中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生活與應用科學科

第二名

080831

「自動」自「發」、求新「球」變

—自製桌球發球機之成效探討

學校名稱：新北市永和區頂溪國民小學

作者：	指導老師：
小六 連廷楷	陳思妤
小六 孫芷柔	周立偉
小六 應冠穎	
小五 吳睿文	

關鍵詞：桌球發球機、自動送球器、撿球器

摘要

因為學校沒有桌球發球機，所以想要製作「桌球自動發球機」讓學校使用。可是該如何做呢?在五年級的課程中，有學習到力可以讓物體運動，另外我們還找尋許多資料，再搭配上自己的想法，畫出設計圖並製作。

在製作過程中，為了讓桌球發球機功能更完備，經過不斷研究和改良，加入自製的自動送球器，讓桌球發球機可以自動發球。除此之外，同學們利用研究結果，改變馬達旋轉快慢，研發出一種可以發出快慢、強度、距離以及旋轉角度不同的桌球發球機，最後將自製桌球發球機實際應用在練習中。在桌球練習中發現撿球時費時又費力，所以另外研發自製撿球器，讓我們在桌球練習中，方便又快速。自製桌球發球機搭配撿球器，成為桌球訓練中有效的工具。

壹、研究動機

因為學校沒有桌球發球機，所以想藉此機會來助學校一臂之力，製作「桌球自動發球機」讓學校使用。我們想到在五年級的課程中，有學習到力可以讓物體運動，除此之外，還找尋許多資料，畫出設計圖，應用生活中常見的用具來製作桌球發球機，並藉由不斷的測試和改良，讓學校擁有一台獨一無二和品質良好的發球機，可以讓學校的小朋友有過人且高超的桌球技巧和實力。

貳、研究目的

一、製作桌球發球機

二、找出桌球發球機最佳飛行距離、發射強度以及旋轉角度的配置

(一)改變兩輪間距，找出桌球最佳的飛行距離

(二)改變輪子種類，找出桌球最佳的發射強度

(三)改變馬達種類，找出桌球最佳的發射強度

(四)改變兩端馬達轉速，找出桌球最佳的旋轉角度

三、製作自動送球器、撿球器

四、改裝桌球發球機，並實際應用在桌球練習中

參、研究設備及器材

表一：實驗器材

器材名稱	用途
四驅車輪胎、木頭、馬達、桌球、魔鬼氈、螺絲固定架、水管、鐵製固定架、鐵片、螺絲、螺帽、保特瓶、L 型角鐵、可變電阻、絕緣膠布、安培計、三段式搖頭開關、木板、電源供應器、腳架(高度 106.5 公分)	製作桌球發球機
塑膠瓦楞板、螺絲、螺帽、保特瓶、保特瓶瓶蓋、減速馬達齒輪組、光碟、變壓器、可變電阻、塑膠籃、養樂多瓶、冰棒棍、木板、水管	製作自動送球器
斷線的羽毛球拍、報廢的樂樂棒球棍子、束帶、裝水果的束帶	桌球撿球器
計時器、計數器、光碟片、減速馬達齒輪組、銲槍錫機、寶特瓶蓋、珍珠板、水管、電池座、可變電阻、木板	測量馬達轉速
珍珠板、塑膠瓦楞板、木板、玩具輪子、玩具軌道、樂高、L 型角鐵	測量桌球強度裝置
剪刀、美工刀、膠帶、鋸子、棉線、螺絲起子組、熱熔膠、熱熔槍、電池、電池座、電線、保利龍膠、三秒膠、雙面膠、鐵尺、尖嘴鉗、泡棉膠、魔鬼氈、膠帶、游標尺、捲尺、桌球(直徑：40mm)、量角器、粉筆、焊槍、錫、電鑽、水平儀	基本工具

表二：馬達規格

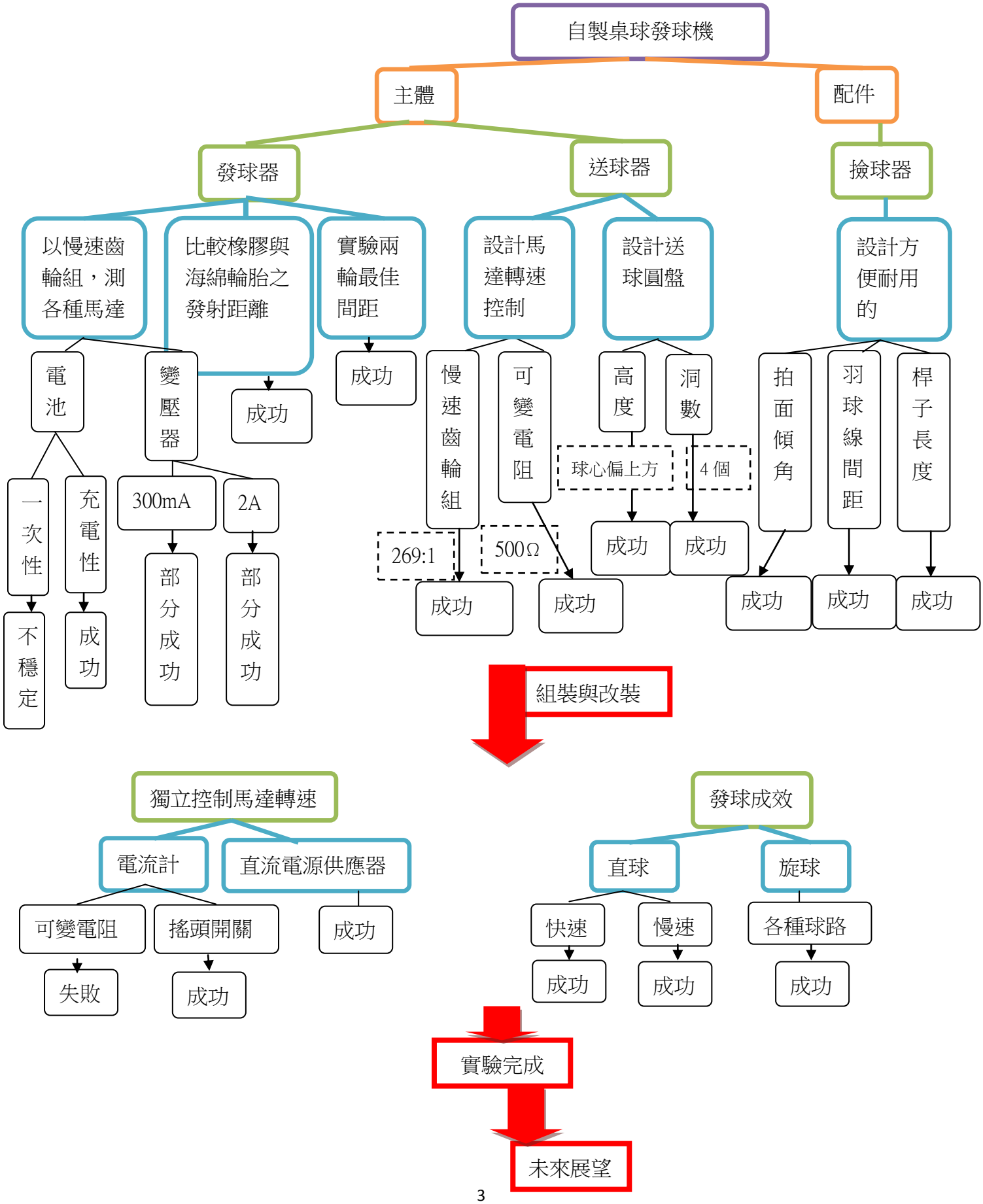
底部顏色	迴轉數	消費電流
灰色	25000~28000r/min	4.1~5.2A
綠色	19900~13600r/min	2.5~3.3A
橘色	12000~14300r/min	1.3~1.7A

表三：變壓器規格

變壓器 A	變壓器 B
3V，300mA	3V，2A

肆、研究過程或方法

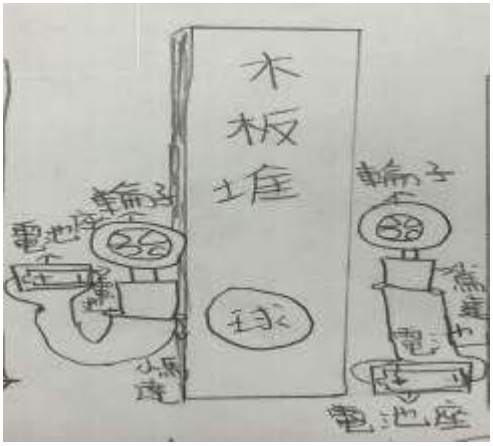
研究概念圖



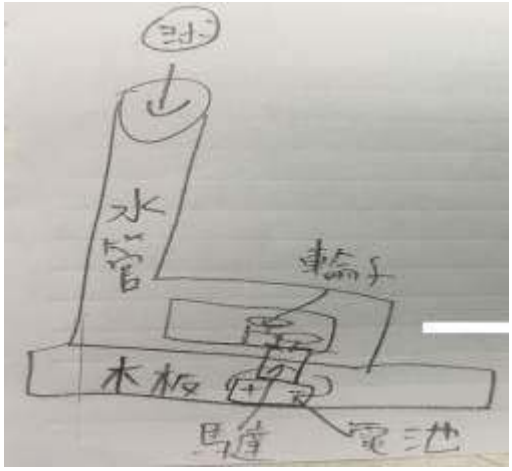
實驗一、製作桌球發球機

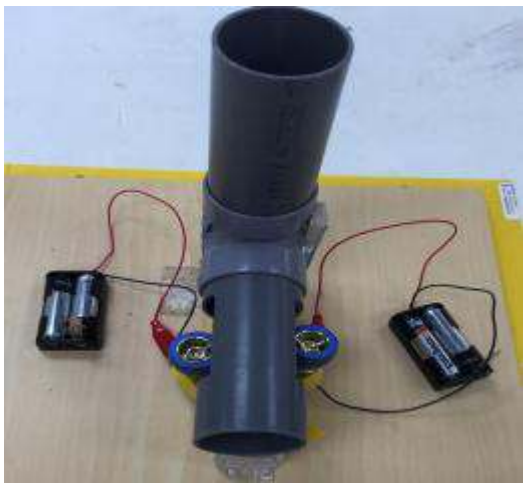
我們的發球機主要是利用兩個輪子旋轉將桌球擠壓出去，讓桌球順利發射。兩輪間距小於桌球直徑，且兩端輪子旋轉方向相反，當桌球經過兩輪之間時，桌球會被兩個輪子擠壓出去，使桌球順利飛行。下表為經過多次的實驗，不斷改良桌球發球機的歷程。

表四：歷代桌球發球機以及其優缺點

歷代發球機	
第一代	
 	創作理念 利用兩個四驅車的輪胎接上馬達讓它旋轉，桌球經過兩個輪胎之間，因為被擠壓而飛行出去。在桌球的發射軌道旁邊，加入紙板，讓桌球不會掉離軌道。 優點 1.製作方便、簡單。 2.可以順利讓桌球發射出去。 發現問題 1.軌道用紙板固定，容易不穩固。 2.飛行的距離不遠。 3.桌球發球的位置不固定。 4.測量桌球每一次的飛行距離，每一次的結果相差甚大。桌球飛行距離不穩定。 5.用魔鬼氈固定雖然替換方便，但是馬達會搖晃。

第二代—發球位置固定





創作理念

固定馬達是用底端黏魔鬼氈，為了增加穩固性，旁邊再加入一層魔鬼氈。而原本的木頭軌道，上面加入水管，使桌球可以穩定的前進。但是桌球從水管軌道出來以後，再接觸馬達時，發射桌球的位置不固定，所以將桌球前進的水管軌道挖洞，馬達位置由一開始的最前端改到水管挖洞的地方。

優點

1.軌道用水管，更牢固，可以使桌球前進更順利。

2.桌球發射位置固定。

發現問題

1.因為水管是 L 型的，所以在放置桌球時，桌球有可能因為碰到 L 型的內壁，使桌球接觸到馬達時球速不固定，就會影響到桌球飛行距離不穩定。

2.馬達旁邊多增加一條魔鬼氈固定馬達，雖然比之前更穩固，但是馬達轉一段時間後，還是會晃動。

第三代—發球速度固定

創作理念

將原本 L 型的水管軌道，改變成一字型的，但是一字型桌球無法自動前進，所以又在水管的後方加入傾斜面的保特瓶。魔鬼氈固定馬達改成運用鐵片將馬達圍住，兩個馬達之間再運用螺絲和螺帽固定。

優點

1.將 L 型改成一字型，桌球不會因為碰到水管 L 型彎曲內臂，而有速度不同的情況產生。

2.將兩個馬達，利用鐵片、螺絲和螺帽來固定，除了更換方便和馬達運轉時更穩固外，還可以固定兩個馬達之間的距離。

實驗二、找出桌球發球機最佳飛行距離、發射強度以及旋轉角度的配置

一、改變兩輪間距，找出桌球最佳的飛行距離

(一)實驗步驟：

1.利用游標尺量出兩個輪子間的距離。

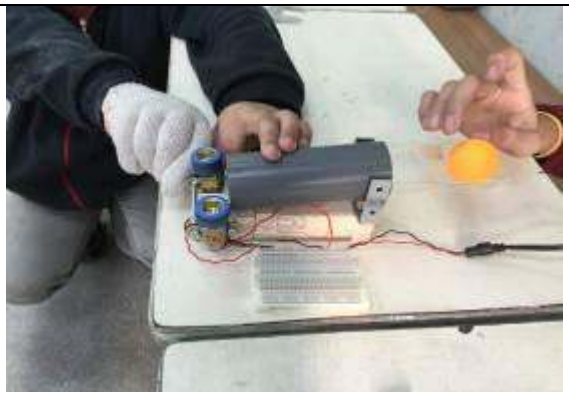
2.將馬達裝上橡膠輪胎。

3.桌球發球機的架設完畢並開啟電源。

4.將桌球放入軌道。

5.量測桌球飛行距離，並記錄下來。

6.將橡膠輪胎換成海綿輪胎，重覆以上實驗。

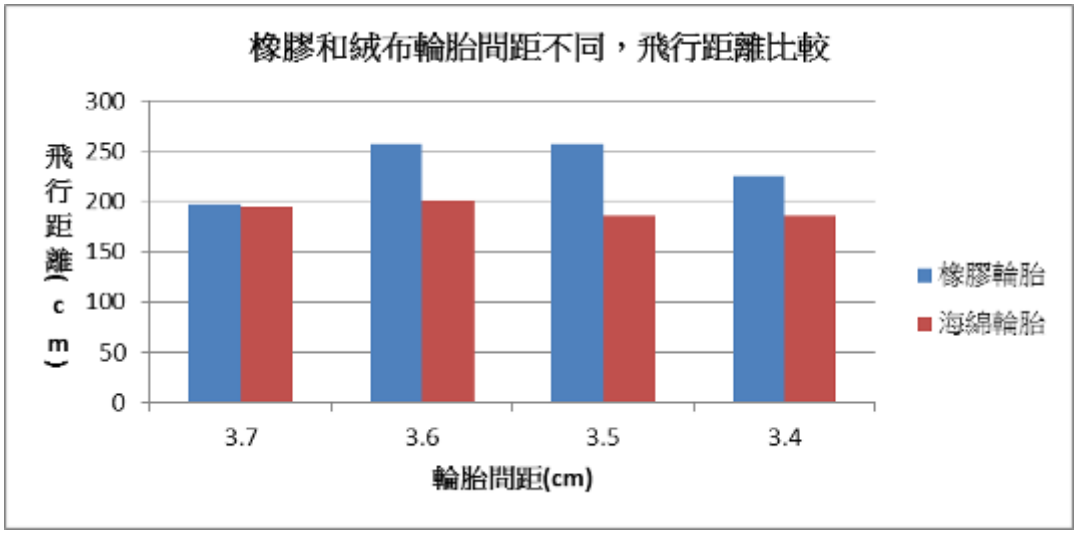
橡膠輪胎	海綿輪胎
	
將球放入桌球發球機	桌球飛行後，記錄飛行距離

表五：橡膠輪胎間距不同，飛行距離比較

飛行距離(cm) 輪胎間距(cm)	1	2	3	4	5	平均	名次
3.7	201.2	196.5	193.8	197.6	201.4	197.3	4
3.6	*251.4*	*255.9*	*259.2*	*260*	*260.8*	*257.5*	*1*
3.5	252.6	254.3	258.2	259.2	262.9	257.4	2
3.4	221.9	225.8	224.9	227	228.6	225.6	3

表六：海綿輪胎間距不同，飛行距離比較

飛行距離(cm) 輪胎間距(cm)	1	2	3	4	5	平均	名次
3.7	198.6	195.2	193	198.3	191.4	195.3	2
3.6	*197.7*	*198.4*	*201.7*	*202.6*	*208.1*	*201.7*	*1*
3.5	184	184.4	184.6	188.5	188	185.9	3
3.4	184.7	184.6	184.8	186.1	187.9	185.6	4



(二)實驗發現：

當橡膠輪胎和海綿輪胎兩輪間距是 3.6 公分時，桌球可以飛行的距離最遠，效果最好，所以之後的實驗我們輪胎間距都是 3.6 公分。

二、改變輪子種類，找出桌球最佳的發射強度

(一)輪子尺寸、材質：

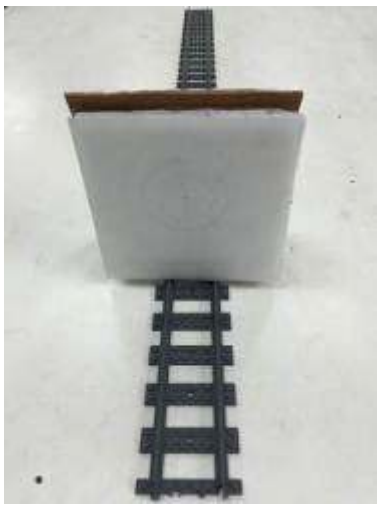
輪胎材質主要分為橡膠和海綿兩類，其中兩類輪子又有直徑和寬度的不同。

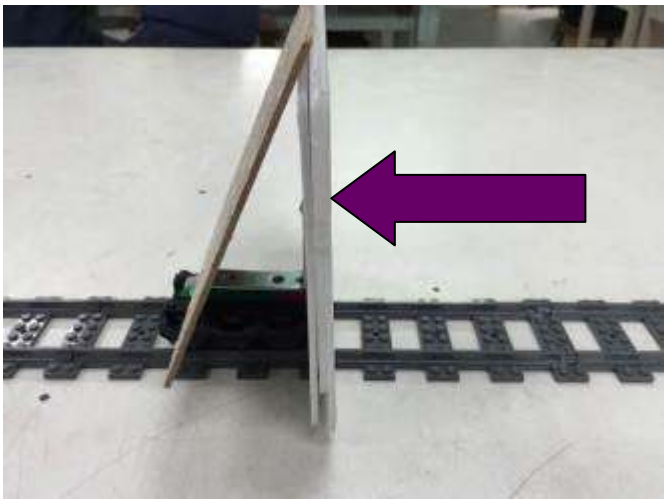
表七：輪子的材質、直徑、厚度

輪子名稱	輪子圖示	材質	直徑厚度比
藍色		橡膠	2.89
藍色(粗)		橡膠	1.86
紅		橡膠	3.44
紅(粗)		橡膠	3.1
白		橡膠	2.38
白		海綿	3.38
白(粗)		海綿	2.08
橘		海綿	3
橘(粗)		海綿	1.85

(二)桌球強度裝置：

利用珍珠板、木板加上玩具的輪子，成為測量桌球強度的板子。將板子和輪子擺上軌道上，當板子移動的距離越遠，代表桌球發射的強度就越大。





桌球強度裝置

(三)實驗步驟：

1.將自製桌球發球機架設完畢。

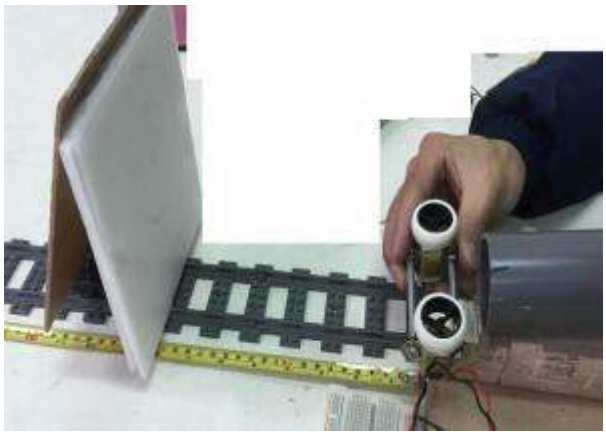
2.裝上測試的輪子並開啟電源。

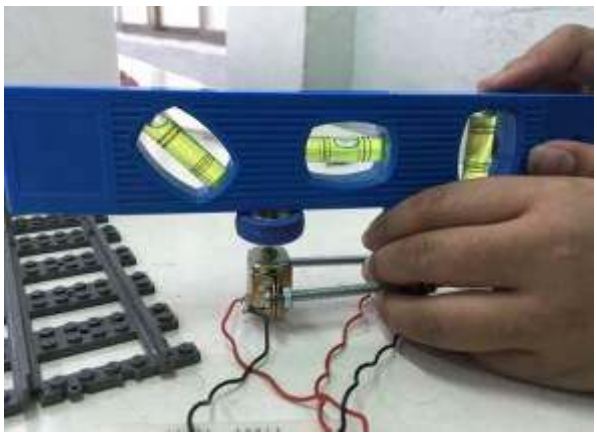
3.將桌球強度裝置板移置 20 公分處。

4.將桌球放入軌道。

5.量測桌球強度裝置板距離，並記錄下來。

6.將輪子替換，用水平儀確定兩邊輪子一樣高，重覆以上實驗。





將強度裝置移置 20 公分，桌球放入再發射

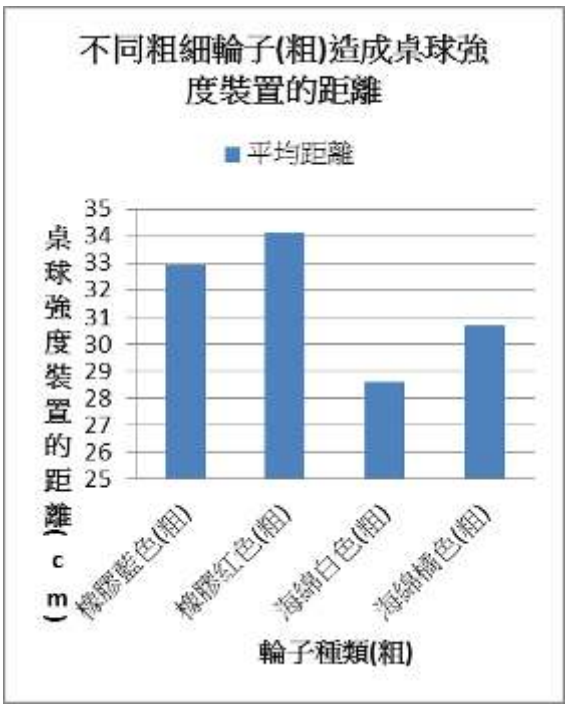
更換輪子，利用水平儀確定兩邊輪子高度相同

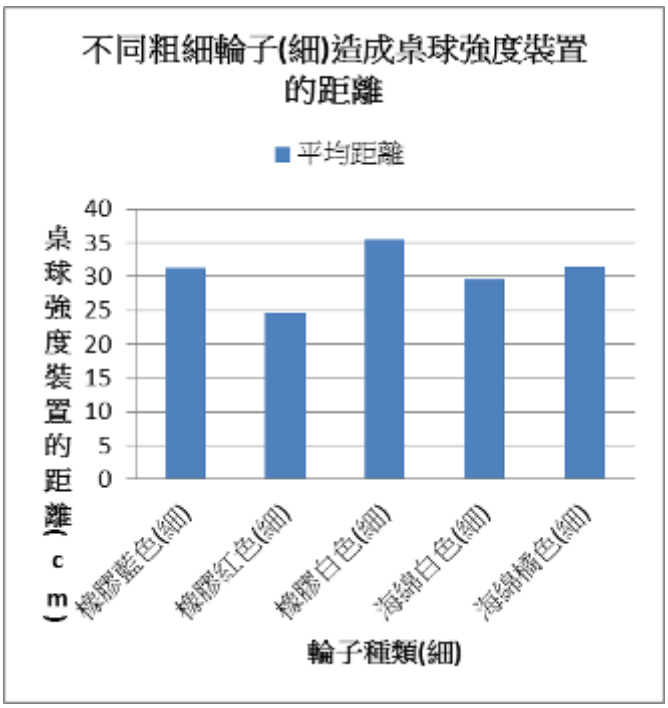
將桌球放入，開始發射

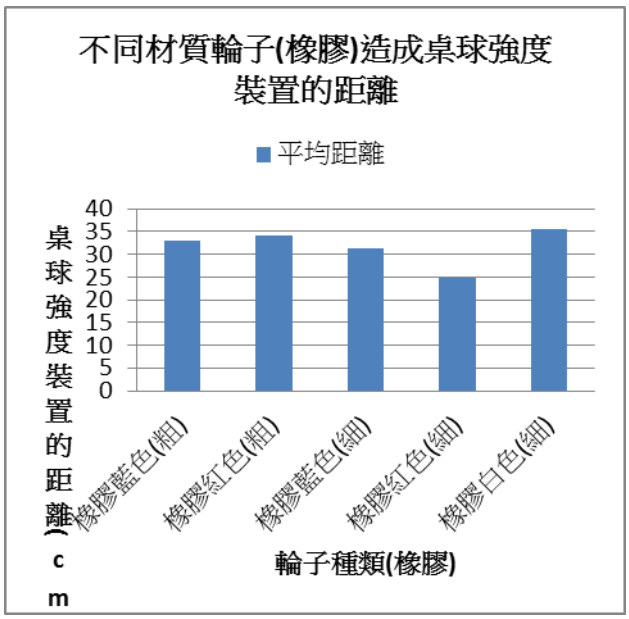
量測桌球強度裝置板距離

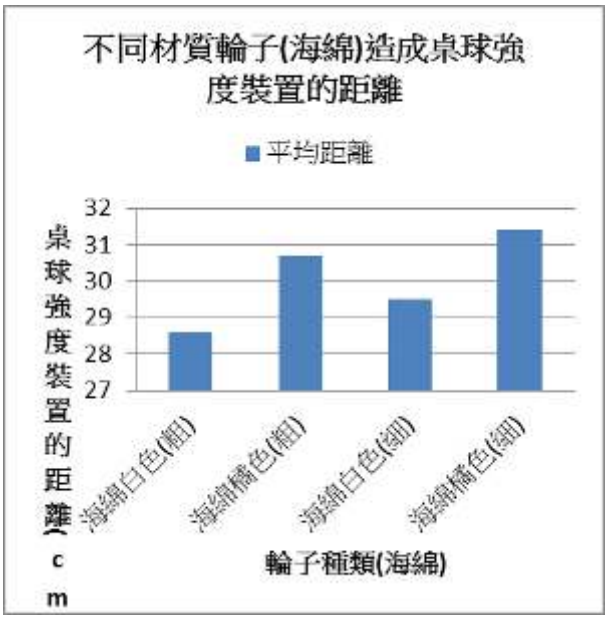
表八：不同輪子造成桌球強度裝置的距離

桌球強度裝置的距離(cm) / 輪子種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	名次
橡膠藍色(粗)	32	33.9	32	34.6	32.2	32.8	33.8	31.4	33.6	32.5	32.9	3
橡膠紅色(粗)	34.3	34.2	33.8	35	34.3	33.8	34.4	34.3	33.2	33.4	34.1	2
橡膠藍色(細)	30.3	28.6	30.3	33	34.3	30.6	31.8	28.9	35.4	29.5	31.3	5
橡膠紅色(細)	25.4	24.8	24.7	24.2	24.8	24.9	24.4	25.4	24.5	24.3	24.7	9
橡膠白色(細)	***35.6***	***35***	***34.4***	***37.8***	***34.8***	***34***	***35.2***	***34.6***	***37***	***35.4***	***35.4***	***1***
海綿白色(粗)	29.2	24.8	29.3	27.7	29.4	30.1	28.8	29.2	27.7	29.3	28.6	8
海綿橘色(粗)	31.3	31.2	26.2	31.8	30.6	32	31.4	30.9	30.1	31.4	30.7	6
海綿白色(細)	28.9	28.4	29.3	27.4	30.8	28.7	30	32.4	28.4	30.4	29.5	7
海綿橘色(細)	31.9	27.8	35.2	30.4	32.5	32.3	29	31.2	31.7	32.2	31.4	4









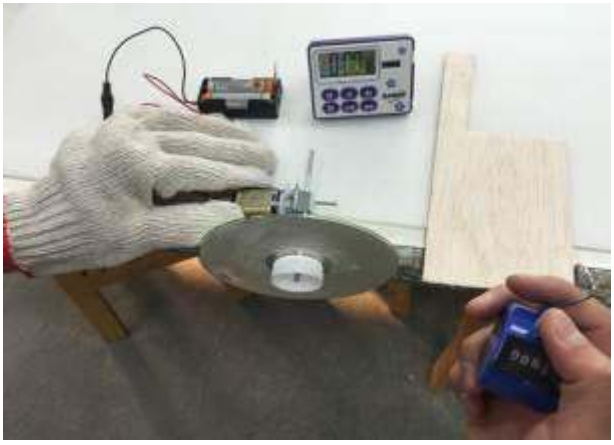
(四) 實驗發現：

橡膠材質輪胎比海綿材質輪胎讓桌球強度裝置板移動距離更遠，而橡膠輪胎中又以白色輪胎效果最好，桌球強度裝置板移動距離最遠。

三、改變馬達種類，找出桌球最佳的發射強度

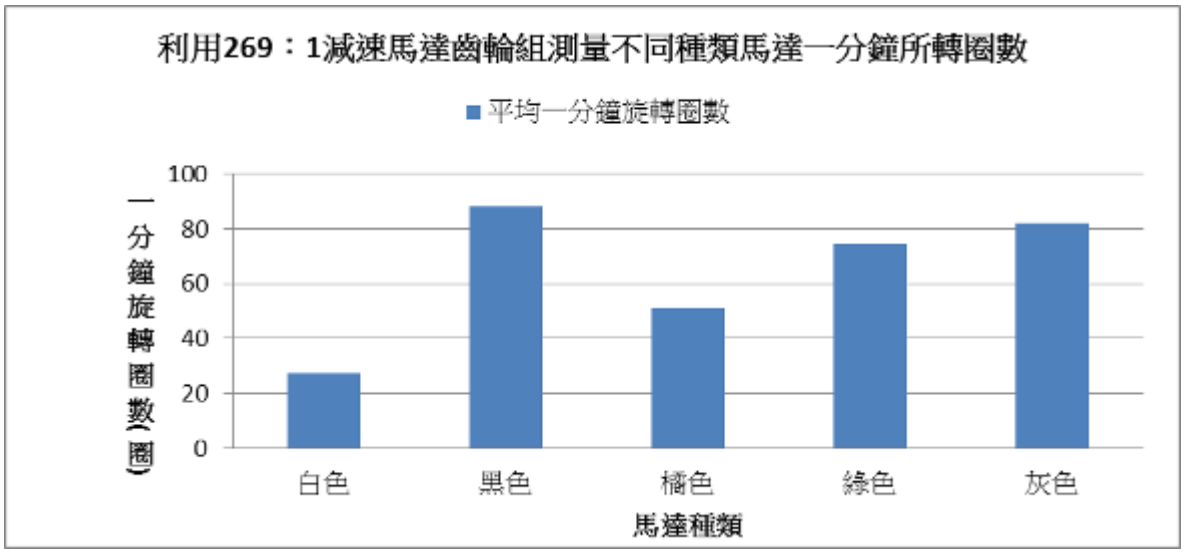
(一)測量馬達轉速：

利用減速馬達齒輪組，將馬達速度減慢，可以減速的方式分別分為高速 101：1、中速 269：1 以及低速 719：1，為了將馬達的速度做區別，我們選用減速 269：1 的方式，並加上瓶蓋和光碟，可以更清楚計算馬達一分鐘所轉得圈數。

	
裝入減速馬達齒輪組，並加上瓶蓋和光碟，利用計時器和計數器，清楚計算馬達一分鐘所轉得圈數	更換不同馬達，並計算一分鐘所轉得圈數

表九：利用 269：1 減速馬達齒輪組測量不同種類馬達一分鐘所轉圈數

一分鐘旋轉圈數(圈) 馬達名稱、圖示	1	2	3	4	5	平均	名次
白色	27	27	28	27	27	27.4	5
黑色	***86***	***87***	***90***	***89***	***88***	***88***	1
橘色	51	51	52	51	51	51.2	4
綠色	73	73	76	77	75	74.8	3
灰色	82	82	83	83	80	82	2



馬達轉速結果：

由快到慢分別是黑色→灰色→綠色→橘色→白色，其中又以黑色馬達最快，白色馬達最慢。

(二)實驗步驟：

1.將自製桌球發球機架設完畢。

2.裝上測試的馬達並開啟電源。

3.將桌球強度裝置板移置 20 公分處。

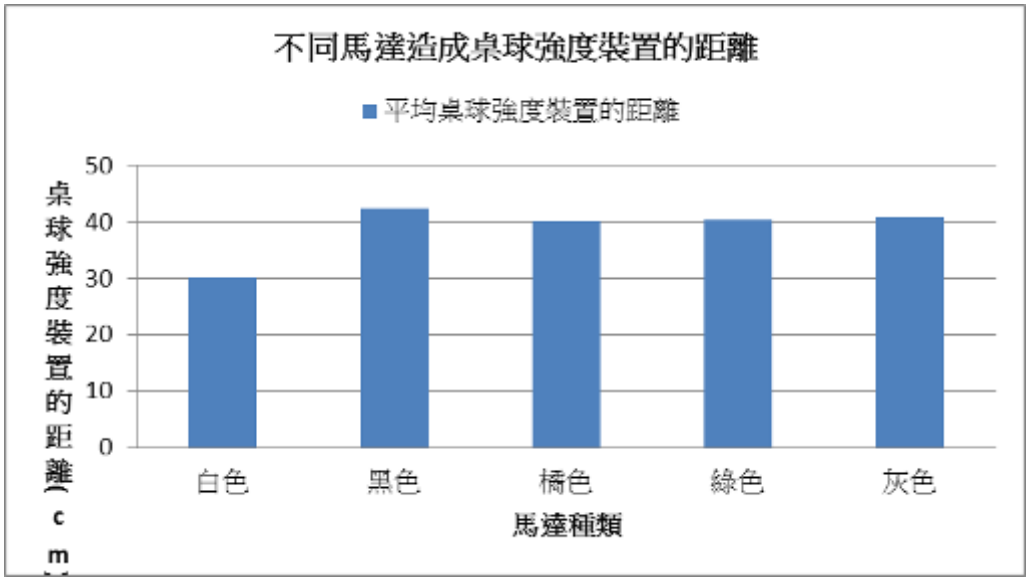
4.將桌球放入軌道。

5.量測桌球強度裝置板距離，並記錄下來。

6.將馬達替換，重覆以上實驗。

表十：不同馬達造成桌球強度裝置的距離

桌球強度裝置的距離(cm) / 馬達種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	名次
白色	29.8	30.9	29.8	29.4	31.2	30.4	30	29.8	29.9	29.5	30.1	5
黑色	***42.6***	***43.2***	***43.4***	***42.6***	***43.5***	***42.2***	***41.6***	***42.2***	***40.8***	***42.1***	***42.4***	***1***
橘色	39	39.2	42.8	39.4	39.3	38.8	43.4	40.7	39.5	39.4	40.2	4
綠色	39	40.8	41.9	40.2	40.7	41.2	40.8	39.7	39.4	39.8	40.4	3
灰色	40.4	41.8	40.2	40.9	40.8	41.4	41.3	40.6	40.5	40.3	40.8	2



(三) 實驗發現：

黑色馬達可以使桌球強度裝置的移動距離最多，也就是桌球的發射強度越大；而白色馬達讓桌球強度裝置的移動距離最少，桌球的發射強度越小。

四、改變兩端馬達轉速，找出桌球最佳的旋轉角度

(一)實驗步驟：

1.將自製桌球發球機架設完畢。

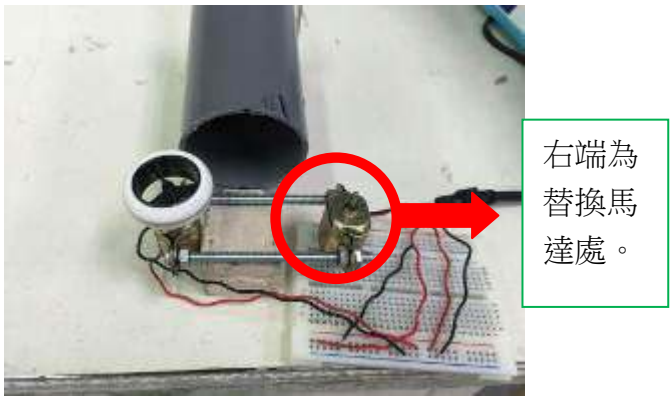
2.裝上測試的馬達並開啟電源。

3.將桌球放入軌道。

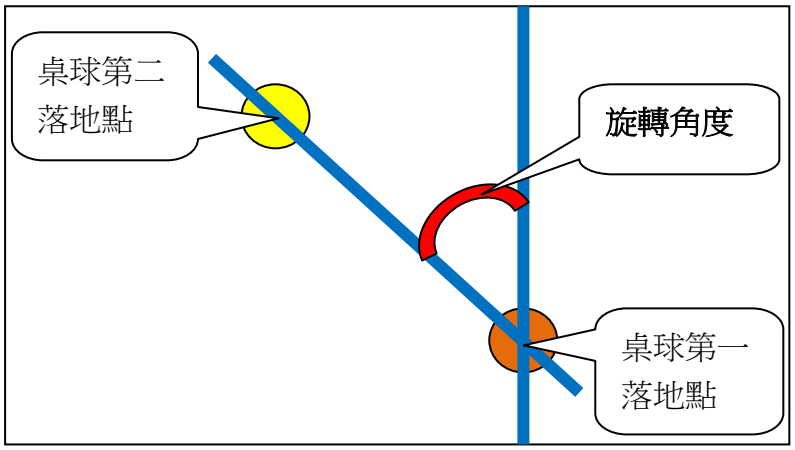
4.找出桌球第一和第二落地點。

5.量測桌球第一和第二落地點的旋轉角度，並記錄下來。

6.將馬達替換，重覆以上實驗。

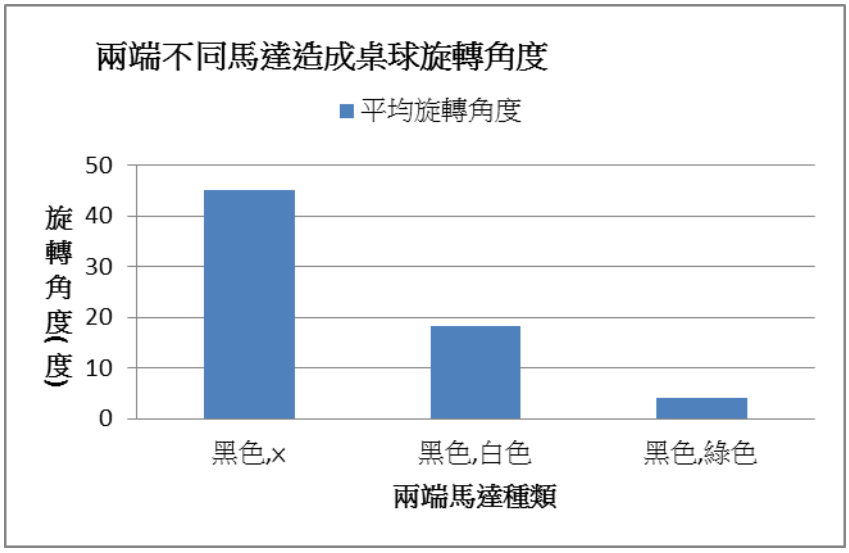
	
一端黑色馬達，另外一端沒有，之後改變成白色和綠色馬達	第一、二落球點連線，並用量角器量出角度

旋轉角度：



表十一：兩端不同馬達造成桌球旋轉角度

旋轉角度(度) / 左右端馬達種類		1	2	3	4	5	平均	名次
左端	右端							
黑色	***x***	***45***	***43***	***45***	***45***	***47***	***45***	***1***
黑色	白色	17	20	17	16	21	18.2	2
黑色	綠色	5	3	4	2	7	4.2	3



(二) 實驗發現：

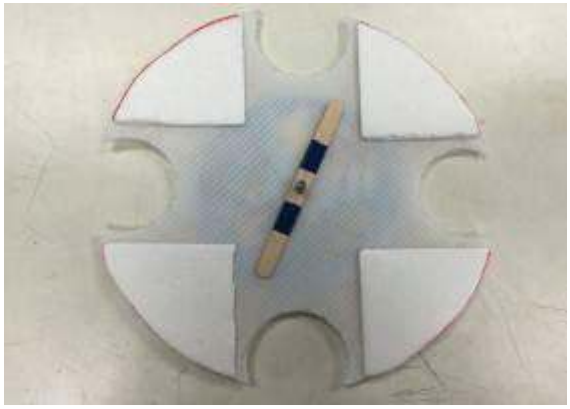
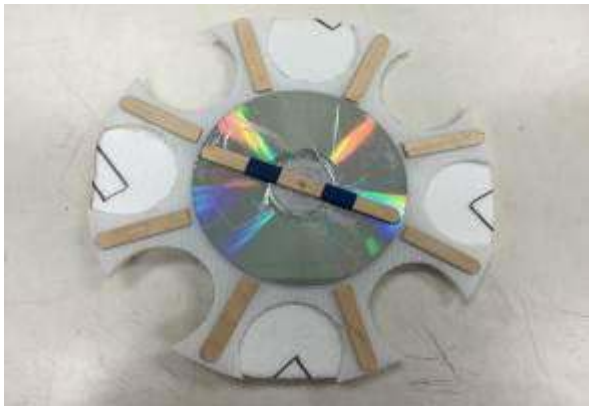
兩端的馬達如果轉速差越多，旋轉角度越大。馬達轉速差越少，旋轉角度越小。另外，我們還發現，當一端為黑色馬達，另一端沒有馬達時(兩端馬達轉速差異最多)，桌球落地距離在150cm~250cm；黑色加白色馬達桌球落地距離在 350cm~600cm；黑色加綠色馬達(兩端馬達轉速差異最少)桌球落地距離在 450cm~700cm。綜合以上發現，馬達轉速差越多，旋轉角度越大，而落地距離越近；馬達轉速差越少，旋轉角度越小，而落地距離越遠。

實驗三、製作自動送球器、撿球器

(一)自動送球器

因為每一次操作桌球發球器都要將球一顆一顆手動送入，我們想要讓它可以自動發球，所以製作了自動送球器。

自動送球器中間貫穿減速馬達齒輪組，利用減速馬達齒輪組，帶動裡面的瓦楞板轉動。最上層是兩片圓形塑膠瓦楞板，中間運用光碟片和保特瓶上半部，將兩片瓦楞板隔開。並在最上層瓦楞板周圍減掉四個半圓，可以讓桌球卡在四個半圓的洞並旋轉，當桌球轉到水管上面時，球會掉入水管中並發射出去。而第二片瓦楞板下面是減速馬達齒輪組，運用養樂多瓶支撐底部，讓減速馬達齒輪組不會被瓦楞板壓住。而送球器裡面最底部和籃子下面，用木板和螺絲固定住。將送球器外端另外加上可變電阻，可變電阻連接裡面的減速馬達齒輪組和馬達，可以讓瓦楞板轉動速度改變，控制桌球發球的快慢。

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">自動送球器內部構造</td></tr>
<tr><td> </td><td>
</td></tr>
<tr><td>自動送球器內部構造</td><td>自動送球器</td></tr>
</table>

(二)撿球器

將不需要的羽毛球拍，中間的球拍線全部抽掉。接著運用桌球將球拍線取出最佳距離，不會大於桌球直徑，但也可以讓桌球穿入。我們發現距離 2.7 公分時，效果最好。接著將網子利用束帶固定在羽毛球拍前方，讓球可以進入網子。但是羽毛球拍太短，在撿球時需要彎腰，所以我們又將不需要的樂樂棒球棍子，利用束帶固定上去，增加拍子的長度，讓我們可以輕鬆撿桌球。

撿球器

實驗四、改裝桌球發球機，並實際應用在桌球練習中

(一)將自動送球器與發球機結合

我們將桌球加入自動送球器，並把之前做出最佳配置的桌球發球機與自動送球器結合。利用熱熔膠、木板以及螺絲改裝，讓桌球發球機可以與自動送球器結合。

自動送球器結合桌球發球機

(二)實際應用在桌球練習中

我們將桌球發球機墊高 30 公分，球可以順利過網，也可以運用桌球發球機做桌球的練習。

桌球發球機運用在桌球練習中

(三)增加開關，改變兩端馬達旋轉速度

想要改變兩端馬達旋轉速度，讓桌球發球器可以產生不同旋轉角度的發球。所以我們一開始將兩端馬達接上可變電阻，首先我們將 100 歐姆的可變電阻接上，但是電阻會燒掉，而且馬達的轉速也會變慢，接著我們改用 1000 歐姆的可變電阻，馬達不會燒掉，但速度變得非常慢。所以我們上網找其他可以改變馬達轉速的方式，發現有一種叫做直流馬達調速器，專門用來改變馬達的轉速，但是因為價格的關係，我們決定換別種方式。之後嘗試另外一種方法，我們利用三段式搖頭開關，分別將兩端連接一個電池以及兩個電池，當三段式開關調整到不同的位置時，可以使兩端馬達分別產生快轉、慢轉以及不旋轉三種方式，將兩端馬達調到不一樣的開關，就可以因為兩端馬達旋轉速度不同，讓桌球發球機產生不同旋轉角度的球。

(四)實際在桌球桌測試

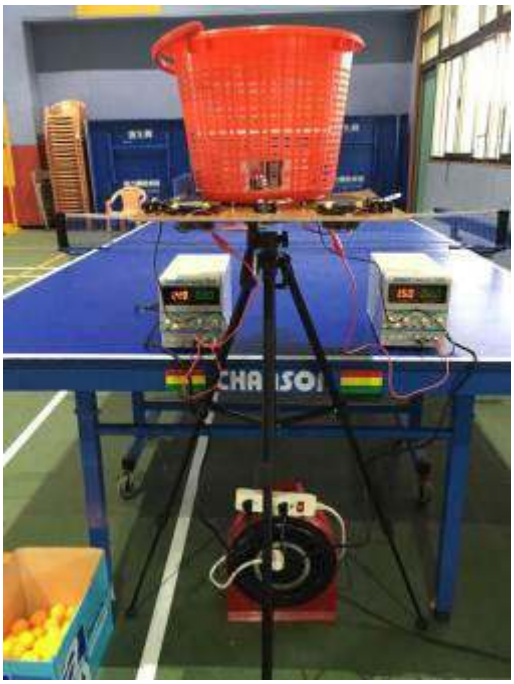
1.電池電流

運用安培計測量兩端電池的電流。

表十二：兩端電池電流

電流(A) / 電池個數	左端	右端
一個電池	1.35	1.35
兩個電池	2.1	2.3

我們發現：當兩個電池用一陣子時，原本電流是 2.1A、2.3A，用一陣子就會變到 1.8A、1.9A，電流會改變，為了能控制供給馬達的電流，所以我們利用電源供應器來做以下的實驗。



桌球發球機接上電源供應器

2.兩端電流相同，測試成功率

(1) 發射器水平發射

用水平儀確定發射水平

表十三：發射器水平發射，兩端電流相同的成功率

成功率 兩端電流(A)	1	2	3	平均(%)
2	10/10	10/10	10/10	100
1.9	9/10	9/10	10/10	93
1.8	10/10	9/10	9/10	93
1.7	8/10	10/10	10/10	93
1.6	9/10	8/10	7/10	80
1.5	8/10	5/10	8/10	70
1.4	1/10	3/10	0/10	13

*成功率為球直接通過球網上方落入桌球桌

我們發現：

(a)兩邊電流等於 1.4A 的時候，桌球不易過網，成功率只有 13%。

(b)當兩邊的電流等於 2A 時，桌球的成功率為 100%。

(c)當兩邊電流大於等於 1.5A 時，成功率超過七成；當電流小於 1.4A 時，成功率急速下降，此時建議更換新的電池，才能提升成功率。

發射器前傾	利用水平儀確認前傾的角度

(2) 發射器前傾發射

表十四：發射器前傾發射，兩端電流相同的成功率

成功率 / 兩端電流(A)	1	2	3	平均(%)
1.4	1/10	1/10	0/10	6
1.3	9/10	9/10	9/10	90
1.2	9/10	9/10	9/10	90
1.1	0/10	0/10	0/10	0

我們發現：

(a)當兩側電流小於 1.1 A 時，成功率為零，桌球不過網。

(b)當兩側電流大於 1.3 A 時，球開始彈得比較遠，過網率雖然有 90%，但有 10%會彈出界。

(c)當電流大於 1.4A 時，球彈得更遠了，落在桌球桌機率變差。

【綜合實驗一和二】第一次實驗的結果我們認為電池小於 1.4A 時，要將電池替換掉，但是做完實驗二我們發現，當電池提供的電流小於 1.4A 時，可將發射器前傾，使桌球彈桌過網，如此一來，就不需要更換電池，而能繼續成功發射桌球。所以當電流大於 1.4A 時，我們建議水平發射，當電池提供的電流小於 1.4A 時，我們可以將發射器前傾，使桌球彈桌一次過網，如此一來，就能善用電池的電力。

3.兩端電流不同，測試成功率

(1) 發射器水平發射

表十五：發射器水平發射，兩端電流不同的成功率

成功率 / 左右端電流(A)		1	2	3	平均(%)
左端	右端				
2	0	0	0	0	0

我們發現：

(a)即使單邊的電流為 2A，發出的球很旋，但卻無法過網。所以當水平發射時若有一側電流為零，發射的旋球都無法過網。

(2) 發射器前傾發射

表十六：發射器前傾發射，兩端電流不同的成功率

成功率 左右端電流(A)		1	2	3	平均(%)
左端	右端				
2.2	0	6/10	7/10	8/10	70
2.1	0	8/10	10/10	9/10	90
2	0	9/10	8/10	10/10	90
1.9	0	10/10	10/10	10/10	100
1.8	0	10/10	10/10	10/10	100
1.7	0	10/10	10/10	10/10	100
1.6	0	10/10	10/10	10/10	100
1.5	0	10/10	10/10	10/10	100
1.4	0	10/10	10/10	10/10	100
1.3	0	10/10	9/10	10/10	96
1.2	0	8/10	4/10	3/10	50
1.1	0	0/10	0/10	0/10	0

我們發現：

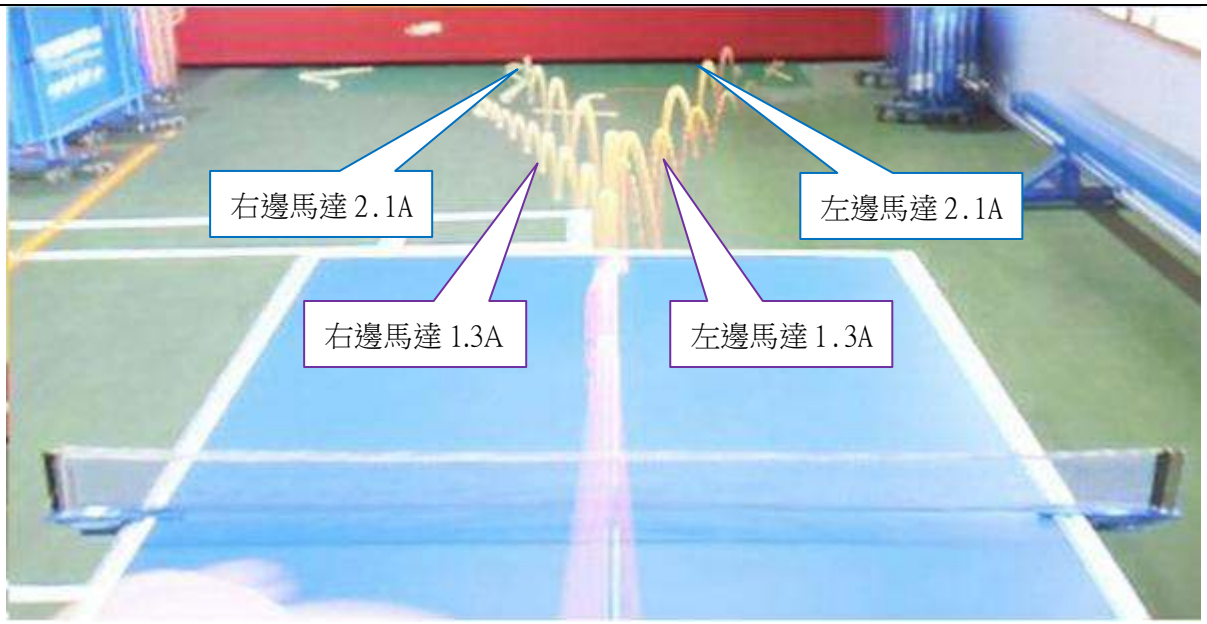
(a)單側電流小於 1.2A 時，成功率只有五成以下，若電流為 1.3~2.1 A 時，成功率大於九成。

(b)當電流大於 2.2A 時，球的力道較大球容易彈出界，導致成功率降低。

(c)前傾發射最佳範圍是 1.3~2.1 A。

【綜合實驗一和二】

若要發旋球，發射器必須前傾。



開單邊馬達時之桌球發射軌跡圖

4.發射管傾斜

用砂紙將水管外壁磨薄，使其能旋轉

發射管傾斜至木頭對齊中線

我們發現：

旋轉水管角度，開單側馬達可以產生側上旋、側下旋的球路，讓練習者不容易回擊，增加練習的效果。

伍、研究結果

一、桌球發球機可以利用兩輪旋轉將桌球發射出去。軌道可以利用有凹槽的水管，讓桌球發射時位置固定。而一字型的水管又比 L 型的水管好，因為用 L 型的水管時，會讓桌球在軌道時，速度不固定。

二、由實驗結果可以知道，當兩輪間距是 3.6 公分時，桌球可以飛行的距離最遠。

三、運用橡膠白色輪胎、轉速最強的黑色馬達，桌球的強度越大。

四、兩端的馬達如果轉速差越多，桌球旋轉角度越大，但是飛行的距離越近；馬達轉速差越少，旋轉角度越小，但是飛行的距離越遠。

五、製作自動送球器以及撿球器，可以讓桌球練習達到最大效益。

六、水平發射快速直球成功率大於七成的電流範圍為 1.5~2 安培，若電流小於 1.4 安培，可將發球器前傾，發射出慢速直球。若要發出成功率大於九成的旋球，需將發射器前傾，電流值範圍在 1.3~2.1 安培。

陸、討論

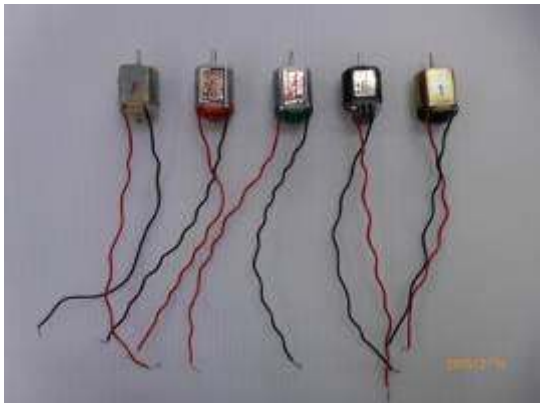
一、為了知道桌球發射的力道，我們利用不同材質的板子與玩具輪子的組合來測試。我們發現如果板子太重，移動距離不明顯，但是如果板子太輕，當桌球打到板子時，整塊板子很容易倒，就沒辦法測量移動距離。經過實驗測試後，我們最後發現如果利用珍珠板加入三組的輪子，效果最好而且板子不容易傾倒。

二、在做實驗時，我們有各式各樣的馬達，像是四驅車的馬達，以及四年級自然課廠商所提供的馬達，這麼多種馬達中，我們不知道哪一種馬達的速度比較快，所以我們利用減速馬達齒輪組，計算每一種馬達一分鐘所轉得圈數，就可以知道馬達的快慢。

三、固定方式

(一)在固定兩側馬達我們一開始利用泡棉膠，但是為了可以方便更換馬達，後來就改成魔鬼氈，但魔鬼氈容易不穩固，所以我們利用木板和熱熔膠固定馬達。當實驗需要更換馬達時，直接換整個固定在木板上的馬達組就可以。

(二)在利用馬達接電線通電時，常常會有電線鬆脫的情形發生，所以最後我們將馬達與電線利用焊錫將它接起來，就不會再有這樣的情形發生。



焊接電線連接馬達

(三)輪胎容易脫離輪框，這樣子很容易造成發球時，桌球碰到輪胎的位置不同，實驗就會不準確。所以我們將輪胎跟輪框黏著起來，就不會有影響實驗結果的情形發生。

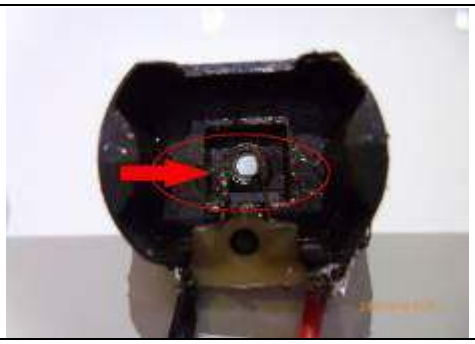
四、電力問題

(一)在做馬達轉速的實驗時，發現相同的馬達測試的次數越多，一分鐘轉數會變得越少，但是如果換新電池，又恢復原本狀態，可以知道電池影響很大。所以在做這個實驗，我們將拋棄式電池，改變成充電電池，並在做實驗前，都將充電電池充飽，之後再做實驗，就不會有隨著測試的次數越多，一分鐘轉動的圈數越少的情形發生。

(二)因為知道利用拋棄式電池，可能每次測試，電池的電量都不一定，所以在做實驗需要使用到電時，我們都利用插座連上變壓器以及可變電阻來做實驗。

(三)灰色馬達要連接變壓器做實驗時，發現馬達轉不太動，後來發現因為變壓器輸出的電流是 2A，而黑色馬達需要電流是 4.1~5.2A，所以當我們要做灰色馬達的實驗時，我們不是利用變壓器，而是利用充電電池來做實驗。

五、在實驗的尾聲，我們的馬達不能動，一度以為是電線接觸不良，後來才發現是馬達內部金屬接腳燒壞了。



馬達內部金屬接腳燒壞

六、因黑底馬達於實驗中故障兩次(過熱燒斷金屬接腳)，考量安全性下改為灰底馬達，其散熱性較佳，也有較高的電流乘載量及轉速。

七、與市售發球機做比較

發球機比較表

	優點	缺點
自製發球機	成本低 裝電池就能用 有電流計 球路變化多 輕便好攜帶 獨一無二	手工製作費時 不耐摔及碰撞
市售發球機	堅固耐用 球路變化多 可量產	價格昂貴 須插電才能用 無電流計 笨重難攜帶

*自製桌球發球器成本約 1500 元。(不含電源供應器)

柒、結論

一、研究發現

由實驗得知當兩輪間距是 3.6 公分、運用橡膠白色輪胎以及轉速最快的黑色馬達可以讓桌球飛行距離最遠、發射強度最強。而兩端的馬達如果轉速差越多，桌球旋轉角度越大，但是飛行的距離越近；馬達轉速差越少，旋轉角度越小，但是飛行的距離越遠。我們將實驗結果運用在自製桌球發球機中，並加入自動送球器，製作出一臺可以發出強弱以及以及旋轉角度不同的桌球發球機。

二、教學應用

這是一個擁有多種球路的自製發球機，除了適合初學者進行的慢速球，也有適合高手過招的快速直球、側上旋球及側下旋球等球路，不但成本低、重量輕、好攜帶而且可以不用插電，只要裝電池就能運作，是個適合在教學與訓練中使用的好工具。

三、未來展望

1.可針對馬達不同電流時之發射結果進一步實驗。

2.可針對自製發球機之球速做進一步描繪。

3.可對球的運行軌跡做進一步描繪。

4.可改變送球機之送球方式，以避免卡球、同時連續出球之狀況產生。

5.可試著讓發球機隨機發不同球路的球。

捌、參考資料及其他

一、張峻翔、黃羿寧、鄭乃嘉、洪瑄徽、江杰倫、夏睿謙(民97)。快打旋風-快打好手培育旋風計畫。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書。

二、游偉哲、林子傑、陳愛蓮(民 101)。退休電扇大變身—自置網球發球機。中華民國第五十二屆中小學科學展覽會作品說明書。

三、chang fang min cn。乒乓球發球機。民 103 年 8 月 19 日。取自：https://www.youtube.com/watch?v=zO2rPCmuyow。

四、olympic2000kh。自製發球機(近距離)。民 99 年 5 月 15 日。取自：https://www.youtube.com/watch?v=LCOUmoIG8UM。

五、Tung Lin。DIY 自製桌球發球機 2。民 102 年年 5 月 21 日。取自：https://www.youtube.com/watch?v=p1AD8aRPhL4。

【評語】080831

該作品以兩輪旋轉機構應用桌球發球機，而透過橡膠輪胎與馬達作出之送球機構已可達到球速、球型控制程序，唯過量之桌球置入有卡球之問題，未來可加以改良。而以低成本製作發球機，實屬難能可貴。