

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081526

轉啊！轉！我轉得最快

學校名稱： 國立臺南大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小五 陳璿宇	張景傑、 藍敏菁
小五 傅英翔	
小五 黃傑	
小五 吳人豪	

關 鍵 詞：風管、小圓片、塑膠膜

作品名稱：轉呀！轉！我轉得最快！

壹、摘要

風車轉動的快慢，受到風力的強弱以及其本身風車構造的影響，我們想了解風車的構造在什麼情況下轉得最快，希望能在實際應用時可以發揮最大效能。

我們先固定風力強弱及風的來源，以電風扇與厚紙板製作風管（半徑 20 cm），在風管內部放置吸管，以增加風的穩定性。我們先從受風的角度實驗得知：風車在受風角度為 0 度，即正面受風時，轉速最快；接著進行下列實驗：改變風車的葉片數、面積的大小、重量及剪去風車部分面積，了解轉動最快的風車構造為三片葉片、風車的半徑為 10cm、用厚 0.3mm 膠片加六層塑膠膜，風車形狀以保持 A 區，而 B 區剪去以 R 為圓心畫弧的部分面積，所得到風車轉動最快。

貳、研究動機

三年級上學期的自然與生活科技領域，第三單元空氣和風，內容學到可以利用風製作玩具、工作及發電；六年級下學期自然與生活科技領域中，第一單元提到簡單的機械。當時我們就製作風車，手拿著風車往前跑，它就會轉呀！轉！六年級校外教學時，看到利用風力推動風車所產生的動能來發電。

在玩風車時，我們發現有時它轉得很快，有時候它卻不轉，是哪些因素造成風車的轉動呢？風車轉動的快慢受到哪些因素的影響？在什麼條件下風車會轉得最快呢？這些都是我們的疑惑，在收集閱讀相關資料並與老師討論後，我們就進行此問題的研究！

參、研究目的

- 一、研究風車不同葉片數，與風車轉動快慢的關係。
- 二、了解改變風車面積大小，對風車轉速的影響。
- 三、測量不同重量的風車與轉動變化的關係。
- 四、探討剪去風車葉片的 A、B 區，轉速是否改變？
- 五、根據上述實驗資料，用 0.3mm 膠片貼上六層塑膠膜，並剪下 B 區部分面積，製作轉動最快的風車！

肆、研究設備及器材

一、工具：電風扇、數位相機、鑽子、餐巾紙架。

二、材料：膠片（厚度：0.25、0.3 mm）、小吸管、波霸吸管(長 20cm，半徑 0.6cm)、鐵絲。

三、風車的製作

（一）在直尺的刻度上鑽二孔，其長度分別為 9、10、11、12、13 cm。

（二）以其中一孔為圓心，以圖釘固定在膠片上，用鑽子插入另一孔用力在膠片上畫圓數次，刮下所需大小圓形的膠片，如圖 1。



圖 1



圖 2

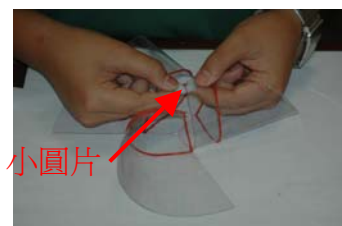
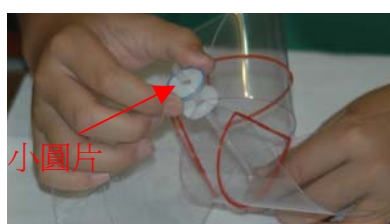


圖 3

（三）將圓形膠片等分成所需要的片數，並將其切割，未切割與圓心的距離 $D = 2.5\text{cm}$ ，如圖 2。

（四）將切割完成的膠片，往上彎曲黏在已劃好線的小圓片上，並對齊所劃的線如圖 3。

（五）用吸管穿過風車底部圓心及小圓片上的孔，再黏上另一小圓片如圖 4。



圖四 4



圖 5

（六）在風車背後貼上紅色記號，並用膠固定，使風車前後距離為 5.5cm，如圖 5。

（七）製作完成的風車，安裝在風車架上，轉軸用 12 號鐵絲，如圖 6。

（八）風車架上的缺口，可清楚看到風車上的紅色記號如圖 7。



圖 6



圖 7

四、風管的製作

(一) 以家中 16 吋坐立式電風扇(直徑約 40cm)，為本實驗風力的來源。

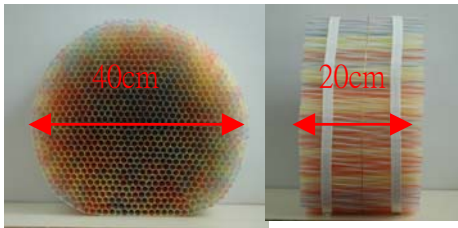


圖 8

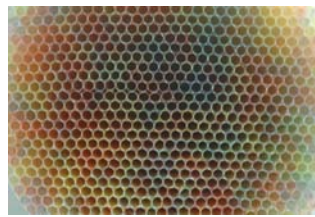


圖 9



圖 10

(二) 將厚紙板依照電風扇外圍的大小，捲成圓筒狀，長度為 100cm，直徑約 40cm，為本實驗的風管。

(三) 將波霸吸管用鬆緊帶綁成直徑約 40cm 的圓柱體，如圖 8。

(四) 將此蜂窩狀(如圖 9)的吸管圓柱放置在風管內，距離風管出風口 20cm，如圖 10。

五、風車的安裝及測量

(一) 調整風管所需長度 100cm，並連接在電風扇上。

(二) 風車架放置在風管中心後，由電風扇中心拉一條線到風車架，使電風扇中心與風車架成一直線，再放置風車。

(三) 將數位相機，對準風車架上的缺口，安裝完成如圖 11。

(四) 測量時冷氣溫度設定 25 度 C，啟動電風扇 5 秒後，用手電筒照亮風車架上的缺口處，再拍攝 10 秒，共進行 3 次實驗。

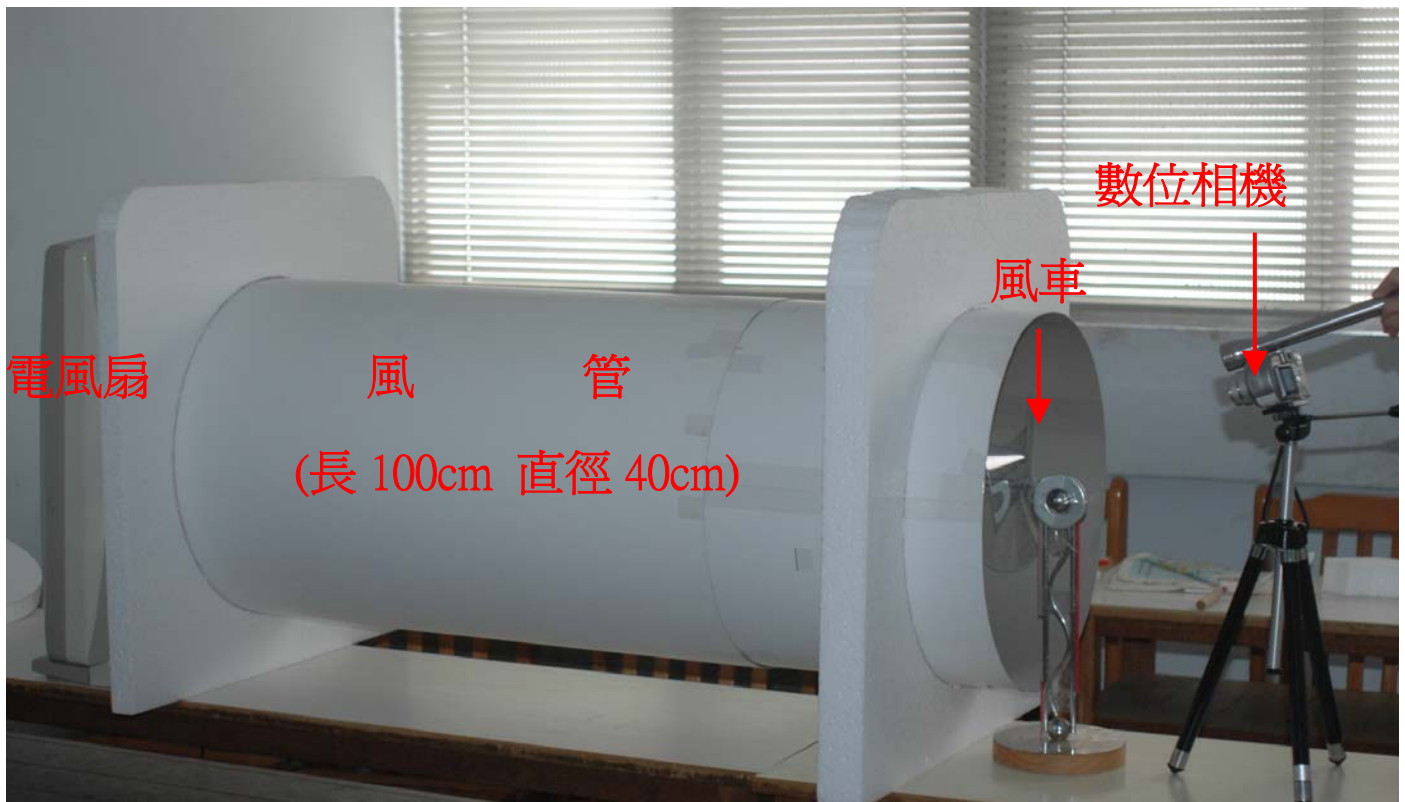


圖 11

伍、研究方法

一、實驗一：研究風車不同葉片數，與風車轉動快慢的關係

- (一) 分別製作、安裝及測量二、三、四、五、六、七、八片的風車，重量為 13.5g，其過程如「研究設備及器材」之「風車的安裝及測量」。
- (二) 測量完成後，將拍攝的資料傳入電腦，匯入 Windows Movie Maker 軟體集合內，拖曳到下方時間表，開始剪輯。
- (三) 按”下一個鏡頭”鍵，當風車上的紅色記號，出現在缺口上方時，為計時起始點如圖 12，剪去前面多餘的部份。
- (四) 再按”下一個鏡頭”鍵，直到風車上紅色記號剛好再出現於缺口上方時，記下其時間和轉動圈數，並計算一圈的時間及 10 秒轉動的圈數如圖 13。
- (五) 資料紀錄於表 1，並繪製統計圖表如圖 14。

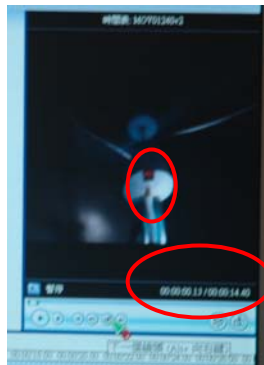


圖 12

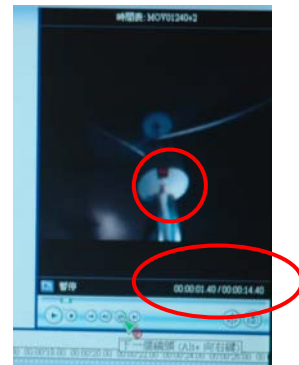


圖 13

二、實驗二：風車的重量或堅固性相同，了解改變風車面積大小，

對風車轉速的影響

- (一) 分別製作、安裝及測量半徑為 9、10、11、12、13cm 的風車，重量大約相同為 19.4g，其方法同實驗一。
- (二) 請影印店老闆，在 0.3mm 的膠片上貼上六層塑膠膜(其堅固性相同)，再分別製作、安裝及測量半徑為 10、11、12、13cm 的風車，其方法同實驗一。
- (三) 資料紀錄於表 2-1、2-2，並繪製統計圖表如圖 15。

三、實驗三：測量不同重量的風車與轉動變化的關係

- (一) 分別在 0.3mm 的膠片上貼上二、四、六層塑膠膜，並製作、安裝及測量半徑 10cm 的風車，其方法同實驗一。
- (二) 資料紀錄於表 3，並繪製統計圖表如圖 16。

四、實驗四：改變風車葉片的形狀，探討剪去風車葉片的 A、B 區， 轉速是否改變？

實驗四-1 剪去風車葉片 A 區的部分面積

- (一) 圖 17 中，白色部分為風吹來的垂直面，葉片黃色部分定為 A 區，藍色部份為 B 區。
(二) 觀察風車的 A 區上緣沒有彎曲的部份，正面照相後，將它分成三等分，如圖 18 中的三條黑線，剪下後分割成 a、b、c 三種，如圖 19。

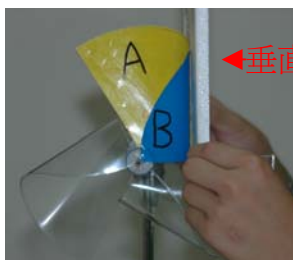


圖 17



圖 18

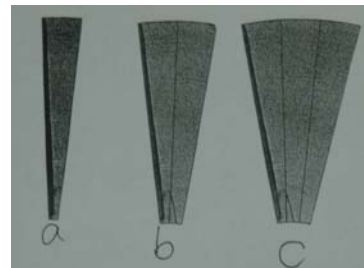


圖 19

- (三) 利用方格紙估計其面積分別約為 320、640、960 mm²。
(四) 將三個風車葉片的 A 區，分別剪下 a、b、c 的部份，並將風車製作完成如圖 20。
(五) 測量風車轉速紀錄於表 4-1，並繪製統計圖表如圖 21。

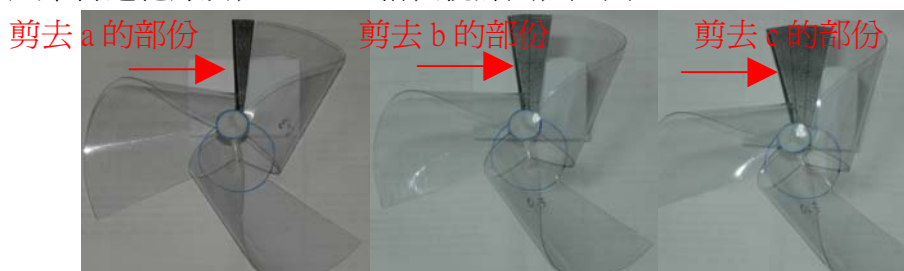


圖 20

實驗四-2 剪去風車葉片 B 區的部分面積

- (一) 在風車的 B 區找到 C、D 二點，如圖 22；連接 CD 線段，作 CD 線段的垂直平分線 EF 線，其交點為 M，取 MP=2.5cm，MO=4cm，Q、R、S 分別為 OP、PQ、OQ 的中點，如圖 23。

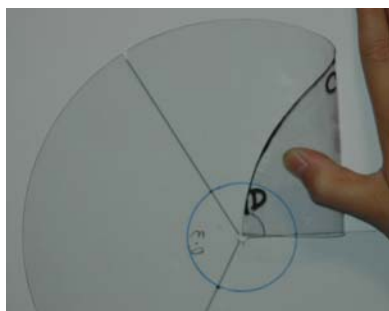


圖 22

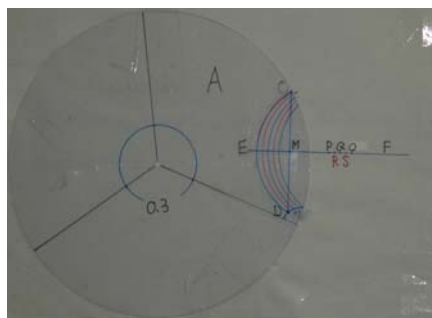


圖 23

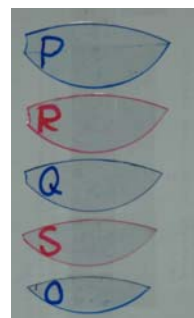


圖 24

- (二) 分別以 O，P，Q，R，S 為圓心， $CP = 4.6\text{cm}$ 為半徑畫弧，如圖 23。
- (三) 將五個風車葉片的 B 區，分別畫弧切割，剪下的部分如圖 24，並將風車製作完成如圖 25。
- (四) 分別測量五個風車轉速紀錄於表 4-2，並繪製統計圖表如圖 26。

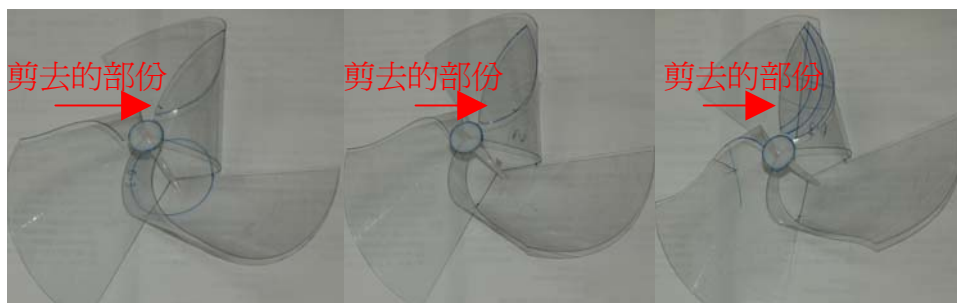


圖 25

五、實驗五：根據上述實驗資料，用 **0.3mm** 膠片貼上六層塑膠膜，並 剪下葉片 **B** 區部分面積，製作轉最快的風車！

- (一) 用 **0.3mm** 膠片加六層塑膠膜，風車半徑 10cm ，以 R 為圓心畫弧，並剪下此部分。
- (二) 製作並測量，資料紀錄於表 5，將實驗一、三、四、五的資料繪製統計圖如圖 27。
- (三) 分析實驗資料，製作表 6：風車轉速增加百分比分析表，
繪製圖 28：各實驗改變風車其 10 秒轉速變化折線圖、
圖 29：各實驗改變風車其 10 秒轉速變化百分比折線圖。

陸、研究結果

一、實驗一：研究風車不同葉片數，與風車轉動快慢的關係

表 1：風車不同葉片數與轉動圈數紀錄表

風車葉片數 (片)		2	3	4	5	6	7	8
時 間 〈秒/圈〉	第一次	0.22	0.17	0.24	0.53	1.53	1.40	0.53
	第二次	0.23	0.16	0.20	0.53	1.53	1.27	0.60
	第三次	0.27	0.16	0.20	0.47	1.33	1.40	0.53
	平 均	0.24	0.16	0.21	0.51	1.46	1.36	0.55
圈 數 〈圈/10 秒〉		41.67	61.22	46.88	19.16	6.83	-7.37	-18.07

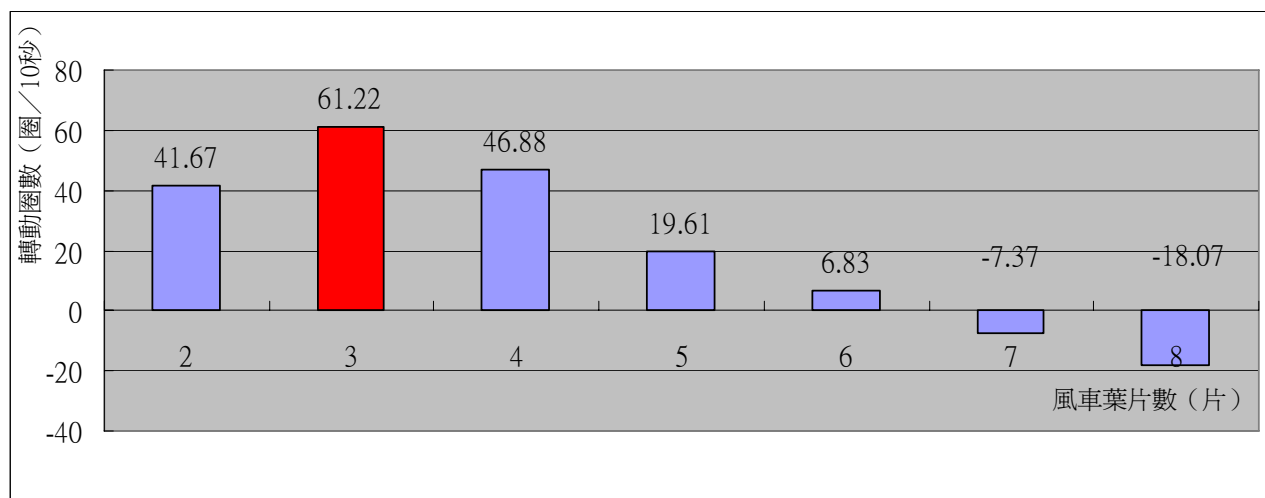


圖 14：風車不同葉片數與 10 秒轉動圈數關係圖

二、實驗二：風車的重量或堅固性相同，了解改變風車面積大小， 對風車轉速的影響

表 2-1：重量相同(約 19.4g)，改變風車的面積大小與轉動圈數紀錄表

風車半徑 (cm)		9	10	11	12	13
時 間 〈秒/圈〉	第一次	0.168	0.158	0.158	0.190	0.200
	第二次	0.160	0.155	0.160	0.188	0.223
	第三次	0.166	0.158	0.175	0.200	0.200
	平 均	0.165	0.157	0.164	0.193	0.208
圈 數 〈圈/10 秒〉		60.73	63.69	60.85	51.90	48.15

表 2-2：堅固性相同(膠片 0.3mm+6 層塑膠膜)，改變風車的面積大小與轉動圈數紀錄表

風車半徑 (cm)		10	11	12	13
時 間 〈秒/圈〉	第一次	0.156	0.157	0.188	0.200
	第二次	0.150	0.165	0.191	0.200
	第三次	0.156	0.165	0.177	0.200
	平 均	0.154	0.162	0.185	0.200
圈 數 〈圈/10 秒〉		64.94	61.60	53.96	50.00

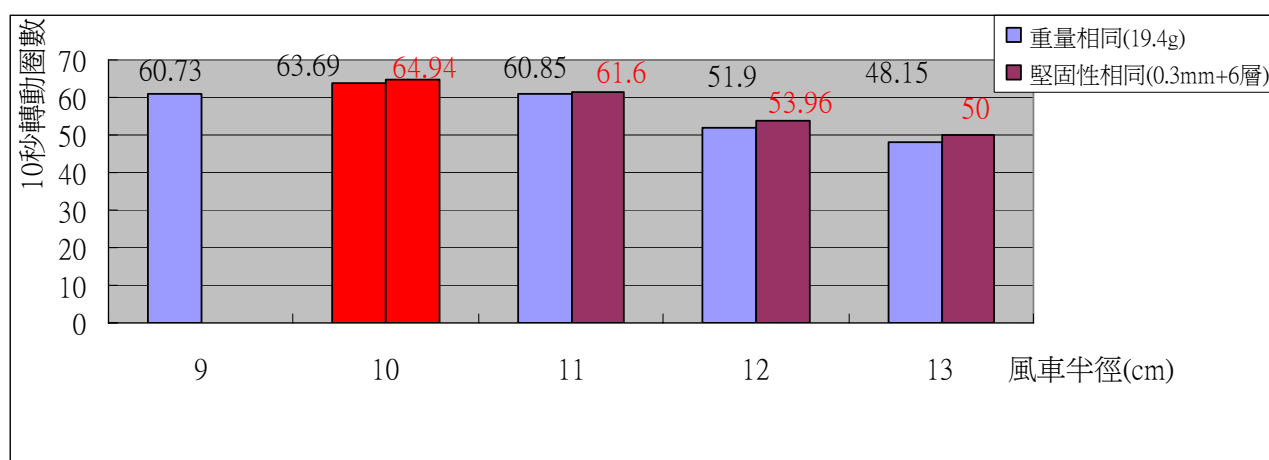


圖 15：重量或堅固性相同，改變風車的面積大小與 10 秒轉動圈數關係圖

三、實驗三：測量不同重量的風車與轉動變化的關係。

表 3：風車不同重量與轉動圈數紀錄表

貼上塑膠膜層數 (層)		0	2	4	6
風 車 重 量 (g)		13.5	15.7	17.8	20.1
增 加 的 重 量 (g)		0	2.2	4.3	6.6
時 間 〈秒/圈〉	第一次	0.165	0.165	0.157	0.156
	第二次	0.163	0.167	0.159	0.157
	第三次	0.168	0.165	0.157	0.150
	平 均	0.165	0.166	0.158	0.154
圈 數 〈圈/10 秒〉		60.48	60.36	63.42	64.79

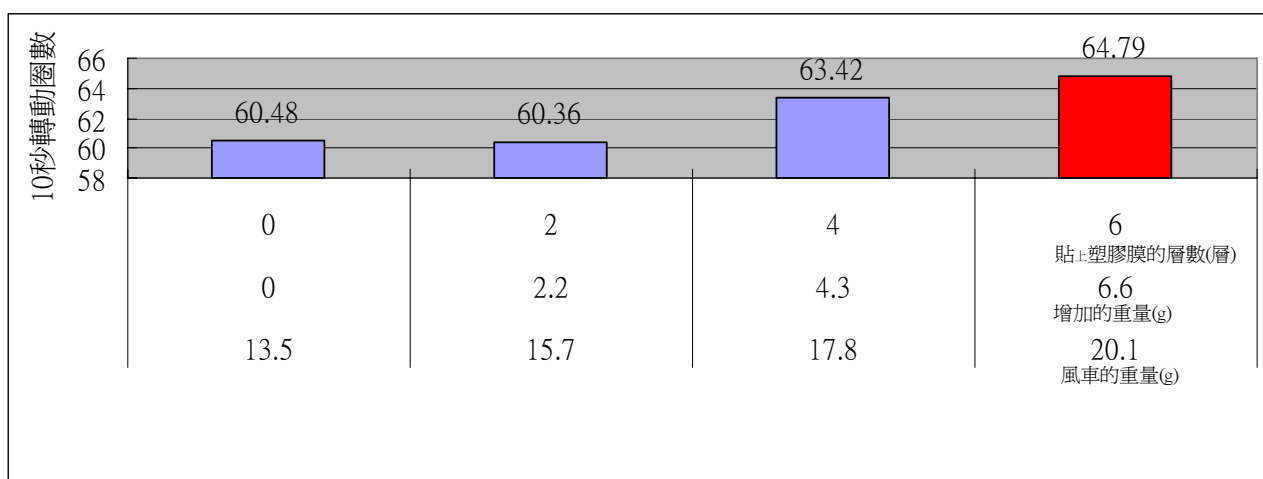


圖 16：風車不同重量與 10 秒轉動圈數關係圖

四、實驗四：改變風車葉片的形狀，探討剪去風車葉片的 A、B 區，轉速是否改變？

實驗四-1 剪去風車葉片 A 區的部分面積

表 4-1：風車葉片剪去 A 區 a、b、c 的部分與轉動圈數紀錄表

風車葉片 A 區剪下 a、b、c		0	a=320 mm ²	b=640 mm ²	c=960 mm ²
時 間 〈秒/圈〉	第一次	0.165	0.174	0.200	0.243
	第二次	0.156	0.200	0.200	0.265
	第三次	0.163	0.200	0.200	0.330
	平 均	0.161	0.191	0.200	0.279
圈 數 〈圈/10 秒〉		61.98	52.27	50.00	35.80

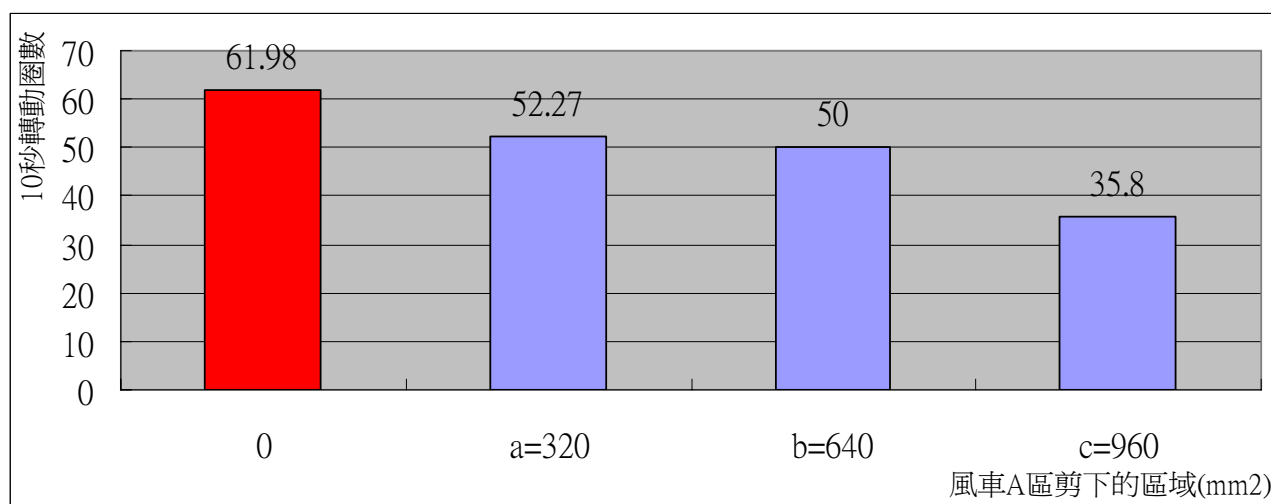


圖 21：風車剪去 A 區 a、b、c 的部分與 10 秒轉動關係圖

實驗四-2 剪去風車葉片 B 區的部分面積

表 4-2：風車分別以 O、P、Q、R、S 為圓心畫弧切割葉片的 B 區與轉動圈數紀錄表

圓 心		無	O	S	Q	R	P
時 間 〈秒/圈〉	第一次	0.165	0.133	0.125	0.111	0.107	0.144
	第二次	0.156	0.134	0.133	0.110	0.108	0.133
	第三次	0.163	0.133	0.133	0.135	0.108	0.134
	平 均	0.161	0.133	0.130	0.119	0.108	0.137
圈 數 〈圈/10 秒〉		61.98	75.00	76.73	84.27	92.88	72.99

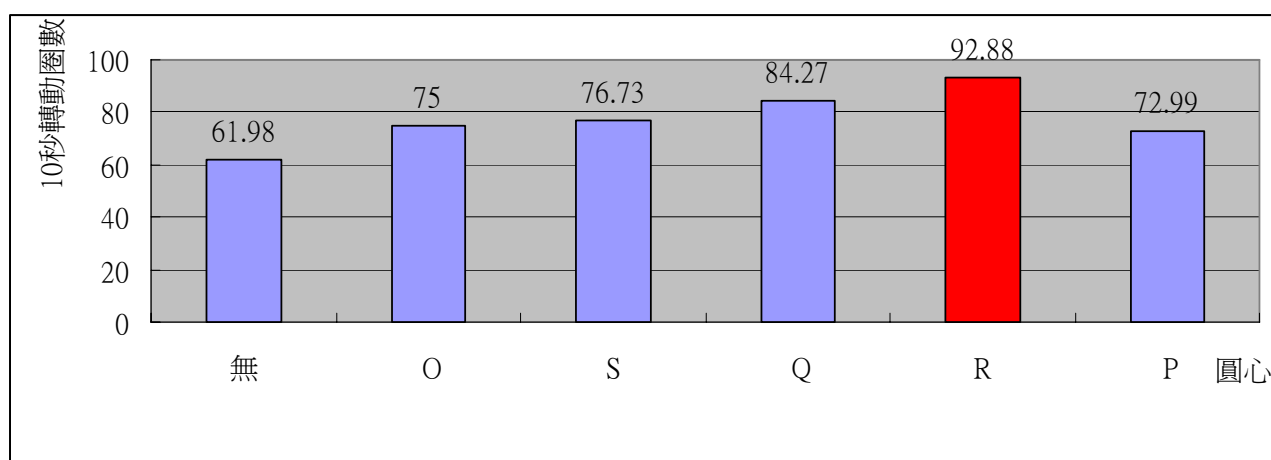


圖 26：風車分別以 O、P、Q、R、S 為圓心畫弧切割葉片的 B 區與轉動圈數關係圖

五、實驗五：根據上述實驗資料，用 **0.3mm** 膠片貼上六層塑膠膜，並
剪下葉片 **B** 區部分面積，製作轉最快的風車！

表 5：0.3 mm膠片加六層塑膠膜，風車半徑 10cm，以 R 為圓心畫弧切割 B 區，其轉動圈數紀錄表

說 明		0.3 mm膠片加六層塑膠膜， 風車半徑 10cm， 以 R 為圓心畫弧切割 B 區
時 間 〈秒/圈〉	第 一 次	0.097
	第 二 次	0.094
	第 三 次	0.095
	平 均	0.095
圈 數 〈圈/10 秒〉		104.90

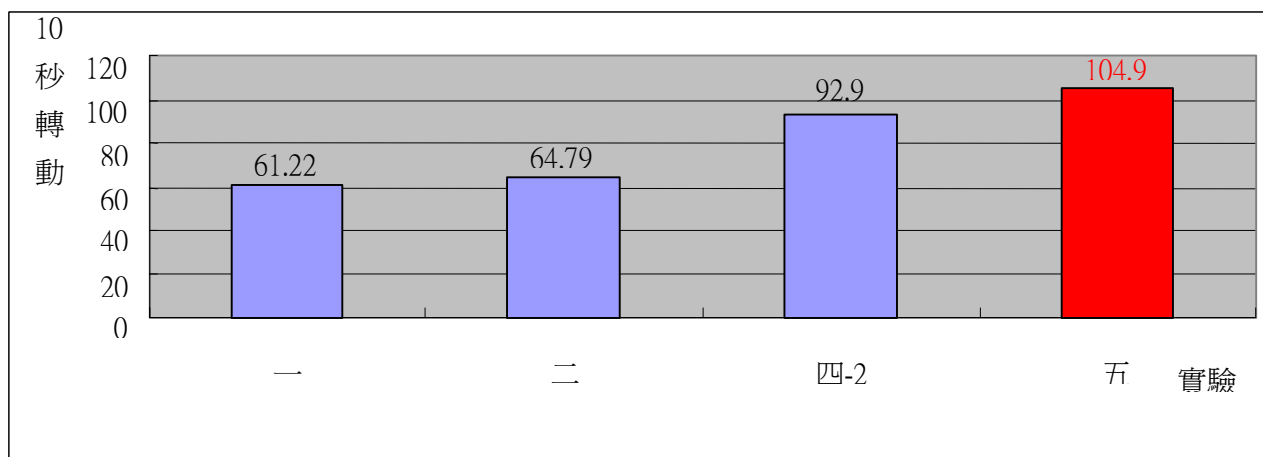


圖 27：各實驗改變風車其 10 秒轉速變化關係圖

表 6：風車轉速增加百分比分析表

項 目	說 明	10 秒轉動圈數	增加圈數	轉速增加百分比(%)
實驗一	0.3mm 的膠片， 風車半徑 10cm	61.2	0	0
實驗二	0.3mm 的膠片 加 6 層塑膠膜， 風車半徑 10cm	64.8	$64.8 - 61.2 = 3.6$	$3.6 \div 61.2 = 0.059$ (5.9%)
實驗四-2	0.3mm 的膠片， 風車半徑 10 cm， 以 R 為圓心畫弧 切割葉片 B 區	92.7	$92.7 - 61.2 = 31.5$	$31.5 \div 61.2 = 0.515$ (51.5%)
實驗五	0.3mm 的膠片 加六層膠膜， 風車半徑 10cm， 以 R 為圓心畫弧 切割 B 區	104.9	$104.9 - 61.2 = 43.7$	$43.7 \div 61.2 = 0.714$ (71.4%)

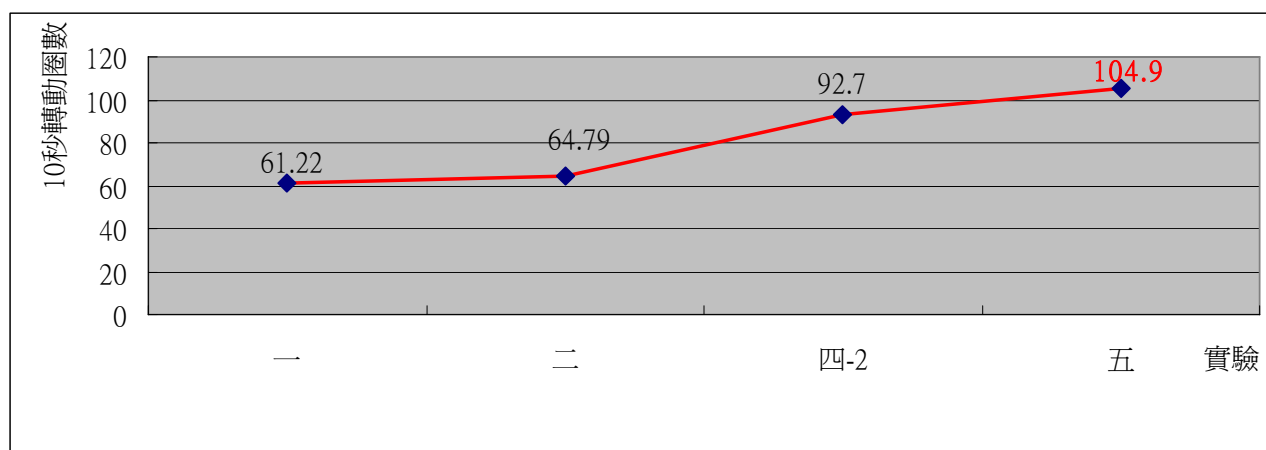


圖 28：各實驗改變風車其 10 秒轉速變化折線圖

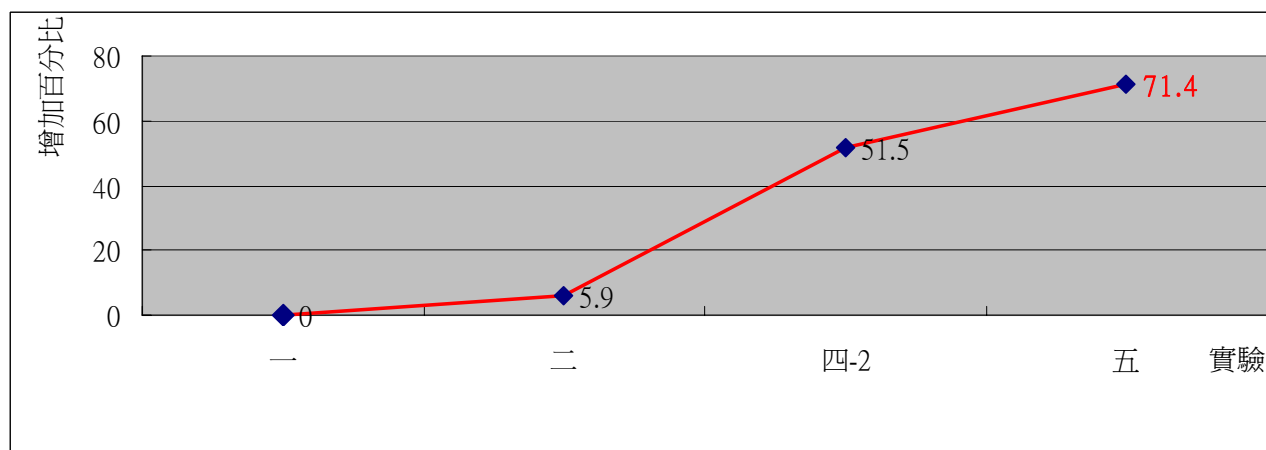


圖 29：各實驗改變風車其 10 秒轉速變化百分比折線圖

柒、討論

一、實驗一：研究風車不同葉片數，與風車轉動快慢的關係

- (一) 開始做實驗時，我們以電風扇直接吹風車，發現風車轉動有時候快、有時候慢。老師告訴我們；加「風管」可以減少風的擾流，風車轉動會較平穩。於是我們加了風管，希望風不要亂跑；但還是有些微不穩定，爲了使風能直線進行，我們就在風管中再加裝吸管圓柱，並測量放置風管內的位置，以盡量提高風的穩定性。
- (二) 計數風車轉動圈數的方法，我們曾討論過幾個不同方式，例如用棉線、跳繩的計數器等，最後使用電腦的靈感，是來自看電視運動節目時有慢動作播放，而決定用數位像機拍攝的方法，經過幾次修正後，達到我們的想法。
- (三) 實驗結果，以三片葉片的風車轉得最快，其次是四片葉片。
- (四) 在風車的製作過程中，其中以七、八片的風車最困難，葉片間重疊部分較多，又較密，需要發揮高度的耐性。
- (五) 葉片六片的風車，從實際風車可看出，A 區的面積幾乎被 B 區遮住，得到推力與阻力差不多，所以轉得很慢；而七、八片的風車因爲 B 區全部遮住 A 區，只得到反向的阻力，因此是反方向轉動。
- (六) 我們認爲風吹在 A 區的推力增大，而吹在 B 區的是阻止風車轉動的阻力變小，風車就能轉得較快！

二、實驗二：風車的重量或堅固性相同，了解改變風車面積大小，

對風車轉速的影響

- (一) 實驗結果爲半徑 10cm 的風車轉得最快，依次爲 11、9、12、13 cm。
- (二) 半徑 13cm 的風車會轉得較慢，我們認爲是其重量與其它風車相近（約 19.4g），膠片厚度爲 0.25mm 較薄，風吹的時候其葉片會產生變形，風沒有對它形成較大的推力。
- (三) 由於面積大的風車，如要控制重量相同，則必須較薄，堅固性必較差；所以接著去探討：若堅固性相同(各貼上六層塑膠膜)，風車面積大小的實驗，兩組對照以供參考。
- (四) 半徑 10cm 的風車使用 0.3mm 加六層塑膠膜，風車本身較堅固，變形較小推力較大轉速快；這與實驗四的結果相符合。
- (五) 由圖 15 得知：重量相同及堅固性相同的風車，都是半徑 10cm 的風車轉最快！這可能與風管的半徑 20cm 的比例有關，其比例約爲 1：2，有待進一步研究。

三、實驗三：測量不同重量的風車與轉動變化的關係。

- (一) 本實驗改變重量，我們將膠片貼上塑膠膜，半徑 10 c m 的圓形貼上一層後，重量增加約 1.1g；實驗結果與預期完全不同，原來預測重量增加轉速變慢；資料顯示，重量改變影響轉速較小，其原因可能是重量的改變太小的關係，有待進一步研究。
- (二) 實驗結果，隨著貼上塑膠膜層數愈多，轉速愈快的原因我們認為是：所貼上的塑膠膜愈多層，風車更加堅固，不會因風吹使它產生變形，推力減少，所以轉得較快。

四、實驗四：改變風車葉片的形狀，探討剪去風車葉片的 A、B 區，

轉速是否改變？

- (一) A 區的面積減少，風車轉速變慢；主要原因是受風面積減少，推力也減少所致。
- (二) 風車分別以 O、P、Q、R、S 圓心畫弧切割葉片的 B 區時，使反向的阻力減少，同時 A 區受風面積增加，推力加大，大大的提高轉速！
- (三) 以 P 為圓心畫弧切割葉片的 B 區時，已經剪到部份 A 區的面積，此部分彎曲度大，能產生的推力也大，被剪去了，當然影響大，所以比前者轉得慢。
- (四) 我們嘗試以切割 B 區部分面積，找出轉動更快的條件，其中以 PQ 線段的中點 R 為圓心，作切割所製作的風車轉最快！
- (五) 以 R 為圓心所切割的風車，在實驗四中，10 秒轉 92.9 圈最快，如圖 26。

五、實驗五：根據上述實驗資料，用 0.3mm 膠片貼上六層塑膠膜，

並剪下葉片 B 區部分面積，製作轉最快的風車！

- (一) 實驗結果得知：用 0.3 mm 的膠片加六層塑膠膜，以 R 為圓心畫弧，作切割所製作半徑 10 cm 的風車，其 10 秒轉速達 104.9 圈是本科展中轉最快的風車！
- (二) 從圖 28、29 中得知；由實驗一的風車轉速為 61.2 圈，到實驗五的轉速為 104.9 圈，風車經一連串的改良，其轉速提高了 71.4%，我們非常的興奮！
- (三) 從實驗中我們得知：提高風車堅固性(貼塑膠膜)及在 B 區作適當的切割，可提高轉速達 70%；如果將 B 區全部減去，應可達更高轉速，有待進一步研究！
- (四) 材質的堅固性及風車的“曲度”，也會影響轉速，未來我們也會做此實驗！

捌、結論

一、風車不同的葉片數會影響風車轉動的快慢。

- (一) 風車的葉片數不同，轉動速度不一樣，經實驗結果得之以三葉片的風車 10 秒轉動 61.2 圈最快，它是呈順時針方向轉動，且觀察扇葉構造，發現三葉片的風車 A 區的面積大，風會形成較大的推力，使他轉動最快。
- (二) 7 片、8 片的風車在實驗過程中，呈現逆時針方向轉動，10 秒轉動分別為-7.37、-18.07 圈，觀察扇葉構造，發現它們的 B 區完全遮住 A 區，只產生反向的力，使風車呈現逆時針轉動。
- (三) 風車的葉片數為三片，其轉速較快，這結果和風力發電機的葉片數相同。

二、改變風車面積大小會影響風車的轉速

- (一) 從實驗結果得知風車轉速快慢，其風車大小依序為半徑 $10 > 11 > 9 > 12 > 13$ cm，平均 10 秒轉動的圈數為 63.7、60.9、60.7、51.9、48.2 圈。
- (二) 半徑 13cm 的風車會轉得較慢，因面積大的風車，如要控制重量相同，則必須較薄，堅固性必較差我們認為是其重量與其它風車相近 (19.4g)，膠片厚度為 0.25mm，風吹的時候觀察其扇葉會產生變形，風沒有對它形成較大的推力。
- (三) 探討若堅固性相同(各貼上六層塑膠膜)，風車面積的大小對風車轉速的影響，仍以半徑 10cm，使用膠片 0.3mm 加六層塑膠膜的風車轉最快，風車本身較堅固，變形較小推力較大轉速快；這與實驗四的結果相符合。
- (四) 由圖 15 得知：重量相同及堅固性相同的風車，都是半徑 10cm 的風車轉最快！這可能與風管的半徑 20cm 的比例有關，其比例約為 1：2，有待進一步研究。

三、風車的重量會影響風車轉動關係

- (一) 從實驗中，發現在相同半徑的風車中，重量增加，所需貼上的塑膠膜增加，使風車較堅固，不會因風力而變形，所以能產生較大推力；其中以貼六層塑膠膜轉 64.8 圈較快。
- (二) 在膠片 (厚度 0.3 mm) 貼上愈多層塑膠膜轉動圈數愈快，因人工切割技術問題，我們只貼到六層。這實驗發現貼愈多層塑膠膜，造成風車重量愈重，也愈堅固，受到風力而產生轉動的力量也愈大。

四、風車扇葉的改變，剪去風車的 A、B 區會影響轉速的快慢

- (一) 在風車 A 區，剪下的面積愈大，受風面積減少，推力減少，反而使風車轉動較慢，完整的風車 10 秒轉動 62.0 圈是比較快！
- (二) 在 B 區做適當的修剪，使阻力減少，同時 A 區受風面積增加，其合力更大，可得到更快的轉速；而以 R 為圓心畫弧剪下，其 10 秒轉速 92.9 圈最快！
- (三) 以 P 為圓心（轉動 73.0 圈），比以 R 為圓心（轉動 92.9 圈）畫弧剪下的風車轉得慢，可見已經剪了部份可產生推力的 A 區，而轉速變慢。
- (四) 以 O 為圓心畫弧切割的風車，轉動 75 圈，其轉速比完整的風車 62.0 圈快，這告訴我們：在 B 區適度修剪，可使風車轉速變快。

五、風車的半徑 10 cm，用 0.3mm 膠片貼上六層塑膠膜，以 R 為

圓心畫弧切割葉片 B 區部分面積，製作了轉最快的風車！

- (一) 本科展中用 0.3 mm 的膠片加六層塑膠模，以 R 為圓心畫弧，作切割所製半徑 10 cm 的風車，其 10 秒轉速可達 104.9 圈為最快！
- (二) 如果你也想製作一個轉得較快的風車，我們的建議：找較厚的紙，各葉片的 B 區作相同適當的切割，一定可以讓你得到驚喜！

玖、參考資料

- 一、自然與生活科技(六下) 康軒文教事業
- 二、自然與生活科技(三上) 康軒文教事業

評語

081526 轉啊！轉！我轉得最快

1. 科學設計的方法頗佳。
2. 解決旋轉的控制方法很好。
3. 團隊默契佳。
4. 研究內容可再改進。