

中華民國第四十七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

最佳創意獎

080827

快意陽光下一節能又環保的太陽能烤肉

學校名稱：屏東縣萬丹鄉萬丹國民小學

作者： 小六 張智翔 小六 鄭竹吟 小六 陳信宏 小六 林政儀	指導老師： 南俊傑 張庭炎
---	---------------------

關鍵詞：太陽能 反光板 鋁箔紙

快意陽光下——節能又環保的太陽能烤肉

摘要

六下自然與生活科技最後一單元提到：最近許多先進國家已經開始推動綠色能源的政策，最主要是因為全球暖化的問題愈來愈嚴重。由於工業生產、交通運輸及能源需求量大，在大量燃燒煤礦、石油的情形下，產生過量的二氧化碳，造成溫室效應，因此全球暖化現象加劇。

我們想經由這項實驗，改變大家對『太陽能』高不可攀的印象。推廣『自己動手做太陽能廚具』的想法，盡一份開發綠色能源、愛惜地球的心意。

壹、研究動機

春節時，與一群好友到河堤公園烤肉。那一天，天氣晴朗，大家圍在樹蔭下七手八腳的搭起烤肉架。生火了！生了半天，弄得『濃煙密佈』，好不容易把木炭燒著，一群人也都灰頭土臉了。

這時候甲同學說：「前一陣子在新聞報導中，看到有人利用像小耳朵天線的東西，在太陽下曬一曬，就烤好了一隻全雞。如果我們能向他借來用用，就不用搞得這麼累了。」

「你很混哦！那個『有人』就是我們的自然老師啦！你的眼睛被『螺仔肉隔到』啦！」乙同學噙他。

「是哦！…」

於是我們約好，開學後，一起去找自然老師，請他教我們。

「唔…」老師面有難色的說：「那個像『小耳朵天線的東西』是一種叫『拋物面』式的太陽能聚熱鍋。對你們來說難度太高了，就算大人也不一定做得出來。」

老師看我們一臉失望的表情，笑著說：「誰叫你們是我的『愛徒』，我們來試試另一種比較簡便的方式吧！但是用太陽能來烤肉我也沒試過，可能大家要從頭慢慢試驗哦！」

「謝謝老師！」

貳、研究目的

- 一、探討哪個顏色容易將光線轉為熱能
- 二、探討如何提升光的聚集效果
- 三、探討如何提高並保持聚集的熱量
- 四、製作簡便的太陽能烤肉架

參、研究設備及器材

電子溫度計 鹵素燈 奶粉罐鐵蓋 厚紙板 瓦楞紙箱 30 cm平底鍋 鋁箔紙 白膠
透明玻璃 鏡子 透明膠帶 封箱膠帶

肆、研究過程或方法

一、探討哪個顏色容易將光線轉為熱能

- (一)、將奶粉罐鐵蓋六個，分別貼上銀、黃、紅、紫、藍、黑六種顏色色紙。並於背面中心位置，利用透明膠帶固定電子溫度計的感應線。
- (二)、利用鹵素燈照射 10 分鐘(相片 1)，並記錄其溫度變化，製成圖表(如表 1)。



相片1 利用鹵素燈照射不同顏色鐵蓋

二、探討如何提高光的聚集效果

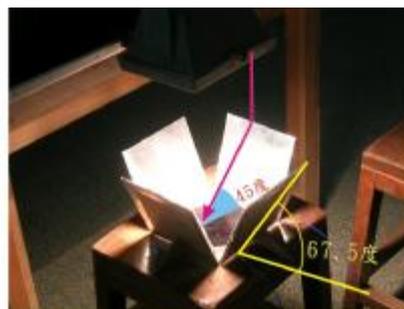
- (一)、反射板與黑色鐵蓋溫度的關係：
 - 1、將塗黑的鐵蓋子分別加上 0、1、2、4 片反光板，利用鹵素燈照射 10 分鐘(相片 2)。並記錄其溫度變化，製成圖表(如表 2)
 - 2、將反射板光線入射角度調成 30 度、45 度、60 度，用鹵素燈照射 10 分鐘(相片 3、4、5)。並記錄其中心與周圍溫度變化，製成圖表(如表 3)



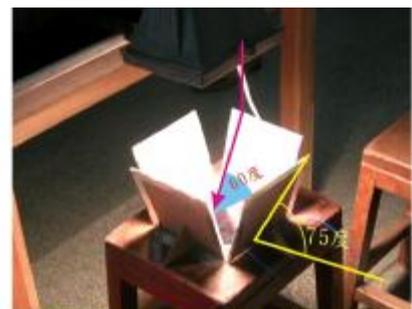
相片2 利用鹵素燈照射加反光板的黑色鐵蓋



相片3 光線入射30度



相片4 光線入射45度



相片5 光線入射60度

(二)、反光板排列方式：以四邊形、八邊形、圓形排列測試

- 1、分別加上 4 片反光板與 8 片小反光板。兩組反光板總面積相同，分別以四邊形、八邊型方式排列。用鹵素燈照射 10 分鐘(相片 6)。並記錄其溫度變化，製成圖表(如表 4)



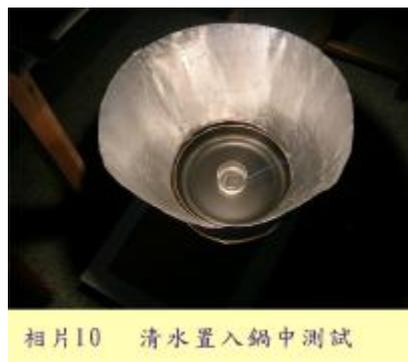
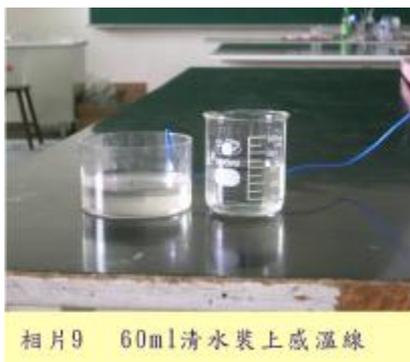
- 2、八邊形反光板與圓形(無限多邊形)反光板，用鹵素燈照射 10 分鐘(相片 7)。並記錄其溫度變化，製成圖表(如表 5)

三、探討如何提高並保持聚集的熱量

(一)、準備 30cm 黑色平底鍋，並製作圓形反光板、保溫底座、玻璃蓋，如(相片 8) 作各以下組合測試：

- 1、黑色平底鍋+圓形反光板
- 2、黑色平底鍋+圓形反光板+保溫底座
- 3、黑色平底鍋+圓形反光板+玻璃蓋
- 4、黑色平底鍋+圓形反光板+保溫底座+玻璃蓋

(二)、再各準備 60ml 的清水(相片 9)，置入鍋中用鹵素燈照射 20 分鐘(相片 10)。並記錄水溫變化，製成圖表(如表 6)



伍、研究結果

結果一、探討哪個顏色容易將光線轉為熱能：

溫度 顏色	時間 開始 溫度	1分 鐘	2分 鐘	3分 鐘	4分 鐘	5分 鐘	6分 鐘	7分 鐘	8分 鐘	9分 鐘	10 分鐘
銀色紙	29.4	39.7	43.2	45.6	48.1	49.5	50.7	51.3	52.2	53.1	54.2
黃色紙	29.4	40.0	43.8	47.4	50.5	51.9	53.2	54.3	55.5	56.7	57.8
紅色紙	29.4	40.8	47.2	51.6	54.6	57.0	58.4	60.0	61.4	62.7	63.4
紫色紙	29.4	43.2	50.1	54.3	57.5	59.2	60.7	62.3	63.8	64.8	65.6
藍色紙	29.4	40.6	47.3	53.0	56.6	59.0	61.0	62.6	63.9	64.5	65.5
黑色紙	29.4	57.8	73.7	81.1	85.4	88.2	89.9	91.2	92.4	93.1	94.3

表 1：鹵素燈照射各種顏色鐵蓋的溫度紀錄

結果二、探討如何提高光的聚集效果：

(一)、反射板與黑色鐵蓋溫度的關係：

1、表 2：反光板多寡與黑色鐵蓋溫度紀錄

溫度 反光板	時間 開始 溫度	1分 鐘	2分 鐘	3分 鐘	4分 鐘	5分 鐘	6分 鐘	7分 鐘	8分 鐘	9分 鐘	10分 鐘
0片	25.3	32.9	36.4	38.4	39.3	39.8	40.0	40.3	40.9	41.2	41.6
1片	25.3	34.9	39.4	41.5	43.0	43.7	44.0	44.5	45.3	45.9	46.7
2片	25.3	39.1	44.5	46.0	47.7	48.4	48.9	49.4	50.1	50.8	51.3
4片	25.3	46.8	55.7	58.9	60.9	62.2	63.4	63.9	64.6	65.4	65.8

2、表 3：反光板光線入射角度與黑色鐵蓋溫度紀錄

表 3：溫度單位：℃ 光源 30cm												
溫 度 入 射 角	時 間	開始 溫度	1分 鐘	2分 鐘	3分 鐘	4分 鐘	5分 鐘	6分 鐘	7分 鐘	8分 鐘	9分 鐘	10分 鐘
30度(周)		27.9	46.3	55.2	59.6	62.3	64.9	66.3	68.0	69.0	70.1	71.1
30度(中)		27.9	47.8	55.9	61.4	64.1	66.5	68.7	70.6	71.9	73.2	74.9
45度(周)		27.9	57.4	68.5	72.8	75.8	77.9	79.5	80.4	83.1	83.5	85.2
45度(中)		27.9	56.4	66.0	71.0	74.5	77.3	79.8	81.2	83.0	84.0	86.2
60度(周)		27.9	56.2	66.3	69.6	72.5	75.4	77.8	78.7	80.5	81.7	82.4
60度(中)		27.9	55.1	64.0	68.5	71.6	74.8	76.5	78.6	80.5	82.2	83.5

(二)、四邊形、八邊形、圓形反光板測試：

1、表 4：反光板以四邊形(大 4 片)、八邊形(小 8 片)方式排列，與黑色鐵蓋溫度紀錄。

表 4：溫度單位：℃ 光源 45cm												
溫 度 反 光 板	時 間	開始 溫度	1分 鐘	2分 鐘	3分 鐘	4分 鐘	5分 鐘	6分 鐘	7分 鐘	8分 鐘	9分 鐘	10分 鐘
四邊形		26	46.6	54.7	58.4	60.3	61.1	61.7	62.2	62.4	63.4	64.1
八邊形		26	50.7	61.1	64.7	66.9	67.4	67.7	68.9	69.2	70.0	70.6

2、表 5：八邊形、無限多邊形(圓形) 反光板與黑色鐵蓋溫度紀錄。

表 5：溫度單位：℃ 光源 45cm												
溫 度 反 光 板	時 間	開始 溫度	1分 鐘	2分 鐘	3分 鐘	4分 鐘	5分 鐘	6分 鐘	7分 鐘	8分 鐘	9分 鐘	10分 鐘
八邊形		29	36.0	40.1	42.7	44.0	44.8	45.4	46.2	46.7	47.2	47.4
圓形		29	38.2	43.0	45.6	46.9	47.5	48.0	48.7	49.1	49.6	50.2

結果三、探討如何提高並保持聚集的熱量

1、表 6：A:黑色平底鍋、B: 圓形反光板、C: 保溫底座及、D：玻璃蓋
各式組合與 60ml 清水溫度紀錄

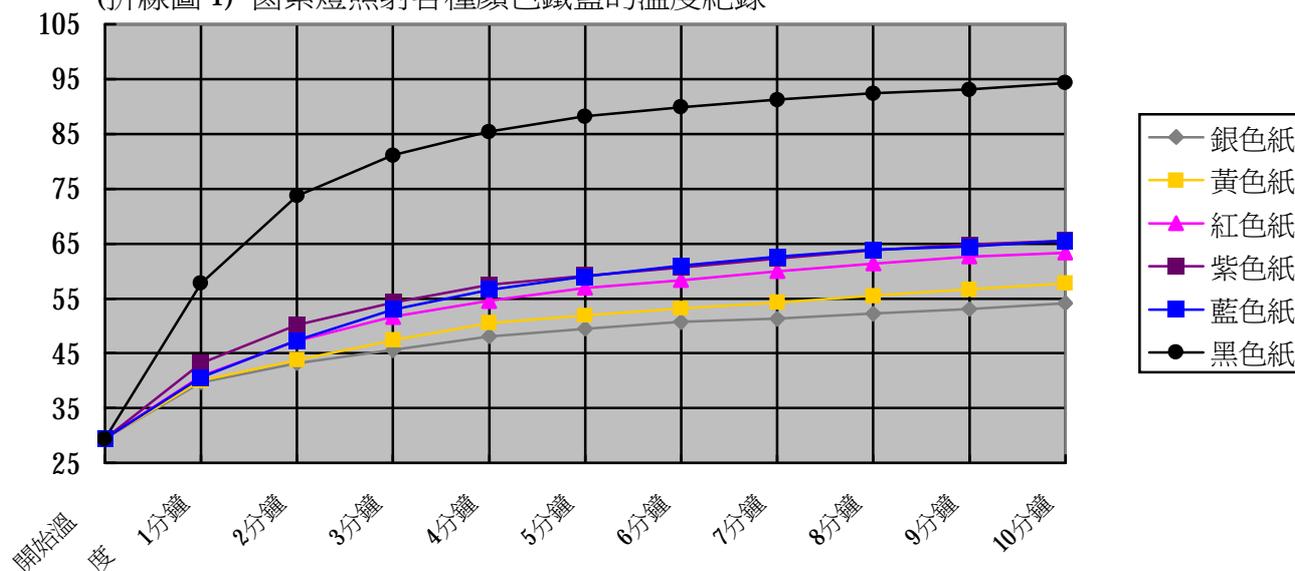
表 6：溫度單位：℃ 光源 65cm											
溫度 組合	時間 開始 溫度	1分 鐘	2分 鐘	3分 鐘	4分 鐘	5分 鐘	6分 鐘	7分 鐘	8分 鐘	9分 鐘	10分 鐘
A+B	26	28.0	30.5	32.2	33.8	35.4	37.1	38.7	39.8	41.2	42.4
A+B+C	26	28.5	30.0	31.6	33.3	35.0	36.6	38.2	39.7	41.1	42.5
A+B+D	26	27.4	29.1	30.9	32.6	34.4	36.2	38.1	39.7	41.4	43.1
A+B+C+D	26	27.4	29.0	30.6	32.2	33.8	35.5	37.3	38.8	40.5	42.2
接上表		11分 鐘	12分 鐘	13分 鐘	14分 鐘	15分 鐘	16分 鐘	17分 鐘	18分 鐘	19分 鐘	20分 鐘
A+B		43.6	44.5	45.3	46.2	47.1	47.8	48.5	49.0	49.4	49.7
A+B+C		43.8	45.0	46.0	47.0	47.9	48.7	49.5	50.1	50.6	51.0
A+B+D		44.7	46.4	48.0	49.5	51.0	51.4	52.6	53.9	55.1	56.0
A+B+C+D		43.9	45.6	47.3	48.9	50.6	52.1	53.6	55.1	56.5	58.0

陸、討論

討論一、最容易將光線轉換為熱能的顏色

(一)、根據表 1 結果畫成折線圖 1

(折線圖 1) 鹵素燈照射各種顏色鐵蓋的溫度紀錄



(二)、從折線圖 1 中可看出：最容易將光線轉換為熱能的顏色，依序排列：

黑 > 紫 > 藍 > 紅 > 黃 > 銀

- 1、『**黑色是最容易將光線轉換為熱能的顏色**』，在選擇烤肉鍋具時，應該選擇黑色最好。
- 2、銀色的效果最差，代表它最容易反射光線，將大部分熱能反射出去。所以在選擇反光片時，應該選擇銀色最好。

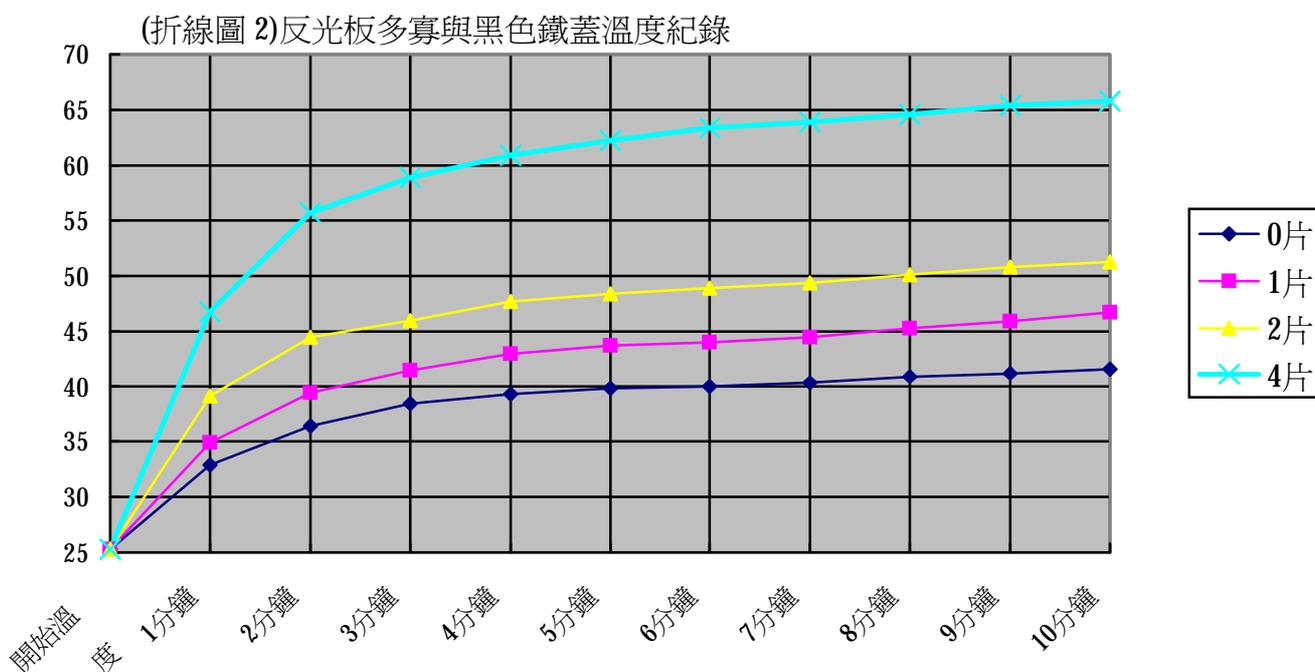
討論二、探討如何提高光的聚集效果：

(一)、反光板的材質選擇：從太陽能鍋製作的網站上，一致推薦鋁箔紙是不錯的材質。除了價格便宜、方便取得外，容易切割張貼在各種紙張上。而鋁箔是銀色，與本實驗討論一所得的結果吻合，所以本次實驗選擇

『**以鋁箔為反光板的材料**』。

(二)、利用反光板將周圍光線折射到鐵蓋上，反光板的數量或面積對溫度的提升有影響嗎？

1、根據(表 2)紀錄繪製成折線圖 2



2、從上圖中可以明顯看出：反光片越多，越能使鐵蓋溫度上升。所以，我們得到一個結論『**反射到鐵蓋的光線增加，就能提高受熱體的溫度**』。

(三)、光線經反射後接觸鐵蓋體時的入射角度對熱的聚集有影響嗎？

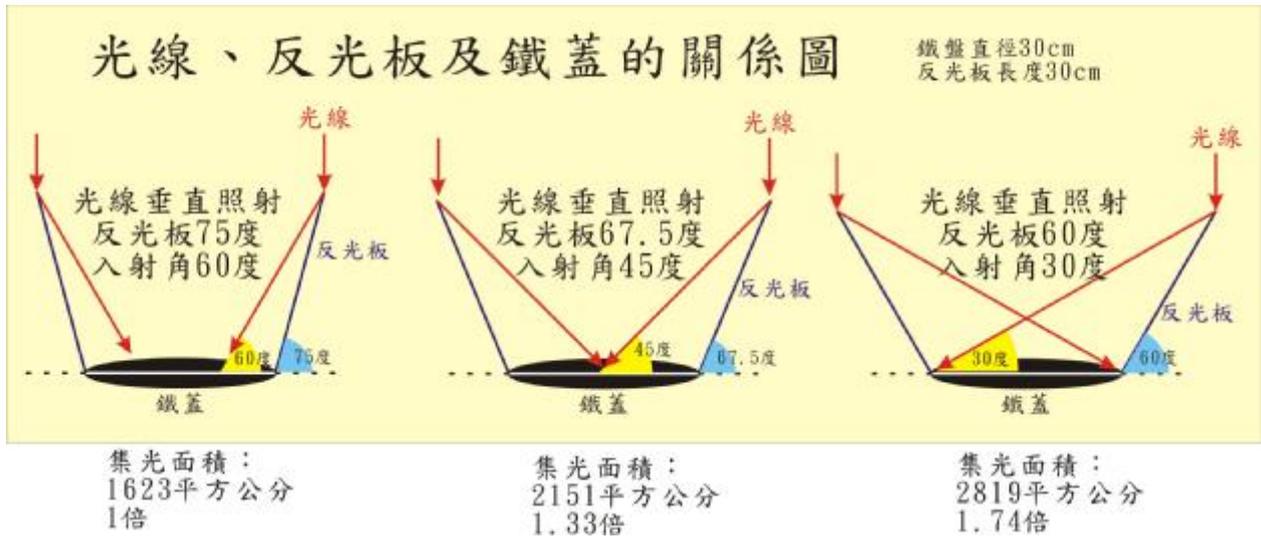
1 從自然課中我們得知：

- (1)光是直線前進。
- (2)光線遇反射時，入射角等於反射角。

2 從我們的實驗中(如下圖一光線、反光板及鐵蓋的關係圖)我們發現：

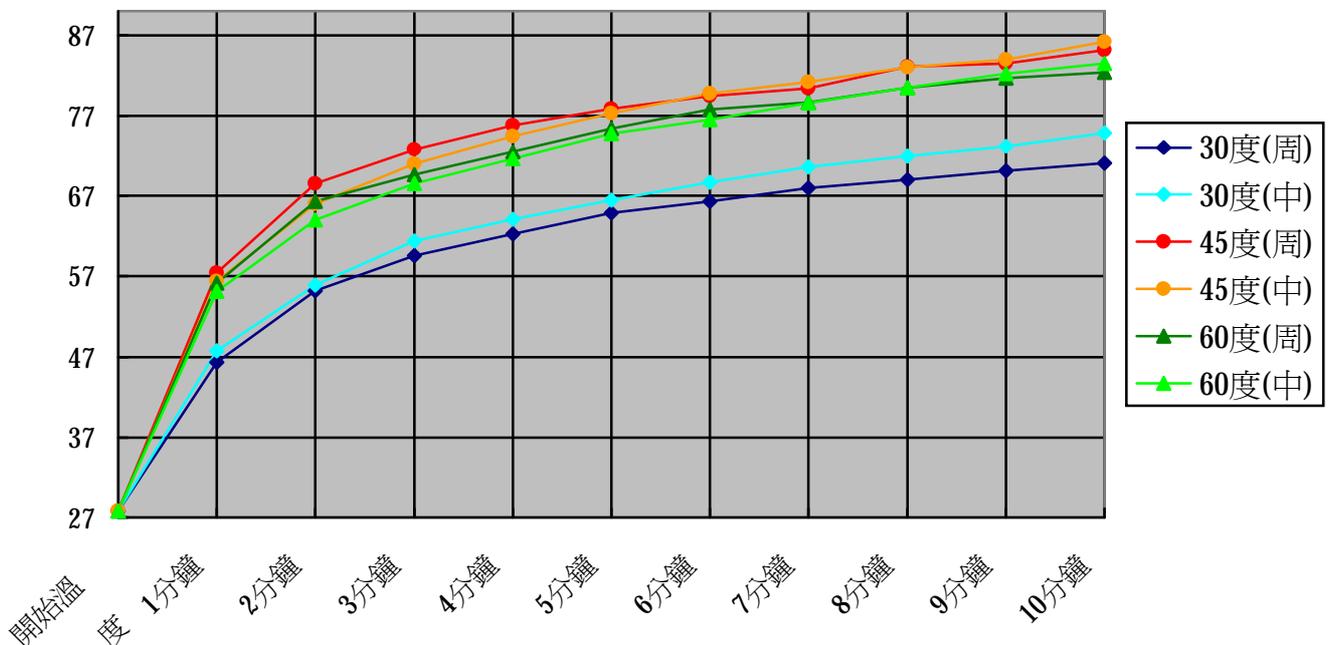
- (1)入射角 60 度最接近直射，但面積最小，且中央部份無法受到反射光照射，受熱比較不平均。

- (2) 入射角 45 度反射光比較偏斜，面積是前者的 1.33 倍，反射光每部分都能照到，受熱比較平均。
- (3) 入射角 30 度反射光最偏斜效果較差，但面積是前者(1)的 1.74 倍，反射光每部分也都能照到，受熱比較平均。



3、根據(表 3)反射板光線入射角 30 度、45 度、60 度，用鹵素燈照射 10 分鐘的記錄繪製成折線圖 3，我們也發現：

(折線圖 3) 各種光線入射角中心(中)及周圍(周)溫度紀錄



- (1) 從折線圖 3 可看出『45 度入射角的溫度最高』，以些微差距領先 60 度角。
- (2) 30 度角雖然集光面積最大，但是溫度卻最低。

4、根據(表 4)(表 5) 溫度紀錄分析：三種排列方式反射效果
圓形>八小片(八邊形)>四大片(四邊形) 所以推斷：

『反射光板的排列，愈多邊形愈好，其中又以無限多邊形(圓形)排列方式的聚光效果最好』

討論三、怎樣製作太陽能烤肉鍋？

(一)、鍋具的選擇：

1、在鍋具的選擇上，先選擇黑色金屬，再排除大型的鍋具。最後我們收集到兩種：
30cm 黑色烤肉盤(相片 11) 和 30cm 黑色平底鍋(相片 12)。於是將兩個用具分別裝上反光板測試，並記錄其溫度繪成折線圖 4。

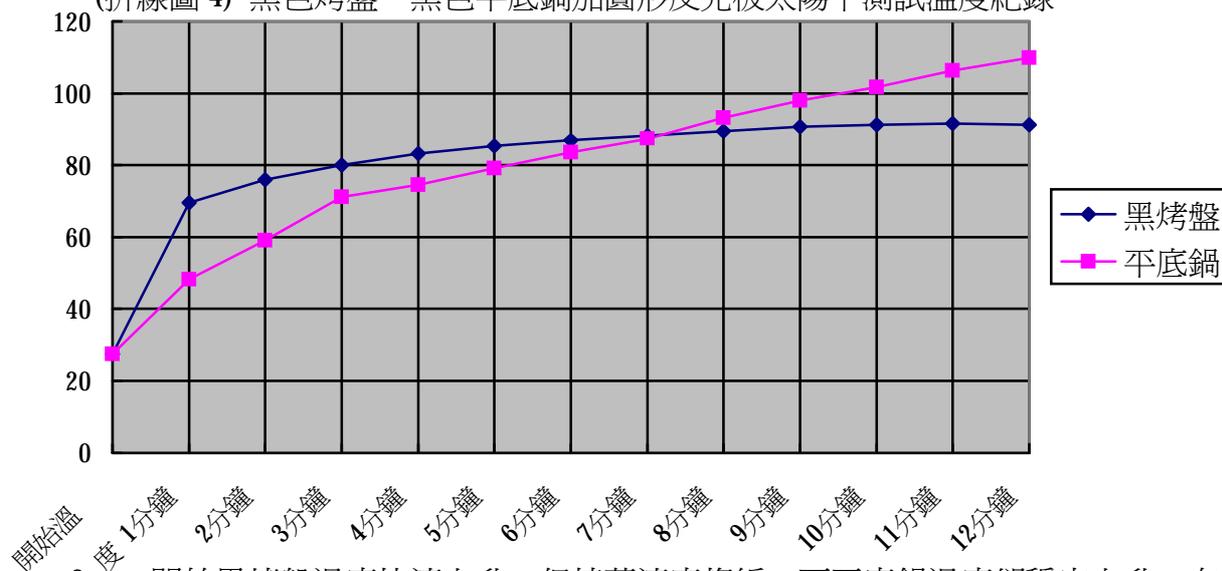


相片11 黑色烤盤加圓形反光板



相片12 黑色平底鍋加圓形反光板太陽下測試

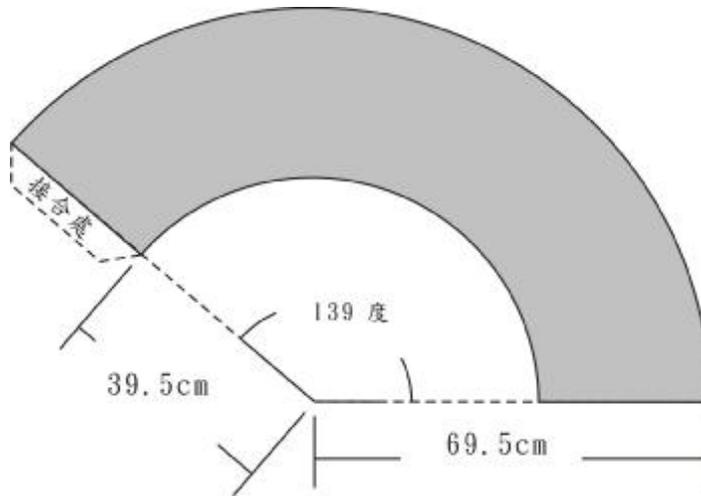
(折線圖 4) 黑色烤盤、黑色平底鍋加圓形反光板太陽下測試溫度紀錄



2、一開始黑烤盤溫度快速上升，但接著速度趨緩。而平底鍋溫度卻穩定上升，在第七分鐘以後便超越前者。探討其原因：因為烤盤構造較薄所以加熱很快，但也因此儲存熱量少。再加上盤面開了許多小洞，使得空氣得以流動產生對流而流失熱

量。所以我們決定採用平底鍋作為太陽能烤肉用具的主體。

(二)、反光板製作：根據討論二之(三)之 4 的結論，我們想做成圓形反光板、反射光入射角 45 度的形狀。但是不知如何做，只好請教老師。經過老師的指導，終於學會製作的方式。以下是反光板的展開圖：如(相片 8)



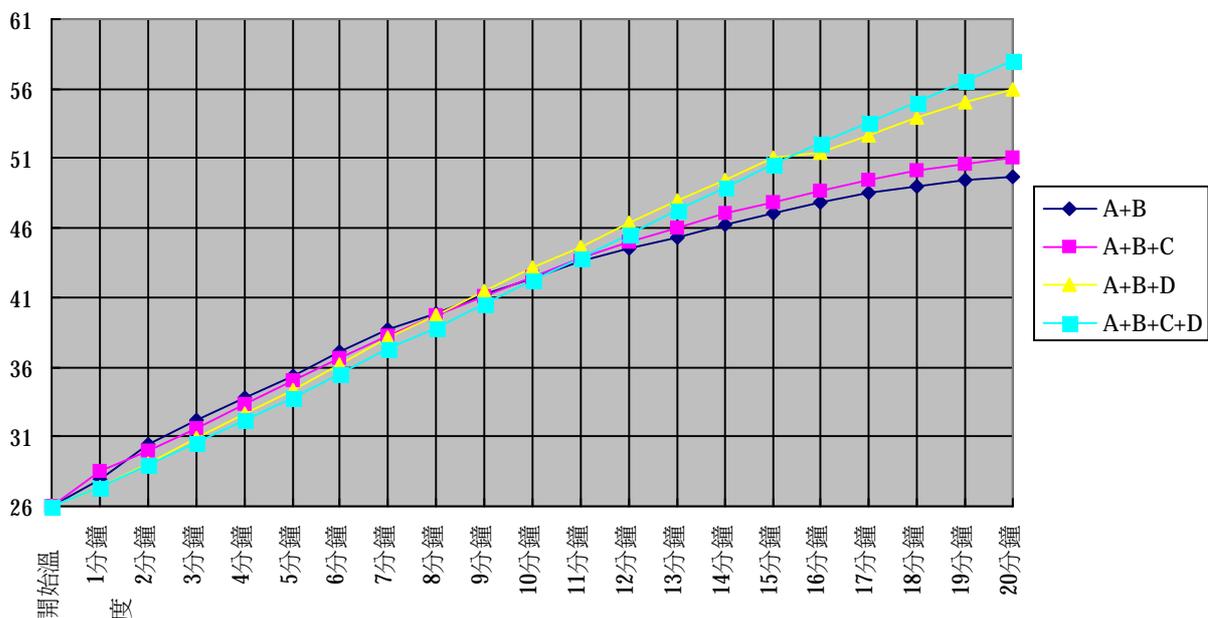
(三)、從網路上看見大部分太陽能聚熱鍋，都會加上一片玻璃蓋。因為玻璃能讓太陽光的短波穿透，卻會阻擋鍋內黑色物質產生的熱紅外線長波，產生『溫室效應』。我們利用家裡壞掉掛鐘的透明玻璃(剛好是直徑 30cm)加上鋁框就成為蓋子了。如(相片 8)

(四)、鑑於黑色烤盤的缺點，預防熱量從鍋底及側面流失。我們利用瓦楞紙、厚紙板作成保溫底座。如(相片 8)

(五)、提高並保持聚集的熱量

1、根據(表 6) 溫度紀錄繪成折線圖 5：(A:黑色平底鍋、B: 圓形反光板、C: 保溫底座及、D：玻璃蓋)

(線圖 5) 各式組合與 60ml 清水溫度紀錄



2、探討上圖的結果：

- (1) 黑色平底鍋+ 圓形反光板：這組剛開始加熱最快，8 分鐘後隨即被追上；10 分鐘後已成為溫度最低的，表示保溫效果不佳。
- (2) 黑色平底鍋+ 圓形反光板+ 保溫底座：雖然下方有保溫底座，但由於熱空氣向上流動，加熱現象仍不理想。
- (3) 黑色平底鍋+ 圓形反光板+ 玻璃蓋：在第九分鐘時加熱情形衝上第一，但最後仍被追過。雖然加蓋子保留了大部分熱能，但達到較高溫時，熱量便會由四面八方傳導出去。
- (4) 黑色平底鍋+ 圓形反光板+ 保溫底座+ 玻璃蓋：雖然加了最多配件，應該保溫最好了。卻為何到最後第十五分時才衝上第一？那是因為配件雖然保溫，但是一開始卻會搶掉一些熱能。不過只要吸熱到飽和時，便會將保溫好的優勢發揮出來。這就是為什麼後來仍能直線上升的原因。

(六)、太陽能烤肉上場：4 月 19 日 天氣多雲 太陽在 10:00 左右露臉，先將烤具放在太陽下加熱 5 分鐘，溫度便達 101.8°C。顯示加熱速度夠快！

1、烤豬肉片：10:05 放入約 0.5 公分肉片，10: 08 分翻面，溫度仍保持 105°C，10: 10 烤肉被分食。

繼續加熱三分鐘，溫度高達 127.8°C(相片如下)。



2、烤香腸：10:13 放入 5 截香腸，10:30 翻面，10:45 烤完，切片後與同學、老師們分享。繼續加熱 3 分鐘，這時天空漸漸有片片薄雲遮日，溫度仍達 124.2°C(相片如下)



- 3、烤絲瓜：絲瓜削皮對半切開，再橫切成 0.6 公分左右薄片。灑少許鹽巴用鋁箔包好，11:00 放入。直到 11:50 菜瓜熟了，但不夠爛，口感不佳！



柒、結論

這是一次很有趣經驗，對於太陽能悶燒鍋的研究及製作，充滿前所未有的新鮮感，以下結論跟大家分享：

一、將太陽光有效的引導進到鍋體，是太陽能烤肉活動中的第一個環節。我們也花了許多時間去探討、實驗，整理出幾個重點：

- (一)、盡量增加集光面積：越大的集光面積才能獲得越多的太陽能量，才有機會產生更高的溫度。
- (二)、反射板的鋁箔張貼得越平整，反光效率越好，是能否有效利用集光區域內陽光能量的關鍵。如果能尋找到更好的材質來克服這個問題，也是一個解決的方向。
- (三)、反射光的入射角應該盡量接近 90 度，最好不要低於 45 度以下。低的角度雖然能獲得更大的集光面積，但被玻璃反射開的也更多。若考慮反光板長度與反射光有效率，我們建議的入射角度是 45 度。
- (四)、反射板排列的角度越多，光線就越集中，當然就越難製作。其中圓形反光板效果最好，製作上反而比較簡單，只是收藏時無法摺疊比較佔空間。

二、收集來的光線如何有效轉換為紅外線熱能，是太陽能烹煮的第二個重點：

- (一)、越深色的鍋子轉換的功能越好，黑色最佳。
- (二)、表面越粗糙越容易吸收熱能。
- (三)、越輕的鍋子導熱越快、升溫越快，散熱也越快，金屬鍋以鋁鍋最容易導熱。
- (四)、越重的鍋具導熱越慢、升溫越慢，散熱也越慢，以陶鍋最保溫。

三、如何將熱量保留在鍋子是最難的部份：

- (一)、蓋子的密封度越高保溫效果越好。
- (二)、保溫層越厚效果越好，但加溫也越慢。

四、其他尚有：

(一)1、製作時看你的需求是什麼？再決定該加強什麼？

像我們的烤肉鍋注重的是加熱速度及操作容易。我們製作時便比較注重：光線的收集、熱能的轉換兩要點。其他的部份如：保溫、密封就不能要求太多，否則無法達到想要的效果。

(二)、太陽能烤肉鍋不適合包鋁箔的烤法，因為鋁箔容易把光與熱反射開，使得溫度無法上升。

(三)、太陽能烤肉鍋在太陽直射時效果最好，烤肉時 30~60 分鐘要調整角度。但鍋子一傾斜食物常滑到一側，要想辦法克服。

老師說綠色能源的開發，已成為舉世注目的焦點。這次我們利用太陽能製成烤肉爐，既可以節省能源，又可保護環境。自己動手，幾個小時便可完成，第一次嚐到不用瓦斯，又不用木炭升火，就能嚐到香噴噴的烤肉、烤香腸的滋味，大家都很興奮。希望我們的經驗，可以給大家不一樣的生活感受，也希望我們的發現有助於自然環境的保護。

捌、參考資料及其他

楊允文編輯。小實驗的大啟發。第一版。台北：人類文化事業有限公司 86~87 頁(民 78)。

夏元瑜編輯。光的奧秘。第二版。嘉義：明統圖書公司 52~56 頁。(民 80)。

陳慶飛。科學園地。第二版。台北：華一書局 51~52 頁。(民 82)

湯國光。華一兒童知識寶庫—44—神奇的光。第二版。台北：華一書局 18~19 頁。(民 81)

湯國光。華一兒童知識寶庫—45—能的世界。第二版。台北：華一書局 9 頁。(民 81)

太陽也能燒出美食。中央社記者張蕙燕達拉斯二十八日專電 (2006-10-12)台灣大紀元時報。取自：<http://www.epochtimes.com/b5/6/9/29/n1470531.htm>

Solar cooking Archive

http://203.84.199.31/language/translatedPage?lp=en_zt&.intl=tw&tt=url&text=http%3a%2f%2fsolarcooking.org%2f

【評語】 080827 快意陽光下一節能又環保的太陽能烤肉

主題清楚，報告者陳述條理分明，頗能傳達意念。作品中，製作了不同高度的椎形擋板，可增加烤肉的溫度和效率，相當實用。