

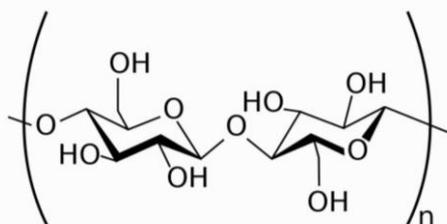
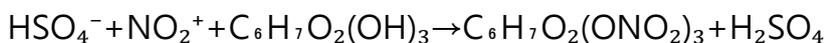
2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

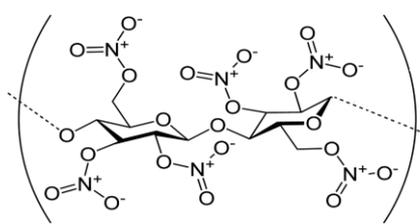
題目名稱：魔術師手中的火焰，復刻魔術道具「硝化纖維」
一、摘要
魔術師手中突然出現又突然消失的龐大火焰總是讓人驚嘆不已，而這又稱為火棉，是消化纖維的一種。 我們經由研究硝化反應的原理來復刻出魔術師手中的火焰，若由棉花製作，則硝酸：硫酸比例為 1：2 且反應時長為 20 分鐘能得到最龐大效果最好的火焰，若由秤量紙來製作，硝化劑濃度比例是相同的，但反應時長為 15 分鐘能得到紙張完整度和火焰效果兼具的成果。
二、探究題目與動機
每當看到魔術師手中突然出現，又突然消失的火焰，總讓我們驚嘆不已。到了高中後看到化學課本上有類似的內容，而且在「不用背公式就能知道的趣味化學故事」這本書中的「棉花也能炸碉堡」這篇故事中提到了「火棉」這個物品很類似於魔術師手中的火焰，讓我們開始好奇它背後的原理。於是就開始查詢一些網路文章，也去翻閱圖書館的書籍，並找化學老師帶著我們動手做做看。
三、探究目的與假設
(一) 了解硝化纖維和原理 (二) 不同濃度的硝化劑對硝化反應的影響 (三) 不同的纖維素材料硝化反應的差異 (四) 不同反應時間的結果差異
四、探究方法與驗證步驟
一、了解硝化纖維和原理 (一) 什麼是硝化纖維 「硝化纖維素是纖維素與硝酸或其他強硝化劑反應生成的爆炸性化合物。」主要的製作方法則是讓纖維泡入使用硝酸和硫酸的混和溶液後製作而成的。至於為什麼還需要使用硫酸呢？因為硝化反應其實是很慢的反應，而我們需要使用硫酸來加速反應的進行，所以硫酸就是我們的催化劑，而經由控制催化劑的量可以達到不同得效果，每種纖維適合的比例也會有所不同。 而在許多文獻資料中給出的硝化劑比例大部分都是 1:2 和 1:3，而使用棉花製作而成的又稱為「火棉」、使用紙類製作而成的又稱「閃光紙」。 (二) 硝化反應的原理 在硝化反應的過程中，需先將硝酸和硫酸混合成硝化劑，在混和的過程中會放熱，使硝酸轉變成硝基並產生水，然後在纖維與硝化劑反應的過程，纖維中氫氧根的氫和氧會斷鍵，而氫會由硝基取代，硫酸氫根與氫合成硫酸，所以在這個反應中硫酸是催化劑，然後

硝化纖維中的硝基是一種助燃物，所以使得硝化纖維容易燃燒，最後就形成了能快速燃燒且具有壯觀的龐大火焰的火棉或閃光紙了。

研究反應式：



圖一：纖維的結構簡式



圖二：硝化纖維的結構簡式

二、探討不同濃度的硝化劑對硝化反應的影響

(一) 實驗目的

根據文獻探討的結果，使用硝酸比硫酸 1:2 和 1:3 這兩種比例來測試，相對成功率比較高，因此我們使用了硝酸比硫酸 1:2 和 1:3 這兩種比例來對棉花進行實驗。

(二) 實驗器材

表一：實驗器具與材料

器材		藥品	材料
50ml 燒杯 x 2	玻璃棒 x 2	硫酸(濃度:95%~98%)	醫療用棉花
200ml 燒杯 x 2	培養皿 x 2	硝酸(濃度:65%~68%)	秤量紙
10ml 量筒 x 2	鑷子 x 2	清水	濾紙
滴管 x 4	點火工具	無水酒精	A4 影印紙
溫度計 x 1	盆子 x 4		棉線
			抹布

(三) 硝化反應的實驗步驟

1. 分別在 250ml 的燒杯中配制 1:2 和 1:3 濃度的硝化劑。
2. 溫度衝到 70 度左右會開始降溫，等待溶液冷卻至 30~40 度，可以隔水快速降溫。
3. 把準備好的材料完全浸泡到溶液中，等待 15~20 分鐘。
在此步驟中，若調製的溶液不夠多，可使用滴管吸取溶液移置培養皿中讓紙類的纖維浸泡，並盡量使所有纖維浸泡到溶液中，以確保反應能順利進行。
4. 用鑷子取出後，用清水把殘餘的酸洗掉。

在此步驟中需洗淨至清水呈現弱酸性或中性才可停止清洗，可用廣用試紙檢測。

5. 洗完後，將材料浸泡於無水酒精中，以便加速去除水分。
6. 取出後，攤開放置到完全晾乾後就完成了。

表一：實驗步驟

浸泡溶液中的影印紙、濾紙、秤量紙	反應完後夾出，並放入清水把酸給清洗乾淨。	將洗好的樣品放入無水酒精中加速去除水分	接著攤開放置晾乾
			

(四) 實驗規劃

實驗規劃一：使用醫用棉花（直徑約 1cm 的棉花團）與秤量紙（4x4 cm）比較 1:2 與 1:3 的硝化劑濃度的差異。

實驗組：有兩種不同濃度的硝化劑，分為 - 實驗組一 1:2 的硝化劑，實驗組二 1:3 的硝化劑。

對照組：未執行硝化反應的材料。

(五) 實驗結果

規劃一：使用兩種不同的濃度比較燃燒完成的時間，根據燃燒完畢的時間計算，醫用棉花與秤量紙都是用 1:2 的硝化劑反應時的燃燒時間是最短。

表二：未加工和加工纖維的燃燒速度比較

	實驗組一：1:2 的硝化劑	實驗組二：1:3 的硝化劑	對照組：原始纖維
醫用棉花			
燃燒完畢的時間	1 秒	4 秒	7 秒

秤量紙			
燃燒完畢的時間	2 秒	5 秒	9 秒

三、不同的纖維素材料硝化反應的差異

(一) 實驗目的

受測物的部分，我們也盡量選擇生活中容易取得的纖維進行比較，不同的纖維進行硝化反應的結果比較，因此我們挑選了棉花、秤量紙、濾紙、A4 影印紙、棉線、抹布這六種材料來進行實驗。

(二) 實驗規劃

實驗規劃二：使用規劃一實驗效果最佳硝化劑濃度 (1:2) 進行六種不同纖維的比較，受測物為醫療用棉花 (直徑約 1cm 的棉花團)、秤量紙 (4x4 cm)、濾紙 (4x4 cm)、4A 影印紙 (4x4 cm)、棉線 (4x4 cm)、抹布 (1x1 cm)。

(三) 實驗結果

規劃二：使用 1:2 的消化劑燃燒六種不同纖維，比較燃燒的情況。受測物為醫療用棉花、秤量紙、濾紙、4A 影印紙、棉線、抹布。

表三：1:2 的消化劑與不同纖維反應的比較圖

1:2 的硝化劑	醫療用棉花	秤量紙	濾紙	4A 影印紙	棉線	抹布
燃燒速度	明顯變快	明顯變快	速度較慢	速度較慢	無法燃燒	無法燃燒
燃燒時的狀態	龐大的橘紅色火焰	橘紅色火焰	有小火苗和黃煙	幾乎看不到小火苗，但有黃煙	燃燒的部位被燒焦，但沒有蔓延到其他地方	燃燒的部位被燒焦，但沒有蔓延到其他地方
					燃燒狀態是和抹布一樣	

四、不同反應時間的結果差異

(一) 實驗目的

因為秤量紙在硝化 20 分鐘後，會變得很容易破裂，所以我們就想說是不是因為反應時間太長，才導致紙張破裂，因此我們讓秤量紙反應 10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘的時間來進行比較。

(二) 實驗規劃

實驗規劃三：使用規劃一實驗效果最佳硝化劑濃度 (1:2) 和使用秤量紙 (10X10cm) 來進行反應時間不同的比較。

(三) 實驗結果

規劃三：使用 1:2 的消化劑並使用秤量紙浸泡不同時間，比較燃燒的情況。受測時間分別為 10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘。

表四：不同硝化反應時間的比較圖

	反應 10 分鐘	反應 15 分鐘	反應 20 分鐘
燃燒速度	最慢	次之	最快
燃燒時間	8 秒	4 秒	2 秒
燃燒狀態			
從消化劑中拿出的狀態	完整	完整	殘破，較不完整

五、結論與生活應用

一、研究結果

在規劃一使用兩種不同濃度的硝化劑，比較燃燒完成的時間，醫用棉花與秤量紙都是用 1:2 的硝化劑之硝化反應的燃燒時間最短。

在規劃二根據 1:2 的硝化劑燃燒六種不同纖維，比較燃燒的情況。受測物為醫療用棉花、秤量紙時的燃燒結果最佳。

根據規劃一的結果最佳硝化劑濃度為 1:2，根據規劃二結果為最佳的纖維材質是棉花與秤量紙。但經由規劃三得知，若要使秤量紙型態完好，則最佳的硝化時間為 15 分鐘。

二、研究分析

根據三個規劃的實驗結果，在做 1:2 和 1:3 的硝化劑比較時，結果很明顯是 1:2 的燃燒效果更好且更快速，可得知規劃一中硝化劑的最佳濃度為 1:2。經過規劃二的比較，可以看出棉花與秤量紙所表現出來的火焰狀態最清楚。而規劃三能得知，硝化時間縮短能使紙類

纖維型態不易破損更加完好如初，但縮減的時間多寡則會影響到燃燒的速率。

三、結論與建議

各種不同材質的纖維都應該會有最佳的硝酸硫酸溶液比例進行適合的硝化反應，建議使用精準的量化重量或體積先標準化的受測物，這樣會有比較有統一與一致性的實驗結果，而鬆散的棉花與成團的秤量紙的最佳硝化劑濃度為 1:2。

硝化反應的步驟有八個步驟，其中步驟四需要將受測物浸泡在消化劑中 15 ~ 20 分鐘，浸泡時間跟受測物纖維密度與吸水能力有關，要確定受測物完整的吸收了硝化劑。硝化反應的步驟四和步驟八需要確認受測物殘留的酸類需完全洗淨並完整的晾乾，若沒有完全洗淨或是沒有完整的晾乾，則會產生大量的煙霧，就無法創造出快速與龐大的火焰效果。

參考資料

一、硝化纖維 - 維基百科。

<https://zh.m.wikipedia.org/zh/%E7%A1%9D%E5%8C%96%E7%BA%A4%E7%BB%B4>

二、纖維素 - 維基百科。

<https://zh.wikipedia.org/zh-hant/%E7%BA%A4%E7%BB%B4%E7%B4%A0>

三、陳淑媛、陳藹然。(2010年12月)。科學 Online - 硝化棉。

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E7%A1%9D%E5%8C%96%E6%A3%89>

四、張允誠。(2020年7月)。不用背公式就能知道的化學故事。讀品文化事業有限公司。

五、國立台中教育大學 5 科學教育與應用學系。

<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-032.html>

六、Charles Calmbacher。(2017年4月)。SCIENCING。

<https://sciencing.com/properties-nitrocellulose-5078853.html>

七、陸冠輝、楊水平。(2011年7月)。科學 Online - 神奇的閃光紙。

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=26945>