

MnO_4^- 在陰陽兩極間游動實驗 之改良研究

國中組化學第三名

花蓮縣立花崗國民中學

作者：林上青·林玲如

陳瑞純·陳文玉

指導老師：林福樹·李成山

我們曾依國中化學課本第十三章「把濾紙放在載玻片上」，以 0.05 M 之稀硫酸溶液滴在濾紙上，使它與載片黏接，再將兩條導線上的鋼夾，分別夾住載片和濾紙之兩端，並將兩極分別接上電池組兩極，最後在濾紙中央放一小粒過錳酸鉀晶體 10 分鐘後，便可觀察到紫色的 MnO_4^- 的游動，然而我們完全照着書中的方法進行實驗，根本看不見紫紅色的 MnO_4^- 的游動。因此爲了探究原因及希望更明顯的看到 MnO_4^- 的游動，我們進行了以下的實驗。

實驗一：

首先我們發覺若用吸管將溶液滴在濾紙上，濾紙下易形成氣泡，凸凹不平，因此我們改用浸入溶液再取出平放在載玻片上，就不易有氣泡，然後我們將一小粒高錳酸鉀晶體，分別置於浸入 0.1 N 之 NaCl , H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , CH_3COOH , H_2O , NaOH 及 NH_4OH 等電解質溶液之濾紙上，接上 24 V 之電壓，記錄它的游動距離（如下表一）

(表一) 24 伏特電壓

MnO_4^- 游動距離 (mm) 時間 (min)	電解質	H_2SO_4	HNO_3	HCl	CH_3COOH	NaCl	H_2O	NaOH	NH_4OH
2		1.1	2.0	1.2	3.0	4.6	3.9	2.8	2.0
4		2.0	3.0	2.1	3.9	6.6	5.7	4.0	4.0
6		2.3	3.0	3.1	5.5	9.1	7.3	5.3	5.0
8		3.0	3.0	3.4	6.9	11.0	8.0	6.3	6.0
10		3.5	3.0	4.0	7.9	12.6	9.2	7.5	6.5
顏色		紫紅色 有燒灼 痕跡	紫紅色 有燒灼 痕跡	紫紅色 有燒灼 痕跡	淡紫 紅色	紫紅色	極淡 紫紅色	顏色 變綠	淡紫 紅色

實驗二：

由實驗一得知 $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ 在強酸中游動極慢，而在 $\text{NaCl} (\text{aq})$ 中最快，於是我們推想 $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ 在強酸的環境下游動，是否受到不利的影響，因此我們將 $0.05 \text{M H}_2\text{SO}_4$ 及 0.1M NaCl ，按不同比例混合分別觀測 $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ 在浸有以上各種混合液之濾紙上的游動距離並將結果記錄如下表二：

(表二) 24 伏特電壓下 (通電 10 分鐘)

時間 (min)	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
2	4.0	3.5	3.5	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5
4	5.5	4.5	4.0	2.5	2.5	3.0	2.5	2.5	2.0
6	6.5	5.0	5.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5
8	7.0	6.0	5.5	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0
10	8.0	6.5	6.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0

由以上的數據得知， $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 的比例愈高， $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 游動距離愈短，我們也以 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ $\text{HCl}(\text{aq})$ 分別按比例與 $\text{NaCl}(\text{aq})$ 混合，作相同之觀測， $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 游動距離均隨酸比例的增加而減短因此我們得到一個重要的通則：「 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 在浸有強酸導電液之濾紙上，其游動受到極為不良之影響」我們認為今後在做 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 游動之觀察實驗時，應摒棄 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 做為導電液。

實驗三：

再將過錳酸鉀晶體分別置放於浸入各種鹽類溶液之濾紙上，接上 24 V 之電壓，結果發現 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 在鹽類中之游動距離均遠；比課本所使用之 H_2SO_4 要遠得多，也較明顯其中又以在浸有 NaCl 溶液上之游動距離最遠。(參閱表三)

(表三) 24 伏特電壓下

MnO_4^- (aq) 游 動 距 離 時間 (min)	鹽水溶液 (0.05 M)	NaCl	NaBr	NaI	NaNO ₃	NaHCO ₃	NaCH ₃ COO	Na ₂ SO ₄
2		4.6	3.0	2.0	4.2	4.8	3.8	2.6
4		6.6	4.0	3.5	5.5	6.6	5.3	4.1
6		9.1	5.5	4.2	7.2	8.3	7.2	5.1
8		11.0	7.0	5.0	8.8	10.3	8.7	7.0
10		12.6	8.0	6.5	10.0	11.5	9.7	8.3
顏 色		紫 紅 色	紫 紅 色	紫 紅 色 後變 紫	紫 紅 色	紫 紅 色	紫 紅 色	紫 紅 色

實驗四：

由於 MnO_4^- 在 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 中之游動最遠，我們嗜試 MnO_4^- 在濾紙上的游動，若也能在較易準備，較經濟的低電壓下（6 V）看出來就更理想。因此我們用不同的電壓（24 V，18 V，12 V，6 V）分別將實驗三中的實驗重覆做。我們發現 MnO_4^- 在浸有鹽類的溶液中，游動情形可以觀察出來，尤於 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 中更為明顯，這使我們非常的興奮，同時我們也發現了離子的游動距離，在等時間內和外接的電壓成正比即電壓愈高，游動距離愈遠。（參看表四）

表四（通電 10 分鐘）

MnO_4^- 游動距離 (mm) 電壓 (V)	鹽水溶液 (0.05M)	NaCl	NaHCO ₃	NaNO ₃	NaCH ₃ COO	Na ₂ SO ₄
24		12.6	11.5	10.0	9.7	8.3
18		10.3	10.0	8.7	8.8	7.3
12		8.0	7.0	6.5	7.5	7.0
6		6.3	5.8	5.5	6.0	5.5

實驗五：

當我們以 6 V 的電壓外加於載玻片上來觀察濾紙上，紫紅色的 MnO_4^- 離子的游動時我們發現若將電極夾近些則紫紅色的 MnO_4^- (aq) 游動距離就遠些。因此我們想若在定電壓下，將電極間距離縮短來觀察 MnO_4^- 的游動是否有影響，於是我們在低電壓（6 V）下將兩極間距離定於 7 cm，6 cm，5 cm，4 cm 及將載玻片直接由橫置  改成直置 ，記錄其游動距離我們發現兩極間距離愈近， MnO_4^- 的游動愈快，即游動距離和電極間距離成反比。（參看表五）

6 伏特電壓 （通電 10 分鐘）

MnO_4^- 游動 距離 (mm) 電極 距離 (cm)	NaCl	NaHCO_3	NaNO_3	NaCH_3COO	Na_2SO_4
7	3.2	3.2	2.7	3.0	3.0
6	4.2	3.7	3.2	3.6	3.8
5	5.5	4.2	4.7	5.0	4.2
4	6.7	4.8	5.0	4.7	4.8

由以上的結果和我們在實驗室中的觀察，我們的結論是：

- 1 使用強酸 (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl) 溶液為導電液（測其電流可知）其導電度〔即其遷移數 (mobility)〕最大依法拉弟電解定律，兩極產生之 H_2 及 O_2 最多，故濾紙上之水消耗最快，濾紙迅速變乾， $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 即不再游動。
- 2 若濾紙變乾再滴上溶液補充則 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 擴散得十分模糊，不能觀察其游動方向。
- 3 由實驗二、三知強酸 (HNO_3 , H_2SO_4 , HCl) 對 MnO_4^- 之游動有不利之影響，而 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 在鹽類中之游動快，特別是於 $\text{NaCl}(\text{aq})$ 中。因此今後在濾紙上觀察 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 之游動實驗濾紙所浸之導電液，應以 $\text{NaCl}(\text{aq})$ 取代書中所用之 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 。
- 4 由實驗四實驗五之結果知 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 之游動距離 (ℓ) 與兩極外加電壓成正比，且與電極間距離 (d) 成反比，故

$$\ell \propto \frac{V}{d}$$

- 5 水為一極弱之電解質 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 所受水解離之帶電粒子牽引作用最小，故 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 游動痕跡之顏色最淡（若使用弱電解質之 $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$ 及 $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$ 亦然），而鹽類中 $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ 游動之距離遠且呈鮮明之紫紅色，其受溶液中如 NaCl 解離之

帶電粒子之牽引作用強。

6. 在今後觀察 MnO_4^- 之游動以了解電解質的導電實驗（阿瑞尼士的解離說）時，應以 0.1N NaCl 取代課本中之 $0.1\text{NH}_2\text{SO}_4$ ，兩極之距離夾近，那麼即使是在較低之 6 V 下（一個可反覆使用的蓄電池），4 分鐘時即能清晰而明確的看出 MnO_4^- 的游動方向和痕跡。