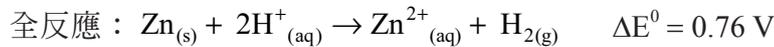
② 標準還原電位，反應如下。



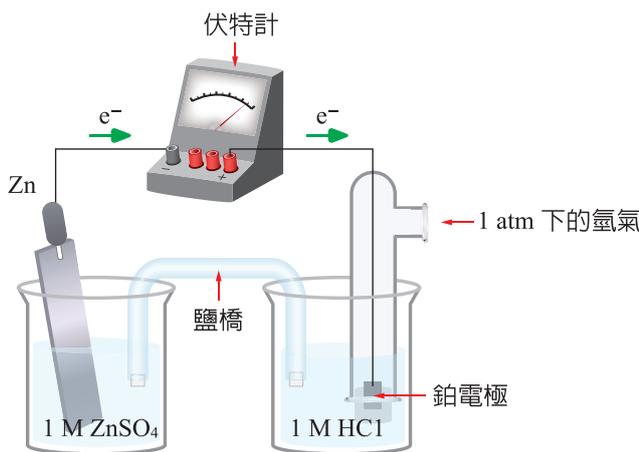
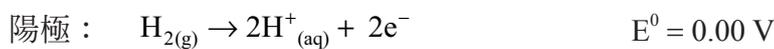
▲圖 18-5 標準氫電極

(2) 電位測定方法：將標準狀態下的半電池與標準氫電極 (參考電極) 組成完整電池，所測得的電壓即為該電極的標準半反應電位。

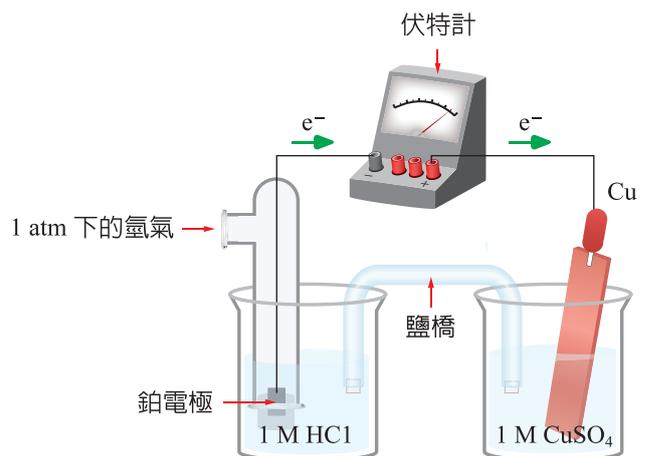
- ① 以鋅半電池的電位測定為例 (如圖 18-6 所示)。伏特計的讀數為 0.76 V，且伏特計指針偏向鉑電極，故由電子流動方向可知鋅電極發生氧化反應，鋅的標準氧化電位為 0.76 V，計算如下。



- ② 以銅半電池的電位測定為例 (如圖 18-7 所示)。伏特計的讀數為 0.34 V，且伏特計指針偏向銅電極，故由電子流的流動方向可知銅電極發生還原反應，銅的標準還原電位為 0.34 V，計算如下。



▲ 圖 18-6 鋅半電池



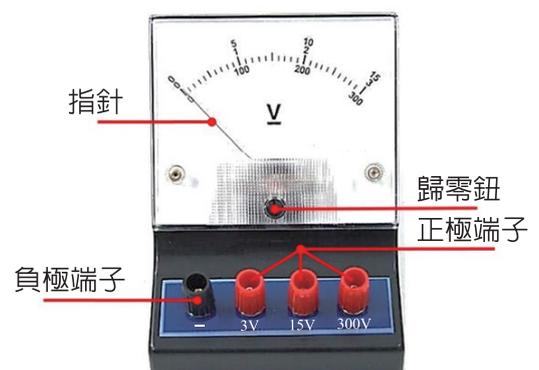
▲ 圖 18-7 銅半電池

四、電池電位量測

量測電池的電壓可使用伏特計 (voltmeter) 或三用電表 (volt-ohm-milliammeter)。三用電表的主要功能為測量電壓、電流與電阻等三種參數，故稱為三用電表，可分為指針式與數位式兩種，其操作方式介紹如下。

1. 伏特計 (如圖 18-8 所示)

- (1) 使用前應先調整歸零鈕使指針歸零。
- (2) 測量時應先採用較大刻度標示測量，確認量測值小於較小刻度後，方可以較小刻度標示測量。
- (3) 測量時，伏特計正極端子應與電池正極相接、負極端子則與電池負極相接。



▲ 圖 18-8 伏特計

- (4) 讀取刻度時 (以圖 18-8 為例), 若插入 300 V 之正極端子, 則讀取範圍為 0 ~ 300 V。
2. 指針式三用電表 (如圖 18-9 所示)

- (1) 使用前應先調整歸零鈕使指針歸零 (刻度表下方的銀色旋鈕)
- (2) 可測量的範圍有直流電壓 (DCV)、交流電壓 (ACV)、直流電流 (DC mA) 與電阻 (Ω)。
- (3) 測量直流電壓之操作

- ① 將紅色測試線的一端插入 P (+) 插座、黑色測試線的一端插入 N (-) 插座。
- ② 將旋鈕調至 DCV 範圍之合適檔位 (測量未知量時, 應從最高檔位開始測, 再逐漸下調至適當檔位)
- ③ 將測試線與電池以「+」極接「+」極、「-」極接「-」極
- ④ 讀取刻度並做刻度換算, 如表 18-2 所示。

- (4) 使用後應關閉電源。

▼表 18-2 直流電壓刻度讀取方式

旋鈕位置	適用刻度	× 比率
0.25	0 ~ 250	× 1/1000
0.5	0 ~ 50	× 1/100
2.5	0 ~ 250	× 1/100
10	0 ~ 10	× 1
50	0 ~ 50	× 1
250	0 ~ 250	× 1
1000	0 ~ 10	× 100

3. 數位式三用電表 (如圖 18-10 所示)

- (1) 使用方法與指針式三用電表類似, 但準確度更高且讀值方便。
- (2) 使用後應關閉電源。



▲圖 18-9 指針式三用電表

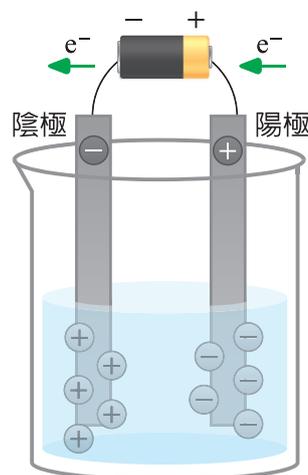


▲圖 18-10 數位式三用電表

●● 電解質的電解與電極產物的檢驗

一、電解

由外界施加直流電, 通入熔融狀態的電解質或電解質溶液中, 產生非自發性的氧化還原反應, 此過程即稱為**電解 (electrolysis)**。以圖 18-11 為例, 當外加直流電源提供足夠電壓, 溶液中陰離子會向陽極移動, 於陽極端會迫使溶液中各物質競相失去電子, 而氧化電位較高之物質將先發生氧化半反應; 同時溶液中陽離子也會向陰極移動, 陰極端各物質被迫競相獲得電子, 而還原電位較高之物質將先發生還原半反應。

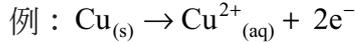
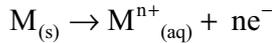


▲圖 18-11 電解

二、電極產物

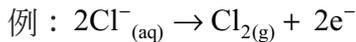
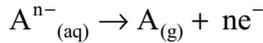
1. 陽極產物：活性電極、陰離子與水皆可失去電子而發生氧化反應，以氧化電位最大者先發生。

(1) 若為活性電極，則半反應通式如下。

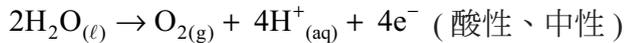


(2) 若為惰性電極，則為陰離子或水失去電子而發生氧化反應。

① 若陰離子的氧化電位大於水，如 Cl^{-} 、 Br^{-} 、 I^{-} 等，則半反應通式如下。

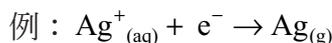
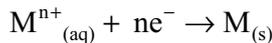


② 若陰離子的氧化電位小於水，如 F^{-} 、 NO_3^{-} 、 SO_4^{-} 、 ClO_4^{-} 等，則水被氧化產生氧氣，反應式如下。

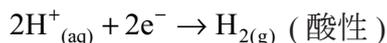
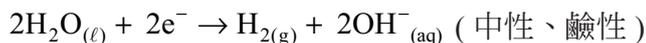


2. 陰極產物：陽離子與水皆可獲得電子而發生還原反應，以還原電位最大者先發生。

(1) 若陽離子的還原電位大於水，如 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^{+} 等，則半反應通式如下。

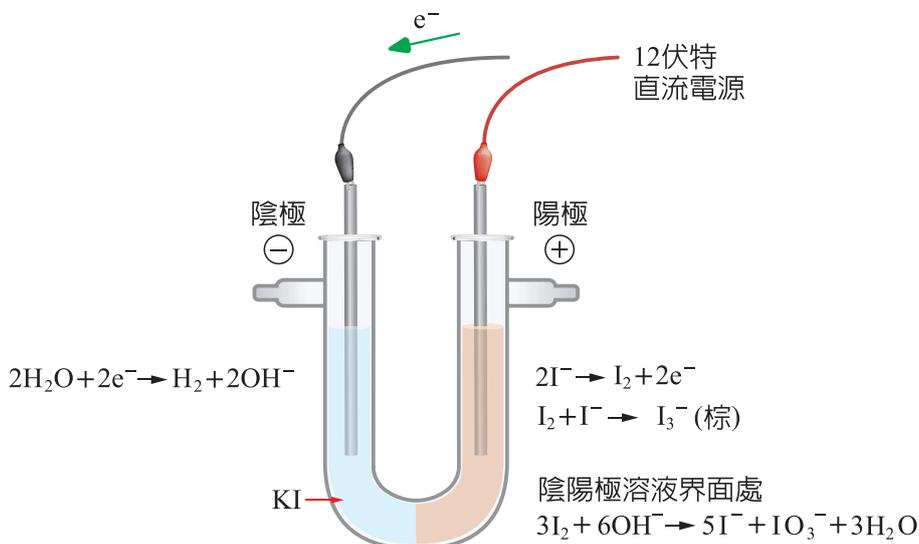


(2) 若陽離子的還原電位小於水，如鹼金屬離子、鹼土金屬離子、 Al^{3+} 、 Mn^{2+} 等，則水被還原產生氫氣，反應式如下。



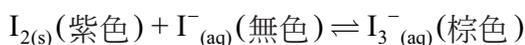
3. 電解碘化鉀水溶液

(1) 以碳棒為電極 (如圖 18-12 所示)，其反應如下。



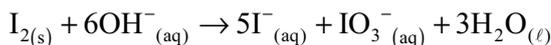
▲ 圖 18-12 碘化鉀的電解

- ① 陽極： $2\text{I}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{I}_{2(\text{s})} + 2\text{e}^-$
- ② 陰極： $2\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$
- ③ 全反應： $2\text{I}^-_{(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow \text{I}_{2(\text{s})} + \text{H}_{2(\text{g})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$
- (2) 碘分子 (I_2) 難溶於水，但若水中有碘離子 (I^-)，則可與 I^- 反應產生可溶於水的 I_3^- 錯離子，反應式如下。



(3) 電極產物的檢驗

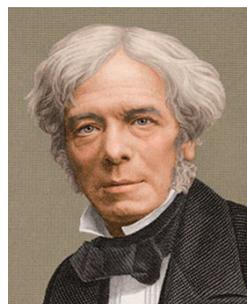
- ① I_2 ：取部分陽極溶液加澱粉溶液可產生深藍色錯合物。若加入四氯化碳 (CCl_4) 搖勻後，因 I_2 可溶於四氯化碳中，故下層的四氯化碳層呈紫色；上層水溶液因 I_3^- 的濃度減少而使棕色變淡。
- ② OH^- ：取部分陰極溶液加酚酞指示劑呈紅色；加氯化鐵溶液 (FeCl_3) 可產生黃褐色 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉澱。
- ③ H_2 ：收集部分陰極氣體，以點燃火柴接近，可放出淡藍色火焰且有爆鳴聲。
- (4) 電解一段時間後，可發現 U 型管底部有明顯的顏色界面，乃因陽極的 I_2 與陰極的 OH^- 作用產生的 I^- 與 IO_3^- 為無色，反應式如下。



三、法拉第電解定律

法拉第 (M. Faraday, 1791 ~ 1867) (如圖 18-13 所示)，利用大量的電解試驗觀察電解產物與電量的定量關係而歸納出電解定律。

1. 法拉第電解第一定律：電解同一物質所析出之產物質量與通入電量成正比。由於電流為單位時間內所通過電量，因此，若固定電流強度，則析出物質的量與電解時間成正比。
2. 法拉第電解第二定律：於不同的電解質溶液中通入相同電量，其物質析出或溶解質量與該物質原子量成正比，而與其得失電子數成反比。由於每莫耳電子的帶電量為 96500 庫侖，即 1 法拉第 (F)，故通入的電子莫耳數與析出的原子莫耳數關係如公式 18-2 所示。



▲圖 18-13 法拉第

$$\frac{Q}{F} = \frac{I \times t}{F} = \frac{m}{M} \times n$$

Q：通入的電量 [庫侖]

公式 18-2

F：法拉第常數 [96500 庫侖 / 莫耳]

I：電流強度 [安培]

t：電流通過時間 [秒]

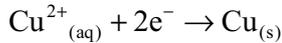
m：析出或溶解的產物質量 [克]

M：物質原子量 [克 / 莫耳]

n：得失電子數

3. 本實驗驗證法拉第電解定律的方式如下。

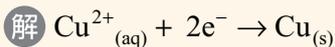
(1) 以銅片為電極，在固定電流強度下，進行硫酸銅溶液的電解，以驗證法拉第電解第一定律，可觀察發現陰極的銅片重量隨著電解時間增加而增加，其陰極半反應式如下。



例題

01

以 10.0 安培電流電解 1.00 M $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 250 毫升，假設電解過程中溶液體積不變，若通電 5 分鐘，則陰極應可析出若干克的銅？（原子量：Cu = 63.5）



$$\frac{10.0 \times 5 \times 60}{96500} = \frac{m}{63.5} \times 2$$

$$m = 0.987 \text{ 克}$$

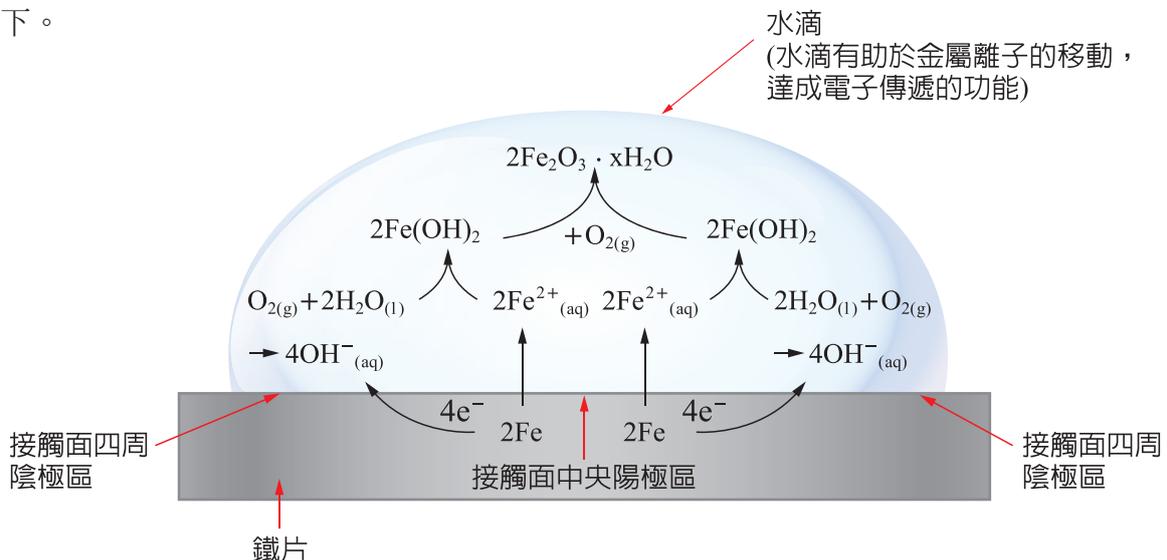
(2) 以銅片為電極，在固定電流強度下，同時電解硫酸銅溶液與氯化亞銅溶液，比較兩溶液之陰極析出銅重量，可觀察發現相同的電解時間下，硫酸銅溶液之陰極銅片增加重量與氯化亞銅溶液之陰極銅片增加重量比值為 1：2，其陰極半反應式如下。



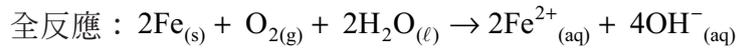
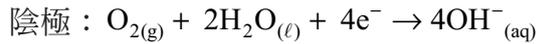
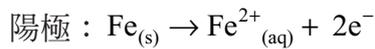
鐵生鏽的機制與影響因素、鐵生鏽的防止

一、鐵生鏽的機制

金屬腐蝕是指金屬與周圍物質進行自發性的氧化還原反應，而有破壞性的侵蝕現象。常見金屬腐蝕現象為鐵生鏽，生鏽的機制類似電池的電化學反應，如圖 18-14 所示。鐵片的表面為水滴，鐵失去了電子而氧化成亞鐵離子；水滴外圍與空氣接觸面積較大，含氧量較高，此溶解在水中的氧氣則會獲得電子而發生還原反應，故水的內、外部構成了電池的陰極與陽極，其反應式如下。



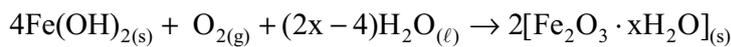
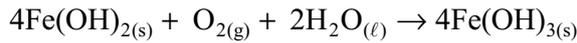
▲ 圖 18-14 鐵生鏽機制



由於氫氧化亞鐵 ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) 在水中不可溶，故全反應式可表示如下。



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 會再與空氣中的氧氣和水反應生成紅棕色之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 或 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，此即為鐵鏽的主要成分，反應式如下。



二、鐵生鏽的影響因素

1. 溫度越高，反應速率越快，可加速鐵的生鏽。
2. 酸性環境下可加速鐵的生鏽。
3. 鐵的變形、彎曲與坑洞處，生鏽速度較快。
4. 電解質溶液有陰、陽離子可幫助電子流通，故鐵在海水比在淡水中容易生鏽 (如圖 18-15 所示)。
5. 鐵的表面有雜質，生鏽速度較快。
6. 鐵與還原電位較大的金屬接觸時，可加速鐵的生鏽，如 Ag、Cu、Sn 等。但若與還原電位較小的金屬接觸時，可延緩腐蝕速率，如 Al、Mg、Zn 等。

三、鐵生鏽的防止

1. 陰極保護法：將鐵與更活潑金屬連接構成電池，使活潑金屬成為陽極而氧化，鐵則為陰極而被保護防止生鏽 (如圖 18-16 所示)。
2. 在鐵的表面鍍上另一種金屬或合金做保護層，使鐵與空氣、水隔絕以防止生鏽。
 - (1) 若鍍上的金屬活性較鐵小，則保護層被破壞而變得不完整時，保護層與鐵會形成電池，使鐵進行氧化反應而加速生鏽，如鍍錫在鐵上的馬口鐵。
 - (2) 若鍍上的金屬活性較鐵大，則保護層被破壞而變得不完整時，保護層與鐵形成電池，使保護層進行氧化反應而讓鐵不會生鏽，如鍍鋅在鐵上。
3. 在鐵的表面塗上一層保護層，如油漆、陶瓷、瀝青與高分子材料使鐵與空氣、水隔絕以防止生鏽 (如圖 18-17 所示)。



▲ 圖 18-15 生鏽的船身



▲ 圖 18-16 鋅塊或鋁塊裝上船身底部防止生鏽



▲ 圖 18-17 對船殼上保護漆

四、鐵鏽的檢驗

1. 陽極產物 (Fe^{2+}) 之檢驗：加入赤血鹽溶液 (鐵氰化鉀, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)，會產生藍色沉澱。
2. 陰極產物 (OH^-) 之檢驗：加入酚酞指示劑呈粉紅色，加入氯化鐵 (FeCl_3) 呈褐色。



充電小站

檢驗 Fe^{3+} 、 Fe^{2+}

1. 檢驗鐵離子 (Fe^{3+})，可加入黃血鹽溶液 (亞鐵氰化鉀, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)，會產生藍色沉澱，此沉澱物為亞鐵氰化鐵 ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$)，俗稱普魯士藍。若加入硫氰酸鉀 (KSCN) 則可與 Fe^{3+} 生成血紅色的硫氰酸鐵離子 (FeSCN^{2+})。
2. 檢驗亞鐵離子 (Fe^{2+})，可加入赤血鹽溶液 (鐵氰化鉀, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)，會產生藍色沉澱，早期認為此沉澱為鐵氰化亞鐵 ($\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$)，俗稱滕氏藍，後來發現 Fe^{2+} 與 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ 反應時，兩者會先進行氧化還原生成 Fe^{3+} 與 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ ，而後再生成亞鐵氰化鐵 ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$)，俗稱普魯士藍。

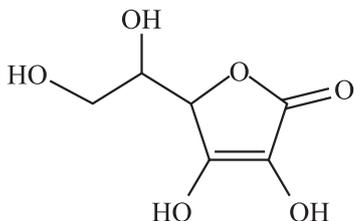
維生素 C 的定量

一、維生素

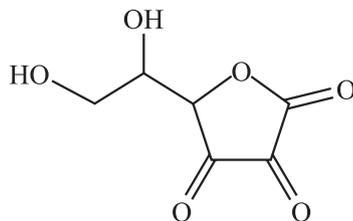
維生素 (vitamin)，又稱維他命，雖不像醣類、脂肪和蛋白質可產生熱量或能量，但可有助新陳代謝、預防慢性疾病，使身體維持良好的生理機能，是維持生命的重要養分，在人體內大多無法自行製造或合成，必須依靠食物來取得。

維生素一般可分成兩大類，一大類為脂溶性維生素，包括維生素 A、D、E 和 K，可溶解於體內脂肪中，多餘的脂溶性維生素則儲存於肝臟，不會排出體外；另一大類為水溶性維生素，包括維生素 B 和 C，可溶解於水，體內多餘的水溶性維生素會從汗水或尿液排出體外。

其中維生素 C 雖是動物體內的重要維生素，但也是最不穩定的維生素，其易溶於水且易受光、熱、氧、鹼、氧化酵素與微量金屬如銅、鐵所破壞，一般在乾燥狀態、酸性條件或低溫時較為穩定。維生素 C 的分子式 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ，是一種強還原劑，結構式如圖 18-18 所示，很容易被氧化成去氫維生素 C，分子式 $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$ ，結構式如圖 18-19 所示。利用這樣的機制，可以避免人體內維生素 A、E 及多元不飽和脂肪酸被氧化，也使 Fe^{3+} 還原為人體較容易吸收的 Fe^{2+} ，提高人體的鐵吸收率。除此之外，維生素 C 亦參與膠原蛋白的合成，故維生素 C 可促進傷口癒合、燒傷復原及增加對受傷感染的抵禦能力。



▲ 圖 18-18 維生素 C 結構式



▲ 圖 18-19 去氫維生素 C 結構式



充電小站

維生素 C

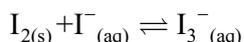
1. 缺乏維生素 C 會引起壞血病，故維生素 C 常被稱為抗壞血酸 (ascorbic acid)。
2. 一般動物可自行合成維生素 C，但人類、猿猴、天竺鼠、一些鳥類及魚類無法在體內合成，故必須完全由食物中攝取。
3. 大多新鮮的蔬果中皆含有豐富的維生素 C。
 - (1) 臺灣產的水果中以番石榴的含量最豐富，柑橘屬水果，如柳橙、橘子、葡萄柚、柚子、文旦、檸檬亦含有豐富的維生素 C，另外如奇異果、番茄、草莓、鳳梨、甜柿等含量也相當高。但其他水果，如香蕉、桃子、梨、瓜類、蘋果等含量則較少。
 - (2) 蔬菜中也含有豐富的維生素 C，淺色蔬菜中以綠芽菜含量最豐富，其次為甜椒、花椰菜、高麗菜心及小白菜。而綠色蔬菜則以香椿含量最高，其次為油菜花、芥藍、野苦瓜、青花菜、皇宮菜等。

二、維生素 C 的定量方法

維生素 C 的定量方法常使用碘滴定法，即利用維生素 C 易被氧化之特性，以澱粉為指示劑，碘 (I_2) 做氧化劑與維生素 C 進行氧化還原反應生成去氫維生素 C，反應式如下。



由於 I_2 易揮發且難溶於水，不易精確配製碘溶液，但 I_2 可與碘離子 (I^-) 作用產生可溶於水的三碘離子 (I_3^-)，其不但大幅降低碘的揮發性且化學反應亦與碘相同，反應式如下。



故本實驗將以碘酸根離子 (IO_3^-) 和過量 I^- 的酸性溶液進行氧化還原反應產生碘，再與維生素 C 作用，反應式如下。



以碘溶液滴定維生素 C 溶液，剛滴入時，碘隨即與維生素 C 反應，當滴定達當量點時，多滴的碘溶液則會與澱粉形成深藍色錯合物，故可定量未知物的維生素 C 含量，計算方法如下。

1. 本實驗利用精稱碘酸鉀重和過量碘化鉀配成的酸溶液 250 mL，可計算得 I_2 的濃度。
 - (1) 碘酸鉀溶液的濃度計算，如公式 18-3 所示。

$$C_{IO_3^-} = \frac{\frac{W_{KIO_3}}{M_{KIO_3}}}{250 \text{ mL}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}}$$

$C_{IO_3^-}$: 碘酸鉀體積莫耳濃度 [M] 公式 18-3
 W_{KIO_3} : 碘酸鉀質量 [g]
 M_{KIO_3} : 碘酸鉀式量 [$214 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$]

- (2) 碘溶液的濃度計算，如公式 18-4 所示。

$$C_{I_2} = C_{IO_3^-} \times 3$$

$C_{IO_3^-}$: 碘酸鉀體積莫耳濃度 [M] 公式 18-4
 C_{I_2} : 碘體積莫耳濃度 [M]

2. 本實驗將試樣配成 100 mL 溶液，取 20 mL 與碘溶液作用，推算維生素 C 的含量，如公式 18-5 所示。

$$W_{C_6H_8O_6} = C_{I_2} \times V_{I_2} \times M_{C_6H_8O_6} \times \frac{100 \text{ mL}}{20 \text{ mL}}$$

$$C_{C_6H_8O_6} = \frac{W_{C_6H_8O_6}}{W} \times 100\%$$

$W_{C_6H_8O_6}$: 維生素 C 質量 [g] 公式 18-5

C_{I_2} : 碘體積莫耳濃度 [M]

V_{I_2} : 碘溶液體積 [L]

$M_{C_6H_8O_6}$: 維生素 C 分子量 [$176.1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$]

$C_{C_6H_8O_6}$: 維生素 C 含量 [%]

W : 試樣質量 [g]

18-2 實習活動 I - 化學電池的製作與電位量測

實驗目的

1. 熟悉電池的製備方式。
2. 熟悉電池電位的測量方式。

器材藥品

名稱	規格	數量
量筒	50 mL	1 個
U 型玻璃管	直徑 15 mm × 長 150 mm	1 個
砂紙	#400	1 張
燒杯	100 mL	3 個
電線	附鱷魚夾	2 條
銅片		1 片
鋅片		1 片
鎳片		1 片
碳棒		1 支
伏特計		1 臺
硫酸鋅溶液	1.0 M	50 mL
硫酸鎳溶液	1.0 M	50 mL
硫酸銅溶液	1.0 M	50 mL
硝酸鉀溶液	飽和溶液	200 mL
脫脂棉		適量

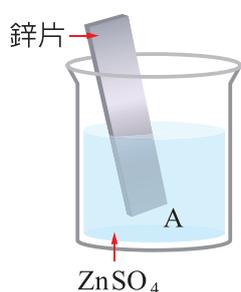
實驗步驟

步驟 1



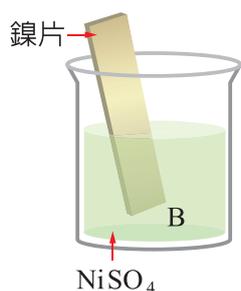
取一個銅片、鋅片、鎳片與碳棒用砂紙磨光表面後，以去離子水洗淨備用。

步驟 2

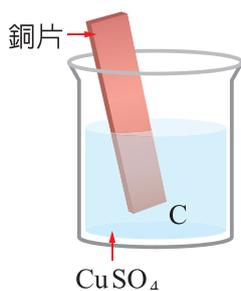


取 3 個 100 mL 燒杯，標記 A、B、C，分別加入 50 mL 電解質溶液與電極製成半電池。

(1) A 燒杯內裝鋅片與 50 mL 硫酸鋅溶液。

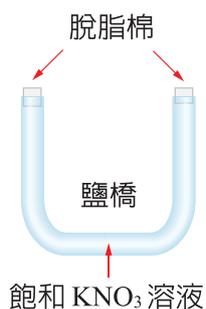


(2) B 燒杯內裝鎳片與 50 mL 硫酸鎳溶液。



(3) C 燒杯內裝銅片與 50 mL 硫酸銅溶液。

步驟 3

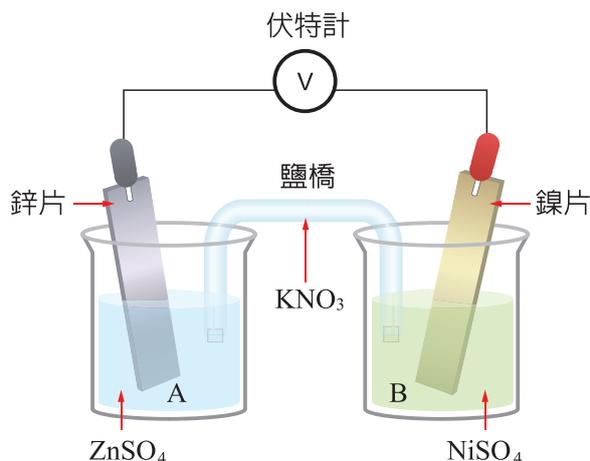


裝置鹽橋。

(1) 取飽和硝酸鉀溶液裝滿 U 型管。

(2) 取脫脂棉二團，先以飽和硝酸鉀溶液浸濕，隨後塞在 U 型管的兩端備用。

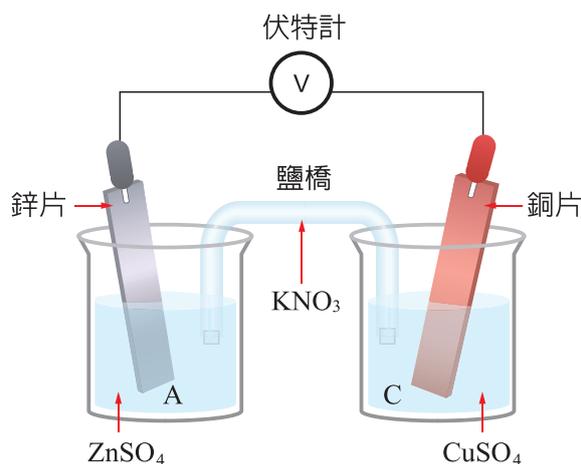
步驟 4



將 A、B 兩半電池組成完整電池，利用伏特計測定電位差並觀察其性質。

- (1) 取兩條附有鱷魚夾之電線，一條連接伏特計負極與鋅片、一條連接伏特計正極與鎳片。
- (2) 將鹽橋置入 A、B 兩半電池溶液中，觀察伏特計電位差並記錄。
- (3) 將鎳片換成碳棒，利用伏特計測定電位差並記錄。
- (4) 反應 20 分鐘後，觀察半電池的溶液顏色變化。

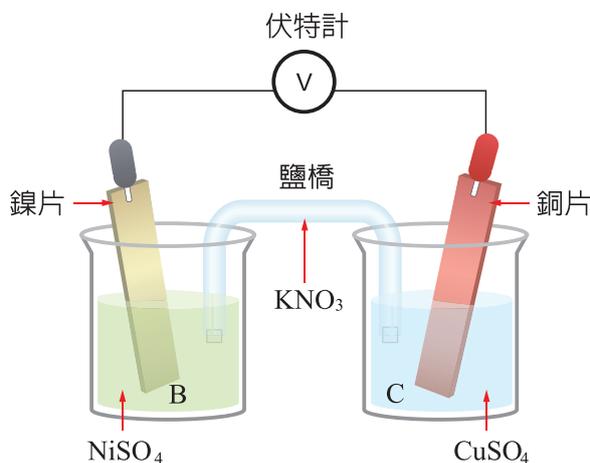
步驟 5



將 A、C 兩半電池組成完整電池，利用伏特計測定電位差並觀察其性質。

- (1) 取兩條附有鱷魚夾之電線，一條連接伏特計負極與鋅片、一條連接伏特計正極與銅片。
- (2) 將鹽橋置入 A、C 兩半電池溶液中，觀察伏特計電位差並記錄。
- (3) 將銅片換成碳棒，利用伏特計測定電位差並記錄。
- (4) 反應 20 分鐘後，觀察半電池的溶液顏色變化。

步驟 6



將 B、C 兩半電池組成完整電池，利用伏特計測定電位差並觀察其性質。

- (1) 取兩條附有鱷魚夾之電線，一條連接伏特計負極與鎳片、一條連接伏特計正極與銅片。
- (2) 將鹽橋置入 B、C 兩半電池溶液中，觀察伏特計電位差並記錄。
- (3) 將銅片換成碳棒，利用伏特計測定電位差並記錄。
- (4) 反應 20 分鐘後，觀察半電池的溶液顏色變化。



充電小站

實驗注意事項

1. 電極在每次使用前均應以砂紙磨光表面。
2. 更換燒杯組成下一個電池時，鹽橋應重新裝置。
3. 電池的電壓會隨著放電時間增加而降低，故應記錄剛接通電路時之電壓。

實驗數據記錄與分析

1. 觀察 A - B 電池

(1) 反應式

① 半電池 A 之反應：_____

② 半電池 B 之反應：_____

③ 全反應：_____

(2) 實測電位差：_____ V

(3) 將鋅片換成碳棒後測得之電位差：_____ V

(4) 放電過程中，半電池的溶液顏色變化

① 半電池 A 的溶液顏色變化：_____

② 半電池 B 的溶液顏色變化：_____

2. 觀察 A - C 電池

(1) 反應式

① 半電池 A 之反應：_____

② 半電池 C 之反應：_____

③ 全反應：_____

(2) 實測電位差：_____ V

(3) 將銅片換成碳棒後測得之電位差：_____ V

(4) 放電過程中，半電池的溶液顏色變化

① 半電池 A 的溶液顏色變化：_____

② 半電池 C 的溶液顏色變化：_____

3. 觀察 B - C 電池

(1) 反應式

① 半電池 B 之反應：_____

② 半電池 C 之反應：_____

③ 全反應：_____

(2) 實測電位差：_____ V

(3) 將銅片換成碳棒後測得之電位差：_____ V

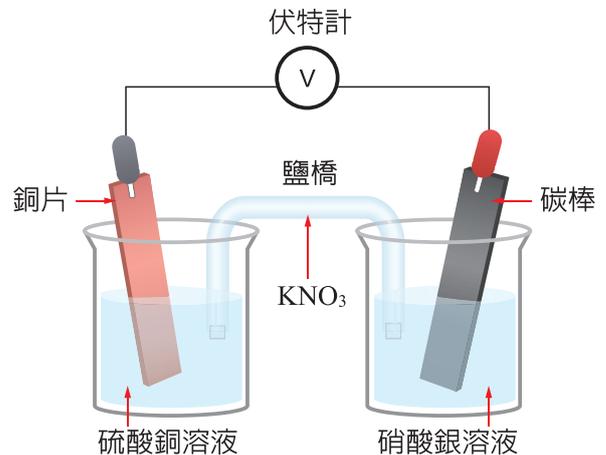
(4) 放電過程中，半電池的溶液顏色變化

① 半電池 B 的溶液顏色變化：_____

② 半電池 C 的溶液顏色變化：_____

問題與討論

1. 進行化學電池的製作與電位量測實驗時，觀察鋅銅電池之放電過程，銅半電池的溶液顏色為何會變淡？
2. 進行化學電池的製作與電位量測實驗時，觀察各電池之放電過程，若陰極改使用碳棒，其電位為何不變？
3. 鹽橋在化學電池中的功用為何？
4. 準備兩個燒杯，編號甲、乙，現在於甲燒杯中裝入 1 M 硫酸銅溶液與銅片、乙燒杯中裝入 1 M 硝酸銀溶液與碳棒，現在以伏特計與導線連接，如右圖。請問鹽橋剛放入燒杯內時，電池電位差應為多少伏特？左、右兩個半電池各發生什麼樣的反應？一段時間後，銅片與碳棒的重量有何變化？甲、乙燒杯內溶液顏色有何變化？



已知標準還原電位： $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$ $E^0 = 0.34\text{V}$

$\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$ $E^0 = 0.80\text{V}$

18-3 實習活動 II - 電解質的電解與電極產物的檢驗

實驗目的

1. 熟悉電解的意義與電極的反應。
2. 熟悉碘化鉀水溶液的電解與電極產物的檢驗。
3. 驗證法拉第電解定律。

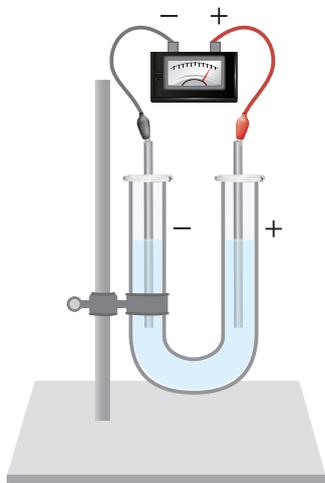
器材藥品

名稱	規格	數量
碳棒		2 支
量筒	100 mL	1 個
U 型玻璃管		1 個
鐵架		1 組
延伸夾	附固定架	1 組
電源供應器		1 臺
滴管		6 支
試管		4 支
銅片		4 片
砂紙	#400	1 張
重力過濾裝置	含玻璃漏斗、漏斗架	1 組
攪拌棒		1 支
濾紙		數張
燒杯	250 mL	2 個
錐形瓶	250 mL	1 個
橡皮塞		1 個
電線	附鱷魚夾	3 條
電子天平	精密度 0.0001 g	1 臺
厚紙板	長 12 cm、寬 6 cm	2 片
碘化鉀溶液	0.5 M	100 mL
酚酞指示劑		1 mL
氯化鐵溶液	0.1 M	5 mL
四氯化碳		5 mL
硫酸銅溶液	1 M	300 mL
氯化亞銅		20 g
濃鹽酸		100 mL
銅粉		5 g

實驗步驟

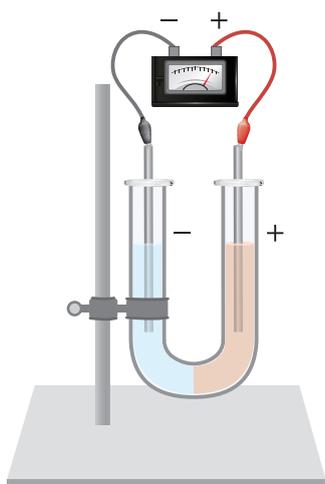
一、碘化鉀水溶液的電解

步驟 1



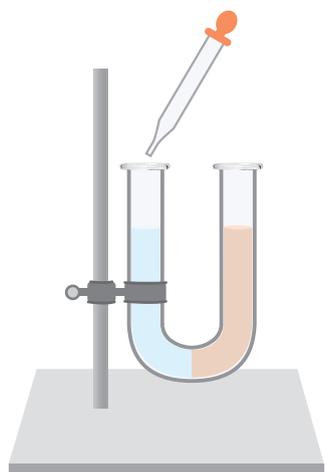
以碳棒為電極與 U 型管、鐵架與電源供應器組成電解裝置，將 0.5 M 碘化鉀溶液，倒入 U 型管中至約 9 分滿。

步驟 2



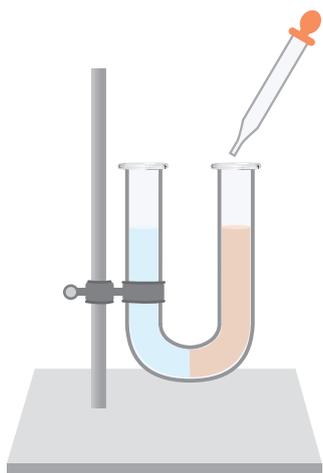
連接電源供應器，以 12 V 之直流電源通電約 10 分鐘，觀察陰、陽兩極所發生之變化並記錄。

步驟 3



小心移去電極，迅速以滴管吸取陰極溶液置於 2 支乾淨試管中（各 2 mL），編號 A、B。

步驟 4



迅速以滴管吸取陽極溶液置於 2 支乾淨試管中 (各 2 mL)，編號 C、D。

步驟 5



分別於試管加入下列藥品後搖盪，觀察變化並記錄。

- (1) A 試管中加入 2 ~ 3 滴酚酞指示劑。
- (2) B 試管中加入 2 mL 之 0.1 M FeCl_3 溶液。
- (3) C 試管中加入 2 mL CCl_4 溶液。
- (4) D 試管中加入數滴澱粉溶液。

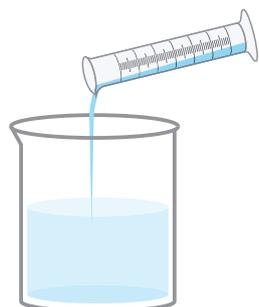
二、法拉第電解第一定律驗證

步驟 1



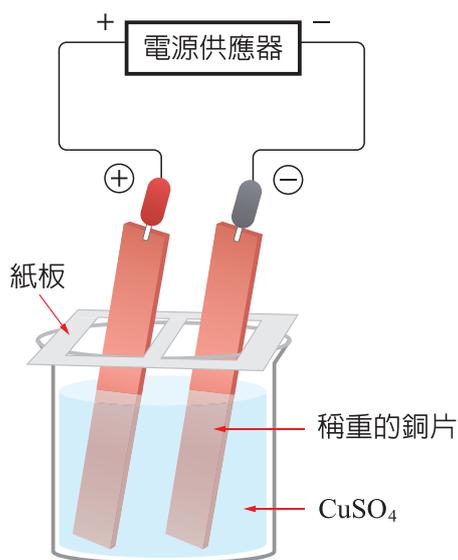
取 2 個銅片以砂紙磨光，再清洗表面污垢，乾燥後取 1 片精稱重量並記錄。

步驟 2



取 150 mL 1.0 M 硫酸銅溶液倒入 250 mL 燒杯。

步驟 3



- (1) 將 2 個銅片置於硫酸銅溶液中，接上電源供應器通入直流電，已知重量的銅片接負極、未稱重的銅片接正極。
- (2) 控制電流為 1.0 A，通電 10 分鐘後，取出負極銅片以蒸餾水清洗、再以濾紙吸乾電極上附著水分後稱重並記錄。
- (3) 將銅片接回負極再通電 10 分鐘，取出負極銅片以蒸餾水清洗、再以濾紙吸乾電極上附著水分後稱重並記錄。

三、法拉第電解第二定律驗證

步驟 1



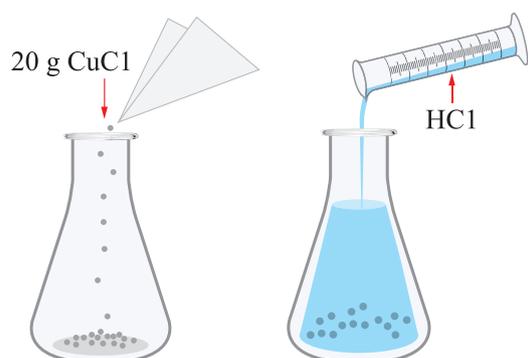
取 4 個銅片以砂紙磨光，再清洗表面污垢，乾燥後取 2 片精稱重量並記錄，編號 A、B。

步驟 2

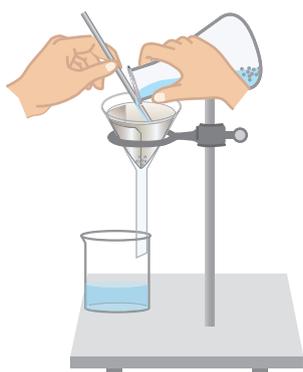
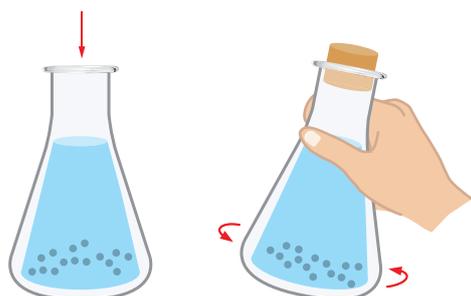


製備電解液

- (1) 硫酸銅溶液：取 1 M 硫酸銅溶液 150 mL 倒入 250 mL 燒杯中。



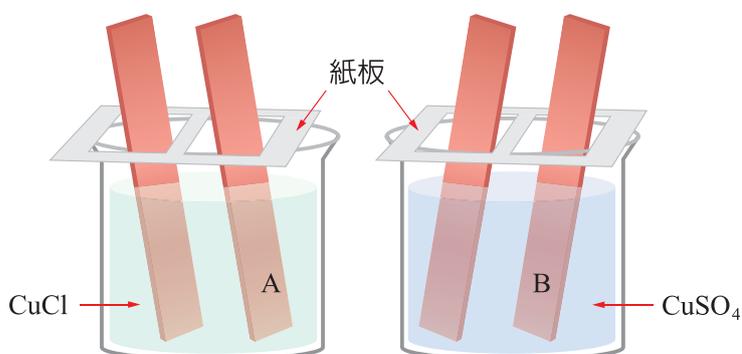
5 g 銅粉與
100 mL 蒸餾水



(2) 氯化亞銅溶液：

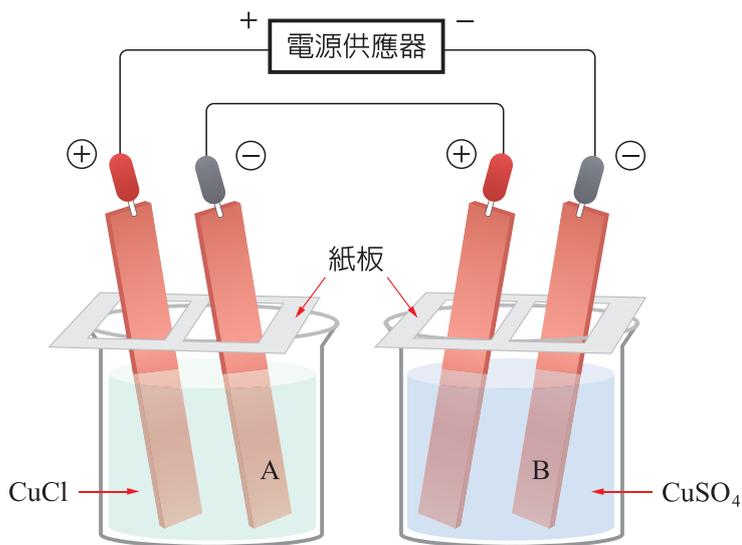
- ① 稱取 20 g 氯化亞銅倒入 250 mL 錐形瓶內。
- ② 加入 100 mL 濃鹽酸溶解。
- ③ 加入 5 g 銅粉防止 Cu^+ 氧化成 Cu^{2+} 。
- ④ 加入 100 mL 蒸餾水。
- ⑤ 塞入橡皮塞激烈搖勻後靜置。
- ⑥ 利用重力過濾法將 150 mL 的澄清液收集於 250 mL 燒杯中。

步驟 3



將銅片 A 置於裝氯化亞銅溶液的燒杯、銅片 B 置於裝硫酸銅溶液的燒杯，另兩個銅片分別置於硫酸銅溶液與氯化亞銅溶液中。用紙板將銅片固定，兩銅片距離約 3 cm，且銅片於電解液之深度約 5 cm。

步驟 4



將電源供應器、電極、以電線串聯。

- (1) 電源供應器正極與氯化亞銅溶液中的未稱重銅片相接。
- (2) 銅片 A 與硫酸銅溶液中的未稱重銅片相接。
- (3) 電源供應器負極與銅片 B 相接。

步驟 5

控制電流為 1.0 A，通電 10 分鐘後，小心取出銅片 A、銅片 B 以蒸餾水清洗電極，用濾紙吸乾附著水分，然後精稱其重量並記錄。

實驗數據記錄與分析

一、碘化鉀水溶液的電解

1. 通電後的變化
 - (1) 陽極 (+) : _____
 - (2) 陰極 (-) : _____
2. A 試管中加入酚酞指示劑
 - (1) 溶液呈現 _____ 色
 - (2) 表示溶液為 _____ 性 (酸、中、鹼)
3. B 試管中加入 FeCl_3 溶液
 - (1) 產生 _____ 沉澱
 - (2) 反應式 : _____
4. C 試管中加入 CCl_4 溶液，搖盪後分兩層
 - (1) 上層為 _____ 色
 - (2) 下層為 _____ 色
5. D 試管中加入數滴澱粉溶液。
 - (1) 溶液呈 _____ 色
 - (2) 表示溶液中含有 : _____

二、法拉第電解第一定律驗證

1. 陰極銅片重量

電解前之陰極銅片重量， $W_0(\text{g})$	
通電 10 分鐘後之陰極銅片重量， $W_1(\text{g})$	
再通電 10 分鐘後之陰極銅片重量， $W_2(\text{g})$	

2. 重量變化

通電 10 分鐘後之陰極銅片增加重， $W_3(\text{g})$		$W_3 = W_1 - W_0$
再通電 10 分鐘後之陰極銅片增加重， $W_4(\text{g})$		$W_4 = W_2 - W_0$

3. 銅片增加重量與電解時間是否成正比？ _____

4. 是否遵守法拉第電解第一定律？ _____

三、法拉第電解第二定律驗證

1. 銅片 A 重量

電解前之銅片 A 重量， $W_5(\text{g})$		
通電 10 分鐘後之銅片 A 重量， $W_6(\text{g})$		
銅片 A 之重量變化， $W_7(\text{g})$		$W_7 = W_6 - W_5$

2. 銅片 B 重量

電解前之銅片 B 重量， $W_8(\text{g})$		
通電 10 分鐘後之銅片 B 重量， $W_9(\text{g})$		
銅片 B 之重量變化， $W_{10}(\text{g})$		$W_{10} = W_9 - W_8$

3. 電極半反應

(1) 銅片 A： _____

(2) 銅片 B： _____

4. 銅片 A 與銅片 B 的重量變化之比值： _____

5. 是否遵守法拉第電解第二定律？ _____

問題與討論

- 以碳棒為電極，電解碘化鉀水溶液，請寫出其陽極半反應式、陰極半反應式、全反應式。
- 電解碘化鉀水溶液產生的棕色溶液，若取少量加入四氯化碳搖勻，會發生什麼變化？
- 請說明法拉第電解定律。
- 以相同電量通入硫酸銅和氯化亞銅電解槽時，析出的銅金屬，質量是否相同？請簡述原因？

18-4 實習活動 III - 鐵生鏽的機制與影響因素、鐵生鏽的防止

實驗目的

1. 熟悉鐵生鏽的機制與影響因素。
2. 熟悉鐵生鏽的防止方法與檢驗方法。

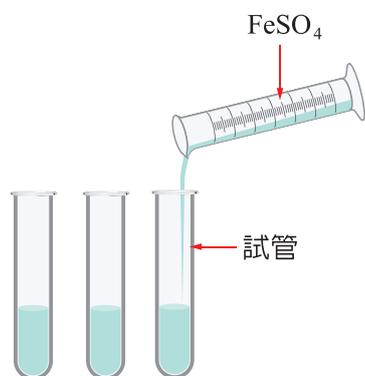
器材藥品

名稱	規格	數量
試管		6 支
試管架		1 個
滴管		6 支
量筒	10 mL	1 個
燒杯	250 mL	1 個
本生燈		1 組
鐵架	含鐵環	1 組
陶瓷纖維網		1 個
點火槍		1 支
攪拌棒		1 支
培養皿	Ø10 cm	2 個
老虎鉗		1 支
銅線	5 cm	1 條
鋅條	5 cm	1 條
廣用試紙		數張
鐵釘	5 cm	9 支
電子天平	精密度 0.01 g	1 台
硫酸亞鐵溶液	0.1 M	6 mL
硫氰酸鉀溶液	0.1 M	1 mL
赤血鹽溶液	0.1 M	2 mL
黃血鹽溶液	0.1 M	1 mL
氯化鐵溶液	0.1 M	6 mL
氫氧化鈉溶液	0.1 M	10 mL
碳酸鈉溶液	0.1 M	10 mL
氯化鈉溶液	0.1 M	10 mL
鹽酸	0.1 M	10 mL
洋菜粉		2 g
酚酞		1 mL
食鹽		1 g

實驗步驟

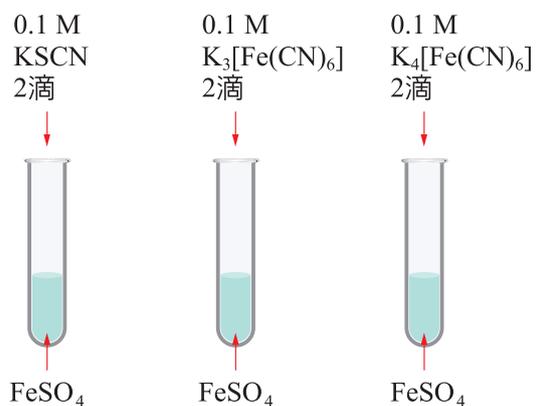
一、鐵離子與亞鐵離子之檢驗

步驟 1



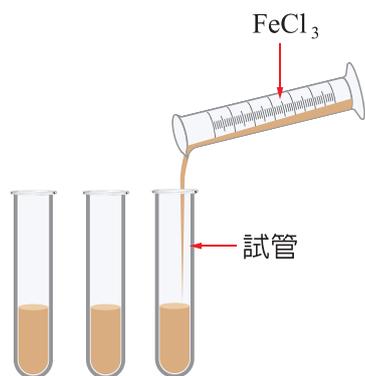
取 3 支乾淨試管，分別加入 0.1 M 硫酸亞鐵溶液 2 mL。

步驟 2



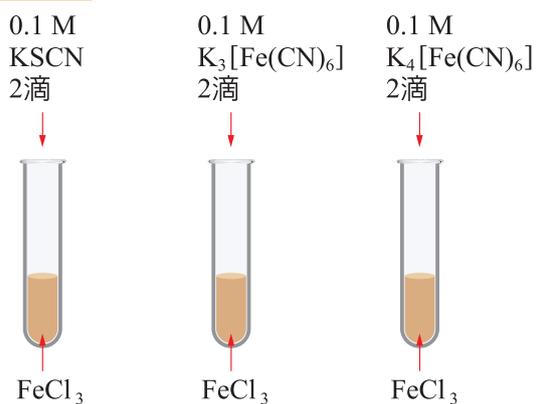
各加 2 滴的硫氰酸鉀溶液、赤血鹽溶液、黃血鹽溶液，觀察顏色變化並記錄。

步驟 3



取 3 支乾淨試管，分別加入 0.1 M 氯化鐵溶液 2 mL。

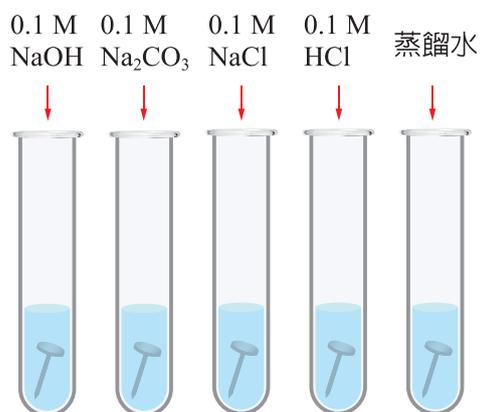
步驟 4



各加 2 滴的硫氰酸鉀溶液、赤血鹽溶液、黃血鹽溶液，觀察顏色變化並記錄。

二、鐵與各種水溶液之反應

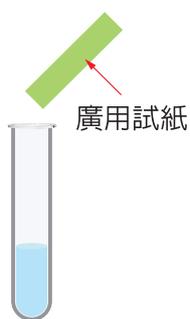
步驟 1



取 5 支試管各加入光亮鐵釘 1 支，再分別加入下列溶液至淹沒鐵釘。

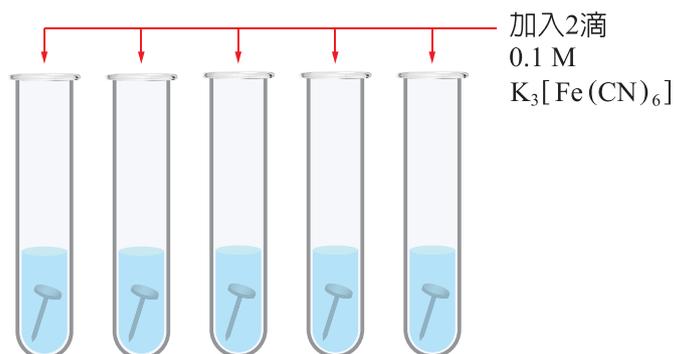
- (1) 0.1 M NaOH。
- (2) 0.1 M Na_2CO_3 。
- (3) 0.1 M NaCl。
- (4) 0.1 M HCl。
- (5) 蒸餾水。

步驟 2



以廣用試紙測其酸鹼性，靜置觀察各鐵釘變化並記錄。

步驟 3



- (1) 在各試管溶液中，分別加入 2 滴 0.1 M 赤血鹽，並觀察其變化。
- (2) 將鐵釘取出觀察外觀是否生鏽。



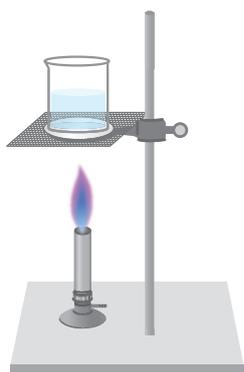
充電小站

實驗注意事項

1. 鐵釘放入試管時，須將試管傾斜，使鐵釘由管壁輕輕滑落至管底，避免試管遭鐵釘直接撞擊而破裂。
2. 檢驗溶液酸鹼性時，應以潔淨攪拌棒沾取試管中溶液再以廣用試紙測試，每換一種溶液時，應確定攪拌棒已沖洗乾淨，避免其他非待測溶液殘留，影響實驗結果。

三、鐵與不同金屬的作用及應力影響

步驟 1



取一 250 mL 燒杯，倒入 200 mL 蒸餾水，加熱至沸騰後關閉火焰。

步驟 2



以稱量紙稱取 2 g 洋菜粉。

步驟 3

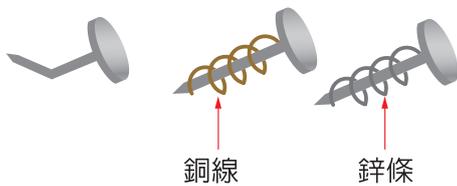


將洋菜粉倒入燒杯並不斷攪拌使其完全溶解，若無法完全溶解，則再加熱及攪拌。

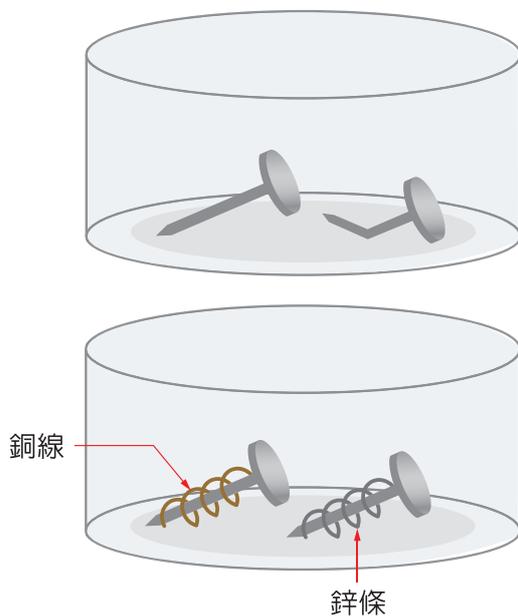
步驟 4



步驟 5



步驟 6



步驟 7



在洋菜粉溶液中加入 10 滴 0.1M 赤血鹽溶液、5 滴酚酞指示劑及少許食鹽攪拌之，靜置備用。

準備 4 支 5 cm 光亮鐵釘，1 支放著備用，另外 3 支以下列方式處理。

- (1) 1 支鐵釘以老虎鉗將其彎曲成 90° 。
- (2) 1 支鐵釘以約 5 cm 長銅線貼緊纏繞數圈。
- (3) 1 支鐵釘以約 5 cm 長鋅條貼緊纏繞數圈。

準備 2 個培養皿。

- (1) 將備用之直鐵釘與彎曲之鐵釘放在培養皿兩端。
- (2) 將纏繞銅線之鐵釘與纏繞鋅條之鐵釘放在另一個培養皿兩端。

- (1) 當洋菜粉溶液冷卻至微溫尚可流動時，小心倒入兩個培養皿至完全淹沒鐵釘，且高出鐵釘 0.5 cm。
- (2) 靜置觀察鐵釘周圍洋菜溶液顏色變化並記錄。

實驗數據記錄與分析

一、鐵的檢驗

1. 結果記錄

	硫氰酸鉀	赤血鹽	黃血鹽
與硫酸亞鐵反應之現象			
與氯化鐵反應之現象			

2. 結果分析

- (1) 藍色沉澱為：_____
- (2) 呈血紅色是因為溶液中有：_____

二、鐵與各種水溶液之反應

1. 結果記錄

溶液	試紙酸鹼性	溶液加入鐵釘後變化	加入赤血鹽是否生成藍色沉澱	乾燥後鐵釘外觀是否生鏽
NaOH				
Na ₂ CO ₃				
NaCl				
HCl				
蒸餾水				

2. 結果分析

- (1) 鐵在 _____ (酸 / 中 / 鹼) 性溶液下會促進生鏽的發生。
- (2) 鐵在 _____ (酸 / 中 / 鹼) 性溶液下會抑制生鏽的發生。
- (3) 鐵在具有電解質的溶液中，生鏽速度會：_____

三、鐵與不同金屬的作用及應力影響

1. 結果記錄

	鐵釘位置	洋菜溶液顏色
直鐵釘	鐵釘頭	
	鐵釘中間	
	鐵釘尖	

	鐵釘位置	洋菜溶液顏色
彎曲鐵釘	鐵釘頭	
	鐵釘中間	
	鐵釘尖	
繞銅線之鐵釘	銅線附近	
	鐵釘附近	
繞鋅條之鐵釘	鋅條附近	
	鐵釘附近	

2. 結果分析

(1) 未纏繞金屬之鐵釘

① 呈藍色之位置，發生 _____ (氧化 / 還原) 反應，反應式： _____

② 呈紅色之位置，發生 _____ (氧化 / 還原) 反應，反應式： _____

(2) 纏繞銅線之鐵釘

① 陽極為 (鐵釘 / 銅線) _____，反應式： _____

② 陰極為 (鐵釘 / 銅線) _____，反應式： _____

(3) 纏繞鋅條之鐵釘

① 陽極為 (鐵釘 / 鋅條) _____，反應式： _____

② 陰極為 (鐵釘 / 鋅條) _____，反應式： _____

問題與討論

- 請寫出鐵生鏽的反應式。
- 增加鐵生鏽速度的方法有哪些？(請舉出3種)
- 防止鐵生鏽的方法有哪些？(請舉出3種)
- 赤血鹽在鐵生鏽的實驗中作用為何？
- 請寫出赤血鹽溶液與 Fe^{2+} 和 Zn^{2+} 的反應方程式並註明生成物的顏色。

18-5 實習活動 IV - 維生素 C 的定量

實驗目的

1. 熟悉維生素 C 之定量方法。
2. 熟悉碘溶液之配製方法。

器材藥品

名稱	規格	數量
稱量瓶	附蓋子	3 個
刮勺		3 個
燒杯	100 mL	3 個
量筒	100 mL	1 個
塑膠滴管		2 支
錐形瓶	250 mL	3 個
移液管	20 mL	1 支
安全吸球		1 個
攪拌棒		1 支
定量瓶	250 mL (附瓶塞)	1 個
定量瓶	100 mL (附瓶塞)	1 個
滴定管	50 mL	1 支
滴定管架	附蝴蝶夾	1 組
漏斗		1 個
電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
電子天平	精密度 0.0001 g	1 臺
碘酸鉀		0.1 g
碘化鉀		2 g
維生素 C 試樣		0.5 g
偏磷酸水溶液	3 %	5 mL
澱粉溶液	0.5 %	5 mL
濃鹽酸	12 M	1 mL

實驗步驟

一、碘溶液之配製

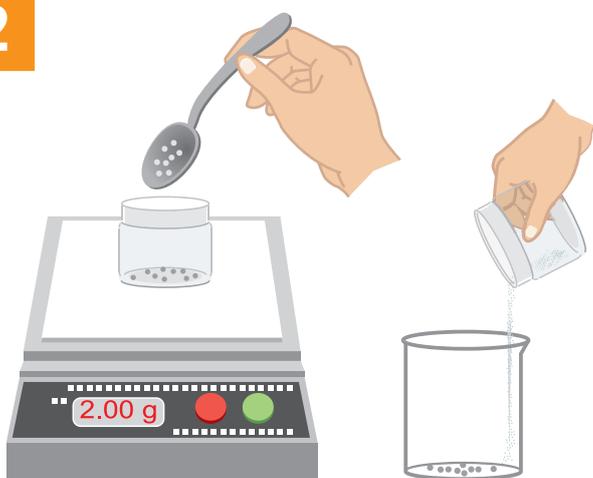
步驟 1



精稱約 0.1 g 碘酸鉀並記錄，倒入 100 mL 燒杯。

- (1) 使用稱差法，記錄碘酸鉀淨重。
- (2) 記入克數至小數點後四位。

步驟 2



稱取 2 g 碘化鉀倒入同一燒杯中。

步驟 3



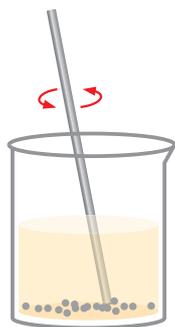
取 50 mL 蒸餾水加入燒杯。

步驟 4



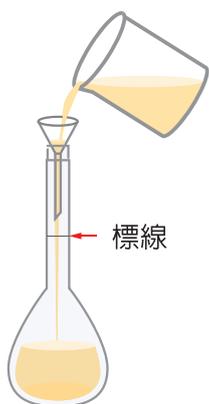
以滴管取 1 mL 濃鹽酸加入燒杯。

步驟 5



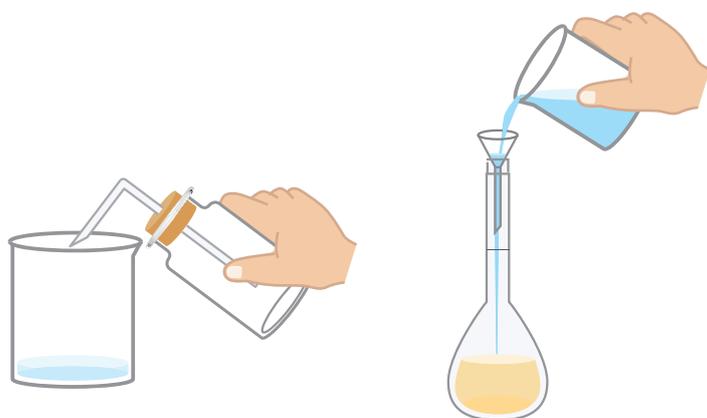
攪拌使固體全部溶解。

步驟 6



將燒杯溶液倒入 250 mL 定量瓶中。

步驟 7



以少量蒸餾水淋洗燒杯後注入量瓶中，重複數次。

步驟 8



加水至定量瓶標線，蓋上瓶塞倒置搖勻後，即為碘溶液。

二、維生素 C 之定量

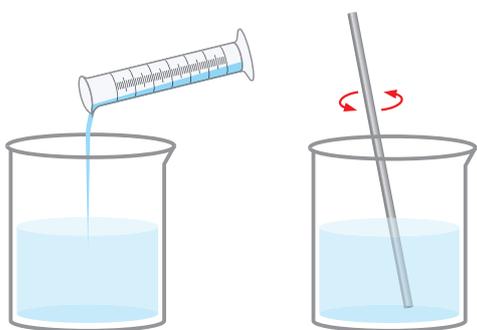
步驟 1



精稱約 0.5 g 維生素 C 試樣並記錄，倒入 100 mL 燒杯。

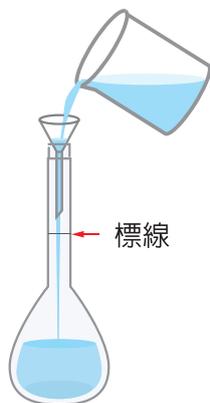
- (1) 使用稱差法，記錄維生素 C 試樣淨重。
- (2) 記入克數至小數點後四位。

步驟 2



取 30 mL 蒸餾水倒入燒杯，攪拌使其溶解。

步驟 3



將燒杯溶液倒入 100 mL 定量瓶中。

步驟 4



以少量蒸餾水淋洗燒杯後注入量瓶中，重複數次。

步驟 5



加水至定量瓶標線，蓋上瓶塞倒置搖勻後備用。

步驟 6



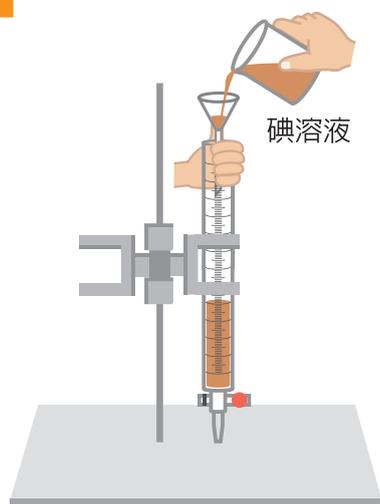
以 20 mL 移液管吸取溶液至錐形瓶中。

步驟 7



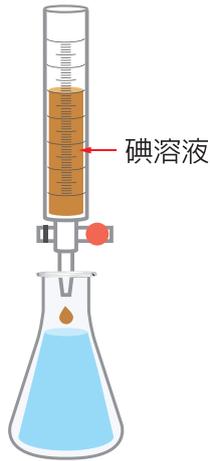
- (1) 以滴管加入 1 mL 3% 偏磷酸水溶液，避免維生素 C 被空氣中的氧氣氧化。
- (2) 以滴管加入 1 mL 0.5% 澱粉溶液作指示劑。
- (3) 搖勻備用。

步驟 8



小心倒入碘溶液至填滿滴定管，讀取初讀數。

步驟 9



- (1) 以碘溶液滴定至呈藍色出現且維持 30 秒不褪色，讀取末讀數。
- (2) 重複步驟 6 ~ 9 兩次，計算維生素 C 含量之平均值。

實驗數據記錄與分析

一、碘溶液之配製

1. 碘酸鉀重量， W_{KIO_3} : _____ g
2. 碘溶液配製體積， V_{KIO_3} : _____ mL
3. 碘溶液濃度， C_{I_2} : _____ M

計算過程：

$$C_{\text{I}_2} = \frac{\frac{W_{\text{KIO}_3}}{214 \text{ g/mol}} \times 3}{\frac{V_{\text{KIO}_3}}{1000 \text{ mL/L}}}$$

二、維生素 C 之定量

1. 試樣重量， W : _____ g
2. 試樣配製體積， $V_{\text{試樣}}$: _____ mL
3. 滴定結果

	試樣取樣體積 , V (mL)	碘溶液滴定			維生素 C 含量, $C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6}$ (%)
		初讀數 , V_a (mL)	末讀數 , V_b (mL)	滴定體積 , V_{I_2} (mL)	
第 1 次					
第 2 次					
第 3 次					

計算過程：

$$V_{\text{I}_2} = V_b - V_a$$

$$C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6} = C_{\text{I}_2} \times \frac{V_{\text{I}_2}}{1000 \text{ mL/L}} \times 176.1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times \frac{V_{\text{試樣}}}{V} \times \frac{1}{W} \times 100\%$$

4. 試樣之平均維生素 C 含量， $C_{\text{平均}}$ ：_____ %

$$C_{\text{平均}} = \frac{C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6,1} + C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6,2} + C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6,3}}{3}$$

問題與討論

1. 維生素 C 的定量實驗中，為何不直接以碘配製成標準溶液？
2. 臺灣產的水果中，何者的維生素 C 含量最豐富？
3. 請寫出碘酸鉀與碘化鉀在酸性溶液中的反應方程式。
4. 請寫出維生素 C 與碘的反應方程式。



重點整理

一、化學電池的製作與電位量測

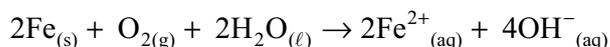
1. 化學電池是指利用氧化還原反應將化學能轉為電能的裝置，簡稱「電池」。
2. 電池構造
 - (1) 陽極：失去電子，發生氧化的電極，為負極 (-)，通常由容易失去電子的金屬組成。
 - (2) 陰極：獲得電子，發生還原的電極，為正極 (+)，通常由容易獲得電子的金屬組成。
 - (3) 鹽橋：藉由離子移動以維持反應過程中電解液的電中性，並溝通兩電極間之電路。
3. 標準電位 (standard potential, E^0)：標準狀態下，即反應容器內溫度 25°C、氣態物質分壓 1 atm、電解質濃度 1.0 M 的環境下之電極半反應電位。
4. 半反應電位：物質得到或失去電子之傾向，以伏特 (V) 為單位。
 - (1) 氧化電位：為陽極半反應的電位，表示物質失去電子的傾向。氧化電位愈大者，愈易失去電子，屬強還原劑。
 - (2) 還原電位：為陰極半反應的電位，表示物質得到電子的傾向。還原電位愈大者，愈易獲得電子，屬強氧化劑。

二、電解質的電解與電極產物的檢驗

1. 電解：由外界施加直流電，通入熔融狀態的電解質或電解質溶液中，產生非自發性的氧化還原反應。
2. 電解產物
 - (1) 陽極產物：活性電極、陰離子與水皆可失去電子而發生氧化反應，以氧化電位最大者先發生。
 - (2) 陰極產物：陽離子與水皆可獲得電子而發生還原反應，以還原電位最大者先發生。
3. 法拉第電解第一定律：電解同一物質所析出之產物質量與通入電量成正比。由於電流為單位時間內所通過電量，因此，若固定電流強度，則析出物質的量與電解時間成正比。
4. 法拉第電解第二定律：於不同的電解質溶液中通入相同電量，其物質析出或溶解質量與該物質原子量成正比，而與其得失電子數成反比。

三、鐵生鏽的機制與影響因素、鐵生鏽的防止

1. 金屬腐蝕：金屬與周圍物質進行自發性的氧化還原反應，而有破壞性的侵蝕現象。
2. 常見金屬腐蝕現象為鐵生鏽，生鏽的機制類似電池的電化學反應，其反應式如下。



3. 鐵生鏽的影響因素

- (1) 溫度愈高，反應速率愈快，可加速鐵的生鏽。
- (2) 酸性的環境下可加速鐵的生鏽。
- (3) 鐵的變形、彎曲與坑洞處，生鏽速度較快。
- (4) 電解質溶液有陰、陽離子可幫助電子流通，故鐵在海水比在淡水中容易生鏽。
- (5) 鐵的表面有雜質，生鏽速度較快。
- (6) 鐵與還原電位較大的金屬接觸時，可加速鐵的生鏽。

4. 鐵生鏽的防止方法

- (1) 陰極保護法：將鐵與更活潑金屬連接構成電池，使活潑金屬成為陽極而氧化，鐵則為陰極而被保護防止生鏽。
- (2) 在鐵的表面鍍上另一種金屬或合金做保護層。
- (3) 在鐵的表面塗上一層保護層，如油漆、陶瓷。

四、維生素 C 的定量

1. 維生素一般可分成兩大類

- (1) 脂溶性維生素，包括維生素 A、D、E 和 K，可溶解於體內脂肪中，多餘的脂溶性維生素則儲存於肝臟，不會排出體外。
- (2) 水溶性維生素，包括維生素 B 和 C，可溶解於水，體內多餘的水溶性維生素會從汗水或尿液排出體外。

2. 維生素 C 的分子式 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ，是一種強還原劑，很容易被氧化成去氫維生素 C，分子式 $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$ 。

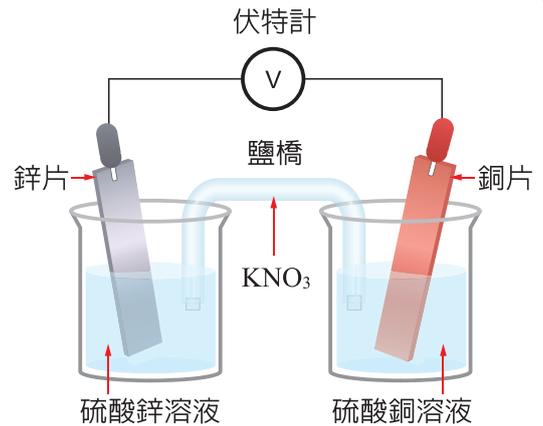
3. 維生素 C 的定量方法常使用碘滴定法，即利用維生素 C 易被氧化之特性，以澱粉為指示劑，碘 (I_2) 做氧化劑與維生素 C 進行氧化還原反應生成去氫維生素 C，反應式如下。



4. 由於 I_2 易揮發且難溶於水，不易精確配製碘溶液，故本實驗將以碘酸根離子和過量碘離子的酸性溶液進行氧化還原反應產生碘再與維生素 C 作用，反應式如下。



- () 1. 將鋅片與銅片組成鋅銅電池，如右圖，請問放電過程中，下列敘述何者正確？



- (A) 鋅片失去電子為負極
(B) 鋅片獲得電子為負極
(C) 銅片失去電子為負極
(D) 銅片獲得電子為負極

- () 2. 鋅銅電池放電時，電子如何移動？

- (A) 由鋅片經導線流向銅片 (B) 由銅片經導線流向鋅片
(C) 由鋅片經鹽橋流向銅片 (D) 由銅片經鹽橋流向鋅片

- () 3. 鋅銅電池放電時，有下列何種變化？

- (A) 鋅極溶液顏色漸深 (B) 鋅片重量漸增
(C) 銅極溶液顏色漸淡 (D) 銅片重量漸減

- () 4. 已知 $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$ $E^0 = -0.76\text{V}$; $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$ $E^0 = 0.34\text{V}$, 則鋅銅電池的電位差為？

- (A) 0.21 V (B) 0.42 V (C) 0.55 V (D) 1.10 V

- () 5. 已知金屬失去電子的傾向為 $\text{Cu} < \text{Ni} < \text{Co} < \text{Zn}$, 則下列電池中，何者的電壓應最高？ (A) 鋅鈷電池 (B) 鈷鎳電池 (C) 鎳銅電池 (D) 鋅銅電池

- () 6. 電解碘化鉀水溶液時，下列何者為陰極產物？ (A) I_2 (B) H_2 (C) O_2 (D) K

- () 7. 電解碘化鉀水溶液時，取少許陽極溶液加入澱粉溶液後搖勻，可產生下列何種顏色之溶液？

- (A) 藍色 (B) 紅色 (C) 綠色 (D) 黃色

- () 8. 電解碘化鉀水溶液時，取少許陽極溶液加入四氯化碳溶液後搖勻，可明顯分兩層，請問下列敘述何者正確？

- (A) 上層為水層，顏色為紫色 (B) 上層為四氯化碳層，顏色為紫色
(C) 下層為水層，顏色為棕色 (D) 下層為四氯化碳層，顏色為紫色

- () 9. 以固定電流電解硫酸銅溶液 20 分鐘，陰極的銅片由 12.00 克增加至 12.50 克，若保持相同條件繼續電解 10 分鐘，則銅片重量應為若干克？

- (A) 12.75 克 (B) 13.00 克 (C) 13.50 克 (D) 13.75 克

- () 10. 以 10 安培的電流電解硝酸銀溶液 10 分鐘，其陰極重量會增加若干克？

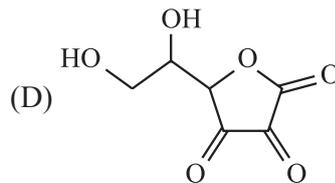
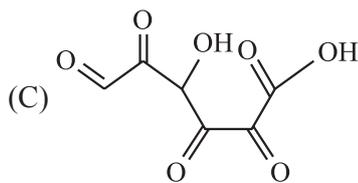
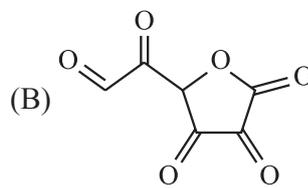
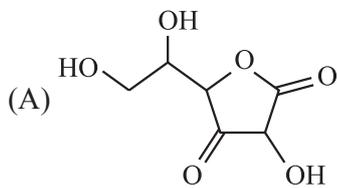
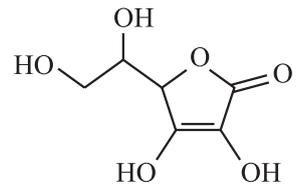
- (A) 1.68 克 (B) 3.36 克 (C) 6.72 克 (D) 10.08 克

- () 11. 下列何種情況下的鐵生鏽反應較慢？

- (A) 增加溫度 (B) 泡在海水中 (C) 泡在鹼液中 (D) 泡在酸液中

學後評量

- () 12. 鐵與下列何種金屬接觸會加速生鏽反應？
 (A) 錫 (B) 鋁 (C) 鎂 (D) 鋅
- () 13. 常用於罐頭材料的馬口鐵，是在鐵片鍍上下列何種金屬？
 (A) 鋅 (B) 銅 (C) 鎳 (D) 錫
- () 14. 若溶液中有亞鐵離子 (Fe^{2+})，加入赤血鹽會產生下列何種顏色之沉澱物？
 (A) 綠色 (B) 藍色 (C) 紅色 (D) 黃色
- () 15. 將洋菜粉溶液中加入赤血鹽溶液、酚酞指示劑並倒在裝有纏繞鋅條鐵釘之培養皿中，一段時間後可以發現鋅條周圍會呈現何種顏色？
 (A) 白色 (B) 藍色 (C) 紅色 (D) 黃色
- () 16. 下列何者屬於水溶性維生素？
 (A) 維生素 A (B) 維生素 C (C) 維生素 E (D) 維生素 K
- () 17. 下列關於維生素 C 的敘述，何者錯誤？
 (A) 易受光破壞 (B) 參與人體膠原蛋白的合成
 (C) 是一種強氧化劑 (D) 又稱為抗壞血酸
- () 18. 維生素 C 結構式如右圖，請問與碘溶液反應後可生成下列哪一物質？



- () 19. 將 0.18 g 碘酸鉀與過量的碘化鉀、鹽酸混合，再加水稀釋至 250 mL 以配製碘溶液，請問此溶液之碘濃度 (I_2) 為若干 M？
 (A) 0.003 M (B) 0.006 M (C) 0.010 M (D) 0.020 M
- () 20. 以澱粉溶液為指示劑，利用 0.01 M 碘溶液滴定 2 g 試樣以測定維生素 C 含量，若滴定終點為 45.45 mL，則試樣之維生素 C 含量為若干 %？
 (A) 2 % (B) 4 % (C) 6 % (D) 8 %