

彰化縣 102 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選
作品說明書

作品編號：

國小高年級組

數學類

(四、五、六年級)

組別：

自然與生活科技類

國中組

人文社會類

作品名稱：**熊熊燭焰在燃燒—不同材質的蠟燭燃燒比較**

彰化縣 102 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書

第一階段 研究訓練階段

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

本校資優班於中、高年級分設「專題研究」、「獨立研究指導」相關課程，旨在培養學生以資訊技能作為擴展學習與溝通研究工具的習慣，提升資料搜尋、處理、分析、展示與應用的能力；並進行基礎研究技能的訓練，配合多元化課程規劃，擬定並執行、調整與修正研究計畫，培養對專題研究發表的能力與經驗。

二、學校如何提供該生獨立研究訓練

本校獨立研究訓練相關課程規劃採循序漸進的模式：

(一) 探索及簡單的方法訓練經由討論、蒐集、報告、創作、欣賞、評鑑等活動，涉獵各科領域。安排不同的主題課程，循序引導學生學會資料蒐集、重點摘錄、應用、分析、歸納整理、發表，並培養主題研究的興趣。

(二) 方法訓練透過主題研究的方式，練習各種研究方法，如：實驗、調查、問卷及工具的認識與應用。

(三) 分組研究與創作熟練各種研究方法，以興趣出發，師生共同討論決定研究主題，採小組分工合作方式，共同完成。

(四) 獨立研究與創作學生能自行擬定研究計畫，安排學習進度，適時完成計畫及自我評鑑。

熊熊燭焰在燃燒—不同材質的蠟燭燃燒比較

壹、摘要

經市場調查，市面上蠟燭材質主要有幾種，有使用玻璃罐盛裝果凍蠟、添加香精的椰子油脂製成的紅色蠟燭以及加熱精油使用的石蠟小蠟燭，這些蠟燭的蕊芯則多半選擇使用棉線。本研究使用石蠟、蜜蠟及果凍蠟作為蠟燭主體，配上不同蕊芯：白線(棉)、紅線(棉尼龍混紡)、麻線(麻)、米色線(棉麻混紡)及棉紙，做成等體積的不同蠟燭。經燃燒試驗，發現石蠟燃燒時的燭焰最為穩定，果凍蠟則產生大量黑煙，燃燒時的燭焰也呈現不穩定的狀態；棉線配上石蠟製成蠟燭燃燒最持久，果凍蠟燃燒時間最短。

貳、選擇主題

自古以來，蠟燭一直是人們照明的工具。但自從電燈發明之後，大家通常就只會把它用來裝飾，像是生日蛋糕上的蠟燭、百貨公司裡的造型蠟燭等。現在雖然它不再具有照明的功用，但它仍然會帶給人們光亮與溫暖的感覺。蠟燭的成分也不一定相同，常見的有蜜蠟、石蠟以及果凍蠟等，而燭蕊的材質也不一定完全相同，無論蠟燭的形式為何，不同種類的蠟燭是否會影響燃燒蠟燭的時間長短呢？

參、擬定工作進度表

月份	七月		八月		九月		十月		十一月	
文獻探討										
市場調查										
製作蠟燭										
進行實驗										
撰寫報告										

肆、擬定初步的研究問題

- 一、進行市場調查，認識蠟燭的種類與使用。
- 二、文獻探討，了解蠟燭燃燒的原理。
- 三、選擇合適的研究材料與設計。

伍、尋找資源

一、文獻探討

早期的蠟燭是用棉線做燭蕊，用手提著棉線，多次在熔化的蜂蠟裡浸蘸而成的。因為蠟蘸得不均勻，燭火也就閃爍不定。現在的蠟燭大多是用石油產品中的石蠟做成的，燭芯也改用較好的棉線，再於熔蠟中加入一些顏料，因此不但燭火穩定，還可以做成各種造型和顏色的蠟燭。把家裡沒燒完的蠟燭，小心的用刀片剝開，會發現，蠟燭只有棉線和蠟塊兩個部份。棉線除了用來點火，還有「毛細作用」——燃燒的時候，棉線下端熔化的蠟油才會被吸上來。把一小段（約兩公分）蠟放在鍋中加熱，蠟塊逐漸融化成液體狀的「蠟油」。

點燃蠟燭時，先點燃的是蠟燭的燭芯，當火焰的熱量溫度大約 60°C 時，固體的蠟就會融化成液體。在蠟燭火焰的底下，儲存著液態的蠟。液態的蠟，會沿著蠟燭蕊絨爬上來，再被火加熱變成氣。蠟和煤油等液體為什麼能爬到芯上來？把玻璃管立在水中，水就能在管子裡升上來，管子越細，水上升的位置就越高，這就是毛細現象。變成液體的蠟，和水一樣，通過蠟燭芯線中的縫隙爬上來。蠟一定要附著在燈芯上才可以燃燒。

點燃一根火柴，丟入蠟油中，蠟油是燒不起來的。但是，如果繼續把蠟油加熱，直到冒出白煙，再投入火柴，蠟油就會燃燒起來了（圖 5-1、圖 5-2）。點燃一根蠟燭，就可以觀察蠟燭燃燒的現象了。燭芯被點燃以後，下端的蠟就逐漸

熔化，呈現向下凹的淺碟狀。蠟燭愈燒愈短，可是火焰裡的燭芯蕊卻一直保持一定的長度。



圖 5-1、熊熊火焰在燃燒



圖 5-2、無蕊無芯也可燃

燭焰的形狀是層次分明的。火可以分成三個部分：焰心是藍色的；內焰較為暗淡；外焰溫度最高，也最明亮。蠟燭燃燒的時候，在火焰上方會產生一些黑煙。把蠟燭吹熄，燭芯上會冒出白煙。

二、市場調查

為了研究何種材質與蕊芯製成的蠟燭燃燒最久，規劃了市場蠟燭調查，目的在了解市面上常見的蠟燭使用那些材質與蕊芯，做為後續實驗設計的依據。

陸、記錄研究的發現

經市場調查，市面上蠟燭材質主要有幾種，婚宴、餐廳為了增加氣氛，往往使用玻璃罐盛裝果凍蠟（圖 6-1），透明的蠟燭在燭火輝映下，晶瑩剔透，美極了！廟裡常見的巨型蠟燭（圖 6-2），裡面常常添加一些香精，也常常做成鳳梨造型，根據生產商所言，材質主要是椰子油脂或是石蠟所製成的，椰子油脂製成的蠟燭易染色、添加香精，成本也較便宜，但比傳統石蠟製成的蠟燭軟一些。而常用在加熱香精油或是餐廳加熱茶類飲料的蠟燭，成分除了椰子油之外，有些還是使用石蠟，石蠟是石化產業鏈末端附屬產物，製成的蠟燭燃燒較無氣味，也較硬些（圖 6-3），此外更有許多添加香精油在蠟燭內的精油蠟燭，其主要使用的則是蜜蠟。



圖 6-1、婚宴蠟燭



圖 6-2、土地公廟紅燭



圖 6-3、花草茶加溫用蠟燭

市場調查所得到的蠟燭，這些蠟燭的蕊芯則多半選擇使用棉線，是否只有棉線做成的蠟燭燃燒間最持久呢？更換蠟燭蕊芯是否可以改變蠟燭燃燒的時間呢？

柒、擬定正式計畫及研究問題

一、材料選擇

(一)、蠟燭質材選擇

經過前面市場調查可以發現，蠟燭使用的質材主要有：動植物油脂、石蠟、蜜蠟與果凍蠟等。受限於動植物油脂(最常使用的是椰子油)取得不易，因從化工材料行所購得椰子油多為製造肥皂使用，常溫下是液態，要經過後製處理方可製成固態蠟燭，而動物油脂因燃燒產生氣味不佳，早已從市場主流中淘汰。所以在蠟燭的材質上，本研究選擇石蠟(圖 7-1)、蜜蠟(圖 7-2)與果凍蠟(圖 7-3)三種作為研究主要材料。

(二)、蕊芯的選擇

市面上蠟燭的蕊芯為何都使用棉線？更換蕊芯製作蠟燭能不能延長蠟燭燃燒的時間呢？本組選擇市面上購得的各種線材，包含了：白線(棉)、紅線(棉、尼龍混紡)、米色線(棉麻混紡)、麻線(麻)與棉紙五種。



圖 7-1、石蠟



圖 7-2、蜜蠟



圖 7-3、果凍蠟



圖 7-4、各種蕊芯



圖 7-5、棉麻混紡蕊芯

二、蠟燭的製作

- (一)、先把不同種類的材質（石蠟、蜜蠟、果凍蠟），取適量放入蒸發皿加熱。（如圖 7-6）
- (二)、把鋁箔紙包在金屬管上，並用橡皮筋加以固定。
- (三)、再把不同材質的蕊芯放進裝入有蠟油的蒸發皿。（如圖 7-7）
- (四)、拿起沾有蠟油的蕊，纏繞在鐵絲上。（如圖 7-8）
- (五)、把燭蕊放入金屬管，並把定量蠟油倒入金屬管內。
- (六)、放置在室溫約幾分鐘，脫模前先加熱一下，便於脫模(如圖 7-9)。

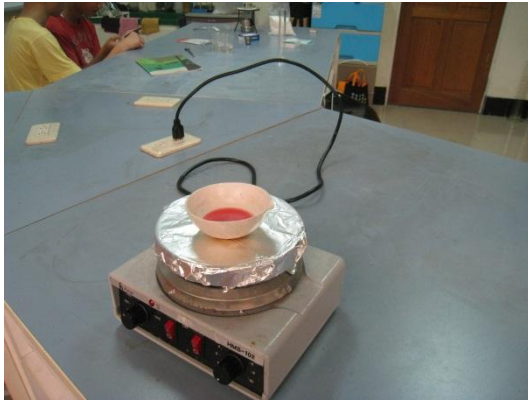


圖 7-6、加熱蠟塊

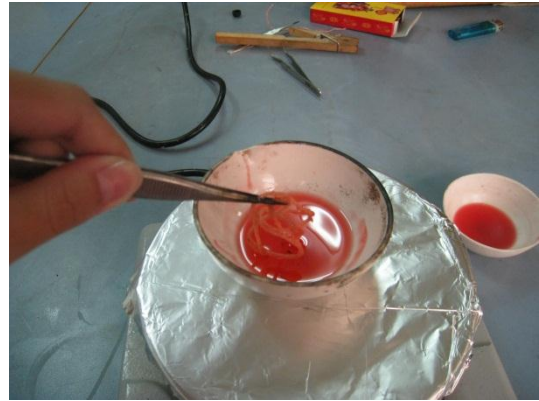


圖 7-7、蕊芯浸泡

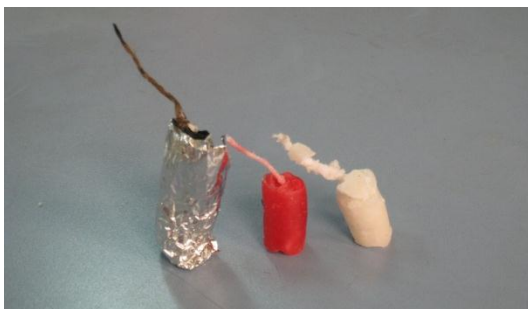


圖 7-8、蕊芯插入模中



圖 7-9、脫模後的各式蠟燭

捌、提出研究成果

以燃燒時間結果來看(表 8-1)，果凍蠟搭配白線完全燒不起來，(石蠟+白線)燃燒時間最久，其次是(石蠟+麻線)，燃燒時間最短的是(果凍蠟+棉紙)。

以石蠟為材質，配以不同材質蕊芯的結果顯示(圖 8-1)，使用白線(棉)做為燭蕊芯的燃燒時間顯著比其他材質來的長，棉紙作為蠟燭蕊芯所燃燒的時間最短。若以蜜蠟作為材質，使用不同材質蕊芯所得平均燃燒時間無明顯差異(圖 8-2)，與石蠟材質結果，除了(石蠟+棉線)外，大致上接近。以果凍蠟作為材質，無論搭配何種蕊芯，燃燒時間均較另外兩種材質為短，甚至以(果凍蠟+棉線)的蠟燭成品，根本無法點燃(圖 8-3)。

表 8-1、燃燒蠟燭時間的數據(單位：分)

材料	蕊芯	1	2	3	4	5	平均
石 蠟	白線	22.42	26.20	9.16	40.63	24.35	24.55
	紅線	10.14	13.43	18.08	10.18	7.46	11.86
	麻線	8.05	12.06	6.44	16.47	21.57	12.92
	米線	9.47	13.32	8.28	9.30	12.05	10.48
	棉紙	10.04	10.31	6.50	5.25	8.06	8.03
蜜 蠟	白線	13.17	13.20	14.51	11.20	9.37	12.29
	紅線	9.40	9.23	12.50	18.57	12.08	12.36
	麻線	14.44	8.12	9.26	11.51	9.27	10.52
	米線	4.18	7.39	8.40	13.56	5.51	7.81
	棉紙	9.50	8.70	5.53	2.76	7.45	6.79
果 凍 蠟	白線	—	—	—	—	—	—
	紅線	2.33	1.59	3.10	2.33	2.12	2.29
	麻線	3.06	2.21	3.29	4.25	3.20	3.2
	米線	6.18	3.21	3.05	4.04	2.33	3.76
	棉紙	3.36	4.29	3.23	2.43	2.09	3.08

「—」：表示根本無法點燃蠟燭

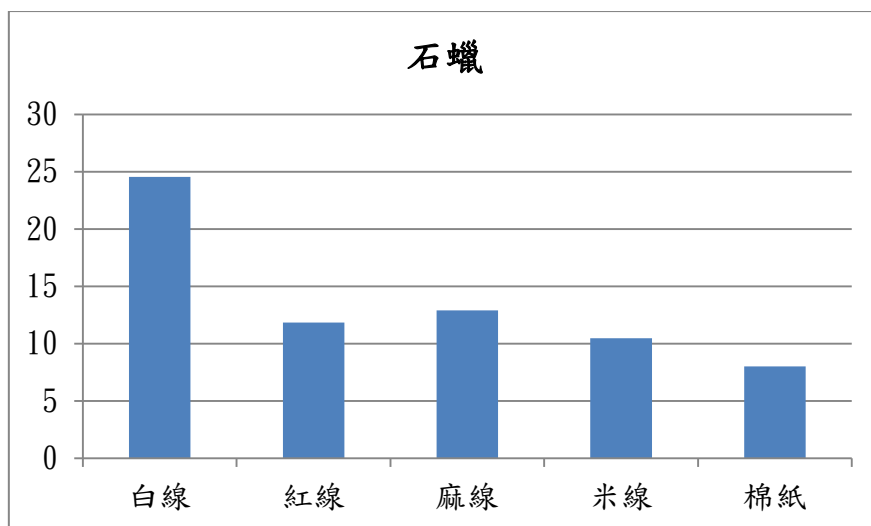


圖 8-1、以石蠟為材質，不同蕊芯製成蠟燭燃燒時間平均值(單位：分)

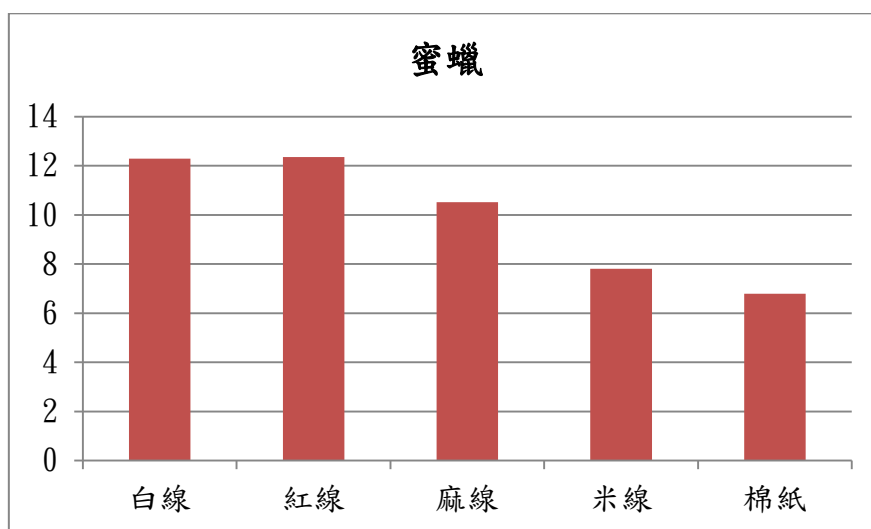


圖 8-2、以蜜蠟為材質，不同蕊芯製成蠟燭燃燒時間平均值(單位：分)

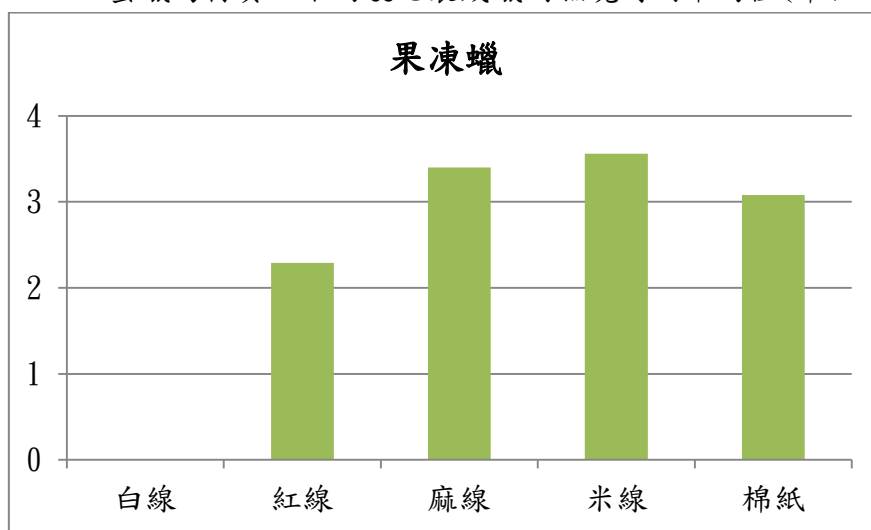


圖 8-3、以果凍蠟為材質，不同蕊芯製成蠟燭燃燒時間平均值(單位：分)

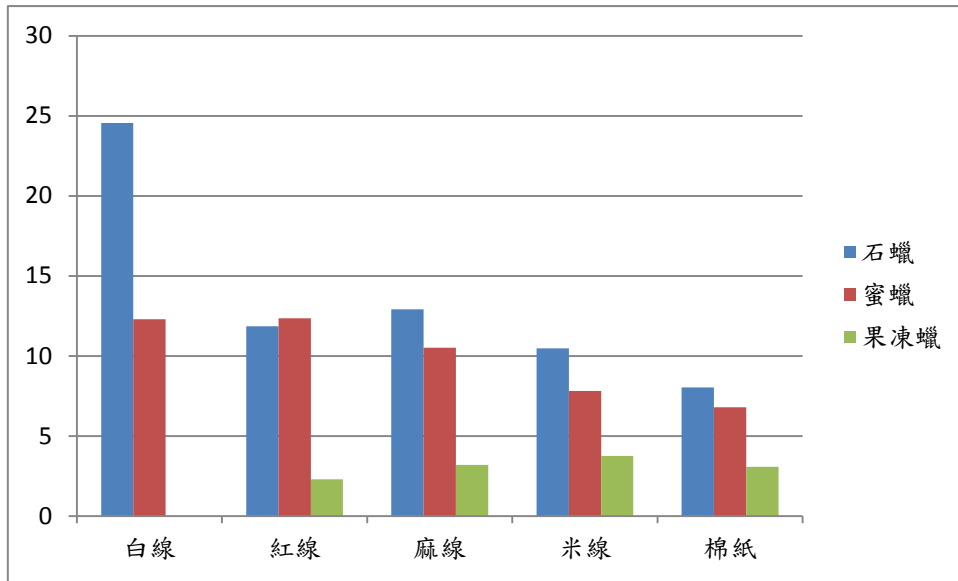


圖 8-4、不同材質(石蠟、蜜蠟、果凍蠟)、蕊芯(棉與尼龍混紡、麻、棉麻混紡、棉紙)對蠟燭燃燒時間的影響(單位：分)

從以上結果顯示，無論蕊芯材質為何，蜜蠟燃燒最穩定；以蕊芯材質而言，白線(綿)是最好的選擇，但是無法使用在果凍蠟上；其次是麻線(麻)或紅線(棉、尼龍混紡)作為蕊芯，也提供較穩定的燃燒(表 8-4)。

以燃燒火焰來看，石蠟燃燒時間的燭焰最為穩定(圖 8-5)，果凍蠟則產生大量黑煙，燃燒時的燭焰也呈現不穩定的狀態(圖 8-6)。



圖 8-5、石蠟蠟燭燃燒



圖 8-6、果凍蠟燃燒

玖、評鑑與探討

為了製造蠟燭，在實驗過程中我們持續試了許多的模具，最早使用的水管模具，因製作蜜蠟蠟燭脫模不易而困擾許久！主要因為蜜蠟具有黏性，即使在水管內側塗上凡士林，仍然無法改善脫模失敗率，因此為了改善脫模所造成的困擾，我們嘗試使用鋼管做為模具，因為當鋼管內部的蠟凝固後，即使不易脫模，仍然可以藉由加熱鋼管溶掉蠟燭表面而順利脫模。

這次的實驗讓我們了解許多蠟燭及線(紙)的種類，平時我們只知道蠟燭是用蠟油做成的，如果比較了解的頂多知道紅色的蠟燭是石蠟做成的，但是經過這次的實驗後，我們發現了蠟燭有分石蠟、蜜蠟及果凍蠟等；平時我們使用的線，是一般的燭蕊，但是這次我們選用了不同的紙質和不同的種類的線發現有些可以更持久，有些卻會讓它快速的燒完。

製作蠟燭過程比想像中更困難，除了模具選擇與脫模效果不佳的原因外，還有在控制等容積的蠟油，也讓我們吃足苦頭。此外，材質的種類與蕊芯種類繁多，而且必須考慮實驗的重複性，算一算必須製作數百根蠟燭才能滿足實驗需求。不得已之下，刪減材質與蕊芯種類成三種材質搭配五種蕊芯，做變因控制；至於不同材質與蕊芯和等體積但不同粗細蠟燭的實驗，確實是心有餘，而力不足了。

拾、參考資料

蔡木山。有趣的蠟燭實驗：<http://www.bud.org.tw/Hu/essay35.htm>
法拉第。(2012)。法拉第的蠟燭科學。台灣商務：台北