

# 臺北市第 43 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

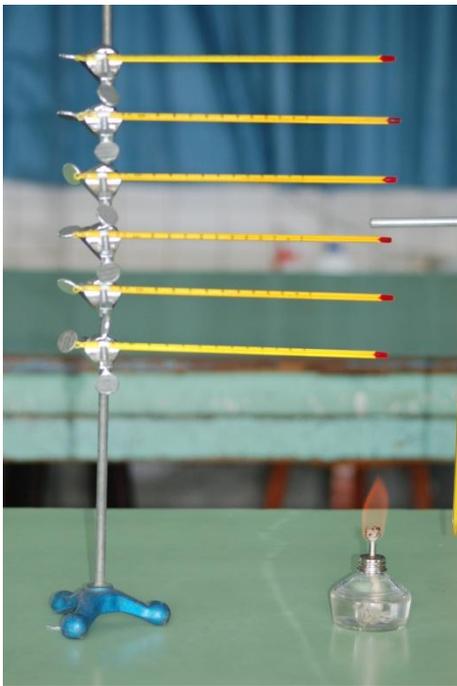
科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：『走馬燈』裡的一對寶—扇葉與熱空氣對流的交互作用

關鍵詞：扇葉、對流、熱能

編 號：



作品名稱：『走馬燈』裡的一對寶—扇葉與熱空氣對流的交互作用

### 摘要

走馬燈-中國的傳統玩具，利用加熱空氣產生對流的熱效應，將內部的能量轉換成爲動能，與近代燃氣渦輪發電機的原理如出一轍。透過實驗我們發現：一、同一個熱源傳遞熱能時，對流的方式比輻射的方式快且效果明顯；二、蠟燭或酒精燈燃燒時，向上對流的熱空氣夾雜著燃燒的產物，形成火燄，把手放在火燄上方的位置，會覺得有熱氣且溫度高，證實熱會經由空氣傳遞。三、利用對流的傳熱方式，設計旋轉扇葉，透過操作扇葉與熱空氣對流的交互作用得知：（一）扇葉角度 30 度、（二）扇葉片數適中（6 片）、（三）距熱源（火焰）愈近、（四）扇葉組重量愈輕、（五）熱源火力愈強（燈芯愈長）時，扇葉轉動的次數較多，速度愈快。

## 壹、研究動機

六年級（熱的傳遞）單元中介紹了傳導、對流與輻射三種傳遞熱的方式，老師要我們注意觀察日常生活中傳熱的現象。在觀察味噌湯冷卻的過程中，發現味噌會沿著湯鍋邊緣下降，中間較燙的味噌湯會浮上來，這就是液體對流的現象；另外，點燃蠟燭後，向上對流的熱空氣挾雜著燃燒的產物，形成火燄，熱就經火燄向上傳遞（對流）。類似這樣的熱對流原理在日常生活中十分常見—「走馬燈」也是一個例子。我們希望在實驗過程中了解：哪一種熱的傳遞方式最快？進一步利用旋轉扇葉探討燃燒所產生的熱對流轉變成動能的影響因素。

## 貳、研究目的

- (一) 探討哪一種熱的傳遞方式最快？
- (二) 設計一個簡單的熱對流實驗--證明物體（空氣）受熱後會作功而轉變成動能。
- (三) 利用順利轉動的扇葉，探討在熱對流的效應中影響旋轉速度的變因：
  - (1) 扇葉角度
  - (2) 扇葉片數的不同
  - (3) 距離熱源的高度
  - (4) 扇葉重量的不同
  - (5) 火焰大小（燈芯長度）的不同

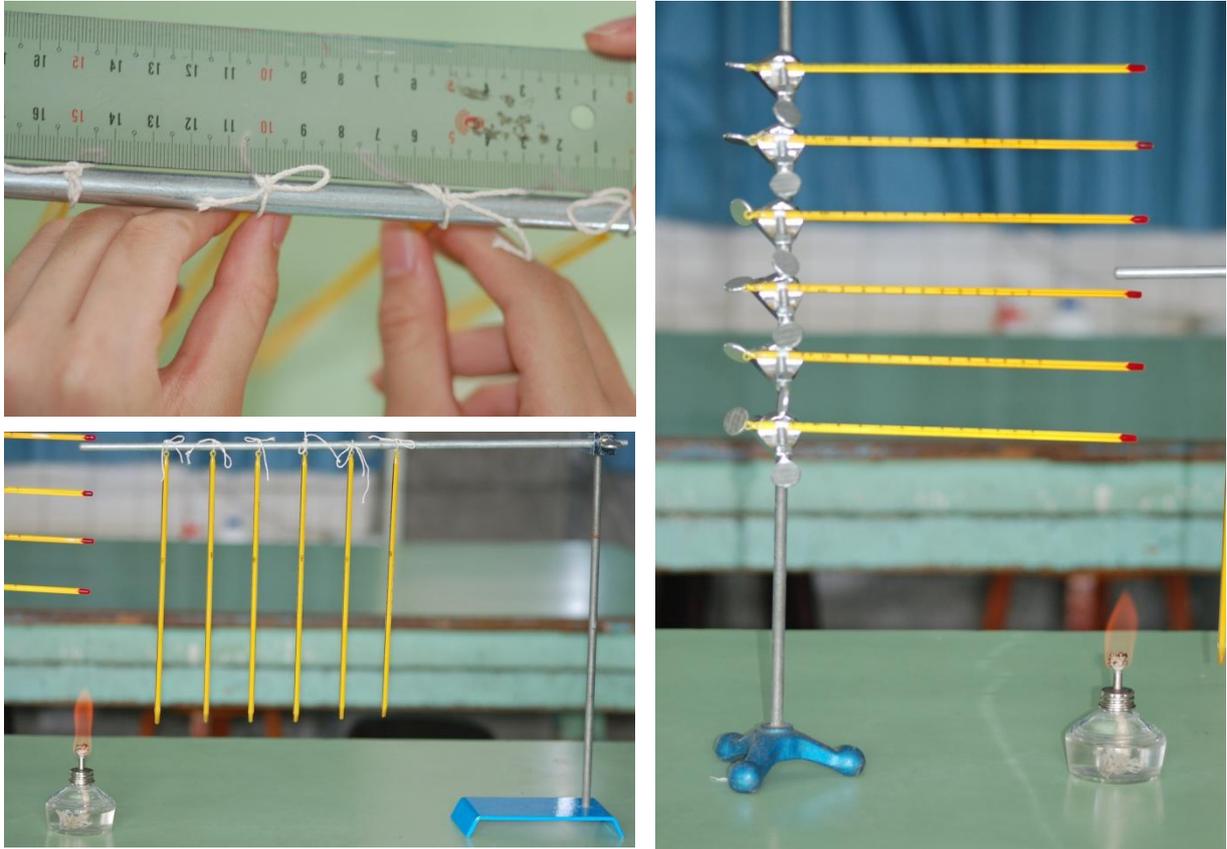
## 參、研究設備與器材

- |                    |                             |             |
|--------------------|-----------------------------|-------------|
| 1. 方形木條若干          | 2. 木製細圓桿                    | 3. 巴沙軟木     |
| 4. 鐵釘(2 吋)1 支      | 5. 鈎鐵硼磁鐵(直徑 1cm*高 0.5cm)1 個 |             |
| 6. 載玻片 1 片         | 7. 鋁片（大型奶粉罐封口）數片            | 8. 剪刀       |
| 9. 雙面膠             | 10. 酒精燈                     | 11. 粗鐵絲 1 根 |
| 12. 溫度計 12 支（110℃） | 13. 鐵架 1 組                  | 14. 酒精燈 2 具 |
| 15. 小型鋸子           | 16. 快乾膠                     | 17. 無煙蠟燭若干  |

## 肆、研究過程及方法

### 一、誰傳得快

(一) 在熱源(酒精燈)的上方及側面每隔 5 cm 放一支溫度計，點燃酒精燈 5 分鐘後，記錄各溫度計的溫度。



### 二、旋轉扇葉製作過程：

#### (一) 初步製作

- 1、先用方形木條製作一個支架，底座以 20cm 的 2 根木條為基座，中間再置入 10cm 木條強化固定，以 25cm 長之木條作為架身，頂座利用 15cm 木條當作燭臺的吸引支撐樑，整個支架用快乾膠黏牢。
- 2、木條頂座離架身的另一端以快乾膠貼上載玻片，預留載玻片 1 公分的距離外露於頂座木條外，預留之載玻片上以雙面膠黏上鈷鐵硼磁鐵，支架完成。
- 3、測量木製細圓桿截面大小，利用螺絲起子在兩塊巴沙木的中間、上方鑽孔，10cm 的巴沙木無需穿透，2.5cm 的巴沙木需穿透。
- 4、在 10cm 巴沙木的鑽孔塗上快乾膠，並將 12cm 的細圓桿插入，製成倒 T 型的燭臺備用。

5、用奇異筆找出鋁片的中心，鑽孔如細圓桿截面大小，並劃一小圓，另以圓心為出發點，將鋁片均分為 8 片，用剪刀剪出扇葉，注意不可裁剪超過小圓



的區域，以免鋁片斷裂，扭轉每一片扇葉，使他們像風車的葉片。

6、將 T 型燭臺上的細圓桿穿過鋁片中心孔及 2.5cm 的巴沙木小木塊，利用這一個小木塊確保細圓桿垂直鋁片，並塗上一點快乾膠固定。

7、在細圓桿的頂端，塗上快乾膠並黏上準備好的 2 吋鐵釘，並用雙面膠稍做環包固定，使它們保持一直線的狀態。

8、在燭臺的左右貼上雙面膠後，將細圓桿頂端的鐵釘隔著載玻片吸著在鉤鐵硼磁鐵的下方，再將無煙蠟燭固定在燭臺的雙面膠上，創意燭臺就完工了。



## (二) 實驗後的製作改良

### 1、扇葉的摺法

(1) 原來兩側減開的製作，不易固定形狀，會增加實驗誤差。

(2) 將每一片扇葉保留邊緣，雖然製作時間較長，但是較容易固定形狀及角度，可以減少誤差。



### 2、熱源由旋轉修改為固定

(1) 蠟燭固定在旋轉燭臺上，會隨燭臺而轉動，火焰因旋轉而歪斜，影響轉動速率。

(2) 將熱源固定在桌面或木架上，避免因旋轉而產生的變動。

### 3、以酒精燈代替蠟燭

(1) 蠟燭燃燒時，回逐漸縮短，燈芯的長度以不易控制，會影響火焰高度（強度）。

(2) 酒精燈燃燒時，燈芯縮短的變化比較慢火焰相對比較穩定。

### 三、操作與測量方法：

#### 實驗一：扇葉角度的不同與旋轉次數

1、利用三角板將減成 6 片的扇葉分別折成 30 度、45 度、60 度。

2、將酒精燈點燃，當扇葉旋轉順利後，才開始計算扇葉轉動的圈數。

3、連續紀錄 3 分鐘的旋轉次數，再算出平均值。

4、比較旋轉次數的不同並探討原因。



## 實驗二：扇葉片數的不同與旋轉次數

- 1、準備分割成 3 片、6 片、12 片的三個扇葉。
- 2、分別將三種扇葉的折角固定在 30 度。
- 3、重複實驗一 2 至 4 步驟。

## 實驗三：距離熱源的高度與旋轉次數

- 1、將扇葉葉片數固定為 6 片、折角固定在 30 度。
- 2、分別在距離熱源 30 cm、40 cm、50 cm、處放置扇葉。
- 3、重複實驗一 2 至 4 步驟。

## 實驗四：扇葉重量的不同與旋轉次數

- 1、將扇葉葉片數固定為 6 片、折角固定在 30 度、距離熱源 30 cm 處放置扇葉。
- 2、用重量不同的扇葉組進行實驗。
- 3、重複實驗一 2 至 4 步驟。

## 實驗五：火焰大小（燈芯長度）的不同與旋轉次數

- 1、將扇葉葉片數固定為 6 片、折角固定在 30 度、距離熱源 30 cm 處放置扇葉、並使用較輕的扇葉組。
- 2、將燈芯長度分別調整為 0.4 cm、0.8 cm、1.2 cm。
- 3、重複實驗一 2 至 4 步驟。



## 伍、研究結果

### 一、誰傳得快

表一：輻射傳熱記錄表

分 鐘 \ 距 離	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
第 1	34	29	28	27	27	27
第 2	33	28.5	28	26.5	26.5	26.5
第 3	32.5	28.5	28	26.5	26.5	26.5
平均	33.17	28.67	28.00	26.67	26.67	26.67

表二：對流傳熱記錄表

分 鐘 \ 距 離	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
第 1	106	71	61	47	42	38
第 2	90	60	57	43.5	41.5	37
第 3	98	67	61	43	40	36
平均	98.00	66.00	59.67	44.50	41.17	37.00

### 二、轉動的扇葉，探討影響旋轉速度的變因

表三：扇葉角度的不同與旋轉次數比較表（實驗一）

分 鐘 \ 角 度	30 度	45 度	60 度
第 1	61	42	47
第 2	57	40	48
第 3	62	43	50
平均	60.0	41.7	48.3

表四：扇葉片數的不同與旋轉次數比較表（實驗二）

分 鐘 片 數	3片	6片	12片
第1	64	70	61
第2	66	74	57
第3	69	77	62
平均	66.3	73.7	60.0

表五：距離熱源的高度與旋轉次數比較表（實驗三）

分 鐘 熱 源	30cm	40cm	50cm
第1	61	62	60
第2	57	67	62
第3	62	66	61
平均	60.0	65.0	61.0

表六：扇葉組重量的不同與旋轉次數比較表（實驗四）

分 鐘 扇 重	12.4g	17.5g	22.1g
第1	66	58	55
第2	69	55	53
第3	67	60	55
平均	67.33	57.67	54.33

表七：火焰大小（燈芯長度）的不同與旋轉次數比較表（實驗五）

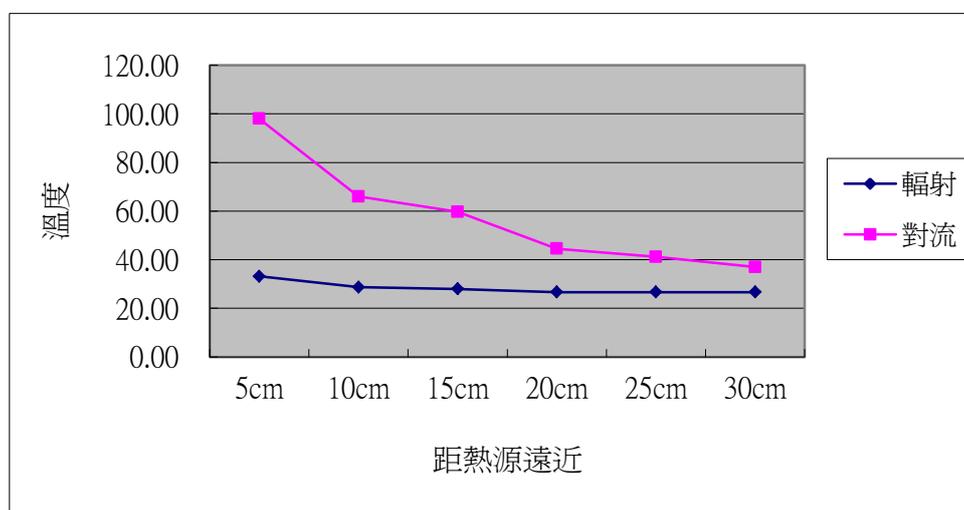
分 鐘	燈 芯	0.4 cm	0.8 cm	1.2 cm
第 1		42	50	66
第 2		45	52	70
第 3		42	55	68
平均		43	52.33	68

## 陸、討論

### 一、誰傳得快

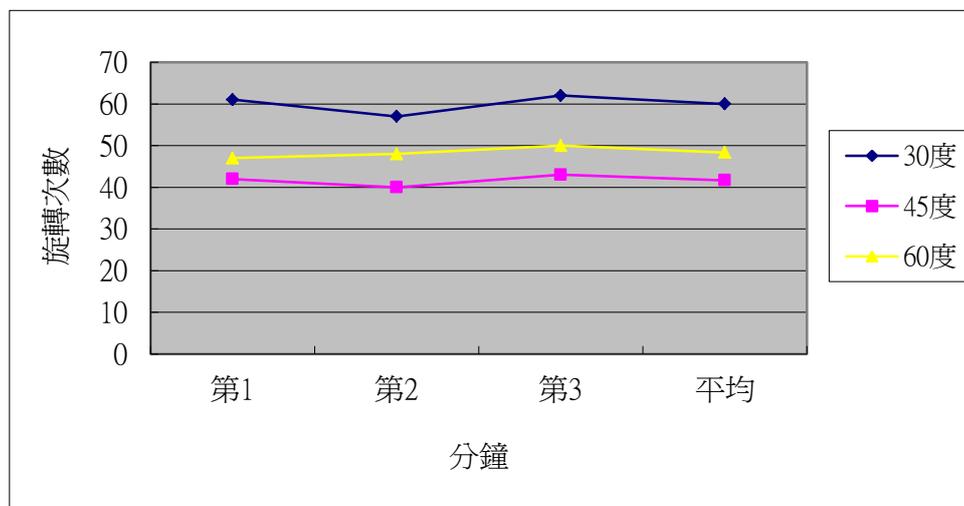
- 1.酒精燈的輻射熱經過測量雖然隨距離遠近而有變化，但是 20 cm 以後已經看不出變化。
- 2.相對而言，熱對流的效應隨距離愈遠而效率遞減，有明顯變化。
- 3.同一個熱源產生傳熱方式：對流比輻射的效果明顯，和距離的遠近相關。

圖一：輻射與對流傳熱比較圖



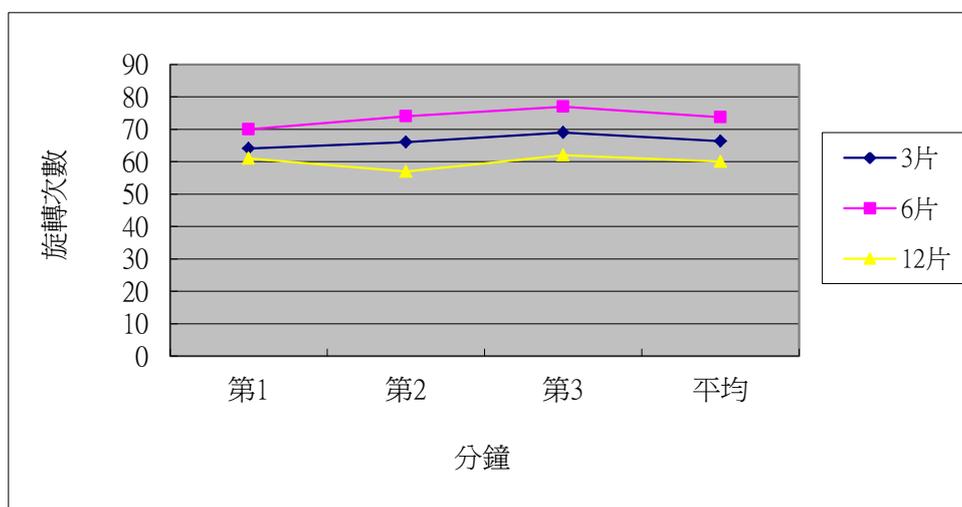
## 二、轉動的扇葉，探討影響旋轉速度的變因：

(一) 實驗一： 圖二：扇葉角度的不同與旋轉次數比較圖



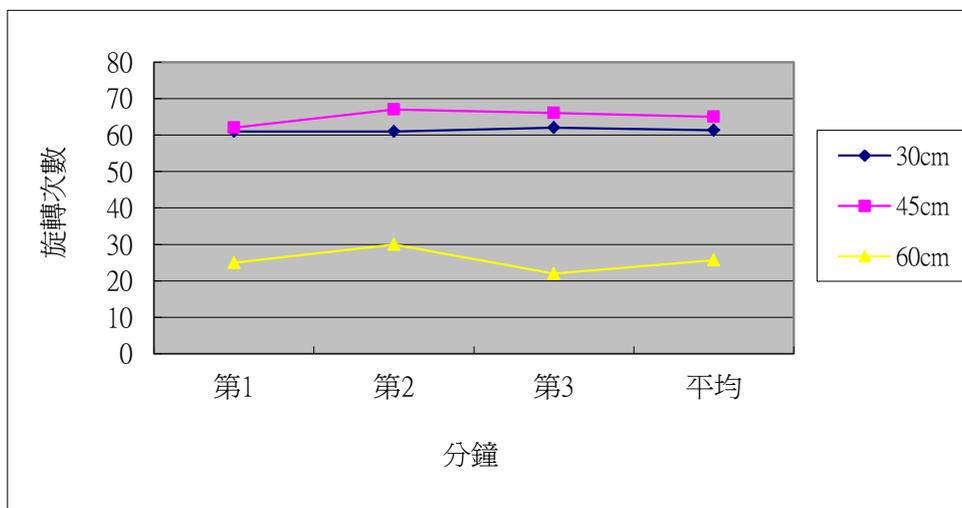
1. 扇葉開始旋轉後，分別記錄第 1 分鐘、第 2 分鐘、第 3 分鐘的旋轉次數。
2. 把手放在扇葉上方的位置，會覺得有熱氣且溫度高。
3. 角度 30 度時的效果最好，太大或太小的角度反而使轉速變慢。觀察一般電扇的扇葉的角度十分接近。
4. 當我們將燭臺的蠟燭點燃時，燭臺就會自動的轉起來，但是剛開始是慢慢的動，大約過了幾秒鐘以後就轉得很順暢，當我們把蠟燭熄滅，燭臺就會變慢而停下來，而且扇葉上方的熱氣也就消失了。這表示蠟燭燃燒所產生的熱量使燭臺轉動。
5. 扇葉的旋轉是利用對流將熱向上冷空氣傳遞的原理，放天燈也都是相同的原理。這些例子都是應用熱對流而作功的原理，將內部的能量轉換成爲動能。

(二) 實驗二： 圖三：扇葉片數的不同與旋轉次數比較圖



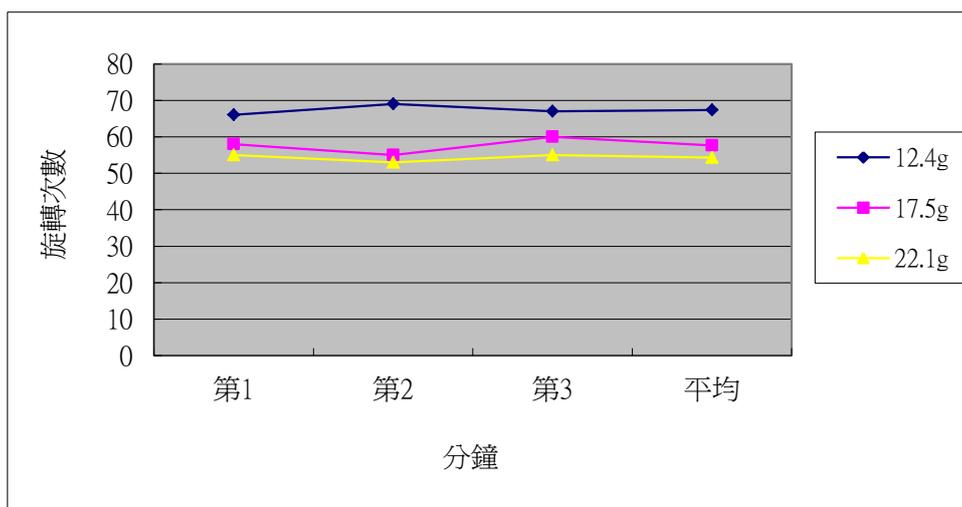
- 1.太多或太少的片數，因為對流的傳遞的熱分散或不易流動，會影響轉動速度。
- 2.以兩個酒精燈為熱源，扇葉片數 6 片會產生較佳的轉動速度。

(三) 實驗三： 圖四：距離熱源的高度與旋轉次數比較圖



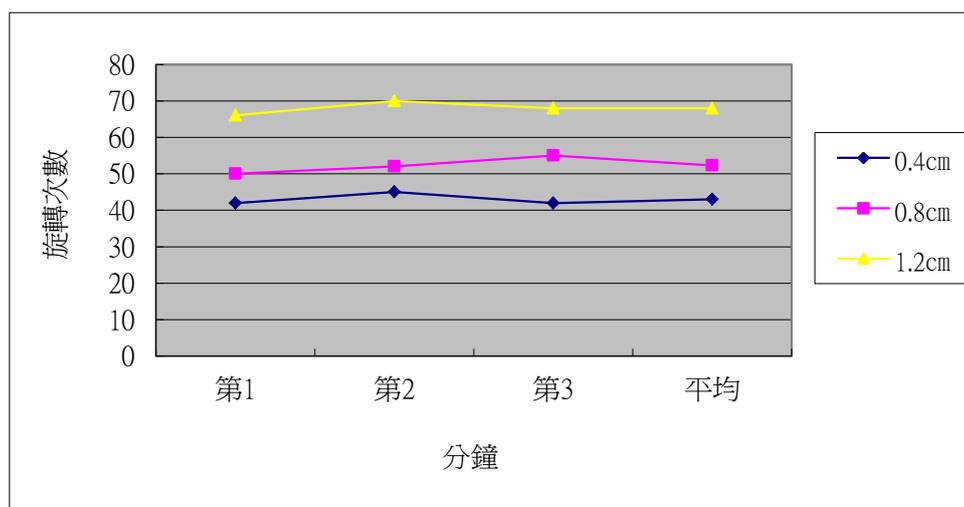
- 1.完全用紙箱圍住，酒精燈的火焰反而不穩定；將紙箱抬高於火焰的高度，冷空氣充分由下方補充，火焰反而不易歪斜。
- 2.扇葉組距離熱源 60 cm的熱對流效應較差，30 cm、45 cm的高度在熱對流的範圍內，次數相差不明顯。
- 3.距離熱源 30 cm處太接近火焰，會影響對流熱效應。

(四) 實驗四： 圖五：扇葉重量的不同與旋轉次數比較圖



- 1.愈輕的扇葉組，在相同的熱對流效應下，較容易克服鐵絲與磁鐵間的摩擦力，而有較佳的轉動速度，愈重的扇葉組則相反。

(五) 實驗五： 圖六：火焰大小（燈芯長度）的不同與旋轉次數比較圖



1.燈芯愈長火焰愈高，所發出的光和熱也越多，提供較多的光和熱，對流熱效應增強，使扇葉轉動的速率越快；燈芯愈短，效果相反。

## 柒、結論

- 一、誰傳得快：同一個熱源產生傳熱方式，對流比輻射具備更好的熱效應，而且距離愈近效果愈明顯。
- 二、轉動的扇葉與熱空氣對流的交互作用下，探討影響旋轉速度的變因發現：(一) 扇葉角度 30 度、(二) 扇葉片數適中、(三) 距熱源（火焰）愈近、(四) 扇葉組重量愈輕、(五) 熱源火力愈強（燈芯長度）時，扇葉轉動的次數較多，速度愈快。

## 捌、參考資料及其他

- 一、周鑑恆（民 94）。輕鬆學物理的第一本書。台北：如何。
- 二、Robert W. Wood 著，陳文明譯（民 91）熱：輕鬆有趣玩科學。台北：豐德科學教育。
- 三、繆克成（民 88）。無序中的有序：熱學的故事。新竹：凡異。