

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080809

「天燈」密碼

學校名稱：新北市平溪區菁桐國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳識任	鍾文勳
小五 王泓仁	劉佳銘
小五 林美齡	
小五 張汶莘	
小五 賴柏宇	
小五 周紀偉	

關鍵詞：燃燒、浮力、天燈

「天燈」密碼

摘要

「天燈」是我們故鄉的特產，在這次的科展中，我們針對日常生活熟悉的「天燈」進行更深入了解。我們的重點是針對「天燈」的燃燒進行深入的探究，「天燈」燃燒主要的原料是金紙和燃油，首先我們探究油紙折疊方式對燃燒的影響，有哪些燃油和燃料可以讓「天燈」起飛。接著探究金紙、燃油及燃料對於環境是否會造成污染，最後找出低污染的燃料設計環保天燈。

壹、研究動機

「天燈」是我們新北市平溪區的特色，每年在元宵節都有施放天燈的大型活動，平時也可以在菁桐、平溪和十分車站附近看到很多觀光客在放「天燈」。但每次「天燈」升空時，常可看見拖著長長的黑煙尾巴升空，似乎有美中不足的感覺。尤其到了每年平溪「天燈」節慶活動時，在學校的附近都會發現滿山滿谷的「天燈」垃圾，對於環境造成很大的破壞。當學校自然課講到有關燃燒⁽¹⁾、力的作用⁽¹⁾和熱⁽²⁾的單元時老師有提到「天燈」的例子，因此引起我們想更瞭解「天燈」的一些原理和對環境的影響。

貳、研究目的

在當地可以看到很多店家在販賣「天燈」，頭頂上也常常看到很多「天燈」飛過，這些「天燈」的燃料大都是使用煤油和沙拉油加上金紙製成的，是不是可以用其他燃料代替，而且能減少對環境造成的污染。因此本研究主要目的是改進現有的「天燈」，研發環保「天燈」。為達到此目地，我們進行以下的研究。

- 一、 研究本地「天燈」的由來、製作和原理。
- 二、 各種「天燈」燃料是否對環境造成污染？
- 三、 哪些燃料做成的油紙，可以作為「天燈」燃燒的熱源？
- 四、 油紙傾斜不同角度和不同摺疊放式時燃燒速率有什麼不同？
- 五、 設計製作飛得又高又遠的環保「天燈」。

參、研究設備及器材

「天燈」紙、「天燈」底座、煤油、沙拉油、石化燈油(石蠟油)、植物燈油(棕櫚油、起酥油)、工業酒精、藥用酒精、食用酒精、安 x 牌酒精膏、雄 x 保溫膏、自製酒精膏、臺灣製金紙 (A) (11cm×14.5cm, 2.5g)、大陸製金紙 (B)、東南亞製金紙 (C)、大陸製環保金紙 (D)、東南亞製環保金紙 (E) (11.5cm×15cm,0.5g)、導電度計、PH 植檢測筆、海綿、吸油濾網。

肆、研究過程及討論

一、研究本地「天燈」的由來、製作和原理。



(一)、「天燈」的歷史

根據網路⁽³⁾、書本⁽⁴⁾⁽⁵⁾及訪問中可以整理出「天燈」相關的歷史資料，結果如下。

1. 「天燈」又稱「孔明燈」，相傳孔明為傳遞軍情而利用熱氣球原理製作而成，但古書中未發現確切的記載。
2. 平溪「天燈」是由清道光年間，由大陸福建移民所傳入，因當時有土匪搶劫因此「天燈」作為訊號聯絡使用，在抗戰期間作為軍事傳遞使用。農閒時「天燈」作為娛樂休閒使用。
3. 「天燈」和台語「添丁」語音相同，因此也發展成祈願的意思。
4. 「天燈」經由當地推廣而發展成為節慶和觀光的用途。

(二)、「天燈」的種類及製作

在菁桐、平溪、十分可以看到兩種型式的天燈，一是傳統形式（圖 1），一是改良（圖 2）的形式。

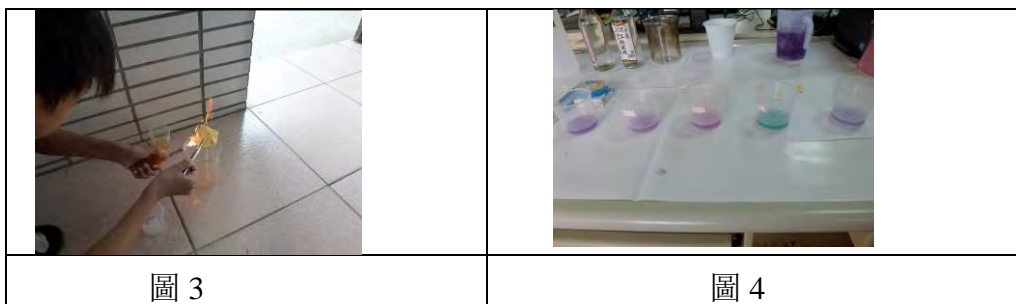
	傳統「天燈」	改良「天燈」
外觀構造	 圖 1	 圖 2
大小	寬 92cmx 長 135cm	寬 92cmx 長 145cm
平均重量	195g(天燈紙 100g+底座 95g)	195g(天燈紙 110g+底座 85g)
優缺點	天燈紙接合比較複雜，天燈頂端較平坦，天燈上升時較平穩。	天燈紙較容易接合，天燈頂端尖形，天燈上升時阻力較少。

(三)、「天燈」飛行原理

「天燈」利用燃燒油紙，加熱燈內空氣使其密度小於燈外較低溫之空氣，燈內高溫空氣之重量，較燈外低溫空氣重量輕產生浮力使天燈向上飄。在中華民國

第四十三屆「願望之翼-天燈飛行之探討」科展中有針對油紙不同摺法和煤油沙拉油不同比例混合進行探討。但卻未對油紙放置傾斜角度進行探究，因此我們的一些實驗設計會避免探討一些相同的內容。另外我們也參考林源堂教授的一些研究，作為設計環保「天燈」的參考。

二、各種「天燈」燃料是否對環境造成汙染？



(一)實驗一：探討不同種類金紙燃燒（圖 3）後剩餘灰燼水溶液的酸鹼性測試（圖 4）。

實驗過程：將各種類金紙一張，放入燒杯燃燒。加入 20cc、50cc、100cc 的自來水，以廣用試紙測試水溶液鹼度 PH 值。

不同燃料	20cc 自來水 PH 值	50cc 自來水 PH 值	100cc 自來水 PH 值
臺灣製金紙 (A)	12	10	10
大陸製金紙 (B)	13	12	10
東南亞製金紙 (C)	13	12	10
大陸製環保金紙 (D)	10	9	8
東南亞製環保金紙 (E)	10	9	8

實驗結果：未燃燒前以上金紙水溶液都呈現中性反應，但一般金紙和環保金紙燃燒後剩餘灰燼的水溶液都會呈現鹼性反應。一般金紙呈現的鹼性比環保金紙要強。

- 實驗討論：
1. 一般金紙和環保金紙原本是中性物質，燃燒後會產生鹼性物質。一般金紙較環保金紙厚因此燃燒後剩餘的物質較多，因此產生較多的鹼性物質。
 2. 在設計環保「天燈」時可採用環保金紙作為燃燒熱源，避免產生過多汙染物。
 3. 在實驗過程中我們也詢問金紙店是有有臺製環保金紙，但目前尚未發現。

(二)實驗二：測試各種燃油及燃料分別和臺製金紙 (A)、環保金紙 (E) 燃燒後的灰燼水溶液酸鹼值。

- 實驗過程：
1. 實驗前先測試各種燃油加入等量飲用水的酸鹼值，發現雄 x 保溫膏水溶液 PH 值 10、自製酒精膏 PH 值 8、紅 x 米酒 PH 值 6、X 紅高粱酒 PH 值 6、其餘燃油、燃料、天燈紙、金紙的水溶液都呈現中性反應。
 2. 將各種類燃油金紙一張，放入燒杯燃燒。加入 20cc 的飲用水，以廣用試紙測試水溶液 PH 值。

不同燃料	PH 值	不同燃料	PH 值
臺製金紙 A	12	環保金紙 E	10
煤油+金紙 A	12	煤油+環保金紙 E	10
沙拉油+金紙 A	8	沙拉油+環保金紙 E	8
石蠟燈油+金紙 A	12	石蠟燈油+環保金紙 E	10
植物燈油+金紙 A	8	植物燈油+環保金紙 E	8
工業酒精+金紙 A	12	工業酒精+環保金紙 E	10
藥用酒精+金紙 A	12	藥用酒精+環保金紙 E	10
安 x 牌酒精膏+金紙 A	12	安 x 牌酒精膏+環保金紙 E	10
雄 x 保溫膏+金紙 A	12	雄 x 保溫膏+環保金紙 E	10
自製酒精膏+金紙 A	12	自製酒精膏+環保金紙 E	10
紅 x 米酒+金紙 A	12	紅 x 米酒+環保金紙 E	10
X 紅高粱酒+金紙 A	12	X 紅高粱酒+環保金紙 E	10

實驗結果：燃油和金紙燃燒後的灰燼水溶液會呈現鹼性反應，但沙拉油和植物燈油灰燼水溶液的 PH 值較其他來的低。

實驗討論：1.煤油、石蠟油、工業酒精、甲醇等燃料燃燒速率快，火勢較大，和金紙混合時會先燃燒，等燒完時金紙才開始燃燒，因此推測以這些燃料做成的油紙燃燒完後剩餘的灰燼大多是金紙的灰燼，所以測出物質的酸鹼值大都相同。至於沙拉油和植物燈油會呈現較弱的鹼性反應推測原因是植物油燃燒率慢，燃燒時間較長，和金紙混合充分將金紙組成物徹底燃燒所以呈現較弱的鹼性反應。

2. 在設計環保「天燈」時可採用植物油如沙拉油、植物燈油等作為燃燒熱源，如此可將金紙徹底燃燒避免留下過多污染物，另一方面又可以增加「天燈」在空中飛行的時間。









3.我們也在嘗試利用海綿和油煙濾紙吸收各類燃油的揮發物，利用導電度計和 PH 值測試筆檢測各類燃油燃燒後所產生的污染程度，現在還在實驗階段。

(三)實驗三：測試石化燃油煤油、植物燃油沙拉油、工業酒精燃燒後廢氣污染物的性質。

實驗過程：1. 使用海綿和抽油煙機濾網(圖 5-圖 8)吸收 100cc 自來水收集煤油、植物燃油沙拉油、工業酒精燃燒後廢氣中的物質。

2.將煤油、沙拉油和酒精放入酒精瓶中燃燒，調整火焰大小一致，將吸水海綿及抽油煙機濾網放在上方燃燒 5 分鐘。

3. 收集海綿及抽油煙機濾網水溶液，使用導電度計和 PH 植檢測筆，檢驗水溶液導電度(uS/cm) 和 PH 值。

觀察項目	導電度(uS/cm)	PH 值	濾網殘留物
各種燃油			
 圖 5：無	110	7.3	 圖 9
 圖 6：煤油	120	7.2	 圖 10
 圖 7：沙拉油	122	6.8	 圖 11
 圖 8：酒精	120	7.0	 圖 12

實驗結果：1.煤油燃燒後濾網黑色物質殘留(圖 9-圖 12)最多其次是沙拉油，酒精燃燒後幾乎沒有殘留物。

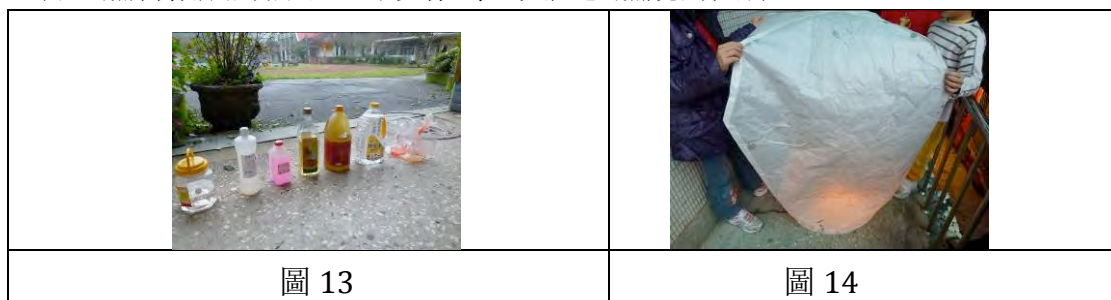
2.沙拉油、酒精、煤油的廢氣會讓水溶液偏向酸性，強度依序為沙拉油 > 酒精>煤油。

3. 沙拉油、酒精、煤油的廢氣都會有物質溶於水中增加水溶液導電度。

實驗討論：1.從以上實驗可以看出石化燃料的煤油燃燒後產生大量黑煙，除有物質會溶於水外，也可以發現很多黑色物質會浮於水面不溶於水，這些物質對於環境會造成很大傷害。

2.植物提煉的沙拉油和以植物為原料製作的乙醇(酒精)燃燒後的廢氣大部份都可溶於水中，但以酒精的汙染度最低。

三、哪些燃料做成的油紙，可以作為「天燈」燃燒的熱源？



(一)探討各種燃料的特性：從生活周遭尋找一些燃油（圖 13），觀察測試這些燃油的特性。

觀察項目 各種燃油	顏色	味道	加金紙放入 燒杯燃燒	成分	其他
煤油	透明 無色	臭味	有臭味、燃燒有黑煙，黑煙會附著於燒杯，不易清洗。	石油提煉	
沙拉油	透明 黃色	無味	有臭味、燃燒有黑煙，黑煙會附著於燒杯，不易清洗。	大豆提煉	
石蠟燈油	透明 無色	香味	有香味，燃燒有少數黑煙會附著於燒杯，不易清洗。	石油提煉	
植物燈油	透明 黃色	香味	有香味、燃燒有黑煙，黑煙會附著於燒杯，不易清洗。	棕櫚油、 起酥油	
工業酒精	透明 無色	無味	無臭味，燃燒後燒杯乾淨，只有少數黃色物質附著。	主要為乙 醇	燃燒用 易揮發
藥用酒精	透明 無色	無味	無臭味，燃燒後燒杯乾淨，只有	主要為乙 醇	醫藥用 易揮發

			少數黃色物質 附著。		
安 x 牌酒精膏	白色	無味	無臭味，燃燒後 燒杯乾淨，只有 少數黃色物質 附著。	主要為甲 醇、粘稠 劑	易揮發
雄 x 保溫膏	白色	無味	無臭味，燃燒後 燒杯乾淨，只有 少數黃色物質 附著。	主要為甲 醇、粘稠 劑	易揮發
自製酒精膏	白色	無味	無臭味，燃燒後 燒杯乾淨，只有 少數黃色物質 附著。	主要為乙 醇、另外 加少量 水、醋酸 鈣	易揮發

結果：一般的油紙是利用煤油和沙拉油一比一調製而成，但煤油燃燒時會產生大量黑煙，味道也有刺鼻味，可選用工業酒精、藥用酒精和自製酒精膏來代替。

討論：1. 甲醇 (6) 是一種有機化合物，無色、易燃且有毒。市面販售的酒精膏百分之九十大多含有甲醇，要避免誤食，因此要小心選擇酒精膏。

2. 可將 7 克醋酸鈉溶於 20cc 水中再加入 100cc 濃度 95% 工業酒精可製作出無毒乙醇酒精膏 (7)。

3. 市面販售的工業酒精多為甲醇混充，因此在使用燃燒時最少選用乙醇為主的工業酒精。

(二) 實驗二：探討將各種燃料油紙三張垂直疊在一起，燃燒時間有甚麼不同？

實驗過程：各種燃油 20cc 加入三張臺製金紙 (A) (11cm×14.5cm)，從重疊並垂直油紙下方以打火機點火測量油紙燃燒時間和觀察火焰高度。

各類油紙	垂直 90 度燃燒時間			平均值	火焰 cm
不加油	40	37	36	38	20-25
煤油	35	38	34	36	20-90
沙拉油	141	152	147	147	20-45
石蠟燈油	37	39	35	37	20-75
植物燈油	141	159	145	148	20-45
工業酒精	53	50	55	53	20-55
藥用酒精	51	48	50	50	20-55
安 x 牌酒精膏	76	84	80	80	20-50
雄 x 保溫膏	73	92	81	82	20-50

自製酒精膏	76	81	79	79	20-50
-------	----	----	----	----	-------

實驗結果：加入煤油的金紙燃燒速率最快依序為石蠟燈油、不加油的金紙（A）、酒精、保溫膏，沙拉油和植物燈油燃燒速率較慢。

原因探討：由石油提煉的煤油和石蠟燈油燃燒速率較快，依序為工業酒精、藥用酒精、雄 x 保溫膏、安 x 牌酒精膏、自製酒精膏，由植物提煉的沙拉油和燈油燃燒速率較慢且不易點燃。因此可以利用各種燃油的特性，調配油紙燃燒的火焰大小及燃燒的時間。

(三)實驗三：探討利用不同燃料製作成的油紙讓「天燈」飛起的浮力？

實驗過程：各種類燃料、燃油 50cc，如為混合燃料則各以 25cc 加 25cc 調配，加入 10 張臺製金紙 A（11cm×14.5cm），以細鐵絲綁住天燈，測量「天燈」升空時間，並以彈簧秤測量「天燈」升空浮力（圖 14）。

時間（秒）	30	60	90	120	150	180	210	240	升空時間（秒）
各種油紙									
煤油	140g	110g	60g	0					21
沙拉油		80g	75g	70g	60g	50g	0		60
石蠟燈油	145g	115g	60g	0					15
植物燈油		95g	90g	80g	70g	55g	0		55
工業酒精	65g	0							12
藥用酒精	65g	0							11
安 x 牌酒精膏	85g	75g	60g	20g	0				12
雄 x 保溫膏	80g	70g	50g	0					13
自製酒精膏	85g	70g	50g	10g	0				12
煤油+沙拉	145g	140g	130g	95g	70g	55g	25g	10	16
石蠟燈油+植物燈油	150g	140g	135g	100g	70g	50g	20g	10	17
工業酒精+沙拉油	135g	125g	115g	90g	60g	40g	20g	0	13

實驗結果：以上實驗的各種燃油和燃料都可以讓「天燈」飛起來，煤油、石蠟燈油，上升浮力較大，但燃燒時間較短，會產生大量黑煙。沙拉油、植物燈油燃燒時間較長，上升拉力較小，也會產生黑煙。工業酒精燃燒時間最短，和酒精膏、保溫膏產生微量的黑煙。

實驗討論：1.本實驗使用臺製金紙測試主要是臺製金紙 A 容易購買，和平溪賣「天燈」店家的金紙效果類似。

2.本實驗使用 10 張金紙測試是採取一般店家 12 張至 8 張的中間值，另

外在推估天燈浮力計算上也比較容易。

3.石化燃油(煤油、石蠟油)和酒精燃燒速率快，火焰大，可減少天燈起飛的時間。植物燃油(沙拉油、棕櫚油、起酥油) 燃燒速率慢，火焰小，當天燈起飛後可增加天燈飛行的時間。因此製作天燈油紙可利用不同種類燃油的特性來加以調製。

4.現在一般的店家都是利用煤油和沙拉油調配油紙，在本實驗中可以發現，我們可以使用較環保的工業酒精、藥用酒精、自製酒精膏來代替煤油。沙拉油可用一般的食用油代替。

四、探討油紙傾斜不同角度和不同摺疊放式時燃燒速率有什麼不同？




(一)實驗一：煤油和沙拉油一比一混合的油紙 3 張（圖 15）上下疊在一起、分散疊在一起、四邊撕開上下對摺（圖 17-圖 25），和地面傾斜不同角度燃燒（圖 16）時間有甚麼不同？

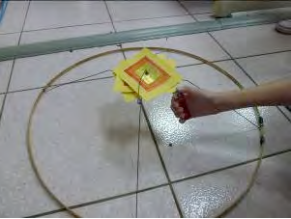


實驗過程：三張臺製金紙 A（11cm×14.5cm）加入 20cc 混合的燃油，從油紙下方一角以打火機點火測量油紙燃燒時間和觀察火焰高度。

1. 上下疊在一起燃燒


傾斜角度	燃燒時間(秒)			平均值(秒)	火焰 cm
 圖 17：0 度角	93	95	99	96	20-40
 圖 18：45 度角	74	79	71	75	20-50



 <p>圖 19 : 90 度角</p>	67	60	65	64	20-60
---	----	----	----	----	-------

2. 分散疊在一起燃燒

傾斜角度	燃燒時間(秒)			平均值(秒)	火焰 cm
 <p>圖 20: 0 度角</p>	71	75	69	72	20-40
 <p>圖 21 : 45 度角</p>	55	62	63	60	20-45
 <p>圖 22 : 90 度角</p>	48	45	43	45	20-55

3. 四邊撕開上下對摺

傾斜角度	燃燒時間(秒)			平均值(秒)	火焰 cm
 <p>圖 23 : 0 度角</p>	44	52	46	47	20-55

 <p>圖 24 : 45 度角</p>	43	45	41	43	20-55
 <p>圖 25: 90 度角</p>	46	41	42	43	20-60


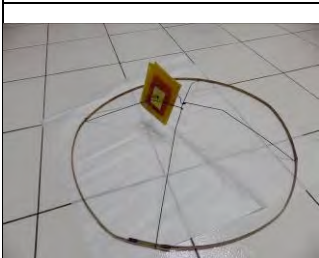

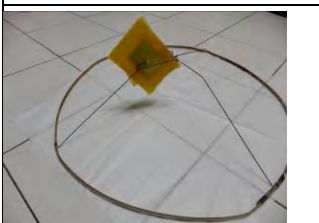
- 實驗結果：
- 1.油紙放置水平時火焰慢慢向四周擴散，燃燒時間比垂直放置時較長。油紙垂直放置時火焰會由下方迅速向上方燃燒火焰也較長。
 - 2.油紙垂直和分散可以減少油紙燃燒的時間，增加燃燒速率。
 - 3.如將油紙平均分散、撕開會減少油紙燃燒時間，增加油紙燃燒速率。受傾斜角度的影響不大。

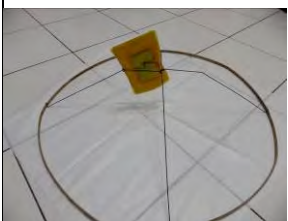

- 實驗討論：
- 1.物質燃燒有三要件，燃點、可燃物和氧氣。油紙垂直燃燒增加可燃物面積和燃點的溫度，所以會提高燃燒的速率並產生較大的火焰。
 2. 將油紙分散疊在一起增加可燃物和氧氣接觸面積增，所以會提高油紙燃燒的速率。
 3. 將油紙平均分散、撕開疊在一起讓可燃物和氧氣接觸面積增加到最大，可讓燃燒的速率提升到最高。
 - 4.環保金紙因紙張較薄且軟，加上酒精或沙拉油時容易粘在一起，在油紙分散上不如一般的金紙容易。

(二)實驗二：煤油、沙拉油、酒精、不同的油紙以分層方式重組堆疊在一起，垂直 90 度燃燒，燃燒時間有甚麼不同？

實驗過程：煤油 20cc 加入臺製金紙 A 三張搭配沙拉油 20cc 加入臺製金紙 A 三張的油紙，和酒精 20cc 加入環保金紙 E 六張搭配沙拉油 20cc 加入環保金紙 E 六張油紙，以分層組合堆疊方式，從油紙下方以打火機點火測量油紙（圖 26-圖 33）燃燒時間和觀察火焰高度。

堆疊方式	垂直 90 度燃燒時間(秒)	平均值(秒)	火焰 cm
------	----------------	--------	-------

	35	38	39	37	20-90
<p>圖 26 : 3 張煤油臺製金 紙 A</p>	47	51	49	49	20-70
	53	54	52	53	20-55
<p>圖 28 : 2 沙+1 煤金紙 A</p>	141	152	135	143	20-45
	46	50	48	48	20-50
<p>圖 29 : 3 張沙拉油金紙 A</p>	66	70	69	68	20-45
					
<p>圖 30 : 6 張酒精環保金 紙 E</p>					
<p>圖 31 : 4 酒+2 沙金紙 E</p>					

 <p>圖 32 : 4 沙+2 酒金紙 E</p>	76	74	77	76	20-45
 <p>圖圖 33 : 6 張沙拉油金紙 E</p>	123	88	110	107	20-35

實驗結果: 1.將煤油和沙拉油搭配臺製金紙 A 以分層不同比例方式燃燒所得到的結果顯示煤油油紙較多的組合燃燒時間較短, 燃燒速率也較快, 燃燒產生的火焰也較高。沙拉油油紙較多的組合燃燒時間較長, 燃燒速率較慢, 燃燒產生的火焰較低。



2.酒精和沙拉油搭配環保金紙 E, 6 張燃燒雖然火焰沒有煤油和沙拉油搭配臺製金紙 A, 3 張大但燃燒時間可以增長, 而且燃燒所使用的材料較環保, 可以列入設計環保「天燈」的燃料。

實驗討論: 1.煤油和酒精燃點低, 容易點燃, 燃燒速率較快。沙拉油燃點較高, 較不易點燃, 燃燒速率較慢。煤油和酒精油紙只要接觸火源就可以馬上點燃, 而多張沙拉油的油紙如果疊在一起沒有分散是比較難點燃的。

2. 臺製金紙 A 製成的油紙比配環保金紙 E 的油紙硬, 比較容易將由只分散開來, 而環保金紙 E 的油紙很軟會黏在一起不容易分開, 因此要撕開並分散環保金紙 E 的油紙手續比較困難而且程序叫繁瑣。

3.一般市售「天燈」都以煤油和沙拉油一比一調和做成燃油, 其實也可以利用煤油和沙拉油的油紙互相分層搭配做成「天燈」油紙, 以控制火焰的大小和燃燒時間及燃燒速率。

五、設計製作飛得又高又遠的環保「天燈」。

		
圖 34		圖 35

(一)實驗一：以各種類酒精作為測試

設計製作方法: 以燃油混合放式, 使用環保金紙 E、工業酒精、工業酒精、食用酒精、

等材料代替一般金紙、煤油、甲醇等燃燒會產生黑煙和一些有害的物質。

施放操作過程：以工業酒精(濃度 95%)25cc 加沙拉油 25cc、藥用酒精(濃度 95%)加沙拉油 25cc、藥用酒精(濃度 75%)加沙拉油 25cc、高粱酒(濃度 58%)50cc、高粱酒(濃度 58%)25cc 加沙拉油 25cc、米酒(濃度 40%)50cc、米酒(濃度 40%)25cc 加沙拉油 25cc 分別放入 20 張環保金紙作為「天燈」燃燒的油紙，測試各種油紙的飛行時間(圖 34)和上升浮力(圖 35)變化。

測試結果如下：

時間(秒) \ 燃料	30	60	90	120	150	180	210	升空時間(秒)
95% 工業酒精(25cc) + 沙拉油(25cc)+環保金紙 E(20 張)	140g	140g	110g	60g	30g	15g	10g	10
95% 藥用酒精(25cc) + 沙拉油(25cc)+環保金紙 E(20 張)	130g	140g	100g	65g	40g	10g	0	10
75% 藥用酒精(25cc) + 沙拉油(25cc)+環保金紙 E(20 張)	50g	80g	100g	80g	60g	0		25
68% 高粱酒(50cc)+環保金紙 E(20 張)	70g	50g	40g	30g	0			18
68% 高粱酒(25cc) + 沙拉油(25cc)環保金紙 E(20 張)	0	40g	60g	40g	20g	0		35
40% 米酒(50cc)+環保金紙 E(20 張)	無法升空							
40% 米酒(25cc) + 沙拉油(25cc)環保金紙 E(20 張)	無法升空							

實驗結果：1. 環保金紙 E 重量約是臺製金紙 A 重量的五分之一，紙張較輕薄，燃燒速率較快。吸油量約是臺製金紙 A

如要作為一般「天燈」的油紙可以增加燃燒的張數，增加燃燒的時間和上升的浮力。

2. 酒精易發揮且燃燒時間短，如搭配沙拉油可以增加「天燈」的飛行時間。

實驗探討：1. 工業酒精、藥用酒精、食用酒精可代替煤油製作低汙染天燈，但酒精揮發

性高，不宜長時間暴露在空氣中。

2.如果燃油只使用酒精成分沒有搭配沙拉油，則油紙會有燃燒不完全的情形。

(二)實驗二：酒精油紙和沙拉油紙分層燃燒測試

設計製作方法：以自製酒精膏、工業酒精、藥用酒精、沙拉油、環保金紙 E、製作各種類油紙，再以不同組合堆疊方式製作燃燒熱源。測試飛行結果。

施放操作過程：以各種酒精油紙 10 張(環保金紙 E)搭配沙拉油油紙 10 張(環保金紙 E)測試「天燈」飛行時間和浮力。

測試結果如下：

時間 (秒) \ 燃料	30	60	90	120	150	180	210	升空時間 (秒)
95% 工業酒精 (25cc)10 張+沙拉油(25cc)10 張	50g	50g	50g	40g	20g	10g		20
95% 藥用酒精 (25cc)10 張+沙拉油(25cc)10 張	50g	50g	50g	50g	30g	10g		18
自製酒精膏 (25cc)10 張+沙拉油(25cc)10 張	30g	50g	40g	40g	20g	10g		25

實驗結果：1.如果將燃油以分層方式所測試的結果和將燃油混合方式的結果其飛行時間沒有明顯差異，但上升浮力有明顯差異。

2.使用自製酒精膏是可代替煤油讓「天燈」飛起來。因此可以利用高濃度酒精或酒精膏搭配沙拉油和環保金紙製作「天燈」油紙。

實驗探討：1. 由以上兩個實驗可以知道，將酒精和沙拉油先混合製作出的油紙和酒精油紙和沙拉油油紙分層燃燒的油紙，各有利弊。混合油紙剛開始時火勢較大拉力也較大，容易燒到天燈紙。分層燃燒雖然剛開始火勢較小，升空會慢一些，但容易控制火勢，飛行時間也較穩定。

(三)實驗三：環保自燃「天燈」

設計製作方法：以紙板（圖 36）代替鐵絲製作天燈底座（圖 37），並以線香和油紙作為引線讓「天燈」紙燃燒。

設計結果：



圖 36：設計自燃「天燈」底座

圖 37：自燃「天燈」底座

伍、結論

- 一、「天燈」是在清道光年間傳入臺灣，先民順基隆河進入十分地區，因此可推斷平溪的「天燈」是由十分地區發展而來。當時作為訊號傳遞、祭祀慶典、農閒娛樂等用途，後來配合臺北縣政府政策形成當地的節慶活動。
- 二、氣溫會影響天燈上升的浮力，當氣溫越低時，天燈內外的溫度差愈大，天燈上升的浮力也愈大。
- 三、「天燈」燃燒的污染源主要有金紙、各種燃油和燃料。一般金紙燃燒後剩餘的灰燼和濃煙對於環境會造成污染，建議採用環保金紙降低汙染程度。各種燃油和燃料中以工業酒精、藥用酒精、食用酒精和自製酒精膏燃燒後產生較少黑煙可用來代替煤油。
- 四、煤油、石蠟油、工業酒精、藥用酒精、自製酒精膏燃點低，燃燒速率快有助於「天燈」內溫度的升高，增加「天燈」上升的浮力。但煤油和石蠟油燃燒時會產生大量黑煙容易造成空氣汙染，工業酒精、藥用酒精、食用酒精、自製酒精膏燃燒後汙染物少，也沒有臭味適合用來替代煤油。不過大部份的酒精膏和保溫膏原料是甲醇，使用時要注意安全。
- 五、食用油(沙拉油、葵花油)、植物燈油(棕櫚油、起酥油)，等植物油燃燒速率較慢，燃燒時間長，和酒精燃料混合有助於降低火焰並延長「天燈」升空後在空中停留的時間。
- 六、「天燈」油紙紙張的堆疊方式會影響油紙燃燒的速率，讓油紙分散並增加和空氣接觸的面積，可提早讓天燈升空，增加天燈一開始升空時的浮力。
- 七、可以使用工業酒精、藥用酒精、食用酒精、自製酒精膏和環保金紙來製作汙染較少的環保「天燈」，不過由於酒精燃點低、易揮發，容易燒到天燈紙，因此可以搭配食用油如此可降低燒到天燈紙的機率，又可增加天燈在空中飛行的時間。
- 八、利用酒精油紙和沙拉油油紙分離方式燃燒，雖然上升浮力較小但燃燒火焰比酒精和沙拉油混合的油紙小，較不易燒到天燈只造成失敗。而且燃燒時間較穩定是一種很好的改良方式。
- 九、因為現在平溪地區是採行回收方式解決未燃燒完「天燈」紙所產生的垃圾，因此可設計環保的自燃「天燈」，讓「天燈」升空後可自行燃燒而解決落下所產生的垃圾問題。

陸、參考資料及其他

1. 自然與生活科技第九冊(康軒文教事業股份有限公司)
2. 自然與生活科技第十冊(康軒文教事業股份有限公司)
3. 林浚傑等。中華民國第四十三屆中小學科學展覽作品輯「願望之翼-天燈飛行之探討」
2000。取自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/43/pdf/c/080101.pdf>
4. 林源堂。(2000)。陀螺天燈轉速控制之探討。物理雙月刊。(二十二卷一期)。2000年
2月。
5. 廖櫻華。(2009)。天燈之鄉・希望的國度-臺北縣平溪國際天燈節十年回憶輯。臺北縣政
府觀光旅遊局。2009年5月
6. 林良平(2009)。酒精介紹。取自
<http://cflin1155.blogspot.tw/2009/09/0-70ww75vv-ethanoethyl.html>
7. 許紹謙(2011)酒精塊製作。取自 <http://blog.ncue.edu.tw/yangsp/doc/26872>

【評語】 080809

本作品探討「天燈」之燃燒原料、油紙折疊方式對燃燒的影響，及其對環境是否會造成汙染，以找出低汙染之燃料設計環保天燈為主要目標，符合良好之鄉土材料及解決問題之精神，唯在科學方法之思維與實驗設計上仍有改善之空間。