

屏東縣第63屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(一)

組 別：國小組

作品名稱：熱力四射-最佳助攻手

關 鍵 詞：溫度變化、熱源遠近、通風扇葉

編號：A6007

摘要

搨扇子、吹電風扇讓空氣流動產生風，空氣占有空間，也能被壓縮，壓縮的空氣可以產生傳動的力量。此外瓦斯爐上煮飯、燒開水的煙一直往上飄，燒香拜拜，線香的煙也緩緩飄啊飄的，證明**溫度的變化**也是影響空氣流動的一大因素。

藉由蒐集線香實驗，來證明溫度的變化是如何影響**空氣流動**，進而利用空氣流動讓紙杯產生旋轉，應用此原理製作出好玩的走馬燈。實驗發現：(一) 熱空氣上升冷空氣下降，產生空氣的對流循環。(二)證明紙杯旋轉的穩定及快慢與紙杯側面所開的**通風扇葉**多寡無明顯相關但與紙杯**距離熱源遠近**皆有相關。(三)走馬燈燈頂扇葉，在實驗中的 30 **度角**所開的 12 **片扇葉**，走馬燈旋轉最快最穩定。(四)同樣數目的扇葉，以**水晶紙**製作的走馬燈轉速最快。

壹、前言

一、研究動機

三年級時在空氣和水的單元，學到空氣**無色無味、看不見、摸不著**，實驗證明空氣占有**空間**、能被壓縮，**壓縮的空氣**可以產生**傳動的力量**，例如空氣槍，此外，將充氣氣球對著臉，將空氣壓出會有**風**吹來涼涼的感覺，因為風就是一種**空氣的流動**，所以搨扇子、吹電風扇就是讓空氣流動產生風，但這時候，我突然很疑惑，風是空氣流動的產物，那媽媽每天在瓦斯爐上煮飯、燒開水，煙一直往上飄，算不算空氣流動呢?還有阿嬤每天早上燒香拜拜，線香的煙也緩緩飄啊飄的，也是空氣流動產生的嗎?問題是沒有搨風也沒有壓縮空氣啊?為了解除疑惑，於是我們就開始共同設計一連串空氣流動的科學實驗，希望能運用這些實驗解除我的疑惑，進而希望能運用這些實驗創造出簡單好玩的**科學遊戲**，所以我們的空氣流動探索之旅就啟程航行了。

二、研究目的

- 1.探討溫度變化對空氣流動的影響。
- 2.探討空氣流動是否能帶動紙杯旋轉。
- 3.製作與空氣流動有關的好玩科學遊戲。









三、文獻回顧:

南一書局(2021)自然科學第一冊單元二空氣和水的單元中，介紹水受熱會蒸發成水蒸氣，而我們看到的白煙就是上升的水蒸氣遇到冷再凝結成的小水滴，康軒文教(2021)自然科學第七冊單元二熱對物質的影響中，氣體受熱，體積變大，受冷體積變小。均一教育平台八年級理化溫度與熱單元中介紹3種傳熱方式，包括傳導、對流、輻射，物體受熱後體積變大，密度變小，所以熱空氣受熱膨脹後會上升。周鑑恆(2016)天燈、熱氣球，與許多自然現象都源自於熱對流。







科學小工坊(2016年2月27日)一分鐘教你自製超酷元宵走馬燈之科學爸爸文章中，學習到如何設計走馬燈燈頂的扇形通風口，以幫助熱空氣上升後由扇葉推動讓走馬燈旋轉。在ECBYTE 科學大玩家(2001年2月20日)學習紙杯旋轉模組製作方式。生活裡的科學(2013年12月28日)風扇72變單元說明扇葉旋轉時，會產生推力。生活裡的科學(2013年8月10日)熱升冷降大搜查單元提及熱空氣密度小往上升，冷空氣密度大往下降，杯子裡的空氣要有對流才能旋轉，扇葉是能推動杯子的力量，此外扇葉要排列整齊，且要有對稱性，至於扇葉多寡並不重要，大小才是最重要的，所以扇葉洞愈小，流動愈快，也會較順暢。

貳、研究設備及器材

一、材料類: 線香、厚卡紙、熱水、冰水、蠟燭、紙杯、鐵絲、圓形小蠟燭、大湯碗杯、封面紙、卡紙、水晶紙、美術紙、暗扣、雙面膠、油土、記錄表格。

			
記錄表格、雙面膠、油土、暗扣	線香、厚卡紙	熱水、冰水	紙杯、鐵絲
			
圓形小蠟燭、鐵絲	大湯碗杯	封面紙、卡紙	水晶紙、丹迪紙

二、工具類: 打火機、手機計時器、直尺、橡皮擦、量角器、美工刀、簽字筆、剪刀、廣口瓶、玻璃片、隔水玻璃瓶。

		
打火機	手機計時器	直尺、橡皮擦
		
量角器、美工刀	簽字筆	廣口瓶、玻璃片、隔水瓶





參、研究過程與結果

一、溫度變化對空氣流動的影響

(一) 研究過程與方法:

- 1.用厚卡紙將燒杯隔成兩邊，但底部要保留相通之空隙，在燒杯內的一側點燃蠟燭，在燒杯內的另一側放入點燃的線香，觀察點燃後線香香煙的流動方向。
- 2.取大小相同的廣口瓶兩個，將點燃的線香放入其中一個廣口瓶，待瓶中充滿煙霧時，再用玻璃片蓋住瓶口，將充滿煙霧的廣口瓶放入熱水中，使瓶中的空氣受熱 1 分鐘，再取另一空的廣口瓶放置於充滿煙霧的廣口瓶上面，兩個廣口瓶瓶口上下相對放平，抽出玻璃片，觀察煙的流向。
- 3.再取另一空的廣口瓶放置於充滿煙霧的廣口瓶下面，兩個廣口瓶瓶口上下相對放平，抽出玻璃片，觀察煙的流向。
- 4.改成將充滿煙霧的廣口瓶放入冰水中，再重複 2.及 3.之作法，觀察煙的流向。



			
蒐集線香香煙	空氣受冷(冰水)	冷空氣瓶在下	冷空氣瓶在上

(二) 觀察結果:

1. 線香的香煙會從燒杯底部空隙穿越到另一側（有點燭火的一側）然後再繼續緩緩往上升。
2. 熱空氣瓶在下時，受熱的煙快速往上升，熱空氣瓶在上時，受熱的煙停留在原廣口瓶中不易下降。
3. 冷空氣瓶在上時，遇冷的煙快速往下降，冷空氣瓶在下時，遇冷的煙停留在原廣口瓶中不易上升。

(三) 觀察發現:

1. 線香的香煙剛開始還是會先上升，等一會時間，才會從燒杯底部空隙穿越到另一側(有點燃蠟燭)再往上升。
2. 熱空氣是會向上流動，冷空氣會向下流動，所以當燒杯有點燭火的一側溫度逐漸上升時，線香的香煙就被冷空氣帶著往下，穿越後再上升。

二、空氣流動帶動紙杯旋轉實驗:

(一) 研究過程與方法:

1. 取一張白紙，沿著杯口畫圓形後，再將杯口圓形平分成 45 度之扇型 8 個。
2. 將兩根鐵絲纏繞後，形成三足鼎立。支撐一個支撐架在紙杯中心，紙杯兩側邊開口相對。
3. 取 5 個相同的紙杯，分別在紙杯側面平成 8 等分。
4. 將 4 個紙杯依平分之 8 等分，分別切割出 1，2，4，8 個長方形流通口。

- 5.在有支撐架的紙杯下放一個蠟燭(距離紙杯 10 公分)，再將有不同流通口的紙杯放在支架上，點燃蠟燭，分別計時 1 分鐘，紀錄紙杯轉動的圈數。
- 6.重複 3 之作法後，再次將 4 個紙杯依平分之 8 等分，分別切割出 1，2，4，8 個扇形流通口。
7. 重複 5 之作法，紀錄紙杯轉動的圈數。

(二) 觀察記錄:

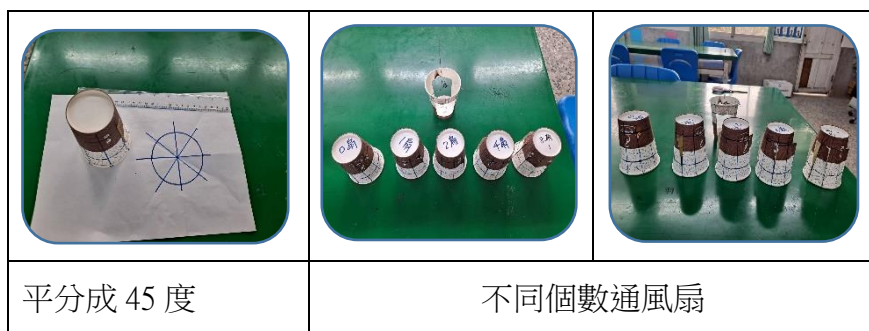
紙杯樣態	無流通口	1 個長方形流通口	2 個長方形流通口	4 個長方形流通口	8 個長方形流通口
距離 (公分)	10	10	10	10	10
轉動圈數	0(原地抖動)	0	0	0	0

紙杯樣態	無流通口	1 個扇形流通口	2 個扇形流通口	4 個扇形流通口	8 個扇形流通口
距離 (公分)	10	10	10	10	10
轉動圈數	0(原地抖動)	0	22	28	22

- 1.無流通口的紙杯，原地抖動，沒有轉圈，1 個流通口未抖動，也未轉圈。
- 2.長方形流通口，不管個數多少，紙杯不會旋轉。
- 3.有 2 個流通口傳 3 圈，4 個流通口紙杯轉 20 圈，8 個流通口紙杯轉了 31 圈。

(三) 觀察發現:

- 1.只有開洞，紙杯不轉動，因沒有推動的扇葉輔助。
- 2.發現沒有開對流口的紙杯並沒有轉動，因為熱空氣無出口，撞擊紙杯造成抖動
- 3.有 1 個流通口未抖動，因熱空氣有一個出口，但單一缺口，無法讓紙杯穩定旋轉。
- 4.有 4 個扇形流通口的紙杯轉速快且穩定，2 個和 8 個扇形流通口的次之，說明流通口多寡不是影響紙杯轉速最重要因素。



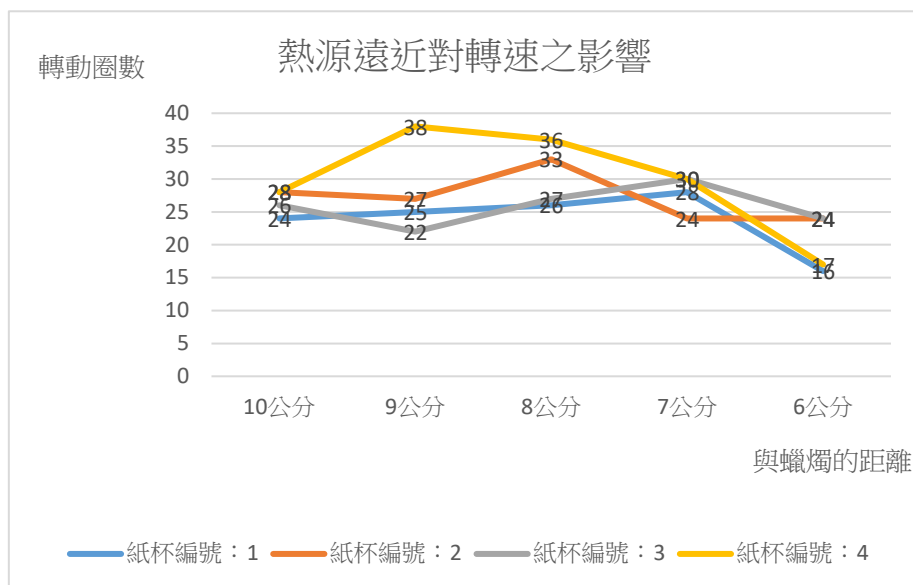
三、距離熱源遠近對紙杯轉速的影響:

(一) 研究過程與方法:

- 1.取 4 個相同的紙杯，分別在紙杯側面平分成 8 等分，每個紙杯皆開 8 個流通口。
- 2.用直尺分別量紙杯最低點與蠟燭的距離保持在 10 公分。
- 3.分別改變紙杯與蠟燭距離為 9cm；8cm；7cm；6cm。
- 4.分別計算相同距離下，4 個紙杯的平均轉速。

(二) 觀察記錄:

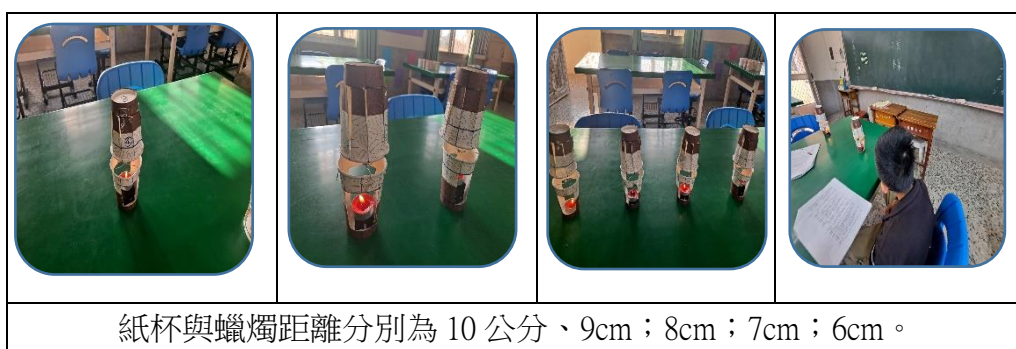
紙杯編號：	1	2	3	4	平均轉速
距離 (公分)	10	10	10	10	
轉動圈數	24	28	26	28	26.5
距離 (公分)	9	9	9	9	
轉動圈數	25	27	22	38	28
距離 (公分)	8	8	8	8	
轉動圈數：	26	33	27	36	30.5
距離 (公分)	7	7	7	7	
轉動圈數	28	24	30	30	35.5
距離 (公分)	6	6	6	6	
轉動圈數	16	24	24	17	20.25



註:1.紙杯與燭火距離 7 公分時，轉速最趨近平均，其次是 8 公分。

(三) 觀察發現:

- 1.發現距離熱源遠近確實會影響紙杯轉速。
- 2.由統計表可知紙杯與燭火距離 7 公分時，平均轉速達最高 35.5 圈，反而距離更接近的 6 公分時，平均轉速反而更低，這說明當紙杯趨近於火燭時，空氣流動反而不順暢，熱源發展空間受限。
- 3.據統計圖分析得知紙杯與燭火距離 7 公分時，4 個紙杯轉速最趨近平均與穩定，其次是 8 公分。
- 4.距離遠近確實影響紙杯的轉速，所以本實驗最適距離為 7 公分。其次 8 公分。



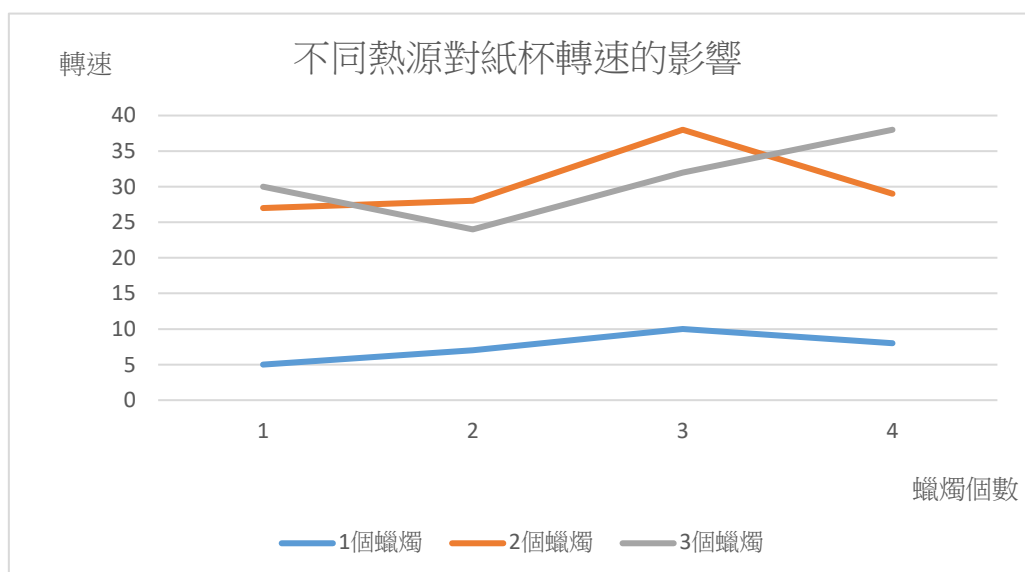
四、不同的熱源對紙杯轉速的影響:

(一) 研究過程與方法:

- 1.取 4 個相同的紙杯，分別在紙杯側面平分成 8 等分，每個紙杯皆開 8 個流通口。
- 2.大紙湯杯，開 2 個相對的流通口，以鐵絲固定好支架。
- 3.紙杯先固定好距離蠟燭 7 公分。
- 4.以不同蠟燭個數去產生熱源。
- 5.計算紙杯轉動圈數及平均轉速。

(二) 觀察記錄:

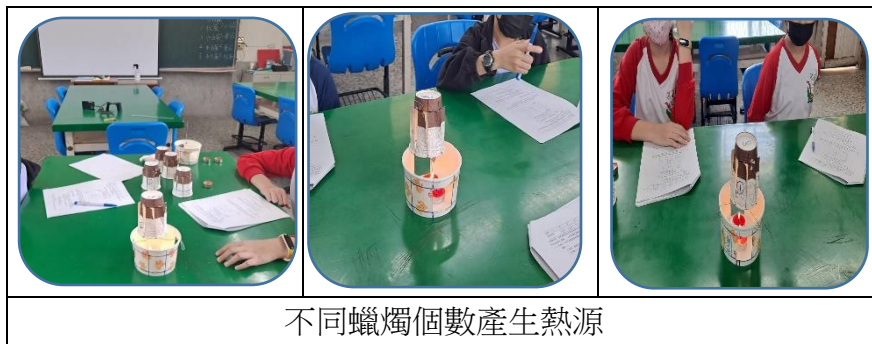
蠟燭個數 \ 紙杯編號	1	2	3
1	5	27	30
2	7	28	24
3	10	38	32
4	8	29	38
平均轉速	7.5	23.25	31



註:1. 只 1 個蠟燭當熱源時，轉速偏低，落在 10 以下；3 個蠟燭當熱源時，轉折後呈上揚趨勢顯著。

(三) 觀察發現:

- 1.由統計表可知 1 個蠟燭當熱源時，紙杯平均轉速 7.5 圈，2 個蠟燭當熱源時，紙杯平均轉速達 23.25 圈，3 個蠟燭當熱源時，紙杯平均轉速達最高 31 圈。
2. 由統計圖分析，1 個蠟燭當熱源時，轉速偏低，落在 10 以下，2 個或 3 個蠟燭當熱源時，轉速分布於 25 至 40 間，尤其 3 個蠟燭當熱源時，轉折後呈上揚趨勢顯著。
- 3.紙杯會轉動，是因熱源使空氣流動，進而帶動紙杯的轉動，熱源愈集中溫度愈高，空氣流動加快，紙杯轉得愈快也轉愈久。



四、運用紙杯的實驗製作最炫的走馬燈:

(一) 研究過程與方法:

- 1.畫一個圓形，將圓平分成 12 個 30 度的圓弧，在每個 30 度的圓弧裡，再取 20 度的圓弧，並在 20 度圓弧上畫出三角形，可將三角形的兩邊線切開，作為通風口。
- 2.取一長方形當側面，與 1. 之圓形組合成一個圓柱體的形狀。
- 3.將鐵絲與暗扣組合，將圓柱體撐起來，其下放蠟燭。
- 4.轉！轉！走馬燈開始轉了。
- 5.不同材質當側邊，製作相同直徑的走馬燈，計時 1 分鐘，記數走馬燈轉動圈數。
- 6.相同材質的側邊，製作不同數目扇片的走馬燈，計時 1 分鐘，記數走馬燈轉

動圈數。

7.相同材質的側邊，製作不同大小扇片的走馬燈，計時 1 分鐘，記數走馬燈轉動圈數。

8. 相同材質的側邊，製作不同大小扇片的走馬燈。

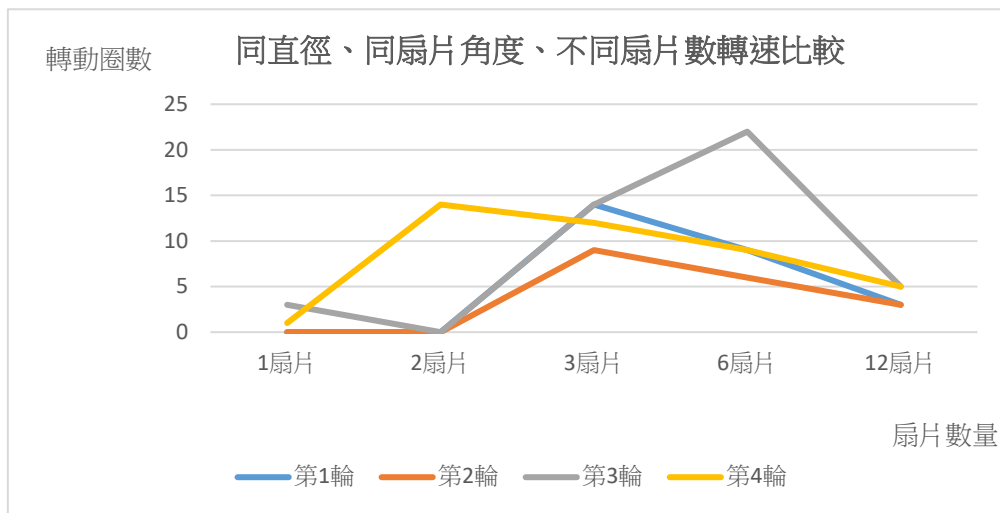
9. 不同轉速的走馬燈，完成一組又炫又好玩的走馬燈群組。

(二) 觀察記錄:

5.不同材質當側邊，製作相同直徑的走馬燈				
紙類	丹迪紙	書面紙	水晶紙	卡紙
圈數	26	7	30	24

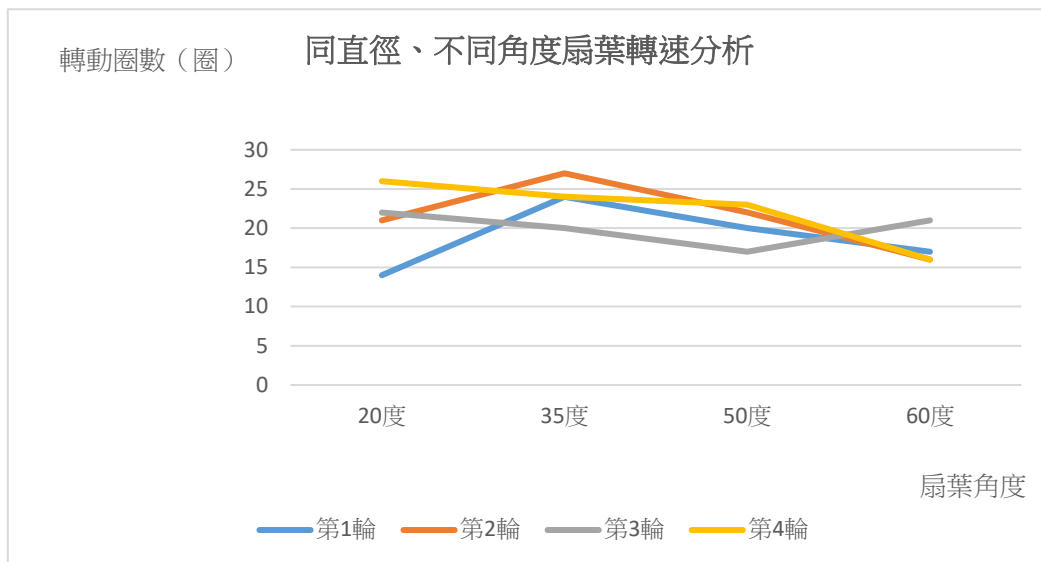
註:1. 轉速水晶紙>丹迪紙>卡紙>書面紙

6.相同材質的側邊，製作不同數目扇片的走馬燈 (直徑 10.2 公分，扇片角度皆 20 度，扇片大小相同)					
扇片數目 輪次	1 扇片	2 扇片	3 扇片	6 扇片	12 扇片
第 1 輪	0	0	14	9	3
第 2 輪	0	0	9	6	3
第 3 輪	3	0	14	22	5
第 4 輪	1	14	12	9	5
平均轉速	1	3	12	11.5	4



註:3 扇片、6 扇片轉速高點趨穩定與平均

7.相同材質的側邊，製作不同角度的扇葉 (直徑 10.2 公分，4 扇葉，扇葉面積大小不同，60 度扇葉面積最大)				
扇片數目	20 度	35 度	50 度	60 度
第 1 輪轉動圈數	14	24	20	17
第 2 輪轉動圈數	21	27	22	16
第 3 輪轉動圈數	22	20	17	21
第 4 輪轉動圈數	26	24	23	16
平均轉速	20.75	23.75	20.5	17.5



註: 1.角度 20 度和 35 度的扇葉，上升趨勢多，60 度的扇葉下降趨勢明顯。
2.同直徑，扇葉角度愈小轉速愈快也較穩定。

8.相同材質的側邊，製作不同大小扇片的走馬燈 (直徑不同，扇片角度皆 20 度，直徑愈大，扇葉面積越大)				
走馬燈圓盤直徑	直徑 7.3 公分	直徑 10.2 公分	直徑 11.7 公分	直徑 14.3 公分
卡紙	9	12	23	5





註:1.直徑愈大，扇葉面積越大。





2.扇葉大小與轉速快慢無關，角度愈小轉速愈快也較穩定。





(三) 觀察發現:





- 1.不同材質當側邊，相同直徑的走馬燈，轉速水晶紙>丹迪紙>卡紙>書面紙。
- 2.卡紙厚度大於書面紙，轉速反而高，製作過程發現，卡紙作的圓型側邊最穩定，不易變形，轉速也平穩。
3. 相同材質的側邊，製作扇片角度皆 20 度，扇片大小相同，不同數目扇片的走馬燈(直徑相同 10.2 公分)，以 3 片、6 片轉速最多，平均轉速也最穩定，證明扇片多寡不是影響轉速的重要因素。

4. 相同材質的側邊，製作不同角度的扇葉(直徑相同 10.2 公分。皆 4 扇葉，扇葉面積大小不同，60 度扇葉面積最大)，發現角度 20 度和 35 度的扇葉，轉動圈數多，60 度的扇葉反而最少，實驗證明扇葉角度愈小轉速愈快也較穩定。
5. 相同材質的側邊，製作不同大小扇片的走馬燈。(直徑不同，扇片角度皆 20 度，直徑愈大，扇葉面積越大)，發現面積中間值的扇葉轉速快，再次證明扇葉大小與轉速快慢無關，角度愈小轉速愈快也較穩定。

5.不同材質當側邊，相同直徑的走馬燈			
			
水晶紙	丹迪紙	卡紙	書面紙

6.材質的側邊，製作不同數目扇片的走馬燈			
			
直徑相同 10.2 公分，扇片角度皆 20 度，扇片大小相同			

7.相同材質的側邊，製作不同角度的扇葉			
			
直徑相同 10.2 公分，皆 4 扇葉，扇葉面積大小不同，60 度扇葉面積最大			

			
<p>不同材質，通風 扇葉數相同</p>	<p>同材質，通風扇 葉數不同</p>	<p>不同轉速走馬燈 組合 1</p>	<p>不同轉速走馬燈 組合 2</p>

肆、研究討論

- 一、熱空氣是向上流動，冷空氣是向下流動，當熱空氣上升時，周圍的冷空氣會來遞補空位，在上升下降的連續過程裡，產生了空氣的流動。
- 二、以蠟燭燭火為熱源，帶動紙杯旋轉的實驗中得到距離愈短，轉速愈快，在實驗過程中，蠟燭燭焰的穩定會影響實驗的誤差值。
- 三、蠟燭距離紙杯太逼近時，會增加實驗的不確定性。
- 四、在日常生活中，家裡的暖氣機是放在地面附近，冷氣機就要高掛在天花板附近。即是利用熱空氣上升、冷空氣下降原理而放置在不同地點，如此才能讓機器達到最有效的使用效率。

伍、結論

- 一、熱空氣上升冷空氣下降，產生空氣的對流循環。
- 二、紙杯距離熱源遠近與轉速有關，但流通口多寡不是影響紙杯轉速最重要因素。
- 三、同樣數目的扇葉，以水晶紙製作的走馬燈轉速最快。
- 四、走馬燈燈頂扇片多寡不是影響轉速的最重要因素。
- 五、走馬燈燈頂扇葉大小與轉速快慢無密切相關，扇葉角度愈小轉速愈快也較穩定。

陸、建議

- 一、要收集冷空氣時，要先收集線香的煙，再將廣口瓶放入冰水中冷卻，比較容易收集到冷空氣。
- 二、實驗用小蠟燭，需點燃一段時間，待火焰穩定時，再進行實驗，穩定度會較好。
- 三、紙杯的實驗活動中，要在無風力影響的環境中進行，才能使實驗穩定並順利的進行。
- 四、走馬燈側面紙張材質不宜太重，因為會影響到轉動情形。
- 五、因蠟燭燃燒穩定性常成為實驗誤差的變因且有危險性，所以實驗過程中曾嘗試使用上學期(四上)學過的燈泡亮了單元所學的燈泡串聯來產生熱源，但是未成功，所以要有多大瓦數的燈泡所產生的熱源才能讓走馬燈旋轉，是可以做為下一次探討研究的議題。

七、參考資料

南一出版（2021）•自然科學第一冊•台南市：南一。

康軒文教（2021）•自然科學第七冊•新北市：康軒。

【期刊文章】

周鑑恆（2016）•閒話天燈•科學教育月刊 392，56，56-59

【媒體報導】

科學小工坊(2001 年 2 月 20 日) •一分鐘教你自製元宵走馬燈! •科學爸爸•取自 <https://kknews.cc/education/q2prl2y.html>

均一教育平台(2023 年 1 月 8 日) •八年級上冊理化•熱的傳播方式•取自 <https://www.juniacademy.org/>

ECBYTE 科學大玩家(2001 年 2 月 20 日) •走馬燈組裝說明•取自 <https://www.youtube.com/watch?v=zjCwZVG9Bal&t=194s>

生活裡的科學(2013 年 12 月 28 日) •風扇 72 變•取自 <https://youtu.be/8IjZF5uio-M>

生活裡的科學(2013 年 8 月 10 日) •熱升冷降大搜查•取自 <https://youtu.be/jdkXYFYcKQ>