

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

佳作

080118

搖出呼拉圈的秘密

學校名稱：臺南市東區東光國民小學

作者： 小六 尤歆霓 小六 廖于禎	指導老師： 王雅麗
-------------------------	--------------

關鍵詞：呼拉圈、電源供應器、轉動

摘要

在觀察班上同學搖呼拉圈時，發現每個人搖呼拉圈的感覺不同，於是決定設計儀器來試試看，經過不同變因的實驗：呼拉圈的重量、大小、粗細、材質以及人偶的高矮、胖瘦和旋轉軸的不同，發現真的會有不同的結果。

在實驗中，發現馬達轉動使呼拉圈在人偶的腰部上產生了離心力和摩擦力，所以呼拉圈不易掉下來；也從真實搖呼拉圈到實驗模擬搖呼拉圈，我們建議想要搖呼拉圈時，不容易掉落的方法是：穿的衣服不要太光滑，最好有凹陷紋路、粗糙布料；呼拉圈的選擇不要太小、太光滑、接觸面積多一些；搖動時，旋轉的弧度大一些，這樣應該可以搖得久些。也創作出容易攜帶、折疊式的呼拉圈，可以幫助媽媽們，在騎機車時，安全的帶著呼拉圈到戶外運動。

壹、研究動機：

上體育課時，老師指導我們搖「呼拉圈」，看見大家搖呼拉圈時扭腰的方式和快慢都不太相同；使力的大小和持久的時間也不同，真是奇怪，為什麼會這樣？所以在老師的指導下，和同學進行實驗的研究。



貳、研究目的：

- 一、從觀察同學搖呼拉圈的活動中，瞭解大家對呼拉圈的大小和輕重的喜好及感覺。
- 二、利用巴沙木設計製作模擬人偶，插在變速馬達上轉動小型呼拉圈，來驗證同學搖呼拉圈的技巧和使力的變化。
- 三、製作高度、粗細不同的人偶，在變速馬達上進行實驗，瞭解不同的人偶搖呼拉圈的轉動情形。
- 四、利用不同大小、重量、材質和寬度的呼拉圈，在變速馬達上進行實驗，瞭解呼拉圈轉動時和人偶的交互作用，及作用力的關係。

參、研究問題：

- 一、問卷調查「同學搖呼拉圈的喜好和感覺」。
- 二、同學搖呼拉圈時，觀察呼拉圈和腰部的旋轉運動。
 - (一) 大家搖呼拉圈時，觀察呼拉圈是怎樣轉動。
 - (二) 在呼拉圈上貼一小段黃色記號後，來搖呼拉圈。
 - (三) 利用圓形木板的圈圈和空罐的旋轉運動，來找到它們之間的相關。
- 三、利用變速馬達來模擬人偶搖不同的呼拉圈
 - (一) 直徑不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。
 - (二) 寬度不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。
 - (三) 重量不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。
 - (四) 材質不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。
- 四、利用變速馬達的轉動模擬人偶搖呼拉圈的實驗。
 - (一) 人偶穿不同材質，在變速馬達上的轉動變化。
 - (二) 人偶的高度不同，在變速馬達上的轉動變化。
 - (三) 人偶的腰圍不同，在變速馬達上的轉動變化。
 - (四) 人偶的旋轉弧度不同，搖呼拉圈的比較。
- 五、探索變速馬達轉動時，軸上人偶的腰部和呼拉圈的交互作用。
- 六、設計製作「安全攜帶」又適合大家搖的呼拉圈。

肆、製作器材：

一、設計簡易搖呼拉圈儀器。

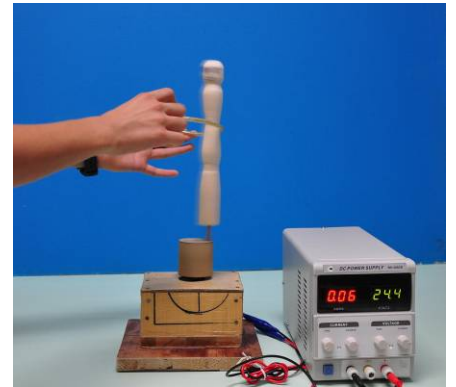
(一) 想法：爲了要模擬人搖呼拉圈的轉動，我們利用旋轉馬達、電源供應器來製作模擬人偶的變速馬達。

(二) 設計材料：木板、釘子、馬達、電源供應器、木製旋轉軸、鉛筆、鋸子。

(三) 製作方法：

- 1、請老師幫忙買馬達和電源供應器。
- 2、在老師的協助下，進行組裝。
- 3、利用不同大小的木板，做成固定盒。

(四) 設計成品：



二、製作簡易呼拉圈：

(一) 材料：打包帶、鋁絲、鐵絲、軟水管、尺、絕緣膠帶、鉛筆、剪刀、圓形模具（膠帶外圈）、鋸片。

(二) 規格：

- 1、大小不同：直徑 8、10、12、14、16cm 的呼拉圈。
- 2、寬度不同：寬度 1.5、1.2、0.9、0.6、0.3cm 的呼拉圈。
- 3、重量不同：重量 2.5、5.0、7.5、10.0g 的呼拉圈。
- 4、材質不同：細水管包鋁絲、銅線、鋁條、鐵條、打包帶和塑膠包銅絲。

三、製作呼拉圈的木偶：

(一) 材料：巴沙木條（圓形）、白膠、細木條、鋸片、尺、鉛筆

人的標準：依據班上同學身材比例製作，分頭部、頸部、胸部、腳部。

(二) 製作方法：

- 1、用直徑不同的木頭，以身高比例量出人的頭部、頸部、胸部和腳部。
- 2、用鋸片把巴沙木鋸成人偶各部分。
- 3、請老師幫忙在人偶的中心鑽洞。
- 4、用白膠把連接的木條塗滿，並黏和。
- 5、等待人偶風乾後，再把人偶的腳部加上木條。



用鋸片鋸下人偶的身體構造



穿木條



用白膠固定

伍、研究過程：

一、活動一：問卷調查「同學搖呼拉圈的喜好和感覺」。

(一) 目的：從觀察同學搖呼拉圈的活動中，瞭解每位同學的搖法有什麼不同，並知道哪種大小、輕重的呼拉圈最適合大家的搖法。

(二) 實作用具：

1、呼拉圈的大小（周長）：大（250cm）、中（225cm）、小（180cm）三種呼拉圈。

2、呼拉圈的重量：2200g、1320g 二種呼拉圈。

(三) 參加同學：男生：19 人，女生 25 人，共 44 人。

(四) 實作方法：

1、搖大小不同的呼拉圈：每三位一組，共十五組，輪流搖大、中、小不同的呼拉圈。

2、搖輕重不同的呼拉圈：每二位一組，共二十二組，輪流搖輕、重不同的呼拉圈。

3、每位同學搖完呼拉圈，就在問卷上填寫自己的感覺和其他相關的問題。

4、將結果統計，並進行討論和提出問題。



搖大小不同的呼拉圈



搖輕重不同的呼拉圈

(五) 結果：

單位：人

1、調查搖呼拉圈時的難易程度和喜好。

難易程度及喜好 呼拉圈的不同		最容易搖	最困難搖	最喜歡的呼拉圈
大小	大：周長 250cm	27	5	21
	中：周長 225cm	15	2	19
	小：周長 180cm	2	37	1
輕重	輕 1320g	42	2	28
	重 2200g	2	42	2

2、調查哪些變因會影響呼拉圈的轉動：

影響呼拉圈轉動的原因	呼拉圈				搖呼拉圈的同學			
	輕重	大小	粗細	材質	衣服	旋轉弧度	胖瘦	高矮
贊成的同學數	44	43	34	24	25	37	23	5

(六) 討論：

1、調查搖大小不同的呼拉圈時的發現：

- (1) 從問卷的統計表格中發現，大家在搖大小不同的呼拉圈時，都不會覺得疼痛或不舒服。
- (2) 在費力的程度方面，很多同學認為搖小的呼拉圈時，十分費力，也很快的掉下來；搖大的呼拉圈時，比較不費力就可以搖很久，不容易掉下來。

2、搖輕重不同的呼拉圈時的發現：

- (1) 從大家搖輕重不同的呼拉圈時，都覺得在搖重的呼拉圈很費力氣，而且腰部會有點疼痛。
- (2) 大家搖重的呼拉圈時，會有失控的感覺；當呼拉圈要停下來時，有一種被甩出去的力量。
- (3) 大家都認為在搖輕重不同的呼拉圈時，輕的呼拉圈比重的呼拉圈更容易搖，也搖得久；重的呼拉圈很容易就掉下來。

(七) 我們的想法：

- 1、利用同學來進行搖呼拉圈的實驗，會受到許多個人的感覺影響，造成太多主觀的看法，所以我們設計一台以「變速馬達來進行模擬人偶搖呼拉圈的實驗」，解決搖呼拉圈的疑問。
- 2、從問卷調查中，我們發現了哪些變因會影響搖呼拉圈的難易，在大家設計、製作、實驗和討論後，完成下面的活動。



二、活動二：同學搖呼拉圈時，觀察呼拉圈和腰部的旋轉運動。

(一) 【觀察一】：大家搖呼拉圈時，觀察呼拉圈是怎樣轉動。

1、目的：從同學搖呼拉圈的活動中，能觀察到腰部和呼拉圈之間的轉動變化。

2、器材：呼拉圈、照相機。

3、操作方法：

(1) 有一位同學搖大（周長：250cm）的呼拉圈，（腰部以順時針的方向搖動）。

(2) 腰部再以逆時針的方向搖呼拉圈。

(3) 自己也以相同的方向搖呼拉圈。

(4) 仔細觀察同學搖呼拉圈時，是怎樣運動。

(5) 也從自己搖呼拉圈時，腰部對呼拉圈的感覺。

4、結果：

(1) 觀察同學搖呼拉圈。

(2) 自己搖呼拉圈。



觀察同學搖呼拉圈



自己搖呼拉圈

5、討論：

(1) 當腰部以順時針方向搖呼拉圈時，呼拉圈也會跟著以順時針的方向搖動；如果以逆時針方向搖時，呼拉圈也以逆時針方向轉動。

(2) 觀察同學搖呼拉圈時，發現呼拉圈在繞著腰部轉動，當腰部搖動穩定時，呼拉圈會均勻的轉動，可是呼拉圈和腰部的粗細有什麼相關是看不出來的。只發現到搖呼拉圈的同學只是輕鬆的把腰部前後的搖擺，呼拉圈就很順暢而均勻的轉動。

(3) 自己搖呼拉圈時，一開始必須靠著手的力量來推動呼拉圈，使它沿著腰部運動，這是呼拉圈轉動的動力，接著腰部跟隨著轉動，這時的感覺是腰部在原地繞圈圈，而呼拉圈緊靠著腰部在繞圈圈；也感覺呼拉圈對腰部施一些力量，腰部也用力在抗衡，使呼拉圈不會掉下來，繼續的繞著腰部轉動。

(4) 當自己能順利搖呼拉圈時，腰部的使力好像很小，只是輕輕的搖擺，呼拉圈就能以穩定的速率在腰部上轉動。

(二) 【觀察二】：在呼拉圈上貼一小段黃色記號後，來搖呼拉圈。

1、目的：從在呼拉圈上貼上一小段黃色記號，觀察搖呼拉圈時可以察覺到呼拉圈周圍在腰圍上繞一圈的變化。

2、器材：貼黃色記號的呼拉圈，照相機。

3、操作方法：

(1) 由一位同學搖呼拉圈，把速率變慢而且是均勻的轉動。

(2) 觀察黃色記號出現在腰部同一位置時，呼拉圈繞幾圈了。

(3) 請老師利用照相機拍照（快速照相，4.5 張/秒）。

(4) 觀察黃色記號出現在腰部的變化情形。

4、結果：

同學搖呼拉圈，觀察、記錄、拍照黃色記號回到原來位置時的情形。



5、討論：

(1) 當我們仔細觀察呼拉圈在腰部的轉動時，發現腰部在原地繞圈圈，呼拉圈也跟著轉動，而且是緊貼著腰部在繞著運動。

(2) 經過很多次的觀察，看見身體的胖瘦和黃色記號出現的位置及呼拉圈繞的圈數有相關。如果胖瘦不同的同學都搖一樣的呼拉圈，胖的同學搖呼拉圈時，出現黃色記號在同一位置所繞的圈數少；瘦的同學在搖呼拉圈時，出現黃色記號在同一位置，所繞的圈數多。

(3) 用肉眼觀察時，黃色記號在呼拉圈上一下子轉過去，看不清楚，在老師的幫助下，用相機就可以留下記號位置；可是不知道呼拉圈繞幾圈，是最大的困難。

(三) 【觀察三】：利用圓形木板的圈圈和空罐的旋轉運動，來找到它們之間的相關。

1、目的：從圓形木板圈圈和空罐的圓周接觸的旋轉運動中，知道木板圈圈和空罐圓周的關係。

2、器材：木板圈圈（周長：78.5cm）、空罐（周長：22cm），大木板（中間的圓形凹槽周長：54cm）、色料。

3、操作方法：

(1)（方法 1）：木板圈圈沿著空罐周圍快速旋轉。

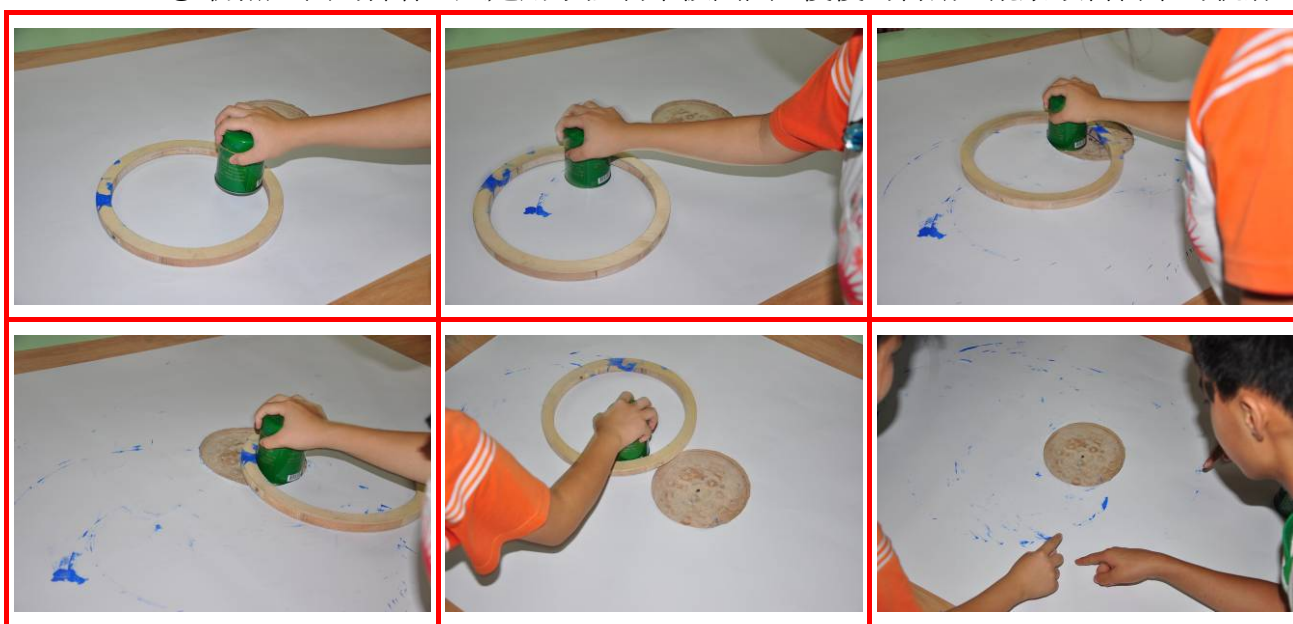
① 在木板圈圈的圓洞塞棉花，再滴入廣告顏料。

② 用手操作空罐旋轉，並帶動木板圈圈轉動（5~10 圈）。

③ 觀察顏料在紙上留下的軌跡。

(2)（方法 2）：木板圈圈沿著空罐周圍，慢慢的旋轉（手調）

① 仿照上面的操作，只是用手控制木板圈圈，慢慢的轉動，觀察顏料留下的軌跡。



4、結果：

(1) 空罐旋轉快速時，木板圈圈上的顏料留下轉動的軌跡。

(2) 空罐旋轉時，手慢慢操作，觀察木板圈圈轉動時顏料留下的軌跡。

5、討論：

(1) 從木板圈圈繞著空罐旋轉留下的軌跡，可以判定木板圈圈上的一點，在圓周運動時經過的軌跡，也就是顏色點在回到原點時，正好是呼拉圈繞一圈，而空罐繞多少圈呢？（方法 1）的操作不容易看清楚，而（方法 2）可以明顯算出二者之間的相關性。

(2) 從（方法 2）得到的（結果 2）：

木板圈圈的周長（內圈）【 $24.5 \times 3.14 = 78.5\text{cm}$ 】 \div 空罐的周長【 $7 \times 3.14 = 22\text{cm}$ 】
=木板圈圈上的一點繞空罐一周的圈數【 $78.5\text{cm} \div 22\text{cm} = 3.5$ 圈】。

(3) 從實作的數據，可以明確的看出，呼拉圈繞腰部一圈時，正好是腰部繞 n 圈。

$$n = \frac{\text{呼拉圈的周長}}{\text{腰部的周長}}$$

三、活動三：利用變速馬達來模擬人搖不同的呼拉圈

(一) 【實驗一】：直徑不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。

1、目的：觀察直徑不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動變化。

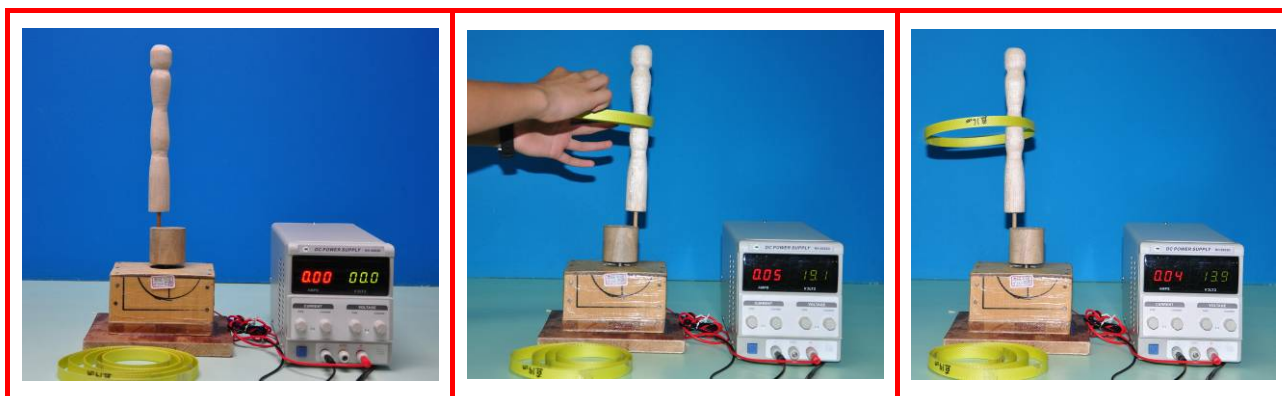
2、實驗器材：

(1) 測量儀器：變速馬達、線性直流穩壓穩流電源供應器。

(2) 直徑不同的呼拉圈：直徑分別為 8、10、12、14、16cm 的呼拉圈。

(3) 其他：旋轉軸、人偶（巴沙木）。

3、實驗裝置與操作：



4、變因方面：

操縱變因	保持不變變因	應變變因
呼拉圈的直徑不同 (分別為：8、10、12、14、16cm)	呼拉圈的寬度相同 (1.5cm) 呼拉圈的材質相同 (打包帶) 呼拉圈的重量相同 (6g) 旋轉軸的位置相同 (距離圓心 1.75cm) 相同的人偶	呼拉圈掉落時電源供應器的電壓大小 (伏特)

5、實驗方法：

- (1) 把人偶裝在弧度距圓心 1.75cm 的位置。
- (2) 將電源供應器轉到電壓是 20 伏特的位置。
- (3) 打上呼拉圈使它在人偶的腰部轉動。
- (4) 慢慢調整電壓使馬達轉動的速率漸漸緩慢。
- (5) 觀察呼拉圈掉落時，電源供應器的電壓。
- (6) 同樣的方法實作 10 次，選出五個相近的數據。

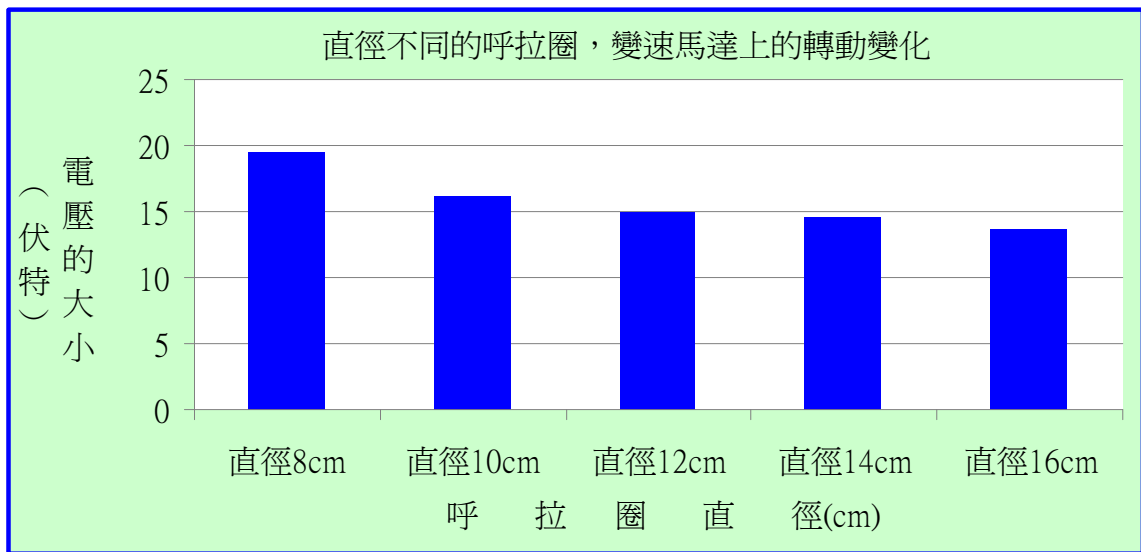


6、實驗結果：

電壓大小：單位：伏特

實驗次數 呼拉圈的大小	1	2	3	4	5	合計	平均
直徑 8cm	19.4	19.4	18.9	20.4	19.6	97.7	19.5
直徑 10cm	16.5	16.6	16.3	15.6	16.1	81.1	16.2
直徑 12cm	15.0	14.9	14.9	15.2	15.0	75.0	15.0
直徑 14cm	14.1	14.9	14.6	14.7	14.4	72.7	14.5
直徑 16cm	13.6	13.7	13.7	13.7	14.0	68.7	13.7

7、實驗比較：



8、討論：

- (1) 從長條圖中，我們發現愈大的呼拉圈，旋轉的速率在很慢時才會掉下來；愈小的呼拉圈在旋轉速率較快時就會掉下來。
- (2) 將這個實驗和「活動一」比較，我們發現搖呼拉圈時，直徑大的呼拉圈容易搖，比較不容易掉下來，和實驗結果吻合。

9、疑問：

我們製作的呼拉圈是利用封箱帶製作，上面會有一些紋路，這些紋路會影響它的轉動嗎？



(二) 【實驗二】：寬度不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。

1、目的：觀察寬度不同的呼拉圈在變速馬達上轉動，會有怎樣的變化。

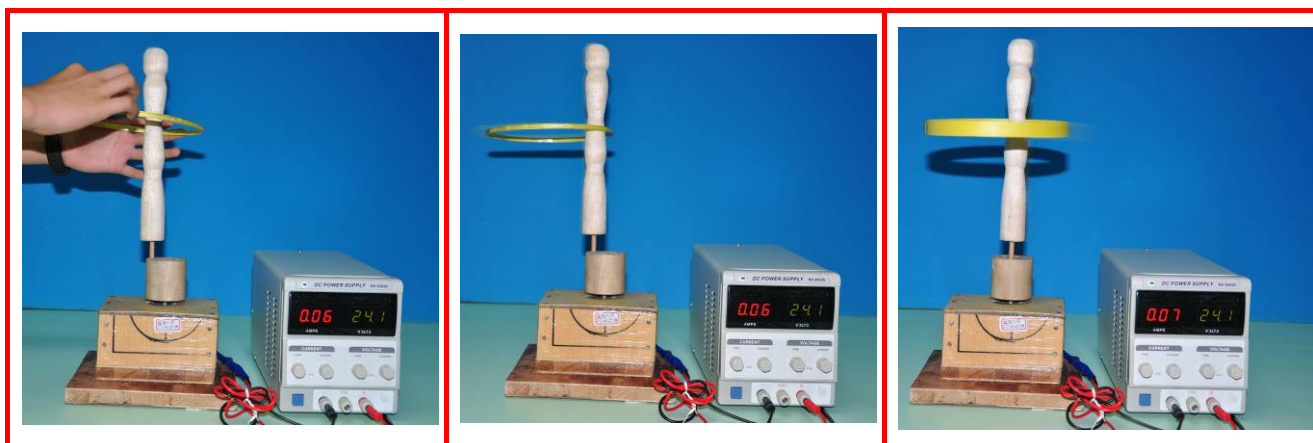
2、實驗器材：

(1) 測量器材：參考【實驗一】

(2) 寬度不同的呼拉圈：寬度（分別為 1.5、1.2、0.9、0.6、0.3cm），直徑（16cm）

(3) 其他：參考【實驗一】

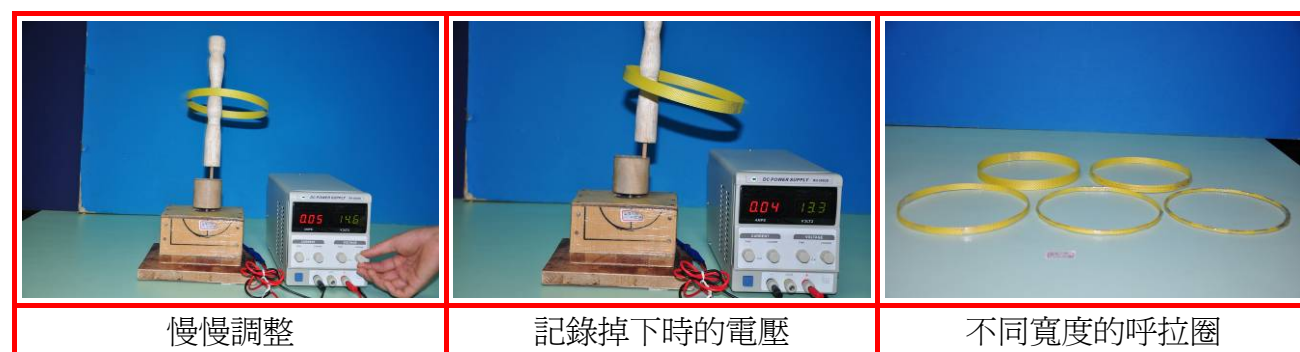
3、實驗裝置與操作：



4、變因方面

操縱變因	保持不變變因	應變變因
呼拉圈的寬度不同 (分別：1.5、1.2、0.9、0.6、0.3cm)	呼拉圈的直徑相同（16cm） 呼拉圈的材質相同（打包帶） 呼拉圈的重量相同（6g） 旋轉軸的位置相同（距離圓心 1.75cm） 相同的人偶	呼拉圈掉落時，電源供應器的電壓大小（伏特 Volt）

5、實驗方法：參考【實驗一】



慢慢調整

記錄掉下時的電壓

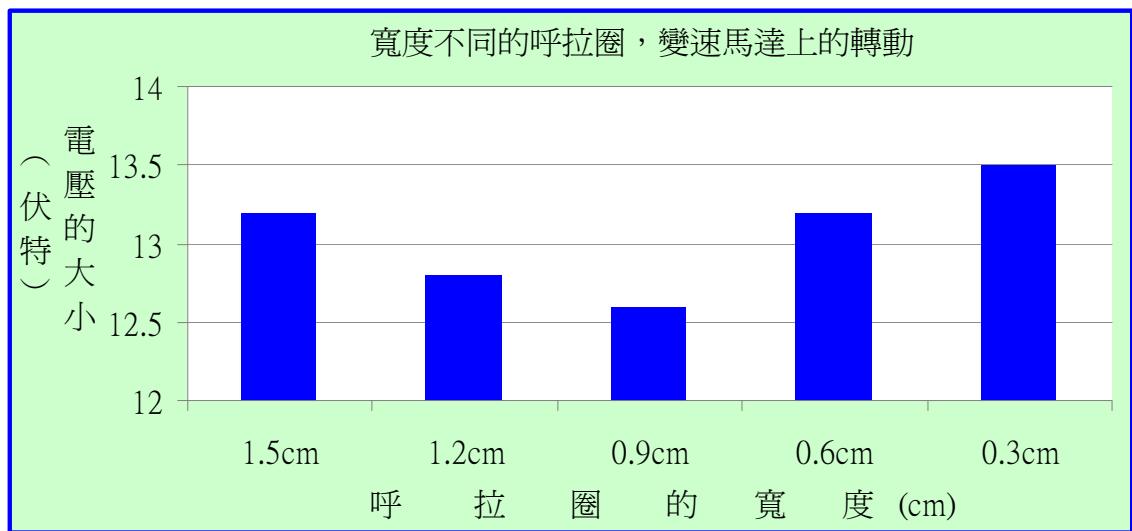
不同寬度的呼拉圈

6、實驗結果：

電壓大小，單位：伏特

實驗次數 呼拉圈的寬度	1	2	3	4	5	合計	平均
1.5cm	13.2	13.1	13.2	13.3	13.3	66.0	13.2
1.2cm	12.8	12.8	12.8	12.6	12.8	63.8	12.8
0.9cm	12.6	12.8	12.6	12.6	12.6	63.2	12.6
0.6cm	13.2	13.1	13.2	13.2	13.2	65.9	13.2
0.3cm	13.4	13.4	13.6	13.7	13.7	67.7	13.5

7、實驗比較：



8、討論：

- (1) 從實驗中發現，寬度是 0.3cm 的呼拉圈最容易掉下來，而且在旋轉時比較不穩定。
- (2) 實驗中發現寬度在 1.2、0.9cm 的呼拉圈，轉動時比較平穩，比較耐久，不容易掉下來。
- (3) 在實驗中寬的呼拉圈不容易下滑，細的呼拉圈容易下滑，我們認為可能和呼拉圈的接觸面有關。寬的呼拉圈接觸面大，細的呼拉圈接觸面小。

9、疑問：

- (1) 如果是人來搖寬度不同的呼拉圈，搖起來也會有相同的想法嗎？

(三) 【實驗三】：重量不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。

1、目的：觀察重量不同的呼拉圈在馬達上轉動的變化。

2、實驗器材：

(1) 測量器材：參考【實驗一】

(2) 重量不同的呼拉圈：(重量分別為 2.5、5.0、7.5、10.0g)。

(3) 其他：參考【實驗一】

3、實驗裝置與操作：



4、變因方面：

操縱變因	保持不變變因	應變變因
呼拉圈的重量不同 (分別為：2.5、5.0、7.5、10.0g)	呼拉圈的直徑相同 (14cm) 呼拉圈的材質相同 (打包帶) 呼拉圈的寬度相同 (0.75cm) 旋轉軸的位置相同 (距離圓心 1.75cm) 相同的人偶	呼拉圈掉落時，電源供應器的電壓大小 (伏特 Volt)

5、實驗方法：參考【實驗一】

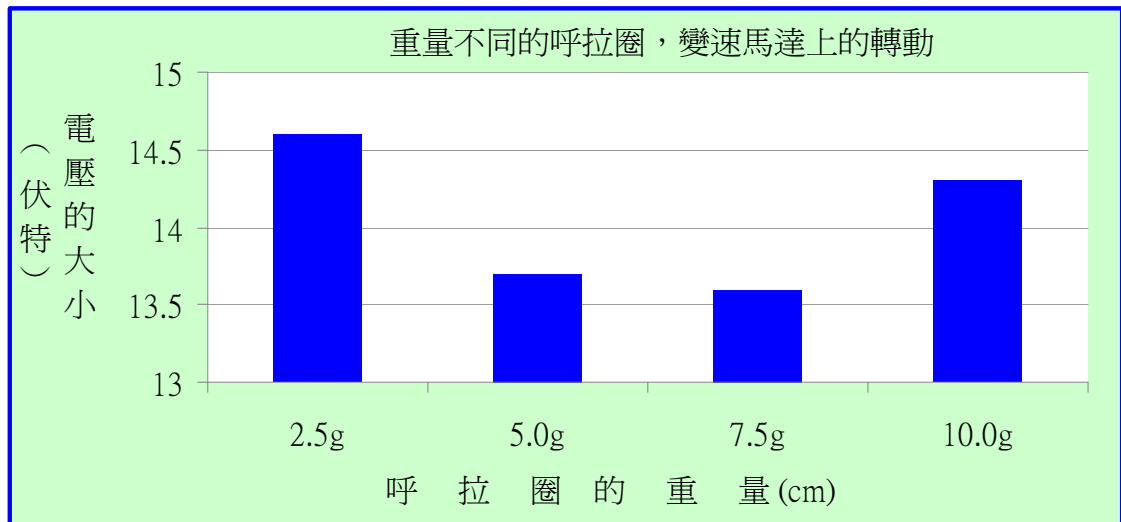
6、實驗結果：

電壓大小，單位：伏特

實驗次數 呼拉圈的重量	1	2	3	4	5	合計	平均
2.5g	14.1	14.5	14.7	14.9	14.8	73.0	14.6
5.0g	13.4	13.2	14.2	13.8	13.9	68.5	13.7
7.5g	13.8	13.5	13.3	13.5	13.8	67.9	13.6
10.0g	14.2	14.1	14.4	14.3	14.3	71.3	14.3



7、實驗比較：



8、討論：

- (1) 從實驗的數據中，發現呼拉圈的重量會影響轉動的難易。太重或太輕的呼拉圈是容易掉下來。
- (2) 在四個不同重量的呼拉圈中，以 5g 和 7.5.g 的呼拉圈搖得最穩定也不容易掉下來。
- (3) 從【活動一】的搖呼拉圈活動，發現同學們喜歡搖 1320g 重的呼拉圈，大家都覺得容易搖，不容易掉下來。

9、疑問：

- (1) 我自己在搖重量不同的呼拉圈時，並不會覺得重的呼拉圈不容易搖，難道是不夠重嗎？

(四) 【實驗四】：材質不同的呼拉圈，在變速馬達上的轉動。

1、目的：瞭解不同材質的呼拉圈，在馬達上的轉動有什麼變化。

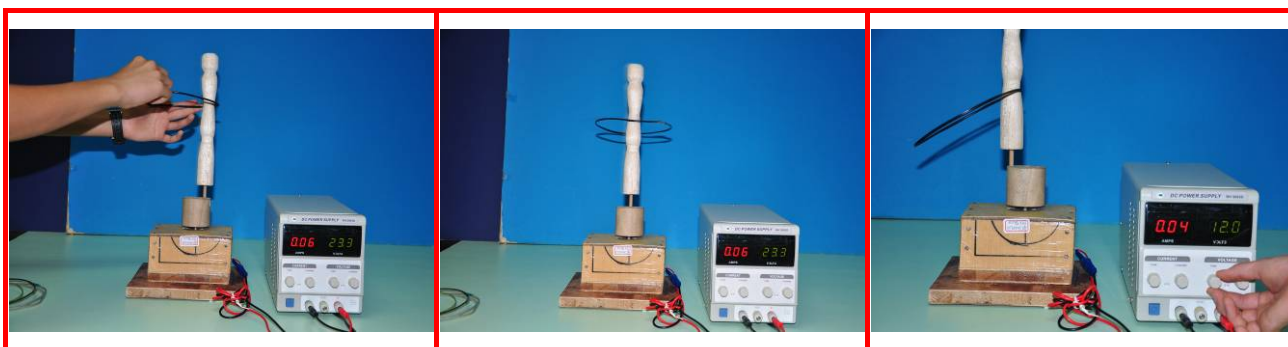
2、實驗器材：

(1) 測量器材：參考【實驗一】

(2) 材質不同的呼拉圈：(分別為細水管包鋁絲、銅線、鋁條、鐵絲、打包帶和塑膠包銅絲)。

(3) 其他：參考【實驗一】

3、實驗裝置與操作：



4、變因方面：

操縱變因	保持不變變因	應變變因
呼拉圈的材質不同 (分別為細水管包鋁絲、銅線、鋁條、鐵條、打包帶和塑膠包銅絲)	呼拉圈的直徑相同 (16cm) 呼拉圈的粗細相同 呼拉圈的重量相同 (6g) 旋轉軸的位置相同 (距離圓心 1.75cm) 相同的人偶	呼拉圈掉落時, 電源供應器的電壓大小 (伏特 Volt)

5、實驗方法：參考【實驗一】

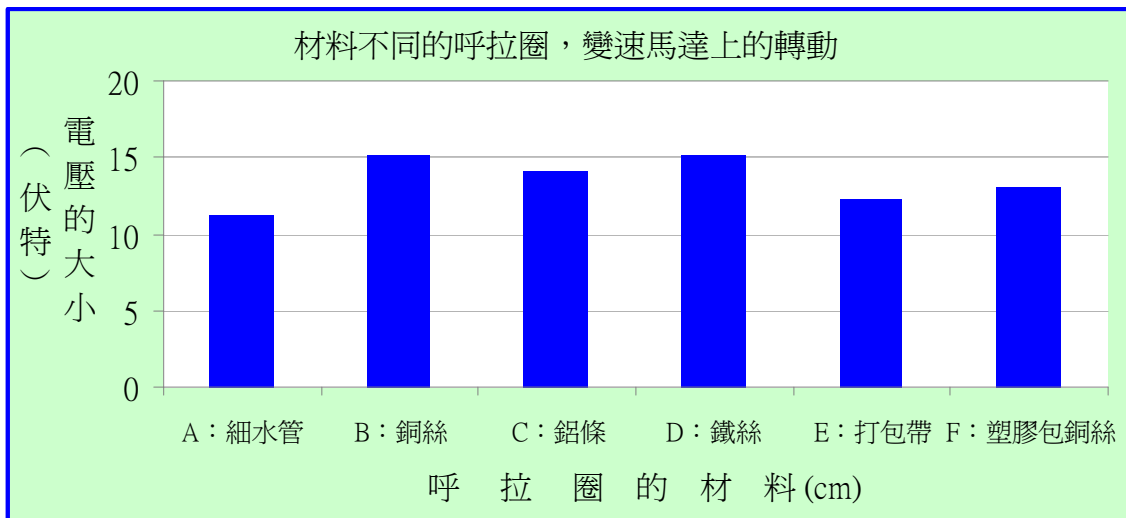


6、實驗結果：

結果：電壓大小，單位：伏特

實驗次數 呼拉圈的材質	1	2	3	4	5	合計	平均
A：細水管包鋁絲	10.9	11.2	11.5	11.3	11.6	56.5	11.3
B：銅絲	14.9	15.2	15.1	14.8	15.3	75.3	15.1
C：鋁條	14.1	14.3	13.8	14.4	13.9	70.5	14.1
D：鐵絲	14.9	15.6	15.3	14.9	15.2	75.9	15.2
E：打包帶	11.9	12.3	12.6	12.4	12.3	61.5	12.3
F：塑膠包銅絲	12.8	13.2	13.5	12.9	13.2	65.6	13.1

7、實驗比較：



8、討論：

- (1) 從長條圖中，我發現不同材質的呼拉圈，搖的時候快慢會不同。
- (2) 不同材質的呼拉圈，摸起來有的硬有的較軟，可能也會影響呼拉圈的轉動。
- (3) 有些材質的呼拉圈雖然材質類似，可是結果確有差異，可能和材料的表面粗細有關。
- (4) 有些材質的呼拉圈中間包了其他材質，雖然在內部，可是也有影響。

9、疑問：

- (1) 材質不同的呼拉圈，它的軟硬度不太一樣，摸起來的粗滑也會有差異，這可能也是影響搖呼拉圈的結果嗎？

四、活動四：利用變速馬達的轉動模擬人偶搖呼拉圈的實驗。

(一) 【實驗一】：人偶穿不同材質，在變速馬達上的轉動變化。

1、目的：瞭解穿不同材質的人偶，在馬達上的轉動有什麼差異。

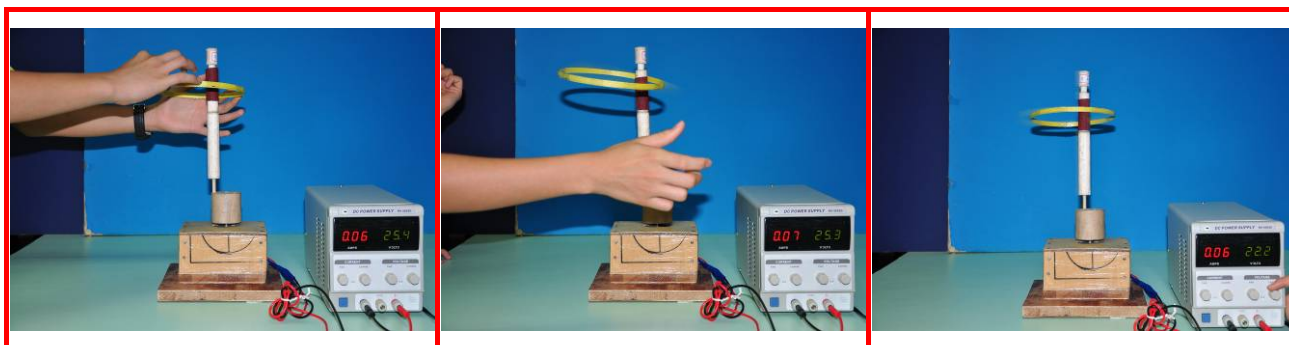
2、實驗器具：

(1) 測量的儀器：參考【活動三】的【實驗一】

(2) 人偶穿的材質：不同的布料分別以代號表示。(A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K)

(3) 其他：參考【活動三】的【實驗一】

3、實驗裝置與操作：

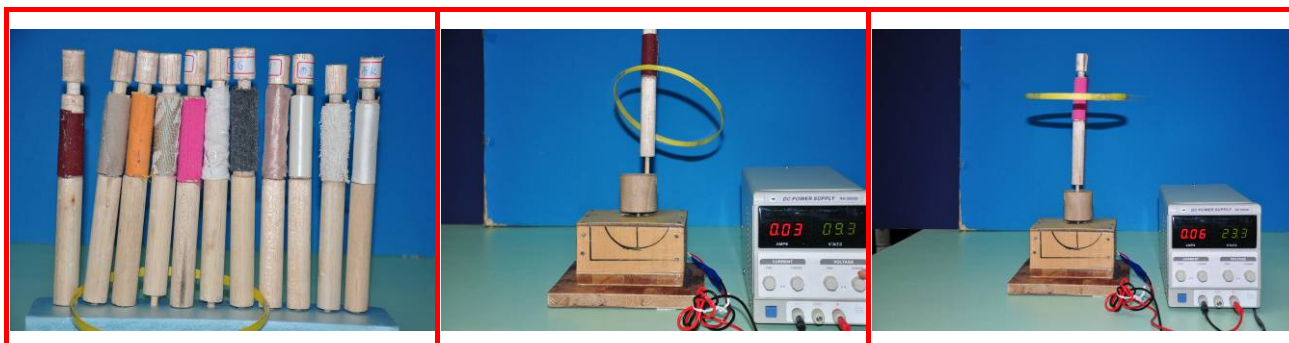


4、變因方面：

操縱變因	保持不變變因	應變變因
人偶穿的材質不同 (分別為：A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K)	相同的呼拉圈(直徑 16cm) 人偶的材質相同(巴沙木) 人偶的身材相同 旋轉軸腰部的位置相同 旋轉軸的位置相同(距離圓心 1.75cm)	呼拉圈掉落時, 電源供應器的電壓大小(伏特 Volt)

5、實驗方法：

- (1) 把人偶裝在弧度距圓心 1.75cm 的位置。
- (2) 將電源供應器轉到電壓 20 伏特的位置。
- (3) 打上呼拉圈, 使它在人偶的腰部轉動。
- (4) 慢慢調整電壓, 使馬達轉動的速率漸漸緩慢。
- (5) 觀察呼拉圈掉落時, 電源供應器的電壓。
- (6) 同樣的方法實驗十次, 選出五次相近的數據。

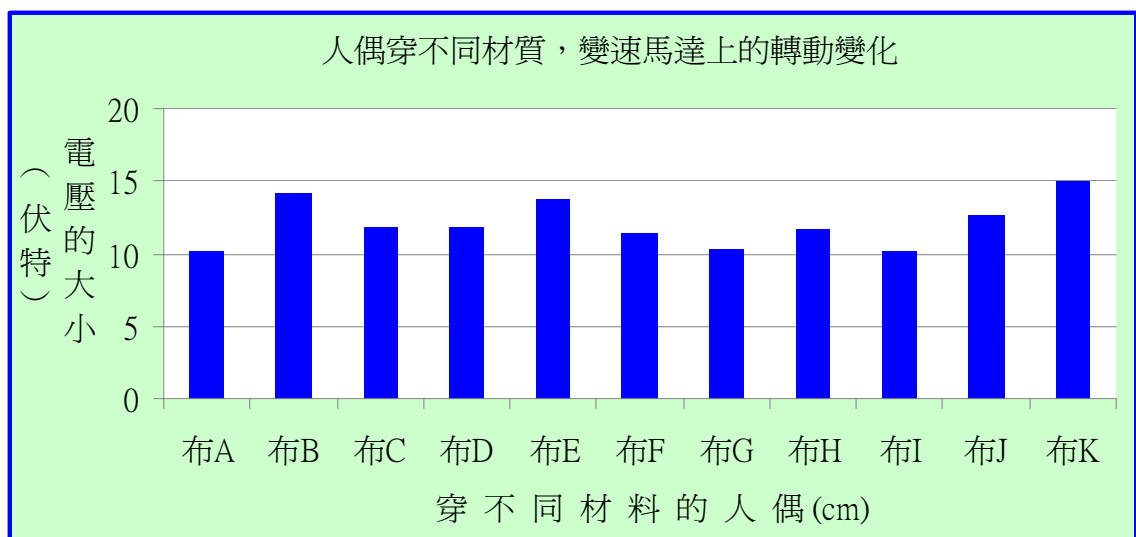


6、實驗結果：

結果：電壓大小，單位：伏特

實驗次數 穿不同材質	1	2	3	4	5	合計	平均
布 A	9.8	10.2	10.3	10.2	10.5	51.0	10.2
布 B	13.7	14.2	14.5	14.3	14.5	71.2	14.2
布 C	11.5	11.8	11.6	12.2	12.4	59.5	11.9
布 D	11.4	11.9	12.1	11.9	12.3	59.6	11.9
布 E	13.3	13.5	14.2	13.8	14.3	69.1	13.8
布 F	11.0	11.5	11.8	11.6	11.8	57.7	11.5
布 G	9.5	10.6	10.9	10.3	10.6	51.9	10.4
布 H	11.2	11.8	11.6	12.3	11.4	58.3	11.7
布 I	9.6	9.8	10.6	10.5	10.6	51.1	10.2
布 J	12.5	12.8	12.7	13.1	12.4	63.5	12.7
布 K	14.8	15.6	15.1	14.8	14.8	75.1	15.0

7、實驗比較：



8、討論：

- (1) 呼拉圈在搖時，有些布會造成呼拉圈一邊搖一邊下滑，可能是因為布的摩擦力小，才會容易下滑，如：金屬絲的布摸起來滑滑的。
- (2) 實驗中，我們發現有一些布只要一下滑，就會直接掉下來，如布 A、布 I、布 J。
- (3) 有些布上的紋路凹陷很深，可能讓摩擦力變大；比較不容易掉下來，如砂紙，摸起來粗粗的。
- (4) 不相同的布，會使結果有些許的差異，我們認為可能和材質的粗滑有關係。
- (5) 如果想要容易搖起呼拉圈，建議穿著有紋路凹陷的衣服，會使呼拉圈較不易掉落。

9、疑問：

- (1) 呼拉圈在旋轉時，有時會歪斜，難道是重量不平均嗎？
- (2) 有些布在呼拉圈轉動時，會有很大的聲音產生，是什麼原因造成的？

(二) 【實驗二】：人偶的高度不同，在變速馬達上的轉動變化。

1、目的：從觀察不同高矮的人偶在馬達上的轉動的變化。

2、實驗器具：

(1) 測量的儀器：參考【活動三】的【實驗一】

(2) 人偶的高度：分別為：32.8、27.2、21.8、19.5、15cm。

(3) 其他：參考【活動三】的【實驗一】

3、實驗裝置與操作：



4、變因方面：

操縱變因	保持不變變因	應變變因
人偶的身高不同 (分別為：32.8、 27.2、21.8、19.5、 15cm)	相同的呼拉圈(直徑 16cm) 人偶的材質相同(巴沙木) 人偶胖瘦相同 旋轉軸的位置相同(距離圓心 1.75cm)	呼拉圈掉落時,電源供應器的 電壓大小(伏特 Volt)

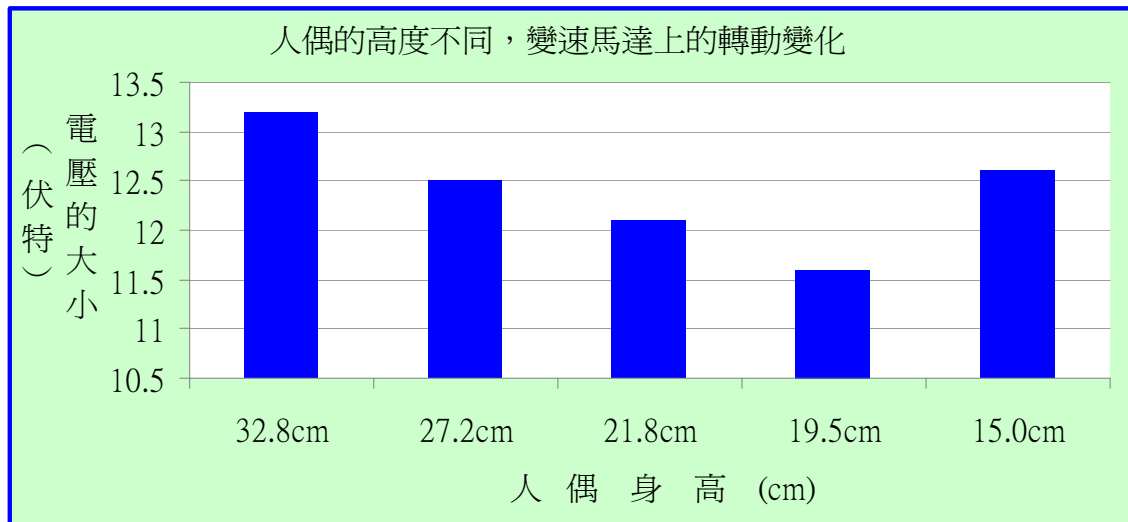
5、實驗方法：參考【實驗一】

6、實驗結果：

結果：電壓大小，單位：伏特

實驗次數 人偶的身高	1	2	3	4	5	合計	平均
32.8cm	12.9	13.2	13.5	13.2	13.4	66.2	13.2
27.2cm	12.4	12.6	12.3	12.5	12.7	62.5	12.5
21.8cm	12.2	12.2	12.0	12.1	11.9	60.4	12.1
19.5cm	11.5	11.4	11.6	11.8	11.5	57.8	11.6
15.0cm	12.8	12.8	12.6	12.5	12.4	63.1	12.6

7、實驗比較：



8、討論：

- (1) 從實驗中，我們發現 19.5cm 高的人偶，在搖呼拉圈時最不容易掉下來。
- (2) 從長條圖中，我們發現每次的結果都只有些許的差距，我認為高矮對呼拉圈的影響可能不大。
- (3) 不同高矮的人偶，在操作也會造成影響，如 15cm 的人偶，因為身體部分較短，讓呼拉圈旋轉的位置較難控制好。
- (4) 32.8cm 高的人偶在搖呼拉圈時，馬達搖晃劇烈，需要用手壓住馬達的一邊。

9、疑問：

- (1) 如果換成人來搖呼拉圈，比較高的人會有相似的結果嗎？



(三) 【實驗三】：人偶的腰圍不同，，在變速馬達上的轉動變化。

1、目的：瞭解不同腰圍的人偶，在馬達上搖呼拉圈的轉動快慢變化。

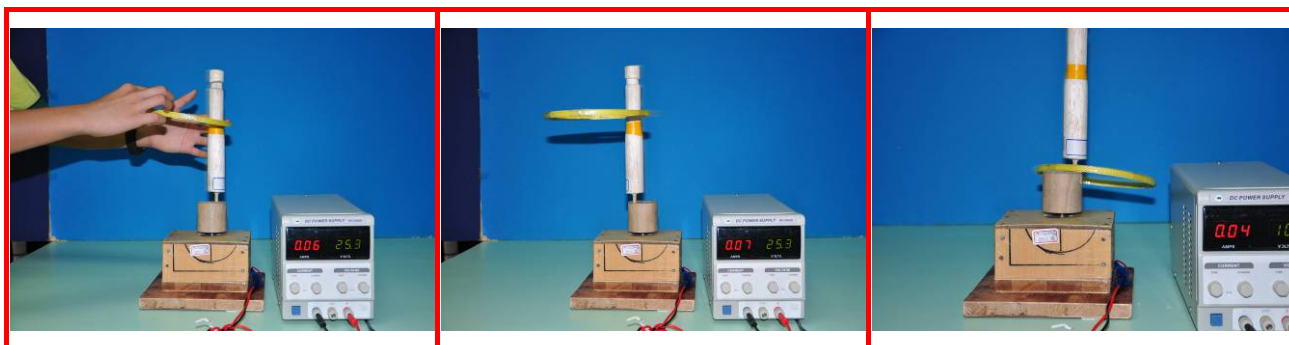
2、實驗器具：

(1) 測量的儀器：參考【實驗一】

(2) 人偶的腰圍：直徑分別為：2.6、2.2、1.8、1.4、1.0cm。

(3) 其他：參考【實驗一】

3、實驗裝置與操作：



4、變因方面：

操縱變因	保持不變變因	應變變因
人偶的腰圍不同 (直徑分別為： 2.6、2.2、1.8、1.4、 1.0cm)	相同的呼拉圈 (直徑 16cm) 人偶的高矮相同 (21cm) 人偶的材質相同 (巴沙木) 旋轉軸腰部的位置相同 旋轉軸的位置相同 (距離圓心 1.75cm)	呼拉圈掉落時，電源供應器的 電壓大小 (伏特 Volt)

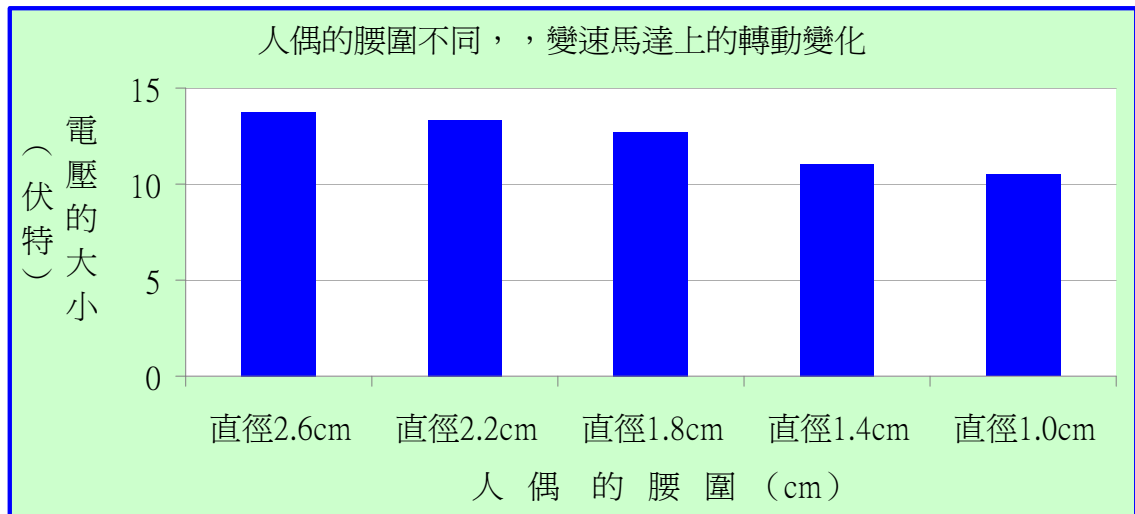
5、實驗方法：參考【實驗一】

6、實驗結果：

結果：電壓大小，單位：伏特

實驗次數 人偶的腰圍大小	1	2	3	4	5	合計	平均
直徑 2.6cm	13.6	13.8	13.6	13.7	13.8	68.5	13.7
直徑 2.2cm	13.1	13.3	13.4	13.2	13.3	66.3	13.3
直徑 1.8cm	12.8	12.8	12.6	12.6	12.6	63.4	12.7
直徑 1.4cm	10.8	11.2	11.4	10.9	10.8	55.1	11.0
直徑 1.0cm	10.3	10.5	10.6	10.6	10.4	52.4	10.5

7、實驗比較：



8、討論：

- (1) 這個實驗中，我們發現搖呼拉圈時，人偶的腰圍直徑在 1.0cm，搖呼拉圈最不容易掉下來。
- (2) 從長條圖的比較中發現不同胖瘦的人偶搖呼拉圈的實驗，雖然有一些的差距，但是相差並不會太大。

9、疑問：搖呼拉圈時，胖瘦真的會影響快慢嗎？我看見有一些媽媽，爲了減肥每天認真地搖呼拉圈，這樣的結果會有相關嗎？



(四) 【實驗四】：人偶的旋轉弧度不同，搖呼拉圈的比較。

1、目的：從觀察人偶以不同弧度搖呼拉圈時，對轉動快慢的影響。

2、實驗器具：

(1) 測量的儀器：參考【實驗一】

(2) 人偶旋轉軸離圓心的距離，分別為：2.0cm、1.75cm、1.50cm、1.25cm、1.0cm、0.75cm、0.5cm、0.25cm、0cm。

(3) 其他：參考【實驗一】

3、實驗裝置與操作：



4、變因方面：

操縱變因	保持不變變因	應變變因
人偶的旋轉軸離圓心的距離，分別為：2.0、1.75、1.50、1.25、1.0、0.75、0.5、0.25、0cm。	相同的呼拉圈（直徑 16cm） 相同的人偶（巴沙木）	呼拉圈掉落時，電源供應器的電壓大小（伏特 Volt）

5、實驗方法：參考【實驗一】

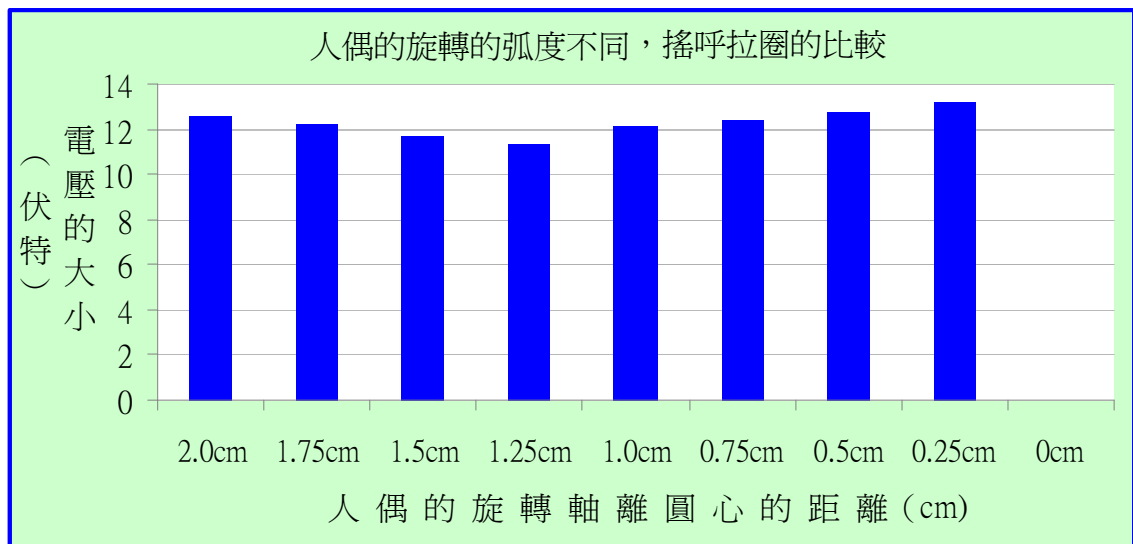


6、實驗結果：

結果：電壓大小，單位：伏特

實驗次數 人偶旋轉的弧度	1	2	3	4	5	合計	平均
2.0cm	12.5	12.7	12.5	12.8	12.6	63.1	12.6
1.75cm	12.3	12.3	12.2	12.3	12.1	61.2	12.2
1.5cm	11.6	11.6	11.8	11.6	11.8	58.4	11.7
1.25cm	11.0	11.2	11.4	11.3	11.4	56.3	11.3
1.0cm	12.0	12.2	12.0	12.2	12.2	60.6	12.1
0.75cm	12.4	12.4	12.3	12.5	12.5	62.1	12.4
0.5cm	12.8	12.8	12.7	12.8	12.7	63.8	12.8
0.25cm	12.9	13.2	13.1	13.4	13.2	65.8	13.2
0cm							

7、實驗比較：



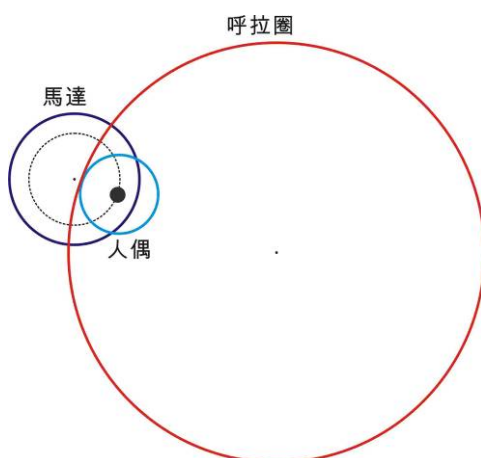
8、討論：

- (1) 從實驗中，我們發現當弧度越大時，呼拉圈能轉得速度愈慢；當弧度越小時，呼拉圈不能轉太慢。
- (2) 將實驗與活動一比較，當一個人在搖呼拉圈時，如果搖的弧度小，需要速度快才能搖起來；如果搖的弧度大，速度慢一點也可以搖。
- (3) 從實驗中，我們認為在中心點的位置，呼拉圈是無法搖起來。
- (4) 實驗中，搖的弧度大轉動的速度快，呼拉圈才不會掉下來；搖的弧度大轉動的速度可以放慢；這個現象和我們在搖呼拉圈的時候也有這種感覺，搖的弧度大，旋轉慢，也不容易掉下來；弧度小，慢慢轉就容易掉下來。

五、活動五：探索變速馬達轉動時，軸上人偶的腰部和呼拉圈的交互作用。

(一) 【探索一】：當馬達轉動時，人偶的腰部怎樣帶動呼拉圈的轉動。

- 1、馬達轉動時，插在上面的軸跟著轉動，人偶插在距離軸心.1.75cm 的地方，會繞著軸心旋轉。呼拉圈在手的推動下，也跟著人偶的腰部同方向轉動。



- 2、呼拉圈是怎樣方式繞著人偶的腰部轉動呢？

當人偶的腰部繞軸心轉一圈時，腰部也跟著轉一圈，繞在腰部的呼拉圈也跟轉動，轉動的長度和人偶腰部的周長相同。所以

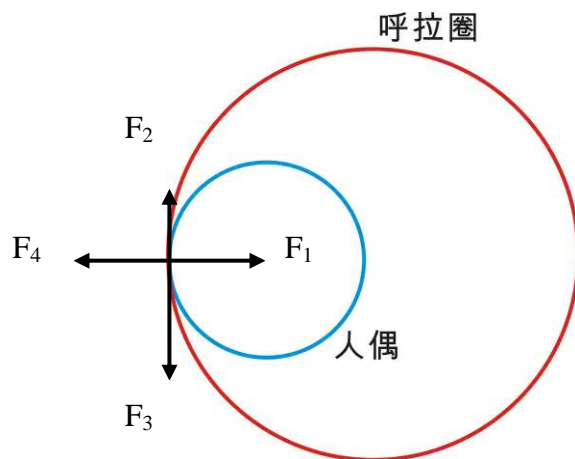
(呼拉圈的周長) ÷ (人偶腰圍長度) = 呼拉圈在腰部轉一圈時，人偶轉的圈數。

- 3、人偶腰部怎樣帶動呼拉圈轉動。

當變速馬達轉動時，插在馬達上的旋轉軸跟著轉動，模擬人偶也跟著同步轉動，也會帶動呼拉圈同步轉動。馬達轉動快時，旋轉軸也轉動得快，人偶和呼拉圈也跟著轉快；當馬達轉得太慢時，人偶上的呼拉圈就會掉下來。

(二) 【探究二】：人偶腰部的呼拉圈轉動時，怎樣才不會掉下來。

- 1、呼拉圈是圓形的環，具有重量；摸起來也會有粗粗的感覺（材質不同，感覺也不同），當呼拉圈繞著人偶腰部轉動時，會在腰部產生一股壓力（ F_1 ），腰部也會有反作用力（ F_4 ）；呼拉圈在轉動時，有一股前進的力（ F_3 ），同時在腰部和呼拉圈相接觸的地方有一股相反的力（ F_2 ）是摩擦力。
- 2、當呼拉圈轉動快時，可能也產生一股向上的力量，支撐著呼拉圈，所以呼拉圈才不會掉下來，這種力是什麼我們不清楚，所以沒有提出來。



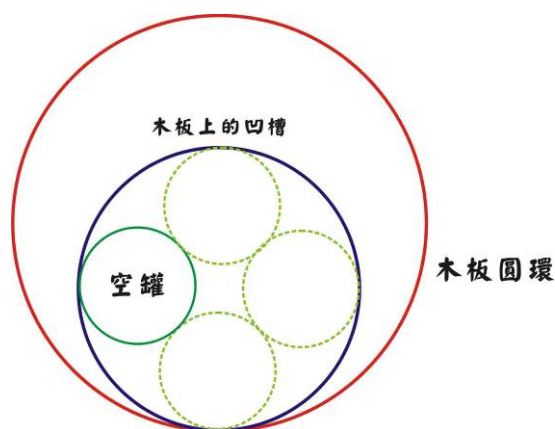
(三) 【探究三】：從變速馬達的人偶轉動呼拉圈的實驗和人們轉動呼拉圈的比較差異。

1、操作中的意外發現：人偶的臉會旋轉了。

利用巴沙木人偶在變速馬達上搖呼拉圈的活動，我們為使人偶更像人，就在頭上畫下五官的眼睛、鼻子、嘴巴和耳朵，沒想到當馬達一轉動時，人偶的頭會旋轉，會和馬達同步旋轉。也就是馬達上的軸轉一圈，人偶也跟著轉一圈，人偶的頭也跟著自轉一圈。可是當我們真的搖呼拉圈時，只是腰部在繞著一定的軸旋轉，頭部沒有旋轉，所以臉的方向不變，這個轉法和實驗中的人偶轉動是不一樣的。



2、我們討論的結果，在【活動一】的【實驗三】，我們利用空罐在木板上的圓，繞圓圈，使圓形的木環跟著轉動。實作中，空罐的繞法和人搖呼拉圈的繞法相同。圓木環也跟著同步的轉動，這是在桌面上搖呼拉圈的方式。有什麼辦法可以使呼拉圈以同樣的方式在木偶上搖呢？我們正在努力中。



六、活動六：設計製作「安全攜帶」又適合大家搖的呼拉圈。

在家裡的庭院、學校操場和公園裡，每天都有好多人在搖呼拉圈。呼拉圈的樣貌有好多種，有很大的，也有小的；有粗的，也有細的；有笨重的，也有輕的；有包繩子的、也有包塑膠的形形色色，大家的目的是運動、減肥、活力、健康。可是呼拉圈很大，攜帶不方便，尤其騎機車、腳踏車更是危險，所以我們就想起有沒有質地較軟，可以折疊的材質來做呼拉圈又好轉、收拾容易、攜帶方便、安全呢？

(一) 材料：繩子、橡皮筋、橡膠、打包帶（可伸縮）。

(二) 製作呼拉圈：利用繩子、橡皮筋、橡膠、打包帶製作直徑為 15cm 的呼拉圈。

(三) 實驗裝置與操作：



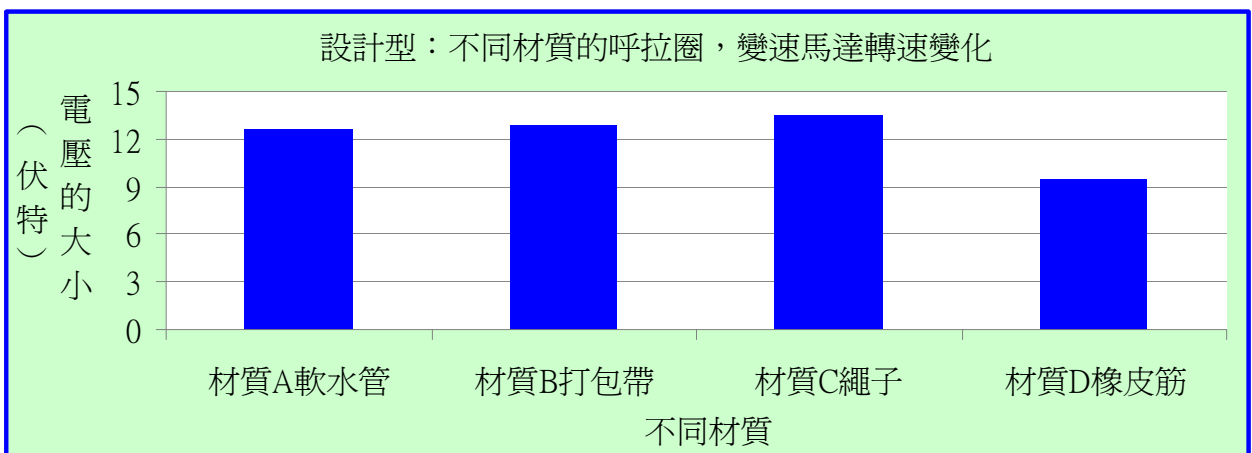
(四) 搖搖看：利用「變速馬達旋轉器」來搖呼啦圈，紀錄可以搖多慢時掉下來。

1、實驗結果：

結果：電壓大小，單位：伏特

實驗次數	1	2	3	4	5	合計	平均
呼拉圈的材質							
材質 A：軟水管	12.7	12.6	12.4	12.0	12.7	63.0	12.6
材質 B：打包帶	12.9	12.9	12.8	13.0	12.8	64.4	12.9
材質 C：繩子	13.4	13.7	13.8	13.2	13.6	67.7	13.5
材質 D：橡皮筋	9.7	9.5	9.1	9.5	9.4	47.2	9.4

2、實驗比較：



(五) 討論：

- 1、橡皮筋雖然很好收拾，但是在馬達上要搖起來並不容易。
- 2、軟的呼啦圈在速度較慢時，也可以搖得起來。
- 3、在打包帶和水管中加鋁絲，可以方便收拾，但卻會比較重，不容易搖。

(六) 優點：

軟的呼拉圈方便攜帶，容易折疊還可以伸縮，根據每個人的需求要大要小都可以。



(七) 缺點：

- 1、太軟的呼啦圈，在馬達上比較難搖起來。
- 2、在呼啦圈中加鋁絲，可以方便折疊，但卻會讓呼啦圈加重。

(八) 應用：從上面的討論中，我們可以設計出方便攜帶又好搖的呼啦圈。

(九) 設計：

- 1、材料：軟水管（粗）、軟水管（細）、鋁絲、封箱膠帶。
- 2、製作方法：
 - (1) 用水管彎成圓形，並接起來。
 - (2) 在裡面放細水管、鋁絲。
 - (3) 用封箱膠帶把外圍包起來固定住。
- 3、試試看：



- (1) 雖然在模擬實驗中，軟的呼啦圈轉得慢一點，但是仍然可以搖起來。我們製作的呼啦圈，要搖起來需要較大的動作，才能搖得好。
- (2) 在搖的過程中，我們發現，搖起來比較費力，而且也會變形，因為太軟了，可是上面的紋路能增加按摩的效果。
- (3) 我們設計製作的軟性呼拉圈，可以折疊起來放在袋子裡，騎車子也很方便攜帶；搖起來較費力，也較能達到運動效果，是可以推廣介紹給大家。

陸、結論：

- 一、我們觀察同學搖呼拉圈的方法後，發現人的高矮胖瘦以及不同大小的呼拉圈，都會影響搖呼拉圈的快慢和困難程度；因此我們利用巴沙木製作人偶造型；變速馬達代表轉動的快慢變化；打包帶做成模擬呼拉圈等，進行一系列實驗，驗證人在搖呼拉圈時，可能發生的問題。
- 二、從觀察同學搖呼拉圈和自己親身的體驗，察覺呼拉圈在腰部的旋轉運動，發現腰部繞著圓圈旋轉時，呼拉圈會跟著轉動。
- 三、從呼拉圈上的黃色記號，在繞著腰部的轉動中，利用照相機拍照，可以發現腰部繞三圈半時，呼拉圈上的黃色記號出現在原來的地方，但是有些模糊。
- 四、利用圓形木環和空罐的旋轉操作，來表示搖呼拉圈的活動，可以由：
圓形木環的周長÷空罐的周長＝圓形木環繞一周時空罐的圈數；
也就是呼拉圈搖一圈時，剛好是腰部周長的倍數。
- 五、我們設計的實驗中包括三個主要活動：
 - (一) 人偶高低、胖瘦、衣著等情形。
 - (二) 呼拉圈大小、寬度、材質、重量。
 - (三) 旋轉軸的位置（搖動的弧度）。結果發現過高的人、穿著太光滑衣服的人、旋轉軸距圓心太近（弧度小），搖動呼拉圈時容易下滑；身材中等、穿有凹陷紋路、粗糙的衣服以及旋轉弧度大的人，搖動呼拉圈時，比較不容易滑落，轉動速度快。
- 六、從利用設計的人偶在變速馬達上轉動來搖呼拉圈，這是馬達轉動，人偶及呼拉圈也跟著同步轉動，這種轉動使呼拉圈在人偶的腰部上產生了離心力和摩擦力，所以呼拉圈不易掉下來，會搖得久、搖得輕鬆。
- 七、從真實搖呼拉圈到實驗模擬搖呼拉圈，我們建議想要搖呼拉圈時，不容易掉落的方法是：穿的衣服不要太光滑，最好有凹陷紋路、粗糙布料；呼拉圈的選擇不要太小、太光滑、接觸面積多一些；搖動時，旋轉的弧度大一些，這樣應該可以搖得久些。
- 八、我們從這次的設計、製作和實驗中，發現怎樣搖出輕鬆愉快的呼拉圈，也創作出容易攜帶、折疊式的呼拉圈，可以幫助媽媽們，在騎機車時，安全的帶著呼拉圈到戶外運動。

柒、感想

- 一、從一開始實驗中，我嘗試要讓人偶搖呼拉圈，都無法正常把呼拉圈轉上人偶，經過一次又一次的練習，我終於克服困難，現在變得十分順手。
- 二、在做呼拉圈重量不同的實驗中，我們每次用絕緣膠帶黏上去後，不久又會彈開，讓我好灰心，還好最後我們想到了好方法。
- 三、我們的實驗一次次失敗，但我們很有耐心做了一次又一次，改了一遍又一遍。
- 四、我在過程中，比較會操作，書寫報告的部分就請另一位同學多幫忙，我要感謝她。

捌、參考書目

休伊特（2001）。觀念物理（II）。台北市：天下文化。

【評語】 080118

1. 題目具創意性、實用性。
2. 能利用模型找出影響實驗的因素，且過程符合科學方法。
3. 傳達生動應答能切中要點。