

中華民國第42屆中小學科學展覽會

∴∴ 作品說明書 ∴∴

高職組-環工

科 別：化工衛工及環工科

組 別：高職組

作品名稱：香灰的研究並找出幫助燃燒的物質

關 鍵 詞：發爐、分解溫度、過氧化物

編 號：091102

學校名稱：

國立嘉義高級工業職業學校

作者姓名：

蔡馥汝、王惠珊、郭皇志、張祺富

指導老師：

黃旭村、蔡榮政



香灰的研究並找出幫助燃燒的物質

摘要

- 一、廟宇的香爐“發爐”(台語)是連香帶灰的整爐燒起來，其原因可能是香灰本身就是能幫助燃燒的物質，使得飄入爐中的有機物或殘留得竹枝發火燃燒。
- 二、香灰中能幫助燃燒的物質是溶於水的部分，其殘渣並不能幫助燃燒。
- 三、香灰中能幫助燃燒的物質成分為碳酸鉀、硝酸鉀、過氧化物。
- 四、香灰幫助燃燒後的紙灰，也能幫助燃燒，其原因是碳酸鉀的分解溫度高，燃燒完後，也不改變它的組成。硝酸鉀雖然分解溫度低，但其生成物為亞硝酸鉀，而亞硝酸鉀也能幫助燃燒。
- 五、過氧化物多為強氧化劑、線香腳(有機物)與潮濕香灰中的過氧化物接觸，造成發火。
- 六、能幫助燃燒的化學藥品：

KNO_3 、 KNO_2 、 K_2CO_3 、 KClO_3 、 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、

$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{COOK})$ 、 KIO_3 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、 K_2S 、 KmnO_4 、

K_2SO_4 、 K_2SO_4 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$

七、能幫助燃燒的化合物且其灰燼也能幫助燃燒者：

K_2CO_3 、 $K_3Fe(CN)_6$ 、 K_2S 、 $K_4Fe(CN)_6$ 、 $K_2C_2O_4$ 、 K_2SO_3 、 KIO_3 、
 KNO_2 、 KNO_3

八、幫助燃燒的化合物但其灰燼不能幫助燃燒者：

$KMnO_4$ 、 $KClO_3$ 、 K_2SO_4

九、將香灰的濃縮物及其晶體做 X-ray 測試得知其可能含有之化合物如下：

K_2SbS_2 、 $KHSO_3$ 、 NH_4Br 、 $CoGeO_4$ 、 $K_2Ca(CO_3)_2$ 、 KNO_3 、
 $KNO_3 \cdot 5H_2O$ 、 $Ca_5Sb_5O_{17}$ 、 $NiMn_2O_4$ 、 $Sr_3Al_2TeO_9$ 、 $BaSnO_3$

香灰的研究並找出能幫助燃燒的物質

壹、研究動機

看到有關廟宇的香爐“發爐”〈台語〉的報導，是連香帶灰的整爐燒起來。覺得很奇怪，是不是香灰中有一些能幫助燃燒的成份？線香的材料都是植物，其中應含有鉀。在一年級普通化學(II)的第九章：原子結構與週期表，其中我們學到：鹼金族的電子組態最外圍都是 S^1 ，極易失去電子，故性質活潑。會不會與這個有關係呢？找老師研究去！！

貳、研究目的

探討香灰裡面幫助燃燒物質的成分，並進一步研究還有哪些與香灰的成分有關係的物質能幫助燃燒。

參、研究設備及器材

一、

錐形瓶、燒杯、漏斗、量筒、布式漏斗、抽氣幫浦、培養皿、蒸發皿、實心玻璃棒、定性方形濾紙、刮杓、烘箱、pH 值計、電子天秤、鉑線、鈷玻璃、硬腳香〈線香〉、X-ray 測試

二、

試藥部份：

HCl、FeSO₄、NaCo(NO₂)₆、(NH₄)₂SO₄、

α -萘胺、H₂SO₄、香灰

(表格空白處為找不到資料)

含鉀類：		
編號	名稱	化學式
1	明礬	K ₂ Al(SO ₄) ₄ · 2H ₂ O
2	硫酸氫鉀	KHSO ₄
3	亞硫酸氫鉀	KHSO ₃
4	酒石酸氫鉀	KHC ₄ H ₄ O ₆
5	溴化鉀	KBr
6	碳酸鉀	K ₂ CO ₃
7	氯酸鉀	KClO ₃
8	氯化鉀	KCl
9	檸檬酸鉀	K ₃ C ₆ H ₅ O ₇ · H ₂ O
10	鐵氰化鉀〈赤血鹽〉	K ₃ Fe(CN) ₆ · 3H ₂ O
11	亞鐵氰化鉀〈黃血鹽〉	K ₄ Fe(CN) ₆ · 3H ₂ O

編號	名稱	化學式
1 2	氫氧化鉀	KOH
1 3	碘酸鉀	KIO ₃
1 4	碘化鉀	KI
1 5	亞硝酸鉀	KNO ₂
1 6	草酸鉀	K ₂ C ₂ O ₄
1 7	高錳酸鉀	KMnO ₄
1 8	過硫酸鉀	K ₂ S ₂ O ₈
1 9	磷酸二氫鉀	KH ₂ PO ₄
2 0	磷酸氫二鉀	K ₂ HPO ₄
2 1	磷酸鉀	K ₃ PO ₄
2 2	焦銻酸氫鉀	K ₂ H ₂ Sb ₂ O ₇ · 4H ₂ O
2 3	酒石酸鉀鈉	KNaC ₄ H ₄ O ₆ · 4H ₂ O
2 4	硫酸鉀	K ₂ SO ₄
2 5	硫化鉀	K ₂ S
2 6	亞硫酸鉀	K ₂ SO ₃
2 7	酒石酸鉀	K ₂ C ₂ H ₄ O ₆
2 8	硫氰化鉀	KCNS
2 9	碳酸氫鉀	KHCO ₃
3 0	鄰苯二甲酸氫鉀	C ₆ H ₄ (COOH)(COOK)
3 1	醋酸鉀	CH ₃ COOK
3 2	鉑氯酸鉀	K ₂ PtCl ₆
3 3	硝酸鉀	KNO ₃
含硝酸根與亞硝酸根：		
編號	名稱	化學式
1	硝酸鈉	NaNO ₃
2	亞硝酸鈉	NaNO ₂
3	硝酸銻	Sr(NO ₃) ₂
4	硝酸鈣	Ca(NO ₃) ₂
5	硝酸鎂	Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O
6	硝酸鋁	Al(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O
7	硝酸鋅	Zn(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O
8	硝酸鉻	Cr(NO ₃) ₃
9	硝酸鐵	Fe(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O
1 0	硝酸鎳	Ni(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O
1 1	硝酸鉛	Pb(NO ₃) ₂
1 2	硝酸銅	Cu(NO ₃) ₂ · 3H ₂ O
1 3	硝酸汞	Hg(NO ₃) ₂ · 1/2H ₂ O
1 4	硝酸銀	AgNO ₃
1 5	次硝酸鉍	BiNO ₃ (OH) ₂ BiO ₂ COH
1 6	硝酸鉍	Bi(NO ₃) ₃ · 5H ₂ O
1 7	硝酸錳	Mn(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O
1 8	亞硝酸銨	NH ₄ NO ₂

編號	藥品名稱	分子量	熔點°C	沸點°C
1	$K_2Al(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$			
2	$KHSO_4$	136.17	200	
	比重 2.245，無色晶體，通常具有潮解性。沸點分解。可溶於水，與酸反應，分解於乙醇。			
3	$KHSO_3$	120.17	190	
	白色結晶粉末，有二氧化硫的氣味，熔點分解。可溶於水不溶於乙醇。			
4	$KHC_4H_4O_6$	188.18		
	18°C時比重 1.984，白色晶體，可溶於水，稍溶於乙醇，加熱分解。			
5	KBr	119.02	730	1435
	白色稍有潮解性之晶粒或粉末，有苦鹽味，有毒！15°C比重 2.68，可溶於水，稍溶於乙醇及乙醚。			
6	K_2CO_3	138.21	891	
	易潮解白色晶體，密度 2.428(16°C)，1000 度也不分解。易溶於水，不溶於乙醚及乙醇。水溶液成鹼性。			
7	$KClO_3$	122.56	368.4	400
	比重 2.337，無色無臭有光澤之晶體，味鹹，有毒！比重 2.337。分解放出氧。可溶於水、鹼類，稍溶於乙醇。			
8	KCl	74.56	772	1500
	無色或白色立方晶體或粉末，比重 1.987，可溶於水及鹼類，稍溶於乙醇，不溶於絕對乙醇。			
9	$K_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$	324.40	230	
	檸檬酸鉀，白色結晶粉末，有冷鹽味，比重 1.98，在 180°C 時失水，熔點分解，可溶於水與甘油，不溶於乙醇。			
1 0	$K_3Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	329.25		
	鐵氰化鉀又稱赤血鹽。25°C 比重 1.85，紅色單斜晶體，有毒！加熱時分解，可溶於水，稍溶於乙醇，在鹼性物質中算強氧化劑。與亞鐵鹽溶液生成滕氏藍沉澱。			
1 1	$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	422.39		
	亞鐵氰化鉀又稱黃血鹽。淺黃色單斜晶體，曝露在空氣中風化，17°C 比重 1.85，加熱至 70°C 時之去結晶水，形成白色粉末。在強烈灼燒時分解而放出氮，並生成氰化鉀與碳化鐵 FeC_3 ，與鐵鹽溶液生成普魯氏藍沉澱。可溶於水與丙酮，不溶於乙醇與乙醚。			
1 2	KOH	56.11	360.4	1320
	白色易潮解晶體，易吸收水分及二氧化碳。比重 2.044，易溶於水、乙醇及甘油，不溶於乙醚。			
1 3	KIO_3	214.02	560	
	比重 3.9，白色晶形粉末，無臭，熔點部分分解，溶於水、稀硫酸，不溶於乙醇。			
1 4	KI	266.02	686	1330
	白色晶體、粒狀或粉末，具苦鹽味，潮濕空氣中稍有潮解，露於空氣中易被氧化，析出碘而逐漸變黃，光與濕氣能加速其分解。比重 3.123。			

1 5	KNO_2	85.01	297	350
	比重 1.915，具潮解性白色或稍帶黃色之菱晶，沸點分解，可溶於水不溶於乙醇，受撞擊加熱與有機物接觸會引起著火與爆炸。			
1 6	$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$	184.23		
	透明無色晶體，比重 2.308，熔點加熱時分解。可溶於水。			
1 7	KMnO_4	158.03		200
	密度 2.703，暗紫色菱柱狀閃光晶體，加熱至約 200°C 分解，可溶於水、丙酮與甲醇，被乙醇分解。接觸有機物起火，且有爆炸之虞。			
1 8	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$	270.31		
	無色或白色晶體，有毒及強刺激性。比重 2.477，於 100°C 以下分解，放出氧，變為焦硫酸鉀。可溶於水，不溶於乙醇，強氧化劑。			
1 9	KH_2PO_4	136.14	96	
	無色晶體，呈酸性反應，比重 2.338，可溶於水，不溶於乙醇。			
2 0	K_2HPO_4	174.18		
	二鹼磷酸鉀，又稱磷酸氫二鉀，白色晶形粉末或晶體，具潮解性，可溶於水及乙醇，加熱即變焦磷酸鹽。			
2 1	K_3PO_4	212.29	1340	
	也稱三鹼磷酸鉀。白色顆粒或粉末，具潮解性，比重 2.564，可溶於水不溶於乙醇。			
2 2	$\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	507.88		
	白色顆粒或結晶粉末，可溶於熱水，為溶於冷水，不溶於乙醇。			
2 3	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	282.22	70~80	220
	無色透明晶體或白粉，有冷鹹味。熱空氣中輕微風化，比重 1.77，215°C 時失去水，220°C 開始分解，可溶於水不溶於乙醇。			
2 4	K_2SO_4	174.25	1072	1689
	無色或白色硬晶體或粉末，苦鹹味，密度 2.66，易溶於水、甘油，不溶於乙醇。			
2 5	K_2S	110.26	840	
	比重 1.805，白色立方晶體或熔塊，極易吸濕，於空氣中呈紅或黃紅色，極易溶於水、甘油及乙醇，不溶於乙醚。			
2 6	K_2SO_3	194.29	無資料	無資料
	白色晶體或粉末，於空氣中緩慢氧化成硫酸鹽，加熱分解，可溶於水，微溶於乙醇。			
2 7	$\text{K}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_6$	184.23	無資料	無資料
	比重 2.08，無色透明晶體，易溶於水。			
2 8	KCNS	97.18	173.2	500
	又稱氰硫化鉀，無色單斜晶體，易潮解，味鹹而涼，14°C 比重 1.886，熔融時顏色轉棕色、綠色、藍色，再冷卻變為白色，沸點分解。可溶於水、丙酮和乙醇，溶於水中溫度下降，水溶液為中性。			
2 9	KHCO_3	100.12	100 ~ 120	
	又名酸式碳酸鉀、重碳酸鉀，無色無臭透明體或白色粉末，稍成鹼性，鹽味，比重 2.17，熔點分解，可溶於水和碳酸鉀溶液，不溶於乙醇。			

3 0	$C_6H_4(COOH)(COOK)$	204.23		
	白色晶體性粉末，比重 1.636，於空氣中安定，可溶於水，略溶於乙醇。			
3 1	CH_3COOK			
3 2	$KH(IO_3)_2$			
3 3	K_2PtCl_6	486.00		250
	鉑氯酸鉀亦稱氯化鉑鉀。橘黃晶體或粉末，有毒！24°C 比重 3.499。不溶於乙醇，為溶於水。			
3 4	KNO_3	101.01	337	400
	無色或白色晶體或粉末，含有 13.18% 氮及 44% 鉀鹼。潮解性較硝酸鈉為低，有冷卻刺激鹽味，比重 2.1062，沸點分解，可溶於水，稍溶於乙醇。			

編號	藥品名稱	分子量	熔點°C	沸點°C
1	$NaNO_3$	84.99	306	380
	無色透明晶體或白色粉末，味鹹而微苦，易潮解，比重 2.261，380°C 以上分解，不同溫度得到不同的分解產物，537°C 爆炸分解，溶於水及甘油，略溶於乙醇。			
2	$NaNO_2$	69.00	271	
	略黃或白色晶體、粒狀、糊、或粉末，曝於空氣中則被氧化成硝酸鈉，比重 2.167，於紅熱分解。可溶於水，燒溶於乙醇、乙醚。			
3	$Sr(NO_3)_2$	211.65	570	
	白色晶體或粉末，有毒，在空氣中不潮解，比重 2.9986，連續加熱分解，依序放出氧、一氧化氮和二氧化氮，生成亞硝酸銦、氧化銦。可溶於水，微溶於乙醇及丙酮，不溶於硝酸與稀乙醇。			
4	$Ca(NO_3)_2$	236.14	42.80	132
	白色犯潮固體，比重 1.82，加熱到紅熱程度變為氧化鈣。可溶於水、乙醇。			
5	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	256.43	90	330
	白色潮解晶體，比重 1.464，可溶於水、乙醇。			
6	$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	375.13	73	150
	無色晶體，易潮解，沸點分解，可溶於冷水，乙醇、丙酮，分解於熱水。			
7	$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	297.48	36.4	
	無色晶體，14°C 比重 2.065，105~131°C 時失結晶水，易溶於水及乙醇。強氧化劑。			
8	$Cr(NO_3)_3$	238.03		60
	60°C 以上分解，強氧化劑，淡綠色易潮解固體，有毒			
9	$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	241.87	47.2	125
	125°C 以上分解，淡紫至灰白晶體，有毒及強氧化劑，比重 1.684。微溶於濃硝酸，可溶於乙醇、丙酮，易溶於水。			
1 0	$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	290.79	57	136.7
	綠色潮解晶體			

1 1	Pb(NO₃)₂	331.24	無資料	470
	無色晶體，有毒。比重 4.53，470°C 分解為一氧化鉛、二氧化氮和氧。可溶於水及乙醇，在水中易水解成鹼氏鹽沉澱，常在水中加硝酸以防水解。氧化劑。			
1 2	Cu(NO₃)₂ · 3H₂O	241.61	114.5	170
	藍色犯潮晶體，25°C 比重 23.2，可溶於水，乙醇。			
1 3	Hg(NO₃)₂ · ½H₂O	324.63	79	
	無色晶體或白色粉末，易潮解，劇毒。比重 4.3，易溶於水，並發生水解作用，生成氧化汞與硝酸。			
1 4	AgNO₃	169.89	218	
	無色無臭透明片菱晶，曝光或遇有機質則變灰或灰黑色，有腐蝕性，極毒。比重 4.328，沸點分解。			
1 5	4BiNO ₃ (OH) ₂ BiO ₂ COH			
1 6	Bi(NO₃)₃ · 5H₂O	485.07		75~80
	加水生成 4BiNO ₃ (OH) ₂ BiO ₂ COH			
1 7	Mn(NO₃)₂ · 4H₂O	256.06	25.8	129.4
	粉紅色晶體，易潮解，比重 1.82，易溶於水，乙醇。			
1 8	NH₄NO₂	64.05		
	吸濕性晶體，易溶於水。性極不穩定，遇熱水分解，故體會徐徐分解成水與氮氣。夏日室溫下自動快速分解。固體加熱即爆炸分解。			

肆、研究實驗過程與方法

一、(一) 香灰的比重及 (二) 水分含量之測定

<步驟>

(一)將香灰置入定溫烘箱中，烘乾一小時，取出香灰放置於 10 cc 量筒中，用力壓緊香灰測量其體積及重量。

(二)將香灰稱重後置入 100ml 的燒杯，靜置於定溫箱內，調節溫度至 125°C，烘乾 1 小時取出稱重，一直重複此動作直到重量不變。

<結果>

(一)體積 10mL 測得重量 7.3 g，比重 0.73。

(二)10.0020g 之香灰烘乾後秤重，為 9.8945g，水分含量為
 $(0.1075/10.0020) \times 100\% = 1.074875\%$

二、香灰酸鹼度的測定

<步驟>

將香灰放入燒杯中，加入適量的蒸餾水充分攪拌，靜置一小時使其成為飽和溶

液，用 pH 計測定溶液的 pH 值。

<結果>

pH 值 = 13.9

三、香灰是否能幫助燃燒的測試，並以清水作對照試驗

<步驟>

取一個小空瓶裡面放入香灰和蒸餾水攪拌，用棉花棒吸取此溶液寫字，等乾燥後點火燃燒。

<結果>

只有寫字部分可以燃燒，灰汁越濃，越容易燃燒，由此可知香灰確實可以幫助燃燒。而清水無法幫助燃燒。

四、香灰中溶於水的部分或不溶於水的殘渣才是幫入燃燒的因素試驗

<步驟>

(一)取 300 mL 的水並放入香灰攪拌，過濾保留溶液和殘渣，把溶解的灰液放在蒸發皿，微火蒸乾，在不完全乾燥狀態靜置得白色晶體。

(二)取少量晶體溶於水，塗在紙上風乾，試試這張紙能不能燃燒。

(三)殘渣移到燒杯內，加水，攪拌後靜置，使殘渣沉澱，以傾倒法倒掉上層液，如此反覆做二、三回，最後以濾紙過濾，如此可得不含水溶性灰的純殘渣。

(四)取適量殘渣加一些水，塗擦在紙上後風乾，試試這張紙能不能燃燒。

<結果>

(一)溶於水的部分能使紙很容易燃燒。

(二)用殘渣塗擦者，不能燃燒。

五、塗香灰析出晶體的紙燃燒後之紙灰是否還可幫助燃燒的試驗

<步驟>

收集塗香灰晶體的紙燃燒所得之紙灰，把收集的紙灰再次塗擦在紙上，再次點火，又收集其燃燒後的灰做第三次燃燒實驗。

<結果>

做了幾次後灰還是能在紙上燃燒。因此知道香灰所得的晶體經多次的燃燒也不改變它的組成。

六、利用鹽酸測試香灰水溶液反應情形

<步驟>

將鹽酸加入香灰水溶液，於水浴上加熱，觀察其反應。

<結果>

加鹽酸於香灰水溶液後，有氣泡產生，表示有 CO_3^{2-} 之存在。

七、測試鹽酸與香灰水溶液所產生的氣泡是否為 CO_2

<步驟>

將之產生的氣體導入石灰水中，觀察溶液變化。

<結果>

石灰水白色混濁現象明顯。

八、由香灰水溶液製造結晶再將結晶溶於水中做焰色試驗

<步驟>

將香灰加入蒸餾水中，充分攪拌，過濾，把濾液裝入蒸發皿中，慢慢加熱，待看到結晶出現時，馬上停止加熱，靜置一晝夜，得結晶。

將晶體溶於水，用鎳鉻絲做焰色試驗，透過鈷玻璃，觀察其顏色。

<結果>

香灰晶體水溶液的焰色試驗，為淡紫色火焰。

九、由香灰液製造晶體，再將晶體溶於水做 K⁺的確定實驗

<步驟>

(一)將溶液至於蒸發皿中，加入 10 滴 HNO₃，蒸發至快乾涸，並蒸至無氣體逸出。

(二)加入 8 滴 NaCo(NO₂)₆，令溶液靜置數分鐘，離心分離，若有黃色沉澱產生，表示 K⁺之存在。

<結果>

離心分離，有黃色沉澱產生，表 K⁺之存在。



十、由香灰水溶液製造晶體，再將晶體做紫色環試驗、棕色環試驗及 NO₂⁻之確認試驗

<步驟>

(一)紫色環試驗

取 1 滴試液於滴盤上，加入 2 滴 conc. H₂SO₄ 和 1 滴 α-萘胺，靜置 3 分鐘後，若有紫色環於試液周圍出現表示有 NO₃⁻ 存在。

(二)棕色環試驗

1、將燃燒後的紙灰加入水，充分攪拌，過濾，把濾液裝入蒸發皿中，慢慢加入 3 滴 1.5 M H₂SO₄ 和 1M (NH₄)₂SO₄ 移至蒸發皿緩緩加熱至糊狀，冷卻後，用 10 滴蒸餾水再溶解。

2、於滴盤中放入微量的 FeSO₄ 晶體，加入 1 滴試液和 1 滴 conc.H₂SO₄ 若有棕色環於晶體周圍出現，則表示有 NO₃⁻ 存在。

(三)NO₂⁻之確認試驗

加入等體積之尿素鹽酸溶液，若有氣泡冒出，表示有 NO₂⁻ 存在

<結果>

(一) 試液滴周圍出現紫色環表示 NO₃⁻ 存在。

(二) 於 FeSO₄ 晶體周圍出現棕色環，表示有 NO₂⁻ 或 NO₃⁻ 之存在。

(三) 有氣泡產生，表示有 NO₂⁻ 存在。



十一、利用鹽酸測試香灰燃燒後的紙灰水溶液反應情形

<步驟>

省略，如實驗六

<結果>

加鹽酸於香灰水溶液後，有氣泡產生，表示有 CO₃²⁻ 存在。

十二、由香灰燃燒後的紙灰水溶液做焰色試驗

<步驟>

省略，如實驗八

<結果>

用鎳鉻絲做焰色試驗，透過鈷玻璃，觀察為淡紫色。

十三、由香灰燃燒後的紙灰水溶液做紫色環試驗、棕色環試驗及 NO_2^- 之確認試驗

<步驟>

省略，如實驗十

<結果>

- (一) 試液滴周圍出現紫色環，表示 NO_3^- 存在。
- (二) 於 FeSO_4 晶體周圍出現棕色環，表示有 NO_3^- 或 NO_2^- 之存在。
- (三) 有氣泡產生，表示有 NO_2^- 存在。

十四、由香灰燃燒後的紙灰水溶液做 K^+ 離子的確定

<步驟>

省略，如實驗九

<結果>

離心分離，有黃色沉澱產生，表示有 K^+ 之存在

十五、找出硝酸鉀能幫助燃燒反應的 NO_3^- 或 K^+

<步驟>

配置 NaNO_3 ， NH_4NO_3 ， $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ， $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 的飽和溶液，塗滲在濾紙上，風乾，試試濾紙能不能燃燒。

<結果>

四種含 NO_3^- 的化合物均無法幫助燃燒。但不能確定所有含 NO_3^- 化合物均不能幫助燃燒。

十六、證明 K^+ 的化合物可以幫助燃燒，但不是所有的 K^+ 化合物都可以幫助燃燒

<步驟>

配置

$\text{K}_2\text{Al}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
KHSO_4	KH_2PO_4
KHSO_3	K_2HPO_4
$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	K_3PO_4
KBr	$\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
K_2CO_3	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
KClO_3	K_2SO_4
KCl	K_2S
$\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	K_2SO_3
$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_6$
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	KCNS
KOH	KHCO_3
KIO_3	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{COOK})$
KI	CH_3COOK

KNO_2	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$\text{KH}(\text{IO}_3)_2$
KMnO_4	K_2PtCl_6

為飽和溶液，塗擦在濾紙上風乾，試試濾紙能不能燃燒。

<結果>

(一) 不燃燒：

$\text{K}_2\text{Al}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 KH_2PO_4 、 KBr 、 KHSO_3 、 $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 、 K_2HPO_4 、 K_2CO_3 、 KHCO_3 、 KCl 、 KHPO_4 、 $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ 、 KHSO_4 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_6$ 、 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、 $\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 KI

(二) 塗抹範圍小部分燃燒：

$\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 K_2PtCl_6 、 $\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$

(三) 塗抹範圍完全燃燒(旺盛)：

KNO_2 、 K_2S 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 K_2SO_4 、 KClO_3 、 KIO_3 、 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 K_2SO_3 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 KMnO_4 、 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{COOK})$ 、 KNO_3

(四) 如用打火機點燃，則 K_2CO_3 可視為完全燃燒。

十七、塗上鉀化合物燃燒後的紙灰，是否還可幫助燃燒的測試

<步驟>

收集塗鉀化合物的紙燃燒所成的紙灰，把紙灰再次塗在紙上，再次點火，又收集其燃燒後的灰做第三次燃燒實驗。(不包括第一次燃燒無灰燼者)

<結果>

塗抹範圍不燃燒：

KMnO_4 、 K_2SO_4

塗抹範圍部分燃燒：

$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ → 似圓形，其邊緣為鋸齒狀

KIO_3 → 為不對稱的奇特形狀、 KClO_3

塗抹範圍完全燃燒者：

K_2S 、 K_2SO_3 、 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、

$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 KNO_3

十八、利用鹽酸測試 K_2CO_3 燃燒過的紙灰水溶液反應情形

<步驟>

省略，如實驗六

<結果>

加鹽酸於紙灰水溶液後，有氣泡產生，表示有 CO_3^{2-} 存在

十九、由塗 K_2CO_3 燃燒後的紙灰水溶液做焰色試驗

<步驟>

省略，如實驗八

<結果>

用鎳鉻絲做焰色試驗，透過鈷玻璃，觀察為淡紫色

二十、由塗 K_2CO_3 燃燒後的紙灰水溶液做 K^+ 的確定

<步驟>

省略，如實驗九

<結果>

離心分離有黃色沉澱物，表示有 K^+ 存在



二十一、塗 KNO_3 燃燒後的紙灰水溶液做焰色試驗

<步驟>

省略，如實驗八

<結果>

用鎳鉻絲做焰色試驗，透過鈷玻璃觀察為淡紫色

二十二、由塗 KNO_3 燃燒後的紙灰水溶液做紫色環、棕色環試驗及 NO_2^- 之確認試驗

<步驟>

省略，如實驗十

<結果>

- (一) 試液滴周圍出現紫色環，表示 NO_3^- 存在。
- (二) 於 $FeSO_4$ 晶體周圍出現棕色環，表示有 NO_3^- 或 NO_2^- 之存在。
- (三) 有氣泡產生，表示有 NO_2^- 存在。

二十三、由塗 KNO_3 燃燒後的紙灰水溶液做 K^+ 的確定

<步驟>

省略，如實驗九

<結果>

離心分離有黃色沉澱物，表示有 K^+ 存在

二十四、香灰濾液中是否含有過氧化物試驗

<步驟>

- (一) 於香灰濾液中加入過量氯化亞鐵，加以攪拌。
- (二) 滴加 $KSCN$ 數滴，並隔水加熱使其反應完全。

<結果>

滴加 $KSCN$ 立即出現血紅色，表示其中必有過氧化物。



二十五、將香灰的濃縮物及其晶體送至中正大學化工研究所做 X-ray 測試

<結果>

(一) 香灰水溶液之濃縮物可能含有的化合物： K_2SbS_2 、 $KHSO_3$ 、 NH_4Br 、 Co_2GeO_4

File Name：910409-3.pkr

(二) 香灰可能含有之化合物：

$K_2Ca(CO_3)_2$ 、 KNO_3 、 $KNO_3 \cdot 5H_2O$ 、 K_3NO_3 、 $Ca_5Sb_5O_{17}$

File Name：910409-2.pkr

(三) 潮濕之晶體所可能含有之化合物：

$NiMn_2O_4$ 、 Ce 、 $NiTiFb$

File Name : 910419-1.pkr

(四)烘乾之晶體所可能含有之化合物：

$\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{TeO}_9$ 、 BaHg 、 BaNbO_2N 、 BaSnO_3 、 UH_3 、 $\text{CdNdTh}(\text{AsO}_4)_3$ 、 CaTiO_3 、 $\text{CdBi}_6\text{O}_{10}$ 、 $\text{K}_3\text{Sc}(\text{VO}_4)_2$ 、 BaPuO_3

File Name : 910409-4.pkr

(五)由 C 與 D，我們發現晶體的潮濕與否會使 X-ray 的圖譜偏移。

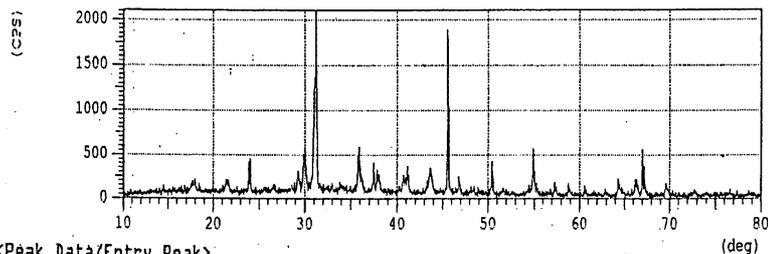
***** SEARCH / MATCH RESULT *****

<Unknown Data>

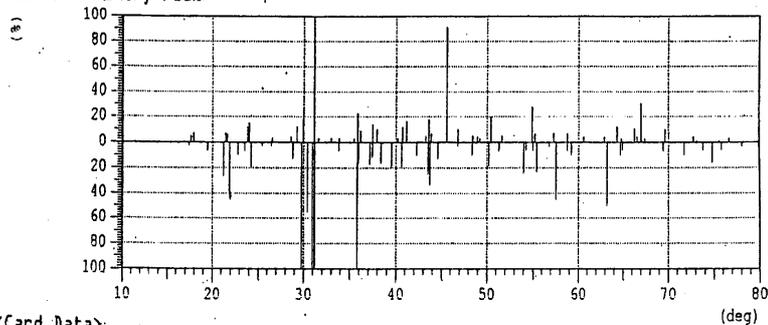
Group Name : 690425014
Data Name : 910409-3
File Name : 910409-3.pkr
Sample Name : unknown
Comment : unknown
Date & Time : 04-09-102 20:32:38

香水玻璃瓶之濃縮物

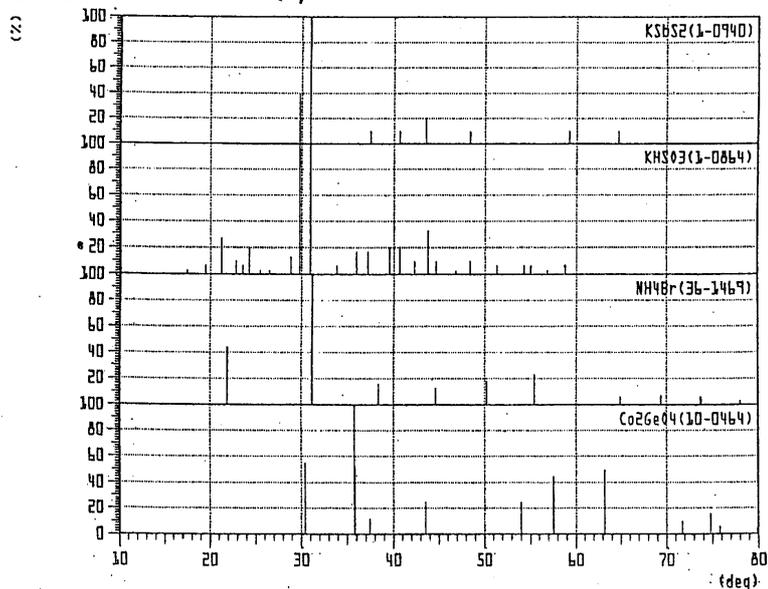
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



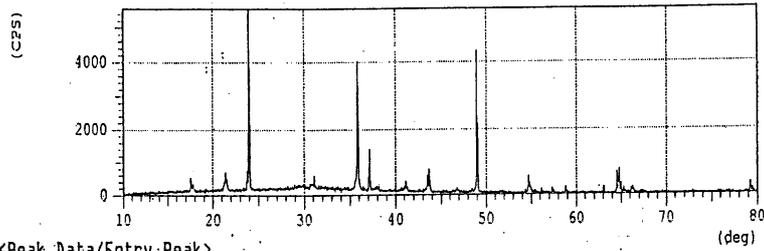
***** SEARCH / MATCH RESULT *****

<Unknown Data>

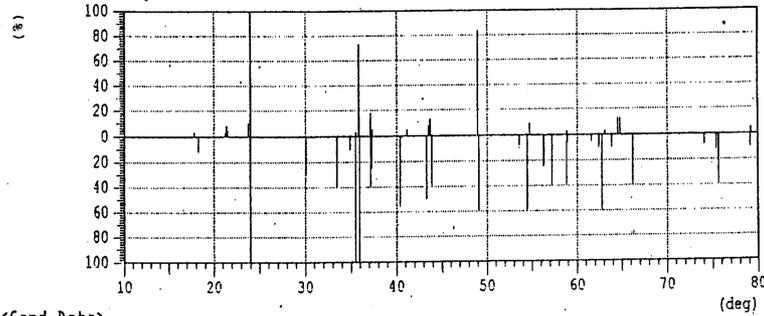
Group Name : 690425014
Data Name : 910409-1
File Name : 910409-1.pkr
Sample Name : unknown
Comment : unknown
Date & Time : 04-09-102 19:48:16

潮濕晶体

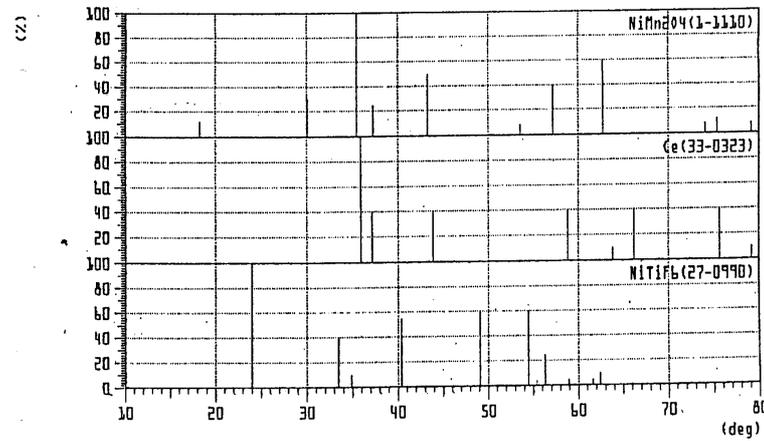
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



伍、研究結果

項目	種類	塗香灰的紙燃燒後第一次紙灰	塗香灰的紙燃燒後第二次紙灰	塗香灰的紙燃燒後第三次紙灰	香灰殘渣部分	香灰溶液部分	香灰
外觀		灰黑色	灰黑色	灰黑色	土黃色	黃棕色	灰色
含水量(%)		1.050%	1.052%	1.063%			1.075%
比重		0.71	0.72	0.73			0.73
PH 值		12.3	11.9	11.7		13.9	13.9
是否幫助燃燒		是	是	是	否	是	是
加鹽酸是否有氣泡		有	有	有	無	有	有
焰色試驗		淡紫色	淡紫色	淡紫色	黃色	淡紫色	淡紫色
K ⁺ 離子確認實驗		有 K ⁺ 存在	有 K ⁺ 存在	有 K ⁺ 存在	無 K ⁺ 存在	有 K ⁺ 存在	有 K ⁺ 存在
紫色環試驗		有紫色環出現	有紫色環出現	無紫色環出現	無	有紫色環出現	有紫色環出現
棕色環試驗		有棕色環出現	有棕色環出現	有棕色環出現	無	有棕色環出現	有棕色環出現
NO ₂ 離子確認實驗		有氣泡產生	有氣泡產生	有氣泡產生	無	有氣泡產生	有氣泡產生

二、

NaNO_3 、 NH_4NO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 等含 NO_3^- 化合物無法幫助燃燒

三、

含 K^+ 的化合物能幫助燃燒者：

KNO_3 、 KNO_2 、 K_2CO_3 、 KClO_3 、 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{COOK})$ 、 KIO_3 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、 K_2S 、 KMnO_4 、 K_2SO_4

含 K^+ 的化合物不能幫助燃燒者：

KH_2PO_4 、 K_2HPO_4 、 K_2PtCl_6 、 KCl 、 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、 KHCO_3 、 KHSO_3 、 KHSO_4 、 $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 、 KBr 、 $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_6$ 、 $\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ 、

$\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 KI 、

四、

能幫助燃燒的化合物且其紙灰也能幫助燃燒者：

K_2CO_3 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、 K_2S 、 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 K_2SO_3 、 KIO_3 、 KNO_2 、 KNO_3

五、

能幫助燃燒的化合物但其紙灰不能幫助燃燒者：

KMnO_4 、 KClO_3 、 K_2SO_4

六、

由實驗二十四，得知香灰濾液中含有過氧化物。

七、

將香灰的濃縮物及其晶體做 X-ray 測試得知其可能含有之化合物如下：

K_2SbS_2 、 KHSO_3 、 NH_4Br 、 CoGeO_4 、 $\text{K}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ 、 KNO_3 、 $\text{KNO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ca}_5\text{Sb}_5\text{O}_{17}$ 、 NiMn_2O_4 、 $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{TeO}_9$ 、 BaSnO_3

陸、討論

一、香灰 pH 值很高，是因為商人為了增加香支的美觀並達到節省用料的目的，而加入石灰，由於灰燼呈白灰色，可知香中含有石灰成分。

二、製香過程最基礎的原料為香腳(竹枝)和楠仔的樹皮粉及香料的素材如檀木都是植物，而肥料中重要的元素是氮、磷、鉀，因此我們推測，植物中必含有鉀元素，如把含鉀的植物燃燒後，鉀可能變成碳酸鉀。

三、塗抹香灰的濾紙燃燒所收集的紙灰，還可以幫助燃燒，是因為碳酸鉀在 1000°C 時也不會分解，燃燒也不會改變它的組成，所以可以連續幫助燃燒。

四、商人為預防加入石灰導致易於熄火的現象，將竹枝浸泡硝水以助燃。因此在香灰水溶液中有 NO_3^- 存在，但在第三次的紙灰終究沒有 NO_3^- 了。只有 NO_2^- 而已，是因為 KNO_3 在 400°C 時開始分解。第一次的燃燒 KNO_3 未完全分解，因此還有 NO_3^- ，到了第三次便沒有 NO_3^- ，只有 NO_2^- ，因為 KNO_2 也能幫助燃燒，所以第三次燃燒幫助燃燒的是 KNO_2 而不是 KNO_3 。

五、我們將原本用線香點不著的樣品(就是塗部上藥品的試紙)改直接用打火機點燃，如 K_2CO_3 ，原本不燃的樣品即開始燃燒。可見有些樣品不燃，是因為線香所提供的溫度未到達樣品的分解溫度(燃點)。

六、其中一部份的樣品(大多含有硝酸根)都極容易吸附水分。甚至樣品剛在室內烘乾，移到室外準備做燃燒試驗，就又回復潮濕的狀態。

七、化學藥品中，能幫助燃燒，但其紙灰不能幫助燃燒如 KMnO_4 、 KClO_3 、 K_2SO_4 等是因其分解溫度低，燃燒完後，已變成新物質，而在也不能幫助燃燒。

八、化學藥品中，能幫助燃燒，且其紙灰也能幫助燃燒如 K_2CO_3 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、 K_2S 、 K_2SO_3 、 KIO_3 等是因其分解溫度高，燃燒完後，也不改變它的組成。

九、 KNO_3 分解溫度低，但其紙灰也能幫助燃燒，是因 KNO_3 分解產物為 KNO_2 ，而 KNO_2 也能幫助燃燒。

十、香灰濾液中含有過氧化物。而過氧化物多為強氧化劑，與有機物(竹枝)接觸會起火、甚至爆炸。

十一、

(一) 香灰水溶液之濃縮物可能含有的化合物： K_2SbS_2 、 KHSO_3 、 NH_4Br 、 Co_2GeO_4

File Name：910409-3.pkr

(二) 香灰可能含有之化合物：

$\text{K}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ 、 KNO_3 、 $\text{KNO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 K_3NO_3 、 $\text{Ca}_5\text{Sb}_5\text{O}_{17}$ File Name：910409-2.pkr

(三) 潮濕之晶體所可能含有之化合物：

NiMn_2O_4 、 Ce 、 NiTiFb

File Name：910419-1.pkr

(四) 烘乾之晶體所可能含有之化合物：

$\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{TeO}_9$ 、 BaHg 、 BaNbO_2N 、 BaSnO_3 、 UH_3 、 $\text{CdNdTh}(\text{AsO}_4)_3$ 、 CaTiO_3 、 $\text{CdBi}_6\text{O}_{10}$ 、 $\text{K}_3\text{Sc}(\text{VO}_4)_2$ 、 BaPuO_3

File Name：910409-4.pkr

(五) 由 C 與 D，我們發現晶體的潮濕與否會使 X-ray 的圖譜偏移。

柒、結論

一、線香的基礎原料為香腳（竹枝）和楠梓的樹皮粉，都是植物，且植物從外在環境吸收的重要元素是氮、磷、鉀。因此我們可以推想線香組成中必含鉀元素，如把含鉀的線香燃燒後，鉀可能變成碳酸鉀而留在灰中，因鉀燃燒後不會變氣體逸失。

二、把塗抹香灰的濾紙燃燒所收集的紙灰還可以幫助燃燒，是因為 K_2CO_3 在 1000°C 也不會分解。燃燒不改變它的組成，所以可以連續幫助燃燒。

三、線香有浸泡硝水，因此在香灰水溶液中有 NO_3^- 及 NO_2^- 存在。 NO_3^- 存在是因 KNO_3 第一次燃燒未完全而殘留； NO_2^- 存在是因 KNO_3 加熱分解為 KNO_2 。

四、化學藥品中，能幫助燃燒，但其紙灰不能幫助燃燒，如 KMnO_4 等是因其分解溫度低，燃燒完後，變成新物質，故再也不能幫助燃燒。

五、化學藥品中，能幫助燃燒，且其紙灰也能幫助燃燒如 KIO_3 等，是因其分解溫度高，燃燒後，也不改變它的組成。

六、碳酸鉀、硝酸鉀不是自己能夠燃燒，但少量的碳酸鉀、硝酸鉀確實能使紙易燃。但能幫助燃燒的物質有種別性，不是所有的鉀化合物都可以幫助燃燒。

七、香灰濾液中含有過氧化物。而過氧化物多為強氧化劑，與有機物接觸會起火、甚至爆炸。極有可能是線香腳(竹枝製成、有機物)與潮濕香灰中的過氧化物接觸，造成發火。

八、香爐“發爐”時溫度極高，極有可能使進香者受傷。可建議製香廠，若需添加助燃劑以防止線香中途熄滅，可選擇只能一次燃燒、且分解之後之成分亦不助燃之物質當助

燃劑。

九、剛燃燒後的香灰應該微溫，不燙。若是會燙手，則由網路資訊知，可能商人摻了大量的楓油及硝粉，加上香灰本身就是能幫助燃燒的物質，使得飄入爐中的有機物或殘留的竹枝發火燃燒，如此說明應該可合理解釋“發爐”現象借此打破迷信。

十、將香灰的濃縮物及其晶體做 X-ray 測試得知其可能含有之化合物如下：

K_2SbS_2 、 $KHSO_3$ 、 NH_4Br 、 $CoGeO_4$ 、 $K_2Ca(CO_3)_2$ 、 KNO_3 、 $KNO_3 \cdot 5H_2O$ 、 $Ca_5Sb_5O_{17}$ 、 $NiMn_2O_4$ 、 $Sr_3Al_2TeO_9$ 、 $BaSnO_3$

捌、參考資料及其他

- 一、Skoog · West，儀器分析，台北市，曉園出版社，p517，1985 年。
- 二、洪英欽，分析化學實驗，台南市，復文書局，p86，2000 年。
- 三、柯清水，新世紀化工化學大辭典，台北市，正文書局，2000 年。
- 四、黃進添，普通化學 II，初版，台南市，復文書局，p189，1999 年。
- 五、網路資訊

<http://163.26.161.136/book/hang/hang14.htm>

<http://www.yip.com.mo/hundred/hur.html>

<http://www.change-life.com/home-ht.htm>

(第二名)(最佳鄉土教材獎)

本研究以香灰的成分探討”發爐”的原因，頗有創見，同時取材頗富鄉土性，研究成果可供大眾參考，值得肯定。在研究的過程當中對於取樣分析與檢測的方法都十分的確實且紀錄完整，頗有科學工作者的風範。