

# 化學反應的觀察與反應速率實驗的研究

## 國中組化學科第二名

臺北縣福和國民中學

作 者：劉筱君等三人

指導教師：洪鈴雄

### 一、研究動機

國中化學對於化學反應的觀察與反應速率的探討，通常是採用肉眼直接觀察的方法。它只能夠讓學生大致的瞭解化學反應前後的差別。至於反應期間的變化情形，則較少討論。再則，就我們的經驗所知，化學反應時的性質改變，除了發生沉澱物或產生氣體的情形以外，還有顏色深度的改變，顏色的突然改變或 PH 值的變化。各種不同性質的改變應有其適當的觀察方法。因此我們研究按照化學反應時各種不同的性質改變，分別設計適當的實驗方法來觀察化學反應的情形並且探討變因如何影響反應速率。

### 二、研究目的

- (一)自製教具觀察化學反應的情形及探討濃度或溫度如何影響化學反應的速率。
- (二)利用 CdS 電眼觀察沉澱反應，變色的反應及反應速率。
- (三)利用排水量法觀察發生氣體之反應及反應速率。
- (四)利用 PH 計指針的偏轉情形觀察酸鹼值變化之反應及反應速率。
- (五)改進加速空氣與銅的反應以測定空氣中的氧含量。

### 三、研究內容

- (一)利用 CdS 電眼裝置觀察沉澱反應，顏色變化的反應及探討溫度或濃度如何影響反應速率。

1. 原理說明：

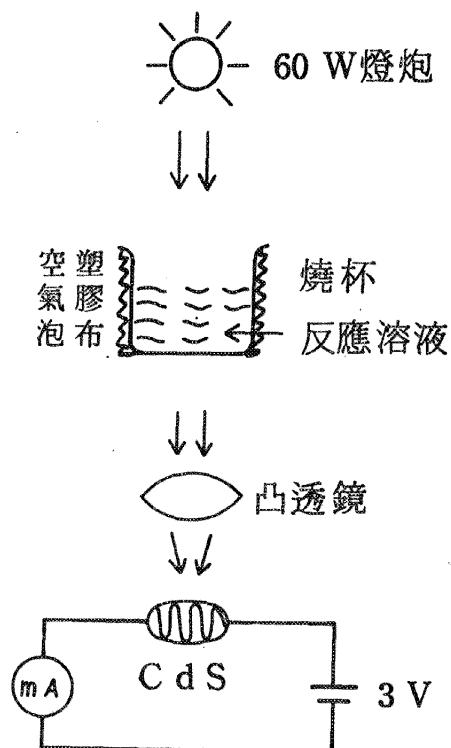
CdS 又叫做光敏電阻，CdS 受到光束的照射時它的電阻值會隨著光束的強弱而改變，若 CdS 受光面所吸收的光束越強，則它的電阻越小，反之則越大。因此我們選擇用 CdS 電眼裝置取代肉眼來觀察沉澱反應或溶液顏色深度改變的反應。如圖(一)，由燈炮所發出的光束

向正在進行沉澱或變色反應的溶液中，然後再由凸透鏡會聚至 CdS 的受光面上。

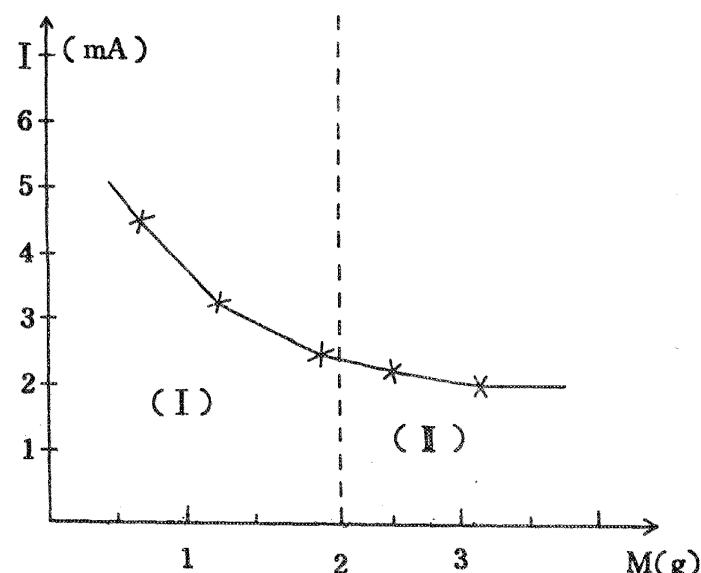
若燒杯中的沉澱物逐漸增加或溶液的顏色逐漸變深，則透過燒杯底的光束強度逐漸減弱，因此 CdS 的電阻增加，電流減小。反之，若沉澱物漸減或溶液顏色變淡，則通過 CdS 的電流逐漸變大。

## 2. CdS 電流與沉澱量的關係：

(1) 為瞭解 CdS 電路中的電流是否會隨著化學反應後



圖(一)



圖(二) 硫的沉澱量和 CdS 電流的關係圖

沉澱量的多寡而呈現規律性的變化，因此操作如下的實驗：  
略。

(2)以 1 M 之 HCl (aq) 50 ml 分別和各種不同濃度的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (aq) 溶液 50 ml 作用時 S 的沉澱量和 CdS 電流的關係如圖(二)：

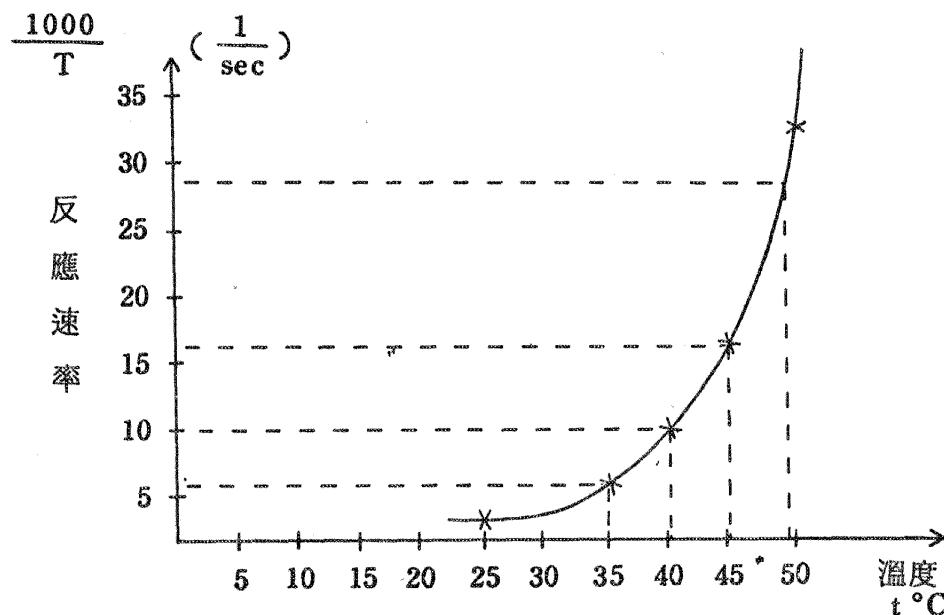
(3)討論：由圖(二)知 CdS 電流與 S 的沉澱量成規律性的變化，即沉澱量越多，則通過 CdS 的電流也越小。但是  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的含量宜在 2 g 以下，因為超過 2 g 時 S 的沉澱量幾乎已經完全遮住光線的通過，故圖(二)中有效觀察範圍在第(I)區。

### 3. 利用 CdS 電眼觀察溫度如何影響 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (aq) 和 HCl (aq) 的反應速率

(1) 裝置如圖(一)

(2) 操作步驟：(略)

(3) 反應溶液的溫度和反應時間倒數 (代表反應速率) 的關係圖：



圖(三) 溫度如何影響  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  與  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3_{(\text{aq})}$  的反應速率

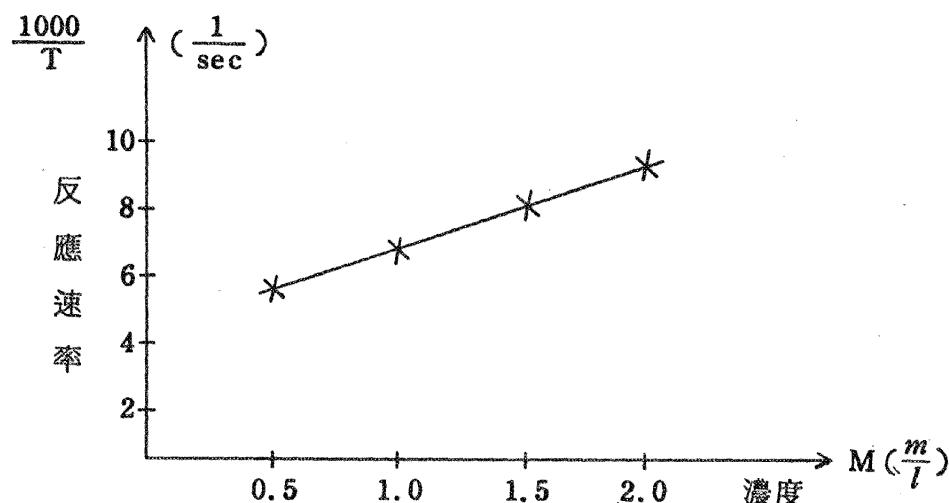
(4) 討論：圖(三)表示沉澱反應的反應速率隨著溫度的升高而加大

### 4. 利用 CdS 電眼觀察 HCl (aq) 的濃度如何影響 HCl (aq) 與定量 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (aq) 的反應速率。

(1) 實驗裝置如圖(一)

(2)操作步聚：(略)

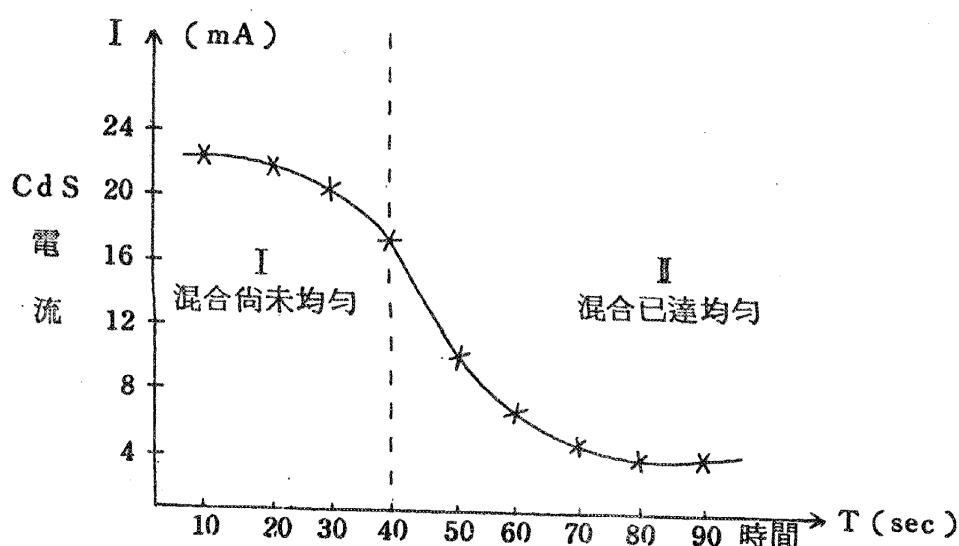
(3)HCl(aq)的濃度與反應速率( $\frac{1}{T}$ )的關係圖：



圖四 塩酸的濃度如何影響鹽酸與硫代硫酸鈉的反應速率

(4)討論：圖四表示定量的硫代硫酸鈉溶液與鹽酸作用時，反應速率隨着鹽酸濃度的升高而加大。

5.利用 CdS 電眼探討  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (aq) 與  $\text{HCl}$  (aq) 作用時，硫的沉澱量隨時間變化的情形。



圖五  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (aq) 與  $\text{HCl}$  (aq) 作用時硫的沉澱量隨時間的變化情形

- (1) 裝置同前面圖(一)。
- (2) 用 2 M 鹽酸 50ml 和 2g/100ml 的硫代硫酸鈉溶液 50ml 作用。
- (3) 每隔 10 秒鐘讀取毫安計所示的毫安數。
- (4) 實驗結果如下表：(略)
- (5) 反應進行時間 T 與硫的沉澱量 (由 CdS 電流表示) 的關係圖：
- (6) 討論：

勾隨著反應的進行 S 的沉澱量逐漸增加，直到反應結束止。  
 久反應開始的前 40 秒，因為  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  和  $\text{HCl}$  的混合尚未達到完全均勻，因此  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  和  $\text{H}^+$  的碰撞次數不夠多，因此 S 的增加速率不夠快，如圖(五)的(D)區，從第 40 秒開始，因為兩種溶液的混合已達均勻，因此 S 的增加率達到極大值，然後因為反應物的消耗而使反應物的濃度逐漸降低，因此反應速率也隨之逐漸緩慢下來，如圖(五)的第(II)區。

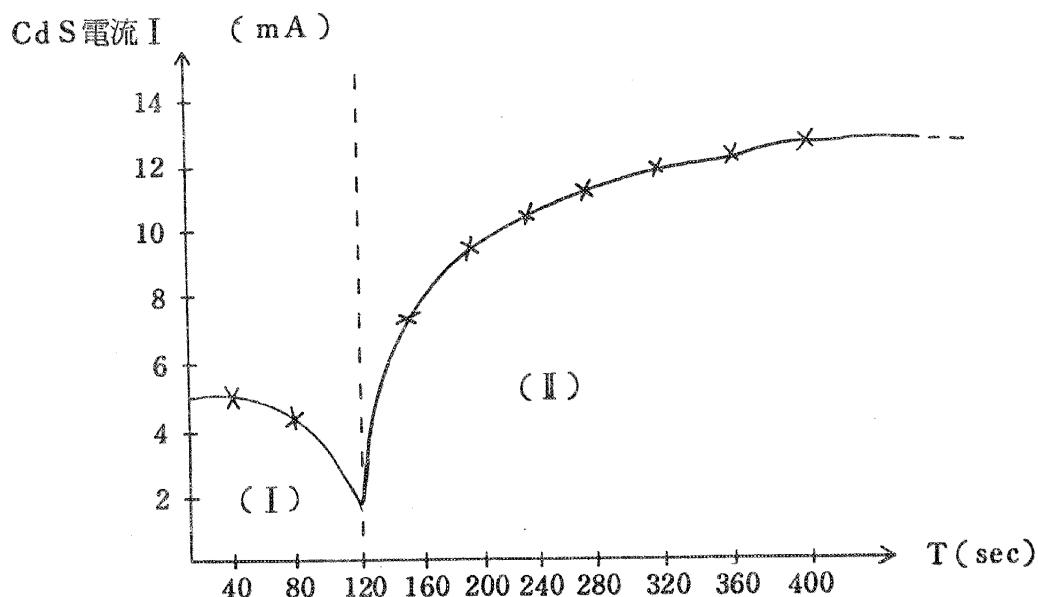
口利用 CdS 電眼可以看到沉澱反應的終點，但是利用肉眼觀察則無法看到終點。

## 6. 利用 CdS 電眼觀察草酸溶液對過錳酸鉀溶液的褪色情形：

- (1) 說明：(略)
- (2) 利用 CdS 電眼觀察  $\frac{10\text{g}}{100\text{ml}}$  的草酸溶液 50ml 與  $\frac{1\text{g}}{100\text{ml}}$  的過錳酸鉀溶液 50ml 進行反應時，CdS 電流與時間的關係如下圖(六)。
- (3) 討論：

勾用肉眼觀察草酸對過錳酸鉀溶液的褪色情形似乎一開始就依照  $\text{MnO}_4^-$  (紫色)  $\rightarrow \text{Mn}^{3+}$  (無色) 的反應，但是經過利用 CdS 電眼的觀察發現  $\text{MnO}_4^-$  在變成  $\text{Mn}^{3+}$  之前可能先變成較深色的錳化物，然後再變成無色的  $\text{Mn}^{3+}$ ，因此反應開始時溶液顏色變的更深，然後再變淡。

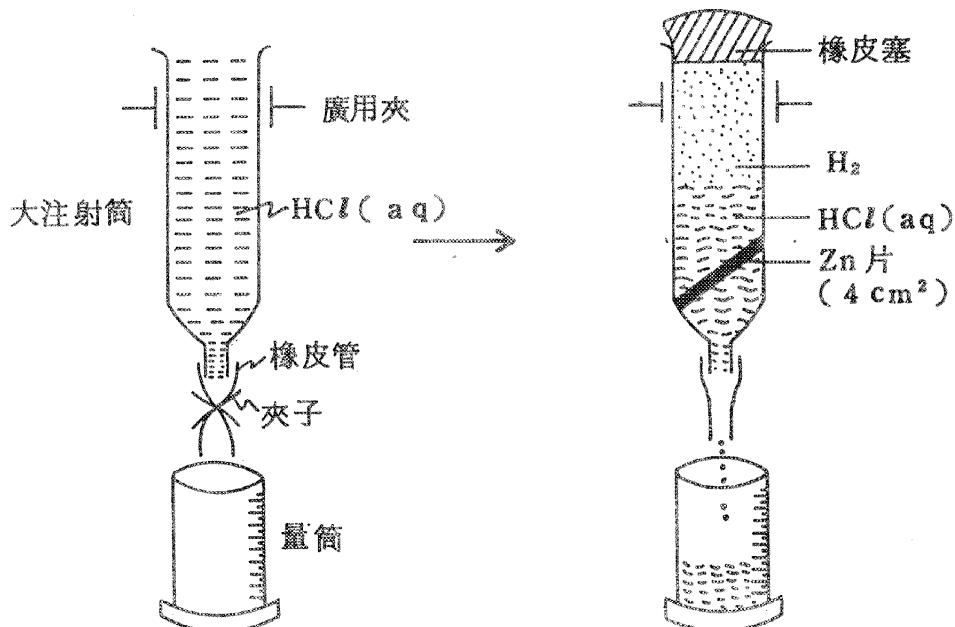
久從第 120 秒開始的 40 秒內，因為二種溶液已經達到完全均勻的混合，因此反應速率最大。



圖(六) 過錳酸鉀溶液遇到草酸溶液後顏色逐漸變淡 (CdS 電流逐漸變大) 的情形

## (二) 利用排水量法觀察鹽酸的濃度如何影響鹽酸與鋅片的反應速率

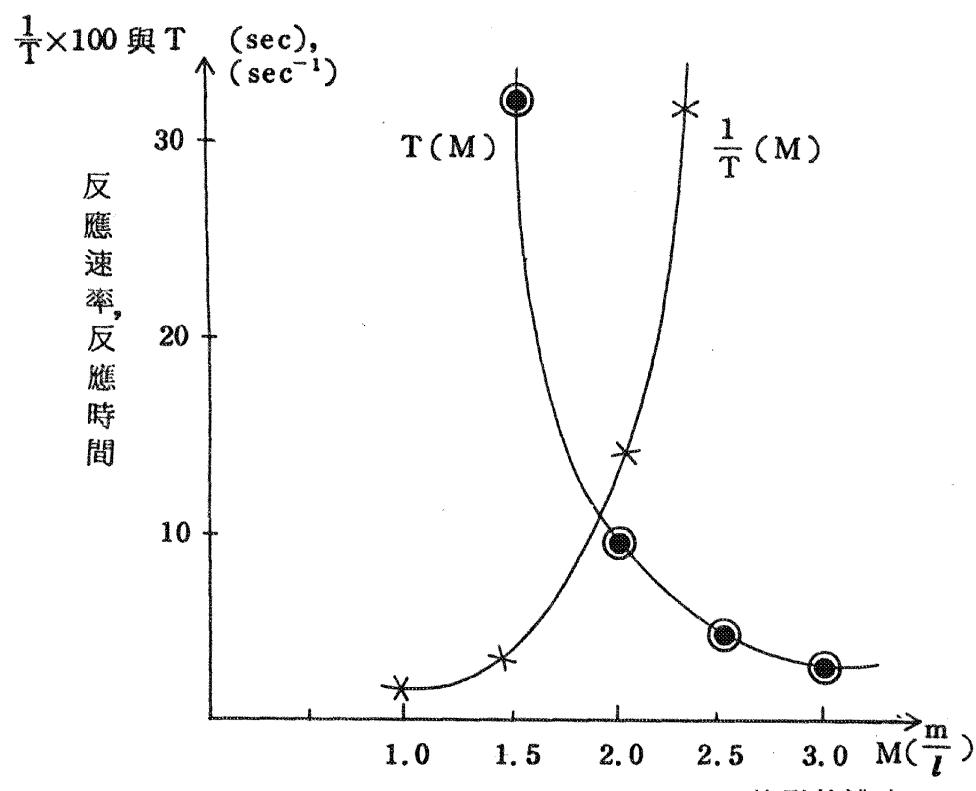
1. 說明：鹽酸與鋅片作用時除了產生  $H_2$  的氣泡較易於觀察以外，反應前後溶液本身保持無色透明，幾乎無法辨別，因此利用圖(七)之排水法來觀察鹽酸的濃度如何影響鹽酸與鋅片的反應速率是比較適當的方法。



圖(七)

2. 實驗過程：(略)

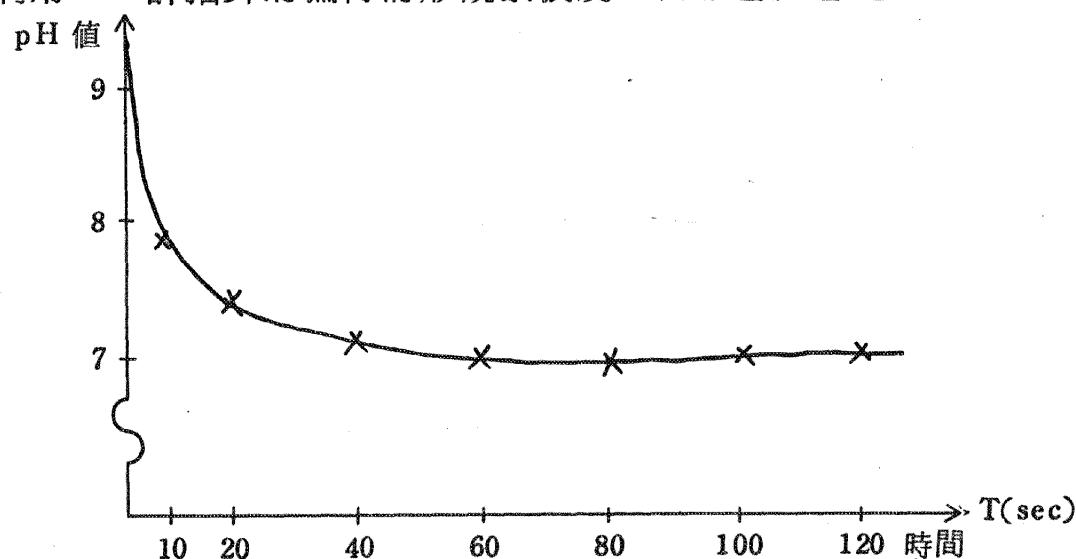
3. 實驗結果如圖(八)： $Zn + 2 HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$



圖(八) 塩酸的濃度如何影響鋅片與鹽酸的反應速率

4. 討論：鋅片與鹽酸作用時，所產生  $20ml H_2$  的速率隨鹽酸濃度的改變而改變，鹽酸的濃度加大時，產生  $H_2$  的速率也越加大。

(三) 利用 pH 計指針的偏轉情形觀察濃度如何影響反應速率



圖(九)  $CaCl_2(aq)$  與  $Na_2CO_3(aq)$  作用時的 pH 值變化情形

1. 原理說明：(略)

2. 利用 PH 計觀察  $\text{CaCl}_2$  (aq) 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (aq) 作用時每隔 10 秒或 20 秒的 PH 值。

3.  $\text{CaCl}_2$  (aq) 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (aq) 作用時 PH 值隨時間變化的情形如圖(九)。

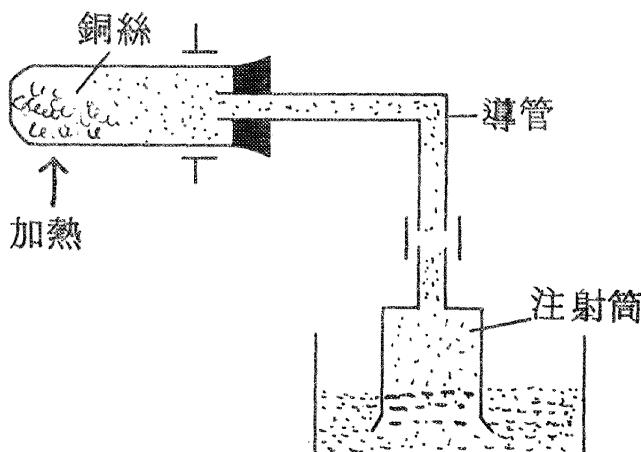
4. 討論：

由圖(九)的 PH (T) 曲線圖可以明顯看出  $\text{CaCl}_2$  (aq) 和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (aq) 作用時，開始時在高濃度的情況下 PH 值的變化很大，約 20 秒後 PH 值的變化速率顯著的減緩下來，故溶液的濃度可以影響反應速率的例子在此表現的特別顯著。

#### (四) 改進加速空氣與銅的反應以測定空氣中的氧含量

1. 國中化學第三章利用圖(十)的裝置加熱試管中的銅絲使之與氧化合來測定空氣中的含氧百分體積，利用這組裝置做實驗有兩個缺點以致實驗結果

不甚理想：(1)注射筒內的氧氣不易擴散到試管中與銅絲作用。(2)使用銅絲的效果不佳，因為銅絲與銅絲之間的空隙甚大，減少了銅絲與氧分子互相碰撞的機會。



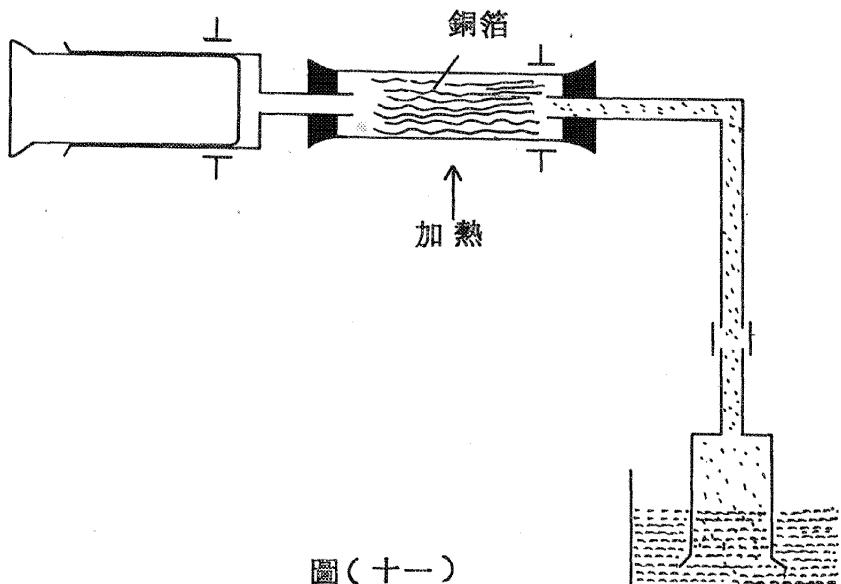
圖(十)

2. 對以上所述的缺點，我們將實驗裝置改成圖(十一)的型式

- (1) 將銅絲改成銅箔
- (2) 將試管改成玻管
- (3) 玻璃管左端加裝一支注射筒
- (4) 實驗結果如表(八)

3. 討論：

- (1) 由於玻管左端注射筒的來回抽動，使得氧氣能夠自由流動於



圖(十一)

加熱前空氣體積 $V_0$ (ml)	加熱後所減少的氧氣體積 $V$ (ml)	$\frac{V}{V_0} \times 100\%$	含氧百分體積平均值 %
119.0	25.0	21.0	20.2
118.0	23.0	19.5	
119.5	24.0	20.1	

表 (八)

熱銅箔之間，因此增加了氧分子與銅互相碰撞的機會。

(2)銅箔的面狀結構取代銅絲也大大的增加了碰撞的機會。

(3)以新方法所測得空氣中的含氧百分體積跟實際值很接近。

#### (五)結論：

- 利用肉眼直接觀察化學反應的方法無法獲悉沉澱反應的終點是在何時到達，改用 CdS 電眼即可看到整個反應的過程及反應速率變化情形。
- 由於利用 CdS 電眼的觀察，使我們發現過錳酸鉀溶液遇到草酸時它的顏色變化並不是直接由深而淡，而是先由深色變得更深色然後再逐漸變淡。
- 利用排水量法測量反應速率比利用排水集氣法直接而少誤差。
- 凡是有酸鹼性變化的反應，都可以利用 PH 計指針偏轉的快慢來探討反應時的反應速率。

5.由於對反應速率的探討，使我們更加瞭解化學反應的「碰撞理論」。也因此引導我們更進一步設計實驗改進加速空氣與熱銅化合的方法。

## 評 語

此作品係(1)利用 Cd S 電眼觀察沉澱反應及變色反應的反應速率，(2)利用排水量法觀察發生氣體之反應速率，(3)利用 PH 計觀察酸鹼變化之反應速率等。其設備簡單而對於實驗方法頗有改進。其創造能力頗強，研究態度積極，表達能力強，操作熟練，編寫尚稱有條理，文句通順達意，具有教學參考價值。