

耐火材料與防焰的探討

摘要

在準備獨立研究題目時，搜尋到「耐火材料」，發現是以矽酸鈉為研究主題，發現矽酸鈉在耐火材料上可以有許多的應用，我們對耐火材料也很有興趣，經過討論後，想要嘗試將矽酸鈉結合滅火器，製作新型的滅火器，在實驗設計上，將水與矽酸鈉依照不同比例混合，進行流速及燃燒時溫差梯度計算，以5：5的比例混合，可以達到較佳的溫差效益，接著加入其他的滅火材質，先加入最容易取得的碳酸氫鈉，實驗結果發現矽酸鈉水溶液(5：5)混合碳酸氫鈉水溶液時，會形成凝膠狀的耐火物質，矽酸鈉水溶液(5：5)加入粉末狀碳酸氫鈉時會形成固態的團狀，進行燃燒測試時，測試到更低的燃燒溫度及溫差梯度，可見可以嘗試將矽酸鈉水合物(或水溶液)與碳酸氫鈉(或碳酸氫鈉水溶液)混合，利用矽酸鈉的耐火特性及碳酸氫鈉的滅火特性，可以調配出不同狀態的滅火器，製作方便，成本低，希望可以進行更大型的測試，確認耐火及滅火的效果。

壹、研究動機及目的：

一、研究動機：

小組經過討論決定以矽酸鈉水合物為主題，希望可以調配出新型的滅火器，在一開始的實驗設計中，要先克服矽酸鈉水合物的黏性限制，所以我們先將矽酸鈉水合物與水進行不同比例的混合，進行燃燒測試並計算溫差效應，將著將矽酸鈉水合物與碳酸氫鈉混合，實驗結果發現矽酸鈉水合物與碳酸氫鈉混合時，因為不同混合方式，混合物會呈現不同的狀態，以水溶液混合，成凝膠狀，以碳酸氫鈉固體混合，呈現固體

的團狀，進行燃燒測試並計算溫差效應，都有明顯的耐火效應，矽酸鈉水合物混合碳酸氫鈉，可以製作成更方便，更環保的耐火材料。

二、研究目的：

1. 比較含水比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒，燃燒現象的差異。
2. 比較不同載體對燃燒溫度的影響。
3. 比較含碳酸氫鈉重量比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒現象的差異。
4. 比較含碳酸氫鈉水溶液比例不同的矽酸鈉，於酒精中的燃燒現象差異。

貳、研究過程與方法：

【實驗一】 比較含水比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒，燃燒現象的差異。

【實驗一-1】 含水比例不同的矽酸鈉直接倒入酒精中燃燒。

1. 取5克藥用酒精，倒入蒸發皿中，以鑷子夾取點燃的火柴棒靠近蒸發皿內的酒精，點燃酒精，觀察並記錄燃燒酒精時間。
2. 配製含水重量比例不同的矽酸鈉，如下表，分次取前述含水重量比例不同的矽酸鈉各10克，於5克酒精燃燒20秒後，倒入酒精燃燒中的蒸發皿，觀察並記錄酒精可燃燒時間。

矽酸鈉(克):水 (克)	10:0	9:1	8:2	7:3	6:5	4:6	3:7	2:8	1:9	0:10
-----------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

3. 將所得數據透過 Excel 繪製圖表，比較含水比例不同的矽酸鈉對酒精燃燒時間的影響。**【實驗相片紀錄】**

酒精在蒸發皿中燃燒



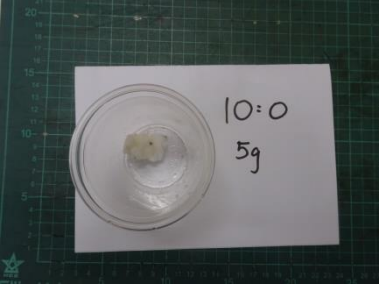

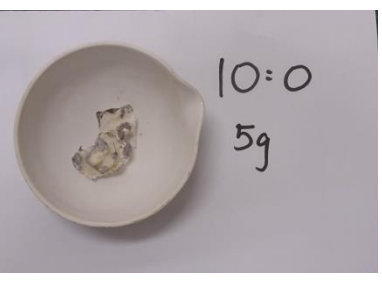
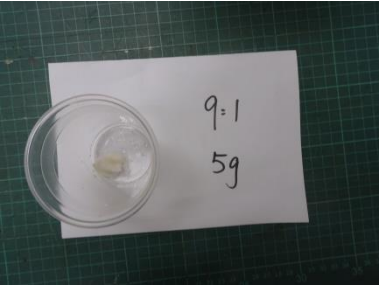





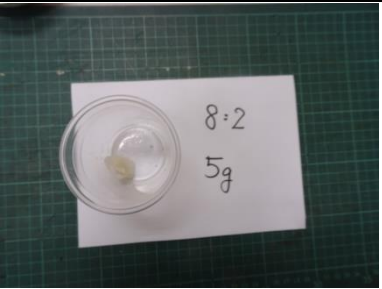


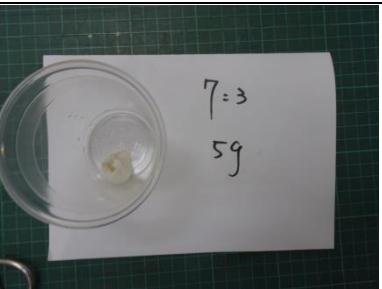

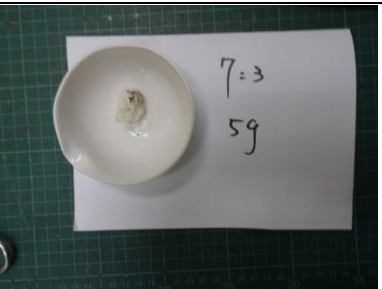
【實驗一-2】 含水比例不同的矽酸鈉以棉花作為載體，再放入酒精中燃燒。




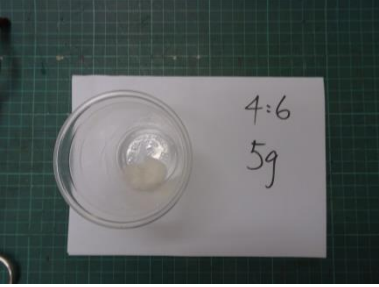
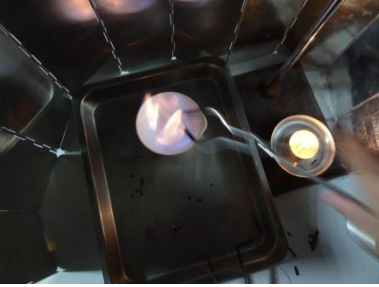




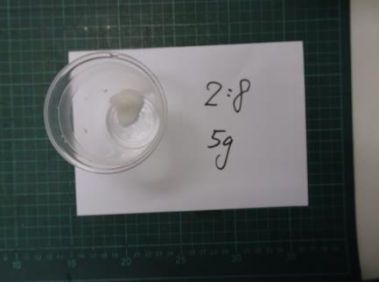


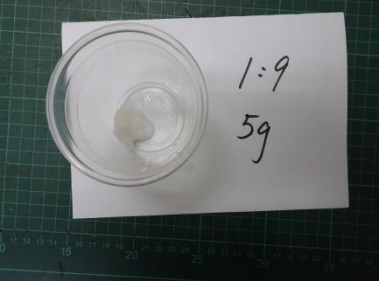


1. 取5克藥用酒精，倒入蒸發皿中，以鑷子夾火柴棒靠近點燃的蠟燭，點燃火柴棒後再點燃酒精，觀察並記錄燃燒酒精時間，重複三次，取平均值。
2. 取用**實驗一-1**所配製含水比例不同的矽酸鈉10克，加入0.2克的脫脂棉花，使液狀的矽酸鈉完全沾附於棉花，當5克酒精燃燒20秒後，以鑷子夾取沾附矽酸鈉的棉花團放入酒精燃燒中的蒸發皿，每隔20秒記錄酒精燃燒溫度及可燃燒時間。
3. 將所得數據透過 Excel 計算燃燒溫差梯度並繪製圖表，比較含水比例不同的矽酸鈉對酒精燃燒溫差梯度及可燃燒時間的影響。

【實驗二】 比較不同載體對燃燒溫度的影響。

1. 配製重量百分率濃度10%的碳酸氫鈉水溶液。
2. 取10克碳酸氫鈉水溶液，加入0.2克的棉花，使液狀的碳酸氫鈉水溶液完全沾附於棉花中，當5克酒精燃燒20秒後，以鑷子夾取棉花團放入酒精燃燒中的蒸發皿，每隔20秒記錄酒精燃燒溫度，並記錄可燃燒時間。重複步驟2，將棉花改為0.2克糯米紙。
3. 將所得數據透過 Excel 計算燃燒溫差梯度並繪製圖表，比較含水比例不同的矽酸鈉對酒精燃燒溫差梯度及可燃燒時間的影響。

【實驗相片紀錄】 (列舉部分)

10g:0g 混和物燃燒前	10g:0g 混和物燃燒(未關燈)	10g:0g 燃燒後棉花團殘燼
		
9g:1g 混和物燃燒前	9g:1g 混和物投入時	9g:1g 混和物燃燒初期
		
9g:1g 混和物燃燒中期	9g:1g 混和物燃燒後期	9g:1g 燃燒後棉花團殘燼
		
8g:2g 混和物燃燒前	8g:2g 混和物燃燒中	8g:2g 混和物燃燒後
		
7g:3g 混和物燃燒前	7g:3g 混和物燃燒中	7g:3g 混和物燃燒後
		
6g:4g 混和物燃燒前	6g:4g 混和物燃燒前	6g:4g 混和物燃燒前

		
5g:5g 混和物燃燒前	5g:5g 混和物燃燒前	5g:5g 混和物燃燒前
		
4g:6g 混和物燃燒前	4g:6g 混和物燃燒前	4g:6g 混和物燃燒前
		
3g:7g 混和物燃燒前	3g:7g 混和物燃燒前	3g:7g 混和物燃燒前
		
2g:8g 混和物燃燒前	2g:8g 混和物燃燒前	2g:8g 混和物燃燒前
		
1g:9g 混和物燃燒前	1g:9g 混和物燃燒前	1g:9g 混和物燃燒前

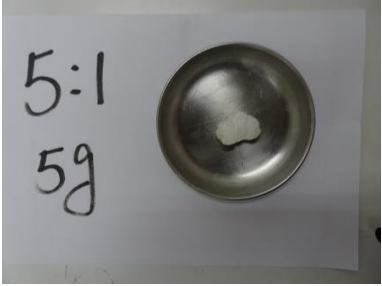
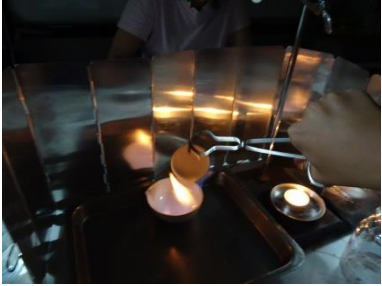
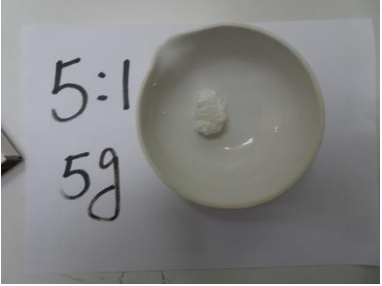
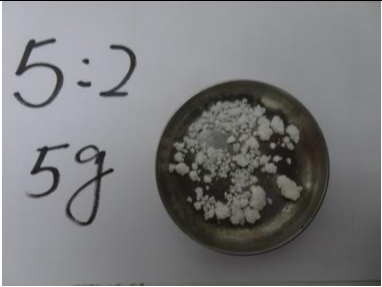

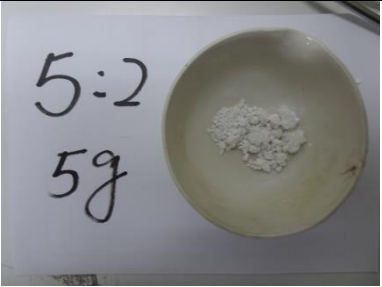
		
0g:10g 混和物燃燒前	0g:10g 混和物燃燒前	0g:10g 混和物燃燒前

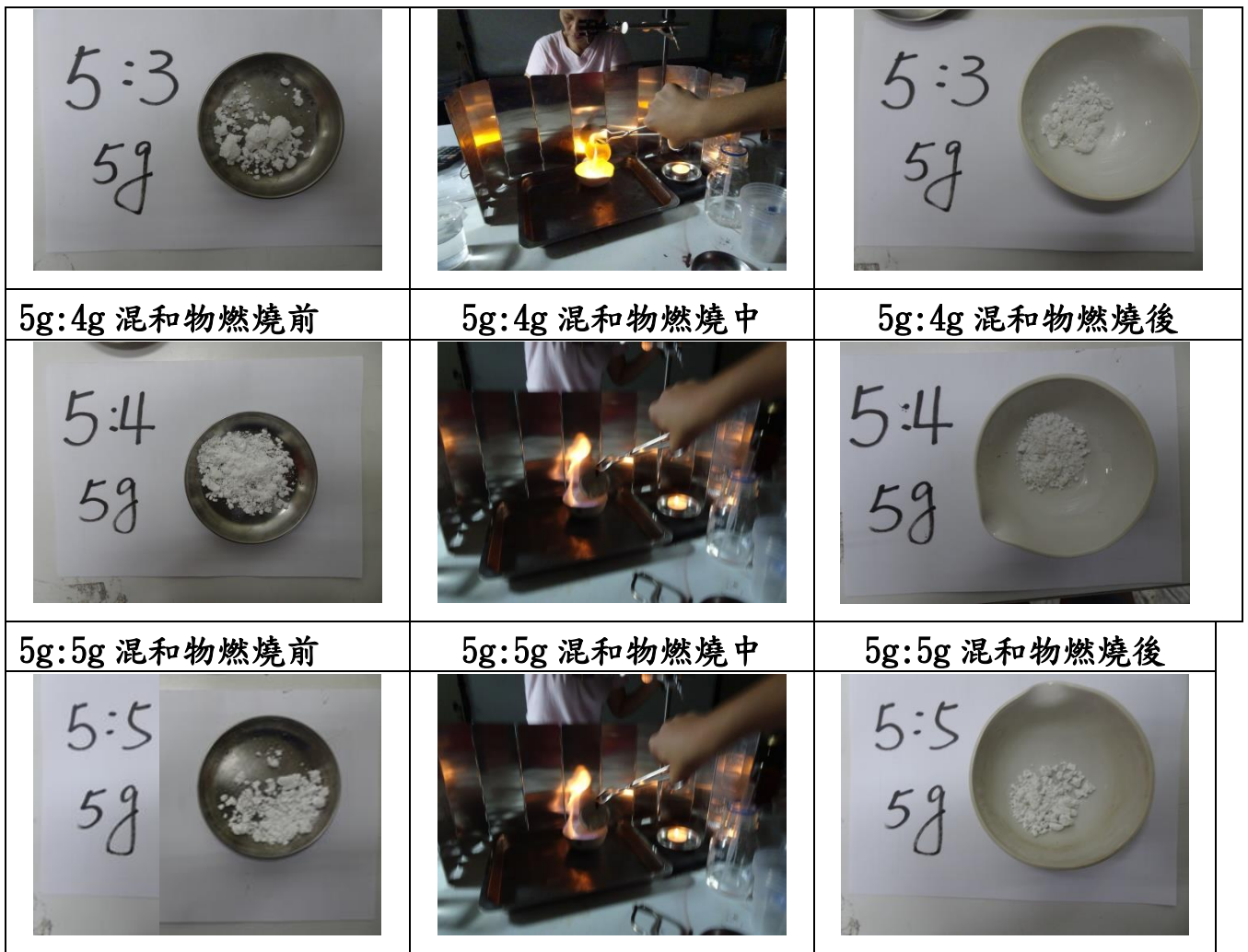
【實驗三】比較含碳酸氫鈉重量比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒現象的差異。

1. 配製含碳酸氫鈉比例不同的矽酸鈉，如下表，取前述的矽酸鈉，分別於5克酒精燃燒20秒後，倒入酒精燃燒中的蒸發皿，觀察且每隔20秒記錄酒精燃燒溫度。

矽酸鈉:碳酸氫鈉	5克:1克	5克:2克	5克:3克	5克:4克	5克:5克
----------	-------	-------	-------	-------	-------

3. 計算酒精燃燒溫差梯度並繪製圖表。**【實驗相片紀錄】**

5g:1g 混和物燃燒前	5g:1g 混和物燃燒中	5g:1g 混和物燃燒後
		
5g:2g 混和物燃燒前	5g:2g 混和物燃燒中	5g:2g 混和物燃燒後
		
5g:3g 混和物燃燒前	5g:3g 混和物燃燒中	5g:3g 混和物燃燒後



【實驗四】 比較含碳酸氫鈉水溶液比例不同的矽酸鈉，於酒精中燃燒現象的差異。

【實驗四-1】 比較8%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中燃燒現象的差異。

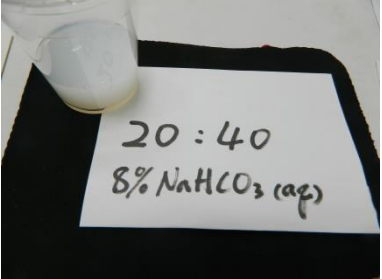
1. 配製8%的碳酸氫鈉水溶液，取20克矽酸鈉與8%的碳酸氫鈉水溶液10克混和。
2. 取步驟2的混和物5克，於5克酒精燃燒20秒後，倒入酒精燃燒中的蒸發皿，每隔20秒記錄酒精燃燒溫度。

3. 逐次增加10克的8%的碳酸氫鈉水溶液與20克矽酸鈉混和，如下表：

矽酸鈉重量(克)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
8%的碳酸氫鈉水溶液 (克)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

5. 計算酒精燃燒溫差梯度並繪製圖表。【實驗相片紀錄】

1. 矽酸鈉20克混和8%的碳酸氫鈉水溶液(10克~100克), 形成大小不同的凝膠

<p>20克:10克</p> 	<p>20克:20克</p> 	<p>20克:30克</p> 
<p>20克:40克</p>	<p>20克:50克</p>	<p>20克:60克</p>
		
<p>20克:70克</p>	<p>20克:80克</p>	<p>20克:90克</p>
		
<p>20克:100克</p>	<p>加入10克~100克碳酸氫鈉水溶液，形成凝膠的差異</p>	
		

2. 矽酸鈉混和8%碳酸氫鈉水溶液形成的凝膠，於酒精中燃燒

5克凝膠燃燒前	凝膠置入燃燒中酒精	燃燒後的凝膠
		

【實驗四-2】比較6%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中燃燒現象的差異。

1. 配製6%的碳酸氫鈉水溶液，取20克矽酸鈉與6%的碳酸氫鈉水溶液10克混和。
2. 取步驟2的混和物5克，於5克酒精燃燒20秒後，倒入酒精燃燒中的蒸發皿，每隔20秒記錄酒精燃燒溫度。
3. 逐次增加10克的6%的碳酸氫鈉水溶液與20克矽酸鈉混和，如下表：

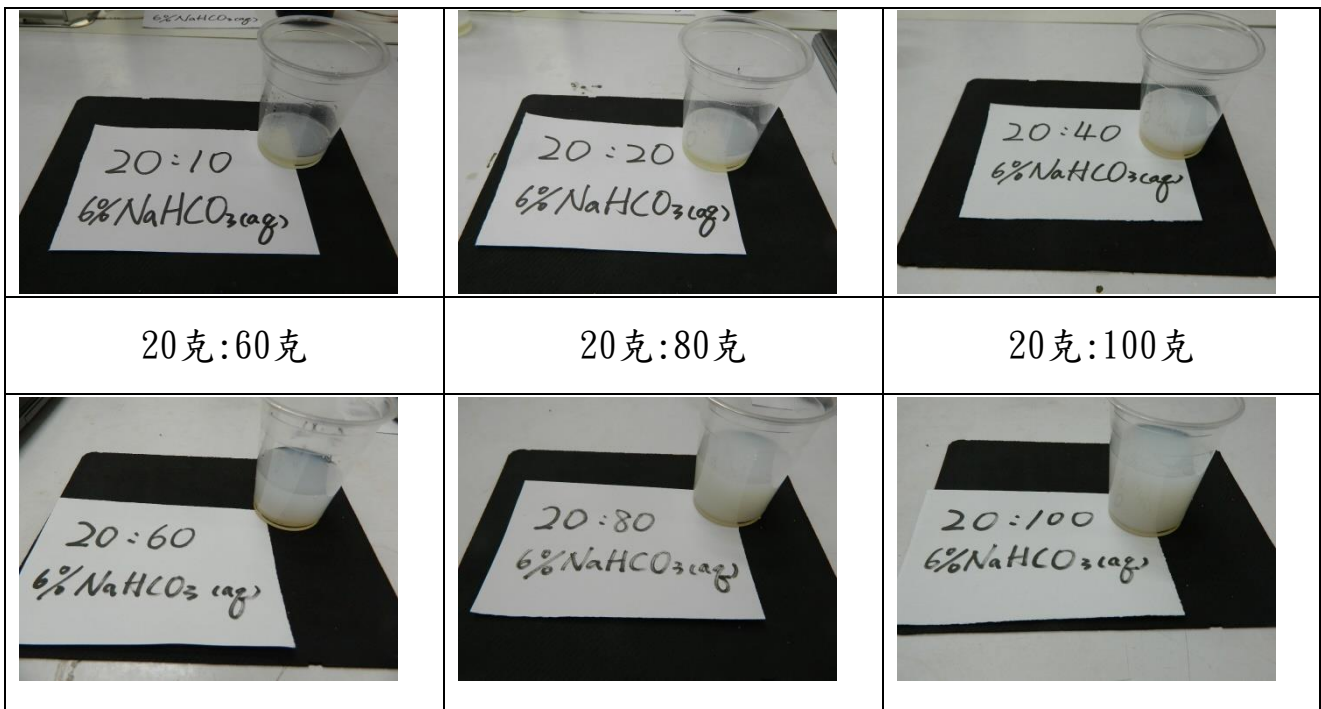
矽酸鈉重量(克)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
6%的碳酸氫鈉水溶液 (克)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

5. 將所得數據透過 Excel 計算酒精燃燒溫差梯度並繪製圖表。

。

1. 矽酸鈉20克混和6%的碳酸氫鈉水溶液(10克~100克，列舉部分)，形成的凝膠

20克:10克	20克:20克	20克:40克
---------	---------	---------



2. 矽酸鈉混和6%碳酸氫鈉水溶液形成的凝膠，於酒精中燃燒



【實驗四-3】比較4%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中燃燒現象的差異。

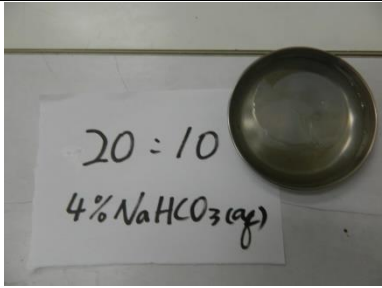
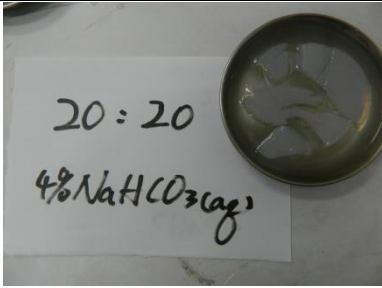
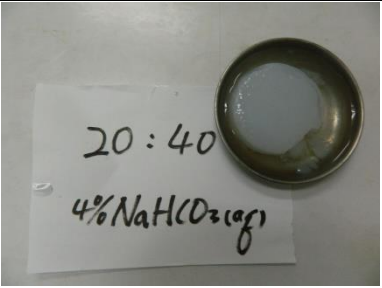
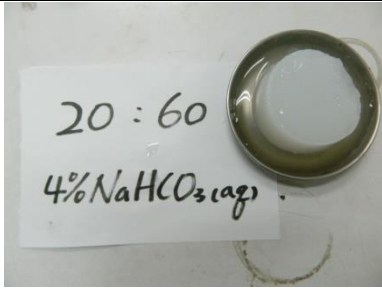
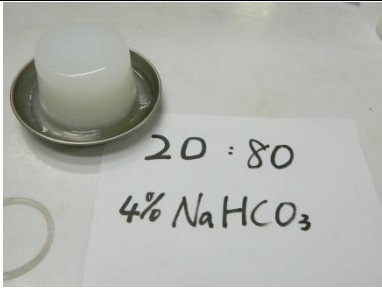
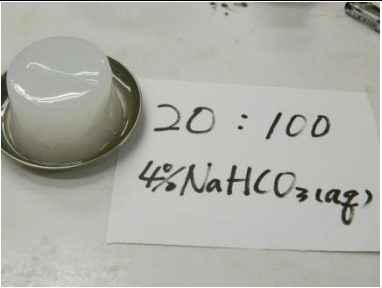
1. 配製4%的碳酸氫鈉水溶液，取20克矽酸鈉與4%的碳酸氫鈉水溶液10克混和。
2. 取步驟2的混和物5克，於5克酒精燃燒20秒後，倒入酒精燃燒中的蒸發皿，觀察且每隔20秒記錄酒精燃燒溫度。
3. 逐次增加10克的4%的碳酸氫鈉水溶液與20克矽酸鈉混和，如下表：

矽酸鈉重量(克)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
4%的碳酸氫鈉水溶液	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

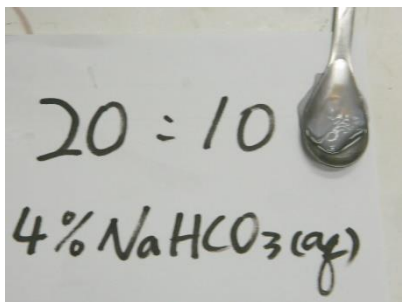

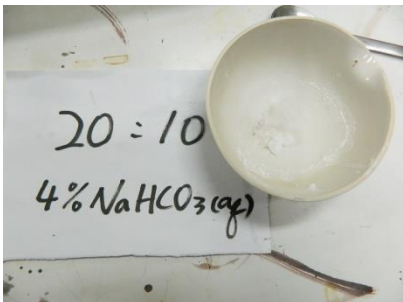
(克)									
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4. 將所得數據透過 Excel 計算酒精燃燒溫差梯度並繪製圖表。

1. 矽酸鈉20克混和4%的碳酸氫鈉水溶液(10克~100克，列舉部分)，形成的凝膠

20克:10克	20克:20克	20克:40克
		
20克:60克	20克:80克	20克:100克
		

2. 矽酸鈉混和碳酸氫鈉水溶液形成的凝膠，於酒精中燃燒

5克凝膠燃燒前	凝膠置入燃燒中酒精	燃燒後的凝膠
		

參、結果與討論：

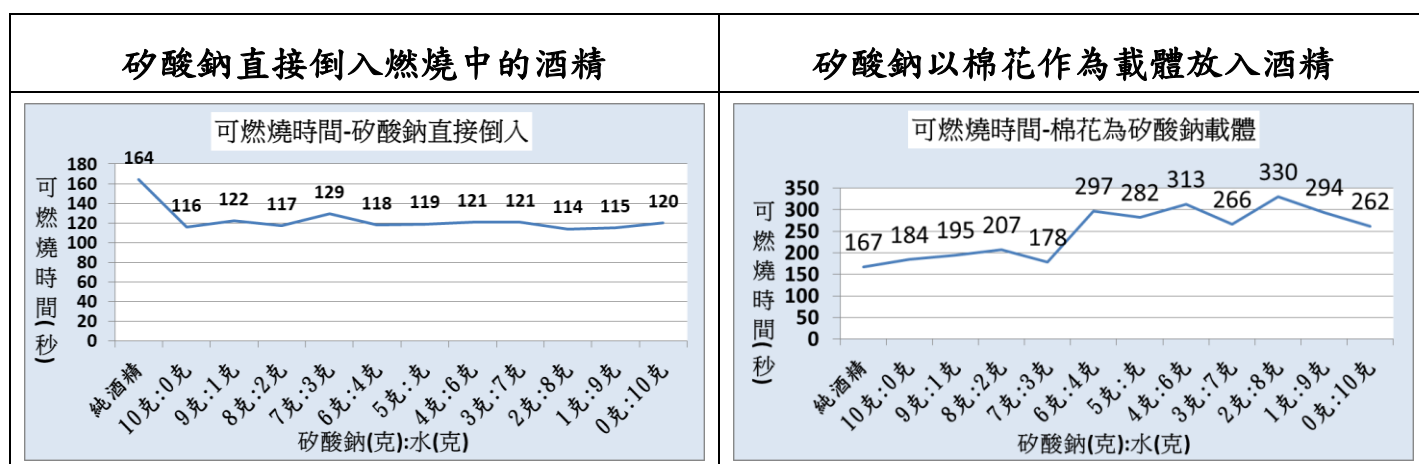
【實驗一】比較含水比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒，燃燒現象的差異。

【實驗一-1】 含水比例不同的矽酸鈉直接倒入燃燒中的酒精。

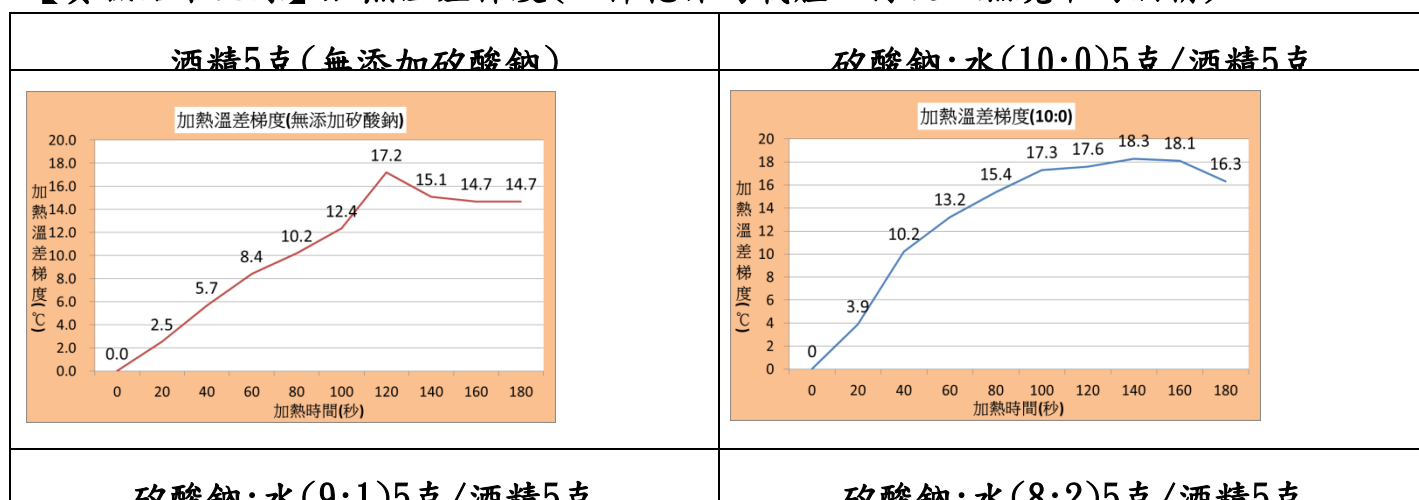
【實驗一-2】 含水比例不同的矽酸鈉以棉花作為載體，再放入燃燒中的酒精。

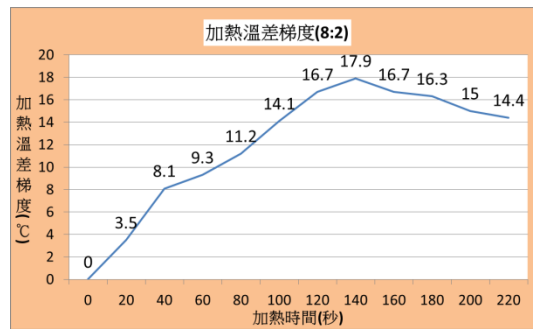
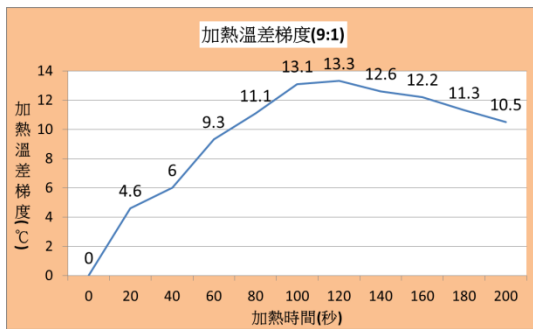
【實驗結果紀錄】比較不同操作方法的可燃燒時間：(單位：秒)

矽酸鈉(克):水 (克)	純酒精	10:0	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	4:6	3:7	2:8	1:9	0:10
實驗一-1/燃燒時間	164	116	122	117	129	118	119	121	121	114	115	120
實驗一-2 燃燒時間	167	184	195	207	178	297	282	313	266	330	294	262



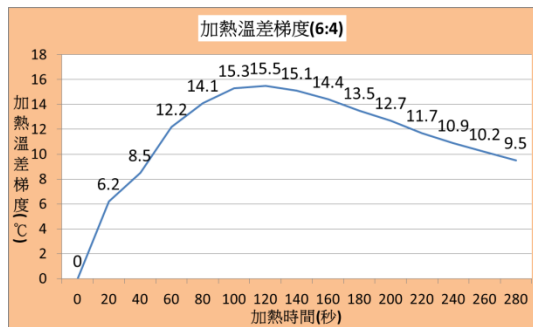
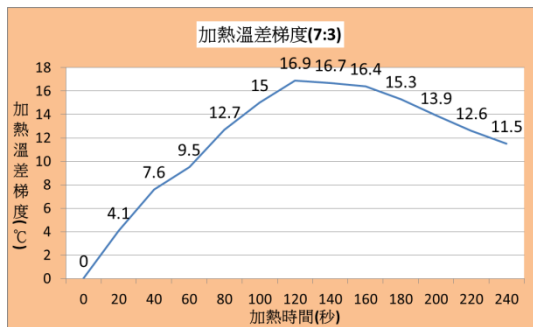
【實驗結果紀錄】加熱溫差梯度(以棉花作為載體，再放入燃燒中的酒精)





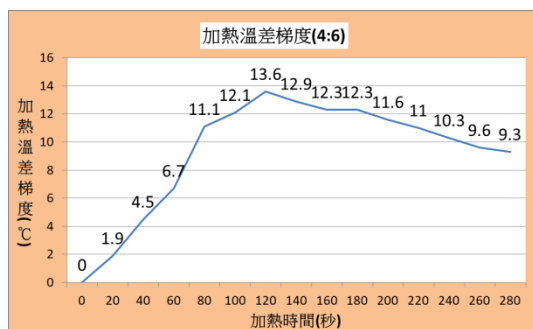
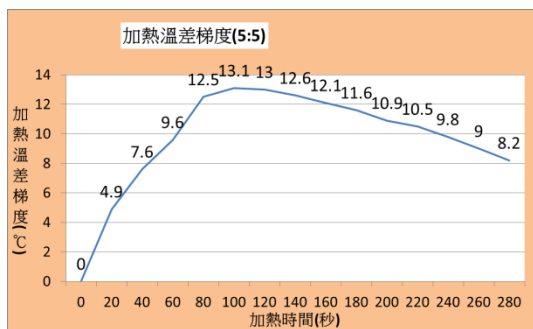
矽酸鈉:水(7:3)5克/酒精5克

矽酸鈉:水(6:4)5克/酒精5克



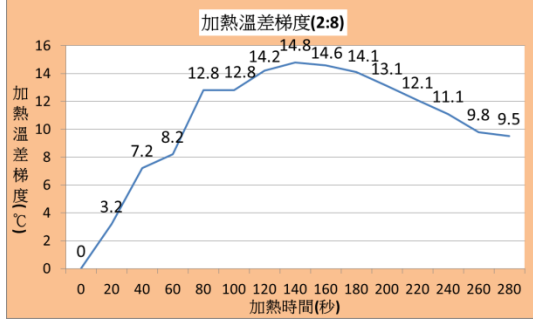
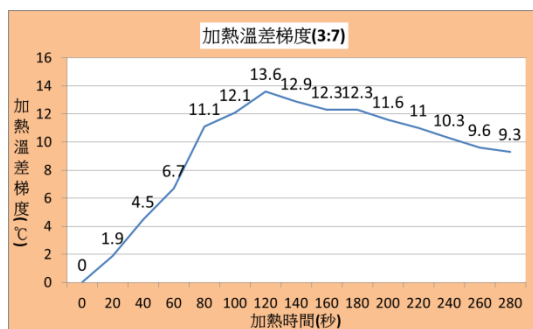
矽酸鈉:水(5:5)5克/酒精5克

矽酸鈉:水(4:6)5克/酒精5克



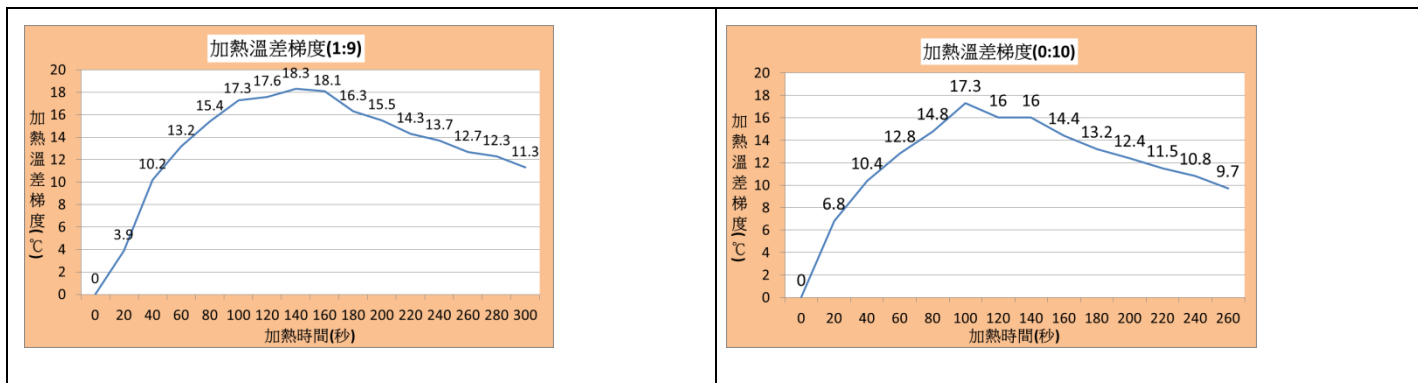
矽酸鈉:水(3:7)5克/酒精5克

矽酸鈉:水(2:8)5克/酒精5克



矽酸鈉:水(1:9)5克/酒精5克

矽酸鈉:水(0:10)5克/酒精5克



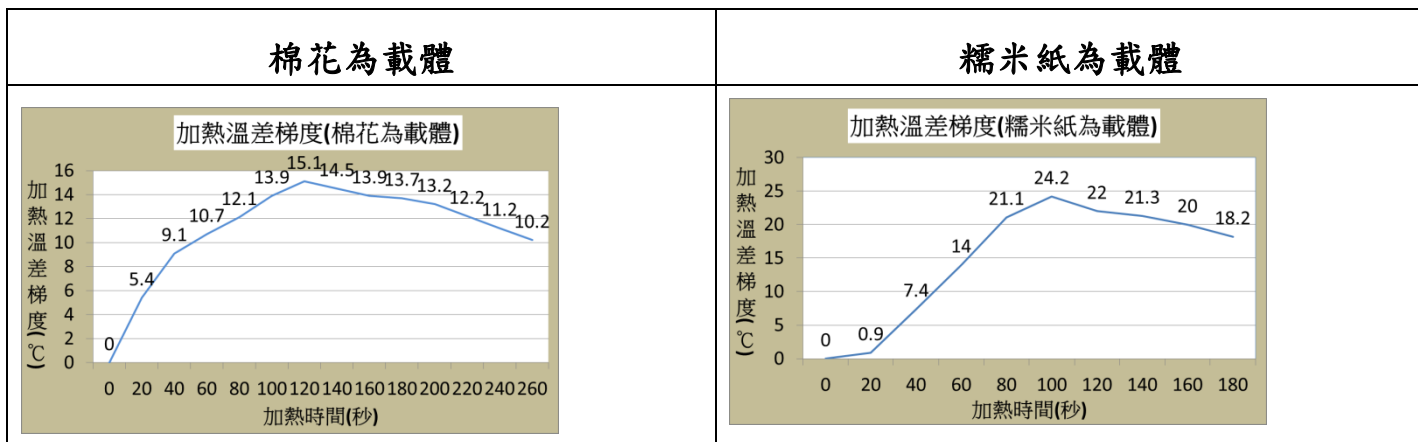
【實驗二】比較不同載體對燃燒現象的影響。

【實驗結果紀錄】

1. 比較10%碳酸氫鈉水溶液與不同載體在5克酒精中可燃燒時間的比較

10%碳酸氫鈉水溶液+酒精	可燃燒時間(秒)
純酒精燃燒	180
棉花為載體	262
糯米紙為載體	205

2. 比較10%碳酸氫鈉水溶液在不同載體的燃燒溫差梯度



【實驗三】比較含碳酸氫鈉重量比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒現象差異。

【實驗結果紀錄】

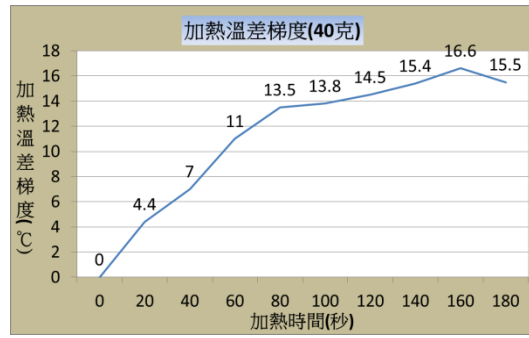
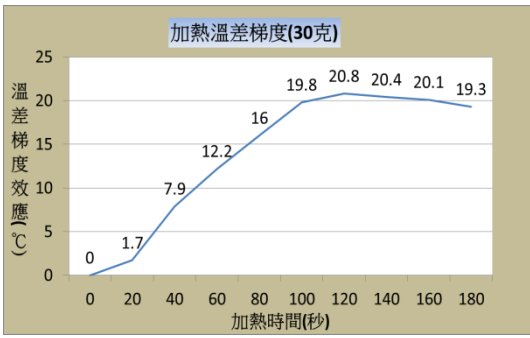
矽酸鈉5克+碳酸氫鈉1克	矽酸鈉5克+碳酸氫鈉2克
--------------	--------------

<p>加熱溫差梯度(5:1)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>加熱時間(秒)</th> <th>加熱溫差梯度(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>6.2</td></tr> <tr><td>40</td><td>10.6</td></tr> <tr><td>60</td><td>14.4</td></tr> <tr><td>80</td><td>16.1</td></tr> <tr><td>100</td><td>17.6</td></tr> <tr><td>120</td><td>19.1</td></tr> <tr><td>140</td><td>20.1</td></tr> <tr><td>160</td><td>20.4</td></tr> <tr><td>180</td><td>19.6</td></tr> <tr><td>200</td><td>18.1</td></tr> </tbody> </table>	加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)	0	0	20	6.2	40	10.6	60	14.4	80	16.1	100	17.6	120	19.1	140	20.1	160	20.4	180	19.6	200	18.1	<p>加熱溫差梯度(5:2)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>加熱時間(秒)</th> <th>加熱溫差梯度(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>40</td><td>9.8</td></tr> <tr><td>60</td><td>13.8</td></tr> <tr><td>80</td><td>18.3</td></tr> <tr><td>100</td><td>21</td></tr> <tr><td>120</td><td>24.7</td></tr> <tr><td>140</td><td>25.8</td></tr> <tr><td>160</td><td>24</td></tr> <tr><td>180</td><td>19.3</td></tr> </tbody> </table>	加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)	0	0	20	3.3	40	9.8	60	13.8	80	18.3	100	21	120	24.7	140	25.8	160	24	180	19.3								
加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)																																																						
0	0																																																						
20	6.2																																																						
40	10.6																																																						
60	14.4																																																						
80	16.1																																																						
100	17.6																																																						
120	19.1																																																						
140	20.1																																																						
160	20.4																																																						
180	19.6																																																						
200	18.1																																																						
加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)																																																						
0	0																																																						
20	3.3																																																						
40	9.8																																																						
60	13.8																																																						
80	18.3																																																						
100	21																																																						
120	24.7																																																						
140	25.8																																																						
160	24																																																						
180	19.3																																																						
<p>矽酸鈉5克+碳酸氫鈉3克</p>	<p>矽酸鈉5克+碳酸氫鈉4克</p>																																																						
<p>加熱溫差梯度(5:3)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>加熱時間(秒)</th> <th>加熱溫差梯度(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>3.9</td></tr> <tr><td>40</td><td>7.7</td></tr> <tr><td>60</td><td>11.6</td></tr> <tr><td>80</td><td>15.3</td></tr> <tr><td>100</td><td>17.2</td></tr> <tr><td>120</td><td>17.6</td></tr> <tr><td>140</td><td>17.9</td></tr> <tr><td>160</td><td>17.4</td></tr> <tr><td>180</td><td>15.8</td></tr> <tr><td>200</td><td>14.3</td></tr> </tbody> </table>	加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)	0	0	20	3.9	40	7.7	60	11.6	80	15.3	100	17.2	120	17.6	140	17.9	160	17.4	180	15.8	200	14.3	<p>加熱溫差梯度(5:4)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>加熱時間(秒)</th> <th>加熱溫差梯度(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>2.3</td></tr> <tr><td>40</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>60</td><td>10.7</td></tr> <tr><td>80</td><td>14.6</td></tr> <tr><td>100</td><td>15.9</td></tr> <tr><td>120</td><td>17.8</td></tr> <tr><td>140</td><td>18.4</td></tr> <tr><td>160</td><td>17.9</td></tr> <tr><td>180</td><td>17.6</td></tr> <tr><td>200</td><td>16.2</td></tr> <tr><td>220</td><td>14.9</td></tr> <tr><td>240</td><td>13.8</td></tr> <tr><td>260</td><td>13.7</td></tr> </tbody> </table>	加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)	0	0	20	2.3	40	5.5	60	10.7	80	14.6	100	15.9	120	17.8	140	18.4	160	17.9	180	17.6	200	16.2	220	14.9	240	13.8	260	13.7
加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)																																																						
0	0																																																						
20	3.9																																																						
40	7.7																																																						
60	11.6																																																						
80	15.3																																																						
100	17.2																																																						
120	17.6																																																						
140	17.9																																																						
160	17.4																																																						
180	15.8																																																						
200	14.3																																																						
加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)																																																						
0	0																																																						
20	2.3																																																						
40	5.5																																																						
60	10.7																																																						
80	14.6																																																						
100	15.9																																																						
120	17.8																																																						
140	18.4																																																						
160	17.9																																																						
180	17.6																																																						
200	16.2																																																						
220	14.9																																																						
240	13.8																																																						
260	13.7																																																						
<p>矽酸鈉5克+碳酸氫鈉5克</p>																																																							
<p>加熱溫差梯度(5:5)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>加熱時間(秒)</th> <th>加熱溫差梯度(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>4.9</td></tr> <tr><td>40</td><td>8.2</td></tr> <tr><td>60</td><td>12</td></tr> <tr><td>80</td><td>15.3</td></tr> <tr><td>100</td><td>17.9</td></tr> <tr><td>120</td><td>19.7</td></tr> <tr><td>140</td><td>19.1</td></tr> <tr><td>160</td><td>18.4</td></tr> <tr><td>180</td><td>16.9</td></tr> <tr><td>200</td><td>15.1</td></tr> <tr><td>220</td><td>15.1</td></tr> </tbody> </table>	加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)	0	0	20	4.9	40	8.2	60	12	80	15.3	100	17.9	120	19.7	140	19.1	160	18.4	180	16.9	200	15.1	220	15.1																													
加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)																																																						
0	0																																																						
20	4.9																																																						
40	8.2																																																						
60	12																																																						
80	15.3																																																						
100	17.9																																																						
120	19.7																																																						
140	19.1																																																						
160	18.4																																																						
180	16.9																																																						
200	15.1																																																						
220	15.1																																																						

【實驗四】比較含碳酸氫鈉水溶液比例不同的矽酸鈉於酒精中的燃燒現象的差異。

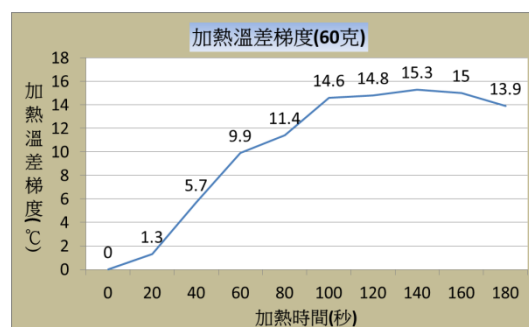
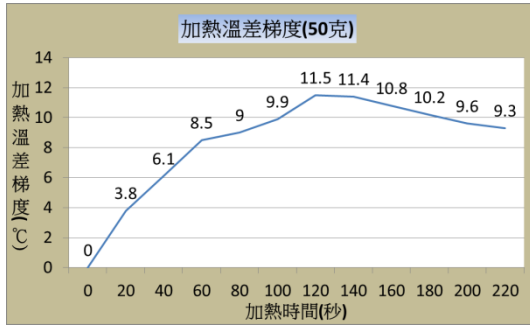
【實驗四-1】比較8%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中的燃燒溫差梯度。

<p>矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉10克(取5克)</p>	<p>矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉20克(取5克)</p>																																												
<p>加熱溫差梯度(10克)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>加熱時間(秒)</th> <th>加熱溫差梯度(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>0</td></tr> <tr><td>40</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>60</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>80</td><td>7.3</td></tr> <tr><td>100</td><td>11.7</td></tr> <tr><td>120</td><td>15.9</td></tr> <tr><td>140</td><td>15.7</td></tr> <tr><td>160</td><td>17.6</td></tr> <tr><td>180</td><td>16.6</td></tr> </tbody> </table>	加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)	0	0	20	0	40	1.4	60	5.5	80	7.3	100	11.7	120	15.9	140	15.7	160	17.6	180	16.6	<p>加熱溫差梯度(20克)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>加熱時間(秒)</th> <th>加熱溫差梯度(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>0</td></tr> <tr><td>40</td><td>4.4</td></tr> <tr><td>60</td><td>10</td></tr> <tr><td>80</td><td>12.1</td></tr> <tr><td>100</td><td>14.3</td></tr> <tr><td>120</td><td>14.3</td></tr> <tr><td>140</td><td>16.6</td></tr> <tr><td>160</td><td>16.5</td></tr> <tr><td>180</td><td>15.7</td></tr> </tbody> </table>	加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)	0	0	20	0	40	4.4	60	10	80	12.1	100	14.3	120	14.3	140	16.6	160	16.5	180	15.7
加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)																																												
0	0																																												
20	0																																												
40	1.4																																												
60	5.5																																												
80	7.3																																												
100	11.7																																												
120	15.9																																												
140	15.7																																												
160	17.6																																												
180	16.6																																												
加熱時間(秒)	加熱溫差梯度(°C)																																												
0	0																																												
20	0																																												
40	4.4																																												
60	10																																												
80	12.1																																												
100	14.3																																												
120	14.3																																												
140	16.6																																												
160	16.5																																												
180	15.7																																												
<p>矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉30克(取5克)</p>	<p>矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉40克(取5克)</p>																																												



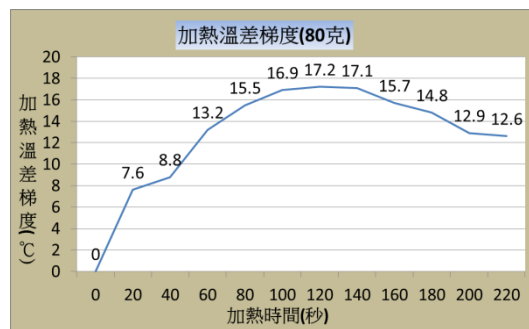
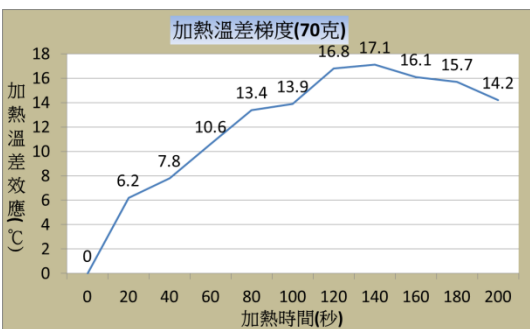
矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉50克(取5克)

矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉60克(取5克)



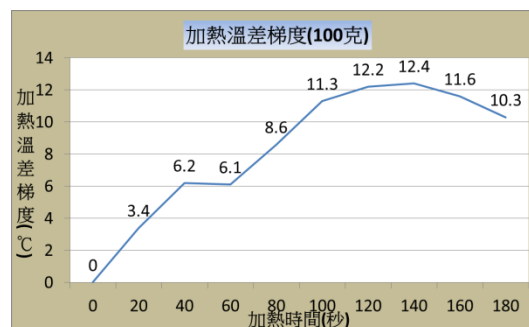
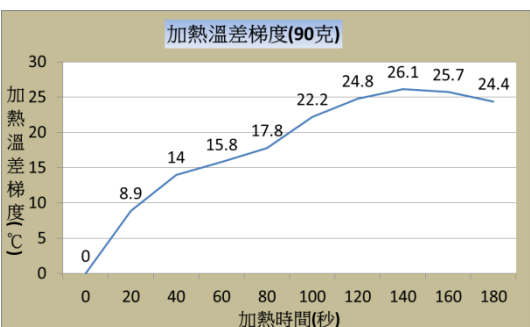
矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉70克(取5克)

矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉80克(取5克)



矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉90克(取5克)

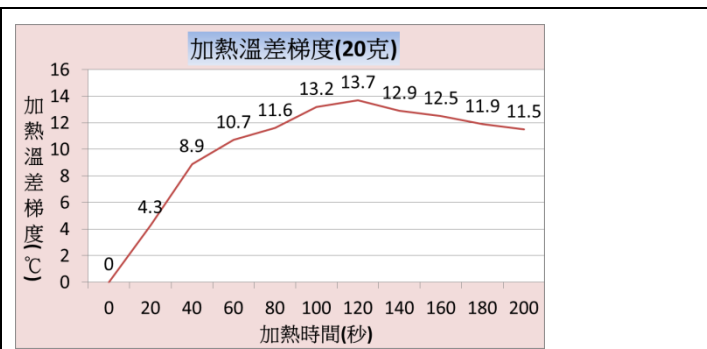
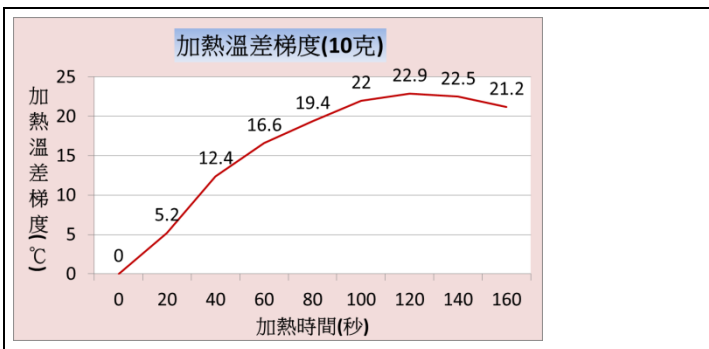
矽酸鈉20克+8%碳酸氫鈉100克(取5克)



【實驗四-2】比較6%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中的燃燒溫差梯度。

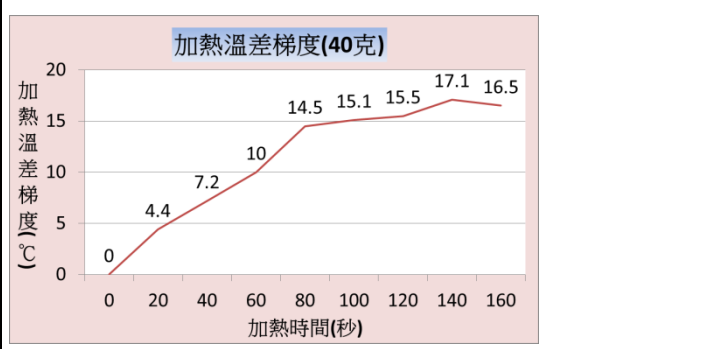
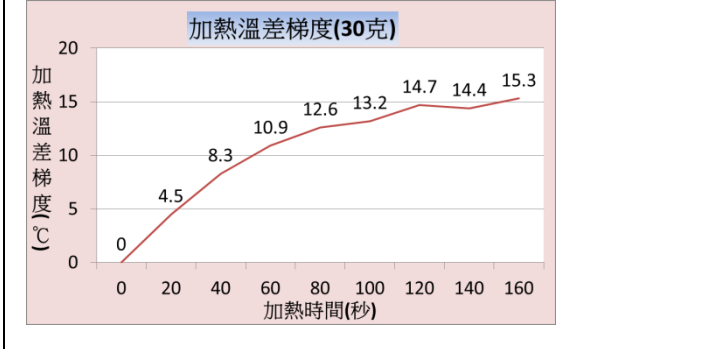
矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉10克(取5克)

矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉20克(取5克)



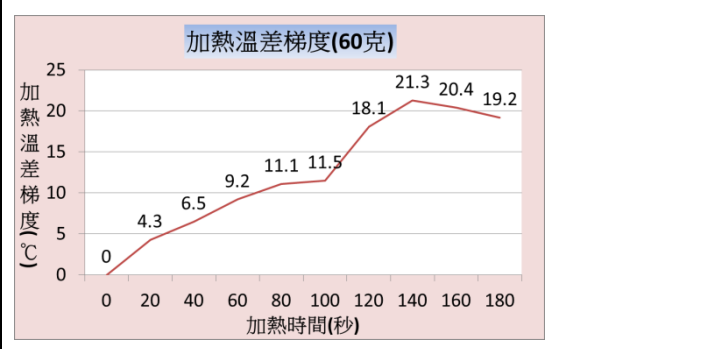
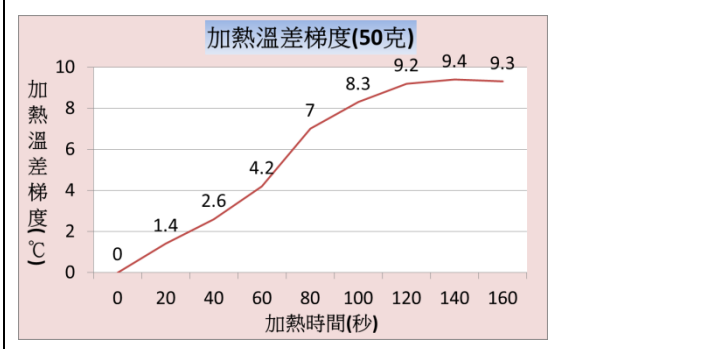
矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉30克(取5克)

矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉40克(取5克)



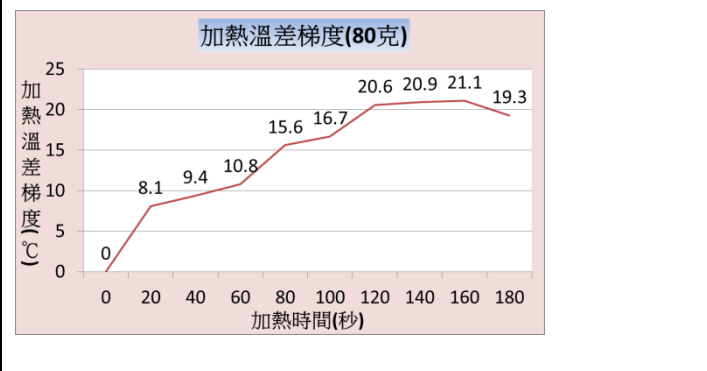
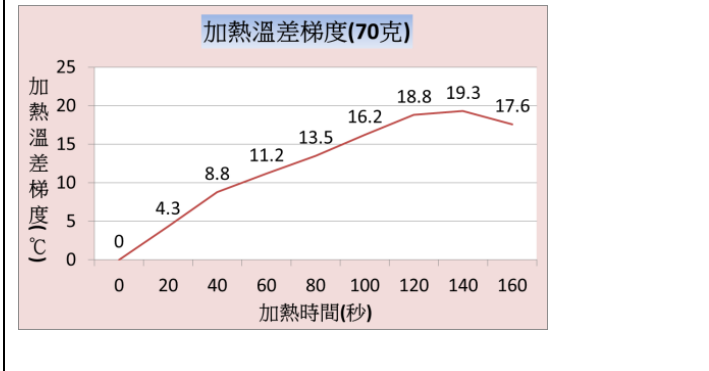
矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉50克(取5克)

矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉60克(取5克)



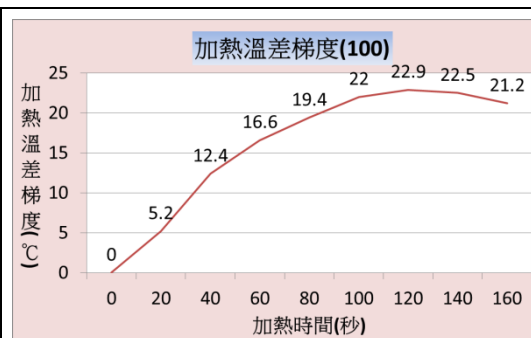
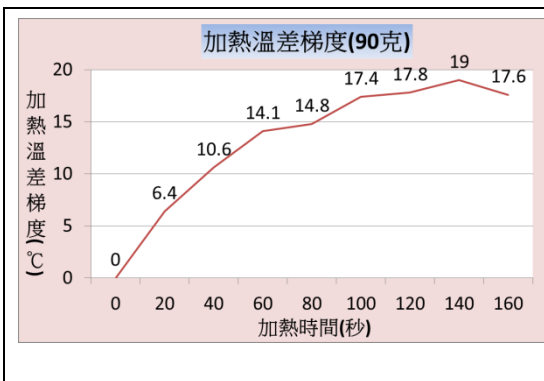
矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉70克(取5克)

矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉80克(取5克)



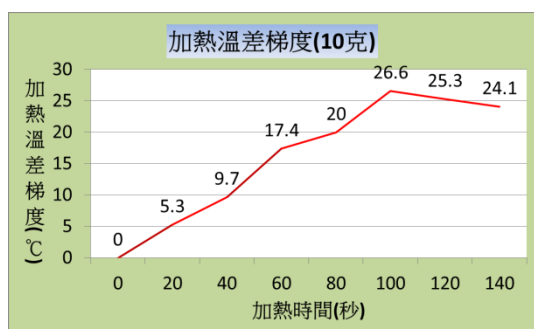
矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉90克(取5克)

矽酸鈉20克+6%碳酸氫鈉100克(取5克)

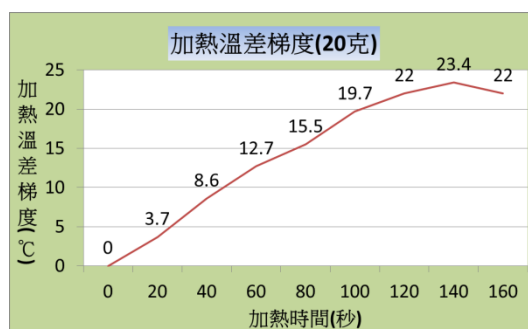


【實驗四-3】比較4%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中的燃燒溫差梯度。

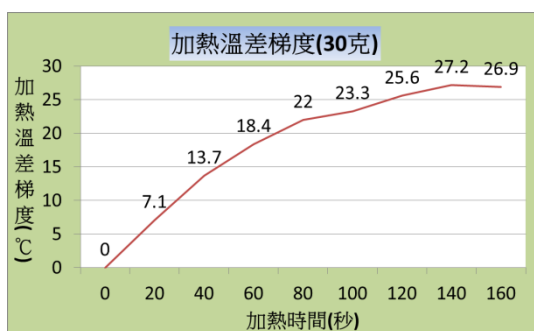
矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉10克(取5克)



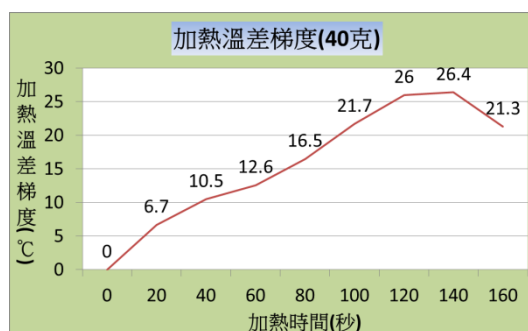
矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉20克(取5克)



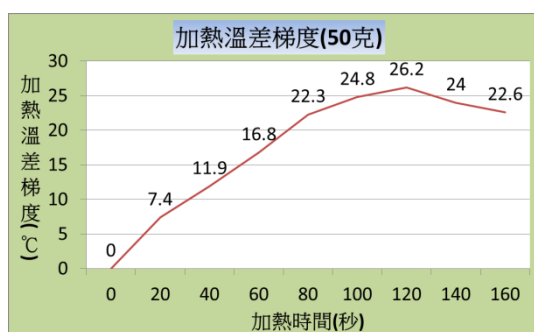
矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉30克(取5克)



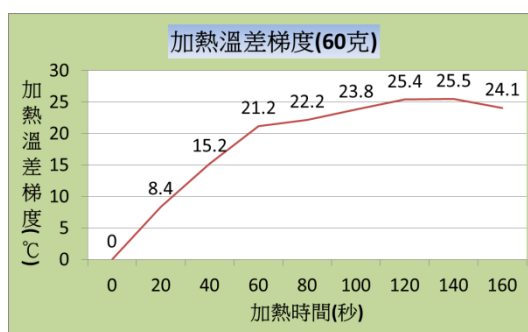
矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉40克(取5克)



矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉50克(取5克)

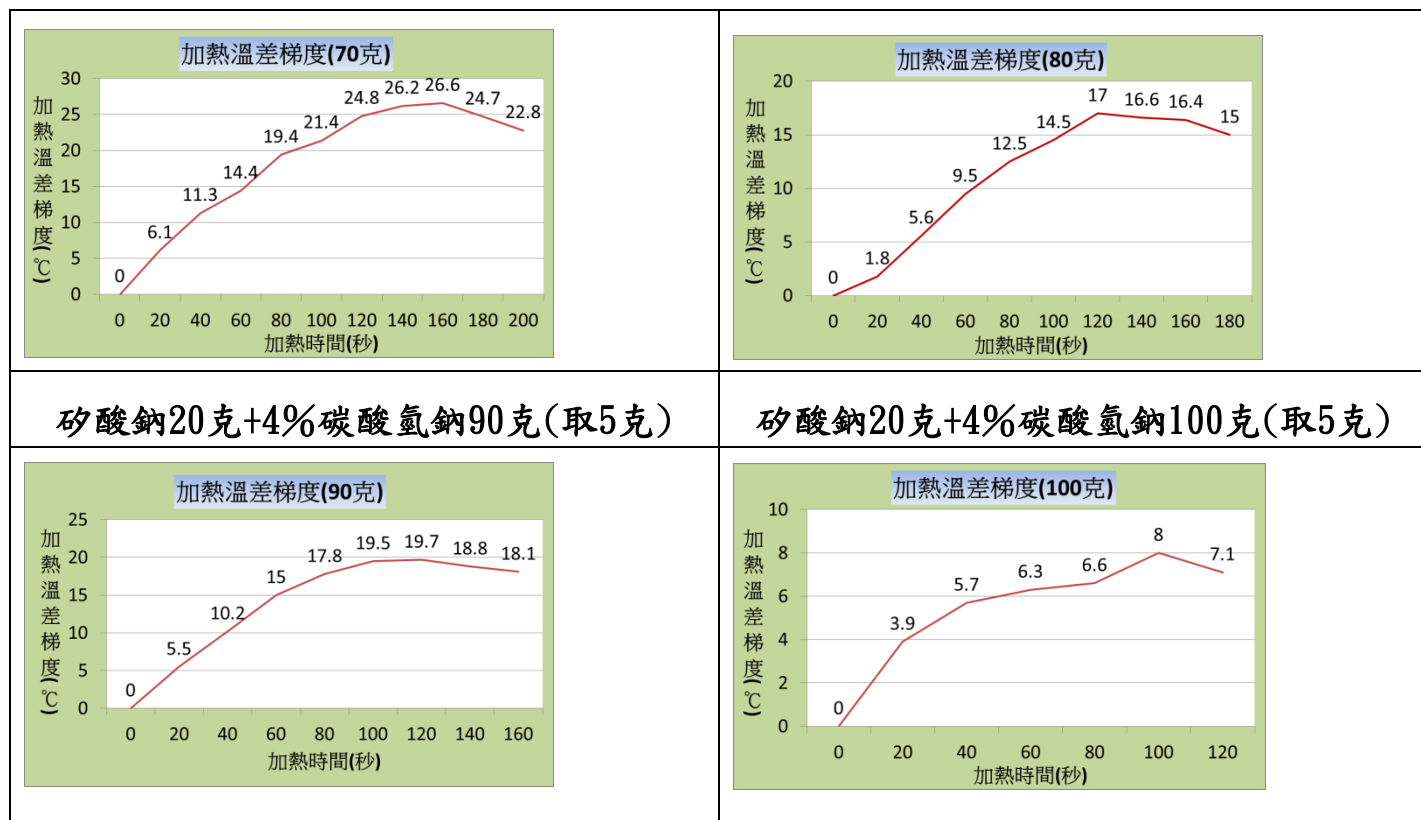


矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉60克(取5克)



矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉70克(取5克)

矽酸鈉20克+4%碳酸氫鈉80克(取5克)



【實驗討論】

【實驗一】比較含水比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒，燃燒現象的差異。

【實驗一-1】含水比例不同的矽酸鈉直接倒入燃燒中的酒精。【實驗討論】

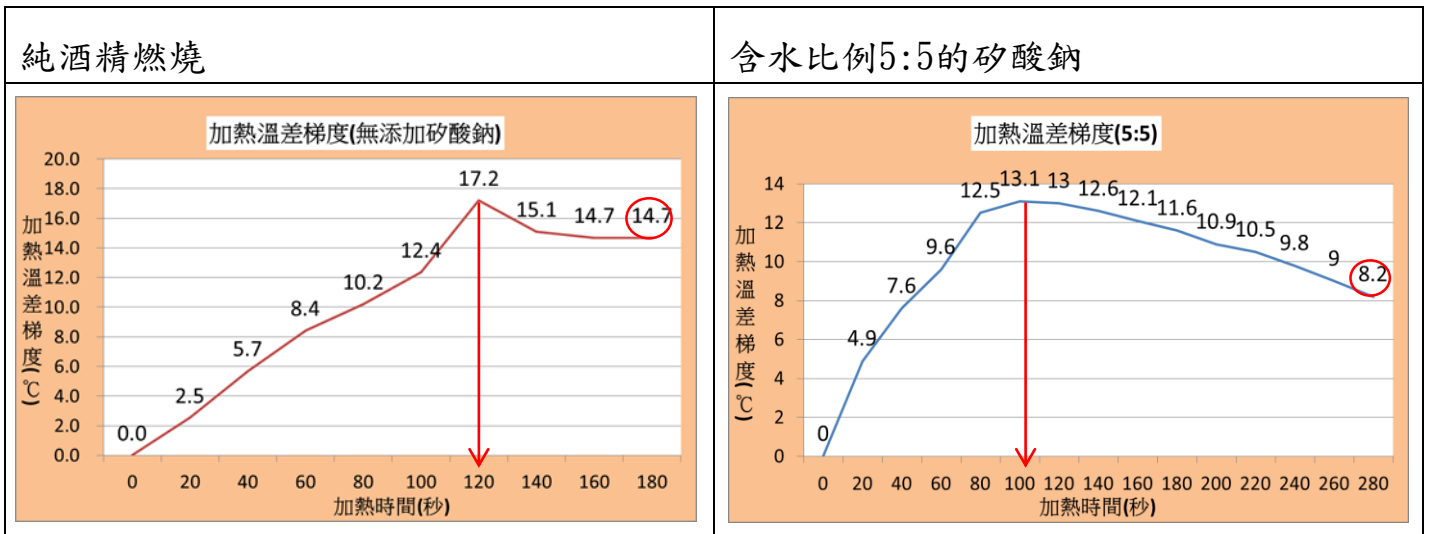
1. 實驗一-1以坩堝夾夾蒸發皿，將蒸發皿中的矽酸鈉直接倒入燃燒的酒精中，實驗進行時發現以下現象：

- (1)液態矽酸鈉倒入時，流向會不規則，造成燃燒的火焰也會不規則向外晃動。
 - (2)液態的矽酸鈉無法立刻倒入燃燒中的酒精，增加操作的危險性。
 - (3)矽酸鈉會殘留在蒸發皿中，無法確定進行反應的矽酸鈉重量，造成實驗誤差。
2. 團隊成員設計其他操作方式，以改良實驗中不安全及易造成實驗誤差的缺點。

【實驗一-2】含水比例不同的矽酸鈉以棉花作為載體，再放入燃燒中的酒精。

1. 為了改進實驗一-1的操作過程，團隊成員決定將易與液態物質混和的棉花沾附矽酸鈉，以鑷子夾取直接放入酒精燃燒中的蒸發皿，有效解決實驗一-1的缺失。
2. 比較實驗一-1及實驗一-2，酒精可燃燒時間，加入棉花為載體後雖然增加實驗操作的安全性及矽酸鈉用量的準確度，但是棉花本身為易燃物，會延長燃燒時間。

2. 透過實驗數據繪製圖表，比較含水比例不同的矽酸鈉加入酒精中燃燒的燃燒溫差梯度，以含水比例5:5的矽酸鈉為較佳的混和比例：



(1) 比較各混和比例溫度上升開始趨緩的轉折點：以5:5的的混和比例在燃燒100秒時達到最大的溫差梯度，比純酒精燃燒更快降低燃燒溫度，之後溫度上升速度變慢，相對其他比例是燃燒溫度最快出現轉折的混和比例。

(2) 比較各混和比例加熱前後燃燒溫差：5:5的混和比例在燃燒後的燃燒溫差8.2為最小，比純酒精燃燒時測得的加熱前後燃燒溫差14.7更低，表示能有效降低燃燒溫度。

綜合上述(1)和(2)的結論，表示矽酸鈉含水重量比5:5為較佳的混和比例。

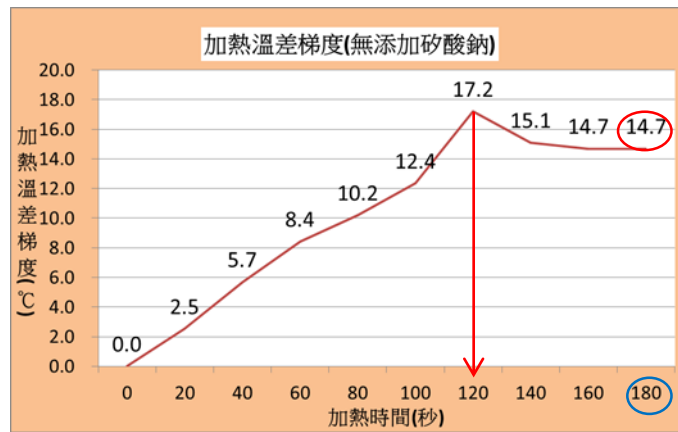
【實驗二】比較不同載體對燃燒溫度的影響。

【實驗討論】

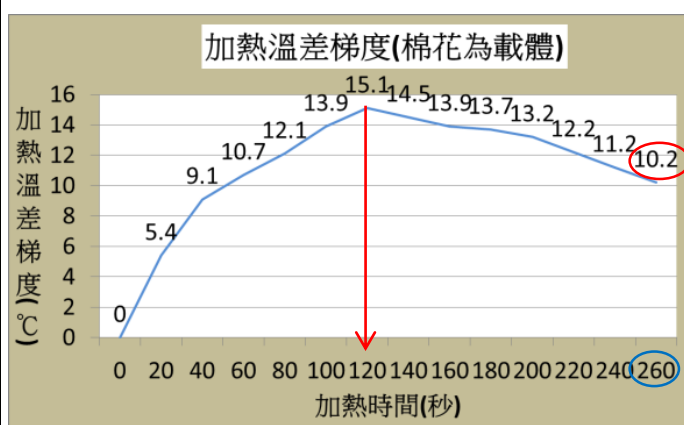
1. 碳酸氫鈉溶於水中的溶解度為96g/1L(20°C時)，隨溫度升高溶解度也隨著升高。配製重量百分率10%的碳酸氫鈉水溶液，當時室內溫度約為27°C，經攪拌後仍有少量粉末無法溶解沉澱在杯底，後續實驗以重量百分率8%的碳酸氫鈉水溶液為最高比例。

2. 比較10%碳酸氫鈉水溶液透過不同載體放入酒精中燃燒，得到以下結論：

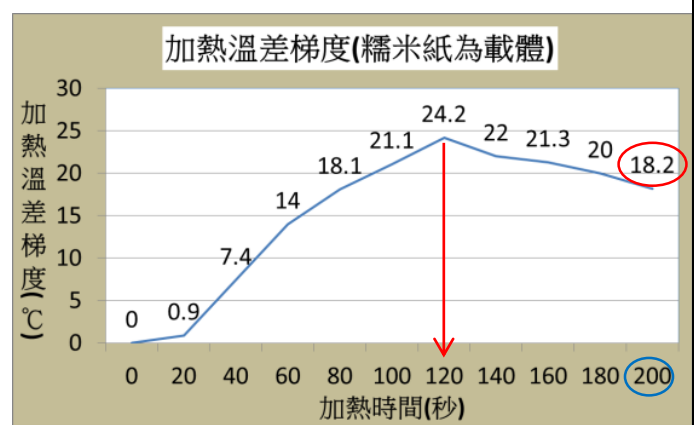
純酒精燃燒



10%碳酸氫鈉水溶液+棉花為載體



10%碳酸氫鈉水溶液+糯米紙為載體



(1)比較可燃燒時間：5克酒精可燃燒時間180秒，10%碳酸氫鈉水溶液+棉花為載體可燃燒時間為262秒，10%碳酸氫鈉水溶液+糯米紙為載體可燃燒時間為205秒，由實驗數據推測相同重量的棉花比糯米紙較會延長燃燒時間。

(2)比較燃燒溫度上升開始趨緩的轉折點：兩種載體出現轉折的時間皆為120秒。

(3)以棉花為載體，燃燒後的最低溫差為10.2°C；以糯米紙為載體，燃燒後的最終溫差為18.2°C，表示以棉花為載體加熱前後溫差較小。

綜合上述(1)、(2)和(3)的結論，以降低火場溫度的效果而言以棉花為載體為較佳的選擇。

【實驗三】比較含碳酸氫鈉重量比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒現象差異。

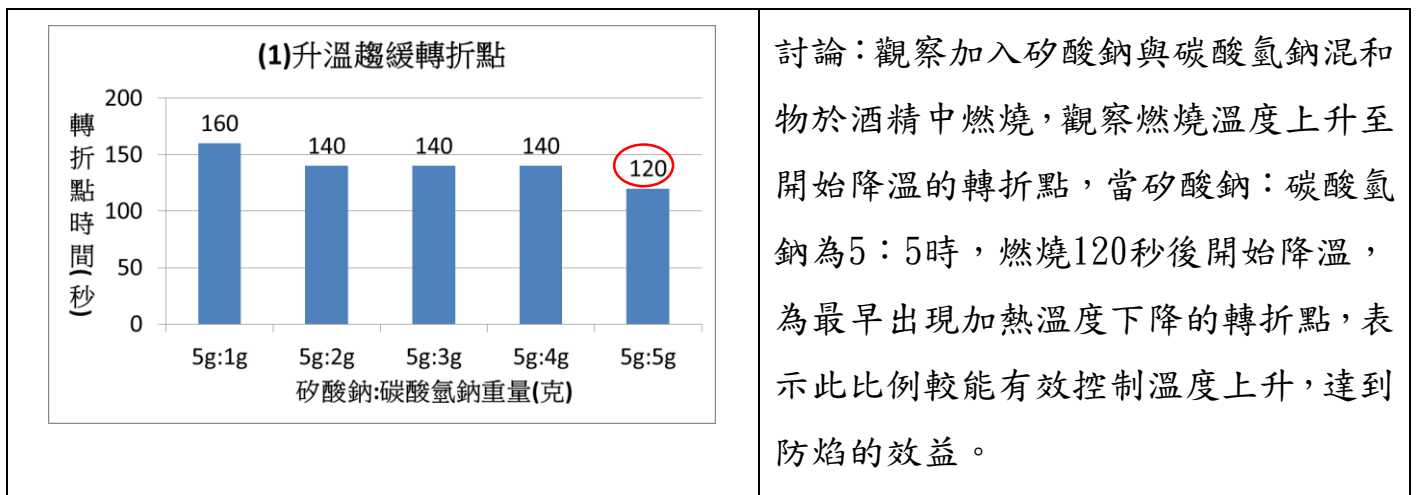
【實驗討論】

1. 碳酸氫鈉粉末加入矽酸鈉中，混和成固態團狀，可以做為矽酸鈉載體。碳酸氫鈉1克加入5克矽酸鈉的比例，可以形成較完整團狀，加入2克碳酸氫鈉，混和物狀態較乾燥

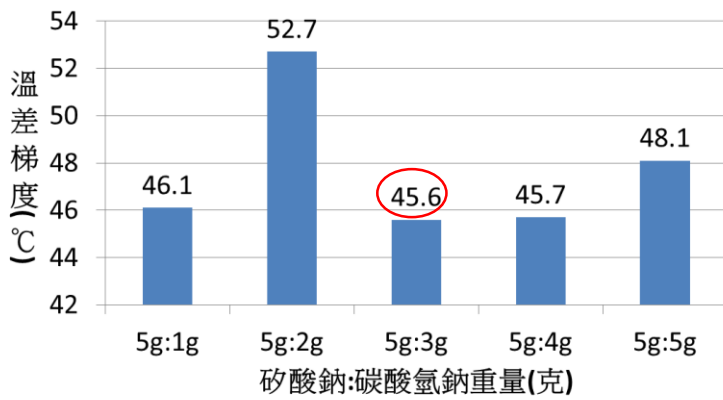
且分散成較小顆粒，碳酸氫鈉含量愈高，顆粒硬度越高越小，但是發現最高燃燒溫差及最終燃燒溫差都比實驗二數據更高，團隊成員推測可能與含水量有關，因此後續以碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，觀察燃燒現象的差異。

2. 加入不同重量碳酸氫鈉，與矽酸鈉5克混合，將混和物加入酒精中燃燒，經由實驗數據比較以下項目：

矽酸鈉：碳酸氫鈉 比較項目	5克:1克	5克:2克	5克:3克	5克:4克	5克:5克
(1) 升溫趨緩的轉折點(秒)	160	140	140	140	120
(2) 最高燃燒溫差(°C)	46.1	52.7	45.6	45.7	48.1
(3) 最終燃燒溫差(°C)	43.8	46.2	42	40.1	43.5
(4) 可燃燒時間(秒)	230	197	193	258	204



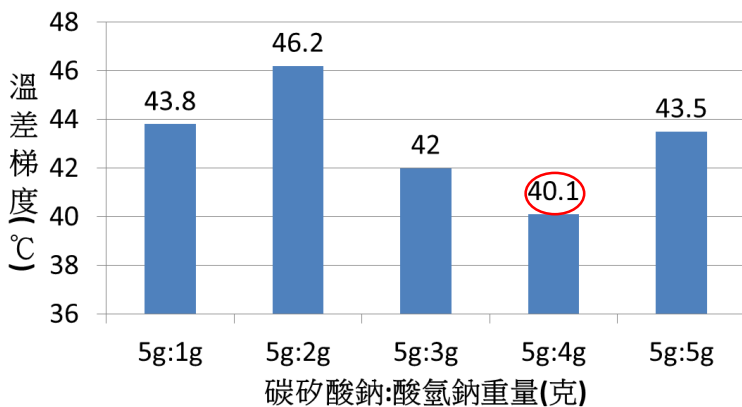
(2)最高燃燒溫差



討論：

觀察加入矽酸鈉與碳酸氫鈉混和物於酒精中燃燒，計算數據後，比較燃燒過程中不同時間點的最高燃燒溫差，發現加入矽酸鈉與碳酸氫鈉為5：3時，最高燃燒溫差最低，表示此比例較能有效抑制燃燒溫度上升，達到防焰的效益。

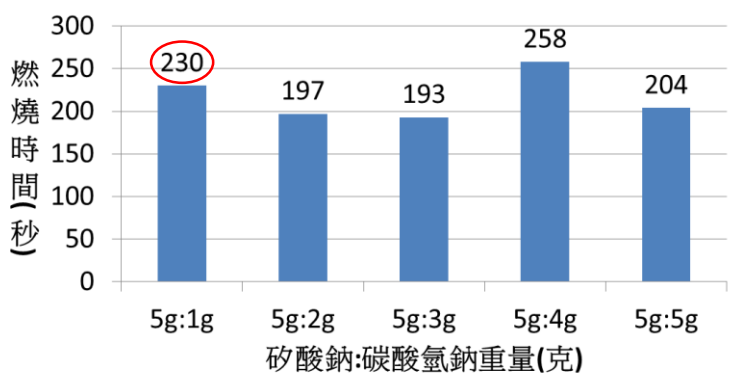
(3)最終燃燒溫差



討論：

觀察加入矽酸鈉與碳酸氫鈉混合物於酒精中燃燒，直到燃燒結束，發現最終燃燒溫差即為最低燃燒溫差。計算實驗數據後，比較燃燒結束時的最低溫差，發現加入矽酸鈉與碳酸氫鈉為5：4時，最終(低)溫差最小，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

(4)可燃燒時間



討論：

觀察加入矽酸鈉與碳酸氫鈉混合物於酒精中燃燒，直到燃燒結束，紀錄可燃燒時間，發現加入矽酸鈉與碳酸氫鈉為：時，可燃燒時間163秒最短，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

3. 比較含碳酸氫鈉重量比例不同的矽酸鈉放入酒精中燃燒，得到以下結論：

(1) 比較燃燒溫度上升開始趨緩的轉折點：

矽酸鈉與碳酸氫鈉重量比為5:5的比例混和，燃燒120秒時達到最大的溫差，之後溫度上升速度變慢，相對其他比例是燃燒溫度最快出現轉折的混和比例。

(2) 比較各混和比例加熱前後溫差：

矽酸鈉與碳酸氫鈉重量比為5:4的比例混和，燃燒後的最低溫差 13.7°C 為最小，表示較能有效控制溫度上升。

【實驗四】比較含碳酸氫鈉水溶液比例不同的矽酸鈉於酒精中的燃燒溫差梯度。

1. 碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，攪拌後會出現懸浮分散塊狀半透明的凝膠；碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，混和後不攪拌並且靜置，數秒後會在杯中形成果凍般的凝膠。

2. 固定矽酸鈉的量為20克，不同濃度的碳酸氫鈉水溶液分別由10克，依次再加入10克，成為20克，以此類推至最多加入100克碳酸氫鈉水溶液，發現加入碳酸氫鈉水溶液的重量愈多形成凝膠的重量也愈重。

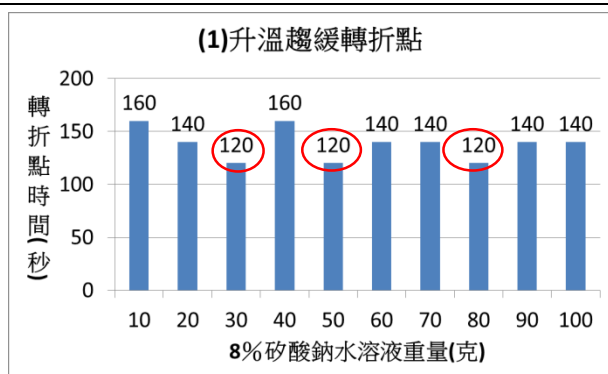
3. 10%碳酸氫鈉水溶液不易完全溶解，因此實驗由8%碳酸氫鈉水溶液開始調製；2%碳酸氫鈉水溶液濃度較低，即使加入100克與20克矽酸鈉混和，也不易形成凝膠，因此選擇碳酸氫鈉水溶液的濃度為8%、6%和4%。

4. 利用碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和形成固態凝膠的結果，可以做為矽酸鈉的載體，且有效降低最高燃燒溫差及最終燃燒溫差，達到操作安全又有效降低燃燒溫差效益。

【實驗四-1】比較8%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中的燃燒溫差梯度。

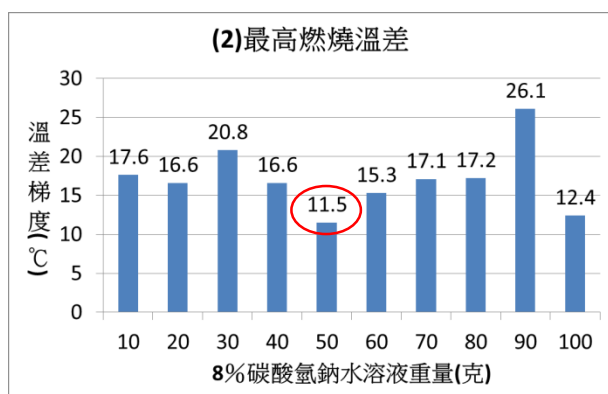
1. 加入不同重量8%碳酸氫鈉水溶液，與矽酸鈉20克混合形成凝膠，取5克凝膠加入酒精燃燒，經由實驗數據比較以下項目：

8%碳酸氫鈉水溶液重量 (克) 比較項目	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
(1) 升溫趨緩的轉折點(秒)	160	140	120	160	120	140	140	120	140	140
(2) 最高燃燒溫差(°C)	17. 6	16. 6	20. 8	16. 6	11. 5	15. 3	17. 1	17. 2	26. 1	12. 4
(3) 最終燃燒溫差(°C)	16. 6	15. 7	19. 3	15. 5	9.3	13. 9	14. 2	12. 6	24. 4	10. 3
(4) 可燃燒時間(秒)	163	169	192	182	217	183	192	207	183	174



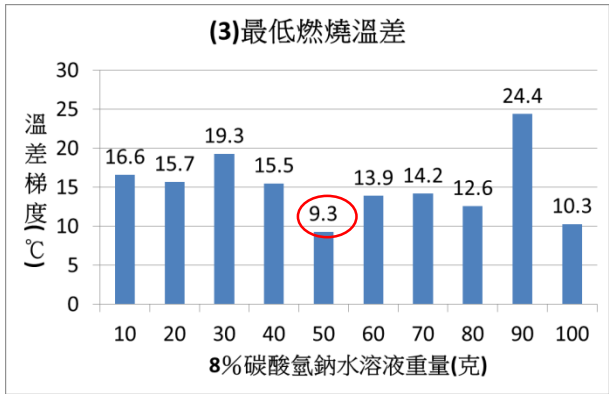
討論：

觀察燃燒溫上升至開始降溫的轉折點，加入8%碳酸氫鈉水溶液分別為30、50及80克時，最早出現加熱溫度下降的轉折點，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。



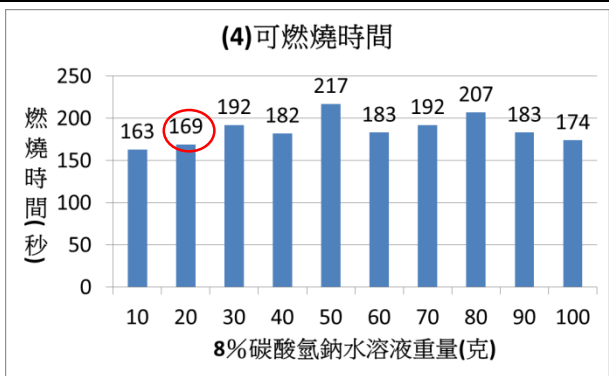
討論：

觀察加入不同8%碳酸氫鈉水溶液的重量，經由數據計算後比較燃燒過程中不同時間點的最高燃燒溫差，發現加入8%碳酸氫鈉水溶液為50克時，最高燃燒溫差最低，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。



討論：

觀察加入不同重量的8%碳酸氫鈉水溶液，直到燃燒結束，發現**最終燃燒溫差即為最低燃燒溫差**。經由數據計算後比較燃燒結束時的最低溫差，發現加入8%碳酸氫鈉水溶液為50克時，最終(低)溫差最小，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。



討論：

觀察加入不同重量的8%碳酸氫鈉水溶液，直到燃燒結束，紀錄可燃燒時間，發現加入8%碳酸氫鈉水溶液為50克時，可燃燒時間163秒最短，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

2. 由上述實驗數據分析，不同重量8%碳酸氫鈉水溶液，與矽酸鈉20克混合，最佳混和重量比為矽酸鈉20克與50克8%碳酸氫鈉水溶液混和，隔熱或耐火的效果較佳，但是減少可燃燒時間的效果以加入10克8%碳酸氫鈉水溶液混和的比例較佳。

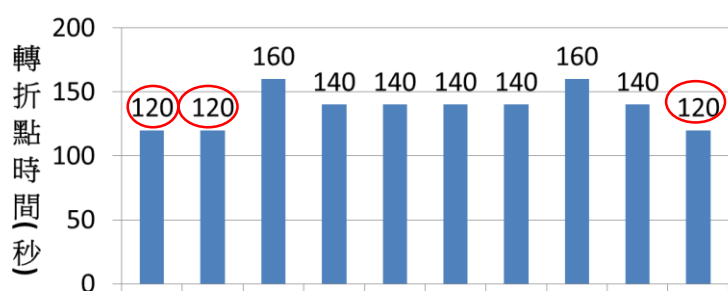
【實驗四-2】比較6%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中的燃燒溫差梯度。

1. 加入不同重量6%碳酸氫鈉水溶液，與矽酸鈉20克混合形成凝膠，取5克凝膠加入酒精燃燒，經由實驗數據比較以下項目：

6%碳酸氫鈉水溶液重量 (克)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
比較項目										

(1) 升溫趨緩的轉折點(秒)	120	120	160	140	140	140	140	160	140	120
(2) 最高燃燒溫差(°C)	22.9	13.7	15.3	17.1	9.4	21.3	19.3	21.1	19	22.9
(3) 最終燃燒溫差(°C)	21.2	11.5	15.3	16.5	9.3	19.2	17.6	19.3	17.6	21.2
(4) 可燃燒時間(秒)	164	189	174	163	158	190	182	180	159	159

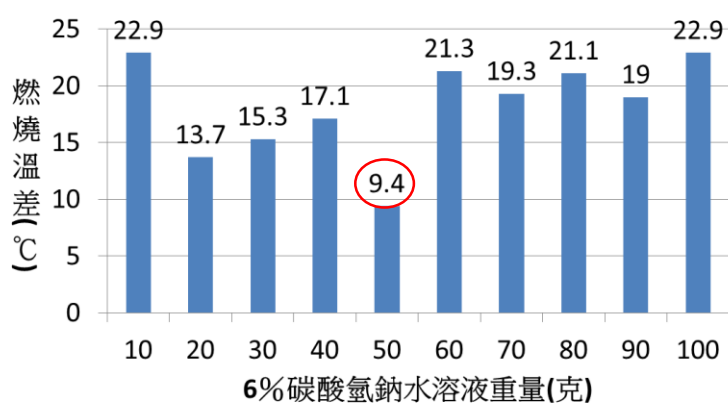
(1) 升溫趨緩轉折點



討論：

觀察燃燒溫上升至開始降溫的轉折點，加入6%碳酸氫鈉水溶液分別為10、20及100克時，最早出現加熱溫度下降的轉折點，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

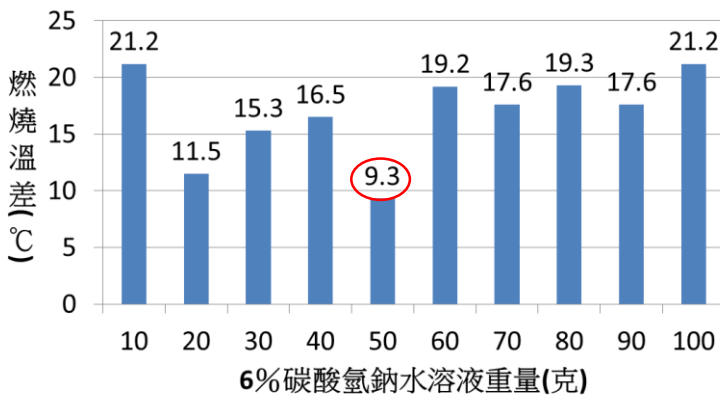
(2) 最高燃燒溫差



討論：

觀察加入不同重量的6%碳酸氫鈉水溶液，經由數據計算後比較燃燒過程中不同時間點的最高燃燒溫差，發現加入6%碳酸氫鈉水溶液為50克時，最高燃燒溫差最低，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

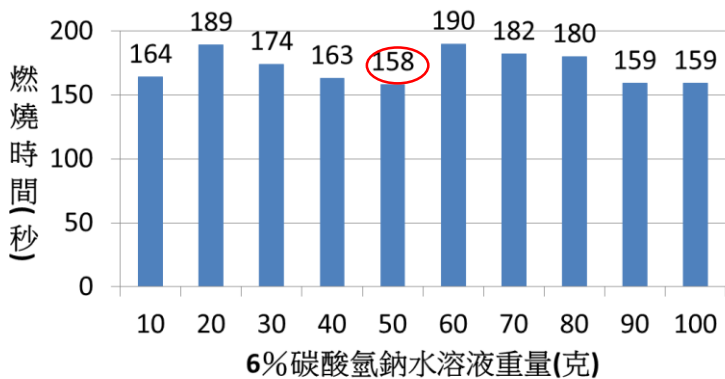
(3)最低燃燒溫差



討論：

觀察加入不同重量的6%碳酸氫鈉水溶液，直到燃燒結束。經由數據計算後比較燃燒結束時的最終燃燒溫差，發現加入6%碳酸氫鈉水溶液為50克時，最終(低)燃燒溫差最小，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

(4)可燃燒時間



討論：

觀察加入不同重量的6%碳酸氫鈉水溶液，直到燃燒結束，紀錄可燃燒時間，發現加入6%碳酸氫鈉水溶液為50克時，可燃燒時間158秒最短，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

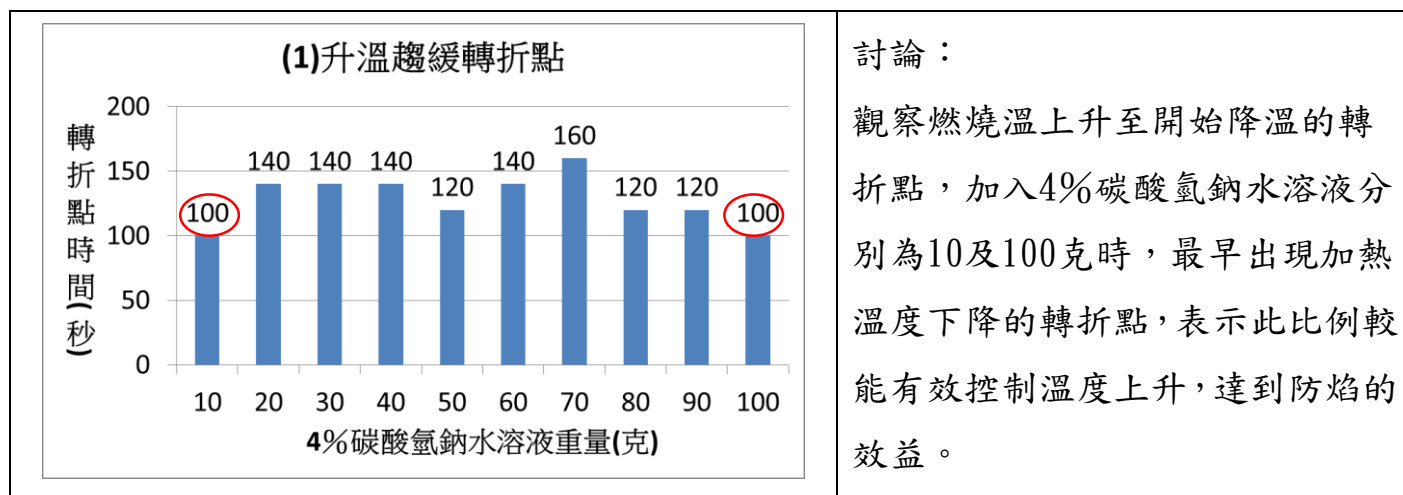
2. 由上述實驗數據分析，不同重量6%碳酸氫鈉水溶液，與矽酸鈉20克混合，最佳混和重量比為矽酸鈉20克與50克6%碳酸氫鈉水溶液混和，隔熱、耐火及減少可燃燒時間的效果較佳。

【實驗四-3】比較4%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，於酒精中的燃燒溫差梯度。

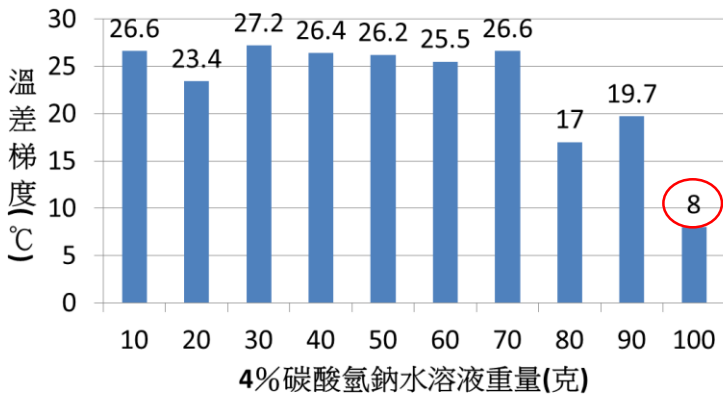
1. 加入不同重量4%碳酸氫鈉水溶液，與矽酸鈉20克混合形成凝膠，取5克凝膠加入酒精燃燒，經由實驗數據比較以下項目：

4%碳酸氫鈉水溶液重量 (克)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
--------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

比較項目										
(1) 升溫趨緩的轉折點(秒)	26. 6	23. 4	27. 2	26. 4	26. 2	25. 5	26. 6	17	19. 7	8
(2) 最高燃燒溫差(°C)	26. 6	23. 4	27. 2	26. 4	26. 2	25. 5	26. 6	17	19. 7	8
(3) 最終燃燒溫差(°C)	24. 1	22	26. 9	21. 3	22. 6	24. 1	22. 8	15	18. 1	7.1
(4) 可燃燒時間(秒)	165	153	174	191	143	162	160	164	155	126



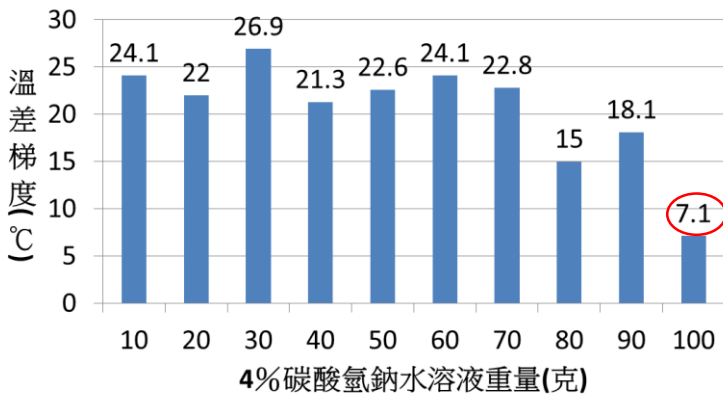
(2)最高燃燒溫差



討論：

觀察加入不同重量的4%碳酸氫鈉水溶液，經由數據計算後比較燃燒過程中不同時間點的最高溫差，發現加入4%碳酸氫鈉水溶液為100克時，最高溫差最低，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

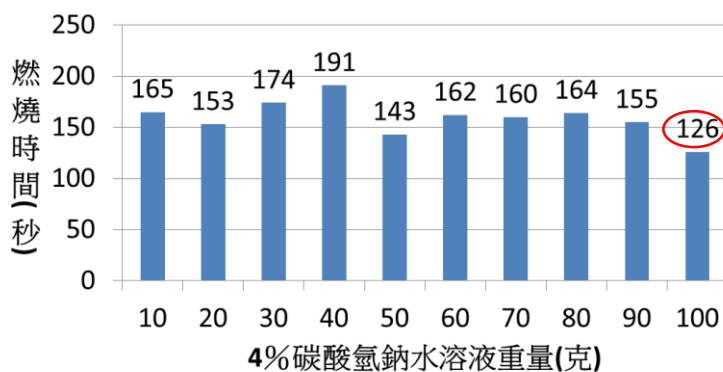
(3)最低燃燒溫差



討論：

觀察加入不同重量的4%碳酸氫鈉水溶液，直到燃燒結束。經由數據計算後比較燃燒結束時的最低溫差，發現加入4%碳酸氫鈉水溶液為100克時，最終(低)溫差最小，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

(4)可燃燒時間



討論：

觀察加入不同重量的4%碳酸氫鈉水溶液，直到燃燒結束，紀錄可燃燒時間，發現加入4%碳酸氫鈉水溶液為50克時，可燃燒時間126秒最短，表示此比例較能有效控制溫度上升，達到防焰的效益。

2. 由上述實驗數據分析，不同重量4%碳酸氫鈉水溶液，與矽酸鈉20克混合，最佳混和重量比為矽酸鈉20克與100克4%碳酸氫鈉水溶液混和，隔熱、耐火及減少可燃燒時

間的效果較佳。

肆、結論

一、酒精燃燒時加入含水的矽酸鈉可以降低燃燒溫差，達到隔熱、耐火及減少可燃燒時間的效益。

二、酒精燃燒時加入含水量不同的矽酸鈉，其中以5:5的比例混和可以降低燃燒溫差最明顯達到隔熱、耐火及減少可燃燒時間的效益。

三、液態防焰物質投入火場時，可以加入載體增加操作的的安全性及方便性。比較不同載體燃燒溫度的影響，結論如下：

1. 10%碳酸氫鈉水溶液分別以棉花及糯米紙為載體，實驗數據顯示以棉花為載體加熱前後溫差較小，但是棉花及糯米紙皆會延長燃燒時間，並非較佳的選擇。

2. 碳酸氫鈉粉末加入矽酸鈉中，混和成固態團狀，可以做為矽酸鈉載體。碳酸氫鈉1克加入5克矽酸鈉的比例，可以形成較完整團狀，加入碳酸氫鈉比例越高，混和物狀態越乾燥且易分散成較小顆粒且顆粒硬度越高，但是最高燃燒溫差及最終燃燒溫差都高於10%碳酸氫鈉水溶液加入棉花或糯米紙為載體。

3. 利用碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和形成固態凝膠的結果，可以做為矽酸鈉的載體，而且有效降低最高燃燒溫差及最終燃燒溫差，達到操作安全又有效降低燃燒溫差的效益。

四、比較矽酸鈉與其他物質以不同比例混和後於酒精中燃燒，燃燒溫差效應：

1. 含水比例不同的矽酸鈉加入酒精中燃燒的燃燒溫差梯度，以含水重量比例5:5的矽酸鈉為較佳的混和比例。

2. 含碳酸氫鈉重量比例不同的矽酸鈉於酒精中燃燒的燃燒溫差梯度，矽酸鈉與碳酸氫鈉重量為5：4時為較佳的混和比例。

3. 比較含碳酸氫鈉水溶液比例不同的矽酸鈉於酒精中的燃燒溫差梯度，。

(1) 8%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，矽酸鈉與 8%碳酸氫鈉水溶液重量為 2:5時為較佳的混和比例。

(2) 6%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，矽酸鈉與6%碳酸氫鈉水溶液重量為 2:5時為較佳的混和比例。

(3) 4%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，矽酸鈉與 4%碳酸氫鈉水溶液重量為 1:5時為較佳的混和比例，是本獨立研究最佳的溫差效應。

(4) 2%的碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉混和，20克矽酸鈉與100克4%碳酸氫鈉水溶液

混和，仍然無法形成凝膠，因此無法比較4%碳酸氫鈉水溶液與矽酸鈉重量比例不同，於酒精中的燃燒溫差梯度。

五、我們提出的新型滅火器概念如下：

項次	物質及混合方式	操作方式
1	矽酸鈉水合物與水(5：5)混合	製成滅火水袋，或保存於噴霧器中，達到滅火效果。
2	矽酸鈉水合物與碳酸氫鈉粉末混合	製成滅火球(團狀)，可丟到較遠處達到滅火效果，也可以放在房屋裝潢夾層，作為耐火材質。
3	矽酸鈉與4%碳酸氫鈉水溶液以1：5混合	製成凝膠狀滅火球，可以包覆在燃燒物質表面，達到滅火效果。
優點	無毒、成本低、製作方便、方便保存及使用、更環保	

伍、參考文獻

壹、中文部分：

【一本書】

國民中學 自然與生活科技第五冊 南一出版社

貳、英文部分：

無

參、網路資源：

一、中文部分：

【摘要及資料庫資料】火場溫度

<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20090210000010KK04923>

【摘要及資料庫資料】火災

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%81%AB%E7%81%BD>

【摘要及資料庫資料】維基百科 矽酸鈉

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%85%E9%85%B8%E9%88%89>

【摘要及資料庫資料】維基百科 水

<https://zh.wikipedia.org/wiki/Category:%E6%B0%B4>

【摘要及資料庫資料】維基百科 碳酸氫鈉

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E6%B0%A2%E9%92%A0>