

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 化學科

040203

鎂與水的火熱愛情～鎂加水的反應熱探討

學校名稱： 國立彰化高級中學

作者：	指導老師：
高二 蕭文棋	李嘉輝
高二 鄭宇辰	周家全
高二 黃博彥	

關鍵詞：反應熱、鎂、加熱包

## 壹、摘要

Mg<sub>(s)</sub>遇水會在表面生成一層 Mg(OH)<sub>2</sub>，此物質會影響 Mg 進一步與水產生放熱反應，使得反應熱降低，在添加不同陰陽離子參與反應後，我們發現 NH<sub>4</sub>Cl<sub>(s)</sub>可有效促進"Mg + 水"反應熱的釋放，且最高可達 22 倍之多。此外，反應初溫亦會影響反應速率和單位時間放熱量。藉由實驗數據和書籍文獻探討，我們進一步了解 NH<sub>4</sub>Cl 對於"Mg + 水"反應的促進機制。

## 貳、研究動機

無火配給加熱包(FRH)利用鎂的混合物加水的放熱反應，以達到加熱食物的效果。由文獻得知：鎂與足量水反應可釋出 85200cal/mol 的熱量。但初步的實驗結果卻與文獻值相差甚遠，因此我們想了解其原因並尋找理想的添加物，期能促進反應進行，並達到最大的熱量釋出。

## 參、研究目的

- 一、Mg 加水的反應熱測定
- 二、探討在各種情況下對鎂加水反應熱測定之促進效果或影響
- 三、探討 NH<sub>4</sub>Cl 對 Mg 加水反應的促進作用情形

## 肆、研究藥品及器材

卡計	一組	磁石	一顆	溫度計(電子)	兩只
量筒	數個	電子天秤	一架	PH 感應器	一只
電磁攪拌器	一架	溫度感應器	一只	燒杯	兩個
碼表	一個	蒸餾水	數升	數據擷取系統(Data Studio)	一組
Mg、NH <sub>4</sub> Cl、NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 、(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、CaCl <sub>2</sub> 、MgCl <sub>2</sub> 、BaCl <sub>2</sub> 、KCl---皆各 100g					

## 伍、研究過程或方法

### 一、卡計熱含量測定

- (一)以量筒量取 200ml 冷水 (質量 M<sub>1</sub>) 加入燒杯放入卡計，待兩者達熱平衡，用電子溫度計記錄其溫度為 T<sub>1</sub>。
- (二)量取足量熱水 (質量 M<sub>2</sub>) 放入燒杯，五分鐘後溫度保持不變；達到熱平衡，用電子溫度計記錄其溫度為 T<sub>2</sub>。

(三)在 30 秒後將熱水倒入卡計中，並攪拌，待兩者達熱平衡，用電子溫度計記錄其溫度為  $T_3$ 。

(四)計算卡計熱含量 ( $\text{cal}/^\circ\text{C}$ ):

$$C = \frac{M_2 \times 1 \times (T_2 - T_3) - M_1 \times (T_3 - T_1)}{(T_3 - T_1)}$$

## 二、鎂加水的反應熱測定

(一)200ml 的水加入燒杯放入卡計中，丟入磁石，置於電磁攪拌器上，切換旋轉速度為 6，使用數據擷取系統的溫度感應器測量，待熱平衡後，溫度記為  $T_0$ 。

(二)量取 0.1mole Mg，倒入卡計後靜置，直至水溫不再上升時，記下末溫  $T_1$ 。

(三)所欲求的鎂加水莫耳反應熱 ( $\Delta H$ ) 即為  $(\Delta T \times 200 + \Delta T \times C) / 0.1 \text{mole}$ ，其中 C 為卡計熱含量。

(四)使用數據擷取系統每 30 秒紀錄 1 次溫度，待反應平衡。

(五)計算鎂加水莫耳反應熱。

## 三、添加不同陽離子的反應熱測定

(一)200ml 的水加入燒杯放入卡計中，丟入磁石，置於電磁攪拌器上，切換旋轉速度為 6。

(二)配製 0.1mole  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  試劑分別丟入燒杯中配成 0.5M 溶液，待熱平衡後，使用數據擷取系統的溫度感應器測量，待熱平衡後，溫度記為  $T_0$ 。

(三)量取 0.1mole 的鎂粉，於倒入卡計時即開始計時，待反應完全後，記為末溫（其中每三十秒紀錄一次溫度）。

(四)計算鎂加水莫耳反應熱，並比較反應熱之大小。

## 四、添加不同陰離子的反應熱測定

(一)200ml 的水加入燒杯放入卡計中，丟入磁石，置於電磁攪拌器上，切換旋轉速度為 6。

(二)配製 0.1mole  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  試劑分別丟入燒杯中配成 0.5M 溶液（其中  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  只取 0.05mole），待熱平衡後，使用數據擷取系統的溫度感應器測量，待熱平衡後，溫度記為  $T_0$ 。

(三)量取 0.1mole 的鎂粉，於倒入卡計時即開始計時，待反應完全後，記為末溫（其中每三十秒紀錄一次溫度）。

(四)計算鎂加水莫耳反應熱，並比較反應熱之大小。

## 五、水的初溫不同對鎂加水反應熱的影響

(一)200ml 的水加入燒杯放入卡計中，丟入磁石，置於電磁攪拌器上，切換旋轉速度為 6。

(二)配製 0.1mole  $\text{NH}_4\text{Cl}$  試劑丟入燒杯中配成 0.5M 溶液。

(三)使用數據擷取系統的溫度感應器測量並控制初溫，分別為 20、25、30°C；量取 0.1mole 的鎂粉，於倒入卡計時即開始計時，待反應完全後，記為末溫。（其中每三十秒紀錄一次溫度）

(四)計算鎂加水莫耳反應熱，並比較反應熱之大小、反應時間及單位反應熱。

## 六、鎂帶在含酚酞水中的反應

(一)取兩試管，一支裝取酚酞及蒸餾水，另一支裝取酚酞及  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ，並同時放入等重鎂帶。

(二)放入鎂帶後計時，並觀察其反應及液體顏色變化，存下影像。

## 七、鎂粉及鎂帶在 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液中 pH 值和溫度的變化

(一)200ml 的水加入燒杯放入卡計中，丟入磁石，置於電磁攪拌器上，切換旋轉速度為 6。

(二)量取 200ml 的蒸餾水後，插入 PH 儀及使用數據擷取系統的溫度感應器測量，待熱平衡後，溫度記為  $T_0$ 。

(三)量取等重的鎂粉及鎂帶，分別倒入卡計中後即開始計時，待反應完全後，記錄數據。

(四)配製 0.1mole  $\text{NH}_4\text{Cl}$  試劑丟入燒杯中配成 0.5M 溶液，插入 PH 儀及使用數據擷取系統的溫度感應器測量，待熱平衡後，溫度記為  $T_0$ 。

(五)量取等重的鎂粉及鎂帶，分別倒入卡計中後即開始計時，待反應完全後，記錄數據。

(六)比較四組數據並討論之。

## 陸、研究結果

### 一、卡計熱含量 $C=22.2\text{cal}/^{\circ}\text{C}$

卡計熱含量測定	第一次	第二次	平均
卡計初溫 $T_1 (^{\circ}\text{C})$	20.7	20.0	
熱水初溫 $T_2 (^{\circ}\text{C})$	36.7	37.1	
混合末溫 $T_3 (^{\circ}\text{C})$	27.9	27.7	
$C (\text{cal}/^{\circ}\text{C})$	22.2	22.1	22.2

### 二、Mg 加水反應的反應熱= $777.5\text{cal}/\text{mol}$

鎂加水的反應熱測定	第一次	第二次	平均
初溫	23.44	23.68	
末溫	24.29	24.72	
$\Delta T$	0.85	1.04	0.95
$\Delta H (\text{cal}/\text{mol})$	1888.7	2310.9	2100
反應時間 (秒)	2370	2640	

### 三、添加不同陽離子 Mg 加水反應的影響：

含 Cl-水溶液之比較	空白試驗	$\text{CaCl}_2$	$\text{BaCl}_2$	$\text{MgCl}_2$	KCl	$\text{NH}_4\text{Cl}$
陽離子	無	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^{+}$	$\text{NH}_4^{+}$
放熱 $\text{cal}/\text{mol}$	1888.7	2444	7777	40218	2168	41329
升高溫度( $^{\circ}\text{C}$ )	0.85	1.1	3.5	18.1	0.9	18.9
反應時間 (秒)	2370	1890	3240	1950	900	1440

四、添加不同陰離子對 Mg 加水反應的影響：

含 $\text{NH}_4^+$ 水溶液之比較	空白試驗	$\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
陰離子	無	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
放熱 (cal/mol)	1888.7	42992	41501	36890
升高溫度(°C)	0.85	19.35	18.68	17.52
反應時間 (秒)	2370	1890	300	660

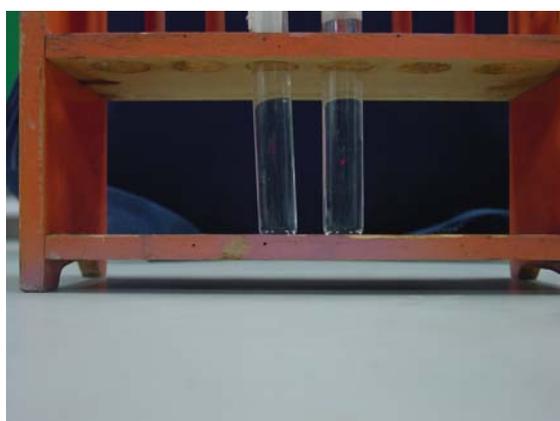
五、水的初溫不同對鎂加水反應熱的影響：

水的初溫不同之比較(添加 $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	20°C	25°C	30°C
初溫	19.47	24.49	31.61
末溫	38.63	41.17	46.63
$\Delta T$	19.16	16.68	15.02
放熱 cal/mol	42573.52	37062.96	33374.44
反應時間 (秒)	1290	570	450
秒反應熱(cal/秒)	33.00	65.02	74.16

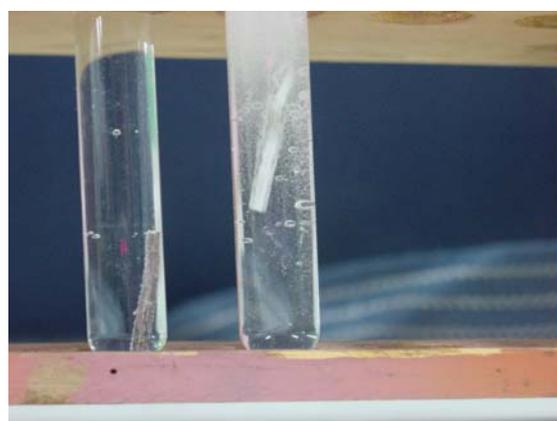
六、酚酞變色：

左試管： $\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{Mg}_{(s)}$

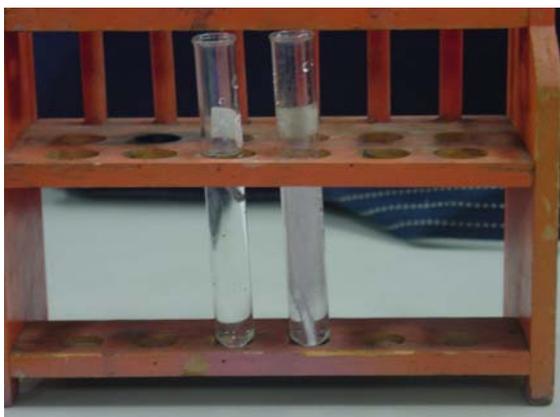
右試管： $\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)} + \text{Mg}_{(s)}$



兩試管剛放入鎂帶時



右管鎂帶開始上浮



右管變色



最後左管鎂帶也上浮但右管鎂帶沉下

## 七、鎂粉及鎂帶在 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液中 pH 值和溫度的變化

鎂粉及鎂帶在 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液中 pH 值和溫度的變化	鎂粉加水	鎂粉加 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液	鎂帶加水	鎂帶加 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液
初溫	23.50	19.23	23.56	22.64
末溫	24.29	39.31	24.11	35.16
$\Delta T$	0.79	20.08	0.55	12.52
放熱 cal/mol	1763	44620	1220	27803
反應時間 (秒)	4530	1680	2190	2670
pH 初	7.79	6.70	8.11	6.71
pH 末	10.73	9.53	10.64	9.64

## 柒、討論

### 一、卡計熱含量測定之討論

我們使用的卡計內置放的是燒杯，因為銅杯會影響反應熱的測量並會參與反應產生  $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$  和  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ，而玻璃製的燒杯較穩定，故採用之。

### 二、鎂加水的反應熱測定之討論

(一)我們所測得的  $\text{Mg}_{(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$  反應的莫耳反應熱與文獻值(85200cal/mol)

相差甚遠，反應不良，原因經推測可能是鎂和水在反應時，會生成  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$  保護膜，進而阻礙鎂與水進一步的反應，而殘餘大量 Mg 粉，使得反應熱不高。

(二)若將  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$  消耗或是反應掉，可使內層的  $\text{Mg}_{(s)}$  繼續反應，使反應完全。

### 三、添加不同陽離子的反應熱測定之討論

(一)我們使用相同的陰離子( $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ )，以及不同的陽離子水溶液進行鎂加水反應熱測定實驗。實驗後反應熱大小比較如下： $\text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > > \text{Ba}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$ 而反應時間長度則為  $\text{BaCl}_2 > \text{NH}_4\text{Cl} > \text{MgCl}_2 > \text{CaCl}_2 > \text{KCl} > \text{無添加}$

(二)由結果得知， $\text{NH}_4\text{Cl}$  和  $\text{MgCl}_2$  的促進效果遠大於其他陽離子的搭配，推測其原因為以下四點：

1.  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})}$  在水中的平衡反應式如下  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})^+_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ，而添加比原來多的  $\text{Mg}^{2+}$  離子於溶液中，就會因發生水解( $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})^+ + \text{H}^+_{(\text{aq})}$ )產生  $\text{H}^+$  離子(產生酸溶解  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ )，而有助於  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})}$  溶解，使反應式向右進行。
2. 另外， $\text{NH}_4^+$  離子也會水解( $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ )而產生  $\text{H}^+$  離子(產生酸溶解  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ )，使反應繼續進行。
3. 而  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$  則會發生替代反應 $[\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})} + 2\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{MgCl}_{2(\text{aq})} + 2\text{NH}_4\text{OH}_{(\text{aq})}]$ ，也可以使  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})}$  溶解，使反應向右進行，而原因則是由於  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})}$  的鹼性較  $\text{NH}_4\text{OH}_{(\text{aq})}$  大，而產生了強鹼替換弱鹼的反應。
4. 從 1.2. 可得弱鹼在水中會因水解而產生酸( $\text{H}^+$  離子)，通式如下：弱鹼  $\text{M}^+ + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{MOH}_{(\text{aq})} + \text{H}^+_{(\text{aq})}$ ，故得到如果金屬鹼性越弱，其離子則會越偏酸性，而可以讓  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})}$  溶解，而強鹼離子 ( $\text{K}^+$  以及  $\text{Ca}^{2+}$ ) 則促進效果最差，由實驗結果可看出。

### 四、添加不同陰離子的反應熱測定之討論

(一)我們使用相同的陽離子( $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$ )，使用此離子的原因是因為在上個實驗中，反應熱產生最多的即是  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$ ，而讓我們想更進一步證實是否  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  是促進最佳的陰離子組合，故我們選用了三樣( $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ )來做比較。

(二)實驗中時，由於採用銨鹽之故，故會發生取代而有  $\text{NH}_4\text{OH}_{(\text{aq})}$  產生(有刺鼻臭味)，而三杯的反應後的狀態也迥然不同：

1. 添加  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  時，反應時間經過最快。實驗過後，杯壁有類似鎂粉的泡沫(有可能是鎂粉過量)，而且溶液量似乎變少，杯子呈白色混濁樣(較淡)，杯底有黑色沉澱。
2. 添加  $\text{NH}_4\text{Cl}$  時，反應時間較久。實驗過後，不斷有氣泡冒出，杯子呈白色混濁樣(較濃)，杯底有少量黑色沉澱。
3. 添加  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  時，反應時間次快。實驗過後，無氣泡之冒出，杯子溫度頗高，溶液呈淺白濁狀，幾乎無黑色沉澱。

(三) 而由反應熱排名  $\text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ ，可得知  $\text{Cl}^-$  離子仍為促進之最佳選擇，但反應所需時間較長，如果需要快速加熱的效果則可採用反應時間最短的  $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$ 。

(四)而 Cl<sup>-</sup> 為促進效果更易最佳的離子，推測原因如下：參考以下反應式：

$Mg(OH)_2(s) + Cl^-(aq) \rightarrow MgOHCl(s) + OH^-(aq)$ ，由於加入 Cl<sup>-</sup> 離子後，產生 MgOHCl，此化合物比 Mg(OH)<sub>2</sub> 更易溶於水中，而達到使 Mg(OH)<sub>2</sub> 溶化，使鎂加水放熱反應可以繼續進行。

## 五、水的初溫不同對鎂加水反應熱的影響之討論

(一)我們根據反應的熱化學方程式，將 Mg+NH<sub>4</sub>Cl 實驗在以初溫不同的情形下，進行實驗並比較反應熱，發現初溫越大，會有增快反應速率，但降低反應熱之情形。

(二) $Mg(s) + 2H_2O(l) \rightarrow H_2(g) + Mg(OH)_2(s) + \text{熱}$ ，外界溫度上升時，反應向左進行，溫度 T 上升，平衡常數 K 值下降。故反應熱降低，速率卻提升，使單位反應熱增大。

## 六、鎂帶在含酚酞水中的反應之討論

(一)放入酚酞與 NH<sub>4</sub>Cl 中的鎂帶，開始時和對照組一樣，並沒有顯著效應。但在五分鐘後，其開始劇烈冒泡，並開始上浮(氫氣量增加過快附於鎂帶上，而浮力大增)，同時，酚酞的顏色也慢慢的由無色轉為粉紅，表示溶液的酸鹼值偏鹼。

(二)而對照組的鎂帶反應非常不明顯，只有些許氣泡附著在鎂金屬上，溶液不變色，表示溶液的酸鹼值偏中性。但最後卻也上浮，證明反應雖然緩慢，但有持續進行。(因此，才有氫氣以供上浮)

## 七、鎂粉及鎂帶在 NH<sub>4</sub>Cl 溶液中 pH 值和溫度的變化

(一)觀察溫度及 pH 圖後，發現隨著 pH 值的升高，其放熱也逐漸增加  $Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$  表示 OH<sup>-</sup> 的增加，使溶液 PH 值升高， $NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow NH_4OH(aq)$  由勒沙特列原理，OH<sup>-</sup> 被用去形成氨水反應會向右進行，因此，不但會有臭味產生，反應熱也會增大許多。

(二)而放入鎂帶時，卻以穩定的曲線上升，推測大概是由於接觸表面積較鎂粉小，反應速率較慢故使兩個反應式[(一)內所列的]同時進行，pH 值穩定上升，而兩者平衡時皆為 pH9.5。而反應熱大小則為粉末>鎂帶，故進行放熱反應採用鎂粉較佳。

(三)針對實驗六所得的結果，我們也同時進行了對照組(鎂帶+水)，而實驗數據得其 pH 值為 10，原因是 Mg(OH)<sub>2</sub> 為鹼性，而沒有 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 搶 OH<sup>-</sup> 離子故維持穩定的 pH10。但為何試管試驗的酚酞不變色？經推測是由於兩個實驗所用的量不一樣，一個是 2.43g，另一個則是 0.05g，從量上面來看本來溶解度就不高的氫氧化鎂(每 100g 水溶 0.993g)，在鎂量更少的情況下，自然鹼性就比較小，故酚酞不變色。(因其變色範圍為 pH8~10)

(四)而鎂粉、鎂帶加水的部分則都很接近，不論是 pH 值或是反應熱，推測原因是因為反應的量都不多，故不會因為接觸面積而影響反應完全度。

(五)比較溫度和 pH 值的變化，得知反應速率隨著溶液 pH 值越高而越慢，經討論後知在酸性環境下，溶解的 Mg(OH)<sub>2</sub> 越多，故溶液 pH 值越高越難溶，反應漸慢最後達到平衡。

## 捌、結論

- 一、Mg 加水的反應熱測定，我們做出來的實驗結果：1888.7cal/mol 距離文獻值的 355KJ/mol (85200cal/mol) 差距頗大，此因  $Mg(OH)_2$  產物會阻礙鎂加水反應。
- 二、在尋找促進鎂加水放熱的添加物的實驗中，我們發現在陽離子中以  $NH_4^+$  效果最好，在陰離子中則是 Cl 效果較好，根據我們的實驗數據，添加 0.5M  $NH_4Cl$  可使 Mg 加水反應熱由 1888.7cal/mol 提高為 42992cal/mol，即放熱提高為原來的 22 倍。
- 三、綜合實驗結果，以  $NH_4Cl$  為此實驗與鎂搭配反應的最好化合物，放熱最高 (42992cal/mol)，但是反應所需時間較長；若是反應速率最快，則是  $NH_4NO_3$ 。
- 四、我們也有做初溫不同對鎂加水反應熱的影響之實驗，以確認反應初溫對反應放熱是否有影響。根據我們的實驗，初溫越高反應速率越快，但放出的總熱卻較少，不過單位時間釋放熱量則提高很多，升高  $10^\circ C$  可提高為原來的 2 倍。

## 玖、參考資料及其他

### 一、參考資料

- (一)嚴宣申(1995)，化學實驗的啓示與科學思維的訓練(一版)；凡異出版社，(47-49)
- (二)余岳川(1997)，生活與化學(一版)；臺灣書店(81-87)
- (三)北京大學化學系普通化學教研室，普通化學實驗(再版)；藝軒圖書出版社(106)

## 二、實驗數據與附圖表

### (一)數據：

#### 1.卡計熱含量測定(單位 $^{\circ}\text{C}$ )

第一次				第二次			
0.0min	40.0	6.0min	28.2	0.0min	40.9	6.0min	27.9
0.5min	39.7	6.5min	28.1	0.5min	40.7	6.5min	27.9
1.0min	38.9	7.0min	28.1	1.0min	40.4	7.0min	27.8
1.5min	39.0	7.5min	28.0	1.5min	39.8	7.5min	27.8
2.0min	38.7	8.0min	28.0	2.0min	39.4	8.0min	27.8
2.5min	38.2	8.5min	28.0	2.5min	39.1	8.5min	27.8
3.0min	38.1	9.0min	28.0	3.0min	38.8	9.0min	27.8
3.5min	37.7	9.5min	27.9	3.5min	38.5	9.5min	27.7
4.0min	37.5	10.0min	27.9	4.0min	38.0	10.0min	27.7
4.5min	37.2			4.5min	37.7		
5.0min	36.7			5.0min	37.6		
5.5min	放入卡計			5.5min	放入卡計		

#### 2.鎂加水的反應熱測定：

溫度							
時間 (秒)	溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )						
0	23.44	600	23.80	1200	23.80	1800	24.11
30	23.44	630	23.93	1230	23.74	1830	23.99
60	23.44	660	23.74	1260	23.93	1860	24.23
90	23.74	690	23.93	1290	24.05	1890	23.99
120	23.87	720	23.74	1320	24.05	1920	24.11
150	23.80	750	23.87	1350	23.93	1950	24.17
180	23.62	780	23.80	1380	23.87	1980	24.17
210	23.93	810	23.80	1410	23.87	2010	23.93
240	23.87	840	23.93	1440	24.05	2040	23.87
270	23.62	870	23.74	1470	24.17	2070	23.99
300	23.50	900	23.87	1500	23.93	2100	24.23
330	23.68	930	23.87	1530	23.93	2130	24.23
360	23.93	960	23.93	1560	23.87	2160	23.93
390	23.93	990	24.11	1590	23.93	2190	24.17
420	23.50	1020	23.68	1620	24.17	2220	24.05
450	23.87	1050	23.99	1650	23.93	2250	24.11
480	23.87	1080	23.87	1680	23.93	2280	23.93
510	23.62	1110	23.93	1710	23.93	2310	24.23
540	23.56	1140	24.11	1740	24.17	2340	24.11
570	23.74	1170	23.68	1770	24.29	2370	24.29

3.添加不同陽離子 Mg 加水反應的影響：

Mg+CaCl <sub>2</sub>				Mg+KCl		Mg+MgCl <sub>2</sub>	
時間(sec)	溫度(°C)			時間(sec)	溫度(°C)	時間(sec)	溫度(°C)
0	23.32	960	24.35	0	17.52	0	18.62
30	23.26	990	24.23	30	17.58	30	18.56
60	23.26	1020	24.17	60	17.64	60	19.53
90	23.38	1050	24.23	90	17.82	90	21.61
120	23.38	1080	24.35	120	17.76	120	23.56
150	23.44	1110	24.23	150	17.82	150	25.15
180	23.50	1140	24.23	180	17.82	180	26.61
210	23.50	1170	24.35	210	17.88	210	27.53
240	23.62	1200	24.23	240	18.01	240	28.26
270	23.62	1230	24.35	270	18.01	270	29.18
300	23.56	1260	24.17	300	18.01	300	29.66
330	23.62	1290	24.35	330	18.07	330	30.27
360	23.68	1320	24.23	360	18.01	360	30.52
390	23.74	1350	24.23	390	18.01	390	31.13
420	23.80	1380	24.23	420	18.01	420	31.31
450	24.11	1410	24.29	450	18.19	450	31.68
480	24.17	1440	24.41	480	18.13	480	31.92
510	24.17	1470	24.35	510	18.13	510	32.11
540	24.11	1500	24.29	540	18.25	540	32.29
570	24.11	1530	24.29	570	18.19	570	32.59
600	24.17	1560	24.41	600	18.31	600	32.66
630	24.11	1590	24.35	630	18.25	630	32.66
660	24.11	1620	24.35	660	18.25	660	33.08
690	24.11	1650	24.35	690	18.25	690	33.08
720	24.29	1680	24.41	720	18.37	720	33.20
750	24.11	1710	24.35	750	18.25	750	33.20
780	24.05	1740	24.41	780	18.31	780	33.33
810	24.23	1770	24.41	810	18.43	810	33.63
840	24.17	1800	24.41	840	18.37	840	33.57
870	24.23	1830	24.41	870	18.43	870	33.82
900	24.17	1860	24.41	900	18.43	900	34.18
930	24.23	1890	24.41			930	34.18
Mg+ BaCl <sub>2</sub>				Mg+NH <sub>4</sub> Cl		960	34.24
時間(sec)	溫度(°C)			時間(sec)	溫度(°C)	990	34.30
0	14.89	1650	16.43	0	17.70	1020	34.61

30	15.02	1680	16.43	30	19.90	1050	34.73
60	14.99	1710	16.43	60	24.48	1080	34.85
90	15.28	1740	16.45	90	27.28	1110	35.16
120	15.33	1770	16.46	120	28.87	1140	35.16
150	15.52	1800	16.47	150	30.21	1170	35.34
180	15.62	1830	16.51	180	31.19	1200	35.34
210	15.66	1860	16.50	210	31.80	1230	35.59
240	15.67	1890	16.53	240	32.23	1260	35.59
270	15.69	1920	16.52	270	32.59	1290	35.59
300	15.70	1950	16.53	300	32.78	1320	35.71
330	15.61	1980	16.57	330	33.14	1350	35.89
360	15.55	2010	16.57	360	33.14	1380	36.07
390	15.53	2040	16.59	390	33.08	1410	35.89
420	15.56	2070	16.60	420	33.14	1440	36.07
450	15.59	2100	16.62	450	33.08	1470	36.07
480	15.63	2130	16.62	480	33.08	1500	36.20
510	15.70	2160	16.62	510	33.14	1530	36.13
540	15.70	2190	16.68	540	33.14	1560	36.26
570	15.75	2220	16.68	570	33.20	1590	36.26
600	15.72	2250	16.69	600	33.20	1620	36.56
630	15.75	2280	16.69	630	33.20	1650	36.38
660	15.79	2310	16.69	660	33.20	1680	36.56
690	15.83	2340	16.72	690	33.27	1710	36.56
720	15.87	2370	16.72	720	33.45	1740	36.56
750	15.85	2400	16.75	750	33.45	1770	36.68
780	15.85	2430	16.78	780	33.63	1800	36.68
810	15.97	2460	16.78	810	33.63	1830	36.62
840	15.89	2490	16.79	840	33.88	1860	36.74
870	15.93	2520	16.78	870	34.18	1890	36.68
900	15.96	2550	16.81	900	34.49	1920	36.50
930	16.03	2580	16.82	930	34.85	1950	36.74
960	15.99	2610	16.85	960	35.10		
990	16.07	2640	16.84	990	35.40		
1020	16.07	2670	16.86	1020	35.77		
1050	16.11	2710	16.87	1050	35.89		
1080	16.08	2740	16.86	1080	36.07		
1110	16.11	2770	16.92	1110	36.13		
1140	16.12	2800	16.91	1140	36.26		
1170	16.14	2830	16.92	1170	36.50		

1200	16.15	2860	16.93	1200	36.44
1230	16.19	2890	16.96	1230	36.56
1260	16.21	2920	16.97	1260	36.62
1290	16.21	2930	16.97	1290	36.62
1320	16.24	2940	16.97	1320	36.68
1350	16.24	2970	16.98	1350	36.74
1380	16.26	3000	16.98	1380	36.68
1410	16.28	3030	17.00	1410	36.62
1440	16.30	3060	17.02	1440	36.68
1470	16.32	3090	17.04		
1500	16.32	3120	17.04		
1530	16.34	3150	17.06		
1560	16.37	3180	17.06		
1590	16.39	3210	17.07		
1620	16.38	3240	17.08		

#### 4. 添加不同陰離子 Mg 加水反應的影響

Mg+NH <sub>4</sub> Cl				Mg+(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Mg+NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	
時間(sec)	溫度(°C)			時間(sec)	溫度(°C)	時間(sec)	溫度(°C)
0	17.88	1020	33.81	0	17.58	0	16.36
30	16.60	1050	34.00	30	17.52	30	16.24
60	16.36	1080	34.18	60	17.52	60	16.30
90	16.60	1110	34.12	90	19.04	90	17.33
120	17.76	1140	34.18	120	22.16	120	21.55
150	21.97	1170	34.42	150	24.78	150	26.00
180	25.33	1200	34.61	180	26.73	180	29.24
210	27.65	1230	34.73	210	28.20	210	31.68
240	29.30	1260	34.91	240	29.30	240	33.02
270	30.40	1290	34.97	270	30.21	270	33.69
300	31.25	1320	35.16	300	30.95	300	34.49
330	32.04	1350	35.16	330	31.62	330	34.97
360	32.23	1380	35.16	360	32.04	360	34.73
390	32.72	1410	35.34	390	32.35	390	34.97
420	32.84	1440	35.34	420	32.78	420	34.97
450	33.33	1470	35.58	450	33.02	450	34.67
480	33.20	1500	35.58	480	33.27	480	34.79
510	33.33	1530	35.52	510	33.45	510	34.73
540	33.20	1560	35.65	540	33.69	540	34.79
570	33.45	1590	35.71	570	33.69	570	34.61

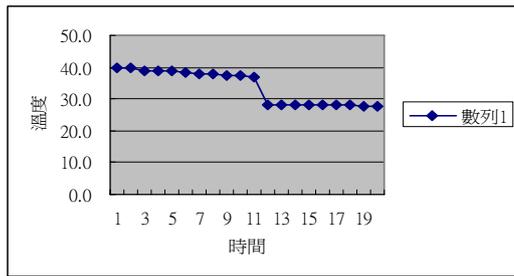
600	33.51	1620	35.71	600	33.88	600	34.61
630	33.33	1650	35.71	630	34.00	630	34.85
660	33.45	1680	35.65	660	34.06	660	34.67
690	33.27	1710	35.77	690	34.06	690	34.61
720	33.27	1740	35.77	720	34.12	720	34.61
750	33.45	1770	35.65			750	34.49
780	33.39	1800	35.83			780	34.55
810	33.63	1830	35.83			810	34.55
840	33.51	1860	35.83			840	34.67
870	33.14	1890	35.83				
900	33.39	1920	35.77				
930	33.51	1950	35.71				
960	33.39	1980	35.95				
990	33.63						

### 5. 水的初溫不同對鎂加水反應熱的影響之討論

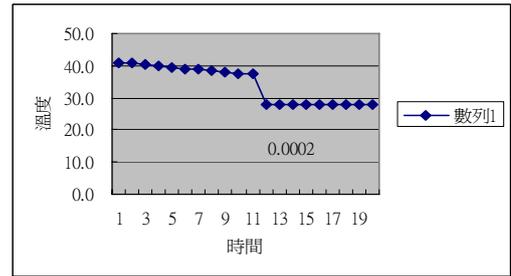
初溫 20°C				初溫 25°C		初溫 30°C	
時間(sec)	溫度(°C)			時間(sec)	溫度(°C)	時間(sec)	溫度(°C)
0	19.47	660	36.13	0	24.49	0	31.62
30	23.44	690	35.95	30	26.58	30	33.69
60	27.71	720	36.13	60	33.19	60	38.09
90	30.21	750	36.50	90	36.43	90	42.30
120	32.23	780	36.74	120	38.27	120	44.07
150	33.51	810	37.11	150	39.47	150	44.98
180	34.36	840	36.74	180	40.27	180	45.53
210	34.97	870	36.87	210	40.79	210	45.78
240	35.10	900	37.17	240	41.06	240	45.96
270	35.46	930	37.72	270	41.14	270	46.33
300	35.58	960	37.54	300	41.16	300	46.45
330	35.83	990	37.84	330	41.16	330	46.14
360	35.71	1020	38.03	360	41.16	360	46.27
390	35.58	1050	37.84	390	41.13	390	46.57
420	35.58	1080	38.15	420	41.09	420	46.57
450	36.01	1110	38.21	450	41.08	450	46.63
480	35.89	1140	38.33	480	41.06		
510	35.58	1170	38.33	510	41.06		
540	36.01	1200	38.45	540	41.04		
570	36.07	1230	38.09	570	41.18		
600	35.89	1260	38.33				
630	35.71	1290	38.64				

(二)圖表

1.卡計熱含量測定(單位 $^{\circ}\text{C}$ )



第一次

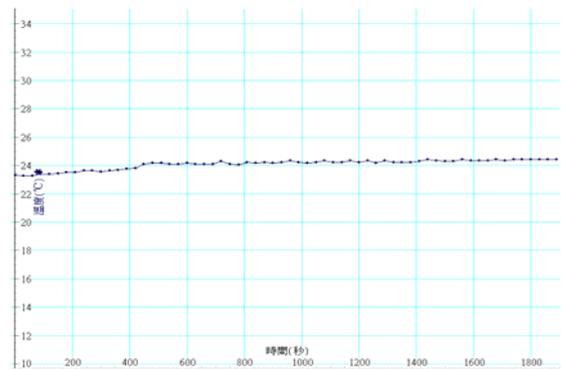


第二次

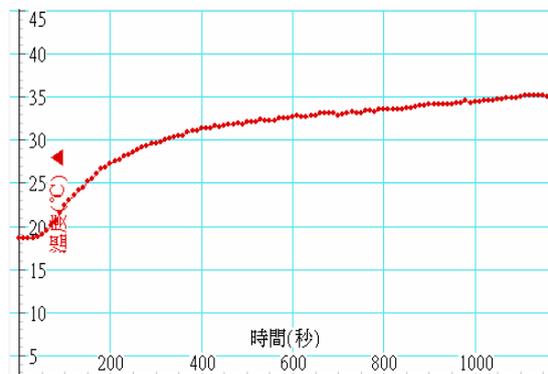
2.添加不同陽離子 Mg 加水反應的影響：



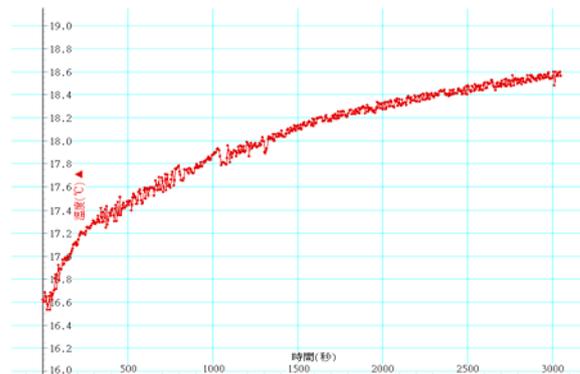
添加 KCl



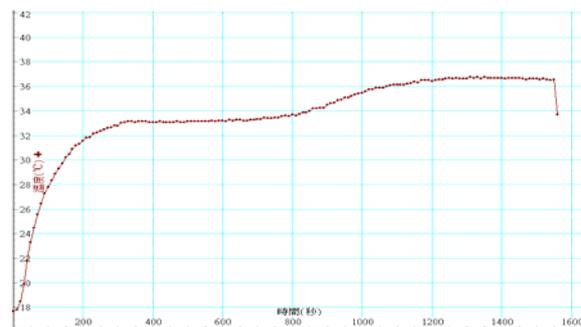
添加  $\text{CaCl}_2$



添加  $\text{MgCl}_2$

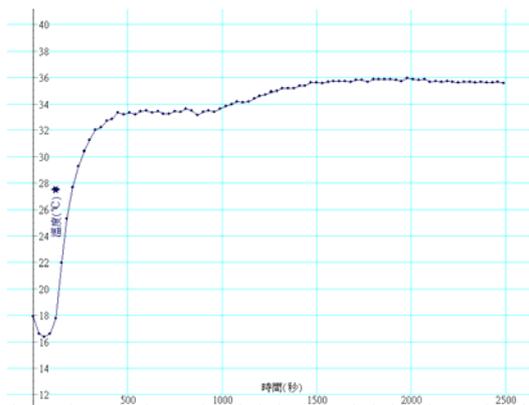


添加  $\text{BaCl}_2$

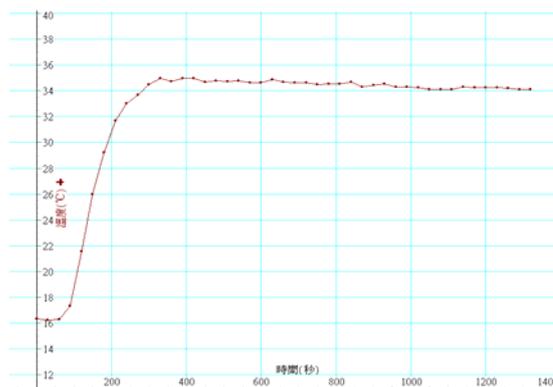


添加  $\text{NH}_4\text{Cl}$

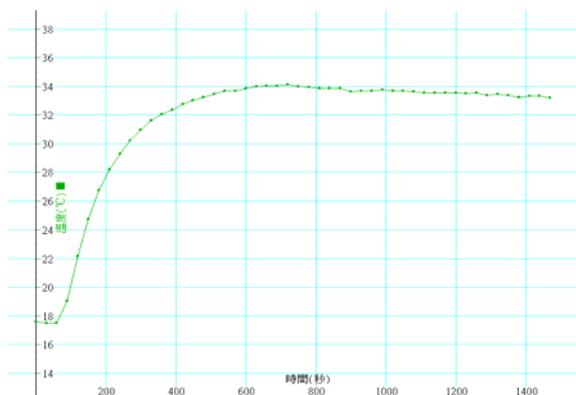
### 3. 添加不同陰離子 Mg 加水反應的影響



添加  $\text{NH}_4\text{Cl}$

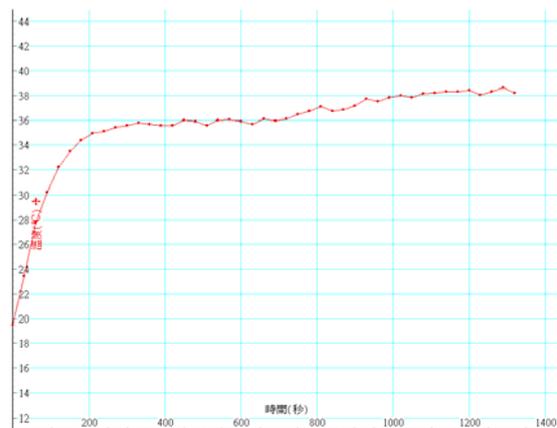


添加  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

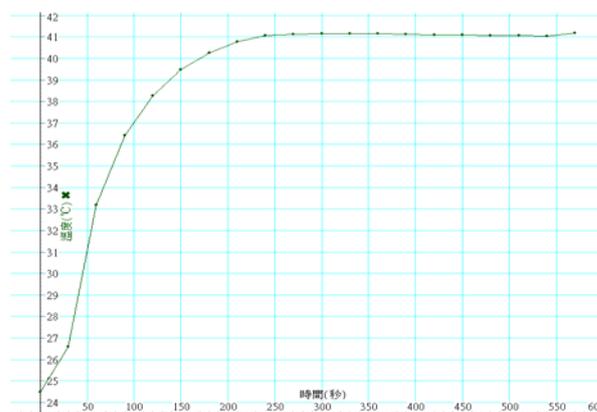


添加  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

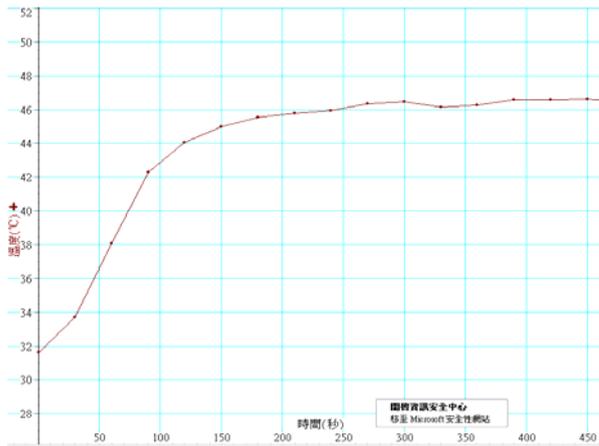
### 4. 水的初溫



20°C



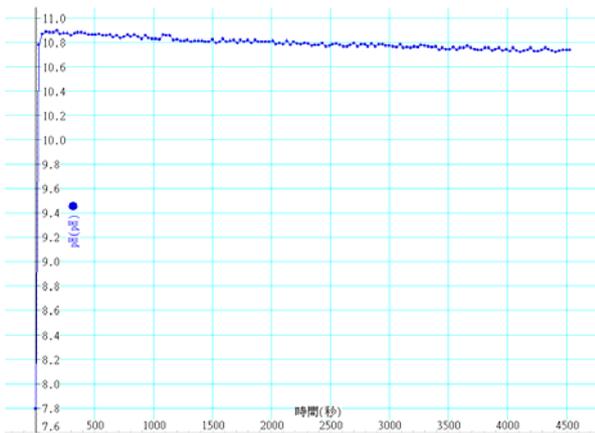
25°C



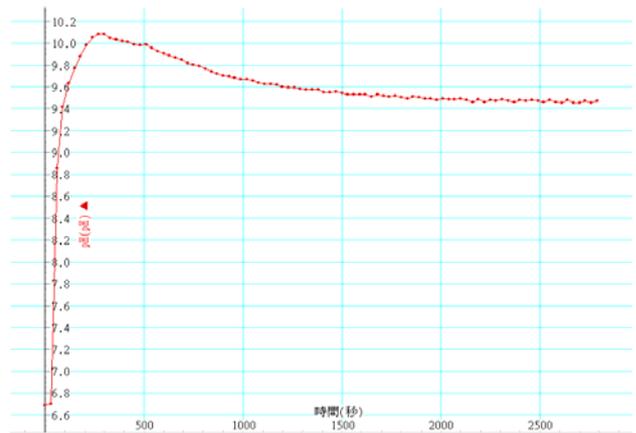
30°C

### 5. 鎂粉鎂帶 pH、溫度比較

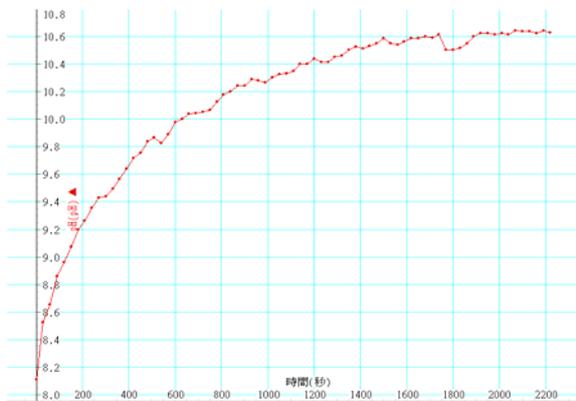
#### pH 變化圖



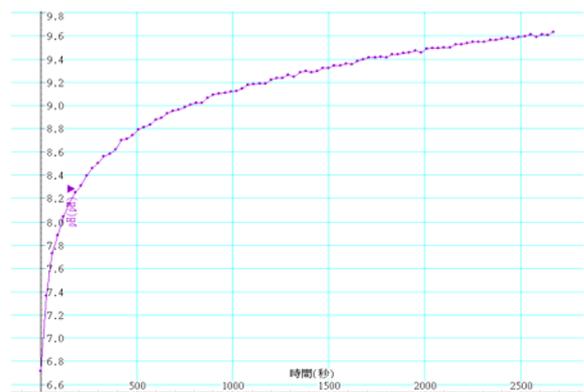
鎂粉+水



鎂粉+氯化銨



鎂帶+水

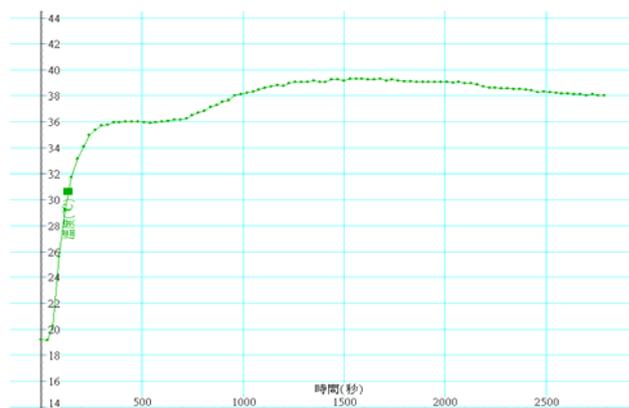


鎂帶+氯化銨

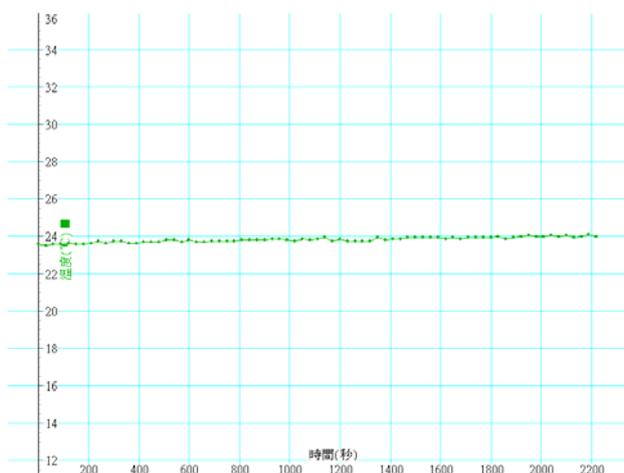
## 6. 溫度變化圖



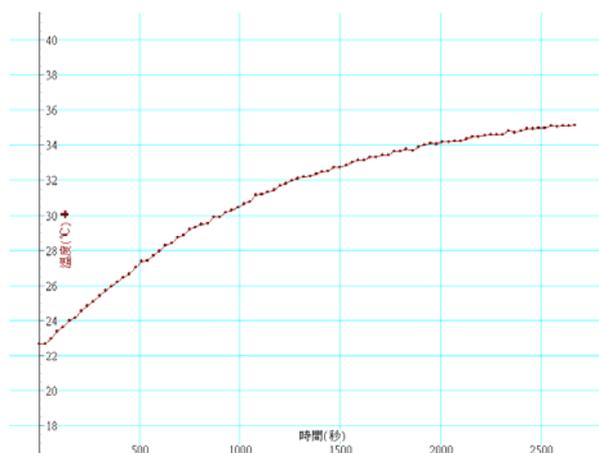
鎂粉+水



鎂粉+氯化銨



鎂帶+水



鎂帶+氯化銨

## 三、實驗器材：



全覽



溫度感應器



卡計

## 評 語

040203 鎂與水的火熱愛情~鎂加水的反應熱探討

1. 金屬在空氣中易氧化，特別是活性大的金屬 Mg、Al 等等，  
做試驗前的純化處理要特別加強。
2. 研究結果儘可能設法以圖顯示使審閱人一目了然，符合科學文獻精神。