

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會
作品說明書（封面）

科 別：化學組

組 別：國中組

作品名稱：燃燒吧！互醇膏！

關鍵詞：酒精膏、凝聚作用

編號：

摘要

本實驗主要目的為探討製作如何酒精膏，並想製作出最符合效益的酒精膏。首先比較醋酸鈣與乙醇混合的比例，再將乙醇置換成其他醇類，接著再混合其它醇類，例如：甲醇加乙醇混合醋酸鈣、丙醇加甲醇混合醋酸鈣……等，最後再將醋酸鈣換成硫酸銅與硫酸鎂。實驗結果可以發現最佳比例是 0.6 克醋酸鈣加純水混合 10 毫升乙醇；重量最重、燃燒時間最久、釋放熱量最多的是丙醇製的酒精膏；醋酸鈣水溶液倒乙醇加丙醇釋放熱量最多。

壹、研究動機

翻閱報導，常看到做實驗時，不慎打翻酒精燈，造成酒精從瓶口溢出、火苗蔓延，且波及到人身安全的事件，這時，我們想起吃辦桌使用的酒精膏塊，若不小心打翻，因酒精膏為固體使得火勢較不會蔓延，相較於酒精燈安全。

也因酒精膏搬運方便、燃燒時對環境的汙染較少，我們著手開始研究、探討如何才能製作出具有最佳效益的酒精膏塊。

貳、研究目的

- 一、探討不同克數的醋酸鈣及混合方式對乙醇的凝聚作用、固化後的燃燒時間和釋放熱量。
- 二、探討不同醇類對醋酸鈣的凝聚作用、固化後的燃燒時間及釋放熱量。
- 三、探討不同醇類互相混合後對醋酸鈣造成的凝聚作用、固化後的燃燒時間和釋放的熱量。
- 四、探討不同電解質對乙醇的凝聚作用、固化後的燃燒時間及釋放熱量。

參、研究設備及器材

- 一、器材：三腳架、陶瓷纖維網、50mL 及 250ml 燒杯、水、蒸發皿、刮勺、秤量紙、玻棒、電子秤、打火機、10ml 及 100ml 量筒、溫度計。
- 二、藥品：甲醇、乙醇、丙醇、醋酸鈣、硫酸銅、硫酸鎂。

肆、研究過程與方法

壹、第一部分。(探討不同克數的醋酸鈣及混合方式對乙醇的凝聚作用、燃燒時間和釋放熱量。)

- (一)分別秤 0.8、0.7、0.6 及 0.5 克醋酸鈣，測量 2 毫升純水及 10 毫升乙醇。
- (二)分別將醋酸鈣各自溶入 2 毫升純水中，配成醋酸鈣水溶液。
- (三)將 10 毫升乙醇分別倒入不同濃度的醋酸鈣水溶液，並記錄其燃燒時間、重量、釋放熱量與剩餘克數。
- (四)秤 0.6 克醋酸鈣加 2 毫升水，配成醋酸鈣水溶液，再分別以不同方式（乙醇倒醋酸鈣水溶液、乙醇快速倒入醋酸鈣水溶液、乙醇沿杯壁倒入醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒乙醇、醋酸鈣水溶液快速倒入乙醇與醋酸鈣水溶液沿杯壁倒入乙醇）加入 10 毫升乙醇。
- (五)將做好的酒精膏秤重、燃燒，紀錄其外觀、燃燒時間與燃燒後剩餘產物的重量，最後運用熱量公式 $H=MS\Delta T$ 計算出酒精膏燃燒時放出的熱量。

貳、第二部分。(探討不同醇類對醋酸鈣的凝聚作用、燃燒時間及釋放熱量。)

- (一)分別計算甲醇、乙醇、丙醇 0.1mole 的重量。
- (二)依照第一部分實驗所取得的結果與上一步驟的結果按照「醋酸鈣：水：醇類 = 7：20：80」等比放大縮小。
- (三)將上述過程所得藥品按照不同方式混合。
- (四)將做好的酒精膏秤重、燃燒，紀錄其外觀、燃燒時間與燃燒後剩餘產物的重量，最後運用熱量公式 $H=MS\Delta T$ 計算出酒精膏燃燒時放出的熱量。

參、第三部分。(探討不同醇類互相混合後對醋酸鈣造成的凝聚作用、固化後的燃燒時間和釋放的熱量。)

- (一)將上部分所計算出的各醇類 0.1mole 相加（甲醇加乙醇、乙醇加丙醇、甲醇加丙醇）。
- (二)由上一步驟得出的數據配置藥品，按照所需的順序、方式混合。
- (三)將做好的酒精膏秤重、燃燒，紀錄其外觀、燃燒時間與燃燒後剩餘產物的重量。再運用熱量公式 $H=MS\Delta T$ 計算出酒精膏燃燒時放出的熱量。

肆、第四部分。(探討不同電解質對乙醇的凝聚作用、固化後的燃燒時間及釋放熱量。)

- (一)依結果分別計算硫酸銅、硫酸鎂和 0.01mole 的重量。
- (二)依照第一部分實驗所取得的結果與上一步驟的結果按照「所測得藥品：水：醇類 = 7：20：80」等比放大縮小。
- (三)由上一步驟得出的數據配置藥品，按照所需的順序、方式混合。
- (四)將做好的酒精膏秤重、燃燒，紀錄其外觀、燃燒時間與燃燒後剩餘產物的重量。再運用熱量公式 $H=MS\Delta T$ 計算出酒精膏燃燒時放出的熱量。

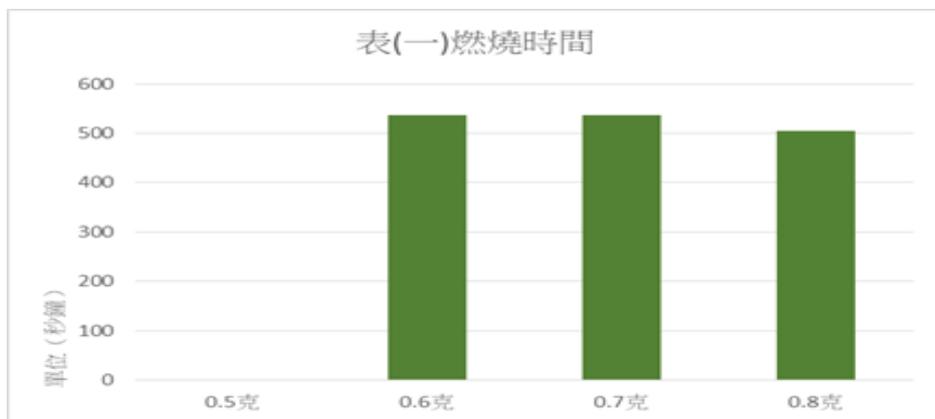
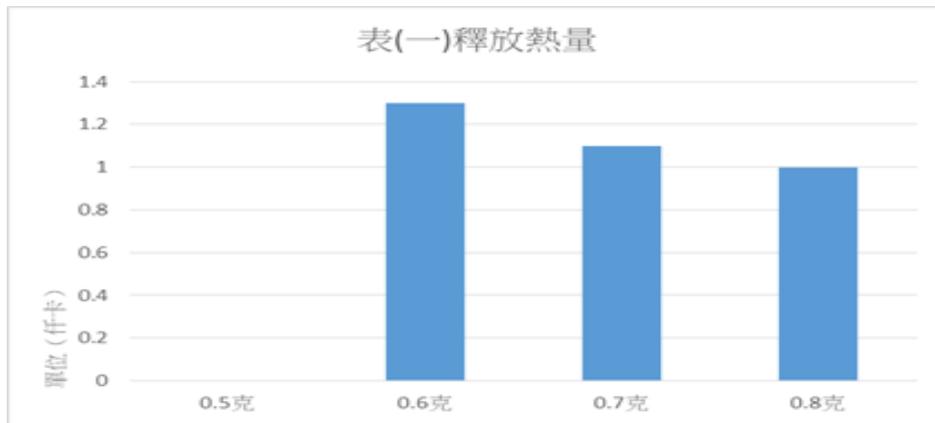
伍、研究結果

壹、第一部分。(探討不同克數及混合方式對乙醇的凝聚作用、燃燒時間和釋放熱量。)

- 操縱變因為醋酸鈣之克數。
- 控制變因為水(2毫升)、乙醇(10毫升)。

醋酸鈣克數	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
0.8g	完整	8.37g	8分56秒	0.18g	1000卡 (22~42°C)
0.7	完整	8.54g	8分57秒	0.14g	1100卡 (22~44°C)
0.6g	完整	9.38g	8分25秒	0.37g	1300卡 (22~48°C)
0.5g	無法成形 (液狀)				

▲表(一)為不同克數醋酸鈣對乙醇凝聚作用的結果

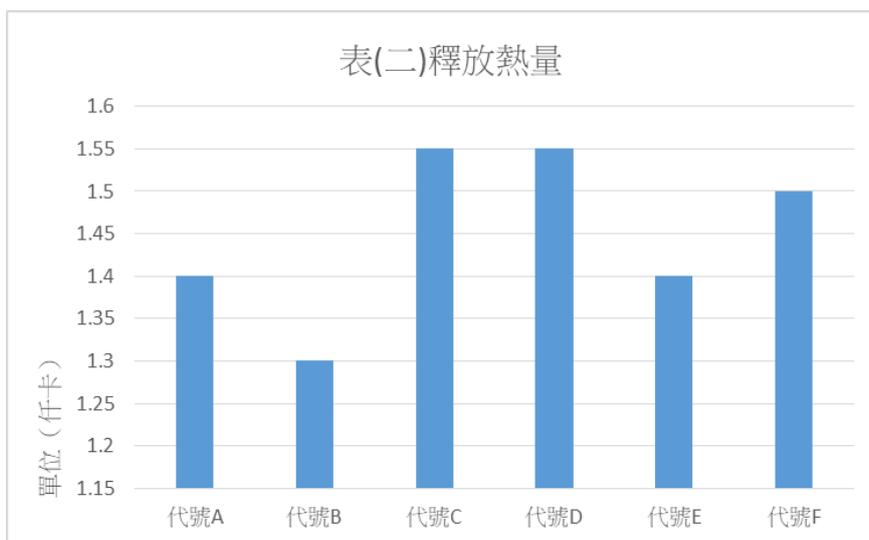


藉由表(一)我們可以得知：0.7 克醋酸鈣生成的酒精膏可燃燒最久，而 0.6 克醋酸鈣生成的酒精膏放熱量最大，由於我們主要想探討的是釋放熱量，因此我們使用 0.6 克醋酸鈣接著進行實驗。

- 操縱變因為混合方式（乙醇倒醋酸鈣水溶液、乙醇快速倒入醋酸鈣水溶液、乙醇沿杯壁倒入醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒乙醇、醋酸鈣水溶液快速倒入乙醇與醋酸鈣水溶液沿杯壁倒入乙醇）。
- 控制變因為醋酸鈣（0.6 克）、純水（2 毫升）、乙醇（10 毫升）。

代號	方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
代號 A	10 毫升乙醇倒 0.6 克醋酸鈣水溶液	完整、很硬 (如圖(一))	9.28g	8 分 19 秒	0.5g	1400 卡 (21~49°C)
代號 B	10 毫升乙醇倒 0.6 克醋酸鈣水溶液 (快)	完整、硬	9.01g	9 分	0.36g	1300 卡 (23~49°C)
代號 C	10 毫升乙醇倒 0.6 克醋酸鈣水溶液 (慢)	完整、硬	8.96g	7 分 35 秒	0.42g	1550 卡 (21~52°C)
代號 D	0.6 克醋酸鈣水溶液倒 10 毫升乙醇	完整、很硬 (如圖(二))	9.39g	8 分 28 秒	0.36g	1550 卡 (21~52°C)
代號 E	10 毫升乙醇倒 0.6 克醋酸鈣水溶液 (快)	完整、硬	9.34g	8 分 34 秒	0.44g	1400 卡 (23~51 度)
代號 F	0.6 克醋酸鈣水溶液倒 10 毫升乙醇 (慢)	完整、硬	9.17g	7 分 03 秒	0.37g	1500 卡 (21~51°C)

▲表(二)為不同方式製作酒精膏的實驗結果





▲圖(一)為代號 A



▲圖(一)燃燒後的樣子



▲圖(二)為代號 D



▲圖(二)燃燒後的樣子

實驗總結（第一部分）：

由表(一)我們可以發現，過多的醋酸鈣對酒精膏的生成並不好，過少的醋酸鈣會導致無法生成；表(二)可以發現，混合方式會影響酒精膏生成量、燃燒時間和釋放熱量，可這三者間並沒有絕對關係。

從數據來看，0.7 克的醋酸鈣製成得酒精膏可燒最久，而 0.6 克生成的放熱最大；代號 D 最重，代號 B 燃燒最久，而代號 C 和 D 釋放熱量最多。

貳、 第二部分。(探討不同醇類對醋酸鈣的凝聚作用、燃燒時間及釋放熱量。)

<ul style="list-style-type: none"> ● 操縱變因為混合方式（甲醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒甲醇、甲醇快速倒入醋酸鈣水溶液、甲醇沿杯壁倒入醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液快速倒入甲醇與醋酸鈣水溶液沿杯壁倒入甲醇）。 ● 控制變因為醋酸鈣（1.9 克）、純水（5 克）、甲醇（3.2 克）。 						
	方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
代號 A	3.2 克甲醇倒 0.36 克醋酸鈣水溶液	完整、薄、軟	3.55g	3 分 48 秒	0.17g	350 卡 (23~30°C)
代號 B	3.2 克甲醇倒 0.36 克醋酸鈣水溶液 (快)	軟、碎成兩半	3.98g	2 分 33 秒	0.27g	400 卡 (23~31°C)
代號 C	3.2 克甲醇倒 0.36 克醋酸鈣水溶液 (慢)	較 B 軟、碎	3.71g	2 分 22 秒	0.19g	500 卡 (23~33°C)
代號 D	0.36 克醋酸鈣水溶液倒 3.2 克甲醇	軟、碎、薄、有甲醇	3.48g	4 分 06 秒	0.13g	500 卡 (23~33°C)
代號 E	0.36 克醋酸鈣水溶液倒 3.2 克甲醇 (快)	薄、軟、碎	3.59g	3 分 47 秒	0.23g	500 卡 (23~33°C)
代號 F	0.36 克醋酸鈣水溶液倒 3.2 克甲醇 (慢)	軟、糊 (如圖(三))	3.53g	3 分 30 秒	0.13g	450 卡 (23~32°C)
代號 G	3.2 克甲醇		3.2g	1 分 32 秒		600 卡 (23~35°C)

▲表(三)為 0.1mole 甲醇以不同方式製作酒精膏的結果。



▲圖(三)為代號 F

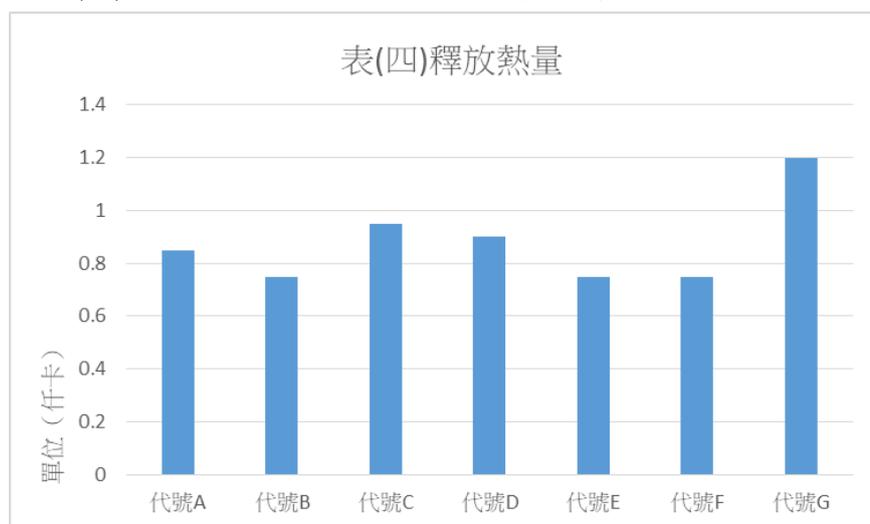


- 操縱變因為混合方式（乙醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒乙醇、乙醇快速倒入醋酸鈣水溶液、乙醇沿杯壁倒入醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液快速倒入乙醇與醋酸鈣水溶液沿杯壁倒入乙醇）。
- 控制變因為醋酸鈣（0.4 克）、純水（1 克）、甲醇（4.6 克）。

	方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
代號 A	4.6 克乙醇倒 1.4 克 醋酸鈣水溶液	軟、碎 (如圖(四))	5.01g	5 分 12 秒	0.27g	850 卡 (23~40°C)
代號 B	4.6 克乙醇倒 1.4 克 醋酸鈣水溶液 (快)	完整、硬	5.33g	5 分 44 秒	0.2g	750 卡 (23~38°C)

代號 C	4.6克乙醇倒1.4克 醋酸鈣水溶液 (慢)	不完整、軟、 碎、酒精膏很 小塊	5.35g	5分06秒	0.27g	950卡 (21~40°C)
代號 D	1.4克醋酸鈣水溶 液倒4.6克乙醇	完整、薄	5.22g	4分12秒	0.23g	900卡 (23~41°C)
代號 E	1.4克醋酸鈣水溶 液倒4.6克乙醇 (快)	一小塊、糊糊 的	4.06g	3分17秒	0.2g	750卡 (20~35°C)
代號 F	1.4克醋酸鈣水溶 液倒4.6克乙醇 (慢)	很小塊、不完 整	5.11g	4分50秒	0.17g	750卡 (23~38°C)
代號 G	4.6克乙醇		4.6g	2分18秒		1200卡 (21~45°C)

▲表(四)為 0.1mole 乙醇以不同方式製作酒精膏的結果。





▲圖(四) 代號 A

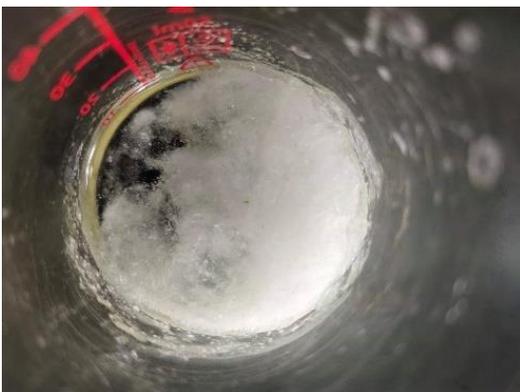
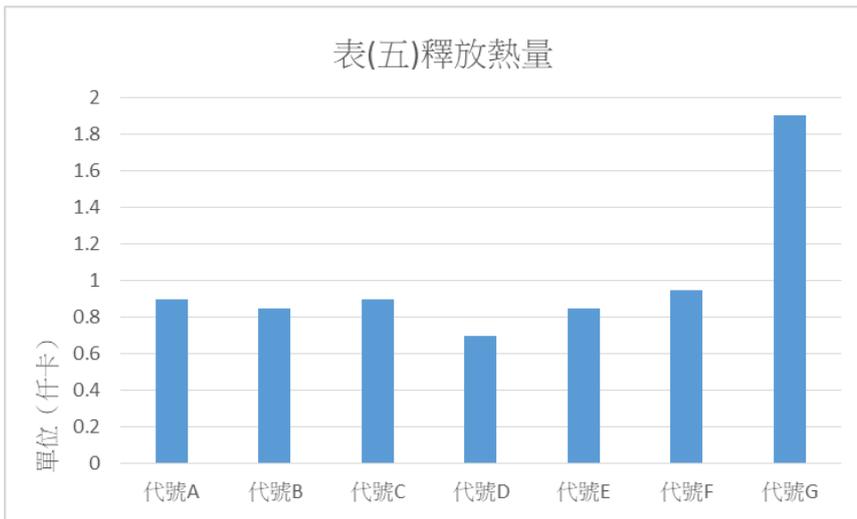


▲圖(四)燃燒後的結果

- 操縱變因為混合方式（丙醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒丙醇、丙醇快速倒入醋酸鈣水溶液、丙醇沿杯壁倒入醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液快速倒入丙醇與醋酸鈣水溶液沿杯壁倒入丙醇）。
- 控制變因為醋酸鈣（1.9 克）、純水（5 克）、丙醇（6 克）。

代號	方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
代號 A	6 克丙醇倒 6.9 克醋酸鈣水溶液	完整、硬	11.55g	10 分 14 秒	4.39g	900 卡 (23~41°C)
代號 B	6 克丙醇倒 6.9 克醋酸鈣水溶液 (快)	完整、硬	11.73g	13 分 03 秒	4.85g	850 卡 (25~42°C)
代號 C	6 克丙醇倒 6.9 克醋酸鈣水溶液 (慢)	完整、硬	11.9g	12 分 05 秒	4.02g	900 卡 (23~41°C)
代號 D	6.9 克醋酸鈣水溶液倒 6 克丙醇	完整、硬	11.29g	11 分 06 秒	4.57g	700 卡 (25~39°C)
代號 E	6.9 克醋酸鈣水溶液倒 6 克丙醇 (快)	完整、硬	11.29g	10 分 13 秒	4.03g	850 卡 (26~43°C)
代號 F	6.9 克醋酸鈣水溶液倒 6 克丙醇 (慢)	有酒精、硬、碎 (如圖(五))	11.06g	10 分 26 秒	2.03g	950 卡 (26~45°C)
代號 G	6 克丙醇		6g	3 分 20 秒		1900 卡 (25~63°C)

▲表(五)為 0.1mole 丙醇以不同方式製作酒精膏的結果。



▲圖(五)為代號 F



▲圖(五)燃燒後的結果



▲將燃燒後的圖(五)表層撥開

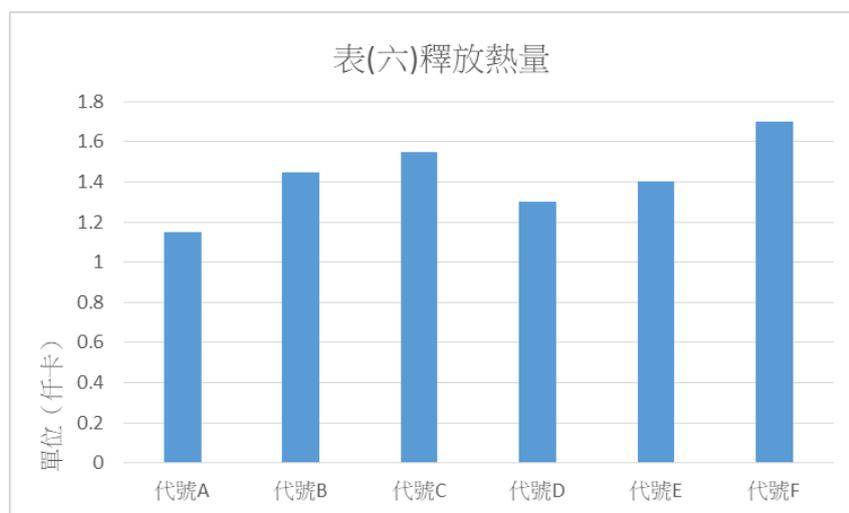
實驗總結 (第二部分):

由第二部分實驗我們發現，甲醇製作出的酒精膏相較於乙醇和丙醇不完整，丙醇做出的酒精膏最重、燃燒時間最久，甲醇放熱最少，而乙醇和丙醇放熱量差不多。

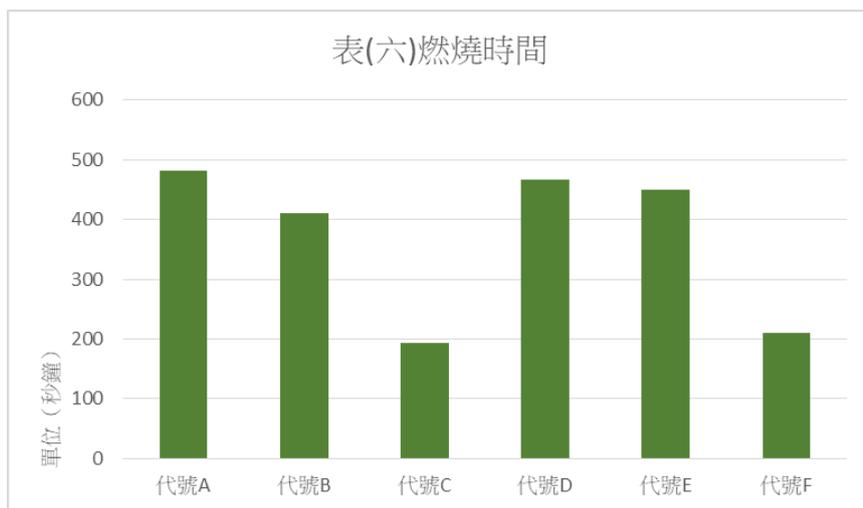
參、第三部分。(探討不同醇類互相混合後對醋酸鈣造成的凝聚作用、固化後的燃燒時間和釋放的熱量。)

<ul style="list-style-type: none"> ● 操縱變因為混合方式 (甲醇倒乙醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒甲醇倒乙醇、乙醇倒甲醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒乙醇倒甲醇)。 ● 控制變因為醋酸鈣 (2.18 克)、純水 (5.8 克)、甲醇 (3.2 克)、乙醇 (4.6 克)。 						
	方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
代號 A	3.2 克甲醇倒 4.6 克乙醇倒 醋酸鈣水溶液	完整、硬	9.51g	8分01秒	0.48 g	1150 卡 (28~51°C)
代號 B	醋酸鈣水溶液 倒 3.2 克甲醇 倒 4.6 克乙醇	完整、 有酒精	9.38 g	6分51秒	0.41 g	1450 卡 (29~58°C)
代號 C	甲醇倒乙醇		7.8g	3分14秒		1550 卡 (25~56°C)
代號 D	4.6 克乙醇倒 3.2 克甲醇倒 醋酸鈣水溶液	完整、硬	9.44 g	7分46秒	0.51 g	1300 卡 (29~55°C)
代號 E	醋酸鈣水溶液 倒 4.6 克乙醇 倒 3.2 克甲醇	硬、 有酒精	9.62 g	7分29秒	0.8 g	1400 卡 (29~57°C)
代號 F	乙醇倒甲醇		7.8g	3分31秒		1700 卡 (25~59°C)

▲表(六)為甲醇與乙醇以不同方式混合製作的結果。



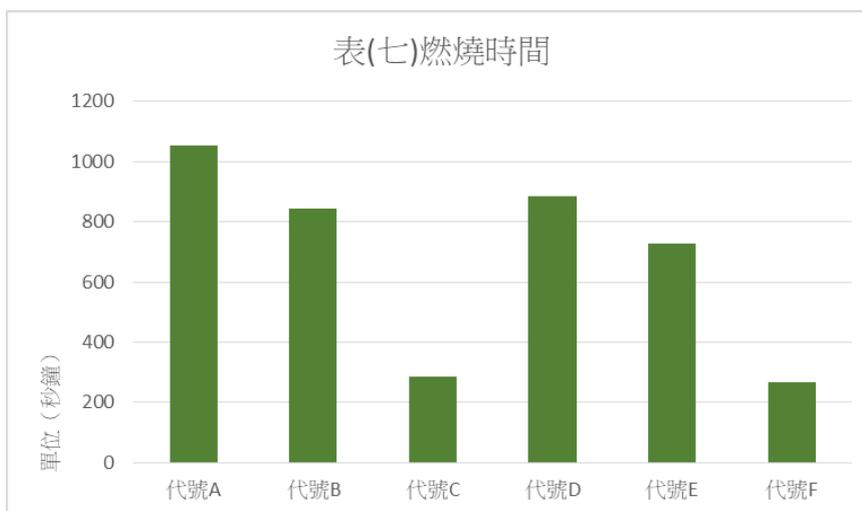
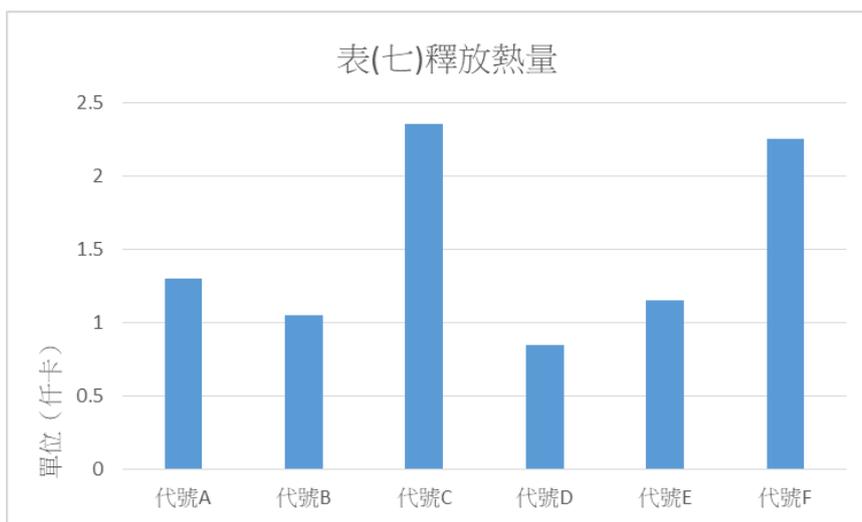
表(六)燃燒時間



- 操縱變因為混合方式（甲醇倒丙醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒甲醇倒丙醇、丙醇倒甲醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒丙醇倒甲醇）。
- 控制變因為醋酸鈣（2.18 克）、純水（5.8 克）、甲醇（3.2 克）、丙醇（6 克）。

代號	方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
代號 A	3.2 克甲醇倒 6 克丙醇倒醋酸 鈣水溶液	有酒精、 微硬、完 整	16.46g	17 分 33 秒	3.17 g	1300 卡 (29~55°C)
代號 B	醋酸鈣水溶液倒 3.2 克甲醇倒 6 克 丙醇	完整、 一點酒 精、硬	15.42 g	14 分 03 秒	3.38g	1050 卡 (25~46°C)
代號 C	甲醇倒丙醇		9.2g	4 分 47 秒		2350 卡 (25~72°C)
代號 D	6 克丙醇倒 3.2 克 甲醇倒醋酸鈣水 溶液	完整、硬	16.1 g	14 分 46 秒	3.43g	850 卡 (26~43°C)
代號 E	醋酸鈣水溶液倒 6 克丙醇倒 3.2 克 甲醇	硬、 有酒精	16.3g	12 分 09 秒	4.91g	1150 卡 (26~49°C)
代號 F	丙醇倒甲醇		9.2g	4 分 27 秒		2250 卡 (25~70°C)

▲表(七)甲醇與丙醇以不同方式混合製作的結果。

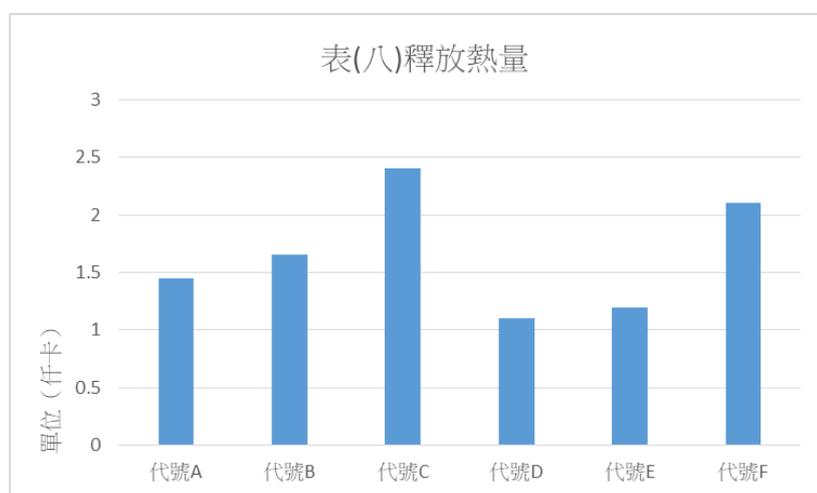


- 操縱變因為混合方式（乙醇倒丙醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒乙醇倒丙醇、丙醇倒乙醇倒醋酸鈣水溶液、醋酸鈣水溶液倒丙醇倒乙醇）。
- 控制變因為醋酸鈣（2.18 克）、純水（5.8 克）、乙醇（4.6 克）、丙醇（6 克）。

	方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
代號 A	4.6 克乙醇倒 6 克丙醇倒醋 酸鈣水溶液	有酒精、 軟、完整	17.1g	14 分 12 秒	4.05 g	1450 卡 (26~55°C)
代號 B	醋酸鈣水溶液 倒 4.6 克乙醇 倒 6 克丙醇	軟、完 整、稍鬆	17.5 g	14 分 02 秒	3.31g	1650 卡 (28~61°C)

代號 C	乙醇倒丙醇		10.6g	4 分 35 秒		2400 卡 (26~74°C)
代號 D	6 克丙醇倒 4.6 克乙醇倒醋酸鈣水溶液	完整、軟	17.38 g	13 分 21 秒	4.03g	1100 卡 (26~48°C)
代號 E	醋酸鈣水溶液倒 6 克丙醇倒 4.6 克乙醇	硬、完整	17.05g	16 分 07 秒	1.97g	1200 卡 (26~50°C)
代號 F	丙醇倒乙醇		10.6g	4 分 46 秒		2100 卡 (26~68°C)

▲表(八)為乙醇與丙醇以不同方式混合製作的結果。



實驗總結 (第三部分):

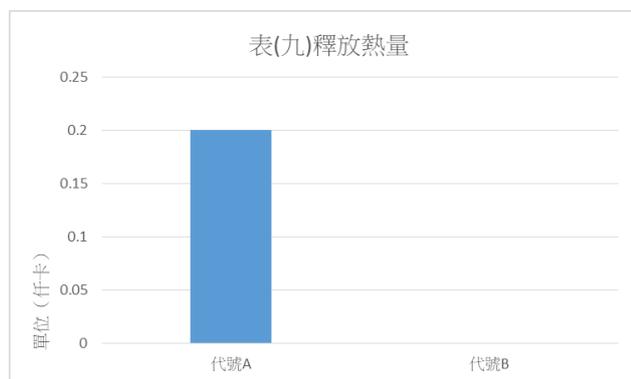
由以上實驗我們發現，表一中酒精膏最重的是代號 E，燃燒時間最久的是代號 A，放熱最多的是代號 B；表二中酒精膏最重、燃燒時間最久、放熱最多的皆是代號 A；表三中酒精膏最重、放熱最多的是代號 B，燃燒時間最久的是代號 E。比較表一、二和三後，平均燒時間最久、放熱最大的是丙醇製的酒精膏。

肆、第四部分。(探討不同 0.01mole 電解質對乙醇的凝聚作用、固化後的燃燒時間及釋放熱量。)

- 操縱變因為混合方式(乙醇倒入硫酸銅水溶液和硫酸銅水溶液倒入乙醇)。
- 控制變因為硫酸銅(1.6克)、純水(4.6克)、乙醇(18克)。

方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量 (加熱前後溫度)
乙醇倒入硫酸銅水溶液	薄、脆	3.44g	3分	1.75g	200卡 (25~29°C)
硫酸銅水溶液倒入乙醇	碎	2.8g	無法持續燃燒		

▲表(九)為硫酸銅水溶液製成酒精膏的結果。



▲圖(六)為乙醇倒入硫酸銅後的樣子 ▲圖(七)為硫酸銅水溶液製成的酒精膏

- 操縱變因為混合方式(乙醇倒入硫酸鎂水溶液和硫酸鎂水溶液倒入乙醇)。
- 控制變因為硫酸鎂(1.2克)、純水(3.4克)、乙醇(14克)。

方式	外觀	重量	燃燒時間	剩餘重量	釋放熱量
乙醇倒入硫酸鎂水溶液	小、碎、脆	1.88g	無法持續燃燒		
硫酸鎂水溶液倒入乙醇	小、碎	0.64g	無法持續燃燒		

▲表(十)為硫酸鎂水溶液製成酒精膏的結果。



▲圖（八）為硫酸鎂水溶液製成酒精膏的結果。

實驗總結（第四部分）：

只有能夠溶於水而不溶於酒精的藥品能更換醋酸鈣，硫酸鎂與硫酸銅共通的特點為製作出的酒精膏皆薄而易碎，硫酸銅可以放但凝結出的酒精膏重量比起醋酸鈣所製的還要少，放熱量亦同；硫酸鎂雖然能夠成型，可以燃燒但放熱量小於 50 卡。

陸、討論

第一部分實驗結果討論：

探討不同克數的實驗中，20°C 100 毫升的水可以溶解 34.7 克的醋酸鈣，換算成我們混合的比例為 2 毫升的水可以溶解 0.694 克的醋酸鈣，約等於 0.7 克。我們發現，0.8 和 0.7 克醋酸鈣製成的酒精膏，雖然燃燒時間差不多，但使 50 毫升的水能夠上升的溫度差 2°C，而 0.6 克醋酸鈣製成的酒精膏，雖然燃燒時間為三者中最短，釋放熱量卻是最大的。

由於醋酸鈣水溶液中的醋酸鈣會解離成醋酸根和鈣離子，當鈣離子倒入乙醇時會產生氫鍵，而乙醇的化學式（ C_2H_5OH ）中，含有氧原子與氫原子，其中氧原子偏負，氫離子偏正，導致正接正、負接負，彼此具有強於靜電引力的吸引力，形成一塊塊狀物，其塊狀物就是酒精膏。

就 0.8 和 0.7 克醋酸鈣加 2 毫升水，混合而成的過飽和醋酸鈣水溶液而言，當乙醇倒入時，由於鈣離子過多，導致鈣離子間需要彼此搶奪乙醇分子，造成每個鈣離子所能吸引的乙醇分子小於 0.6 克醋酸鈣水溶液中，每顆鈣離子能吸引的乙醇分子的數量，不夠過少的醋酸鈣製成酒精膏，會因為鈣離子過少，無法產生氫鍵，沒有吸引力，而無法成形。

由第一部分探討到混合醋酸鈣與酒精的方式，在實驗結果中我們發現，醋酸鈣倒入乙醇（代號 A），不管是重量、燃燒時間還是釋放熱量都優於乙醇倒入醋酸鈣（代號 D）。若進而討論混合時的速度，我們發現緩慢沿著杯壁倒入會優於快速混合。

原因在於，醋酸鈣水溶液倒入乙醇時，由於杯中乙醇充足，當鈣離子進入杯中時，最初進入的鈣離子先吸引中間的乙醇分子，當最初的鈣離子產氫鍵，變成塊狀後，接著進入的鈣離子便會向其它仍含有乙醇分子的地方擴散開來，吸引杯中其餘未被吸引的乙醇分子。

而乙醇倒入醋酸鈣水溶液時，杯中只有少許的鈣離子，當大批乙醇分子進入時，鈣離子間彼此會搶奪乙醇分子，周圍及表面的鈣離子瞬間吸引許多乙醇分子，凝聚成固體，而中間的鈣離子由於被已凝聚的酒精膏包覆，無法發生反應，導致雖然酒精膏完整且硬，可中間卻聚集一群未被吸引的鈣離子，也因此當表面凝聚的酒精膏燒完後，雖仍能燃燒，卻沒有較佳的放熱量。

藉由上述原因，我們也可以解釋為何緩慢沿著杯壁倒入的結果，會比快速混合好，快速混合的原因與上述乙醇倒入醋酸鈣水溶液大致相同，由於過快的倒入，上層的鈣離子或杯中的鈣離子瞬間吸引一定的乙醇分子，形成固體酒精膏，導致中間的鈣離子被包覆其中。

第二部分實驗結果討論：

由第二部分實驗，我們可以發現，最完整且最重的是丙醇製的酒精膏，因為丙醇的分子量是三者中最大的，所以相較下，雖然同為 0.1mole 的醇類，可在重量上，丙醇在一開始就比其他三者重，所以作出的酒精膏也會是最重的。

比較甲、乙、丙三者的燃燒時間，我們可以發現，丙醇作出的酒精膏燃燒時間最久，這是因為丙醇含有的碳數是三者中最高的，當燃燒丙醇製的酒精膏時，表層的酒精膏先被燃燒，燃燒後的氧和氫變成氣體飄走，剩下碳，而碳會聚集於表面，導致氧氣進不去裡頭、無法燃燒，這也能說明為什麼燃燒丙醇製的酒精膏後，剩餘重量會接近原本重量的三分之一。

改而探討為何丙醇最為完整且堅固，我們認為是因為丙醇和醋酸鈣結合時，彼此皆為立體的分子結構剛好能契合；又因丙醇在三者之中碳數最多，則氫鍵越多，分子之間的吸引力越大造成如此現象。

第三部分實驗結果討論：

我們將混合好的醇類進行沸點測量，發現混合出的醇類皆比混合前的醇類沸點要來的低，我們可以推測出混合後分子之間的吸引力變得較小，對醋酸鈣來說分子間的距離變大對凝聚效果有加分，因為醋酸鈣與甲、乙、丙醇分子皆為立體，彼此會因混合而有不同堆疊方法。

就醋酸鈣這個分子而言，甲醇加乙醇時，會形成有規律的堆疊（碳找碳、氫氧根找氫氧根……），雖然彼此間的吸引力變小不如丙醇所來的完整，但也因其較為鬆軟的原因，能夠改善丙醇表面因碳數較多而內部無法燃燒的困擾。

由第二部分實驗我們發現，丙醇製作的酒精膏，不管是重量、燃燒時間還是平均釋放熱量皆是最好的，但甲醇加丙醇時可能會因為甲醇的加入改變其規律的堆疊，導致結果為所有中最差。

第四部分實驗結果討論：

我們藉由醋酸鈣易溶於水難溶於酒精的性質，我們從發現硫酸銅及硫酸鎂也具有同樣性質，因此而選擇此二項藥品替換醋酸鈣製作酒精膏。

但從實驗結果我們得知，使用醋酸鈣製作酒精膏不管是燃燒時間、釋放熱量或是重量皆優於替換後的藥品。而僅只有乙醇倒入硫酸銅水溶液能夠持續燃燒、釋放熱量，燃燒時為綠色火焰。但當混合方式為硫酸銅水溶液倒入乙醇時，製作出的酒精膏僅只能持續燃燒幾十秒

隨後便熄滅，重新添加些許酒精又能夠重新燃燒，不過十秒後亦然熄滅。

將醋酸鈣置換為硫酸鎂時，雖能夠凝結成膏狀，外觀與硫酸銅製作出的酒精膏相似，一樣薄而脆，將成品燃燒後約 40 秒後會變成液狀，把燃燒後液狀的物體放置於一旁後又能夠重新凝結為固體，我們重新點火燃燒後發現無法重新燃燒，在化為液體前的 40 秒鐘水溫並無任何變化亦即放熱不足 50 卡。因硫酸鎂本身在燃燒時就會分解，故而製作出酒精膏燃燒時也會變成液狀。

柒、結論

1. 0.5 公克的醋酸鈣與 2 毫升的水混合 10 毫升酒精無法凝結成酒精膏。
2. 0.6 克醋酸鈣與 2 毫升的水混合 10 毫升酒精的放熱時間雖然最短，但釋放熱量比起 0.8 和 0.7 克醋酸鈣更多。
3. 10 毫升乙醇倒 0.6 克醋酸鈣水溶液（快）燃燒時間最久，但放熱量卻為表(二)中放熱最少的。
4. 丙醇加上醋酸鈣所製作的酒精膏外觀最硬、較為堅固。
5. 醋酸鈣緩慢延杯壁倒入醇類，所得的酒精膏釋放出的熱量最多。
6. 使用醇類倒入醋酸鈣，此種方式製作的酒精膏燃燒時間普遍長於將混合順序顛倒的酒精膏。
7. 丙醇製作出的酒精膏難以點燃，但燃燒時間持續最久。
8. 重量最重、燃燒時間最久、釋放熱量最多的是丙醇製的酒精膏。
9. 乙醇倒入甲醇或丙醇，再倒入醋酸鈣水溶液中，作出的酒精膏，放熱量較甲醇或丙醇倒入乙醇，再倒入醋酸鈣水溶液中多，燃燒時間較短。
10. 醇類與丙醇混合後，可使燃燒時間增長。
11. 放熱最多的是醋酸鈣水溶液倒 4.6 克乙醇倒 6 克丙醇(表八中代號 B)，而燃燒時間最久的是 3.2 克甲醇倒 6 克丙醇，倒入醋酸鈣水溶液(表七中代號 A)。
12. 能替換醋酸鈣的藥品必須溶於水但不能與酒精互溶，例如我們使用硫酸銅與硫酸鎂。
13. 硫酸銅混合乙醇凝結出的酒精膏僅能燃燒約十幾秒，不能持續燃燒。作出的酒精膏為藍色，燃燒火焰為綠色。
14. 硫酸鎂混合乙醇及只硫酸銅混合乙醇凝結在燒杯底部且極薄、非常少，酒精膏容易破碎。

捌、參考資料及其他

1. NTCU 科學遊戲 Lab：製作酒精膏
<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-028.html>
2. 酒精固體燃料的製作與研究(第 39 屆全國科展化學科)
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=36&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=3&sid=4754>
3. 酒精膏的製作與研究
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/03/2017033110315703.pdf>

4. 醇類凝膠的安定與老化及其結晶情形(臺灣國際科展 2005 年化學科)
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6822&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2892>
5. 芳香酒精帶著走—探討促凝劑對酒精凝膠之影響(第 43 屆全國科展化學科)
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=890>
6. 翰林版國中自然與生活科技第 3 冊 5-3 溫度與熱
7. 翰林版國中自然與生活科技第 4 冊第 3-1 電解質
8. 翰林版國中自然與生活科技本第 4 冊第 5-2 有機化合物的種類