

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030214

看看誰最「錳」

學校名稱：宜蘭縣立復興國民中學

作者： 國二 郭晉銓 國二 譚丞晏 國二 黃瑞浚 國一 吳佳馨	指導老師： 黃立宇 岩忠永
---	-----------------------------

關鍵詞：氧化還原、過錳酸鉀、pH 值

看看誰最**錳**

摘要

過錳酸鉀是一個常見的氧化劑，它具有很好的氧化力，在實驗室中最常見的就是利用過錳酸鉀來檢驗草酸、乙醇或雙氧水含量。

我們在檢測乙醇的含量時，發現滴定過程中會產生二氧化錳的沉澱。過錳酸鉀氧化力隨硫酸濃度上升而增加，氧化力也隨 pH 值下降而變強。在乙醇過量時，以本氏液及斐林試劑檢測，發現有乙醛的存在。

壹、實驗動機

在學校，作科學探究的時候，我們研究的主題是「探討自釀酒中酒精的含量」，因為想知道不同自釀酒中酒精含量的多寡，而找到了幾種不同的方法，於是選用了過錳酸鉀來進行實驗。結果在實驗中，發現其紫紅色常常變為很混濁的褐色，也不知道為什麼，一直以爲我們的作法是錯誤而失敗的。

一般來說，過錳酸鉀在酸中會還原成淡紅色的 Mn^{2+} 離子，在中性或弱鹼的溶液中則會產生 MnO_2 的沉澱，而在鹼性較強的環境中則形成墨綠色的 MnO_4^{2-} 。這和我們所了解過錳酸鉀該有的反應有點差異，因此我們便開始展開了這次實驗。

貳、實驗目的

- 一、探討過錳酸鉀在不同 pH 值的溶液中，其反應速率的快慢。
- 二、探討過錳酸鉀在不同 pH 值的溶液中，其氧化力的大小。
- 三、探討乙醇在不同 pH 值時，其氧化的可能情形及其生成物含量的檢測。
- 四、探討過錳酸鉀在不同 pH 值的溶液中，還原爲 MnO_2 及 Mn^{2+} 的比例關係。

參、實驗器材及藥品

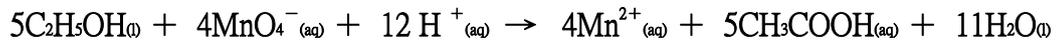
【實驗器材】：電子秤、碼表、溫度計、刮勺、量筒、試管、滴管，自製快速過濾裝置、稱量紙、試管刷、分光光度計。

【實驗藥品】：蒸餾水、乙醇、草酸、過錳酸鉀、硫酸、本氏液、斐林試劑、多倫試劑。

肆、實驗原理及流程

【實驗原理】：

(一) 過錳酸鉀在酸性溶液中可將乙醇氧化成乙酸，本身被還原成 Mn^{2+} ，其反應式如下：



(二) 過錳酸鉀在中性或弱鹼的溶液中則會產生 MnO_2 的沉澱，其反應式如下：



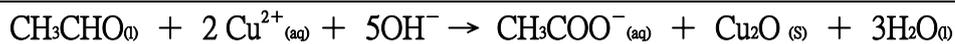
(三) 過錳酸鉀在鹼性較強的溶液中，會形成墨綠色的 MnO_4^{2-} ，其反應式如下：



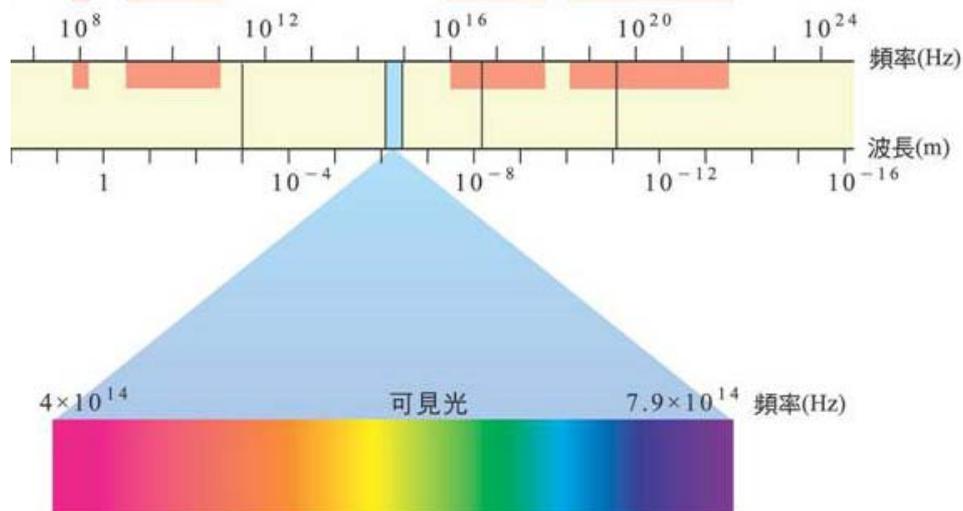
(四) 乙醇氧化過程：



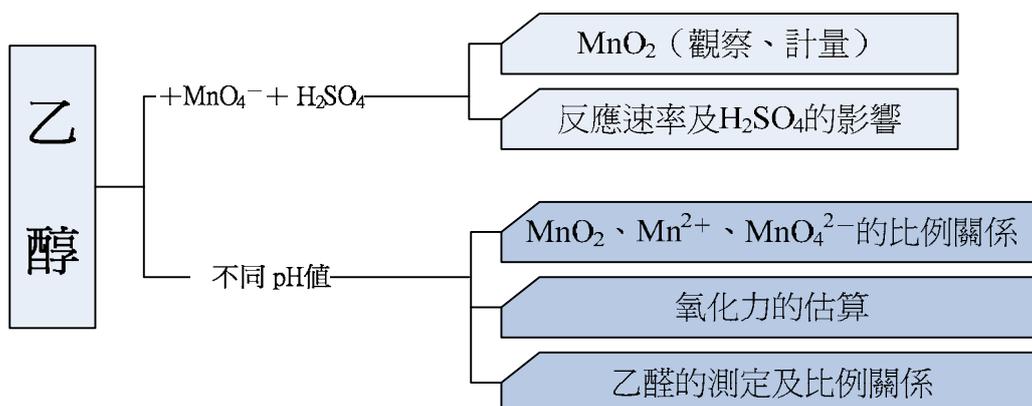
(五) 乙醛與斐林試劑的反應，其方程式如下：



(六) 波長光譜圖：(使用分光光度計，不同波長的選用。)



【實驗流程】：



伍、研究過程或方法

實驗一：二氧化錳的沉澱觀察

1. 取 0.05M 的硫酸 5.00ml，及 10% 的乙醇 5ml 分別加入 0.10M、0.07M、0.04M、0.01M 的過錳酸鉀（10.00ml），觀察是否有二氧化錳沉澱。
2. 分別取硫酸 0.10M、0.15M、0.20M、0.25M、0.30M、0.35M、0.40M、0.45M、0.50M，5.00ml，重複步驟 1 的實驗。
3. 取乙醇 20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%，重複步驟 1、2 的實驗。

實驗二：反應速率的測定

1. 一開始，我們先配出 0.01M 的過錳酸鉀，將分光光度計波長的波長調整為 495nm，依序稀釋過錳酸鉀不同倍數，分別測其吸收度，並以 Excel 作其檢量圖。
2. 以 0.05M、0.10M、0.15M、0.20M、0.25M、0.30M、0.35M、0.40M、0.45M、0.50M 的硫酸各 5.00ml，以及乙醇 70% 各 5.00ml 分別加入 0.01M、10.00ml 的過錳酸鉀。
3. 將分光光度計波長調至 495nm，每隔 30 秒測量過錳酸鉀的吸收度。

實驗三：不同濃度的硫酸對乙醇及過錳酸鉀產生二氧化錳的沉澱量

1. 取 0.05M、0.10M、0.15M、0.20M、0.25M、0.30M、0.35M、0.40M、0.45M 的硫酸各 250.00ml，以及乙醇 50% 各 250.00ml 分別加入 0.07M、500.00ml 的過錳酸鉀。
2. 將混合溶液以自製快速過濾裝置過濾。
3. 將過濾後的濾紙及二氧化錳置於電子天秤上測量重量。

實驗四：不同 pH 值對過錳酸鉀氧化力的影響

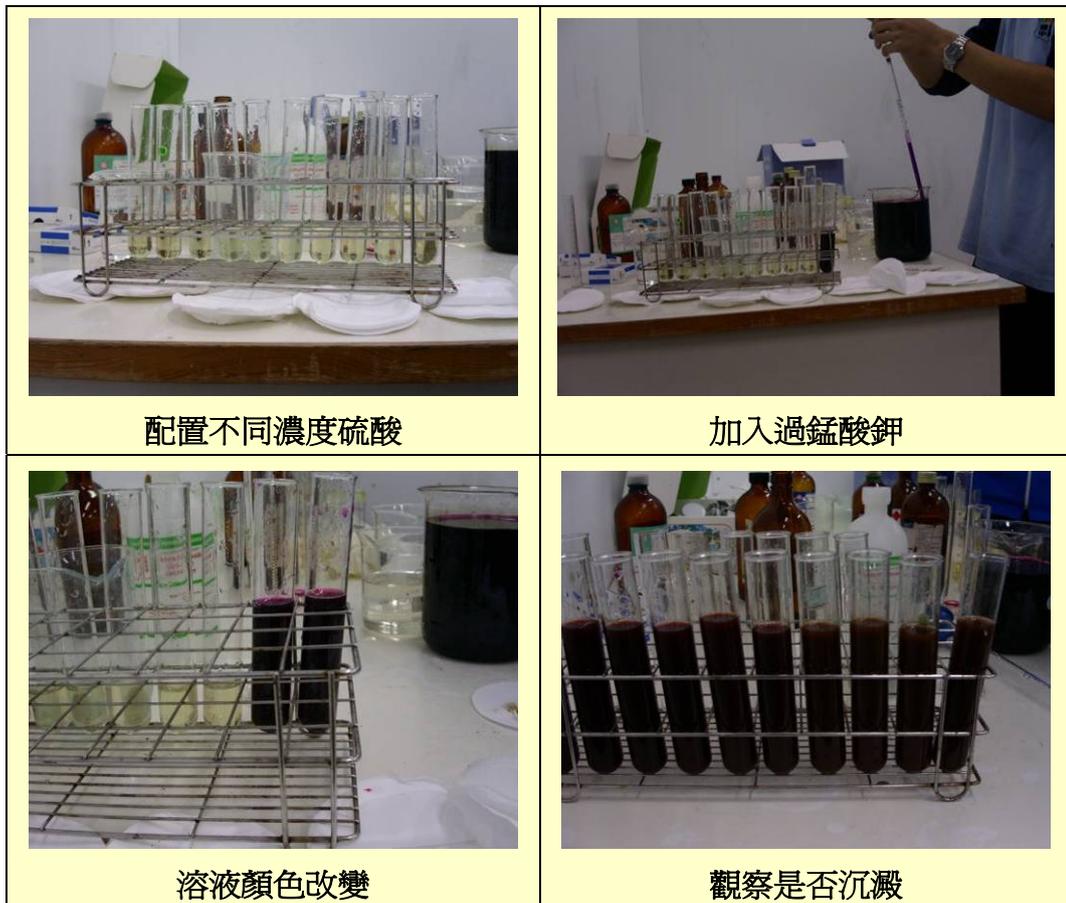
1. 配製不同 pH 值為 1~7 的溶液 20.00ml（內含乙醇約 10ml 及過錳酸鉀 0.01M、10.00ml）。
2. 加入呈色試劑（註），以分光計測量 Mn^{2+} 的含量。
3. 重複實驗五次，求平均值。
4. 配製不同 pH 值為 8~13 的溶液 20.00ml（內含乙醇約 10ml 及過錳酸鉀 0.01M、10.00ml），放置約 20 分鐘後，以針筒過濾器進行過濾。
5. 將分光光度計波長調至 495nm，測量六支試管的吸收度。

實驗五：不同 pH 值的溶液中乙醇氧化成乙醛的含量測定

1. 加入斐林試劑（A 劑 1.00ml + B 劑 1.00ml），並以光分度計檢測其吸收度，並計算乙醛的含量。
2. 觀察是否有紅色沉澱。

陸、研究結果

實驗一：二氧化錳的沉澱觀察



1. 在0.10M的過錳酸鉀中，觀察是否有二氧化錳沉澱：

硫酸濃度 (M)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
乙醇濃度 (%)	○ 代表沉澱、✗代表無沉澱									
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
60	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
80	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
90	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 在0.07M的過錳酸鉀中，觀察是否有二氧化錳沉澱：

硫酸濃度 (M)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
乙醇濃度 (%)	○代表沉澱、×代表無沉澱									
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
60	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
70	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
80	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×
90	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×

3. 在0.04M的過錳酸鉀中，觀察是否有二氧化錳沉澱：

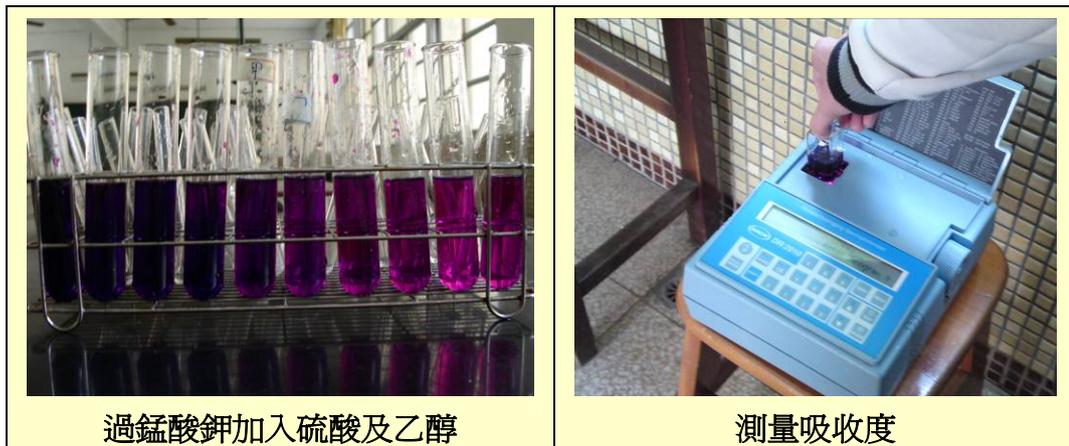
硫酸濃度 (M)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
乙醇濃度 (%)	○代表沉澱、×代表無沉澱									
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
30	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
40	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×
50	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×
60	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×
70	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×
80	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×
90	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×

4. 在0.01M的過錳酸鉀中，觀察是否有二氧化錳沉澱：

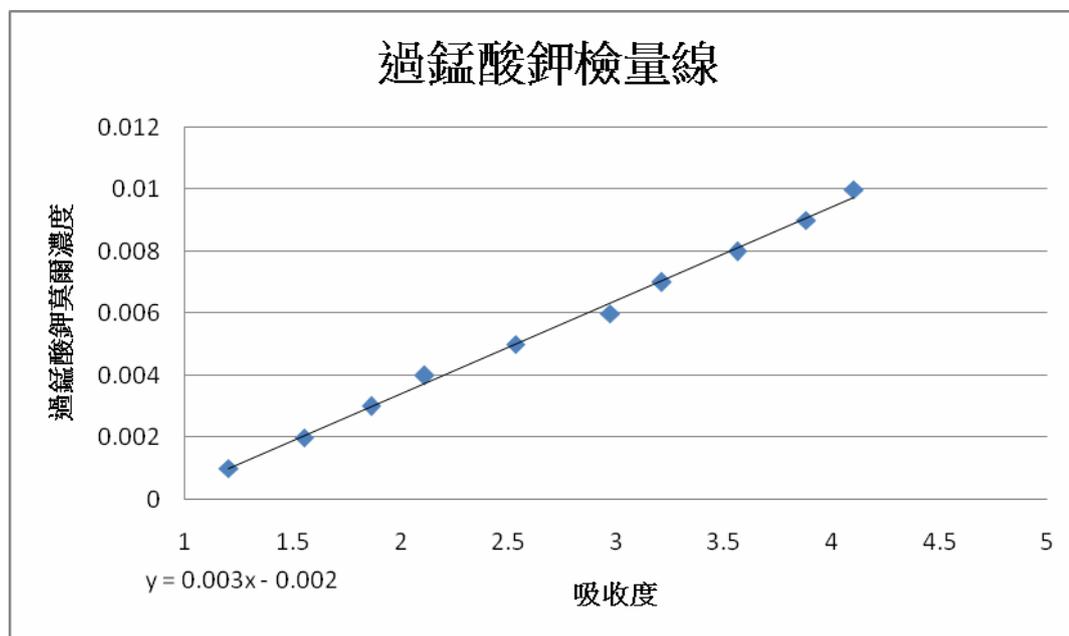
硫酸濃度 (M)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
乙醇濃度 (%)	○代表沉澱、×代表無沉澱									
10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
30	○	○	○	×	×	×	○	×	×	×
40	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
50	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
60	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
70	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
80	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
90	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

實驗二：反應速率的測定

1. 過錳酸鉀的吸收度：

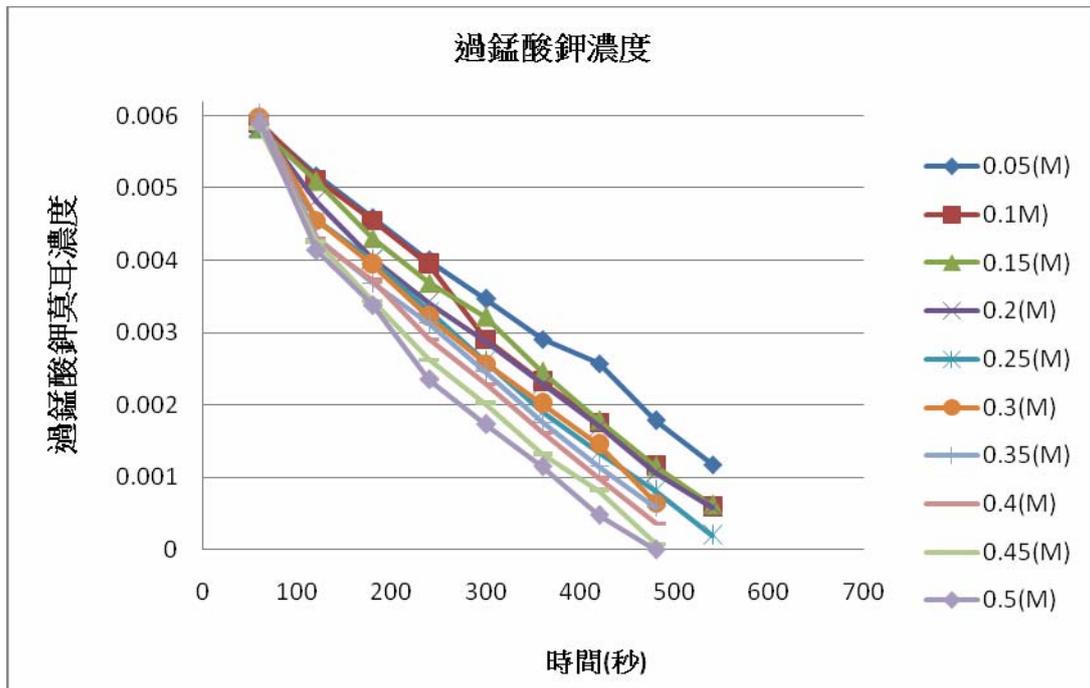


過錳酸鉀 (M)	0.01	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005
吸收度	4.11	3.89	3.57	3.22	2.98	2.54
過錳酸鉀 (M)	0.004	0.003	0.002	0.001	0.00	
吸收度	2.12	1.87	1.56	1.21	0.06	



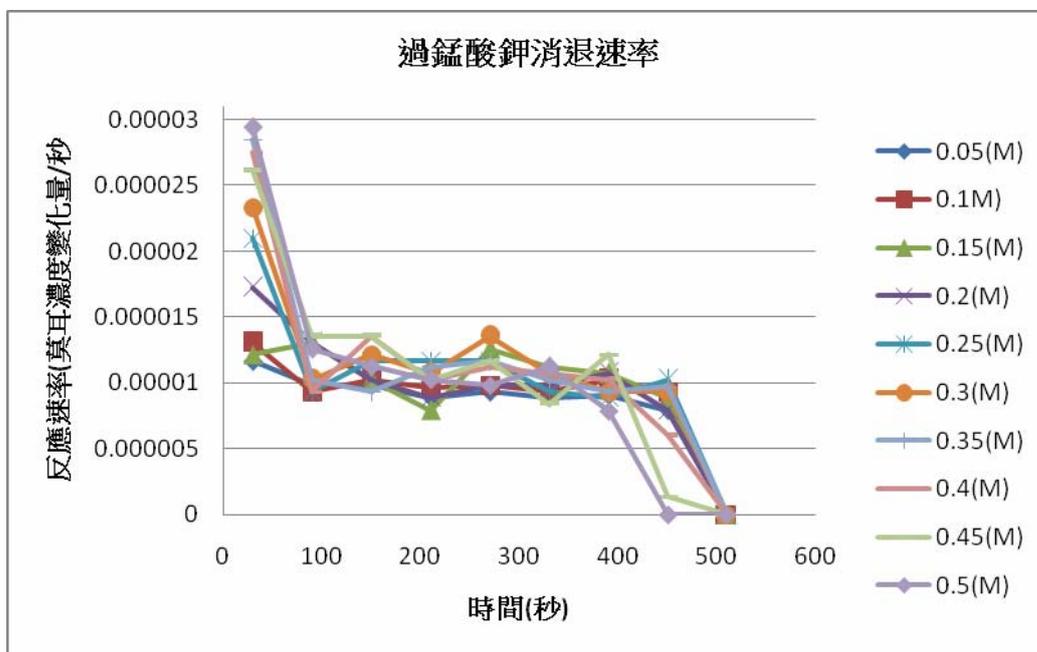
- 由以上的結果可得出 $y = 0.003x - 0.0026$ ，其中將 x 代入吸收度， y 值為莫耳濃度，上列式子，便可將分光光度計的數值，轉換成莫耳濃度。
- 再者，由於設備的限制，只能測量出每隔 30 秒的過錳酸鉀濃度變化，並發現乙醇或硫酸的濃度太高，在 30 秒內紫紅色消退，因速度過快，不易測量。因此，便將乙醇濃度設定為 70% 進行測量。

2. 乙醇（70%）和過錳酸鉀（0.01M）在不同濃度的硫酸中反應為：



▶ 上述為過錳酸鉀莫耳濃度和時間關係圖，顏色消退時間越長，過錳酸鉀莫耳濃度越小。

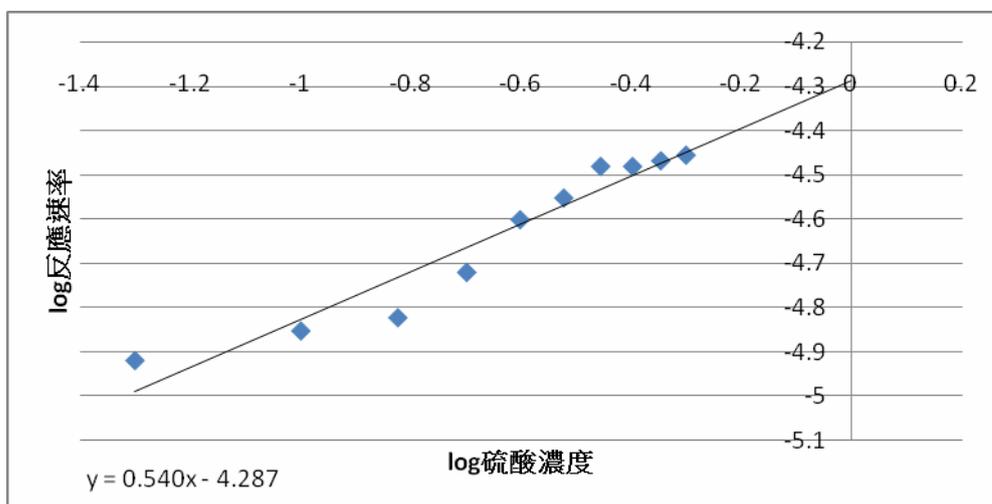
將上述相隔前後兩次的濃度相減，再除以 30 秒，可得到每 30 秒內的平均速率，並可將中點速率視為平均速率，可得出下圖：



計算出其中的反應速率後，老師要我們去推論在 T=0 時的反應速率，所以我們以 EXCEL 的線性迴歸功能，可求出 T=0 秒時的初速率：

硫酸 (M)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
初速率 ($\Delta M/\text{秒}$)	11E-6	12E-6	13E-6	16E-6	20E-6	22E-6	25E-6	26E-6	26E-6	30E-6

以濃度做 log 圖，如下所示：



▶ 得出其方程式：

$$y = 0.540x - 4.287$$

再反推可得：反應速律 (R) = $10^{-4.287} \times [\text{硫酸}]^{0.540}$

其中 $10^{-4.287} = 0.000051$

∴ 化學反應速率式為：R = $0.000051 \times [\text{硫酸}]^{0.540}$

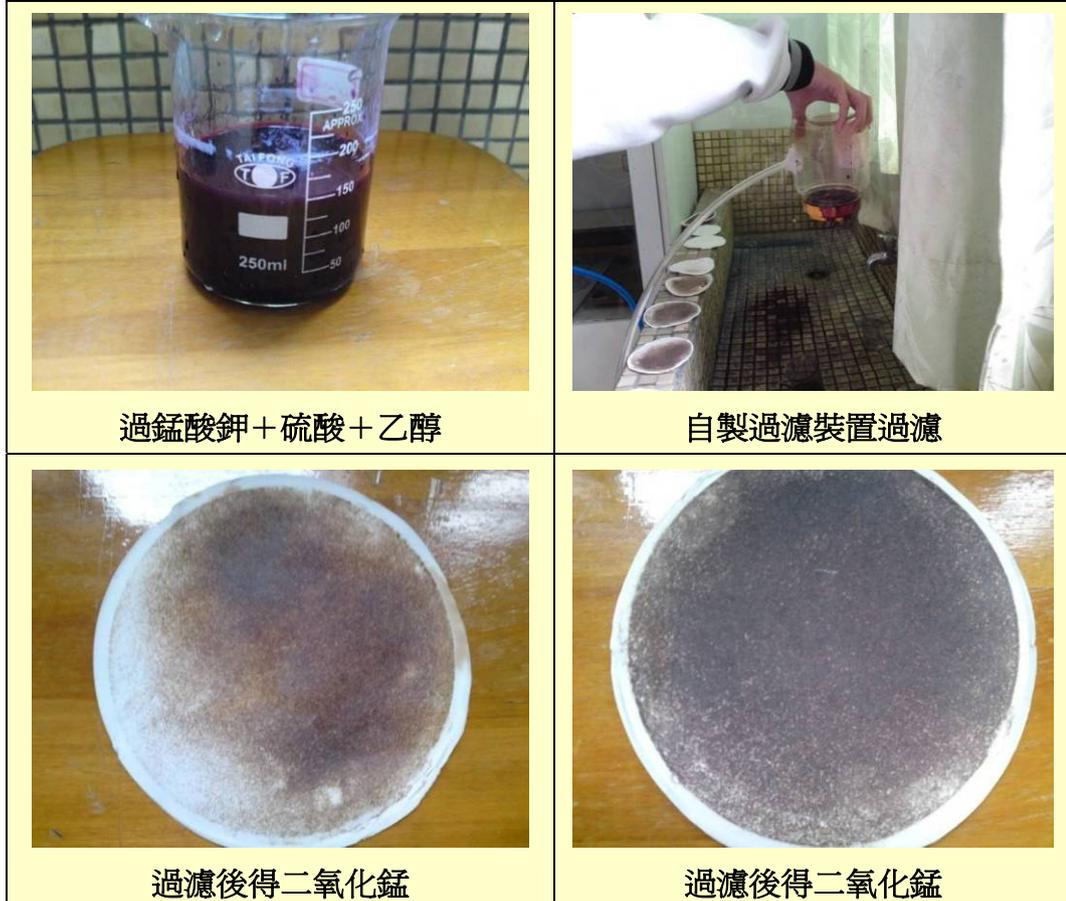
K = 0.000051，反應級數 n = 0.540。

R = $0.000072 \times [\text{H}^+]^{0.540}$

K = 0.000072，反應級數 n = 0.540。

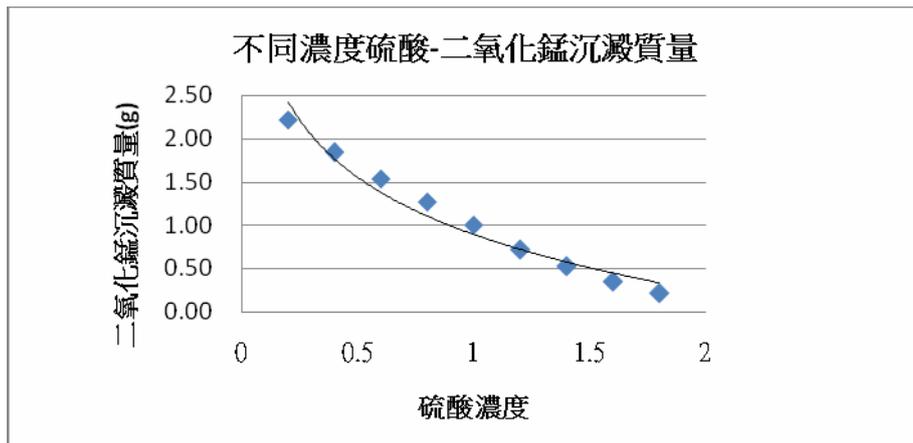
實驗三：不同濃度的硫酸對乙醇及過錳酸鉀產生二氧化錳的沉澱量

因為按照之前所配置的過錳酸鉀及乙醇溶液，所產生二氧化錳的沉澱值量太小，我就將過錳酸鉀、乙醇及硫酸溶液的體積加大 50 倍重作實驗。

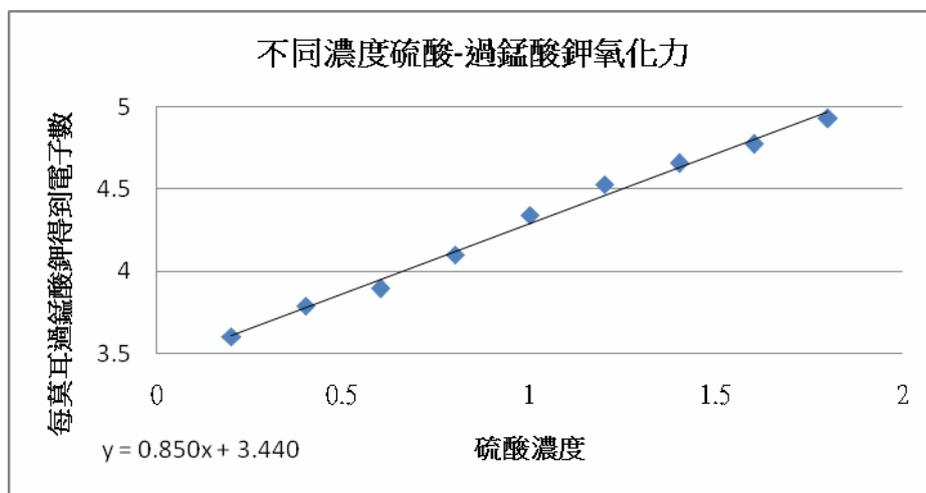


1. 以0.05M、0.1M、0.15M、0.2M、0.25M、0.3M、0.35M、0.4M、0.45M、的硫酸各250 (ml)，以及乙醇 50.00%各 250 (ml) 分別加入0.07M 500(ml) 的過錳酸鉀。
2. 在酸性溶液中，沒有產生綠色的 MnO_4^{2-} ，所以 MnO_4^- 都還原成 MnO_2 及 Mn^{2+} ，可以下列方式求出不同 pH 值中，平均每莫耳 MnO_4^- 得到電子的數量。
3. 每支試管中含有過錳酸鉀 0.01M、10.00ml，故含有過錳酸鉀 0.0001mole，便可導出公式如下：

$$\text{每莫耳 } MnO_4^- \text{ 可以得到的電子數} = \frac{\frac{\text{二氧化錳質量}}{87} \times 3 + (0.035 - \frac{\text{二氧化錳質量}}{87}) \times 5}{0.035}$$

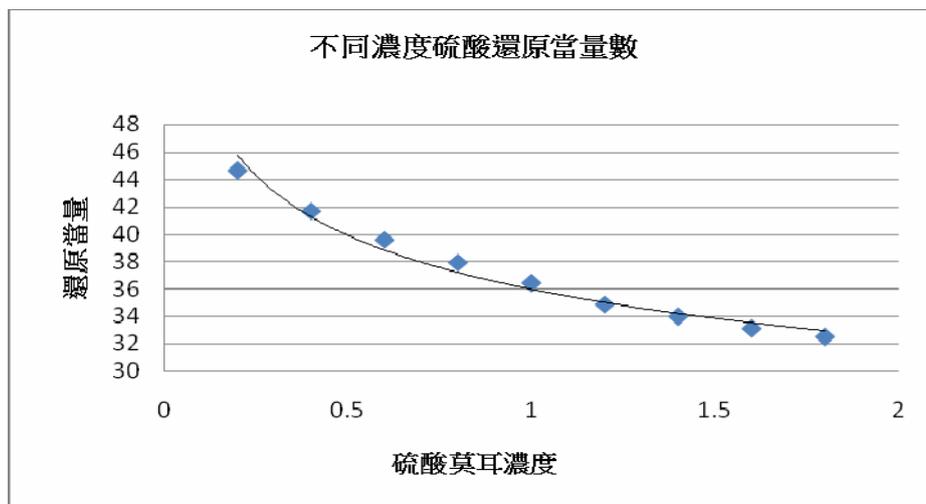


- ▶ 二氧化錳的沉澱量隨硫酸濃度增加而減少。



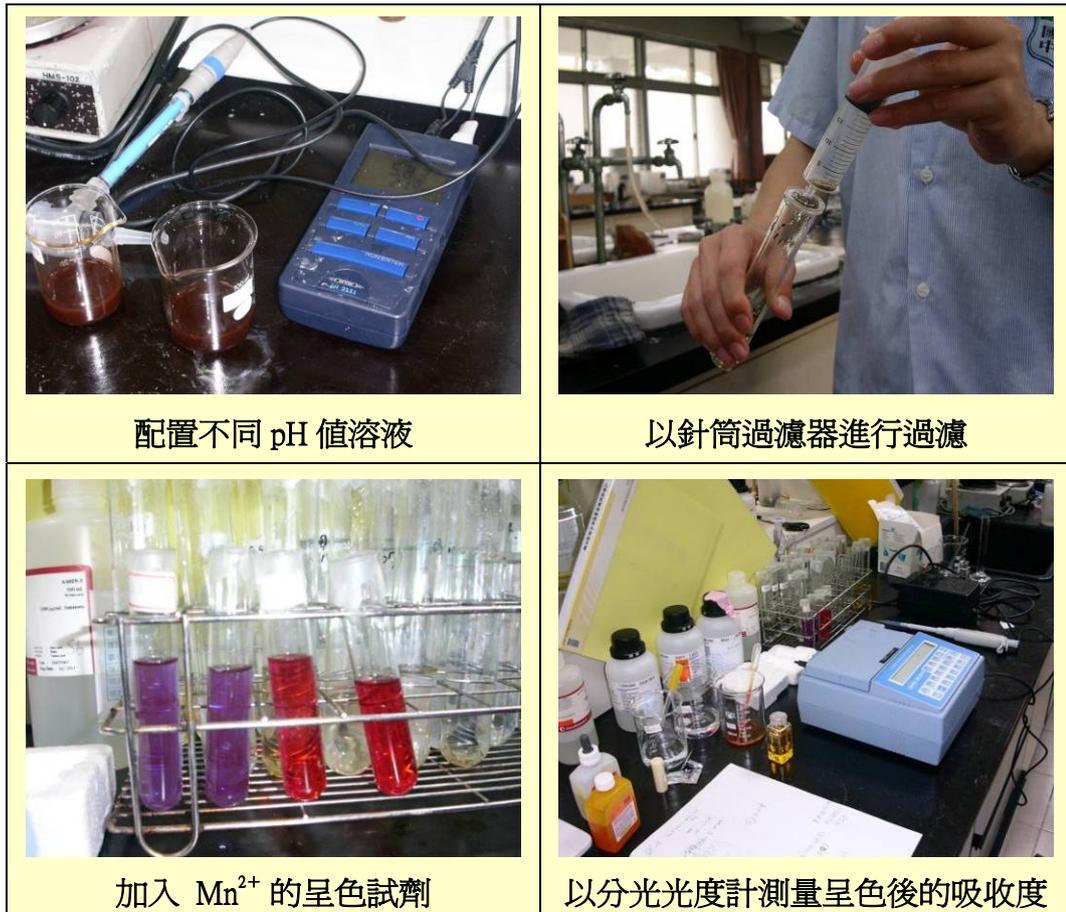
- ▶ 過錳酸鉀得到電子數隨硫酸濃度而上升，和硫酸濃度幾乎成正比關係。

在化學反應中，化合物獲得（或失去）一莫耳電子所需的量，稱為該元素的當量。一克當量即當量的克數，我們可以計算出在不同硫酸濃度中，過錳酸鉀的還原當量。



- ▶ 當硫酸的莫耳濃度越大時，還原當量也越小，這表示在硫酸的濃度較大時，只需要質量較少的過錳酸鉀，就可以得到一莫耳的電子，所以越酸過錳酸鉀的氧化力越強。

實驗四：不同 pH 值對過錳酸鉀氧化力的影響



配置不同 pH 值溶液

以針筒過濾器進行過濾

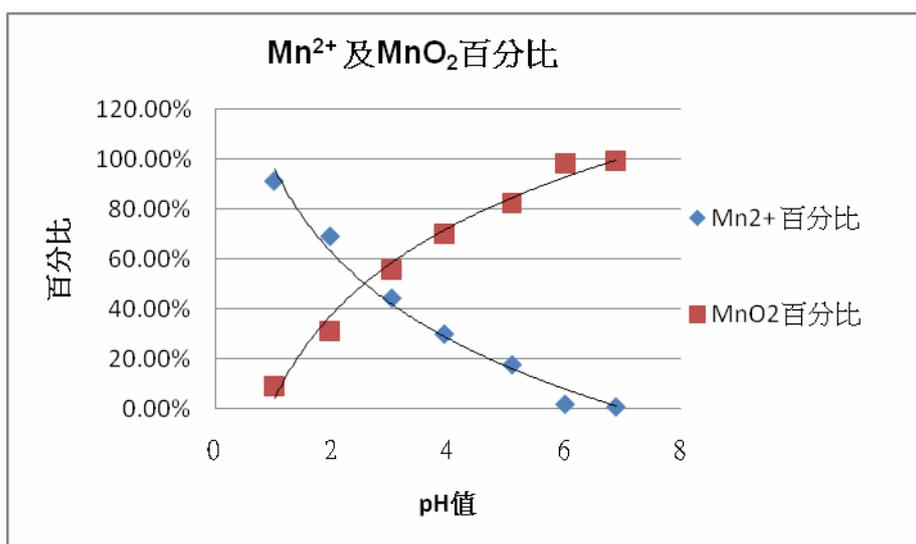
加入 Mn^{2+} 的呈色試劑

以分光光度計測量呈色後的吸收度

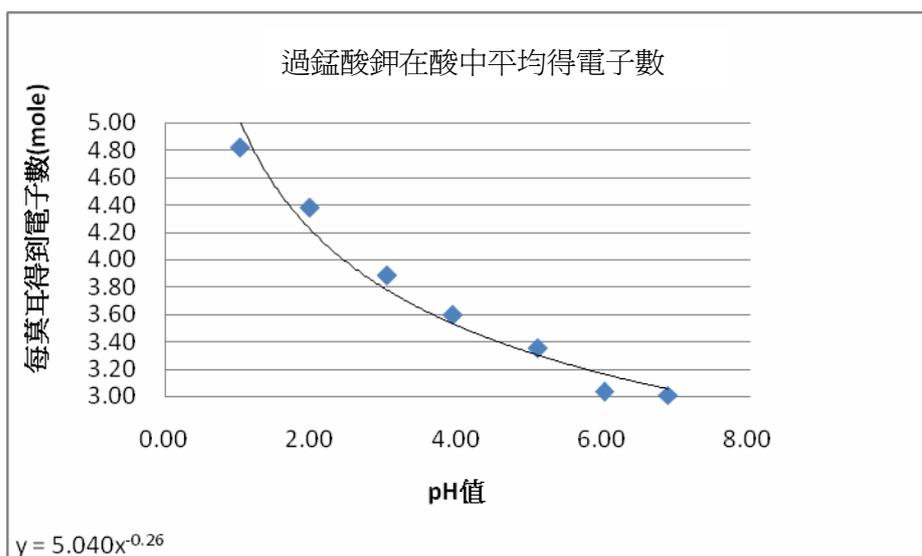
1. 因為測量二氧化錳的沉澱量，會產生較大的誤差，我們便以分光光度計，測量溶液中 Mn^{2+} 離子的含量，其測量的原理和步驟如附件。（註）
2. 我們分別配製 pH1~7 的溶液 20.00ml（內含乙醇約 10ml）及過錳酸鉀 0.01M、10.00ml），放置約 20 分鐘後，以 Filter 進行過濾，確定溶液中沒有 MnO_2 ，再分別測量七支濾液中 Mn^{2+} 的含量。
3. 確定 MnO_4^- 都還原成 MnO_2 及 Mn^{2+} ，我們便可以下列方式求出不同 pH 值中，每莫耳 MnO_4^- 得到電子的數量，
4. 因為每支試管中含有過錳酸鉀 0.01M、10.00ml，故含有過錳酸鉀 0.0001mole，便可導出公式如下：

$$\text{每莫耳 } MnO_4^- \text{ 可以得到的電子數} = \frac{Mn^{2+} \text{ mole 數} \times 5 + (0.0001 - Mn^{2+} \text{ mole 數}) \times 3}{0.0001}$$

pH 值	Mn ²⁺ (ppm)	Mn ²⁺ 百分比	MnO ₂ 百分比	每莫耳平均得到電子數
1.02	5.00	90.91%	9.09%	4.82
1.98	3.79	68.82%	31.18%	4.38
3.04	2.43	44.09%	55.91%	3.88
3.94	1.64	29.73%	70.27%	3.59
5.10	0.96	17.45%	82.55%	3.35
6.01	0.09	1.64%	98.36%	3.03
6.88	0.03	0.55%	99.45%	3.01

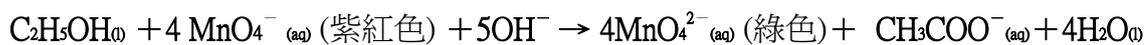


- 由上面的圖形可以了解，在酸性溶液中，當 pH 值大於 2，MnO₄⁻ 不是完全還原成 Mn²⁺，而是有不小的比例還原成 MnO₂，並隨著 pH 值的上升，MnO₂ 比例也隨著增加，並發現當 pH 值大於 3 以後，MnO₂ 含量已較 Mn²⁺ 多。



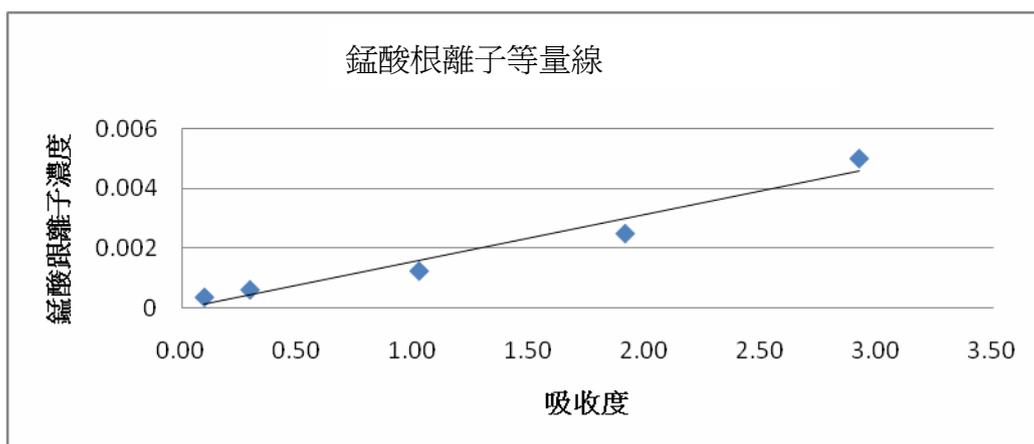
- 過錳酸鉀氧化力隨 pH 值上升而下降。

5. 過錳酸鉀在鹼性溶液中，會變為綠色的 MnO_4^{2-} ，其反應式如下：



因為我們無法取得 MnO_4^{2-} 溶液，所以將固定濃度的過錳酸鉀，放在 pH 值為 13 左右的 KOH 溶液中與乙醇反應，發現溶液全部變為綠色，並且沒有二氧化錳沉澱產生，又由上述的化學反應式可以發現， MnO_4^- 及 MnO_4^{2-} 的莫耳數比為 1:1，所以配製固定濃度的過錳酸鉀溶液至於強鹼中，便可得 MnO_4^{2-} 的濃度，並作稀釋，以求得 MnO_4^{2-} 的檢量線。

MnO_4^{2-} (M)	5E-03	2.5E-03	1.2E-03	6.2E-04	3.7E-04	0.00
吸收度	1.45	0.93	0.54	0.29	0.10	0.09

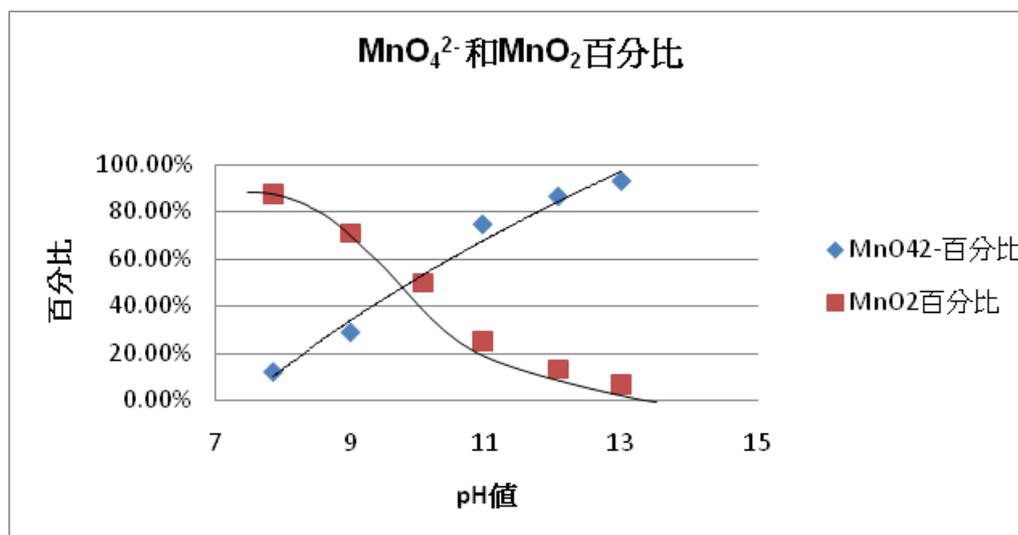


- 我們分別配置 pH8~13 的溶液 20.00ml (內含過量乙醇約 10.ml 及過錳酸鉀 0.01M、10.00ml)，放置約 20 分鐘後，進行過濾，再分別測量七支濾液中 MnO_4^{2-} 的含量。
- 因為在鹼性溶液中， MnO_4^- 都還原成 MnO_4^{2-} 及 MnO_2 ，我便可以下列方式求出不同 pH 值中，每莫耳 MnO_4^- 得到電子的數量。

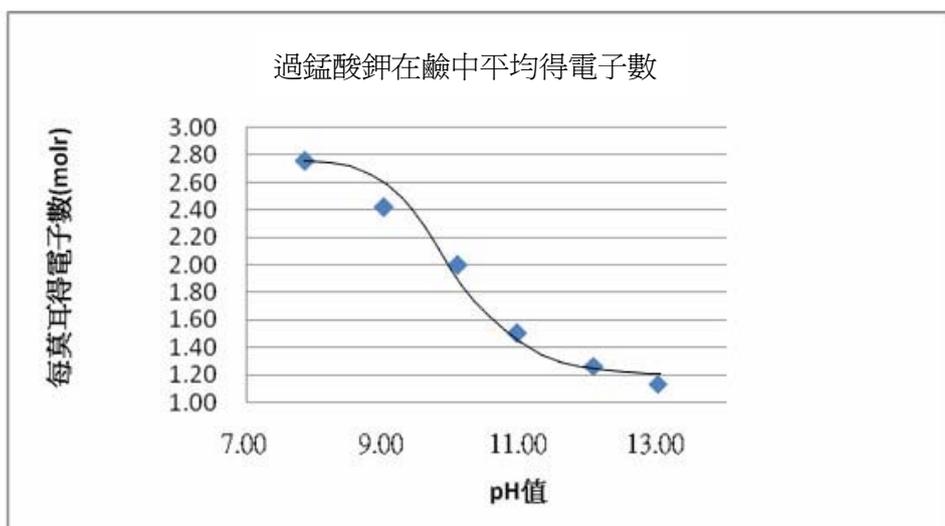
8. 因為每支試管中含有過錳酸鉀 0.01M、10.00ml，故含有過錳酸鉀 0.0001mole)其公式如下便可導出公式如下：

$$\text{每莫耳 MnO}_4^- \text{ 可以得到的電子數} = \frac{\text{MnO}_4^{2-} \text{ mole 數} \times 1 + (0.0001 - \text{MnO}_4^{2-} \text{ mole 數}) \times 3}{0.0001}$$

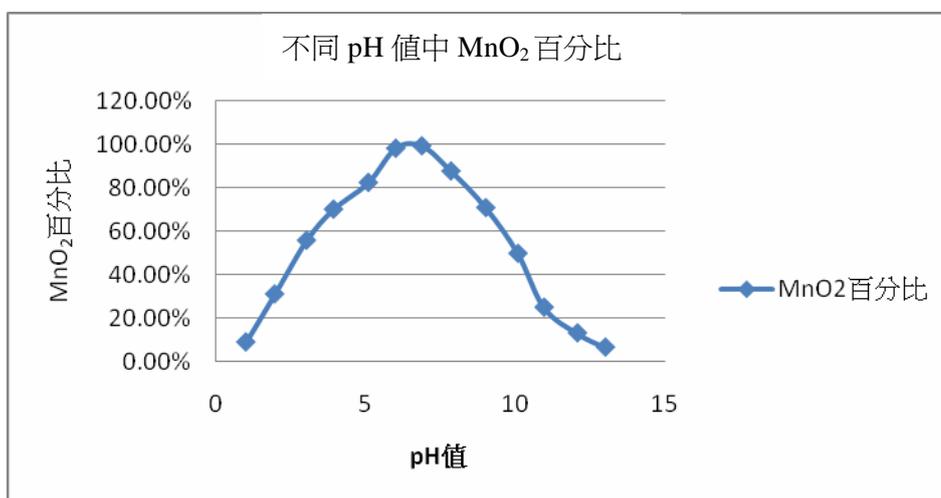
pH 值	吸收度	MnO ₄ ²⁻ (M)	MnO ₄ ²⁻ 百分比	MnO ₂ 百分比	每莫耳平均得到電子數
7.85	0.52	1.2E-03	12.12%	87.88%	2.76
9.01	1.07	2.9E-03	29.02%	70.99%	2.42
10.08	1.75	5.0E-03	50.10%	49.91%	2.00
10.95	2.55	7.4E-03	74.90%	25.11%	1.50
12.06	2.93	8.6E-03	86.77%	13.23%	1.26
12.99	3.14	9.3E-03	93.31%	6.69%	1.13



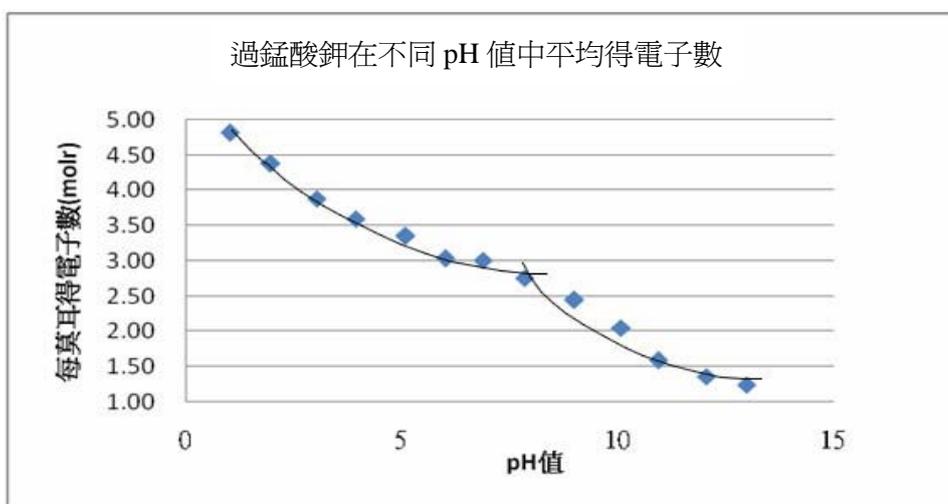
- 由上面的圖形可以了解，在鹼性溶液中，當 pH 值小於 13，MnO₄⁻ 不是完全還原成 MnO₄²⁻，而是有不小的比例還原成 MnO₂，並隨著 pH 值的下降，MnO₂ 比例也隨著增加，並且發現當 pH 值小於 10 以後，MnO₂ 含量已較 MnO₄²⁻ 多。



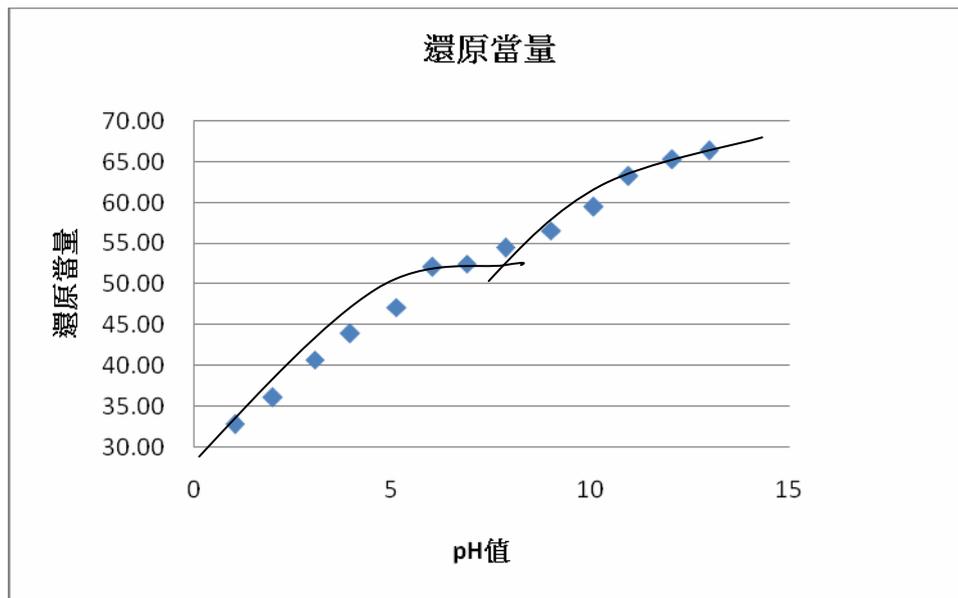
- ▶ 過錳酸鉀平均得電子數隨 pH 值上升而下降。



- ▶ 由上圖可以發現， MnO_2 在中性的環境下，比例最大，但在 pH 值大於 12 或 pH 值小於 2 以後，溶液中 MnO_2 的比例是非常低。



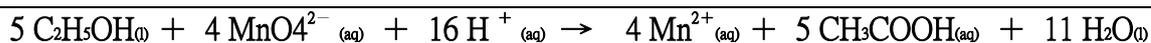
- ▶ 上圖發現，以 pH=7 為中間點，可以得到兩條趨勢線，且有乘冪的關係。



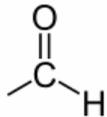
- ▶ 當硫酸的 pH 值越大時，還原當量也越大，這表示在溶液 pH 值較大時時，需要質量較多的過錳酸鉀，才可以得到一莫耳的電子。

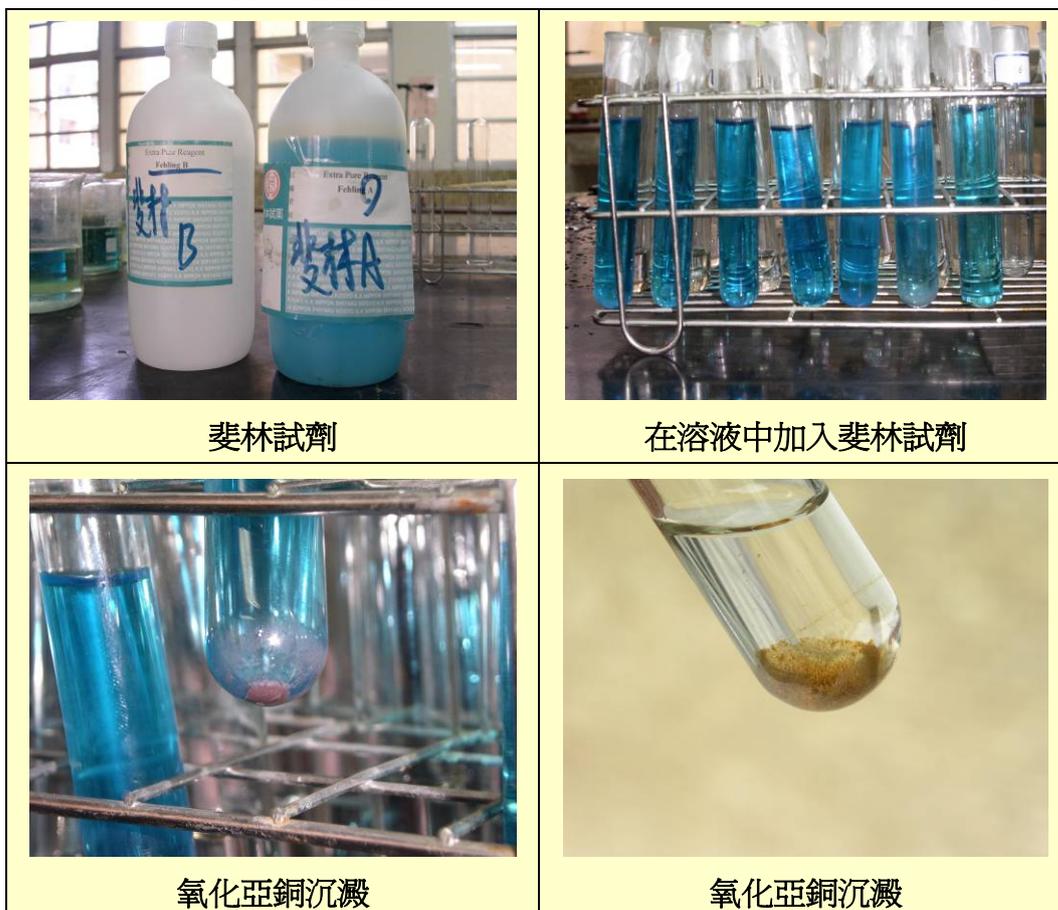
實驗五：不同 pH 值的溶液中乙醇氧化成乙醛的含量測定

1. 在反應的過程中，我們由下面的方程式可以了解：



乙醇最後都被氧化成乙酸，如果在過錳酸鉀不足的情況下，乙醇是否如過錳酸根一樣，也氧化成不同價數的生成物，如氧化成乙醛或乙酸。和老師討論過後，得知中間過程，乙醇有可能部份氧化成乙醛。

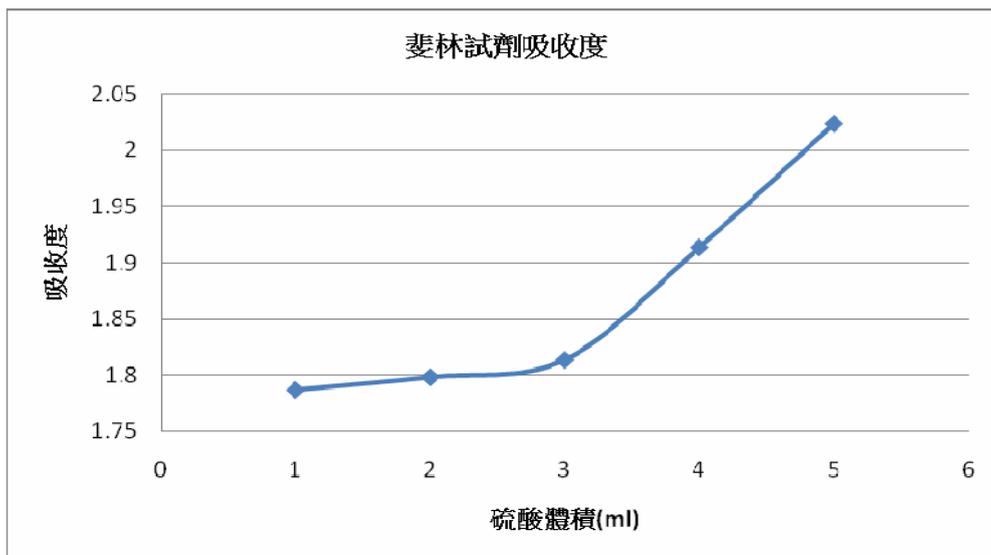
2. 查過相關資料後，了解乙醛如果加入本氏液，會和醛基(-CHO)  反應，另有一種斐林試劑，也會和醛基產生紅色的氧化亞銅沉澱，也可以檢驗到乙醛的存在。



3. 以乙醇溶液 10.00ml 加入過錳酸鉀 0.01M、10.00ml，分別加入濃硫酸 1.00ml、2.00ml、3.00ml、4.00ml、5.00ml。
4. 過濾，以確定去除 MnO_2 ，並調 pH 值至中性。
5. 將上述 5 支試管分別加入斐林試劑 10.00ml，靜置 1 天後觀察。

硫酸體積 (mL)	1	2	3	4	5
溶液顏色	藍	藍	藍	藍	藍
氧化亞銅沉澱	有沉澱	有沉澱	有沉澱	有沉澱	有沉澱

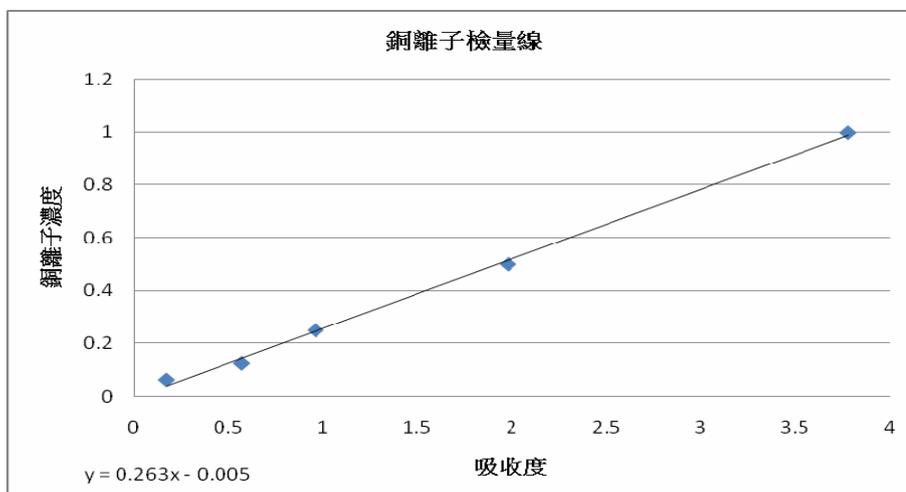
6. 將上述溶液放入分光光度計中，波長調置 600nm，測量吸收度。



► 由上圖可以發現，加入硫酸體積越多，顏色越深，代表較少斐林試劑反應，所以在越酸的环境下，乙醇容易氧化成乙酸，乙醛的含量越少。

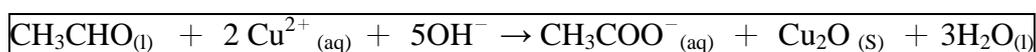
7. 銅離子吸收度

Cu^{2+} (M)	1.00	0.50	0.25	0.125	0.0625
吸收度	3.78	1.98	0.96	0.57	0.17

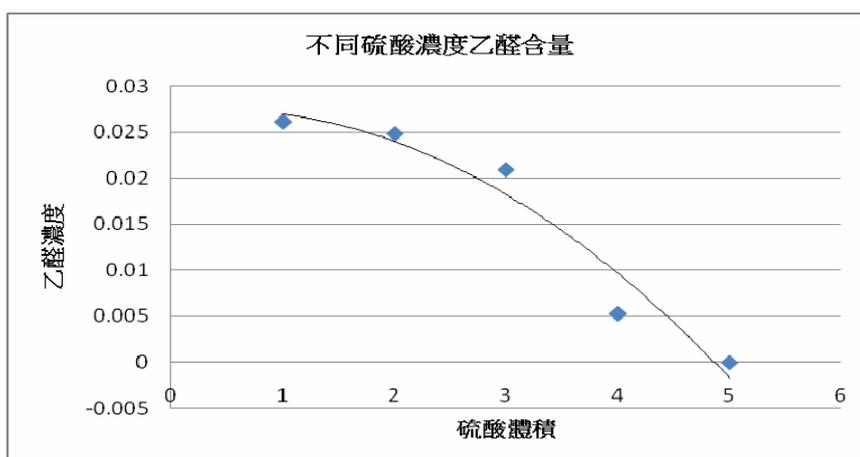


► 由以上的結果可得出 $y=0.263x-0.005$ ，其中將 x 代入吸收度， y 值為莫耳濃度，上列式子，便可將分光光度計的數值，轉換成莫耳濃度。

我們可由吸收度的變化，轉換成減少的銅離子含量。由以下方程式得知



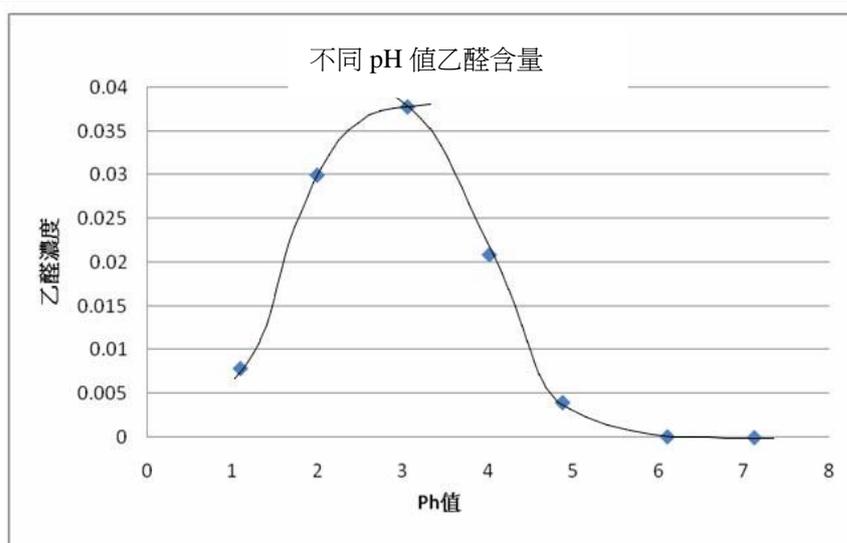
乙醛和消耗的銅離子莫耳數比為 1:2，故可以計算乙醛的量。



► 由上圖可以發現，加入硫酸體積越多，因為氧化力較強，乙醇容易氧化成乙酸，乙醛的含量越少。

8. 我們分別配製 pH1~7 的溶液 20.00ml (內含乙醇約 10.00ml) 及過錳酸鉀 0.01M、10.00ml)，放置約 20 分鐘後，以 Filter 進行過濾，確定溶液中沒有 MnO_2 。
9. 過濾，以確定去除 MnO_2 ，並調 pH 值至中性。
10. 將上述 5 支試管分別加入斐林試劑 10.00ml，將分光光度計波長調整至 600nm，測量吸收度。
11. 放入沸水中 5 分鐘，測量吸收度。

pH 值	1.09	1.99	3.05	4.01	4.87	6.10	7.12
吸收度(開始)	2.01	2.01	2.00	2.00	2.01	2.02	2.01
吸收度 (放入沸水 5 分鐘後)	1.93	1.76	1.69	1.80	1.96	2.00	2.00



- pH 值約 3 以下，氧化能力強，所以越酸時，乙醇氧化成乙酸的比例高，測出乙醛的比例較低。
- pH 值 5-7 時，測得乙醛也偏低，我們發現在 20 分鐘時，乙醇尚未氧化，所已測得吸收度幾乎沒有改變，尤其在 pH=6.01 及 pH=7.12 時。

柒、實驗討論

(一) 實驗操作：

1. 因為二氧化錳在溶液中相當不穩定，因此我們必須以快速過濾的方式來進行過濾，二氧化錳的粒子過小，很容易穿過慮紙，我們試了很多次之後，發現必須以多張濾紙過濾，才可以得到澄清濾液，烘乾之後，再拿到電子秤秤重後，再扣掉多張濾紙的重量，即為二氧化錳的質量，因此誤差較大。
2. 因乙醇與過錳酸鉀混合時，便開始進行氧化還原反應，其 pH 會一直改變，所以我們以開始的數據，作為實驗探討時的主要依據。而事實上在不同條件的反應中， H^+ 或 OH^- 會參與反應，所以在實際觀察中 pH 值一直靠近中性。因此整個實驗的真正狀況可能比我們想像的還要複雜。

(二) 乙醇：

1. 我們實驗結果可以了解，硫酸濃度是影響反應速率的最主要因素，反應的初速率會隨著硫酸濃度的增加而持續上升。
2. 反應速率和濃度是呈非只有單純的正比關係而已，而呈現一曲線關係，表示應該是一個「指數」的關係，硫酸濃度和反應初速率的反應級數大約為 0.5，表示濃度增加為原來 2 倍，反應速率大概增加為原來的 $2^{0.5}$ 約為 1.41 倍。
3. 硫酸的濃度大小對過錳酸鉀的還原速度是有相當明確的影響。
4. 紫色的 MnO_4^- 離子在酸性大多還原為 Mn^{2+} 離子，但我們發現在過錳酸鉀濃度很高，或者是乙醇或硫酸濃度較低時，也會產生棕色的二氧化錳沉澱。
5. 由第 5 點的結果可以發現，乙醇在這個反應中扮演還原劑的角色，因此在乙醇濃度較低時，無法釋放出足夠的電子，因此部分的 MnO_4^- 離子先還原成 MnO_2 而沉澱。
6. 實驗的結果可以發現，在愈酸的環境下， MnO_4^- 離子越容易還原成無色的 Mn^{2+} 離子。
7. 因為在不同濃度的硫酸濃度時，我們可依二氧化錳的沉澱量，來估算溶液中 Mn^{2+} 離子的含量。所以我們也發現，過錳酸鉀得到電子的能力和溶液的 pH 值有著明顯的關係。
8. 在不同 pH 值的溶液中，乙醇會有不同比例的氧化程度，其一是直接氧化為乙酸，其二是部分氧化成乙醛再繼續氧化成乙酸。我們以斐林試劑便可以檢測到乙醛的存在，而要直接測量乙醛的含量比較不容易，於是採用斐林試劑本身藍色的吸收量來反推乙醛的含量。因為斐林試劑中的 Cu^{2+} 會形成 Cu_2O 而沉澱，藍色會變淡，於是利用其吸收度的改變作為檢測的依據。

捌、實驗結論

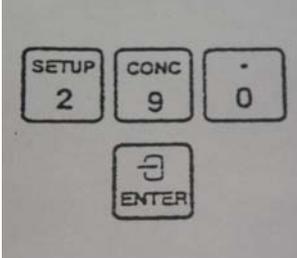
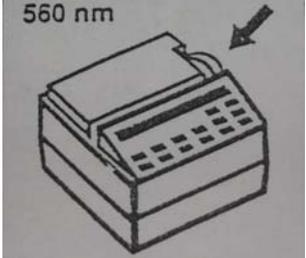
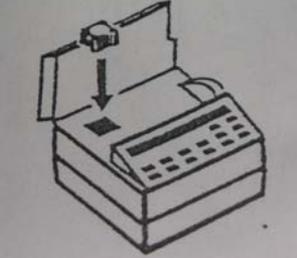
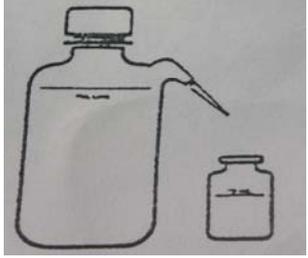
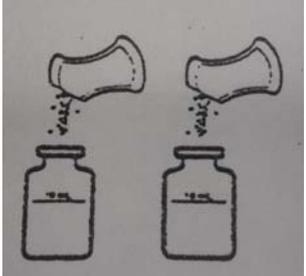
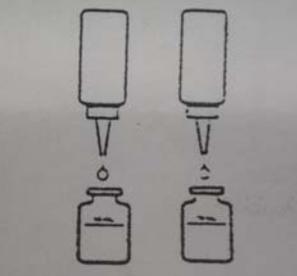
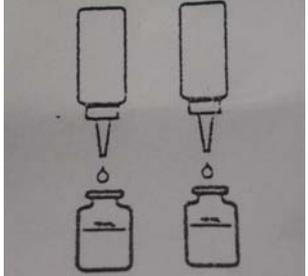
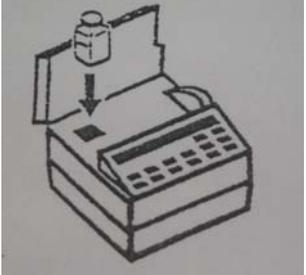
- 一、酸性愈強或鹼性越強時，其特有的紫紅色消失會愈快。
- 二、我們發現在酸性或鹼性的環境下，過錳酸鉀不會只還原成 Mn^{2+} 離子或 MnO_4^{2-} ，還是有部份還原成二氧化錳，並且跟溶液的 pH 值有很大的關係，我們亦估算其百分比所得到的結果：pH 在 1 左右約有 90% 還原為 Mn^{2+} ，約有 10% 還原為 MnO_2 。而在 pH 在 7 左右約有 99.5% 還原為 MnO_2 。在 pH 在 13 左右約有 93% 還原為 MnO_4^{2-} ，約有 7% 還原為 MnO_2 。而在 pH 在 10 左右，約有 50% 還原為 MnO_4^{2-} ；約有 50% 還原為 MnO_2 。
- 三、我們也發現過錳酸鉀過量時，有機會將乙醇氧化為乙酸。但乙醇過量時，因 pH 值的不同(起始數值)乙醇會有不同的氧化程度，乙酸及乙醛均會有不同的比例出現。
- 四、未來展望：我們發現不同 pH 值時乙醇會有不同的氧化程度，我們也希望這樣的結果有機會運用到酒精測試劑的修正，也希望有機會能改進而能實際的運用。

玖、參考資料

- 一、龍騰版高中物質科學化學篇 CH6 反應速率
- 二、龍騰版高中物質科學化學篇 CH8 氧化還原反應
- 三、龍騰版高中物質科學化學篇 CH9 非金屬元素及其化合物
- 四、龍騰版高中化學 CH11 有機化合物
- 五、翰林版高中物質科學化學篇 CH7 酸與鹼
- 六、翰林版高中物質科學化學篇 CH8 氧化還原

拾、附錄

【Mn²⁺離子檢測法】

			
<p>1.輸入程式代碼 290 按 Enter 顯示幕會顯示調整波長至 560nm</p>	<p>2.旋轉波長旋轉鈕至 560nm，此時會自動輸入，顯示幕出現 Zero Sample 後出現 mg/L Mn HR</p>	<p>3 將 10ml 比色瓶之墊圈放入樣品槽。</p>	<p>4.加入 10ml 的去離子水於比色瓶中當空白瓶。</p>
			
<p>5.取另一支比色瓶，並加入 10ml 之水樣。</p>	<p>6.空白瓶及水樣瓶各加入一粒 # 14577-99，並搖晃混合搖晃。</p>	<p>7. 空白瓶及水樣瓶各加入 15 滴 # 21223-26，並搖晃混合。</p>	<p>8. 空白瓶及水樣瓶各加入 21 滴 # 21224-26，並搖晃混合。</p>
			
<p>9.按下 Shift Timer 等兩分鐘反應。</p>	<p>10.當時間到時會有嗶聲，並顯示 mg/L Mn HR</p>	<p>11.按下 Zero 鍵歸零會顯示 0.000mg/L Mn HR</p>	<p>12.將準備之比色瓶放入樣品槽，按下 Read，顯示 Reading 後所欲測濃度會顯示出來</p>

【不同波長過錳酸鉀吸收度】

波長 濃度(M)	600	580	560	540	520	500
0.01	1.99	2.14	2.62	3.02	3.52	3.67
0.009	1.88	2.01	2.54	2.88	3.32	3.25
0.008	1.89	1.99	2.21	2.52	3.19	2.99
0.007	1.77	1.79	2.02	2.22	2.91	2.61
0.006	1.78	1.65	1.99	2.02	2.66	2.35
0.005	1.54	1.54	1.77	1.88	2.42	2.01
0.004	1.56	1.54	1.68	1.65	1.88	1.88
0.003	1.58	1.43	1.55	1.45	1.46	1.65
0.002	1.31	1.44	1.32	1.31	1.32	1.42
0.001	1.12	1.21	1.22	1.20	1.21	1.30

波長 濃度(M)	490	495	480	460	440
0.01	4.11	4.11	4.15	4.07	3.87
0.009	3.79	3.89	3.69	3.77	3.54
0.008	3.51	3.57	3.59	3.62	3.32
0.007	3.22	3.22	3.39	3.53	3.12
0.006	2.99	2.98	2.99	3.43	2.98
0.005	2.66	2.54	2.75	3.34	2.76
0.004	2.13	2.12	2.25	3.08	2.54
0.003	1.88	1.87	1.98	2.50	2.34
0.002	1.55	1.56	1.75	1.91	2.12
0.001	1.25	1.21	1.58	1.65	1.98

【過錳酸鉀在不同濃度硫酸中，每隔 60 秒吸收度的變化】

硫酸(M) 時間(sec)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0	2.67	2.68	2.65	2.66	2.65	2.70	2.72	2.69	2.65	2.68
60	2.42	2.40	2.39	2.29	2.20	2.20	2.11	2.10	2.09	2.05
120	2.21	2.20	2.11	2.01	2.00	1.98	1.89	1.90	1.80	1.78
180	2.00	1.98	1.89	1.79	1.75	1.72	1.69	1.61	1.51	1.41
240	1.81	1.61	1.72	1.60	1.50	1.49	1.45	1.39	1.29	1.19
300	1.61	1.40	1.45	1.39	1.25	1.29	1.20	1.15	1.04	0.98
360	1.49	1.20	1.21	1.18	1.05	1.09	0.98	0.92	0.86	0.74
420	1.21	0.98	0.98	0.95	0.86	0.8	0.78	0.70	0.60	0.50
480	0.99	0.78	0.79	0.78	0.64	0.6	0.59	0.49	0.41	0.34

【過錳酸鉀在不同濃度硫酸中，每隔 60 秒濃度的變化】

硫酸(M) 時間(sec)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0	5.9E-03	5.9E-03	5.8E-03	5.8E-03	5.8E-03	6E-03	6E-03	5.9E-03	5.8E-03	5.9E-03
60	5.2E-03	5.1E-03	5.1E-03	4.8E-03	4.6E-03	4.6E-03	4.3E-03	4.3E-03	4.3E-03	4.1E-03
120	4.6E-03	4.6E-03	4.3E-03	4E-03	4E-03	3.9E-03	3.7E-03	3.7E-03	3.4E-03	3.4E-03
180	4E-03	3.9E-03	3.7E-03	3.4E-03	3.3E-03	3.2E-03	3.1E-03	2.9E-03	2.6E-03	2.3E-03
240	3.5E-03	2.9E-03	3.2E-03	2.9E-03	2.6E-03	2.6E-03	2.5E-03	2.3E-03	2E-03	1.7E-03
300	2.9E-03	2.3E-03	2.5E-03	2.3E-03	1.9E-03	2E-03	1.8E-03	1.6E-03	1.3E-03	1.1E-03
360	2.6E-03	1.8E-03	1.8E-03	1.7E-03	1.3E-03	1.5E-03	1.1E-03	1E-03	8E-04	5E-04
420	1.8E-03	1.1E-03	1.1E-03	1.1E-03	8E-04	6E-04	6E-04	4E-04	8E-05	0
480	1.2E-03	6E-04	6E-04	6E-04	2E-04	8E-05	5E-05	0	0	0

【評語】 030214

海報版面製作精美，實驗內容充實且多，圖表數據的座標與
實驗結果有出入，學生實驗觀念可再加強。