

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

第三名

080118

「環」「環」相扣

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者： 小五 吳濰旭 小五 李柏翰 小五 鐘原呈 小五 林可雅 小五 陳禹臻 小五 張少瑀	指導老師： 許森裕 王懋勳
---	-----------------------------

關鍵詞：重力、力矩、摩擦力

『環』『環』相扣

摘要

本研究主要探討為何『旋風霹靂環』能一直旋轉的原因，我們仔細觀察旋風霹靂環的構造，發現由六個小環與一個大環所組成。研究中我們設計「小環發射器」來控制好實驗力道，利用紙粘土來「自製小環」來控制好實驗變因，使用自製測圈法來測量「旋轉圈數」，製作「木棍測摩擦力實驗儀」來測量小環內圈的摩擦力。實驗結果中我們發現重力、摩擦力與力矩是影響小環旋轉的主因。而造成小環旋轉快慢的因素有：小環的（內徑大小、內徑材質、重量）與大環的（材質、粗細）。影響小環下降速度的因素有：小環的（內徑大小、內徑材質、重量、形狀）與大環的（傾斜程度、材質、粗細）。

壹、研究動機

有一天，我跟爸爸一起上網時，發現有一種玩具叫作「旋風霹靂環」，爸爸跟我說拍打小環後，手轉大環裡面的小環會跟著旋轉，於是爸爸就買了一個給我玩，但是為什麼這樣小環就會一直旋轉呢？記得在五年級上學期在上第四單元「力與運動」時，老師說過如果物體受到力的作用且大小相等、方向相反，但不作用在同一直線上時會轉動，而旋風環的轉動是否跟這個有關呢？我把這個玩具拿到學校跟同學一起玩，同學都覺得好玩、新奇、又有趣，因此我們展開了這次的研究。

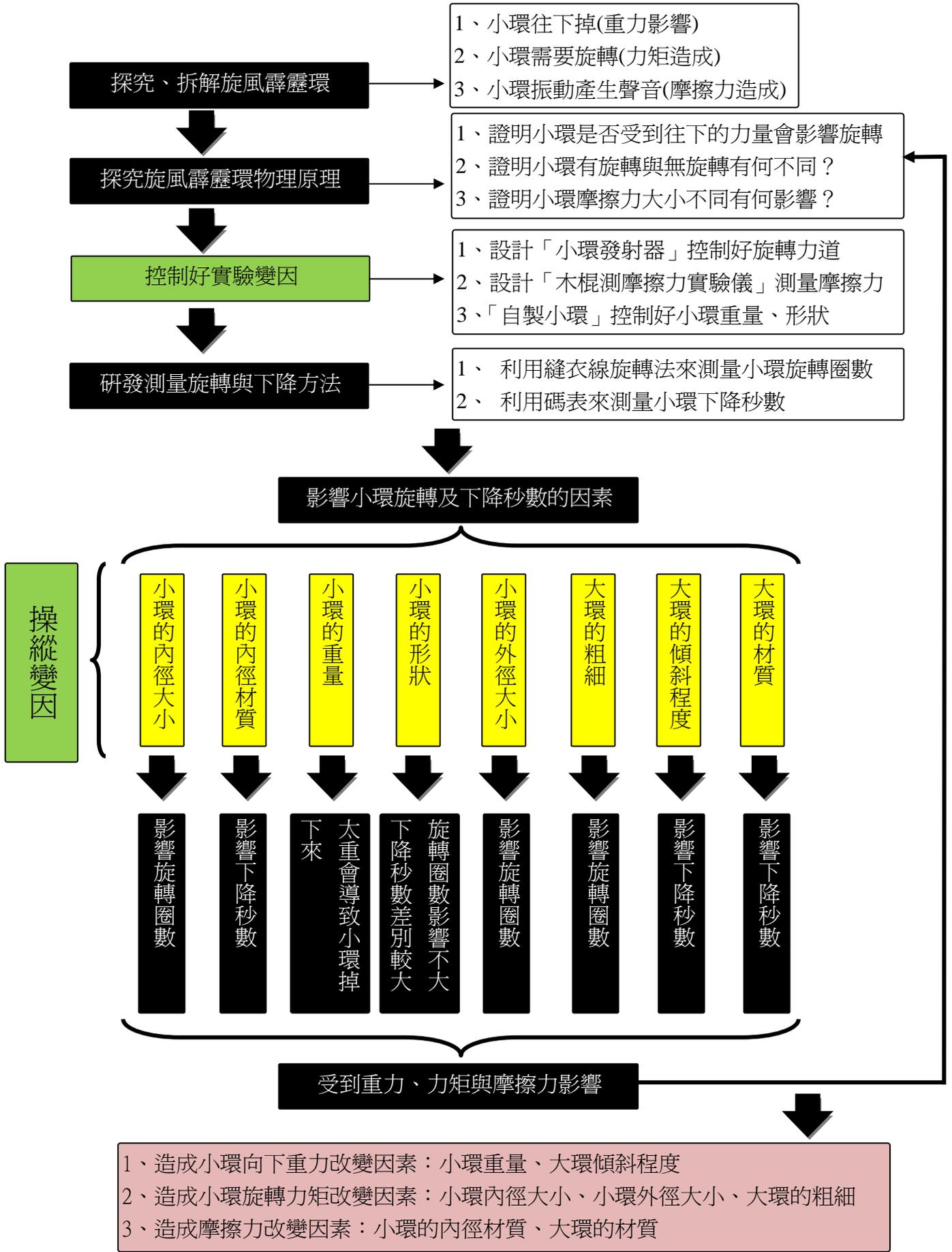
貳、研究目的

- 一、 探究、拆解與分析「旋風霹靂環」。
- 二、 探究旋風霹靂環的物理原理。
- 三、 設計「小環發射器」與「木棍測摩擦力實驗儀」。
- 四、 自製小環、測量「旋轉圈數」與測量「下降速度」的方法。
- 五、 小環的內徑大小是否影響旋轉圈數與下降秒數。
- 六、 小環的內徑材質是否影響旋轉圈數與下降秒數。
- 七、 小環的重量是否影響旋轉圈數與下降秒數。
- 八、 小環的形狀是否影響旋轉圈數與下降秒數。
- 九、 小環的外徑大小是否影響旋轉圈數與下降秒數。
- 十、 大環的傾斜程度是否影響旋轉圈數與下降秒數。
- 十一、 大環的材質是否影響旋轉圈數與下降秒數。
- 十二、 大環的粗細是否影響旋轉圈數與下降秒數。

參、研究設備及器材

小環發射器	強扭力馬達、竹棍、木板、木棍、直流電源供應器
小環	紙黏土、PVC 水管、塑膠片、超輕土、人形土、陶土
其他器材	旋風霹靂環、轉速器、白膠、膠水、強力膠、彈簧秤、游標尺

實驗架構圖



肆、研究過程與方法

【研究一】探究、拆解與分析「旋風霹靂環」。

一、我們首先對「旋風霹靂環」做了幾項測試，如下【表格一】。

	測試	結果發現
1	只拍打小環，不轉大環	小環慢慢停止，而且停止之前會偏離正常的旋轉而搖晃，就像陀螺將停下來時的樣子
2	只轉大環，不拍打小環	小還沒有旋轉，只稍微往上滑動
3	拍打小環後，持續轉動大環	小環會持續旋轉，但位置幾乎不移動
4	拍打小環後，持續轉動大環，突然加速轉大環	小環會持續旋轉，位置會突然變高
5	拍打小環後，持續轉動大環，但只有兩三個小環轉	沒有拍打到的小環，是不會繼續旋轉的
6	拍打小環後，持續轉動大環，突然停止轉大環	小環旋轉速度會慢慢減慢，最後停止
7	拍打小環後，持續轉動大環，突然反方向旋轉	小環仍然持續旋轉

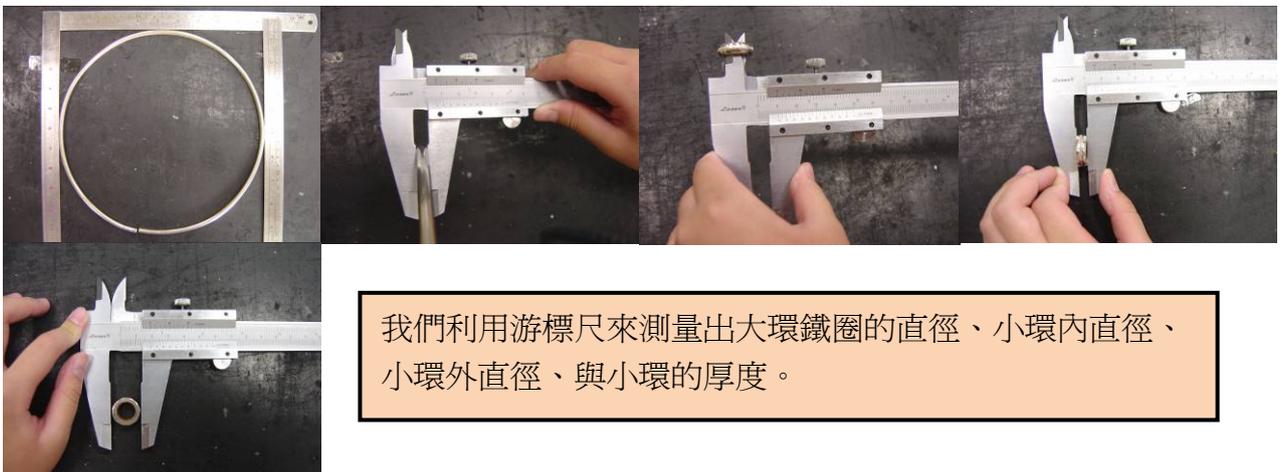
由上測試我們尋找出成功把玩「旋風霹靂環」技巧

- (一)、左(右)手拿著大環，右(左)手由下往上輕拍小環。
- (二)、當右(左)手輕拍小環時，左(右)手馬上將大環由上往下移動。
- (三)、接著由下往上的右(左)手馬上接手大環，然後由上往下拉。
- (四)、左(右)手馬上接手由上往下拉，以此類推。【如下圖】



二、拆解與分析「旋風霹靂環」的構造。

(一)、拆解「旋風霹靂環」：

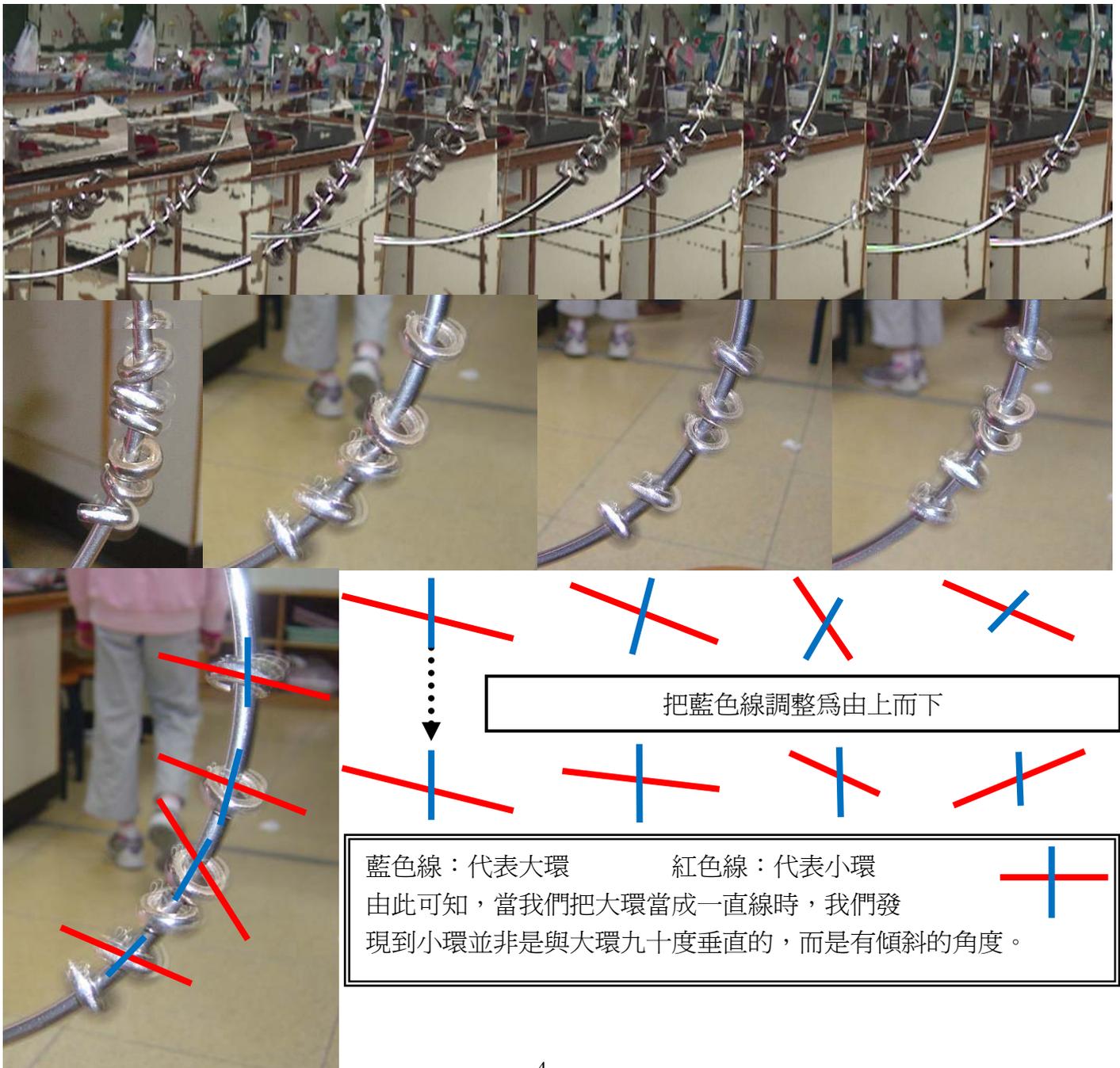


我們利用游標尺來測量出大環鐵圈的直徑、小環內直徑、小環外直徑、與小環的厚度。

大環		小環	
鐵圈直徑	0.6 公分	內圈直徑	1.05 公分
大環直徑	26 公分	外圈直徑	1.65 公分
鐵圈長度	81.64 公分 (利用 $2 \times 3.14 \times 13$)	小環厚度	0.6 公分
其它	<ul style="list-style-type: none"> ●材質是鐵 ●可導電 ●鐵圈是實心的 	其它	<ul style="list-style-type: none"> ●材質是鐵 ●可導電 ●內有紋路

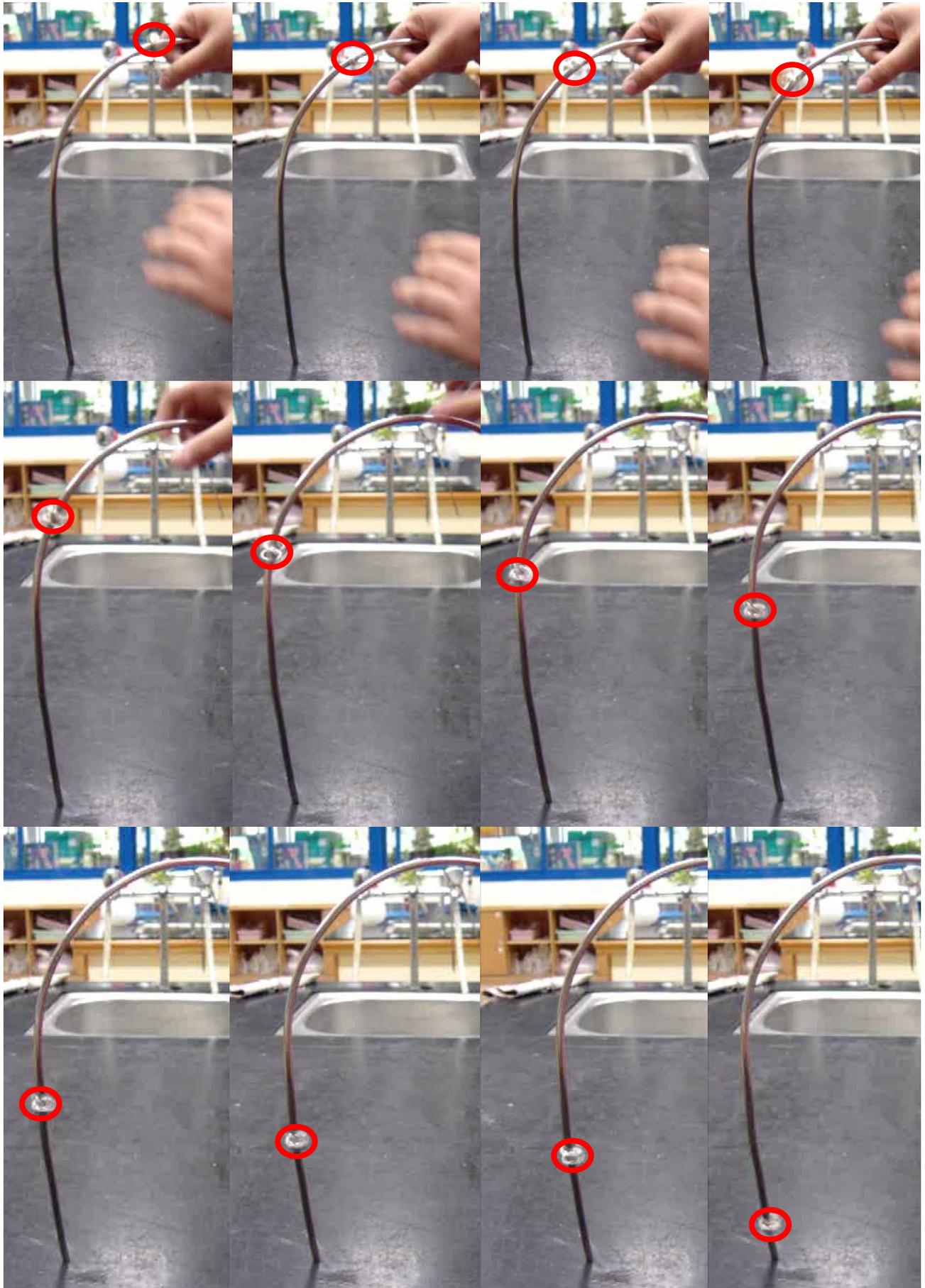
(二)、觀察小環在大環上的轉動情形

在旋轉時我們觀察到小環似乎與大環並非垂直，而是類似陀螺一樣繞著中心軸旋轉，我們利用 DV(使用高爾夫球模式)拍下小環在大環上的旋轉過程。



(三)、大環是否一定要彎曲？

上得知大環與小環並非是呈現九十度的旋轉，所以我們猜測大環是否可以是直線形的，而不用是圓形的，所以我們將霹靂旋風環中的大環剪斷，並將其拉直。實驗結果如下圖。



【研究二】探究旋風霹靂環的物理原理。

一、分析旋風霹靂環上「小環」所受的力

我們從【研究一】探究旋風霹靂環的過程中發現與推論：

- (一)、小環旋轉過程中會往下掉，因此有受到重力的影響。
- (二)、小環需要用手拍打使它轉動，因為有力矩的作用小環才旋轉。
- (三)、小環旋轉過程中有和大環產生摩擦與震動，因此發出金屬撞擊聲。所以小環有受到摩擦力的影響。

二、「重力」的影響：在地球的物體會受到地心引力的影響，向地心移動。

我們都知道重力會讓小環往下移動，如果小環沒有往下掉，相反的有受到阻力。這樣小環的旋轉圈數會不會受到影響？我們分別將木棍「打直」與「打橫」，來觀察有何不同的變化。

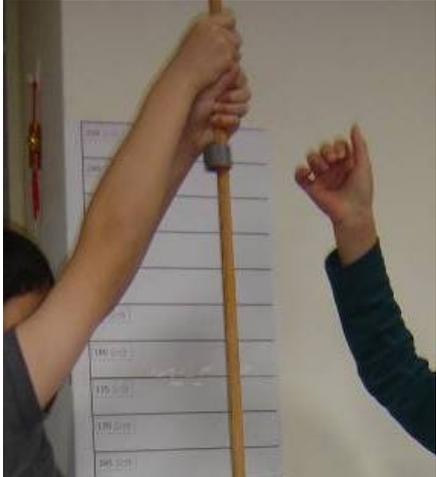
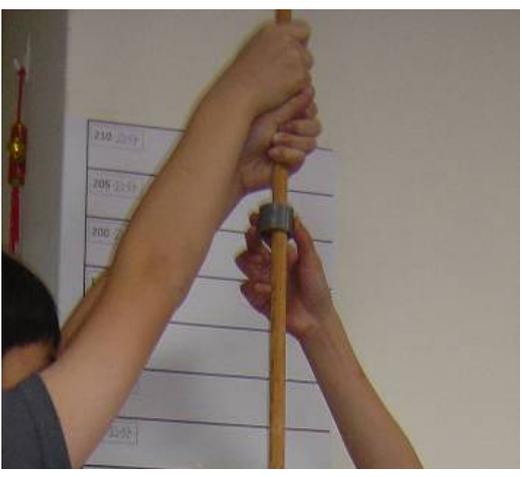
(一)、結果發現：

	旋轉圈數	旋轉時間	旋轉快慢	旋轉位置
木棍打直	多	長	速度平均	由上到下
木棍打橫	少	短	由快到慢	原地左右

- (二)、木棍的傾斜程度會影響塑膠環旋轉的圈數、旋轉時間、旋轉快慢與旋轉位置都會有影響。
- (三)、我們比較塑膠環「能夠向下移動」與「不能向下移動」中發現，能夠向下的塑膠環它可以一直旋轉下去，表示一定有力量推動它旋轉。
- (四)、由此發現我們推測這個力量來源是往下掉的位能，轉變成旋轉的動能。(詳見 P7 頁證明)

三、「力矩」的影響

我們分別「用力旋轉」塑膠環，與「不旋轉」塑膠環，來觀察塑膠環有何不同。

	用力旋轉塑膠環	不旋轉塑膠環
圖示		
結果發現	開始時，塑膠環會在木棍上旋轉停留而不掉下來，但不久後(約 1~2 秒後)會平穩的轉下來。	塑膠環會有兩種現象，第一是直接掉下來，而沒有在木棍上旋轉，第二是掉下來途中，變成穩定的旋轉。

結果發現：

- (一)、由實驗結果我們發現到塑膠環受到手拍打的力量時，產生力矩因此會造成旋轉。如果塑膠還沒有受到手拍打的力量，則沒有產生力矩，結果造成塑膠環掉落。
- (二)、當塑膠環不旋轉往下放時，我們發現一個狀況就是塑膠環在掉下來不久後會開始旋轉。

四、「摩擦力」的影響

小環與木棍接觸時，是否產生摩擦力？我們將塑膠環，分別有裝砂紙及無裝砂紙，有旋轉及沒旋轉，由 200 公分高的高度，由上往下放。來測量下降 200 公分所需要的秒數。

	1	2	3	4	5	平均秒數
不旋轉，無砂紙	0.65	0.71	0.68	0.61	0.72	0.67
不旋轉，有砂紙	0.79	0.77	0.76	0.81	0.67	0.76
旋轉，無砂紙	4.3	5.12	4.55	5.41	4.6	4.796
旋轉，有砂紙	20.2	20.3	20.25	20.24	20.7	20.33

結果發現：

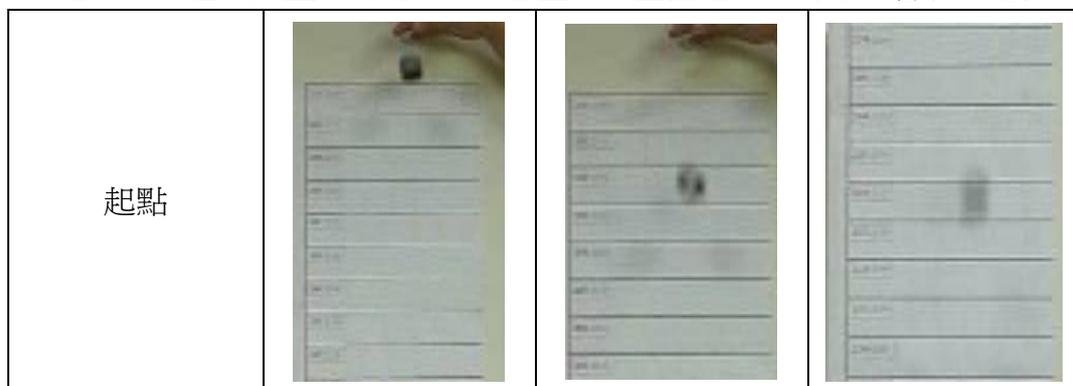
- (一)、比較『(不旋轉、無砂紙)、(不旋轉、有砂紙)』與『(旋轉，無砂紙)』、(旋轉，有砂紙)』的下降秒數，發現不管有沒有旋轉，只要有砂紙會使塑膠環的下降秒數變多。因此證明木棍與塑膠環間摩擦力會使塑膠環下降秒數變多。

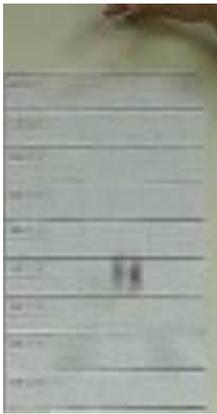
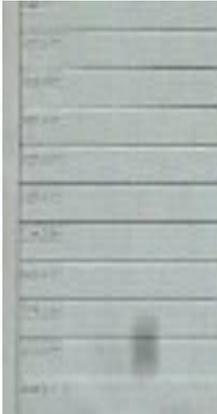
五、推論與驗證旋風霹靂環能量的轉移

- (一)、「重力」的影響實驗中，我們發現到由高處往低處的塑膠環它可以一直旋轉下去，表示一定有力量推動它旋轉。所以我們推論：『依照能量守恆定律，當塑膠環由高處往低處掉時，原本的存在位能會轉變成旋轉時使用的動能』。
- (二)、塑膠環下降的位能的轉移

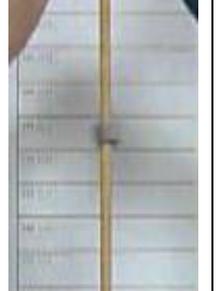
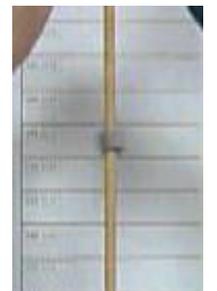
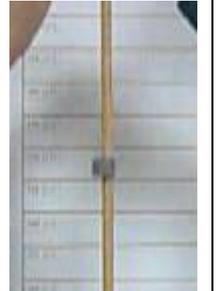
1、物體下降位能轉成動能使物體產生加速度

塑膠環垂直往下掉：依照牛頓第二運動定律 $F=ma$ ，物體的加速度與施加的淨外力成正比，與物體的質量成反比。所以當塑膠環垂直往下掉時應該會有加速度的產生。



終點			
下降距離	15 公分	15 公分	15 公分
下降秒數	3/30 秒	2/30 秒	1/30 秒
速度(公分/秒)	150	225	450
加速度(公分/秒 ²)	2250		6750

2、塑膠環旋轉下降過程是否產生加速度

起點				
終點				

實驗結果如下表

實驗高度區間(公分)	180~175	170~165	160~155	150~145	140~135	平均 速度
下降高度(公分)	5	5	5	5	5	
下降秒數(秒)	0.52	0.48	0.50	0.50	0.48	
下降速度(公分/秒)	9.61	10.41	10	10	10.41	

- (三)、由上統計表我們可以得知不管是在哪一個高度的區間，塑膠環幾乎是以 10(公分/秒) 的速度下降。所以我們可以得知塑膠環是幾乎等速下降。
- (四)、原本塑膠還沒有旋轉時是加速度向下，旋轉後變成等速下降，塑膠環由加速度變等速過程中，這中間的能量差為提供給塑膠環旋轉的能量。
- (五)、由研究二我們得知，小環的旋轉會受到重力、力矩與摩擦力的影響。那哪些因素會影響重力、力矩與摩擦力？首先我們先控制好實驗的變因。

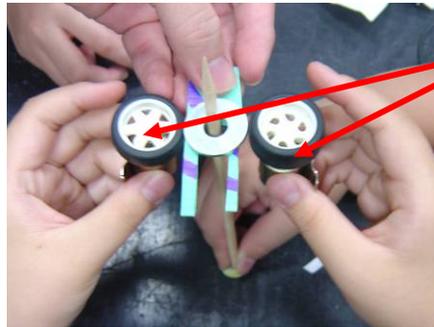
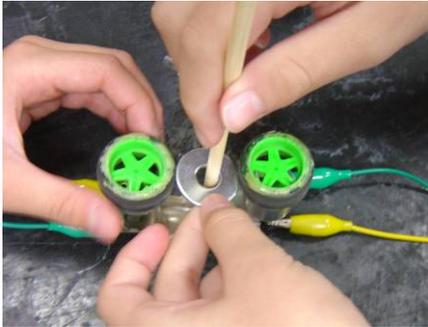
【研究三】設計「小環發射器」與「木棍測摩擦力實驗儀」。

●小環發射器

我們發現如果用手旋轉小環，每次的旋轉力量都不固定，所以我們想設計一個讓小環可以有固定力量旋轉的發射器。

一、輪胎發射器：一開始我們想利用輪胎旋轉的力量帶動小環旋轉。

(一)、使用兩輪與兩個馬達



利用兩個馬達反轉來使小環轉動

但是我們發現兩個輪子並不能讓小環旋轉，小環會直接掉下來，所以我們想到可以嘗試用一個輪胎就可以了。

(二)、使用一輪與一個馬達

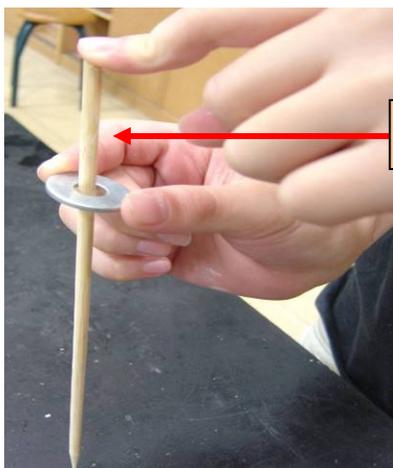


利用一個馬達使小環旋轉。

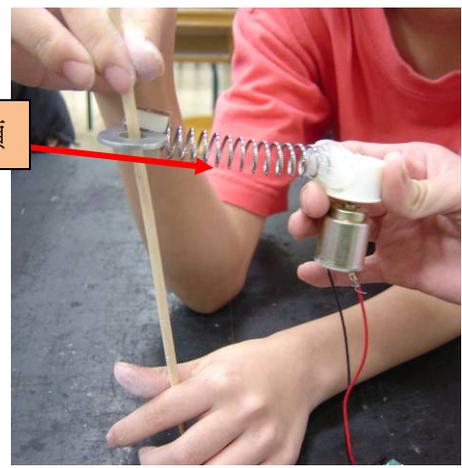
這一次我們終於讓小環旋轉了，從試驗中我們發現可以利用輪胎旋轉的力量帶動小環使小環旋轉。但是在十次的實驗中，我們大約只成功讓小環旋轉 5 次，雖然我們設計了一個頂住小環的紙盒，但是抽掉紙盒的時間有快有慢，這些因素都會影響實驗。

(三)、使用一輪、一馬達與彈簧

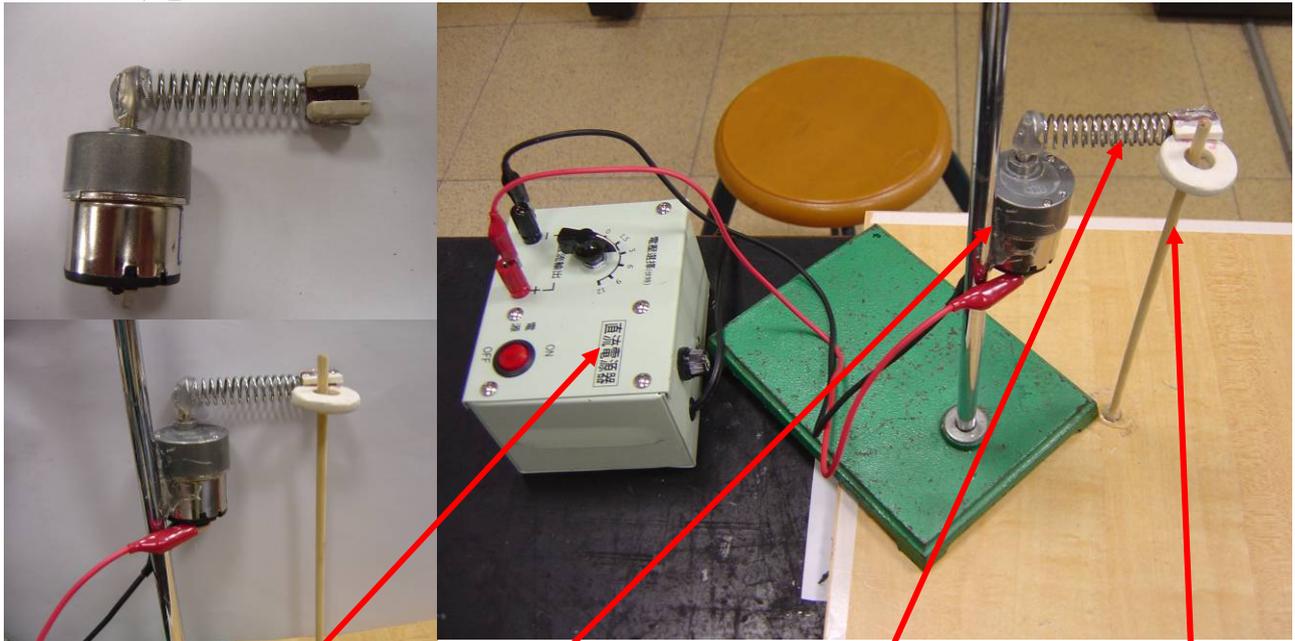
1、我們發現到用手指頭轉動小環，可以使小環旋轉，所以想到模仿手指頭推小環的方式，而設計出將彈簧固定在馬達上，使用彈簧的彈力將小環發射出去。



利用彈簧來代替手指頭



2、但後來我們發現到馬達的力量不夠，無法使小環旋轉出去，所以我們改用強扭力的馬達。



強力馬達必需使用到6v，因此我們使用直流電源供應器來穩定電流，減少實驗誤差。

將馬達固定在鐵竿上，使每一次彈簧旋轉高度都相同。

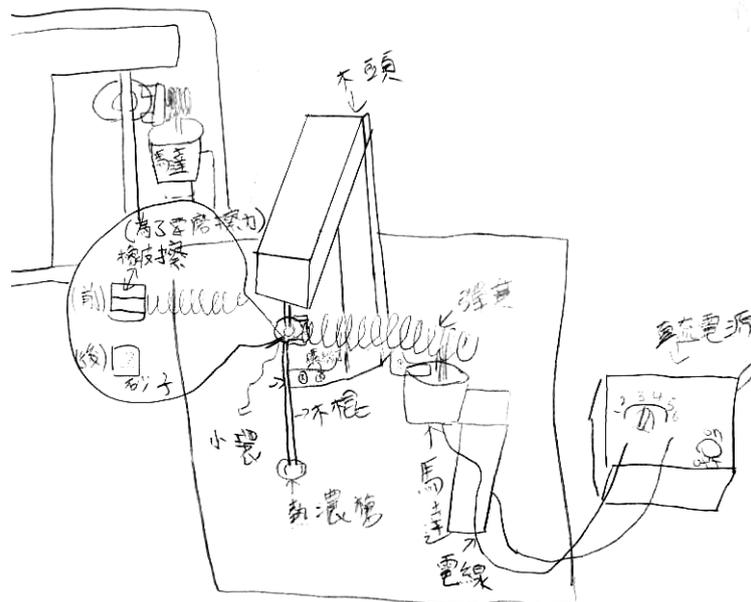
利用彈簧的彈力將小環發射出去

雖然木竿下面有被固定，但小環旋轉出去時，木竿仍會劇烈搖晃。

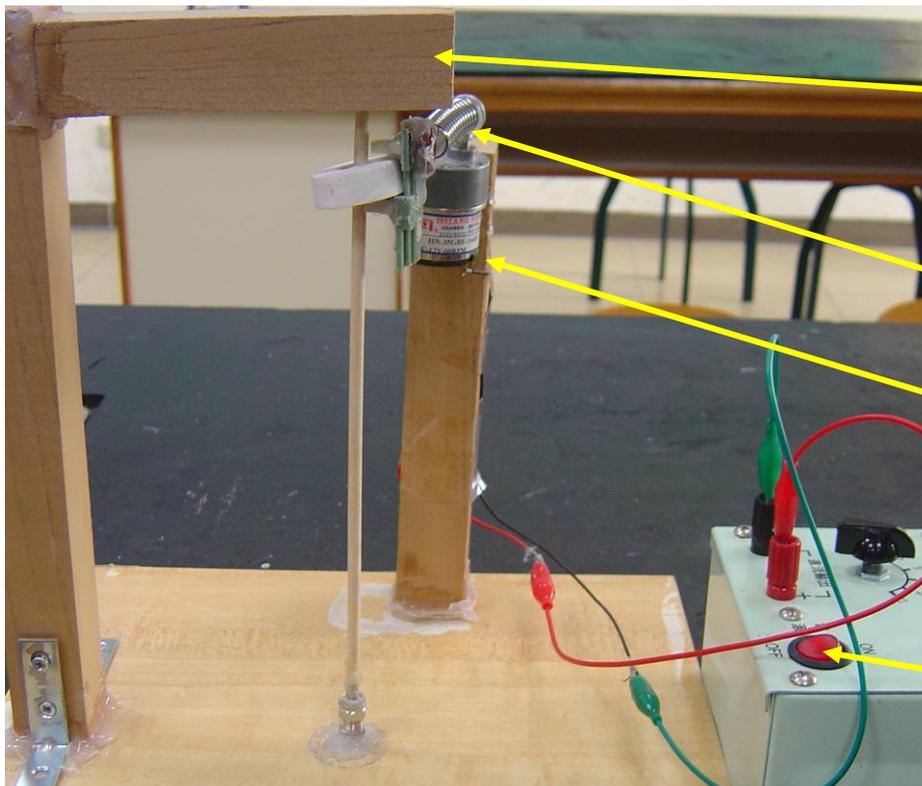
二、小環發射器構想：

由前三次的試驗我們想要設計「小環發射器」必須要注意到以下事項。

- 1、將木竿上下都固定好，否則會因為搖動而影響實驗。
- 2、將馬達固定好，不能夠只用手拿，這樣才能使小環每次下降的距離都相同。
- 3、使用直流電源供應器來穩定每次實驗的電流，減少實驗誤差。
- 4、使用彈簧利用彈力的方式將小環發射出去，而且使用改良過的游標尺，來調整夾住小環的大小；增加橡皮擦來固定小環，設計圖如下。



三、小環發射器製作完成



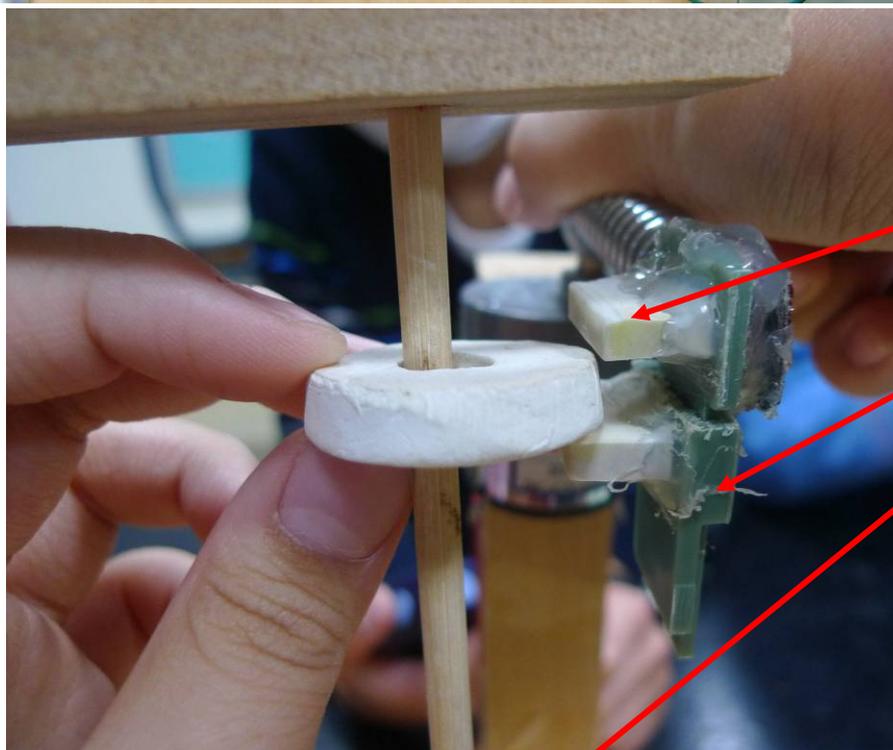
將木竿固定好，減少搖晃。

利用彈簧的彈力將小環發射出去。

將馬達固定好，減少用手拿的誤差。

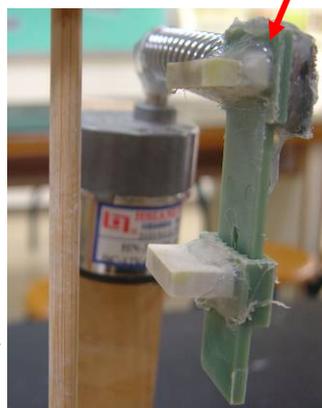
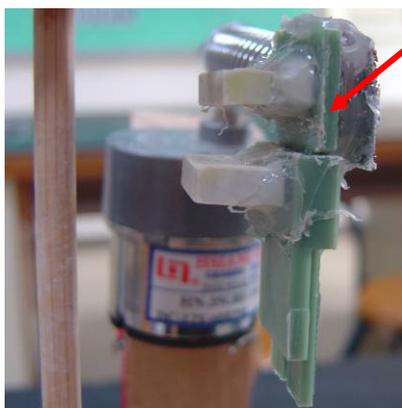
使用強扭力馬達。

直流電源供應器穩定提供 6v 電流，減少實驗誤差。



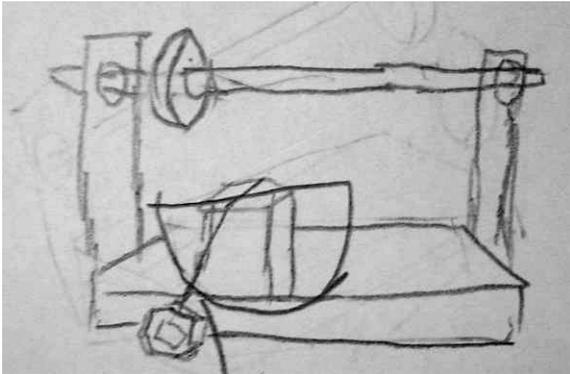
利用橡皮擦把小環固定。

使用游標尺改良，可以依照環大小，來改變夾住的大小。

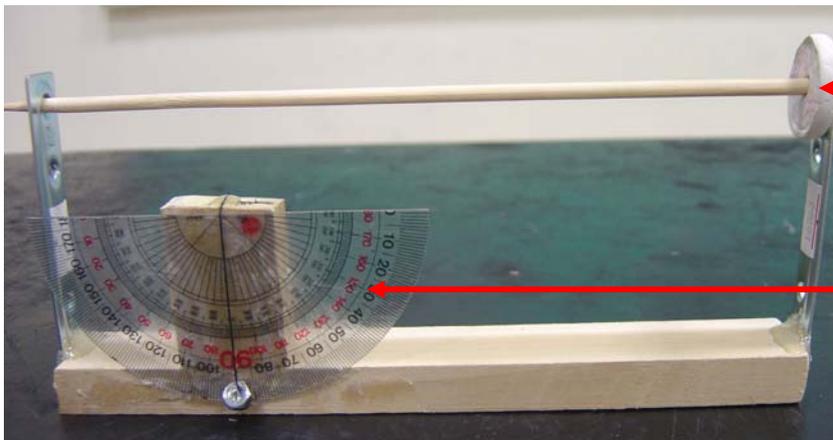


●木棍測摩擦力實驗儀

一、設計圖如下:



二、製作成品



將小環放在木棍上，小環會因為與木棍有摩擦力而不會下滑。

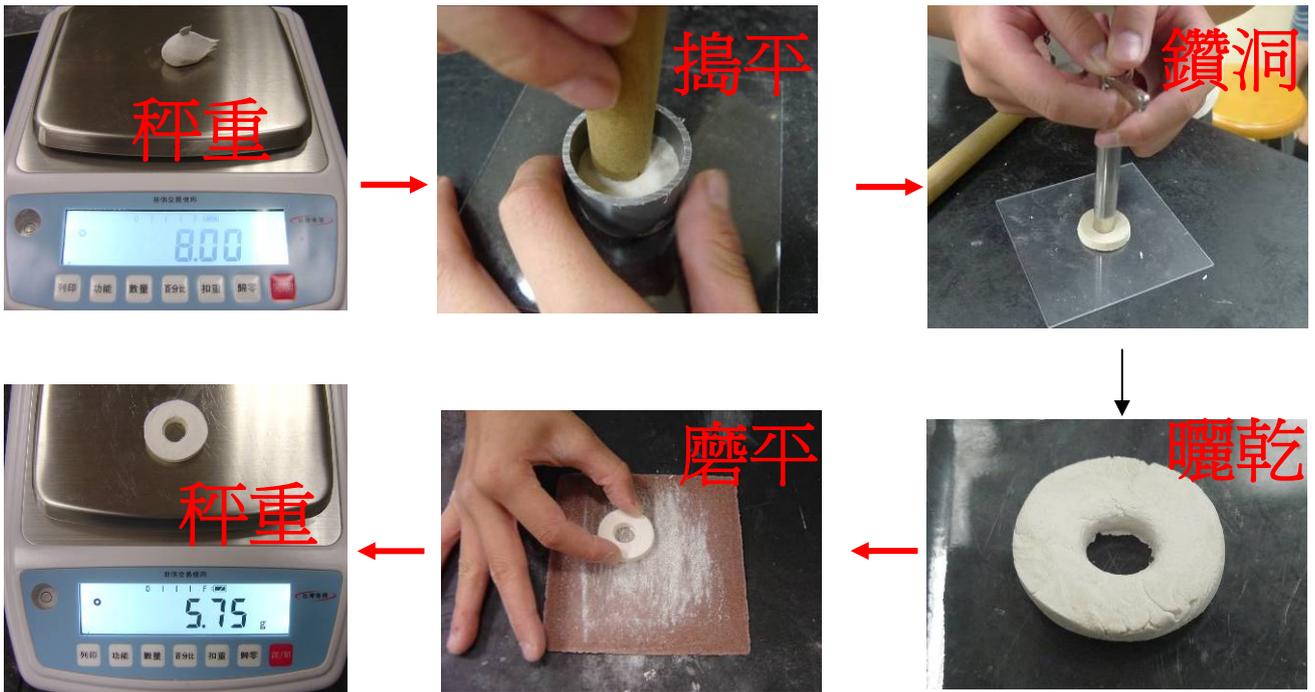
量角器：主要測量實驗儀傾斜的角度。

三、使用方法

<p>將小環放置木棍內，並置於木棍最後面</p>	<p>確定線在量角器九十度的位置</p>
<p>慢慢傾斜整個實驗儀</p>	<p>直到小環滑落時就停止傾斜</p>
	<p>傾斜的角度為：$90-75=15$ 度 所以小環的摩擦力為 15 度，我們用角度的大小來代表摩擦力的大小，角度越大，表示越難滑下，則摩擦力越大。</p>

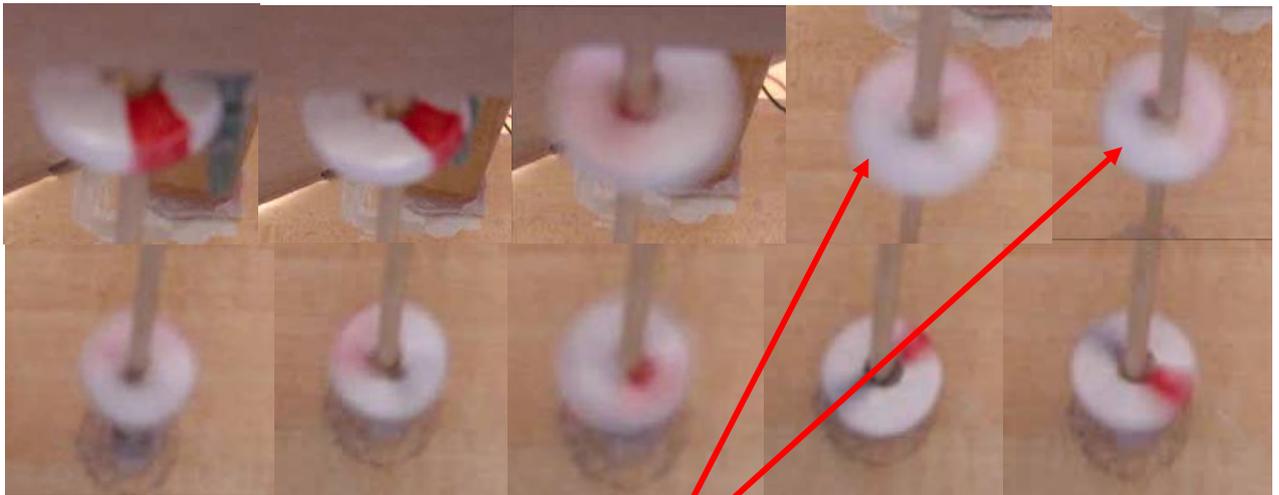
【研究四】自製小環、測量「旋轉圈數」與測量「下降速度」的方法。

一、自製小環方法：如下圖示



二、測量小環「旋轉圈數」

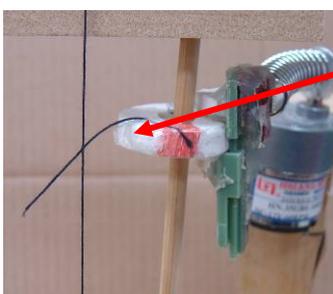
(一)、利用錄影法



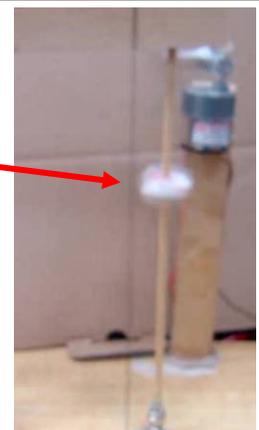
錄影的方式，我們發現無法判別總共轉了幾圈，因為中間段都很模糊不清，甚至在小環旋轉結束前還有視覺占留的現象產生，原本逆時針旋轉的小環會看成順時針呢。

(二)、利用縫衣線

1、縫衣線拍打法



利用小環上的縫衣線旋轉碰觸到另一條縫衣線，使線振動。觀察振動次數，但振動太快無法清楚知道縫衣線振動次數。



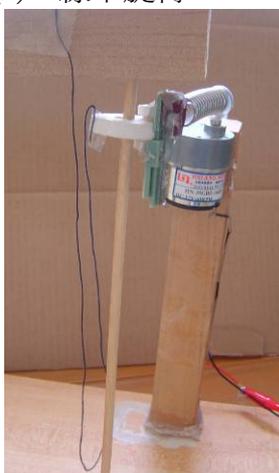
2、縫衣線旋轉法(線在小環下面)



結果線纏住了

3、縫衣線旋轉法(線在小環上面)

(1)、線不旋轉



結果線纏住了

(2)、線旋轉



結果非常成功，旋轉圈數算法為：原本上面纏繞的圈數+後來纏繞在木棍上的圈數

三、測量小環「下降速度」

利用碼表來測量小環的下降時間，當彈簧要將小環發射出去時的瞬間即按下碼表，當小環落地後時間停止。因為竹竿的長度一樣，所以如果時間花得越多，則小環下降速度越慢。

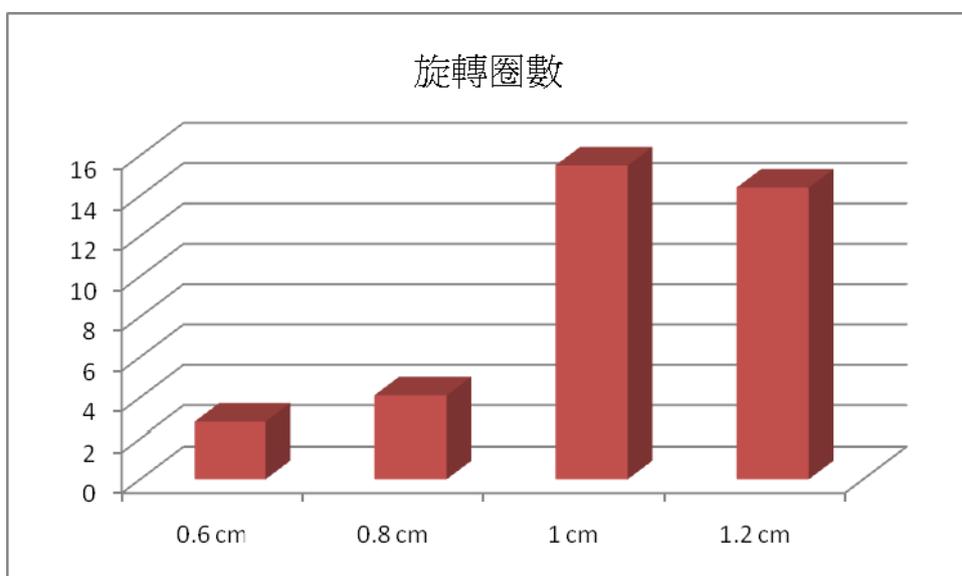
【研究五】小環的內徑大小是否影響旋轉圈數與下降秒數。

一、四種內直徑不同(外直徑皆為 3cm、重量皆為 5.5g)的小環

我們製造出內直徑分別為 0.6cm、0.8 cm、1 cm、1.2 cm 的紙黏土小環，如下圖。

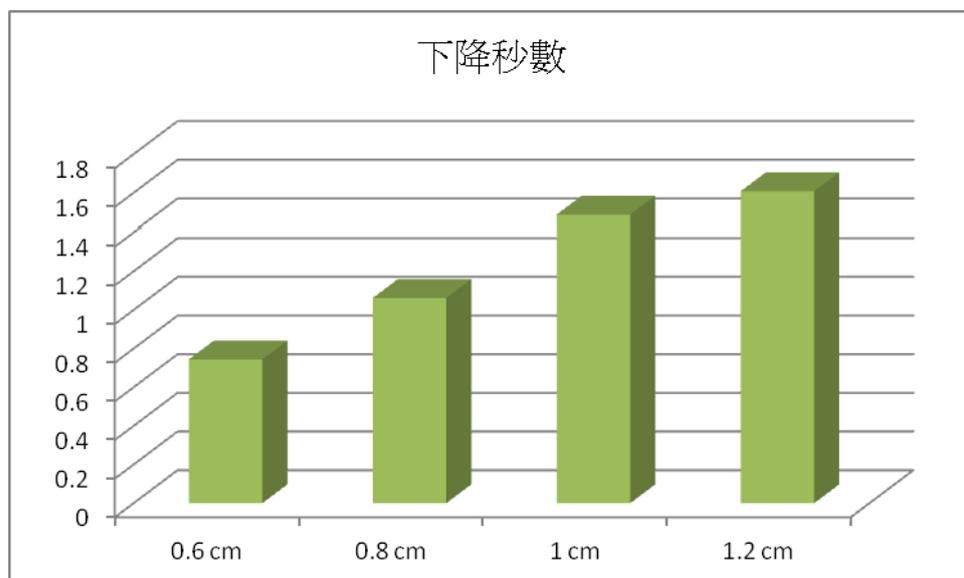


二、小環的旋轉圈數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



小環內直徑

三、小環的下降秒數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



小環內直徑

四、發現

- (一)、由「旋轉長條圖」發現，小環的內直徑大小會影響旋轉的圈數。且實驗過程中發現 0.6cm 的小環旋轉約 2~3 圈後，就直接往下掉。過大的環也會因會需要旋轉的範圍較大，因此圈數較少。如果要讓小環旋轉越快，則小環內直徑與大環的大小需要有適合的比例大小。因此力矩受到小環的內直徑大小所影響。
- (二)、由「下降秒數長條圖」發現，0.6cm 與 0.8cm 的小環因為有直接下降，所以下降秒數較少。而 1cm 與 1.2cm 的因為穩定旋轉所以下降秒數較多。
- (三)、我們發現下降秒數會受到小環旋轉的影響，小環旋轉越順利，下降的秒數就花越多。

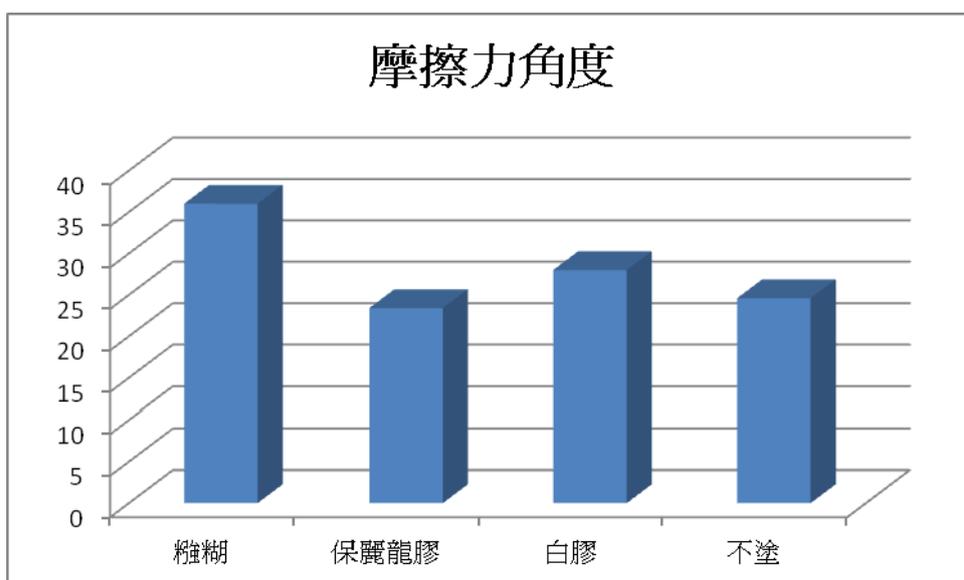
【研究六】小環的內徑材質是否影響旋轉圈數與下降秒數。

一、四種內圈表面材質不同(內直徑、重量相同)的小環

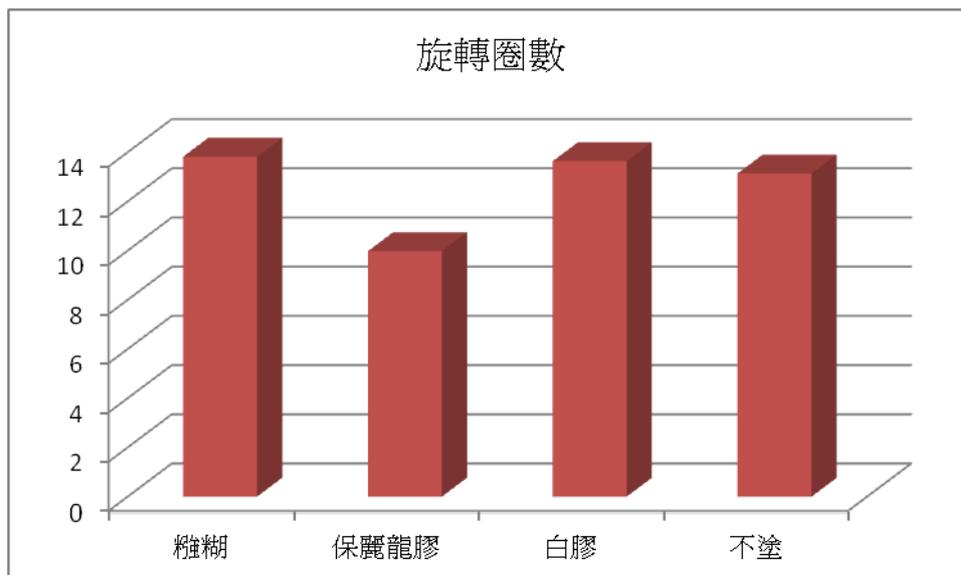
我們分別做了內直徑 1 cm 與外直徑 3 cm 的相同紙黏土小環四個，分別在內圈塗上薄薄一層糰糊、保麗龍膠、白膠、不塗四種。想要探討內徑材質不同是否影響小環掉落時間與旋轉圈數。

二、小環內徑摩擦力的大小(度)

實驗次數 小環內材質	1	2	3	4	5	平均
糰糊	36	35	36	37	36	36
保麗龍膠	23	24	23	23	24	23.4
白膠	28	27	28	29	28	28
不塗	24	26	24	25	24	24.6

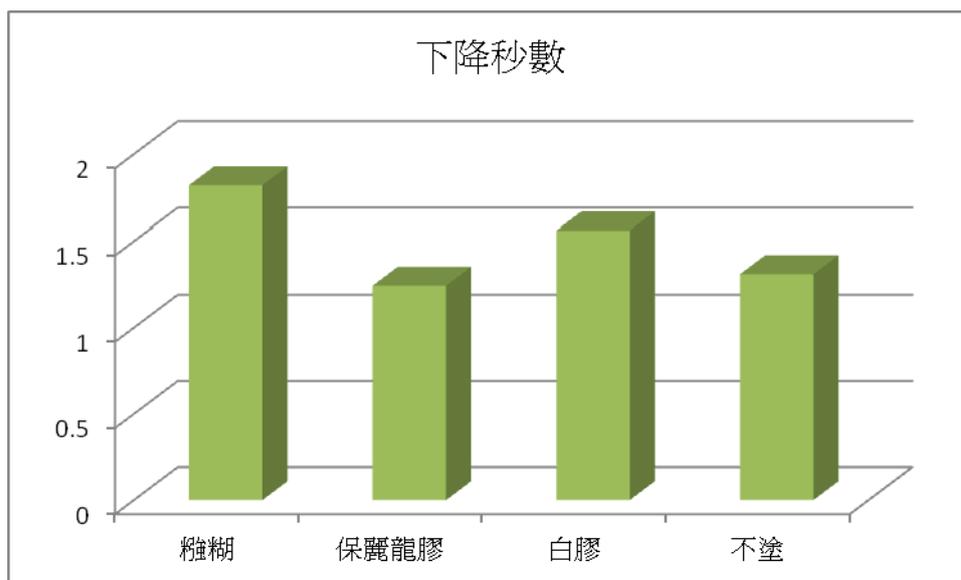


三、小環的旋轉圈數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



小環內材質

四、小環的下降秒數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



小環內材質

五、發現

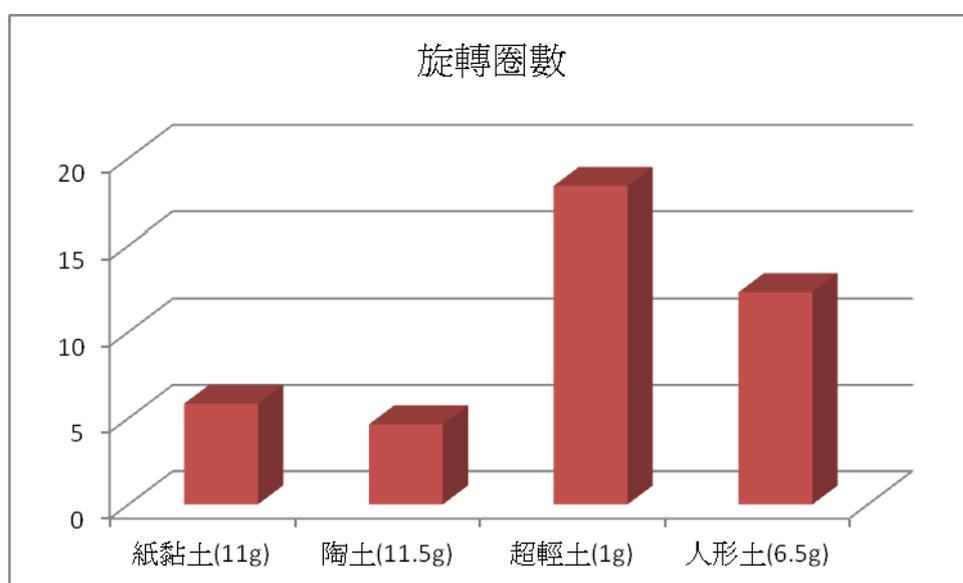
- (一)、小環內的摩擦力會影響旋轉圈數與下降時間，摩擦力越大則旋轉的圈數越多，下降的秒數也越多。
- (二)、當保麗龍膠的小環在木棍上旋轉時，我們發現到小環不只只有轉動，還會有滑動的情況發生。也因此導致旋轉圈數少和下降時間短的結果。
- (三)、當小環與木棍的摩擦力不足時，會導致小環下滑。使小環不能穩定在木棍上旋轉。

【研究七】小環的重量是否影響旋轉圈數與下降秒數。

一、我們利用四種不一樣的土來製作相同大小的小環，有紙黏土、陶土、超輕土、人形土。
並在內圈都塗上一圈糰糊，使每個環的內徑材質都一樣。

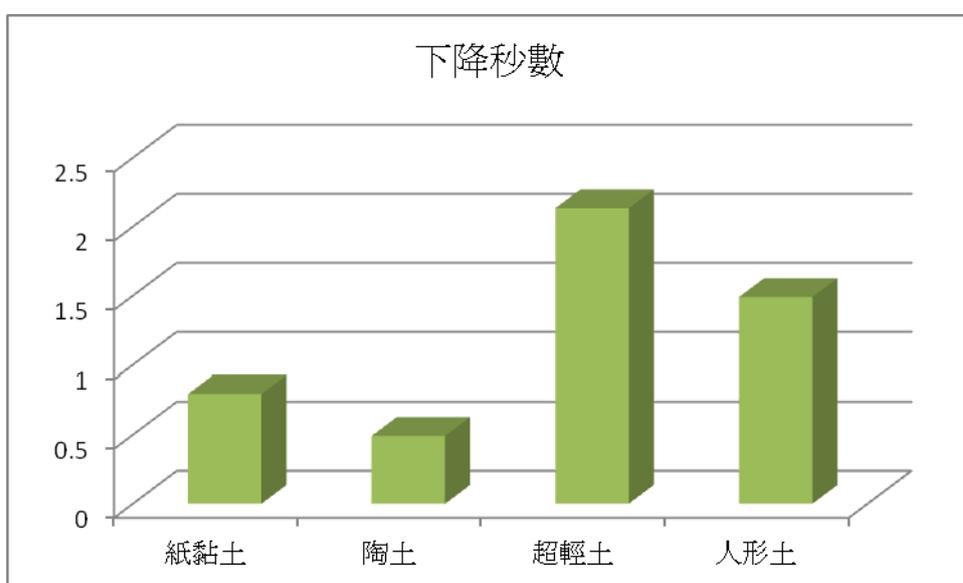
	紙黏土	陶土	超輕土	人形土
圖形				
重量 g	11	11.5	1	6.5

二、小環的旋轉圈數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



小環的重量

三、小環的下降秒數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



小環的重量

四、發現

- (一)、超輕土因為重量很輕，實驗中我們觀察到它一開始旋轉時並不會下降，而是在原地旋轉，所以導致旋轉圈數最多，下降秒數也最多。
- (二)、紙黏土與陶土因為重量太重，一下子到到達底部，因此造成旋轉圈數與下降秒數都很少。
- (三)、重量會影響旋轉圈數與下降秒數。越重的小環所受的地心引力越大，所以下降越快秒數越少，也因此造成旋轉圈數變少。

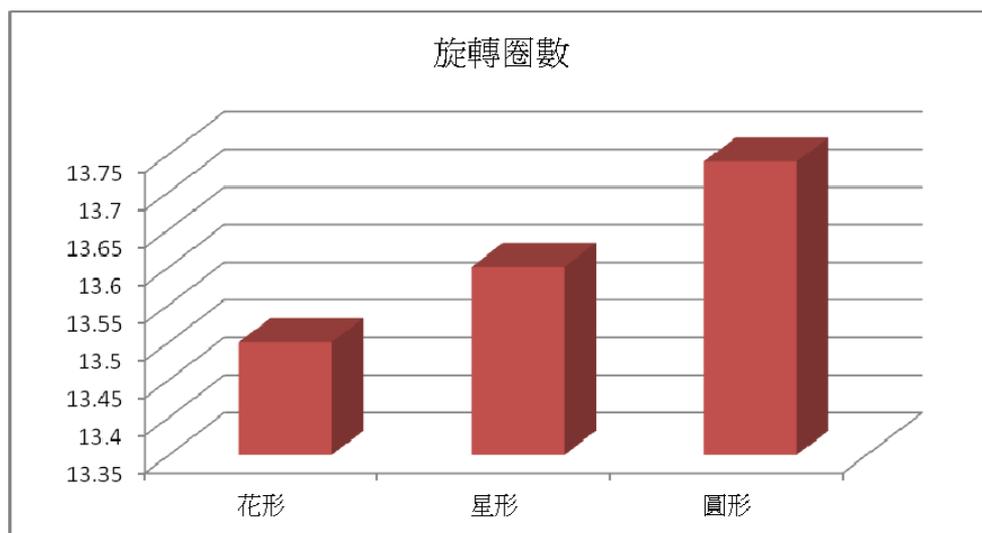
【研究八】小環的形狀是否影響旋轉圈數與下降秒數。

一、三種形狀不同(內直徑、重量相同)的小環

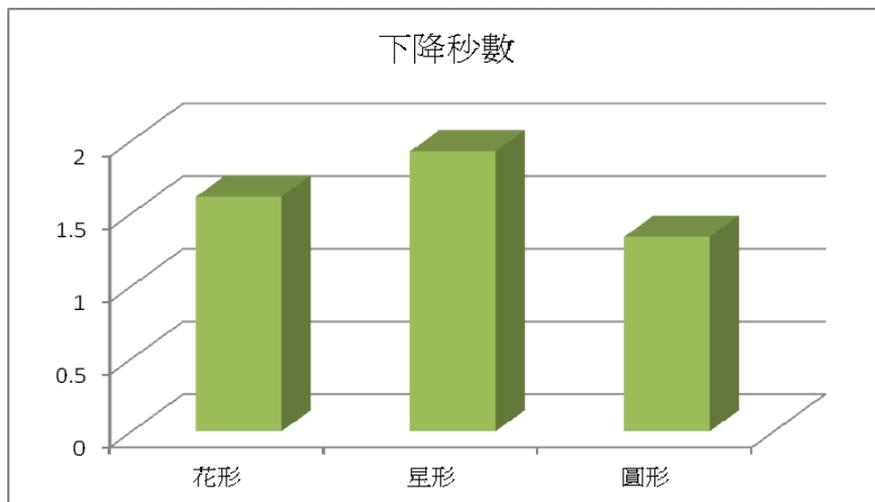
我們利用蛋糕模型，壓出了小花形、星星形的紙黏土小環。



二、小環的旋轉圈數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



三、小環的下降秒數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



四、發現

(一)、實驗結果發現形狀並不會影響旋轉圈數太多，但會造成下降秒數有很大的不同。我們推測是因為在下降過程中空氣阻力對小環的影響造成下降的秒數不同。

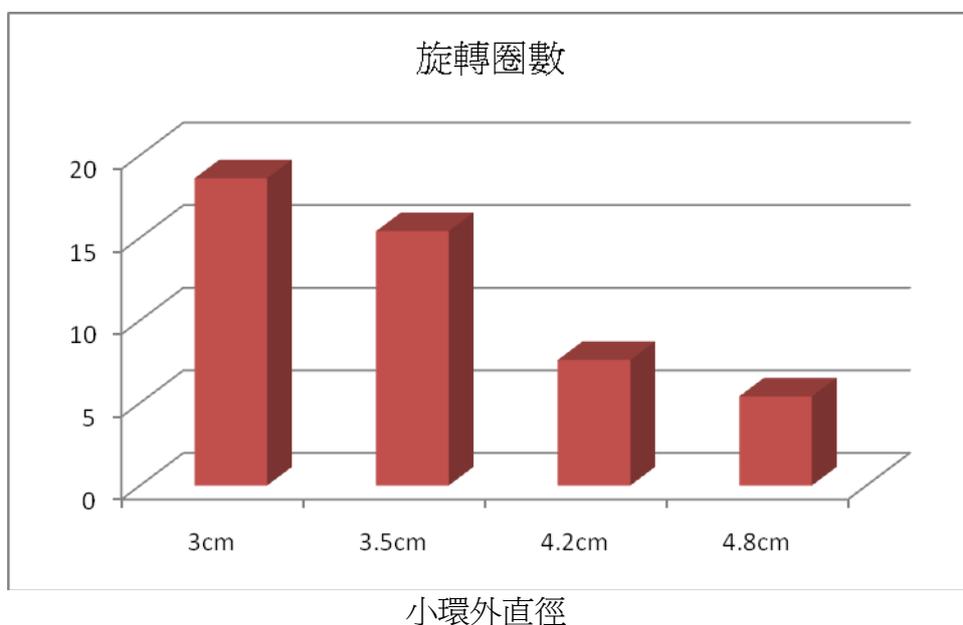
【研究九】小環的外徑大小是否影響旋轉圈數與下降秒數。

一、四種外直徑不同(內直徑、重量相同)的小環

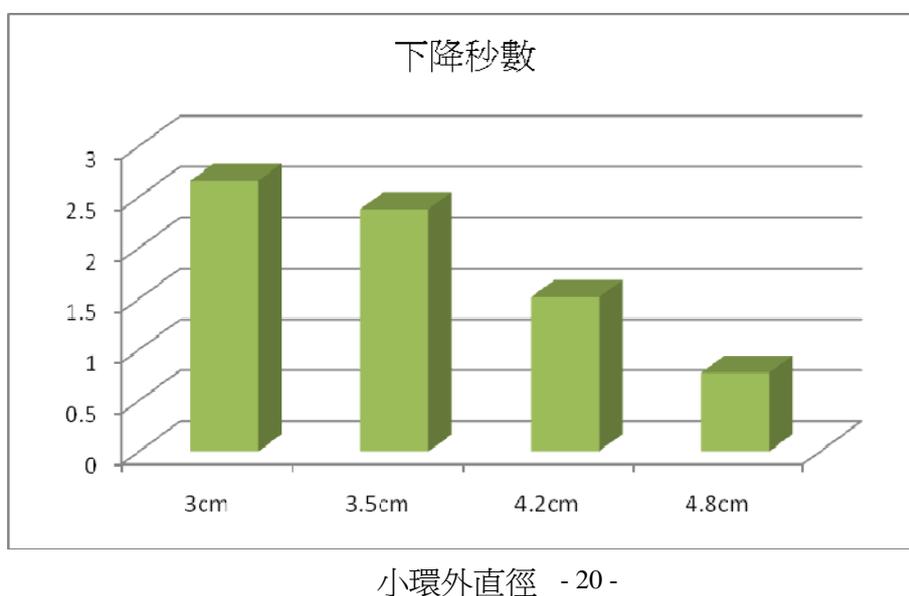
我們製造出外直徑分別為 3cm、3.5 cm、4.2 cm、4.8 cm 的紙黏土小環，如下圖。為了控制小環與木棍接觸面積都一樣，我們將相同長度的吸管塞入，並都粘上砂紙。



二、小環的旋轉圈數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



三、小環的下降秒數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)

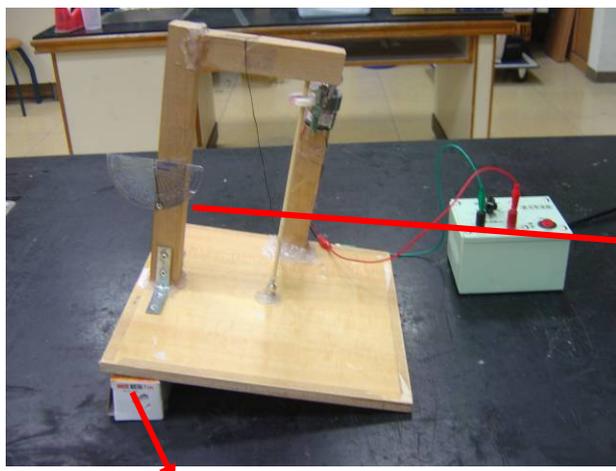


四、發現

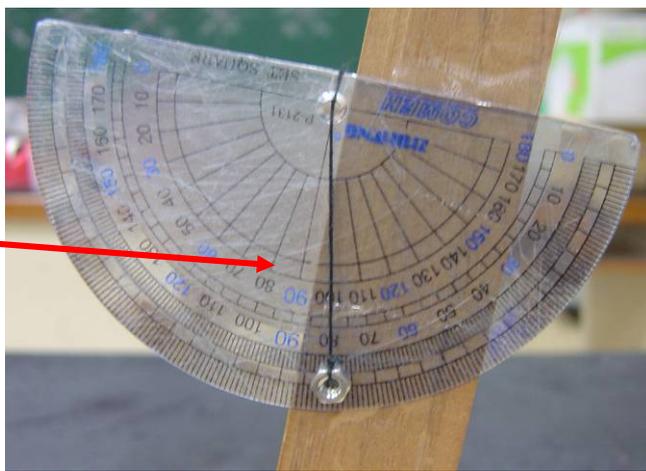
(一)、外直徑為 4.2 公分與 4.8 公分的小環，都會產生下滑的情況，在旋轉不久後下滑到底部，所以導致下降秒數少，旋轉圈數也減少。因此小環外直徑大小會影響旋轉產生的力矩。

【研究十】大環的傾斜程度是否影響旋轉圈數與下降秒數。

一、在小環發射器旁黏貼上量角器，將發射器傾斜來造成木棍的角度傾斜。如下圖。



利用下面墊物品使發射器角度抬升



當棉線上 80 度時，大環木棍傾斜 10 度。

二、小環的旋轉圈數

實驗次數 大環傾斜	1~20 次	平均
0 度	詳見實驗紀錄本	15.1
10 度	詳見實驗紀錄本	15.34
20 度	詳見實驗紀錄本	15.54
30 度	詳見實驗紀錄本	15.48
40 度	棉線會卡住無法測量	
50 度	棉線會卡住無法測量	
60 度	棉線會卡住無法測量	
70 度	棉線會卡住無法測量(但一定小於 15 圈)	
80 度	棉線會卡住無法測量(但一定小於 15 圈)	
90 度	棉線會卡住無法測量(但一定小於 15 圈)	

三、小環的下降秒數

實驗次數 大環傾斜	1~20 次	平均
0 度	詳見實驗紀錄本	1.418
10 度	詳見實驗紀錄本	1.504
20 度	詳見實驗紀錄本	1.624
30 度	詳見實驗紀錄本	1.704
40 度	詳見實驗紀錄本	1.81
50 度	詳見實驗紀錄本	1.94
60 度	詳見實驗紀錄本	2.116
70 度	當小環轉到木棍 2/3 位置時就停止了	
80 度	當小環轉到木棍 1/2 位置時就停止了	
90 度	小環在原地左右旋轉	

四、發現

- (一)、旋轉圈數受到大環傾斜的影響較少，我們發現到傾斜由 0 度到 30 度之間，旋轉圈數都維持在 15 圈左右。
- (二)、當我們大環傾斜到 40 度到 60 度時，我們無法利用棉線法來測量旋轉圈數，因為棉線會被卡住。但我們確定當大環傾斜到 70 度到 90 度時，因為小環無法確實旋轉到底部，所以旋轉圈數一定小於 15 圈。
- (三)、當大環傾斜程度在 0 度到 60 度之間，隨著角度越大，下降秒數也越多。
- (四)、當大環傾斜程度超過 60 度以後，小環無法順利旋轉到底部。

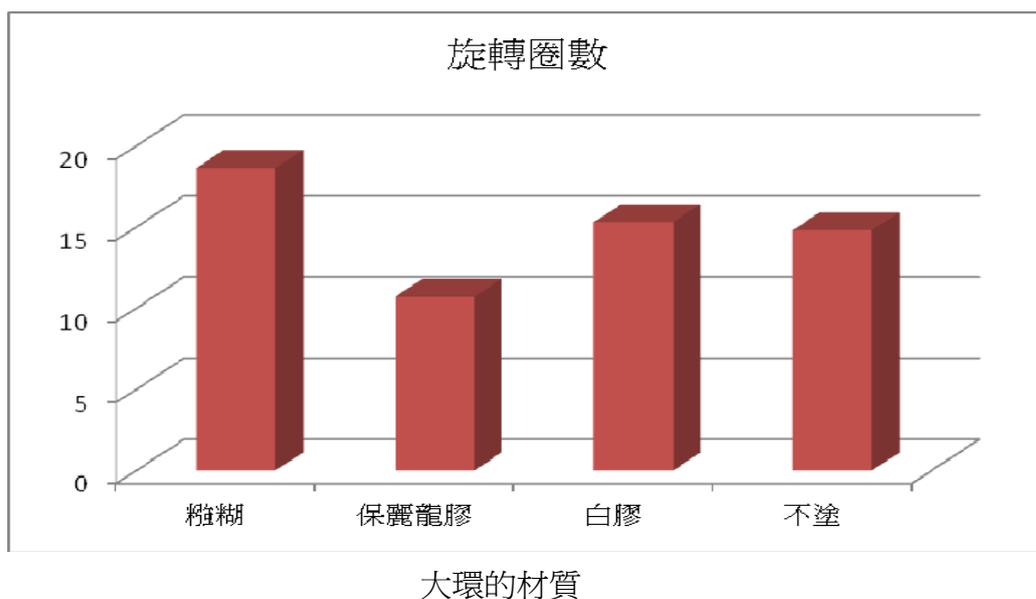
【研究十一】大環的材質是否影響旋轉圈數與下降秒數。

- 一、我們將當作大環的木棍，分別塗上糝糊、保麗龍膠、白膠與不塗任何膠，四種。

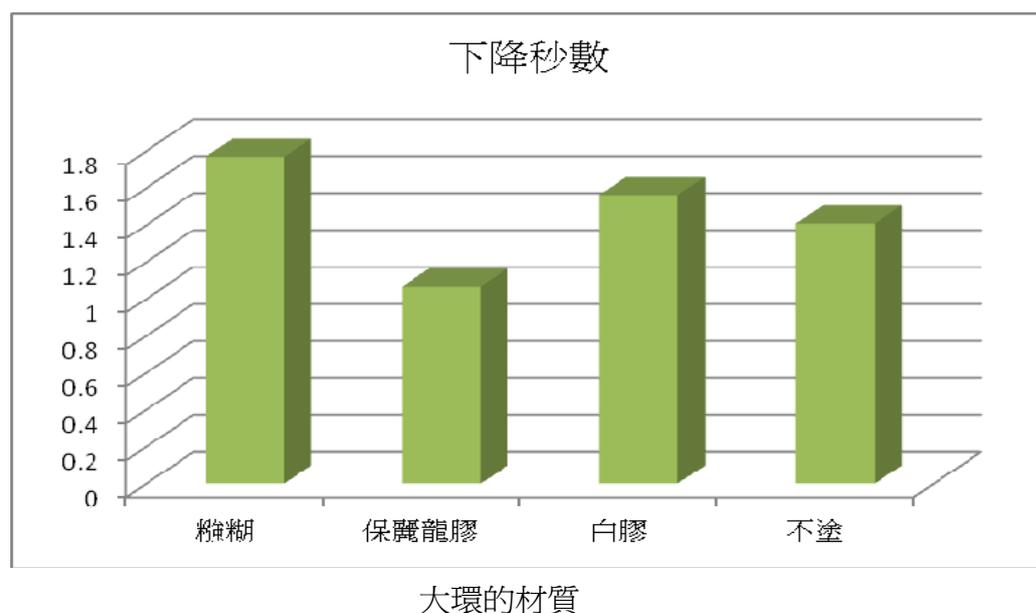


由左至右，分別為塗上保麗龍膠、白膠與糝糊。把這三種木棍插在黏土上，等待乾燥。

二、小環的旋轉圈數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



三、小環的下降秒數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



四、發現

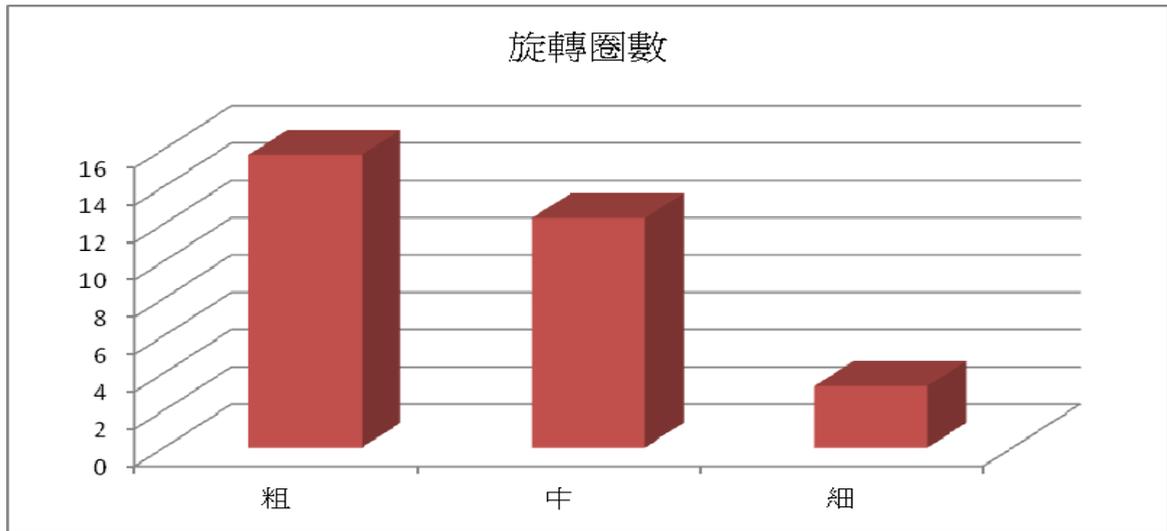
(一)、大環的材質會影響小環旋轉圈數，摩擦力越大時，小環就越不會下滑，因此旋轉圈數就越多。

(二)、大環的材質會影響下降秒數，摩擦力越大時，下降秒數就越多。

【研究十二】大環的粗細是否影響旋轉圈數與下降秒數。

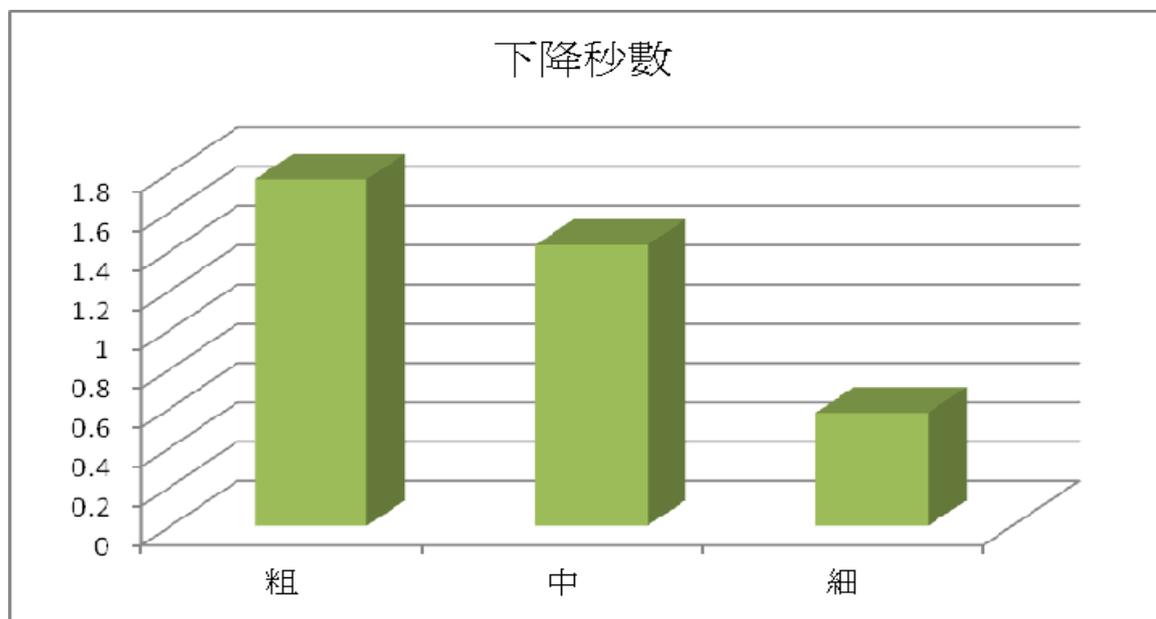
一、我們準備了三種粗細不同的木棍，有 0.5 公分、0.42 公分與 0.315 公分。

二、小環的旋轉圈數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



大環的粗細

三、小環的下降秒數(我們共實驗 20 次取其平均，詳見實驗記錄本)



大環的粗細

四、發現

- (一)、大環的粗細會影響旋轉圈數，越細的會造成小環旋轉 3~4 圈後，直接掉落。
- (二)、大環的粗細會影響下降秒數，越細的下降越快，所花秒數越少。

伍、研究結果

一、影響小環旋轉的因素

- (一)、「小環內徑大小」與「大環的粗細」—小環與大環(棍子)之間要有一定的空間，空間太小則會造成小環沒有地方轉，轉了 2~3 圈之後就會直接掉下來，並且小環會卡卡的。如果彼此之間空間太大則小環掉下來距離會加大，因此旋轉圈數改變。
- (二)、「小環內的材質」與「大環(木棍)的材質」—當材質不同時，小環所受到的摩擦力不同，如果所受摩擦力越大時，會導致小環紮紮實實的在木棍上旋轉，而不會產生下滑的情況，因此造成旋轉圈數較多。

- (三)、**「小環的重量」**—小環重量越重，則往下的重力就越大，導致小環容易下滑，因此到達底部時間越快，所以旋轉圈數會變少。
- (四)、**「小環的形狀」**—實驗結果發現星形、圓形與花形所旋轉的圈數皆為 13 圈左右，因此形狀不會影響旋轉圈數。
- (五)、**「小環外徑的大小」**—外徑大越大，下滑越快，導致旋轉圈數減少。
- (六)、**「大環的傾斜程度」**—實驗結果發現，大環的傾斜程度為 0 度~30 度之間時，旋轉圈數不會有多大的影響，40 度~70 度無法計算。80 度~90 度之間，由於大環太過傾斜，導致小環向下的重力減少，因此小環只旋轉到一半左右就停止，無法到達底部。

二、影響小環下降秒數的因素

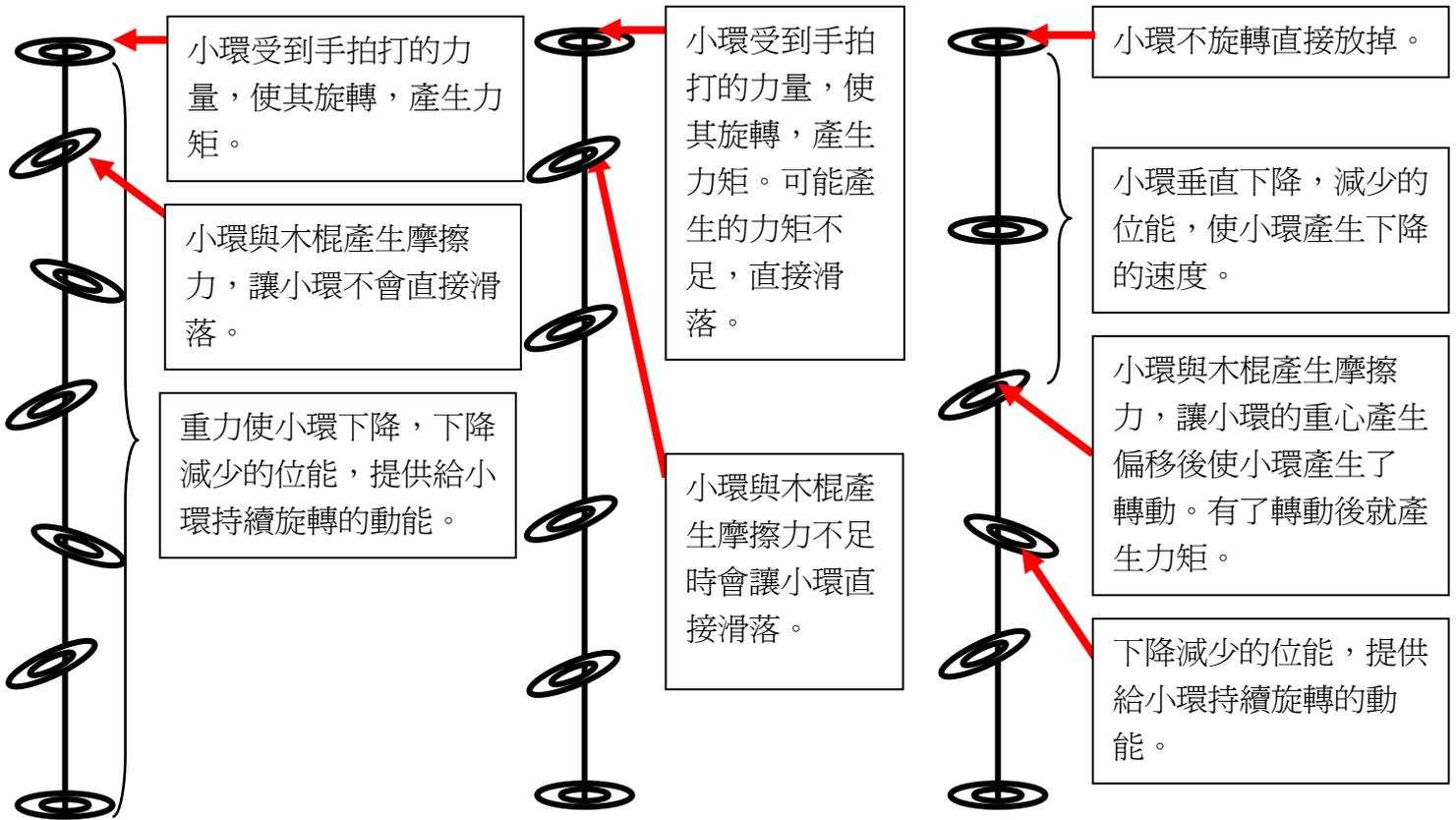
- (一)、**「小環旋轉」**—如果小環能紮紮實實的在大環(棍子)上旋轉的話，不會因為滑動而造成下降秒數減少。
- (二)、**「小環內徑的大小」**與**「大環(木棍)的粗細」**—這兩個因素會影響小環是否順利旋轉，如果小環順利旋轉，停留在大環的時間也才會增加。
- (三)、**「小環內的材質」**與**「大環(木棍)的材質」**—材質的摩擦力越大，會導致小環紮紮實實的在木棍上旋轉，而不會產生下滑的情況，因此造成下降秒數較多。
- (四)、**「小環的重量」**—小環重量越重，則往下的重力越大，導致下滑越多，使小環越快往下掉，所以下降秒數會變少。
- (五)、**「小環的形狀」**—實驗結果發現星形、圓形與花形下降秒數雖然不大相同，卻也差不了太多，因此我們推測是因為空氣阻力對小環所造成的影響。
- (六)、**「小環外徑的大小」**—外徑越大，越容易造成下滑，使下降秒數變少。
- (七)、**「大環的傾斜程度」**—實驗結果得知當大環越來越傾斜時，使小環往下的重力就越減少，所以下降秒數就越增加。

陸、討論

- 一、小環的內直徑大小會影響旋轉的圈數。因此力矩受到小環的內直徑大小所影響。
- 二、當小環與木棍的摩擦力不足時，會導致小環下滑。使小環不能穩定在木棍上旋轉。
- 三、重量太重的，位能也較大，而這些位能原本要轉變成使小環旋轉的動能，但因為摩擦力承受不住重力，所以小環會一邊旋轉，一邊掉下來。
- 四、小環形狀並不會影響旋轉圈數太多，但會造成下降秒數有很大的不同。我們推測是因為在下降過程中空氣阻力對小環的影響造成下降的秒數不同。
- 五、小環外徑越大我們發現旋轉不久後下滑到底部，所以導致下降秒數少，旋轉圈數也減少。因此小環外直徑大小會影響旋轉產生的力矩。
- 六、當大環不是垂直時，下降減少的位能，一部份提供給小環旋轉的動能，另一部份能量為木棍頂小環時所消耗去了。不過旋轉圈數不會改變太多，只是旋轉塊或慢的改變，當木棍越垂直時，旋轉越快，越傾斜時，旋轉較慢。
- 七、大環材質不同時，當小環與木棍的摩擦力不足時，會導致小環下滑。使小環不能穩定在木棍上旋轉。
- 八、當大環的粗細造成了小環旋轉時的半徑改變，因此力矩改變，造成旋轉圈數不同。

柒、結論

- 一、旋風霹靂環主要受到重力、摩擦力與力矩，三種因素的影響。
 - (一)、重力：使小環下降，將位能轉變成動能提供小環旋轉使用。
 - (二)、摩擦力：使小環不至於滑下，能夠讓小環維持在大環上。
 - (三)、力矩：小環旋轉才能產生力矩，沒有力矩小環會直接掉落。
- 二、小環轉動的能量轉換(正常旋轉時、直接滑落、先滑落後旋轉)



- 三、小環的內直徑大小、小環外直徑大小與大環的粗細會影響旋轉時的力矩。
- 四、小環的內徑材質與大環的材質，會造成小環與大環間的摩擦力不同。
- 五、小環的重量越重，重力對其影響越大，會使小環加速掉落。
- 六、大環越傾斜時，使小環向下的力量越少，所以下降秒數會越多。
- 七、如果要得到最佳旋轉圈數，要選擇：
 - (一)、小環內直徑 1 公分
 - (二)、小環內部塗糝糊增加摩擦力。
 - (三)、使用超輕土製作小環
 - (四)、形狀為圓形最方便。
 - (五)、小環外直徑為 3 公分
 - (六)、大環直徑為 0.5 公分，並塗上糝糊。

捌、參考資料及其他

一、書名：物理馬戲團 作者：沃克 天下文化出版

二、行政院國家科技委員會－科技大觀園

<http://www.nsc.gov.tw/scircus/ct.asp?xItem=17067&ctNode=1976>

三、中興大學物理系－普物演示廳

<http://ezphysics.nchu.edu.tw/physiweb/device/exp5.htm>

四、科學玩具柑仔店－科學玩具－運動學－旋風霹靂環

<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!EuTLXWFERs3eYDAO7jiVVmubQ--/article?mid=4044&prev=-1&next=4026>

五、國立海洋大學-牛頓馬戲團-陀螺環

<http://moodle.ntou.edu.tw/mod/resource/view.php?id=41982>

六、Mechanics 力學

<http://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=%E9%99%80%E8%9E%BA%E7%92%B0&source=web&cd=6&ved=0CEMQFjAF&url=http%3A%2F%2F140.114.80.32%2Fschooldpad%2Ffront%2Fbin%2Fdownload.phtml%3FPart%3D74%26Nbr%3D138%26Category%3D24&ei=6KhdT4zXDonzmAXR9KHLDw&usg=AFQjCNHMcCtL9v9lBi1hiJ2LqVQMhCH0qg>

七、國立自然科學博物館-諮詢信箱-離心力

<http://web2.nmns.edu.tw/Boards/discussion/discussion-1.php?sid=21&id=950&page=3&bdate=&edate=&faq=&keyword=>

八、力矩

http://siro.moe.edu.tw/teach/query.php?action=read_content&p=872&d=1262567611

九、位能與動能

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1274>

【評語】 080118

1. 從遊戲環中探討科學原理。學生能夠認真的探討並控制各種變因，考慮周詳，研究設計嚴謹。學生表現很有自信。能夠回答相關問題，具有科學研究的實做精神。
2. 實驗記錄與實驗日誌頗豐富。