

改變離子濃度對電池電動勢的影響

學生工作紙

目的

1. 探討電解質濃度與電池電動勢 (e.m.f.) 的定量關係。
2. 測定 $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 平衡中所涉及的電子數。

簡介

能斯脫方程可應用於半電池和電化電池。

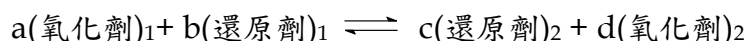
1. 對於金屬—金屬離子的半電池，方程式可表示為：

$$E = E^\theta + \frac{0.059}{n} \log[\text{離子}] \dots\dots\dots (1)$$

2. 對於離子—離子的半電池，方程式可表示為：

$$E = E^\theta + \frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{氧化劑}]}{[\text{還原劑}]} \dots\dots\dots (2)$$

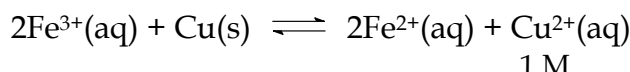
3. 對於具以下反應的電化電池：



其方程式可表示為：

$$E_{\text{電池}} = E^\theta_{\text{電池}} + \frac{0.059}{n} \log \frac{[(\text{氧化劑})_1]^a [(\text{還原劑})_1]^b}{[(\text{還原劑})_2]^c [(\text{氧化劑})_2]^d} \dots\dots\dots (3)$$

本實驗探討以 $\text{Cu}(\text{s})/\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ 參考半電池和 $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 半電池組成的電化電池。每次改變 $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 對 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 的濃度比，並用萬用電表測定不同情況下電池電動勢的變化。本實驗電池的總反應是：



根據方程式(3)，

$$\begin{aligned} E_{\text{電池}} &= E^\theta_{\text{電池}} + \frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}]^2}{[\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}]^2 [1]} \\ &= (E^\theta_{\text{Fe(II)/Fe(III)}} - E^\theta_{\text{Cu/Cu(II)}}) + \frac{0.059}{n} (2) \log \frac{[\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}]}{[\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}]} \\ &= (0.77 - 0.34) + \frac{0.059 \times 2}{n} \log \frac{[\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}]}{[\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}]} \\ &= 0.43 + \frac{0.059 \times 2}{n} \log \frac{[\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}]}{[\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}]} \end{aligned}$$

以 $E_{\text{電池}}$ 對 $\log \frac{[\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}]}{[\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}]}$ 作圖，可得一直線，其斜率為 $\frac{0.059 \times 2}{n}$ ，從圖線的斜率計算出 n 的值。

安全措施

避免皮膚沾上化學品。



必須戴上安全眼鏡

儀器和物料

1 M $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 、1 M $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ 、1 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$



有害

飽和 $\text{KNO}_3(\text{aq})$ 、分別固定在兩個膠塞中作電極的鎳鉻線和銅線、孔井穴板、塑膠移液管、小濾紙條、小燒杯、微型刮勺、數字萬用電表、導線連鱷魚夾。

實驗步驟

1. 用一乾淨的塑膠移液管，把 50 滴 1 M $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 轉移到中央的井穴內（見圖 1）。
2. 分別用兩支塑膠移液管把 40 滴 1 M $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ 和 10 滴 1 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$ 轉移到右邊的井穴內（井穴 1）。

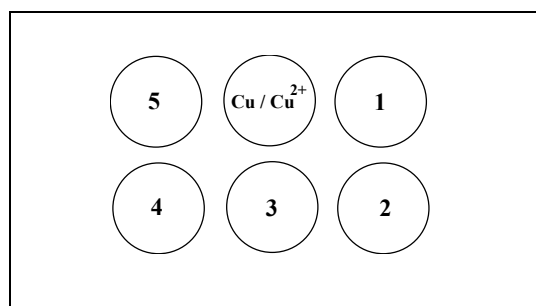


圖 1： $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 半電池的位置

3. 用飽和的 $\text{KNO}_3(\text{aq})$ 濕潤一小濾紙條，然後把濾紙條的一端插入中央的井穴內，另一端則插入右邊的井穴內。
4. 用附有銅線圈的膠塞蓋住中央的井穴，又用附有鎳鉻線圈的膠塞蓋住右邊的井穴。
5. 以銅線為負極，鎳鉻線為正極，用數字萬用電表測量這電池的電動勢（見圖 2）。
6. 依照下表所列的分量再建立多四個 $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 半電池：

$\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ 半電池	溶液滴數	
	1 M $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$	1 M $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$
1	10	40
2	20	30
3	25	25
4	30	20
5	40	10

7. 分別以這四個半電池重複步驟 3 至 5。

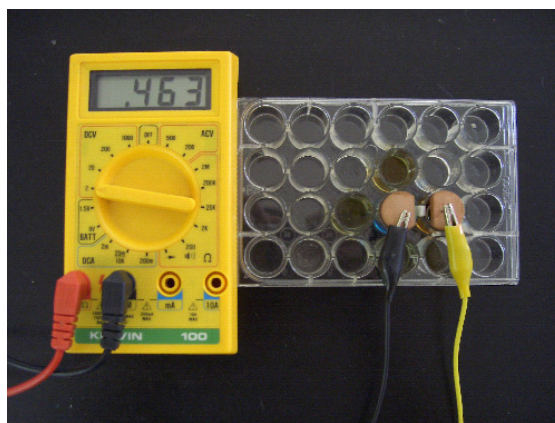


圖 2：測量電池的電動勢

實驗結果

完成下表：

$[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})] : [\text{Fe}^{2+}(\text{aq})]$	e.m.f./V	$\log \frac{[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})]}{[\text{Fe}^{2+}(\text{aq})]}$
10 : 40		
20 : 30		
25 : 25		
30 : 20		
40 : 10		

數據處理

開啟試算表程式並輸入上表數據。選取 e.m.f. 和 $\log \frac{[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})]}{[\text{Fe}^{2+}(\text{aq})]}$ 欄的數據，然後執行「圖表精靈」工具，再選取其中的「X-Y 散佈圖」選項，加插圖表標題及坐標軸名稱後，便可以得到有關圖線。利用「加上趨勢線」工具找出直線的斜率。

思考題

- 用以預測化學電池電極極性的準則是甚麼？
- 定性描述陰極周圍電解質濃度下降時對電池電動勢的影響。解釋它與根據能斯脫方程式所預測的結果是否相符，並以實驗中得到的結果加以說明。
- 已知 $\text{Cu(s)}/\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ 參考半電池的 E^θ 值是 +0.34V，試從所得的圖線推斷 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})/\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 半電池的 E^θ 值，並將此實驗數值與文獻所載的作比較，評論兩者之間可能出現的差異。