

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

080211

**衣服 BBQ**

學校名稱：臺南市東區復興國民小學

作者：	指導老師：
小六 方崇名	蔡佳錚
小六 洪子軒	李孟娟
小六 張倉諺	
小六 范峻熙	
小六 廖睿博	

關鍵詞：阻燃、布料、阻燃劑

## 摘要

本研究探討各種布料燃燒的情形，並研究適用於各種布料的化學阻燃劑。將天然纖維、人造纖維及混紡等三類紡織布，共七種布料，分別噴上四種類別，共十種化學藥劑後，在自製燃燒箱內燃燒。利用水平燃燒、垂直燃燒、皮膚模擬、煙阻照度等方法，分別測量反應時間、燒毀長度、豬皮升溫、生煙量等，以判定化學藥劑的阻燃效果。以受熱起反應時間慢、延燒速度慢、溫度低、生煙量少為標準，層層篩選出效果最佳的阻燃劑。結果發現，不同布料在燃點、續燒性、氣味、融化、炭化等方面有所不同。也發現每一種布料適用的阻燃劑有些差異，其中以矽酸鈉的適用性最廣。若考慮酸鹼值和生煙量則以氰化鉍作為布料的阻燃劑最佳。

## 壹、研究動機

前些日子發生一起重大事故---八仙塵爆，很多人參加派對，因為大量的粉塵遇到熱源而起化學反應爆炸起火，當時很多人的衣服起火，造成嚴重燒燙傷；新聞也常報導火鍋店、燒烤店煮烤的過程中不慎起火或爆炸，導致人們身上著火燙傷！市面上研發的防火布大都是應用在消防員穿的救火衣或是窗簾布、桌布，那不但厚重悶熱，價格也很昂貴，於是我們想要研究一般常穿的衣服材質燃燒後會有什麼的情況？再進一步研究有什麼化學藥劑可以製成隨身攜帶的阻燃噴霧劑，讓陷入火場中的人們可以因為衣服延緩燃燒而減少對皮膚或呼吸系統造成的傷害？

## 貳、研究目的

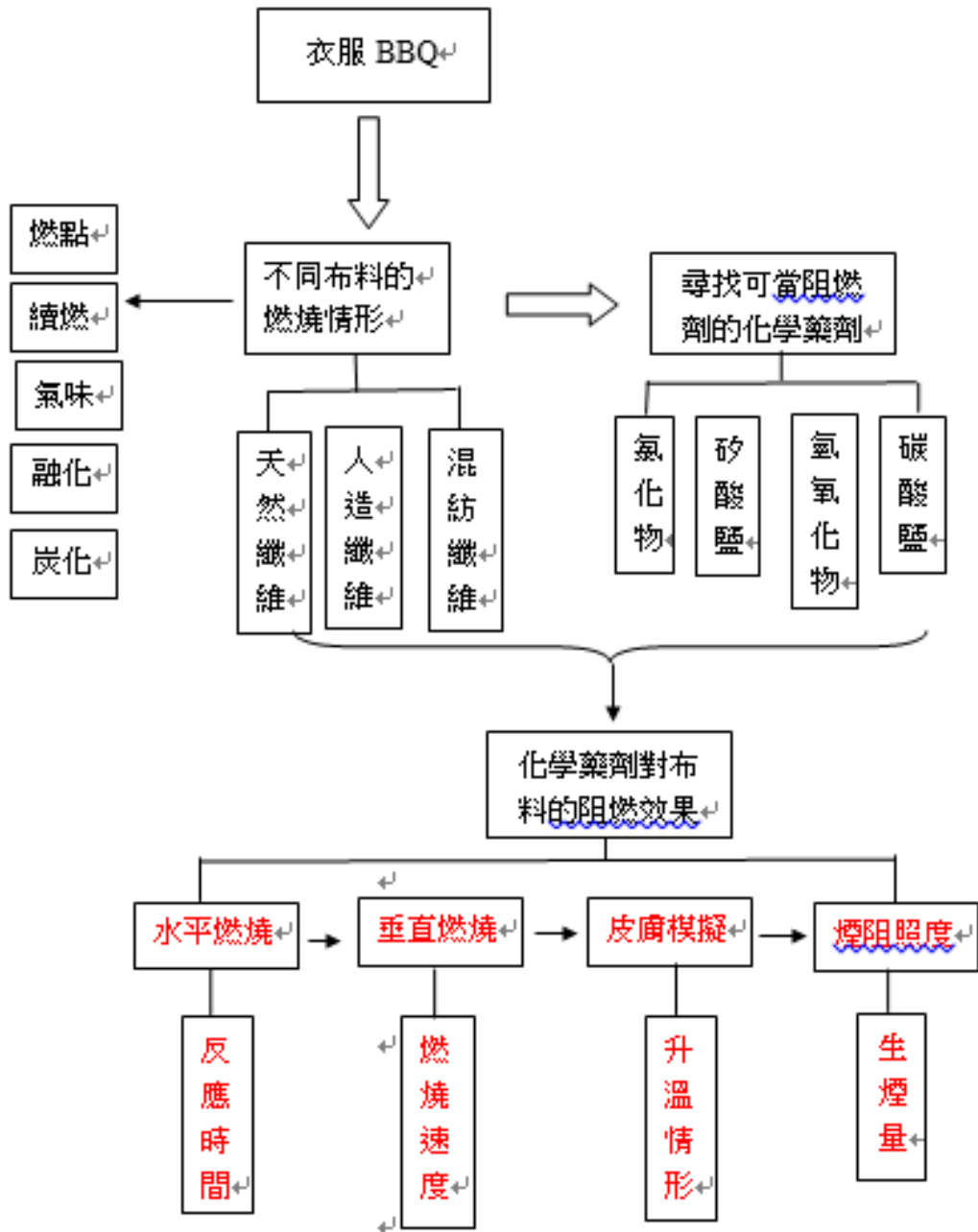
### 一、研究目的

- (一)、研究常用衣料燃燒的情形
- (二)、研究不同布料適用的阻燃劑
- (三)、研究添加阻燃噴劑的布料燃燒後對人體的影響

### 二、研究問題

- (一)、比較不同種類纖維的燃燒現象
- (二)、探討可以做為阻燃劑的化學藥劑
- (三)、比較不同化學藥劑對不同布料的阻燃效果及對皮膚傷害的情形
  - (三)-1、比較不同化學藥劑對不同布料的受熱反應速度
  - (三)-2、比較不同化學藥劑對不同布料的燃燒續燃性
  - (三)-3、比較不同化學藥劑對不同布料的溫度變化
- (四)、比較不同化學藥劑對不同布料燃燒的生煙量

### 參、研究架構圖



### 肆、研究原理

一、化學藥劑阻燃的原理：

(一)產生氣體—覆蓋作用

在可燃材料中加入阻燃劑後，阻燃劑在高溫下能形成穩定泡沫覆蓋層，隔絕氧氣，具有隔熱、隔氧、阻止可燃氣體向外逸出的作用，從而達到阻燃目的。

(二)降低溫度—吸熱作用

在高溫條件下，阻燃劑發生了強烈的吸熱反應，吸收燃燒放出的部分熱量，降低可燃物表面的溫度，抑制可燃性氣體的生成，阻止燃燒的蔓延。

二、衣物材質分類：纖維的種類依其來源可分為天然纖維和合成纖維。

(一)天然纖維:

植物纖維：例如:棉、麻等。

動物纖維：由動物的毛髮、皮、蠶絲等經加工而成。

再生纖維：植物的纖維素，經過化學物理方法處理所得的，例如：人造絲。

(二)合成纖維：以石化產品為原料經化學方法製成的聚合物，因此稱為人造纖維，例如:聚醯胺纖維(耐綸)、聚酯纖維(達克龍)、聚丙烯睛纖維(奧龍)。

(三)混紡纖維：天然與和合成的纖維混紡。

## 伍、研究設備和材料

一、實驗設備：烤肉架、烤肉網、酒精燈、打火機、鑷子、酸鹼值測量計、照度計、碼表、手電筒、手機夾。

二、實驗材料：棉布、蠶絲、亞麻布、聚酯纖維、彈性纖維、尼龍、棉混紡織布(T 恤布)、濾紙。

三、實驗藥品：水、矽酸鈉、矽酸鎂、矽酸鋁、氯化鎂、氯化銨、氯化鈉、氫氧化鎂、氫氧化鈣、碳酸鈉、碳酸氫鈉。

## 陸、研究方法與過程

### 研究一、比較不同種類纖維的燃燒現象

(一)實驗步驟：

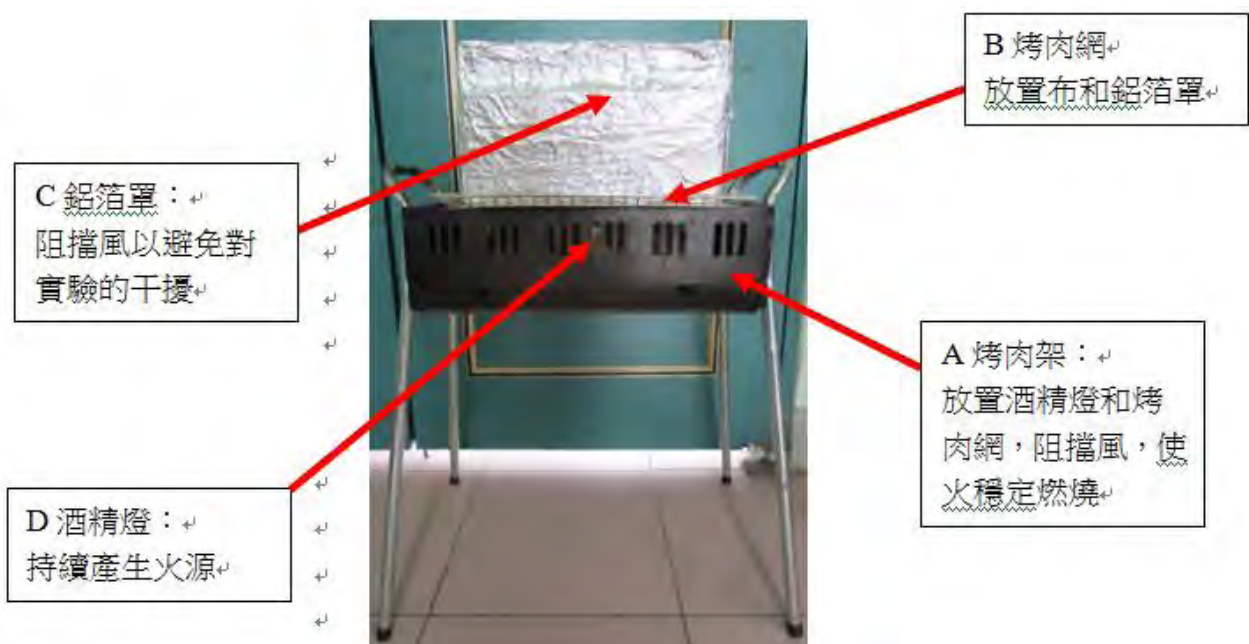
為了觀察不同種類布料燃燒產生的現象，自製下面的燃燒箱裝置。

1.測試目的：研究不同布料燃燒的現象。

2.測試裝置：


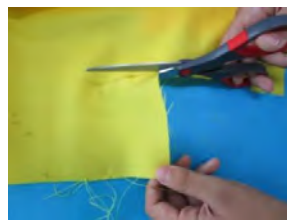
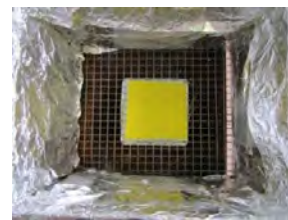


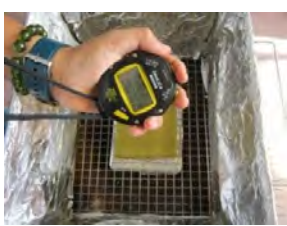
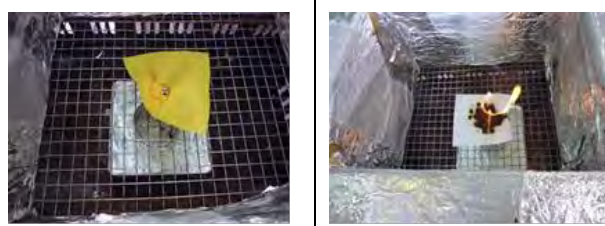
(1)裝置器材：烤肉架、酒精燈、烤肉網、鋁箔罩。

(2)裝置外觀圖：









(3)測試方法：

- 分別蒐集天然纖維、人造纖維和混紡三大類布料，包含棉、蠶絲、亞麻、聚酯纖維、彈性纖維、尼龍、棉混紡織(T 恤布)等布料。並將各布料剪裁成 10×10 公分。
- 將布料放置在烤肉網固定的位置上，放上鋁箔罩。再點燃酒精燈觀察布料燃燒的情形。紀錄開始燃燒和結束的時間。







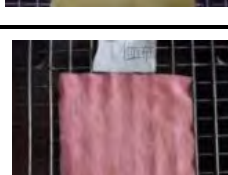

			
蒐集各種布料	剪裁成 10×10 公分	放置網上、蓋鋁箔罩	點火燃燒
			
測量溫度	測量時間	觀察燃燒情形	

(二)實驗結果

表一-1 不同種類布料燃燒產生的現象

布料分類	布料名稱	燃燒前	燃燒後	燃燒時間(秒)		產生現象
				開始/結束	燃燒時間	
天然纖維	棉布			16/57	41	棉布燃燒時有火焰，燃燒後，沒有黏稠的融化物，燒完的殘骸有一些捲曲，還看得到纖維。
	蠶絲			無起火	無起火	蠶絲受熱後，布中間很快就出現破洞，火苗從破洞竄出，沒有燃燒及擴散所以未燒掉的部分還很多。
	亞麻			28/138	110	亞麻布燃燒時有起火，是有焰燃燒，但布沒有破洞。燃燒後出現一條一條比棉布灰燼粗的纖維，呈現全黑的炭化現象。



人造纖維	彈性纖維			11/26	15	彈性纖維受熱會起火，是有焰燃燒，有塑膠臭味。燃燒後中間破洞，在破洞部份周圍有黑色融化物，有些捲曲
	聚酯纖維			8/28	20	聚酯纖維受熱會起火，是有焰燃燒，有塑膠臭味。燃燒後捲曲且有黑色融化物。
	尼龍			14/43	29	尼龍燃燒時有火焰，有塑膠臭味。燃燒後有黑色融化液，布全部燒盡後，火還持續燒著滴在烤盤上的黑色融化液。
混紡纖維	棉混紡織 (T恤布)			10/21	11	棉混紡織布是有焰燃燒，燃燒後部分捲曲，破洞部份周圍有黑色融化物。

備註：燃燒時間中，**開始**是指布起火的時間點，**結束**是指火熄滅了或布燒光了的時間點。

### (三)發現與討論：

從各種布料的燃燒現象中，發現不同布料在燃點、續燒性、氣味、融化現象、炭化現象等方面有所不同。

- 1、燃點：天然纖維布起火時間比人造纖維和混紡慢，表示**天然纖維的燃點比人造纖維和混紡纖維高**。混紡的燃點介於中間，應該是依照天然與人造纖維混合的比例而定。
- 2、續燒性：人造纖維的燃點雖然低，但是當火源沒接觸到布時，很快就熄火了，表示「續燒性」低。從沒有燒掉的布來看，續燒性是亞麻>棉布>尼龍>聚酯纖維>彈性纖維>混紡>蠶絲。
- 3、氣味：人造纖維和混紡燃燒時都會飄出塑膠臭味。
- 4、融化現象：人造纖維和混紡織布燃燒後有黑色融化物**以尼龍的融化物滴落現象最明顯**。
- 5、炭化現象：天然纖維的棉布與亞麻布燃燒後的殘骸可以看得到**黑色炭化的纖維**。

## 研究二、探討可以做為阻燃噴劑的化學藥劑

### (一)實驗步驟：

#### 1.尋找實驗藥劑：

- (1).蒐集相關資料時，發現矽酸鈉已被用在建材中當作阻燃劑，因此選擇不同種矽酸鹽類的藥劑進行研究。
- (2).進行預測實驗時發現濃縮果汁的阻燃效果頗佳，發現因為它含有氯化鎂，因此選擇不同種氯化物進行研究。

(3).蒐集氯化鎂資料時，發現氫氧化鎂是滅火器中的一種成分，因此選擇不同種氫氧化物進行研究。

(4).自然實驗中常用的小蘇打水是碳酸氫鈉，因此選擇研究碳酸鹽類。

2.調配成飽和溶液：將十種藥劑粉末加入 200ml 的水中攪拌到無法溶解為止，再用濾紙過濾裝入小寶特瓶中，插入噴嘴製成噴劑備用。液態的矽酸鈉則用 1：1 稀釋。

3.觀察各種化學藥劑：觀察十種化學藥劑固態時的型態、氣味，配製成水溶液時的顏色、溶解狀態，並測試 PH 值。

(二)實驗結果：

表二-1 十種實驗藥劑的特性

分類	化學藥劑			水溶液性質			配置成飽和水溶液
	名稱	形態	氣味	顏色	PH 值	溶解性	
氯化物	1.氯化鎂	片狀	油漆味	白色	6.7	易溶	
	2.氯化銨	粉末	無味	白色	6.2	易溶	
	3.氯化鈉	結晶狀	無味	白色	7	易溶	
矽酸鹽	4.矽酸鈉	液態狀	無味	透明	11.5	易溶	
	5.矽酸鎂	粉末	無味	白色	10.2	不易溶	
	6.矽酸鋁	粉末	油漆味	褐色	8.6	不易溶	
氫氧化物	7.氫氧化鎂	粉末	藥味	白色	8.4	不易溶	
	8.氫氧化鈣	粉末	無味	白色	11.5	不易溶	
碳酸鹽	9.碳酸鈉	粉末	無味	白色	10.4	易溶	
	10.碳酸氫鈉	粉末	塑膠味	白色	8.7	易溶	

(三)發現與討論：

1.十種阻燃劑中，有酸性，中性，和鹼性。

2.PH 值由低到高分別是氯化銨>氯化鎂>氯化鈉>氫氧化鎂>矽酸鋁>碳酸氫鈉>矽酸鎂>碳酸鈉>矽酸鈉=氫氧化鈣。

3.氯化鎂是片狀，氯化鈉是結晶狀，矽酸鈉則是液態狀，其餘是粉末狀。

4.矽酸鈉是透明，矽酸鋁是褐色，除其之外都是白色。

5.粉末的矽酸鹽系列、氫氧化物不易溶，氯化物、矽酸鈉(液體)、碳酸鹽都易溶。

### 研究三、比較不同化學藥劑對不同布料的阻燃效果及對皮膚傷害的情形

#### 實驗過程與方法

##### 實驗三-1：比較不同化學藥劑對不同布料的受熱反應速度

- 1、測試目的：測試添加不同化學藥劑的布料，在燃燒過程中所產生的現象。
- 2、測試方法：為了控制化學藥劑噴灑在布料上的範圍，自製噴藥裝置

噴灑不同化學藥劑	<p>布料固定板      布料固定夾</p> <p>化學藥劑噴瓶      布料固定板插槽</p> <p>噴瓶放置台</p>	
	自製噴灑台：將布與飽和溶液放在固定位置	
	<p>將飽和溶液均勻噴灑在布上</p>	<p>點燃酒精燈觀察布料的燃燒情形</p>

##### 3、燃燒現象的觀察項目與說明：

項目	焦黑	起火	熄火
情形			
說明	當布面開始呈現焦黑色	當布面出現火苗	布面的火熄滅或布燒完
記錄	焦黑的時間	起火的時間	熄火的時間

##### 4、阻燃效果判斷標準：

- (1) 各種布料噴灑不同化學藥劑燃燒後起火時間的快慢，選擇三到四種最慢起火或不起火的化學藥劑進入後面的燃燒速度實驗。
- (2) 蠶絲布不起火，改以破洞時間的快慢來選擇。

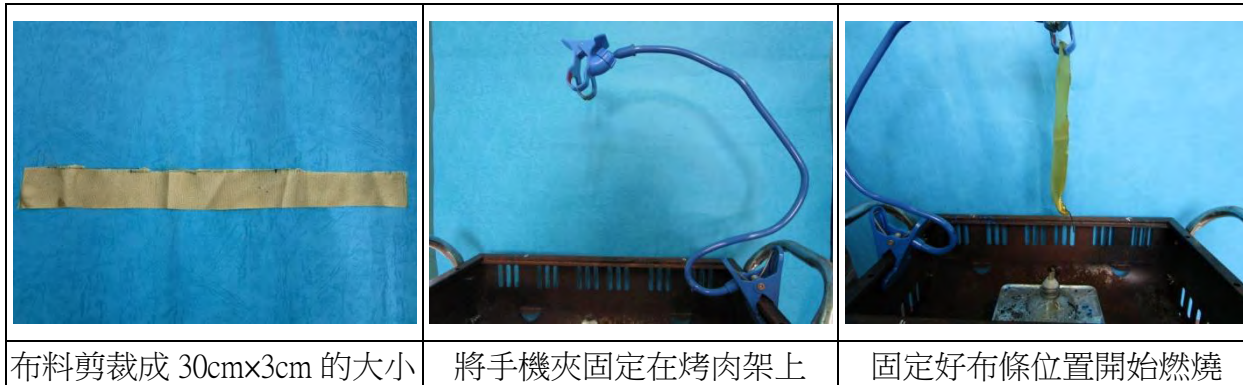


### 實驗三-2、比較不同化學藥劑對不同布料的燃燒續燃性

1、測試目的：以上實驗使用水平燃燒法，不容易測量布料燃燒的面積，改用垂直燃燒法，測量固定時間內布料燒毀的長度就可以比較不同化學藥劑對不同布料燃燒速度的影響。

2、測試方法：

- (1).將手機夾子固定在烤肉架上。
- (2).將布剪裁成 30 公分×3 公分 的長條形。浸泡藥劑後滴乾，固定在夾子上。
- (3).利用打火機點燃酒精燈，燃燒 1 分鐘後，計算燒毀的長度。



3、觀察紀錄的項目：燒毀長度。

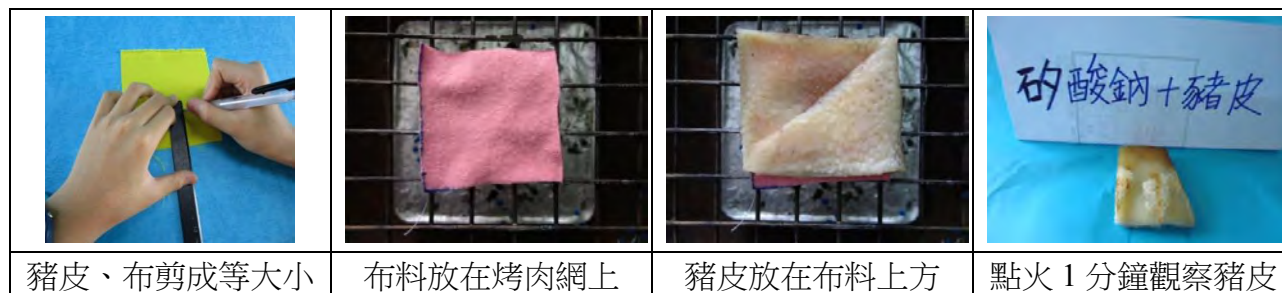
4、阻燃效果判斷標準：燒毀的長度愈少，表示藥劑的阻燃效果愈好。

### 實驗三-3、比較不同化學藥劑對不同布料的燃燒溫度

1、測試目的：測試添加不同化學藥劑的布料，在燃燒過程中對皮膚造成的影響。

2、測試方法：

- (1)將布和豬皮都剪裁成 5 公分×5 公分的大小。
- (2)將布固定在烤肉網上，再把豬皮放置在布上。
- (3)利用打火機點燃酒精燈，當溫度達到 40 度時，再將步驟 2 中的物品放置到烤肉架上。
- (4)計時 1 分鐘，觀察豬皮的情形。



3、觀察紀錄的項目：

- (1)燃燒後 30 秒、40 秒、50 秒、60 秒的溫度。
- (2)燃燒 60 秒後豬皮的顏色變化及沾粘布的情形。

4、阻燃效果判斷標準：溫度低、豬皮顏色較不黑、較不沾黏者，表示阻燃效果好。



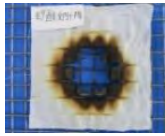
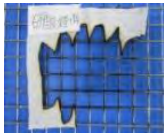


## 實驗結果

### 研究三-1、不同化學藥劑對棉布燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形






#### 實驗一：棉布添加不同化學藥劑的燃燒情形

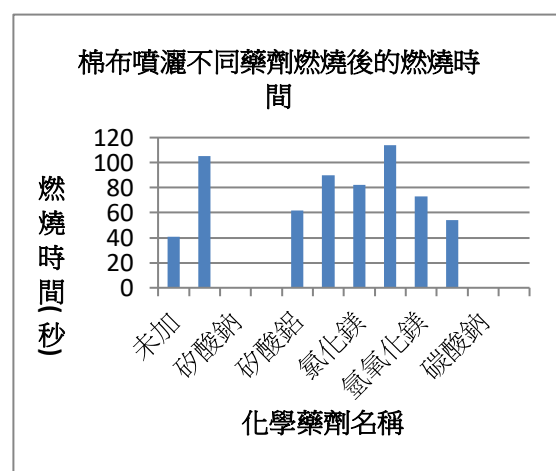
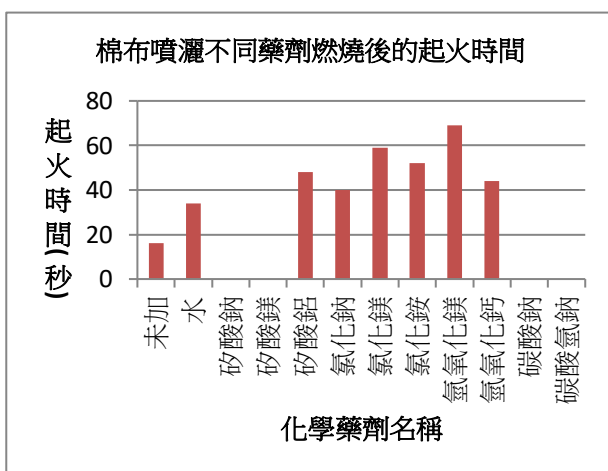
##### (一)實驗結果：

棉布添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

添加物 燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片						
焦黑時間	2 秒	11 秒	8 秒	8 秒	6 秒	9 秒
起火時間	16 秒	34 秒	無起火 (悶燒)	無起火 (悶燒)	48 秒	40 秒
熄火時間	57 秒	139 秒			110 秒	150 秒
燃燒時間	41 秒	105 秒			62 秒	90 秒

棉布添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

添加物 燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑時間	12 秒	11 秒	12 秒	12 秒	12 秒	12 秒
起火時間	59 秒	52 秒	69 秒	44 秒	無起火 (悶燒)	無起火 (悶燒)
熄火時間	141 秒	156 秒	144 秒	100 秒		
燃燒時間	82 秒	114 秒	73 秒	56 秒		


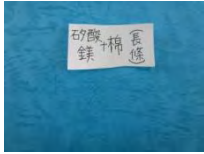





### (三)發現與討論：

1. 棉布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，都有出現焦黑現象。每一種實驗藥劑對棉布都有**延後焦黑**的效果，未加藥劑的棉布最快焦黑，也最快燒完。
2. 焦黑時間較快的，並不一定起火時間就會快，起火快的不一定熄火就快。這可能是因為每一種藥劑受熱後到產生阻燃效果的反應時間不同所造成的。
3. **棉布噴上矽酸鈉、矽酸鎂、碳酸鈉、碳酸氫鈉**等化學藥劑會**抑制起火**，因此以這四種藥劑來進行下一個比較燃燒速度的實驗。

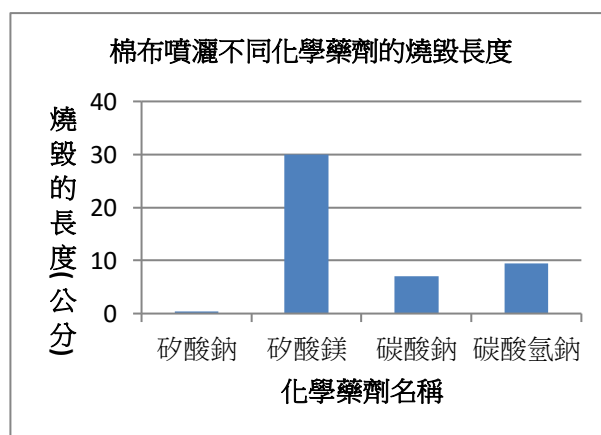
### 實驗二：棉布添加不同化學藥劑的燃燒續燃性

#### (一)實驗結果：

添加物 燃燒情形	矽酸鎂	矽酸鈉	碳酸鈉	碳酸氫鈉
燃燒前長 30cm 				
燃燒後的長度	0cm	29.6cm	23cm	20.5cm
燒毀的長度	30cm(燒盡)	0.4cm	7cm	9.5cm

#### (二)、發現與討論：




1. 棉布噴上四種藥劑後，在相同時間內燒毀的長度愈少，也就是燃燒速度愈慢，表示藥劑的阻燃效果愈好。
2. 燒毀的長度愈長，表示布料燒短到沒接觸火源還繼續燃燒，可見藥劑阻止布料繼續燃燒的效果不好。
3. 發現阻燃效果是棉布噴灑矽酸鈉 > 碳酸鈉 > 碳酸氫鈉 > 矽酸鎂。
4. 將噴上矽酸鈉、碳酸鈉、碳酸氫鈉、矽酸鎂的棉布進行豬皮比較實驗以了解燃燒的溫度變化。



### 實驗三：棉布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

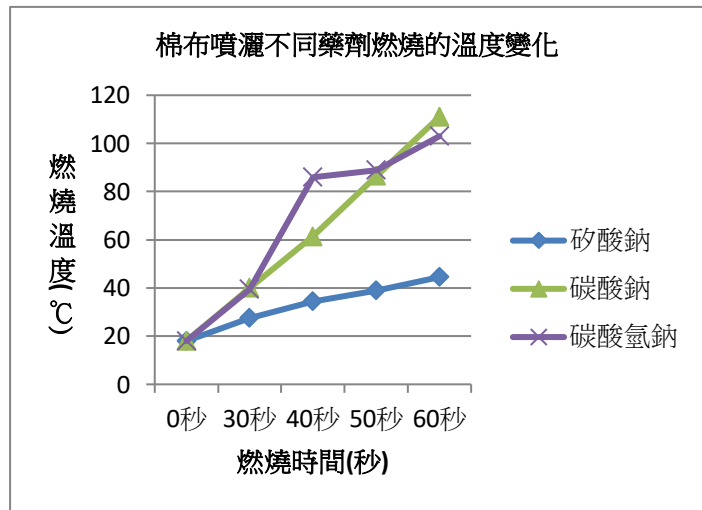
#### (一) 實驗結果：

棉布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

添加物 燃燒情形		矽酸鈉	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片				
溫度 變化	30 秒	27°C	40°C	39°C
	40 秒	34°C	61°C	86°C
	50 秒	39°C	86°C	56°C
	60 秒	44°C	111°C	103°C
豬皮狀態		沒有沾黏布料、 少部分焦黃	沾黏布料、有焦黃	沾黏布料、有焦黃

(二)、發現與討論：

1. 棉布噴灑不同化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度上升較少的是噴灑矽酸鈉。
2. 棉布噴灑不同化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，豬皮全部都有焦黃或部分焦黃，只有矽酸鈉不會沾黏布料。因此以矽酸鈉加棉布做以下的生煙量測試。

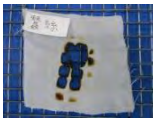

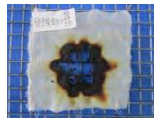





研究三-2、不同化學藥劑對蠶絲布料燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：蠶絲布添加不同化學藥劑的燃燒情形







(一)實驗結果：

蠶絲布添加化學藥劑的燃燒情形-1

添加物 燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片						
焦黑時間	1 秒	2 秒	2 秒	1 秒	1 秒	4 秒
起火	無起火(布料很快破洞後,火向上竄,布料上沒有火苗)					
破洞時間	1 秒	2 秒	26 秒	1 秒	1 秒	4 秒



蠶絲布添加化學藥劑的燃燒情形-2





添加物 燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑時間	2 秒	3 秒	2 秒	2 秒	1 秒	2 秒
起火	無起火(布料很快破洞後,火向上竄,布料上沒有火苗)					
破洞時間	2 秒	4 秒	2 秒	2 秒	1 秒	2 秒

(三)、發現與討論：

- 1.蠶絲布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，很快就被燒破洞，接著就熄火了，沒起火，也不會繼續燃燒。
- 2.各種藥劑延緩焦黑的效果很小。
- 3.蠶絲布噴灑不同種化學藥劑燃燒後沒有起火，所以用破洞時間來判定阻燃效果。
- 4.蠶絲布噴灑**矽酸鈉、氯化銨、氯化鈉**的破洞時間較晚。所以我們用這三種化學藥劑來進行後面的燃燒速度比較的實驗。

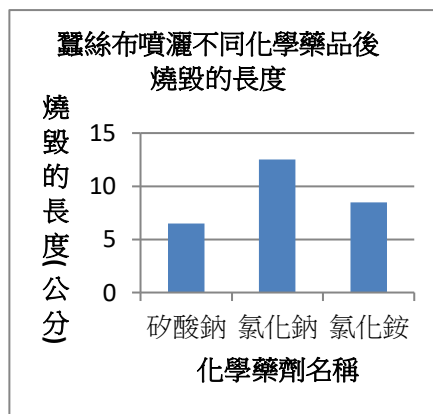
實驗二：蠶絲布添加不同化學藥劑的燃燒續燃性

(一)實驗結果

添加物 燃燒情形	氯化銨	矽酸鈉	氯化鈉
燃燒前長度 30 cm 			
燃燒後長度	21.5 cm	23.5 cm	17.5 cm
燒毀的長度	8.5 cm	6.5 cm	12.5 cm

(二)、發現與討論：

1. 蠶絲布噴上三種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長短是氯化鈉>氯化銨>矽酸鈉。
2. 發現藥劑對蠶絲布的阻燃效果是噴灑矽酸鈉>氯化銨>氯化鈉。
3. 將噴上矽酸鈉、氯化銨、氯化鈉的蠶絲布進行豬皮比較實驗以了解燃燒的溫度變化。



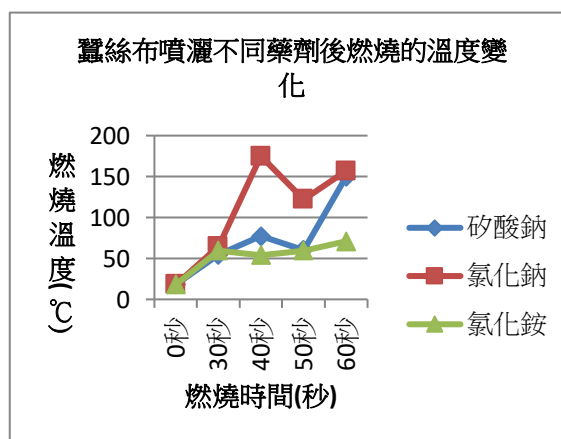
實驗三：蠶絲布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一)實驗結果

添加物		矽酸鈉	氯化銨	氯化鈉
燃燒情形				
照片				
溫度變化	30 秒	54°C	59°C	64°C
	40 秒	77°C	54°C	175°C
	50 秒	60°C	59°C	122°C
	60 秒	150°C	71°C	157°C
豬皮狀態	沾黏	不沾黏	不沾黏	嚴重沾黏
	顏色	焦黃(整片)	焦黃(整片)	焦黃(整片) 焦黑(部分)

(二)、發現與討論：

1. 蠶絲布噴灑不同藥劑，覆蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度最低到高是噴灑氯化銨、矽酸鈉、氯化鈉。
2. 蠶絲布噴灑氯化銨，覆蓋上豬皮燃燒後，溫度上升慢，豬皮不沾黏布，是好的阻燃劑。
3. 以氯化銨做生煙量測試。



### 研究三-3、不同化學藥劑對亞麻布料燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

#### 實驗一：亞麻布添加不同化學藥劑的燃燒情形

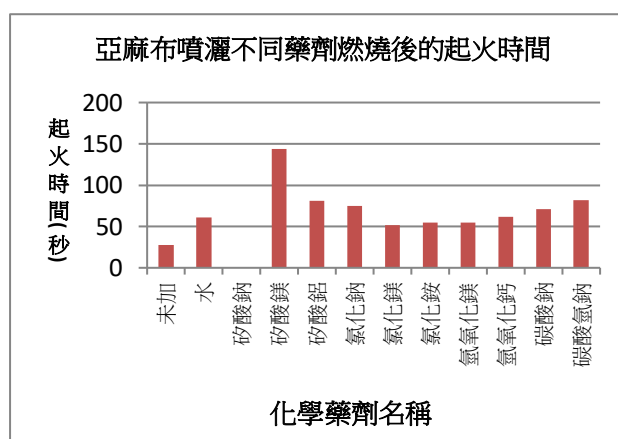
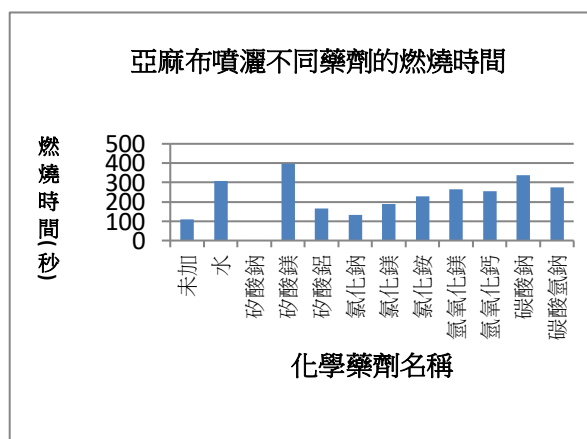
##### (一)實驗結果

亞麻布添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

添加物 燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片						
焦黑時間	7 秒	38 秒	30 秒	35 秒	28 秒	30 秒
起火時間	28 秒	61 秒	無起火 (悶燒)	144 秒	81 秒	75 秒
熄火時間	138 秒	308 秒		540 秒	336 秒	208 秒
燃燒時間	110 秒	307 秒		396 秒	255 秒	133 秒

亞麻布添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

添加物 燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑時間	26 秒	21 秒	31 秒	39 秒	39 秒	38 秒
起火時間	52 秒	55 秒	55 秒	68 秒	71 秒	82 秒
熄火時間	241 秒	285 秒	320 秒	293 秒	408 秒	358 秒
燃燒時間	189 秒	230 秒	265 秒	225 秒	337 秒	276 秒








##### (三)、發現與討論：

1. 亞麻布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，都有出現焦黑現象。每一種實驗藥劑對棉布都有明顯延後焦黑的效果，未加藥劑的棉布最快焦黑，也最快起火。
2. 亞麻布噴灑**矽酸鈉**不會起火。噴上**矽酸鎂**、**矽酸鋁**、**碳酸氫鈉**的起火時間是最慢的。

所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較燃燒速度比較的實驗。

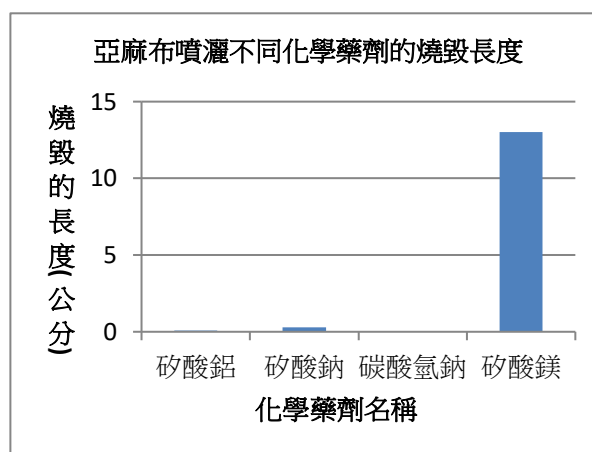
## 實驗二：亞麻布添加不同化學藥劑的燃燒續燃性

### (一)實驗結果

添加物 燃燒情形	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	碳酸氫鈉
燃燒前長度 30 cm 				
燃燒後長度	29.7 cm	17 cm	29.9 cm	29.95 cm
燒毀的長度	0.3 cm	13 cm	0.1 cm	0.05 cm


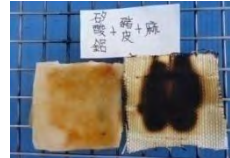
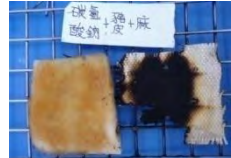
### (二)、發現與討論：

1. 亞麻布浸泡四種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長度是碳酸氫鈉<矽酸鋁<矽酸鈉<矽酸鎂。
2. 亞麻布的阻燃效果是浸泡碳酸氫鈉>矽酸鋁>矽酸鈉>矽酸鎂。
3. 再將前三種藥劑進行以下的豬皮比較實驗，以了解燃燒的溫度變化。



## 實驗三：亞麻布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

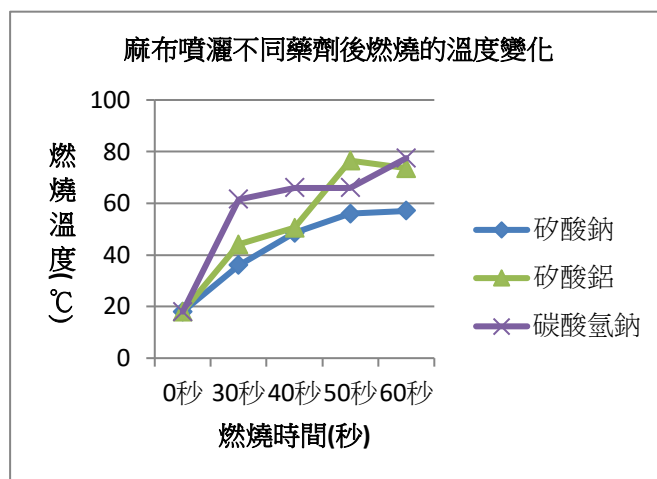
### (一)實驗結果

添加物 燃燒情形		矽酸鈉	矽酸鋁	碳酸氫鈉
照片				
溫度 變化	30 秒	36°C	44°C	61°C
	40 秒	48°C	50°C	66°C
	50 秒	56°C	76°C	66°C
	60 秒	57°C	73°C	77°C
豬皮狀態		部分沾黏亞麻布料		不沾黏亞麻布料
		焦黃(整片)		



(二)、發現與討論：

1. 亞麻布噴灑不同化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑矽酸鈉。
2. 亞麻布噴灑不同化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，全部的豬皮都會整片焦黃。
3. 而除了碳酸氫鈉外，其它都會沾黏在豬皮上。
4. 綜合以上結果選擇燃燒溫度上升最慢的**碳酸氫鈉**和**矽酸鈉**進行生煙量的測試。



研究三-4、不同化學藥劑對**聚酯纖維**燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形

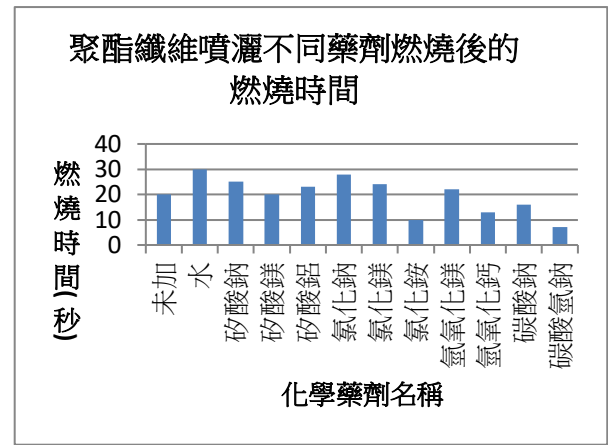
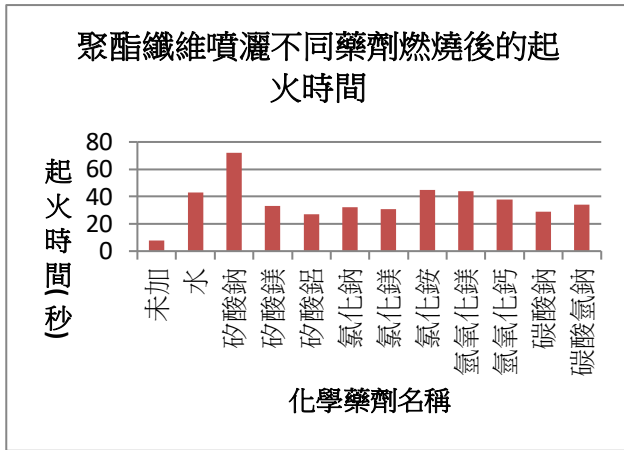
(一)實驗結果：

聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

添加物 燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片						
焦黑	只有矽酸鈉在 52 秒時有焦黑情形					
起火時間	8 秒	43 秒	72 秒	33 秒	27 秒	32 秒
熄火時間	28 秒	73 秒	97 秒	53 秒	59 秒	48 秒
燃燒時間	20 秒	30 秒	25 秒	20 秒	32 秒	16 秒

聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

添加物 燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑	不明顯					
起火時間	31 秒	45 秒	44 秒	38 秒	29 秒	34 秒
熄火時間	55 秒	55 秒	66 秒	51 秒	45 秒	41 秒
燃燒時間	24 秒	10 秒	22 秒	13 秒	16 秒	7 秒








(二)、發現與討論：

1. 聚酯纖維噴灑不同種化學藥劑燃燒後，只有矽酸鈉有起火前有出現焦黑現象。
2. 每一種實驗藥劑對聚酯纖維都有明顯延緩起火的**效果**。
3. 未加藥劑的聚酯纖維雖然熄火最快，但燃燒速度也最快。
4. 聚酯纖維噴灑**矽酸鈉**不會起火。噴上**水**、**氯化銨**、**碳酸氫鈉**的起火時間是最慢的。所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較燃燒速度的實驗。

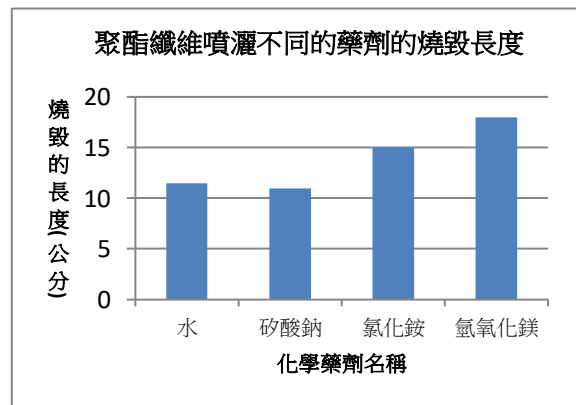
實驗二：聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒續燃性

(一)實驗結果

添加物 燃燒情形	水	矽酸鈉	氯化銨	氫氧化鎂
燃燒前的長度 30cm 				
燃燒後長度	18.5 cm	19 cm	15 cm	12 cm
燒毀的長度	11.5 cm	11 cm	15 cm	18 cm




(二)、發現與討論：

1. 聚酯纖維浸泡四種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長度是矽酸鈉<水<氯化銨<氫氧化鎂。
2. 聚酯纖維的阻燃效果是浸泡矽酸鈉>水>氯化銨>氫氧化鎂。
3. 將前三種藥劑進行以下的豬皮比較實驗，以了解燃燒的溫度變化。



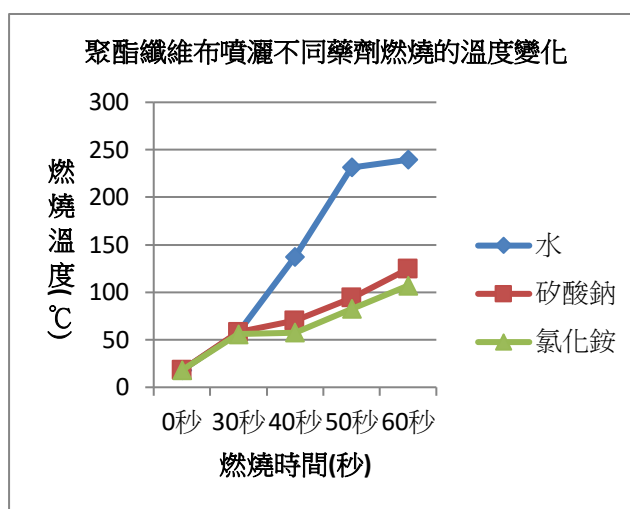
### 實驗三：聚酯纖維布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

#### (一)實驗結果：

添加物 燃燒情形		水	矽酸鈉	氯化銨
照片				
溫度 變化	30 秒	57.5°C	58°C	56°C
	40 秒	137.5°C	70°C	57°C
	50 秒	231°C	94°C	82°C
	60 秒	239°C	124°C	107°C
豬皮狀態		不黏/有焦黃/明顯捲曲	部分黏/有焦黃	不黏/有焦黃

#### (二)、發現與討論：

1. 聚酯纖維噴灑不同化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑氫氧化鎂、氯化銨。
2. 聚酯纖維噴灑不同化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，全部的豬皮都會整片焦黃。
3. 選擇升溫最慢的矽酸鈉、氯化銨進行生煙量的測試以選出對聚酯纖維最佳的阻燃劑。


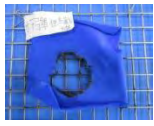


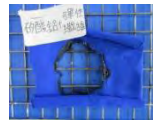



### 研究三-5、不同化學藥劑對彈性纖維布燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形


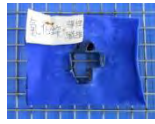


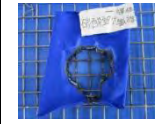
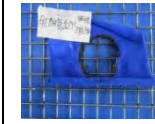
#### 實驗一：彈性纖維布添加不同化學藥劑的燃燒情形

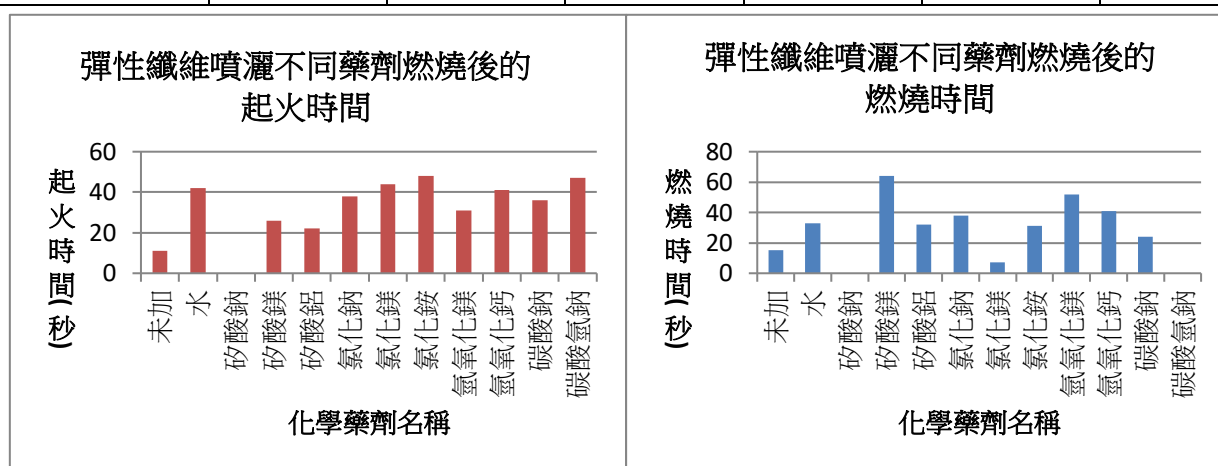
##### (一)實驗結果：

彈性纖維布添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

添加物 燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片						
焦黑時間	只有矽酸鈉在 24 秒、101.5°C 時有焦黑的現象					
起火時間	11 秒	42 秒	無起火 (悶燒)	26 秒	22 秒	38 秒
熄火時間	26 秒	75 秒		90 秒	54 秒	1 分 16 秒
燃燒時間	15 秒	33 秒		64 秒	32 秒	38 秒

彈性纖維布添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

添加物 燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑時間	不明顯					
起火時間	44 秒	48 秒	31 秒	41 秒	36 秒	47 秒
熄火時間	65 秒	55 秒	62 秒	93 秒	78 秒	78 秒
燃燒時間	21 秒	7 秒	31 秒	52 秒	40 秒	24 秒








(三)、發現與討論：

1. 彈性纖維布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，只有矽酸鈉在起火前有出現焦黑現象。燃燒後呈現一片完整的，有白色結晶的炭化布。
2. 每一種實驗藥劑對彈性纖維布都有明顯延緩起火的效果。
3. 噴上氯化銨很慢起火也很快熄火，是超佳的阻燃劑。
4. 彈性纖維布噴灑矽酸鈉不會起火。噴上氯化鎂、氯化銨、碳酸氫鈉的起火時間是最慢的。所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較燃燒速度的實驗。

實驗二：彈性纖維布添加不同化學藥劑的燃燒續燃性

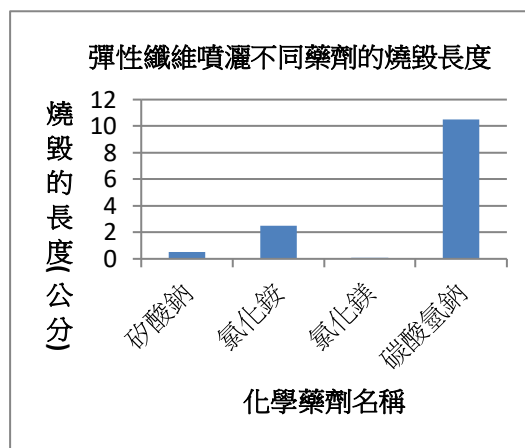
(一)實驗結果

添加物 燃燒情形	矽酸鈉	氯化銨	氯化鎂	碳酸氫鈉
燃燒前長度 30cm 				
燃燒後長度	29.5 cm	27.5 cm	29.9 cm	19.5 cm
燒毀的長度	0.5 cm	2.5 cm	0.1 cm	10.5 cm



(二)、發現與討論：

1. 發現在彈性纖維布的阻燃效果上是噴灑氯化鎂 > 矽酸鈉 > 氯化銨 > 碳酸氫鈉。
2. 沾有氯化鎂的彈性纖維布底部燃燒後有出現白色物體，它被燒掉的部分也是最短的。



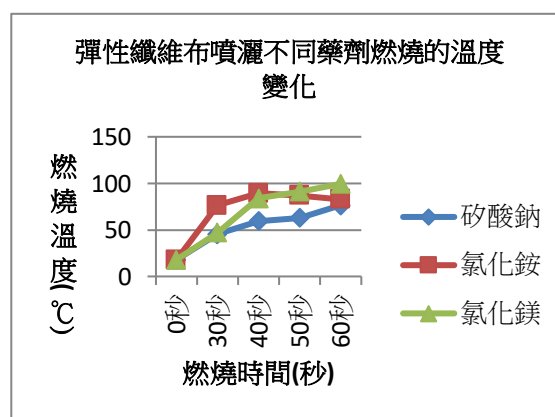
實驗三：彈性纖維添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一)實驗結果：

添加物 燃燒情形		矽酸鈉	氯化銨	氯化鎂
照片				
溫度變化	30 秒	45°C	76°C	47°C
	40 秒	59°C	89°C	84°C
	50 秒	63°C	88°C	91°C
	60 秒	76°C	83°C	99°C
豬皮狀態		不黏/有焦黃	不黏/有焦黃黑	不黏/有焦黃,油

(二)、發現與討論：

1. 彈性纖維布分別噴灑四種化學藥劑，豬皮覆蓋在布上燃燒後，豬皮溫度較低的是噴灑矽酸鈉。
2. 選擇升溫最慢的矽酸鈉、氯化銨進行生煙量的測試以選出對彈性纖維布最佳的阻燃劑。

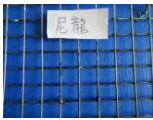
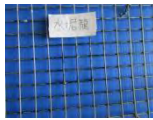

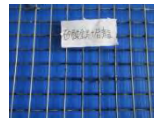




研究三-6、不同化學藥劑對尼龍布料燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形



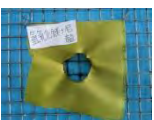



實驗一：尼龍布添加不同化學藥劑的燃燒情形

(一)實驗結果：

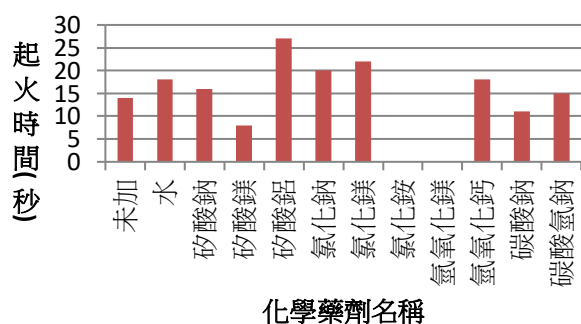
尼龍布添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

添加物 燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片						
焦黑	不明顯					
起火時間	14 秒	18 秒	16 秒	8 秒	27 秒	20 秒
熄火時間	43 秒	57 秒	69 秒	41 秒	45 秒	28 秒
燃燒時間	29 秒	39 秒	93 秒	33 秒	18 秒	8 秒
其它情形	融化					

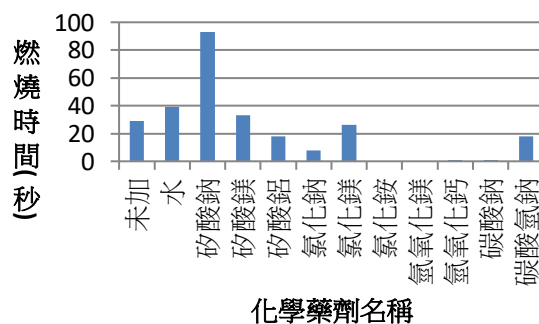
尼龍布添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

添加物 燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑	不明顯					
起火時間	22 秒	無起火 (悶燒)	無起火 (悶燒)	18 秒	11 秒	15 秒
熄火時間	48 秒			19 秒	12 秒	33 秒
燃燒時間	26 秒			1 秒	1 秒	18 秒

尼龍布噴灑不同藥劑燃燒後的  
起火時間



尼龍布噴灑不同藥劑燃燒後的  
燃燒時間



(二)發現與討論：

- 1.尼龍布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，焦黑現象全部都不明顯。
- 2.每一種實驗藥劑對尼龍布延緩起火的效果大都不明顯。
- 3.各種藥劑對尼龍布燃燒時間上有明顯的差異，阻燃效果差的很快就燒盡了
- 4.尼龍布噴上氯化銨、氫氧化鎂等化學藥劑會抑制起火，其他藥劑不能抑制起火。
- 5.起火時間最慢的是噴上矽酸鎂。





(1)噴灑水的沒有冒煙現象就燒盡了，其餘都有冒煙的現象，除了矽酸鈉其餘都是 2 秒內就冒

煙了。尼龍噴灑不同化學藥劑燃燒後，布料焦黃和焦黑的現象都不明顯。噴灑氯化銨和氫氧化鎂藥劑的沒有起火現象，其餘都有起火的現象，最快起火的是噴灑矽酸鎂和碳酸鈉。未加和噴灑水的最快有破洞

(2)尼龍布噴上氯化銨、氫氧化鎂是無焰燃燒，矽酸鋁的起火時間最慢，所以用這三種化學藥劑做後面的實驗

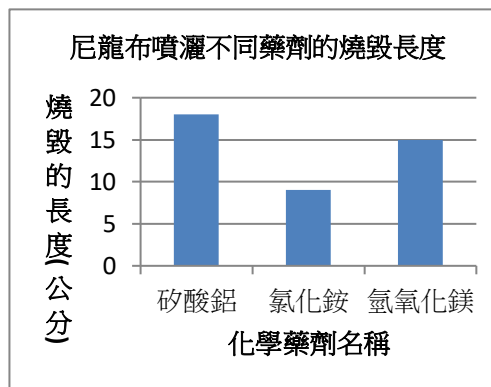
### 實驗二：尼龍布添加不同化學藥劑的燃燒續燃性

#### (一)實驗結果：

添加物 燃燒情形	矽酸鋁	氯化銨	氫氧化鎂
燃燒前長度 30 cm 			
燃燒後長度	12 cm	21 cm	15 cm
燒毀的長度	18 cm	9 cm	15 cm



#### (二)、發現與討論：

- 1.發現在阻燃的效果上是噴灑氯化銨 > 氫氧化鎂 > 矽酸鋁。
- 2.在三種化學藥劑中，氯化銨不會起火，而且被燒掉的面積也是最少的。



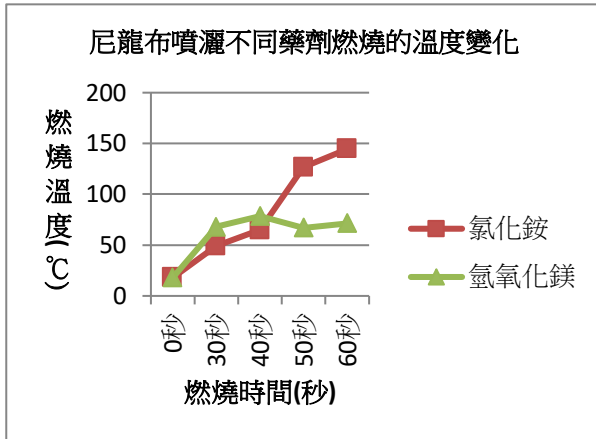
### 實驗三：尼龍布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

#### (一)實驗結果：

添加物 燃燒情形		氯化銨	氫氧化鎂
照片			
溫度 變化	30 秒	49°C	68°C
	40 秒	65°C	78°C
	50 秒	126°C	67°C
	60 秒	144°C	71°C
豬皮狀態		黏鐵網和尼龍殘骸/捲曲	不黏/有焦黃黑/捲曲

(二)發現與討論：

1. 各種藥劑對尼龍布阻燃效果上沒有明顯的差異
2. 尼龍布噴灑不同藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑矽酸鋁。
3. 尼龍布噴灑不同藥劑，蓋上豬皮燃燒後，全部都會捲曲，除了氫氧化鎂其它都會黏鐵網或尼龍殘骸，氫化銨沒有焦黑其他都會焦黃、黑。
4. 選擇氫氧化鎂做生煙量測試。



研究三-7、不同化學藥劑對棉混紡織布燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：棉混紡織布添加不同化學藥劑的燃燒情形

(一)實驗結果：

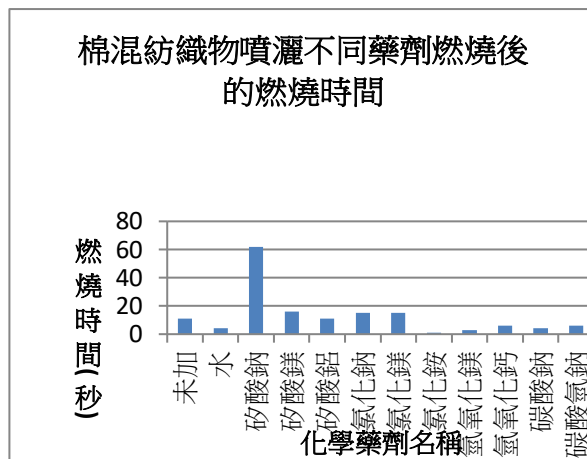
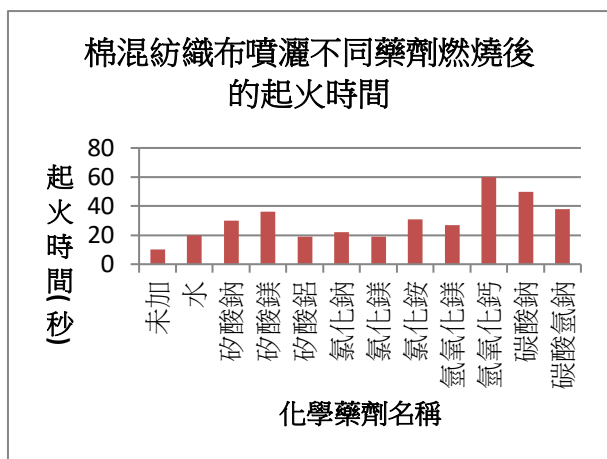
棉混紡織布添加化學藥劑的燃燒情形-1

添加物 燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片						
焦黑時間	不明顯					
起火時間	10 秒	20 秒	30 秒	36 秒	19 秒	22 秒
熄火時間	21 秒	24 秒	92 秒	52 秒	30 秒	37 秒
燃燒時間	11 秒	4 秒	62 秒	16 秒	11 秒	15 秒
其它情形	有溶化物的顆粒					

棉混紡織布添加化學藥劑的燃燒情形-2

添加物 燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑時間	不明顯					
起火時間	19 秒	31 秒	27 秒	60 秒	50 秒	38 秒
熄火時間	34 秒	32 秒	30 秒	66 秒	54 秒	44 秒
燃燒時間	15 秒	1 秒	3 秒	6 秒	4 秒	6 秒
其它情形	有溶化物的顆粒					










(三)、發現與討論：

1. 棉混紡織布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，焦黑現象全部都不明顯。
2. 每一種實驗藥劑對棉混紡織物都有延緩起火的效果。
3. 起火較慢的依序是混紡織布噴上矽酸鎂、氫氧化鈣、碳酸鈉、碳酸氫鈉等化學藥劑，所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較燃燒速度的實驗。

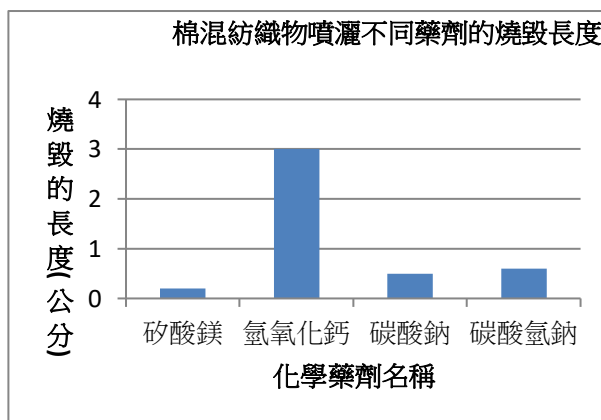
實驗二：棉混紡織布添加不同化學藥劑的燃燒速度

(一)實驗結果：

添加物	矽酸鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
燃燒情形				
燃燒前長度 30 cm 				
燃燒後長度	29.8 cm	27 cm	29.5 cm	29.4 cm
燒毀的長度	0.2 cm	3 cm	0.5 cm	0.6 cm




(二)、發現與討論：

1. 棉混紡織布浸泡四種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長度是矽酸鎂<碳酸鈉<碳酸氫鈉<氫氧化鈣。
2. 棉混紡織布阻燃效果較好的是矽酸鎂>碳酸鈉>碳酸氫鈉>氫氧化鈣。
3. 再將較好的三種藥劑進行以下的豬皮比較實驗，以了解燃燒的溫度變化。



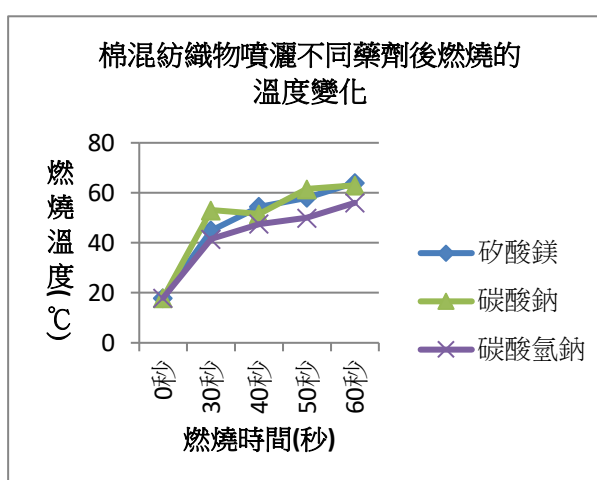
實驗三：棉混紡織布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一)實驗結果：

添加物 燃燒情形		矽酸鎂	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片				
溫度 變化	30 秒	45°C	53°C	41°C
	40 秒	54°C	51°C	47°C
	50 秒	58°C	61°C	50°C
	60 秒	64°C	63°C	56°C
豬皮狀態		部分黏有焦黃	部分黏有焦黃	不黏有焦黃

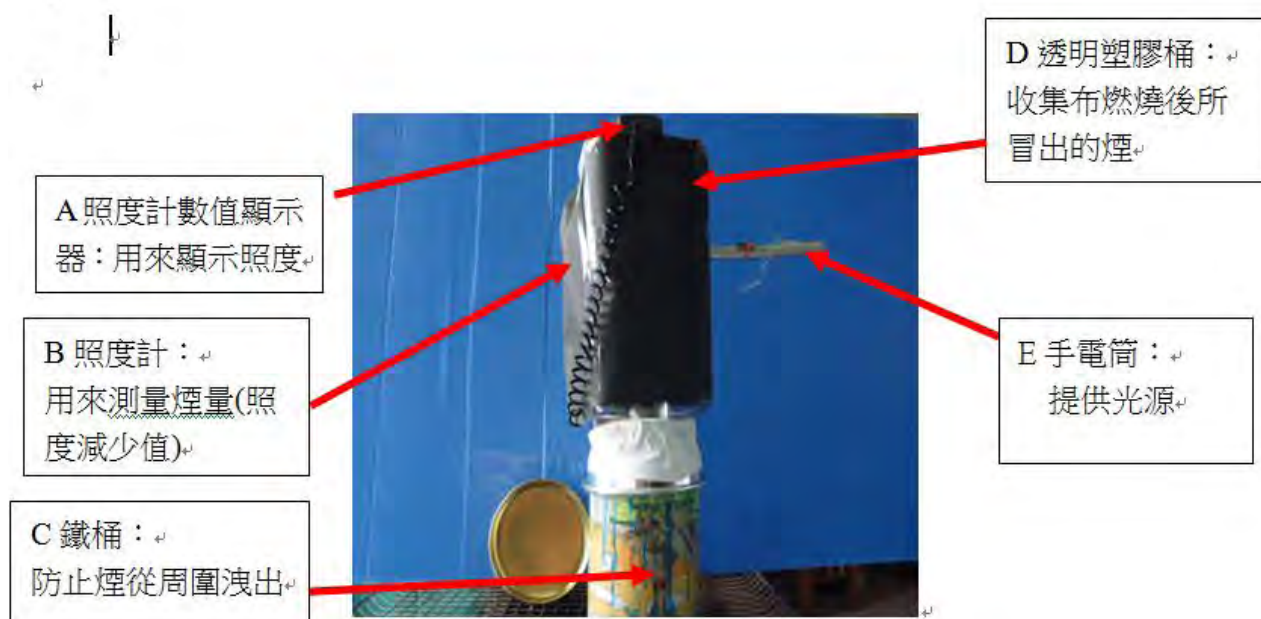
## (二)、發現與討論：





1. 棉混紡織布噴灑不同藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑碳酸氫鈉。
2. 棉混紡織布噴灑不同藥劑，全都有焦黃，只有碳酸氫鈉不沾黏，其它都會。
3. 選擇升溫最慢的碳酸氫鈉、碳酸鈉進行生煙量的測試以選出對棉混紡織布最佳的阻燃劑。



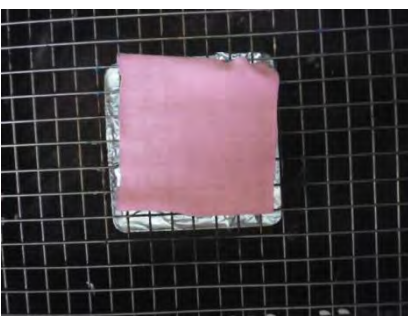

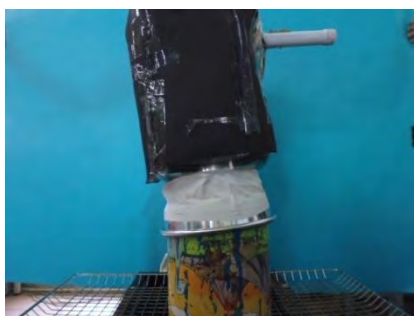
## 實驗四、比較不同化學阻燃劑對不同布料燃燒的生煙量

- 一、測試目的：為了測試加上化學阻燃劑的布料燃燒後，是否會冒太多煙而妨礙逃生或危害人體健康
- 二、測試生煙量的裝置：



零件名稱	實物	裝置方式	功能
鐵桶		用熱熔膠將鐵桶與鐵漏斗相連	防止煙從周圍露出
塑膠桶	 鐵漏斗	用寬膠帶將透明塑膠桶與鐵漏斗相連，塑膠桶外側包上黑紙遮光	收集煙，使煙阻擋手電筒的光照射在照度計的受光器
照度計	 受光器	將照度計用膠帶黏在手電筒對面的塑膠桶桶身，使光線可以直射到	用來測量煙量(照度減少量)布燃燒後所冒出的煙會使照度變小
手電筒		將塑膠桶用熱鐵棒溶出一個洞再將其插入	持續產生燈光

### 三、測試方法：

		
10cmx10cm 的布在烤肉架上	將測煙裝置蓋在布上，測量燃燒前的手電筒照度	燃燒 90 秒後測量生煙後的手電筒照度

### 四、觀察記錄的項目：燃燒前的手電筒照度減去生煙後的手電筒照度就是生煙量

(三)、實驗結果：

不同藥劑加不同布料燃燒產生的煙量

布的種類	化學藥劑	煙量(照度減少量)	選取各種布料中生煙量較少的
棉	矽酸鈉	103	V
蠶絲	氯化銨	27	V
麻	碳酸氫鈉	370	
	矽酸鈉	111	V
聚酯纖維	矽酸鈉	215	
	氯化銨	21	V
彈性纖維	氯化銨	151	V
	矽酸鈉	199	
尼龍	氫氧化鎂	66	V
棉混紡織布	碳酸氫鈉	169	
	碳酸鈉	144	V

(四)、發現與討論：

1. 煙量(照度減少量)數值越大表示生煙越多，會影響呼吸系統，不適合做為阻燃劑使用，相反的，數值越小表示煙越少，也表示越適合使用。
2. 生煙量最多的是亞麻布加碳酸氫鈉，煙最少的是聚酯纖維加水。
3. 經過多次實驗篩選後各種布料適用的阻燃劑分別是棉用矽酸鈉、蠶絲用氯化銨、亞麻用矽酸鋁、聚酯纖維用氯化銨、彈性纖維用氯化銨、尼龍用氫氧化鎂、棉混紡織用碳酸鈉。

## 柒、研究結論

### 一、天然纖維與人造纖維的燃燒現象有什麼不同？

不同布料在**燃點、續燒性、氣味、融化現象、炭化現象**等方面有所不同。

1. 天然纖維的燃點比人造纖維和混紡高。混紡的燃點介於中間，是依照天然與人造纖維混合的比例而定。
2. 人造纖維的燃點雖然低，但是「續燒性」低，離火就停止燃燒。天然纖維則相反。續燒性是亞麻>棉布>尼龍>聚酯纖維>彈性纖維混紡>混紡>蠶絲。
3. 人造纖維和混紡燃燒時有塑膠臭味且有黑色融化物，易造成沾黏。
4. 天然纖維的棉布與亞麻布燃燒後會留有炭化纖維。

### 二、化學藥劑的阻燃效果要用什麼方法和標準來判定？

#### (一)判定阻燃效果的方法：

本研究利用**水平燃燒、垂直燃燒、皮膚模擬、煙阻照度**等方法，來測量化學藥劑加在布料燃燒後的**起火時間、燒毀長度、豬皮溫度、生煙量**來判斷化學藥劑的阻燃效果。



(二)判定阻燃效果的標準：

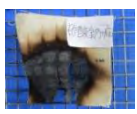
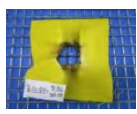
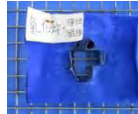


阻燃效果好的是(1)起火時間較慢者(2)燒毀的長度較短者(3)溫度上升較少者(4)產生煙量較少者。

三、不同布料適用的化學阻燃劑是什麼？

1.經過起火時間、燒毀長度、豬皮溫度等層層篩選後適用於各種布料的一種中或兩種最佳化學阻燃劑如下表：

藥品 布料	矽酸鈉	碳酸鈉	氫氧化鎂	氯化銨	碳酸氫鈉
棉布	V				
蠶絲				V	
亞麻布	V				V
聚酯纖維	V			V	
彈性纖維	V			V	
尼龍			V		
棉混紡織布		V			V

2.用生煙量篩選出最後適用各種布料的最佳阻燃劑：

布料	棉布	蠶絲布	亞麻布	聚酯纖維	彈性纖維	尼龍布	棉混紡織
藥劑	矽酸鈉	氯化銨	矽酸鈉	氯化銨	氯化銨	氫氧化鎂	碳酸鈉
水平燃燒							
垂直燃燒							

3.矽酸鈉對布料的阻燃效果適用性很廣但是受熱後溫度太高而且鹼性較強較不適合實際應用在穿著的衣服布料。

4.整體而言，對布料的阻燃效果以實驗藥劑中的**氯化銨**的適用性最廣。

## 捌、參考資料

1.環保阻燃劑將是阻燃材料的唯一出路原文網址：<https://read01.com/a04Rd7.html>。

2.腦力&創意工作室(2013) 每天玩一點科學遊戲 宇珂文化。

3.認識聚酯纖維 <http://acotex.blogspot.tw/2013/05/polyester.html>。

4.火焰的挑戰者，全國科展第四十六屆。

5.向火神借五分鐘，全國科展第五十二屆。

6.衣料與化學 [zyy-ling.ukn.edu.tw/CHE\\_M\\_jun/chem\\_3dshow/Chapter-10.htm](http://zyy-ling.ukn.edu.tw/CHE_M_jun/chem_3dshow/Chapter-10.htm)



## 【評語】 080211

作者探討各種布料燃燒情形，研究適用各種布料的化學阻燃劑，並用科學方法進行變因控制及檢測。作者自行設計製作燃燒箱裝置、布料噴灑台、測煙裝置，其實驗方法可行且簡易。

然而在探討衣服布料噴灑各種化學藥劑的阻燃效果研究，實驗設計需要對布料噴灑化學藥劑，尤其對皮膚（豬皮）的測試項目只注重在燃燒後的膠黏狀況作紀錄，需再考量化學藥劑對皮膚本身的腐蝕或侵蝕現象。

作品海報



# 摘要

本研究探討各種布料燃燒的情形，並研究適用於各種布料的化學阻燃劑。將天然纖維、人造纖維及混紡等三類紡織布，共七種布料，分別噴上四項類別共十種化學藥劑後，在自製燃燒箱內燃燒。利用水平燃燒、垂直燃燒、皮膚模擬、煙阻照度等方法，分別測量反應時間、燒毀長度、豬皮升溫、生煙量等，以判定化學藥劑的阻燃效果。以受熱起反應速度、延燒速度、溫度變化、生煙量少為標準，層層篩選出效果最佳的阻燃劑。結果發現，不同布料在燃點、續燃性、氣味、炭化、融化等方面有所不同。也發現每一種布料適用的阻燃劑有些差異，其中以矽酸鈉的適用性最廣。若考慮酸鹼值和生煙量則以氯化銨作為布料的阻燃劑最佳。

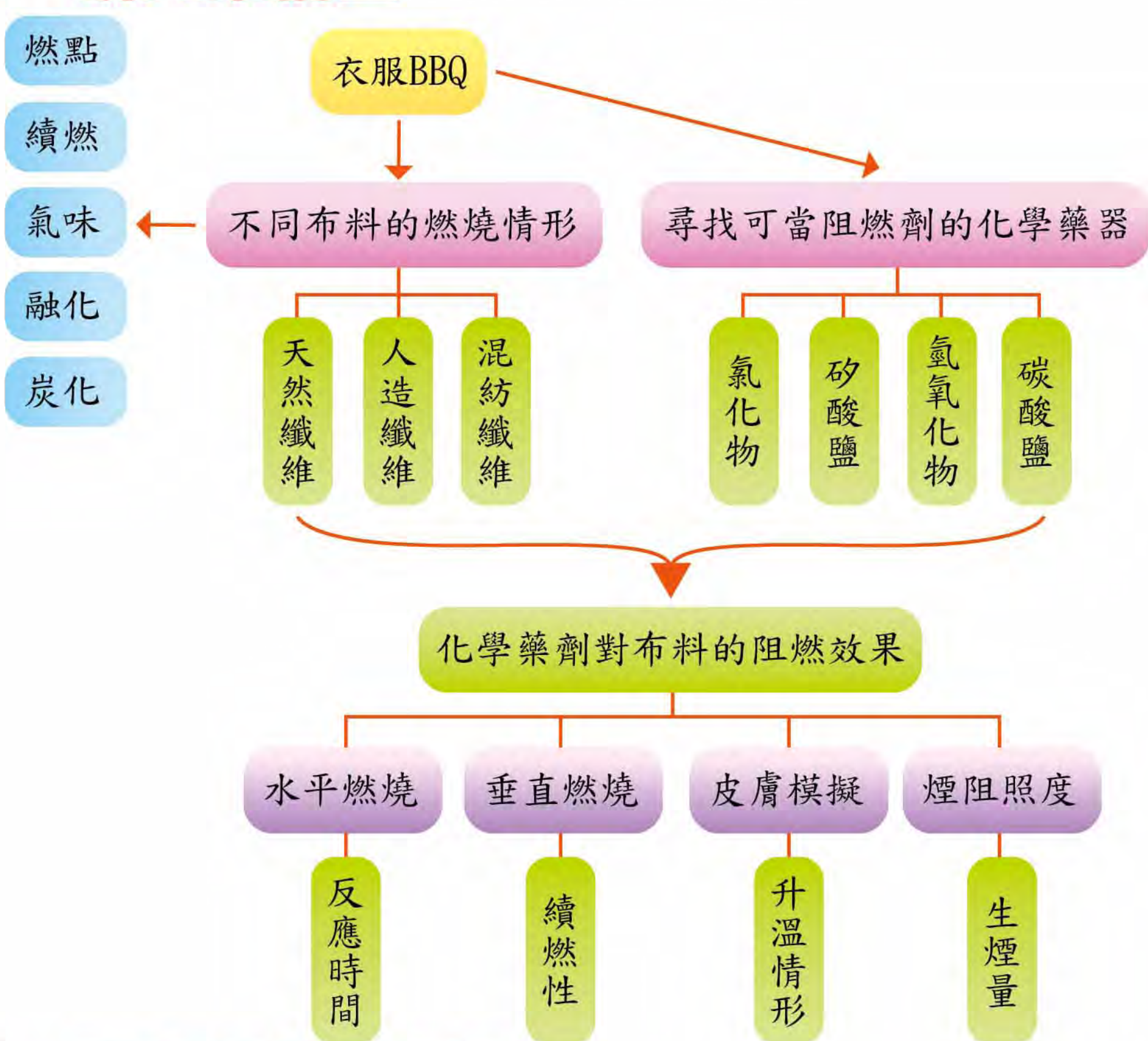
## 壹、研究動機

前些日子發生一起重大事故---八仙塵爆，很多人參加派對，因為大量的粉塵遇到熱源而起化學反應爆炸起火，當時很多人的衣服起火，造成嚴重燒燙傷；新聞也常報導火鍋店、燒烤店煮烤的過程中不慎起火或爆炸，導致人們身上著火燙傷！市面上研發的防火布大都是應用在消防員穿的救火衣或是窗簾布、桌布，那不但厚重悶熱，價格也很昂貴，於是我們想要研究一般常穿的衣服材質燃燒後會有什麼的情況？再進一步研究有什麼化學藥劑可以製成隨身攜帶的阻燃噴霧劑，讓陷入火場中的人們可以因為衣服延緩燃燒而減少對皮膚或呼吸系統造成的傷害？

## 貳、研究目的

- 一、比較不同種類纖維的燃燒現象
- 二、探討可以做為阻燃劑的化學藥劑
- 三、比較不同化學藥劑對不同布料的阻燃效果及對皮膚傷害的情形
  - 三-1、比較不同化學藥劑對不同布料的受熱反應速度
  - 三-2、比較不同化學藥劑對不同布料的燃燒速度
  - 三-3、比較不同化學藥劑對不同布料的溫度變化
- 四、比較不同化學藥劑對不同布料燃燒的生煙量

## 參、研究架構圖



## 肆、研究設備和材料

- 一、實驗設備：烤肉架、烤肉網、酒精燈、打火機、鏟子、酸鹼值測量計、照度計、碼表、手電筒、手機夾。
- 二、實驗材料：棉布、蠶絲、亞麻布、聚酯纖維、彈性纖維、尼龍、棉混紡織布(T恤布)、濾紙。
- 三、實驗藥品：水、矽酸鈉、矽酸鎂、矽酸鋁、氯化鎂、氯化銨、氯化鈉、氫氧化鎂、氫氧化鈣、碳酸鈉、碳酸氫鈉。

## 伍、研究方法與過程

### 研究一 比較不同種類纖維的燃燒現象

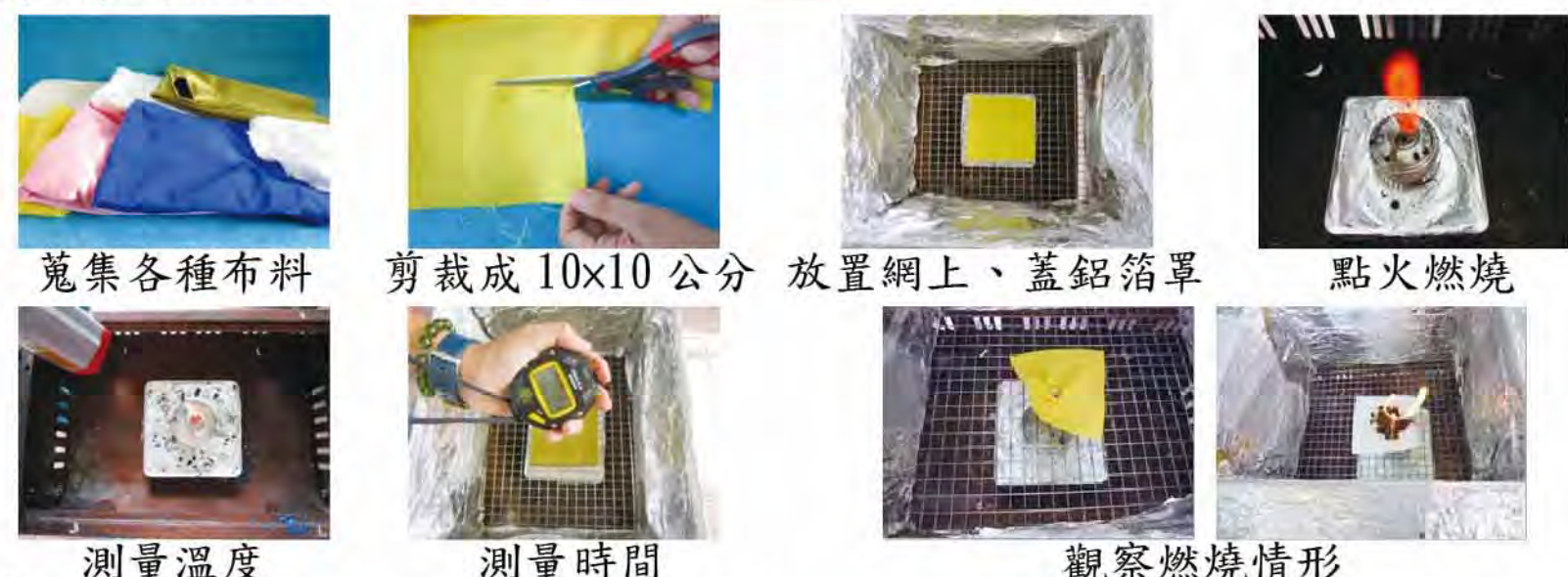
#### (一) 實驗步驟：

##### 測試裝置：

- (1) 裝置器材：烤肉架、酒精燈、烤肉網、鋁箔罩。
- (2) 裝置外觀圖：



#### (3) 測試方法：



#### (二) 實驗結果

表一-1 不同種類布料燃燒產生的現象

布料分類	布料名稱	燃燒前	燃燒後	燃燒時間(秒)		產生現象
				開始/結束	燃燒時間	
天然纖維	棉布			16/57	41	棉布燃燒時有火焰，燃燒後，沒有黏稠的融化物，燒完的殘骸有一些捲曲，還看到纖維。
	蠶絲			無起火	無起火	蠶絲受熱後，布中間很快就出現破洞，火苗從破洞竄出，沒有燃燒及擴散所以未燒掉的部分還很多。
	亞麻			28/138	110	亞麻布燃燒時有起火，是有焰燃燒，但布沒有破洞。燃燒後出現一條一條比棉布灰渣粗的纖維，呈現全黑的炭化現象。
人造纖維	彈性纖維			11/26	15	彈性纖維受熱會起火，是有焰燃燒，有塑膠臭味。燃燒後中間破洞，在破洞部份周圍有黑色融化物，有些捲曲。
	聚酯纖維			8/28	20	聚酯纖維受熱會起火，是有焰燃燒，有塑膠臭味。燃燒後捲曲且有黑色融化物。
	尼龍			14/43	29	尼龍燃燒時有火焰，有塑膠臭味。燃燒後有黑色融化液，布全部燒盡後，火還持續燒著滴在烤盤上的黑色融化液。
混紡纖維	棉混紡織布(T恤布)			10/21	11	棉混紡織布是有焰燃燒，燃燒後部分捲曲，破洞部份周圍有黑色融化物。

### (三) 發現與討論：

- 從各種布料的燃燒現象中，發現不同布料在燃點、續燃性、氣味、融化現象、炭化現象等方面有所不同。
- 1、燃點：天然纖維布起火時間比人造纖維和混紡慢，表示天然纖維的燃點比人造纖維和混紡纖維高。混紡的燃點介於中間，應該是依照天然與人造纖維混合的比例而定。
  - 2、續燃性：人造纖維的燃點雖然低，但是當火源沒接觸到布時，很快就熄火了，表示「續燃性」低。從沒有燒掉的布來看，續燃性是亞麻>棉布>尼龍>聚酯纖維>彈性纖維>混紡>蠶絲。
  - 3、氣味：人造纖維和混紡燃燒時都會飄出塑膠臭味。
  - 4、融化現象：人造纖維和混紡纖維布燃燒後有黑色融化物以尼龍的融化物滴落現象最明顯。
  - 5、炭化現象：天然纖維的棉布與亞麻布燃燒後的殘骸可以看得到黑色炭化的纖維。

### 研究二 探討可以做為阻燃劑的化學藥劑

#### (一) 實驗步驟：

1. 調配飽和溶液：將十種化學藥劑粉末加入 200ML 的水中攪拌到無法溶解為止，再用濾紙過濾裝入小寶特瓶中，插入噴嘴製成噴劑備用。液態的矽酸鈉則用 1:1 稀釋。

#### (二) 實驗結果：

表二-1 十種實驗藥劑的特性

分類	化學藥劑			水溶液性質			配置成飽和水溶液
	名稱	形態	氣味	顏色	pH 值	溶解性	
氯化物	1. 氯化鎂	片狀	油漆味	白色	6.7	易溶	
	2. 氯化銨	粉末	無味	白色	6.2	易溶	
	3. 氯化鈉	結晶狀	無味	白色	7	易溶	
矽酸鹽	4. 矽酸鈉	液態狀	無味	透明	11.5	易溶	
	5. 矽酸鎂	粉末	無味	白色	10.2	不易溶	
	6. 矽酸鋁	粉末	油漆味	褐色	8.6	不易溶	
氫氧化物	7. 氫氧化鎂	粉末	藥味	白色	8.4	不易溶	
	8. 氫氧化鈣	粉末	無味	白色	11.5	不易溶	
碳酸鹽	9. 碳酸鈉	粉末	無味	白色	10.4	易溶	
	10. 碳酸氫鈉	粉末	塑膠味	白色	8.7	易溶	

#### (三) 發現與討論：

1. pH 值由低到高分別是氯化銨>氯化鎂>氯化鈉>氫氧化鎂>矽酸鋁>碳酸氫鈉>矽酸鎂>碳酸鈉>碳酸鈣=氫氧化鈣。
2. 氯化鎂是片狀，氯化鈉是結晶狀，矽酸鈉則是液態狀，其餘是粉末狀。
3. 矽酸鈉是透明，矽酸鋁是褐色，除其之外都是白色。
4. 粉末的矽酸鹽系列、氫氧化物不易溶，氯化物、矽酸鈉(液體)、碳酸鹽都易溶。

### 研究三 比較不同化學藥劑對不同布料的阻燃效果及對皮膚傷害的情形

#### 實驗過程與方法

#### 實驗三-1：比較不同化學藥劑對不同布料的受熱反應速度

##### 1、測試步驟：



##### 自製噴灑台：將布與飽和溶液放在固定位置



將飽和溶液均勻噴灑在布上 點燃酒精燈觀察布料的燃燒情形

#### 2、燃燒現象的觀察項目與說明：

項目	焦黑	起火	熄火
情形			
說明	當布面開始呈現焦黑色	當布面出現火苗	布面的火熄滅或布燒完
記錄	焦黑的時間	起火時間	熄火時間

#### 3、阻燃效果判斷標準：

- (1) 各種布料噴灑不同化學藥劑燃燒後起火時間的快慢，選擇三到四種最慢起火或不起火的化學藥劑進入後面的燃燒速度實驗。
- (2) 蠶絲布不起火，改以破洞時間的快慢來選擇。

#### 實驗三-2、比較不同化學藥劑對不同布料的續燃性

- 1、測試目的：以上實驗使用水平燃燒法，不容易測量布料燃燒的面積，改用垂直燃燒法，只要測量固定時間內布料燒毀的長度就可以比較不同化學藥劑對不同布料燃燒速度的影響。
- 2、測試步驟：



布料剪成30x30cm的大小 將手機夾固定在烤肉架上 固定好布條位置開始燃燒

#### 3、觀察紀錄的項目：燒毀長度。

#### 4、阻燃效果判斷標準：燒毀的長度愈少，表示藥劑的阻燃效果愈好。

#### 實驗三-3、比較不同化學藥劑對不同布料的燃燒溫度

##### 1、測試步驟：



豬皮和布剪成等大小 布料放在烤肉網上 豬皮放在布料上方 點火1分鐘觀察豬皮

##### 2、觀察紀錄的項目：

- (1) 燃燒後 30 秒、40 秒、50 秒、60 秒的溫度。
- (2) 燃燒 60 秒後豬皮的顏色變化及沾粘布的情形。

##### 3、阻燃效果判斷標準：溫度低、豬皮顏色較不黑、較不沾粘者，表示阻燃效果好。

### 實驗結果

#### 研究三-1、不同化學藥劑對棉布燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

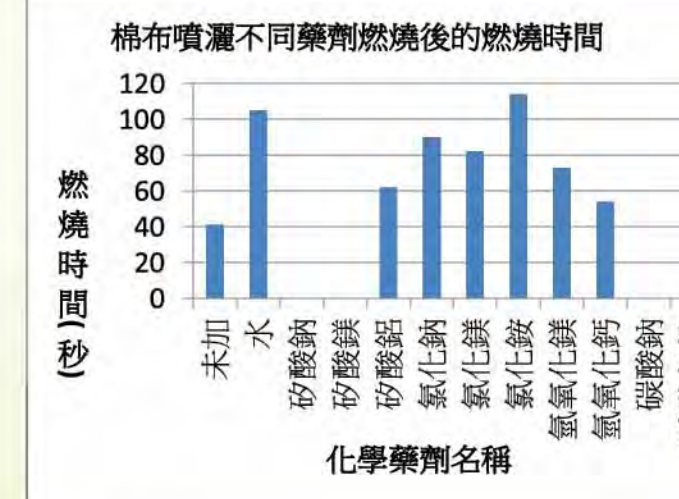
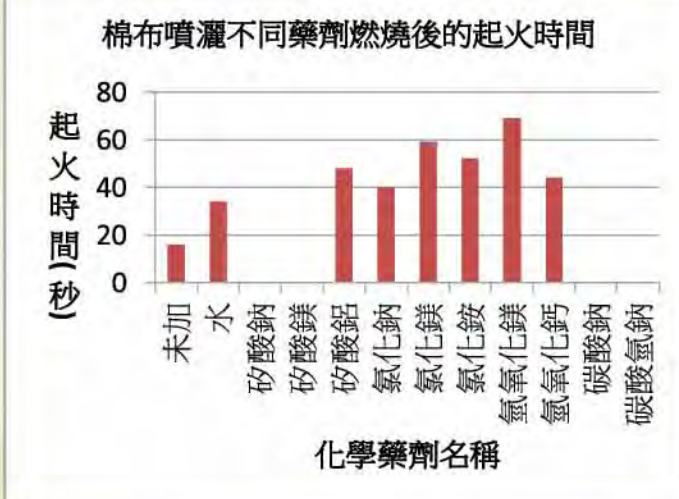
##### 實驗一：棉布添加不同化學藥劑的燃燒情形

##### (一) 實驗結果：棉布添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

添加物	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
燃燒情形						
照片						
焦黑時間	2 秒	11 秒	8 秒	8 秒	6 秒	9 秒
起火時間	16 秒	34 秒	無起火	無起火	48 秒	40 秒
熄火時間	57 秒	139 秒	(閃燒)	(閃燒)	110 秒	150 秒
燃燒時間	41 秒	105 秒			62 秒	90 秒

棉布添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

添加物	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
燃燒情形						
照片						
焦黑時間	12 秒	11 秒	12 秒	12 秒	12 秒	12 秒
起火時間	59 秒	52 秒	69 秒	44 秒	無起火	無起火
熄火時間	141 秒	156 秒	144 秒	100 秒	(閃燒)	(閃燒)
燃燒時間	82 秒	114 秒	73 秒	56 秒		





(三) 發現與討論：

1. 棉布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，都有出現焦黑現象。每一種實驗藥劑對棉布都有延後焦黑的效果，未加藥劑的棉布最快焦黑，也最快燒完。
2. 焦黑時間較快的，並不一定起火時間就會快，起火的不一定熄火就快。這可能是因為每一種藥劑受熱後到產生阻燃效果的反應時間不同所造成的。
3. 棉布噴上矽酸鈉、矽酸鎂、碳酸鈉、碳酸氫鈉等化學藥劑會抑制起火，因此以這四種藥劑來進行下一個比較燃燒速度的實驗。

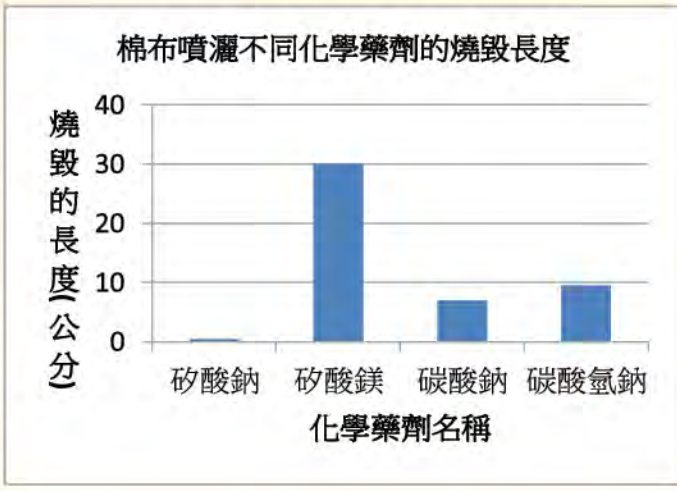
實驗二：棉布添加不同化學藥劑的續燃性

(一) 實驗結果：

燃燒情形	添加物	矽酸鎂	矽酸鈉	碳酸鈉	碳酸氫鈉
燃燒前長 30cm					
燃燒後長度		0cm	29.6cm	23cm	20.5cm
燒毀的長度		30cm(燒盡)	0.4cm	7cm	9.5cm

(二)、發現與討論：

1. 棉布噴上四種藥劑後，在相同時間內燒毀的長度愈少，也就是燃燒速度愈慢，表示藥劑的阻燃效果愈好。
2. 燒毀的長度愈長，表示布料燒短到沒接觸火源還繼續燃燒，可見藥劑阻止布料繼續燃燒的效果不好。
3. 發現阻燃效果是棉布噴灑矽酸鈉 > 碳酸鈉 > 碳酸氫鈉 > 矽酸鎂。
4. 將噴上矽酸鈉、碳酸鈉、碳酸氫鈉的棉布進行豬皮比較實驗以了解燃燒的溫度變化。



實驗三：棉布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

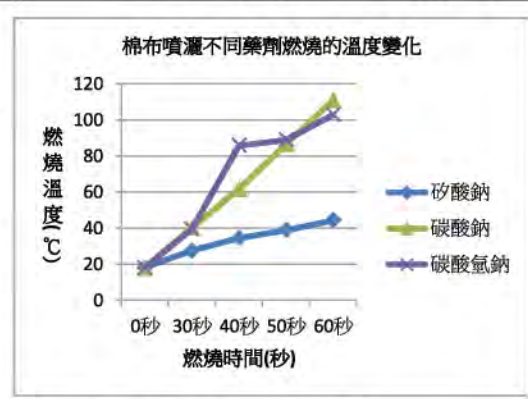
(一) 實驗結果：

棉布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

燃燒情形	添加物	矽酸鈉	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片				
溫度變化		30秒: 27°C 40秒: 34°C 50秒: 39°C 60秒: 44°C	40秒: 40°C 61°C 86°C 111°C	39°C 86°C 56°C 103°C
豬皮狀態		沒有沾黏布料、少部分焦黃	沾黏布料、有焦黃	沾黏布料、有焦黃

(二)、發現與討論：

1. 棉布噴灑不同種化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度上升較少的是噴灑矽酸鈉。
2. 棉布噴灑不同種化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，豬皮全部都有焦黃或部分焦黃，只有矽酸鈉不會沾黏布料。因此以矽酸鈉加棉布做以下的生煙量測試。



研究三-2、不同化學藥劑對蠶絲布料燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：蠶絲布添加不同化學藥劑的燃燒情形

(一) 實驗結果：

蠶絲布添加化學藥劑的燃燒情形-1

燃燒情形	添加物	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片							
焦黑時間		1秒	2秒	2秒	1秒	1秒	4秒
起火		無起火(布料很快破洞後, 火向上竄, 布料上沒有火苗)					
破洞時間		1秒	2秒	26秒	1秒	1秒	4秒

蠶絲布添加化學藥劑的燃燒情形-2

燃燒情形	添加物	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片							
焦黑時間		2秒	3秒	2秒	2秒	1秒	2秒
起火		無起火(布料很快破洞後, 火向上竄, 布料上沒有火苗)					
破洞時間		2秒	4秒	2秒	2秒	1秒	2秒

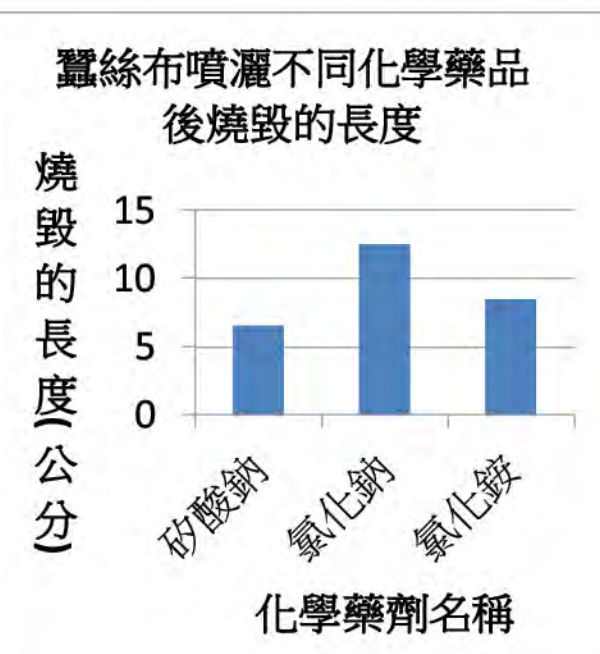
(三)、發現與討論：

1. 蠶絲布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，很快就被燒破洞，接著就熄火了，沒起火，也不會繼續燃燒。
2. 各種藥劑延緩焦黑的效果很小。
3. 蠶絲布噴灑不同種化學藥劑燃燒後沒有起火，所以用破洞時間來判定阻燃效果。
4. 蠶絲布噴灑矽酸鈉、氯化銨、氯化鈉的破洞時間較晚。所以我們用這三種化學藥劑來進行後面的燃燒速度比較的實驗。

實驗二：蠶絲布添加不同化學藥劑的續燃性

(一) 實驗結果

燃燒情形	添加物	氯化銨	矽酸鈉	氯化鈉
燃燒前長度 30cm				
燃燒後長度		21.5 cm	23.5 cm	17.5 cm
燒毀的長度		8.5 cm	6.5 cm	12.5 cm



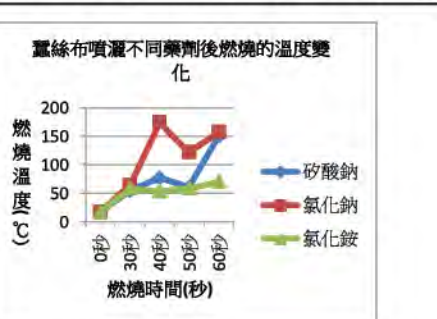
(二)、發現與討論：

1. 蠶絲布噴上三種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長短是氯化鈉 > 氯化銨 > 矽酸鈉
2. 發現藥劑對蠶絲布的阻燃效果是噴灑矽酸鈉 > 氯化銨 > 氯化鈉
3. 將噴上矽酸鈉、氯化銨、氯化鈉的蠶絲布進行豬皮比較實驗以了解燃燒的溫度變化。

實驗三：蠶絲布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一) 實驗結果

燃燒情形	添加物	矽酸鈉	氯化銨	氯化鈉
照片				
溫度變化		30秒: 54°C 40秒: 77°C 50秒: 60°C 60秒: 150°C	59°C 54°C 59°C 71°C	64°C 175°C 122°C 157°C
豬皮狀態		沾黏	不沾黏	嚴重沾黏
顏色		焦黃(整片)	焦黃(整片)	焦黃(整片) 焦黑(部分)



(二)、發現與討論：

1. 蠶絲布噴灑不同藥劑，覆蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度最低到最高是噴灑氯化銨、矽酸鈉、氯化鈉。
2. 蠶絲布噴灑氯化銨，覆蓋上豬皮燃燒後，溫度上升慢，豬皮不沾黏布，是好的阻燃劑。
3. 以氯化銨做生煙量測試。

研究三-3、不同化學藥劑對亞麻布料燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：亞麻布添加不同化學藥劑的燃燒情形

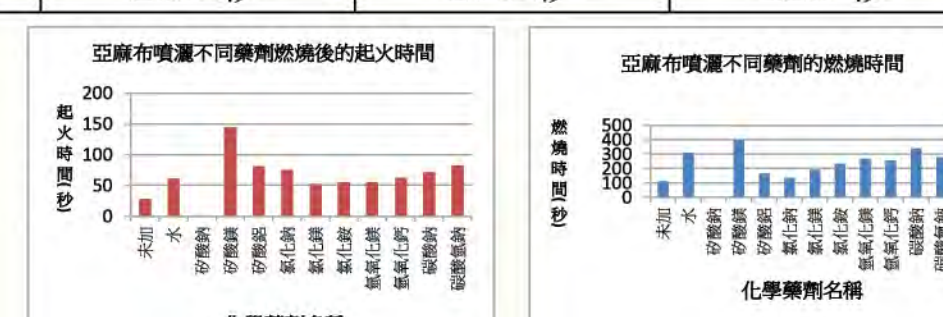
(一) 實驗結果

亞麻布添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

燃燒情形	添加物	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片							
焦黑時間		7秒	38秒	30秒	35秒	28秒	30秒
起火時間		28秒	61秒	無起火(閃燒)	144秒	81秒	75秒
熄火時間		138秒	308秒		540秒	336秒	208秒
燃燒時間		110秒	307秒		396秒	255秒	133秒

亞麻布添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

燃燒情形	添加物	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片							
焦黑時間		26秒	21秒	31秒	39秒	39秒	38秒
起火時間		52秒	55秒	55秒	68秒	71秒	82秒
熄火時間		241秒	285秒	320秒	293秒	408秒	358秒
燃燒時間		189秒	230秒	265秒	225秒	337秒	276秒



(三)、發現與討論：

1. 亞麻布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，都有出現焦黑現象。每一種實驗藥劑對棉布都有明顯延後焦黑的效果，未加藥劑的棉布最快焦黑，也最快起火。
2. 亞麻布噴灑矽酸鈉不會起火。噴上矽酸鎂、矽酸鋁、碳酸氫鈉的起火時間是最慢的。所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較燃燒速度比較的實驗。

實驗二：亞麻布添加不同化學藥劑的續燃性

(一) 實驗結果

燃燒情形	添加物	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	碳酸氫鈉
燃燒前長度 30 cm					
燃燒後長度		29.7 cm	17 cm	29.9 cm	29.95 cm
燒毀的長度		0.3 cm	13 cm	0.1 cm	0.05 cm

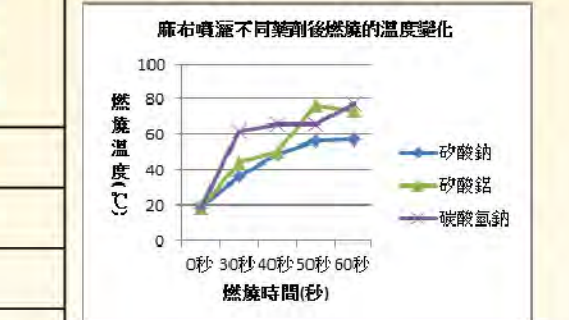
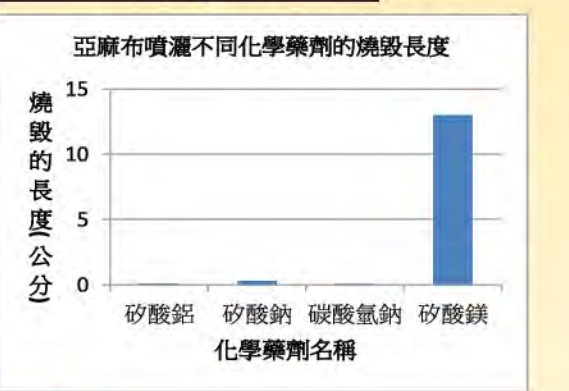
(二)、發現與討論：

1. 亞麻布浸泡四種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長度是碳酸氫鈉 < 矽酸鋁 < 矽酸鈉 < 矽酸鎂。
2. 亞麻布的阻燃效果是浸泡碳酸氫鈉 > 矽酸鋁 > 矽酸鈉 > 矽酸鎂。
3. 再將前三種藥劑進行以下的豬皮比較實驗，以了解燃燒的溫度變化。

實驗三：亞麻布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一) 實驗結果

燃燒情形	添加物	矽酸鈉	矽酸鋁	碳酸氫鈉
照片				
溫度變化		30秒: 36°C 40秒: 48°C 50秒: 56°C 60秒: 57°C	44°C 50°C 76°C 73°C	61°C 66°C 66°C 77°C
豬皮狀態		沾黏	部分沾黏亞麻布料	不沾黏亞麻布料
顏色		焦黃(整片)		



(二)、發現與討論：

1. 亞麻布噴灑不同種化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑矽酸鈉。
2. 亞麻布噴灑不同種化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，全部的豬皮都會整片焦黃。
3. 而除了碳酸氫鈉外，其它都會沾黏在豬皮上。
4. 綜合以上結果選擇燃燒溫度上升最慢的碳酸氫鈉和矽酸鈉進行生煙量的測試。

研究三-4、不同化學藥劑對聚酯纖維燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形

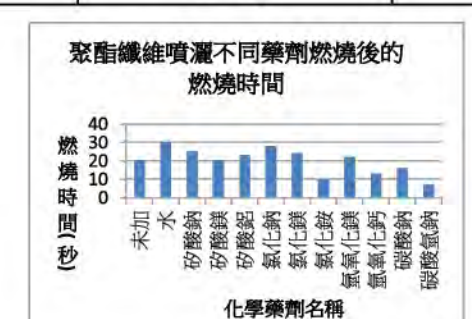
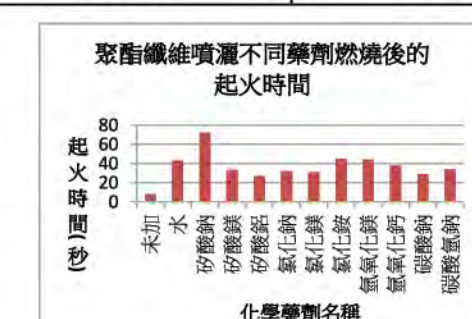
(一) 實驗結果：

聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

燃燒情形	添加物	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片							
焦黑		只有矽酸鈉在 52 秒時有焦黑情形					
起火時間		8秒	43秒	72秒	33秒	27秒	32秒
熄火時間		28秒	73秒	97秒	53秒	59秒	48秒
燃燒時間		20秒	30秒	25秒	20秒	32秒	16秒

聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

燃燒情形	添加物	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片							
焦黑		不明顯					
起火時間		31秒	45秒	44秒	38秒	29秒	34秒
熄火時間		55秒	55秒	66秒	51秒	45秒	41秒
燃燒時間		24秒	10秒	22秒	13秒	16秒	7秒



(二)、發現與討論：

1. 聚酯纖維噴灑不同種化學藥劑燃燒後，只有矽酸鈉有起火前有出現焦黑現象。
2. 每一種實驗藥劑對聚酯纖維都有明顯延緩起火的效果。
3. 未加藥劑的聚酯纖維雖然熄火最快，但燃燒速度也最快。
4. 聚酯纖維噴灑矽酸鈉不會起火。噴上水、氯化銨、碳酸氫鈉的起火時間是最慢的。所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較燃燒速度的實驗。

實驗二：聚酯纖維添加不同化學藥劑的續燃性

(一) 實驗結果

燃燒情形	添加物	水	矽酸鈉	氯化銨	氫氧化鎂
燃燒前長度 30 cm					
燃燒後長度		18.5 cm	19 cm	15 cm	12 cm
燒毀的長度		11.5 cm	11 cm	15 cm	18 cm

(二)、發現與討論：

1. 聚酯纖維浸泡四種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長度是矽酸鈉 < 水 < 氯化銨 < 氫氧化鎂。
2. 聚酯纖維的阻燃效果是浸泡矽酸鈉 > 水 > 氯化銨 > 氫氧化鎂。
3. 將前三種藥劑進行以下的豬皮比較實驗，以了解燃燒的溫度變化。

實驗三：聚酯纖維添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一) 實驗結果：

燃燒情形	添加物	水	矽酸鈉	氯化銨	氫氧化鎂
照片					
溫度變化		30秒: 57°C 40秒: 137°C 50秒: 231°C 60秒: 239°C	58°C 70°C 94°C 124°C	56°C 57°C 82°C 107°C	
豬皮狀態		不黏/有焦黃/明顯捲曲	部分黏/有焦黃	不黏/有焦黃	

(二)、發現與討論：

1. 聚酯纖維噴灑不同種化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑氫氧化鎂、氯化銨。
2. 聚酯纖維噴灑不同種化學藥劑，蓋上豬皮燃燒後，全部的豬皮都會整片焦黃。
3. 選擇升溫最慢的矽酸鈉、氯化銨進行生煙量的測試以選出對聚酯纖維最佳的阻燃劑。

研究三-5、不同化學藥劑對彈性纖維燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：彈性纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形

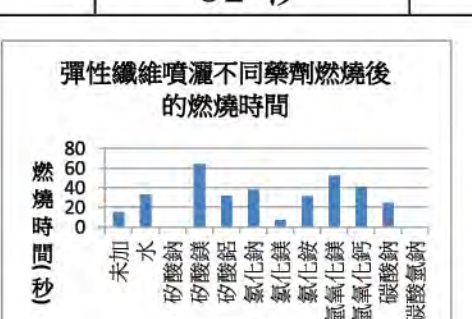
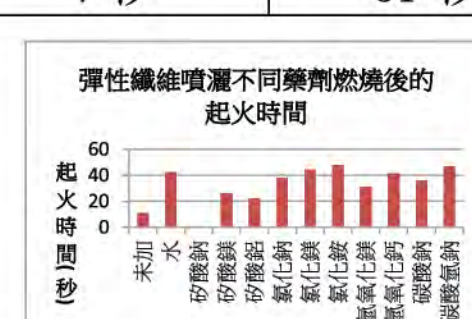
(一) 實驗結果：

彈性纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

燃燒情形	添加物	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化鈉
照片							
焦黑		只有矽酸鈉在 24 秒、101.5°C 時有焦黑的現象					
起火時間		11秒	42秒	無起火(閃燒)	26秒	22秒	38秒
熄火時間		26秒	75秒		90秒	54秒	1分16秒
燃燒時間		15秒	33秒		64秒	32秒	38秒
其它情形		融化					

彈性纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

燃燒情形	添加物	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片							
焦黑時間		不明顯					
起火時間		65秒	55秒	62秒	93秒	78秒	78秒
熄火時間		21秒	7秒	31秒	52秒	40秒	24秒
燃燒時間		21秒	7秒	31秒	52秒	40秒	24秒



(三)、發現與討論：

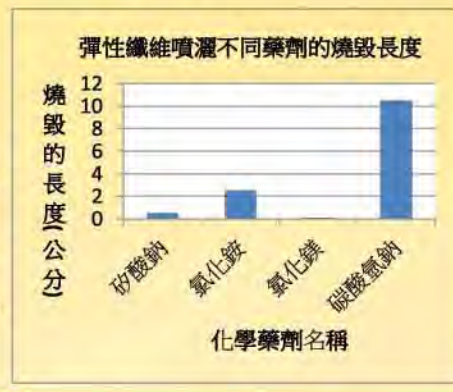
1. 彈性纖維布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，只有矽酸鈉在起火前有出現焦黑現象。燃燒後呈現一片完整的，有白色結晶的炭化布。
2. 每一種實驗藥劑對彈性纖維布都有明顯延緩起火的效果。
3. 噴上氯化銨很慢起火也很快熄火，是超佳的阻燃劑。
4. 彈性纖維布噴灑矽酸鈉不會起火。噴上氯化鎂、氯化銨、碳酸氫鈉的起火時間是最慢的。所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較續燃性的實驗。

實驗二：彈性纖維添加不同化學藥劑的續燃性



(二)、發現與討論：

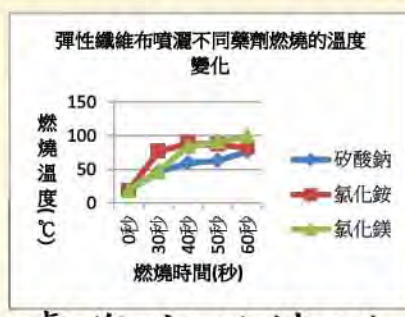
1. 發現在彈性纖維布的阻燃效果上是噴灑氯化鎂 > 矽酸鈉 > 氯化銨 > 碳酸氫鈉。
2. 沾有氯化鎂的彈性纖維布底部燃燒後有出現白色物體，它被燒掉的部分也是最短的。



燃燒情形		添加物	矽酸鎂	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片					
溫度變化	30 秒		45°C	76°C	47°C
	40 秒		59°C	89°C	84°C
	50 秒		63°C	88°C	91°C
	60 秒		76°C	83°C	99°C
豬皮狀態			不黏 / 有焦黃	不黏 / 有焦黃黑	不黏 / 有焦黃, 油

(三)、發現與討論：

1. 彈性纖維布分別噴灑四種化學藥劑，豬皮覆蓋在布上燃燒後，豬皮溫度較低的是噴灑矽酸鈉。
2. 選擇升溫最慢的矽酸鈉、氯化銨進行生煙量的測試以選出對彈性纖維布最佳的阻燃劑。



研究三-6、不同化學藥劑對尼龍布料燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

實驗一：聚酯纖維添加不同化學藥劑的燃燒情形

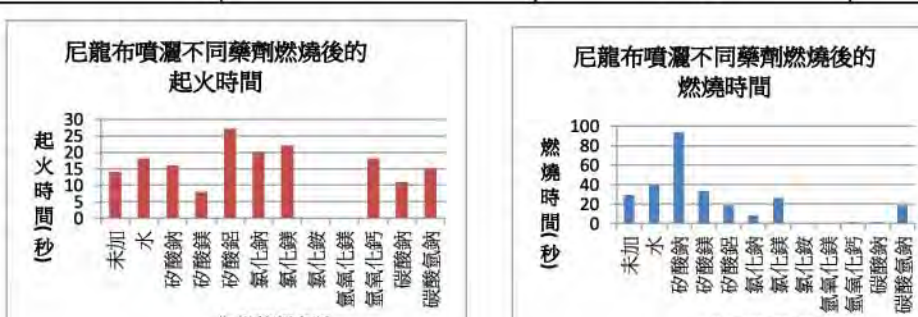
(一) 實驗結果：

尼龍布添加不同化學藥劑的燃燒情形-1

燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化銨
照片						
焦黑	不明顯					
起火時間	14 秒	18 秒	16 秒	8 秒	27 秒	20 秒
熄火時間	43 秒	57 秒	69 秒	41 秒	45 秒	28 秒
燃燒時間	29 秒	39 秒	93 秒	33 秒	18 秒	8 秒
其它情形	融化					

尼龍布添加不同化學藥劑的燃燒情形-2

燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑	不明顯					
起火時間	22 秒	無起火 (悶燒)	無起火 (悶燒)	18 秒	11 秒	15 秒
熄火時間	48 秒			19 秒	12 秒	33 秒
燃燒時間	26 秒			1 秒	1 秒	18 秒



(二) 發現與討論：

1. 尼龍布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，焦黑現象全部都不明顯。
2. 每一種實驗藥劑對尼龍布延緩起火的效果都有不明顯。
3. 各種藥劑對尼龍布燃燒時間上有明顯的差異，阻燃效果差的很快就燒盡了。
4. 尼龍布噴上氯化銨、氫氧化鎂是無焰燃燒，矽酸鋁的起火時間最慢，所以用這三種化學藥劑做後面的實驗。

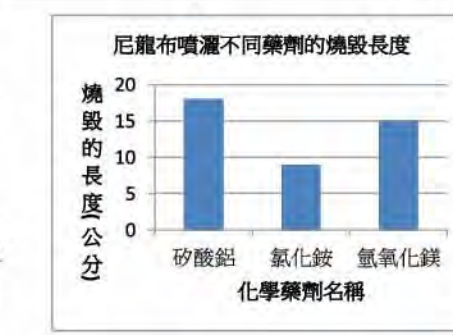
實驗二：尼龍布添加不同化學藥劑的續燃性

(一) 實驗結果：

燃燒情形	添加物	矽酸鋁	氯化銨	氫氧化鎂
燃燒前長度 30 cm				
燃燒後長度		12 cm	21 cm	15 cm
燒毀的長度		18 cm	9 cm	15 cm

(二)、發現與討論：

1. 發現在阻燃的效果上是噴灑氯化銨 > 氫氧化鎂 > 矽酸鋁。
2. 在四種化學藥劑中，氯化銨不會起火，而且被燒掉的面積也是最少的。



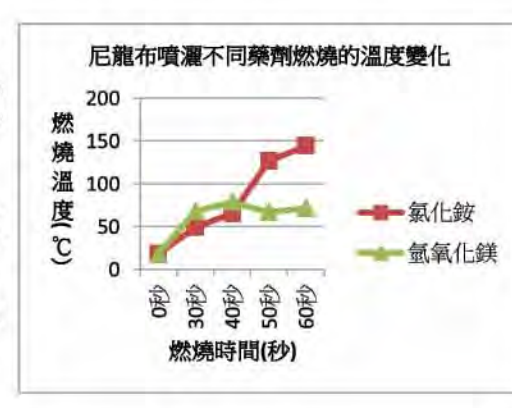
實驗三：尼龍布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一) 實驗結果：

燃燒情形	添加物	矽酸鎂	碳酸鈉
照片			
溫度變化	30 秒	49°C	68°C
	40 秒	65°C	78°C
	50 秒	126°C	67°C
	60 秒	144°C	71°C
豬皮狀態	黏鐵網和尼龍殘骸 / 捲曲	不黏 / 有焦黃黑 / 捲曲	
其它 (氣味)	烤肉味		

(二) 發現與討論：

1. 各種藥劑對尼龍布阻燃效果上沒有明顯的差異。
2. 尼龍布噴灑不同藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑矽酸鋁。
3. 尼龍布噴灑不同藥劑，蓋上豬皮燃燒後，全部都會捲曲，除了氫氧化鎂其它都會黏鐵網或尼龍殘骸，氯化銨沒有焦黑其他都會有焦黃、黑。
4. 選擇氫氧化鎂做生煙量測試。



研究三-7、不同化學藥劑對棉混紡織布燃燒現象的影響及對皮膚傷害的情形

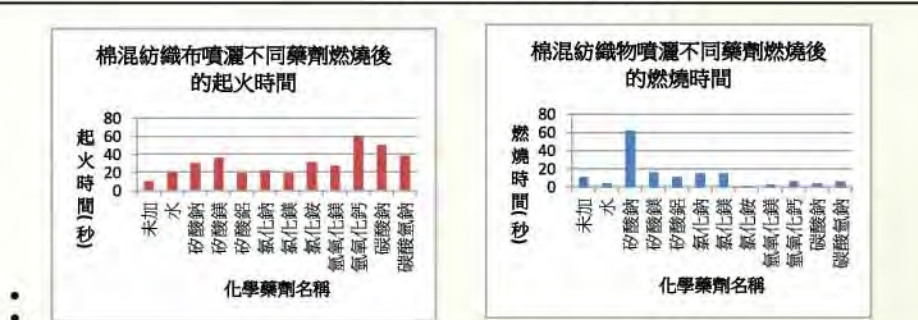
實驗一：棉混紡織布添加不同化學藥劑的燃燒情形

(一) 實驗結果：棉混紡織布添加化學藥劑的燃燒情形-1

燃燒情形	未加	水	矽酸鈉	矽酸鎂	矽酸鋁	氯化銨
照片						
焦黑	不明顯					
起火時間	10 秒	20 秒	30 秒	36 秒	19 秒	22 秒
熄火時間	21 秒	24 秒	92 秒	52 秒	30 秒	37 秒
燃燒時間	11 秒	4 秒	62 秒	16 秒	11 秒	15 秒
其它情形	有溶化物的顆粒					

棉混紡織布添加化學藥劑的燃燒情形-2

燃燒情形	氯化鎂	氯化銨	氫氧化鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片						
焦黑	不明顯					
起火時間	19 秒	31 秒	27 秒	60 秒	50 秒	38 秒
熄火時間	34 秒	32 秒	30 秒	66 秒	54 秒	44 秒
燃燒時間	15 秒	1 秒	3 秒	6 秒	4 秒	6 秒
其它情形	有溶化物的顆粒					



(三)、發現與討論：

1. 棉混紡織布噴灑不同種化學藥劑燃燒後，焦黑現象全部都不明顯。
2. 每一種實驗藥劑對棉混紡織物都有延緩起火的效果。
3. 起火較慢的依序是混紡織布噴上矽酸鎂、氫氧化鈣、碳酸鈉、碳酸氫鈉等化學藥劑，所以我們以這四種化學藥劑來進行下一個比較續燃性的實驗。

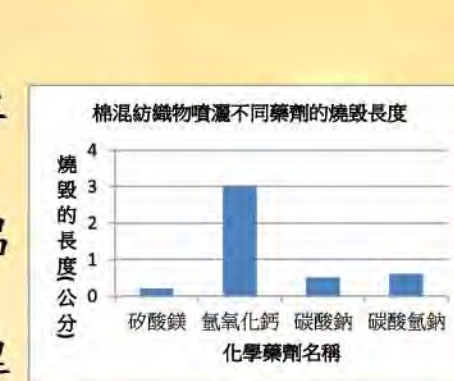
實驗二：棉混紡織布添加不同化學藥劑的續燃性

(一) 實驗結果：

燃燒情形	添加物	矽酸鎂	氫氧化鈣	碳酸鈉	碳酸氫鈉
燃燒前長度 30 cm					
燃燒後長度		29.8 cm	27 cm	29.5 cm	29.4 cm
燒毀的長度		0.2 cm	3 cm	0.5 cm	0.6 cm

(二)、發現與討論：

1. 棉混紡織布浸泡四種藥劑後，在相同時間內燃燒掉的長度是矽酸鎂 < 碳酸鈉 < 碳酸氫鈉 < 氫氧化鈣。
2. 對棉混紡織布阻燃效果最好的是碳酸氫鈉 > 矽酸鋁 > 矽酸鈉 > 碳酸鎂。
3. 再將這三種藥劑進行以下的豬皮比較實驗，以了解燃燒的溫度變化。



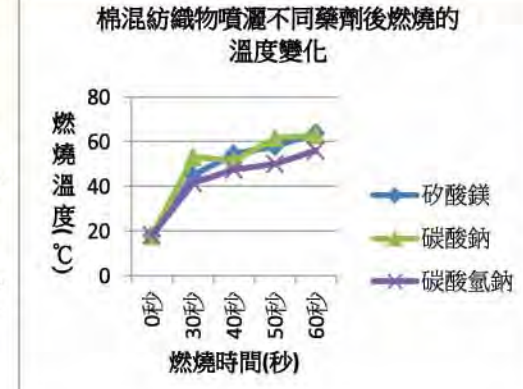
實驗三：棉混紡織布添加不同化學藥劑對皮膚傷害的情形

(一) 實驗結果：

燃燒情形	添加物	矽酸鎂	碳酸鈉	碳酸氫鈉
照片				
溫度變化	30 秒	45°C	53°C	41°C
	40 秒	54°C	51°C	47°C
	50 秒	58°C	61°C	50°C
	60 秒	64°C	63°C	56°C
豬皮狀態	部分黏有焦黃	部分黏有焦黃	不黏有焦黃	

(二)、發現與討論：

1. 棉混紡織布噴灑不同藥劑，蓋上豬皮燃燒後，在 60 秒時，溫度較低的是噴灑碳酸氫鈉。
2. 棉混紡織布噴灑不同藥劑，全部都有焦黃，只有碳酸氫鈉不沾黏，其它都會黏。
3. 選擇升溫最慢的碳酸氫鈉、碳酸鈉進行生煙量的測試以選出對棉混紡織布最佳的阻燃劑。



實驗四、比較不同化學阻燃劑對不同布料燃燒的生煙量

一、測試目的：為了測試加上化學阻燃劑的布料燃燒後，是否會冒太多煙而妨礙逃生或危害人體健康

一、測試生煙量的裝置：



零件名稱	實物	裝置方式	功能
鐵桶		用热熔膠將鐵桶與鐵漏斗相連	防止煙從周圍露出
塑膠桶		用寬膠帶將透明塑膠桶與鐵漏斗相連，塑膠桶外側包上黑紙遮光	收集煙，使煙阻擋手電筒的光照射在照度計的受光器
照度計		將照度計用膠帶黏在手電筒對面的塑膠桶桶身，使光線可以直射到	用來測量煙量 (照度減少量) 布燃燒後所冒出的煙會使照度變小
手電筒		將塑膠桶用熱鐵棒溶出一個洞再將其插入	持續產生燈光

三、測試方法：



二、觀察記錄的項目：燃燒前的手電筒照度減去生煙後的手電筒照度就是生煙量

(三)、實驗結果：不同藥劑加不同布料燃燒產生的煙量

布的種類	化學藥劑	煙量 (照度減少量)	選取各種布料中生煙量較少的
棉	矽酸鈉	103	V
	氯化銨	27	V
蠶絲	碳酸氫鈉	370	
	矽酸鈉	111	V
麻	矽酸鈉	215	
	氯化銨	21	V
聚酯纖維	氯化銨	151	V
	矽酸鈉	199	V
彈性纖維	氫氧化鎂	66	V
	碳酸氫鈉	169	
尼龍	氫氧化鎂	66	V
	碳酸氫鈉	144	V

(四)、發現與討論：

1. 煙量 (照度減少量) 數值越大表示生煙越多，會影響呼吸系統，不適合做為阻燃劑使用，相反的，數值越小表示煙越少，也表示越適合使用。
2. 生煙量最多的是亞麻布加碳酸氫鈉，煙最少的是聚酯纖維加氯化銨。
3. 經過多次實驗篩選後各種布料適用的阻燃劑分別是棉用矽酸鈉、蠶絲用氯化銨、亞麻用矽酸鈉、聚酯纖維用氯化銨、彈性纖維用氯化銨、尼龍用氫氧化鎂、棉混紡織用碳酸鈉。

## 陸、研究結論

一、天然纖維與人造纖維的燃燒現象有什麼不同？

- 不同布料在燃點、續燃性、氣味、融化現象、炭化現象等方面有所不同。
1. 天然纖維的燃點比人造纖維和混紡高。混紡的燃點介於中間，是依照天然與人造纖維混合的比例而定。
  2. 人造纖維的燃點雖然低，但是「續燃性」低，離火就停止燃燒。天然纖維則相反。續燃性是亞麻 > 棉布 > 尼龍 > 聚酯纖維 > 彈性纖維 > 混紡 > 蠶絲。
  3. 人造纖維和混紡燃燒時有塑膠臭味且有黑色融化物，易造成沾黏。
  4. 天然纖維的棉布與亞麻布燃燒後會留有炭化纖維。

二、化學藥劑的阻燃效果要用什麼方法和標準來判定？

- (一) 判定阻燃效果的方法：  
本研究利用水平燃燒、垂直燃燒、皮膚模擬、煙阻照度等方法，來測量化學藥劑加在布料燃燒後的起火時間、燒毀長度、豬皮溫度、生煙量來判斷化學藥劑的阻燃效果。
- (二) 判定阻燃效果的標準：  
阻燃效果好的是 (1) 起火時間較慢者 (2) 燒毀的長度較短者 (3) 溫度上升較少者 (4) 產生煙量較少者。

三、不同布料適用的化學阻燃劑是什麼？

1. 經過起火時間、燒毀長度、豬皮溫度等層層篩選後適用於各種布料的一種中或兩種最佳化學阻燃劑如下表：

布料	藥品	矽酸鈉	碳酸鈉	氫氧化鎂	氯化銨	碳酸氫鈉
棉布		V				
蠶絲					V	
亞麻布		V				V
聚酯纖維		V			V	
彈性纖維		V			V	
尼龍				V		
棉混紡織布		V				V

2. 用生煙量篩選出最後適用各種布料的阻燃劑：

布料	棉布	蠶絲布	亞麻布	聚酯纖維	彈性纖維	尼龍布	棉混紡織
藥劑	矽酸鈉	氯化銨	矽酸鈉	氯化銨	氯化銨	氫氧化鎂	碳酸鈉
水平燃燒							
垂直燃燒							

3. 矽酸鈉對布料的阻燃效果適用性很廣但是受熱後溫度太高而且鹼性較強較不適合實際應用在穿著的衣服布料。
4. 整體而言，對布料的阻燃效果以實驗藥劑中的氯化銨的適用性最廣。

## 柒、參考資料

1. 環保阻燃劑將是阻燃材料的唯一出路原文網址：[https://read01.com/a04rd7.html</](https://read01.com/a04rd7.html)