

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

第三名

082806

小戴陪你練球—自製羽球練球機

學校名稱：臺北市中正區國語實驗國民小學

|   |              |
|---|--------------|
| 作者：<br>小六 游宏鈞<br>小六 尚宇謙<br>小六 王若宇<br>小六 黃靖甯<br>小六 謝子晴<br>小五 藍紫軒 | 指導老師：<br>黃夢怡 |
|---|--------------|

關鍵詞：羽球、練球機、自製發球機

## 摘要

「小戴教練」是我們利用馬達及車輪自製的羽球練球機。一次可裝載 60 顆球，射程可達到 6 公尺，而且能左右掃射。我們利用 tracker 運動軌跡軟體進行分析，以真人教練餵球訓練時所發出的球路進行對照。改變射球的快慢、角度、強度、找出小球、挑球、平球、長球等不同球路模式。最具獨創性的是「小戴教練」的製作不需要寫程式，而是以滾輪及滑梯達到有效送球，資源回收的材料及簡易的機器組裝方式可讓其他同學們自行仿製。研究團隊在製作過程中不斷測試練打，雖然無真人羽球教練，但我們鼓起勇氣全員代表學校首次參加 108 學年度臺北市教育盃羽球錦標賽，訓練過程中，證實「小戴教練」羽球練球機實用又好玩。



練習平球



練習小球



球路分析

通通練  
60 球!

我是小戴教練



## 壹、研究動機

「戴勁戴資穎！小戴加油！」近年來，臺灣之光戴資穎登上世界第一的寶座，掀起了羽球的熱潮，我們也對羽球這個運動充滿了熱血。但是，實際拿起球拍，我們發現我們六個羽球菜鳥在對打時，很多時間都在進行「撿球運動」。我們6人一分鐘之內只能平均打到8球。我們就想，自己也來做一個發球機，脫離了菜鳥程度後，就能享受「戴勁」的羽球運動了。

市面上有現成的羽球發球機，我們對它的功能及價錢進行比較。我們在自然課的小電池與小馬達單元中，學到了馬達運作的原理，另外在簡單機械這個單元，老師教我們齒輪及動力傳送的原理，我們想以自己的能力組裝出一臺CP值高的羽球練球機。


我們學校沒有任何羽球隊或是社團，可以說是羽球運動的沙漠。但是戴資穎每場都全力以赴的運動員精神激勵了我們，我們要確保研發的羽球練球機真的有用，為自己找到了不可回頭的目標，就是手牽手一起報名了臺北市教育盃羽球錦標賽乙組，而我們的教練，就是我們自己要研發的羽球練球機，為了跟戴資穎致敬，它的名字就叫「小戴教練」！



緣起：羽球菜鳥一分鐘平均打到8球，很多時間都在撿球，希望一分鐘能打出30球。

市售羽球練球機售價及功能比較表

市售資料來源：網購平臺（淘寶、PChome）

| 比較項目<br>羽球機   | 型號/售價                        | 載球   | 出球頻率                | 球路變化            | 搖控       | 組合球            |
|---|------------------------------|------|---------------------|-----------------|----------|----------------|
|  | 斯波阿斯S8025<br>207612元(高價位)    | 400球 | 7.5~60<br>balls/min | 無段調整角<br>度頻率速度  | 平板<br>操控 | 100種模式<br>隨意調節 |
|  | CRACK V-368<br>128000元(中價位)  | 60球  | 18~55<br>balls/min  | 8種高低弧度<br>14個落點 | 搖控<br>器  | 內建11種<br>組合球   |
|  | Time OUT(兒童用品)<br>2946元(低價位) | 15球  | 7~12<br>balls/min   | 1種<br>定點發球      | 無        | 無              |

動念：比較市售練球機後，想自己做一臺CP值高的羽球練球機。

## 貳、研究目的

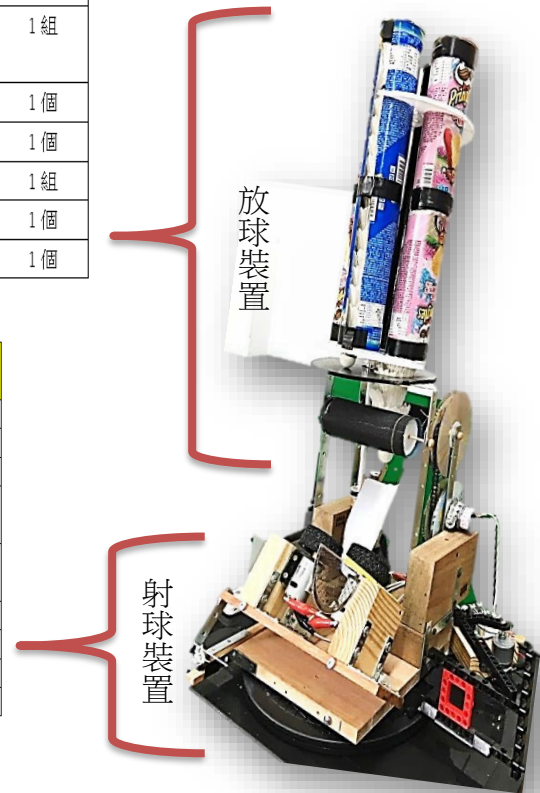
- 一、研發羽球練球機的射球裝置。
- 二、研發羽球練球機的放球裝置。
- 三、模擬真人教練各種球路：挑球、小球、長球、平球。
- 四、實測民調精進羽球練球機的實用效能。

## 參、研究設備及器材

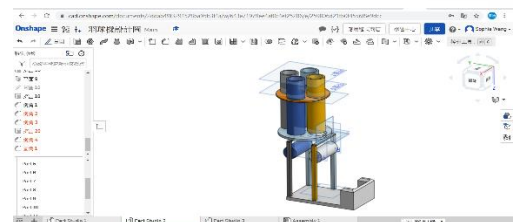
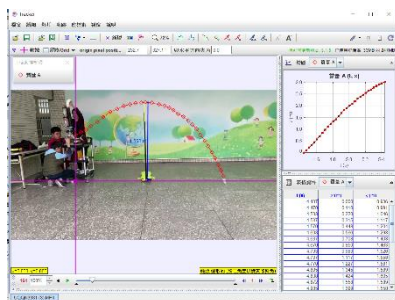
### 一、組裝羽球發球機器材

| 器材名稱   | 器材數量  | 器材名稱  | 器材數量 | 器材名稱    | 器材數量 |
|--------|-------|-------|------|---------|------|
| 各式手機架  | 3 台   | 有洞鐵片  | 5 片  | 支架教具組   | 2 組  |
| 羽毛球筒   | 1 個   | 木塊    | 3 個  | 舊光碟     | 4 個  |
| 洋芋片筒   | 4 個   | 塑膠瓦楞板 | 3 片  | 20 公分皮帶 | 1 組  |
| 直筒飲料罐  | 2 個   | 棉繩    | 1 捆  | 齒輪組     | 1 個  |
| 砂紙     | 2 片   | 慢速馬達  | 1 個  | 調速器     | 1 個  |
| 鬆緊帶    | 40 公分 | 強扭力馬達 | 3 個  | 秒設定時器   | 1 個  |
| 竹桿     | 2 個   | 齒輪教具組 | 2 組  | 搖控開關    | 1 組  |
| 智高積木長條 | 8 條   | 歐姆夾   | 3 個  | 立體花架轉盤  | 1 個  |
|        |       |       |      | 電源開關    | 1 個  |

| 器材名稱<br>(非正式採用) | 器材數量 | 器材名稱<br>(正式採用) | 器材數量 | 器材名稱<br>(正式採用) | 器材數量 |
|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|
| 吹風機             | 1 台  | 22000rpm 馬達    | 2 個  | 蝴蝶鐵片           | 2 個  |
| 玩具車小馬達          | 2 個  | 各式螺絲螺帽         | 1 包  | 木板             | 1 片  |
| 快速小馬達           | 2 個  | 12v 電瓶         | 1 個  | 馬達固定架          | 2 個  |
| 高轉速小馬達          | 2 個  | 110v 轉 12v 變壓器 | 2 個  | 木塊             | 2 塊  |
| 5600rpm 馬達      | 2 個  | 交流轉直流可調電源供應器   | 1 臺  | 木條             | 4 條  |
| 3v 電池           | 2 個  | 小輪胎            | 8 個  | 長型鐵片           | 1 個  |
| 6v 電池           | 2 個  | L 型鐵片          | 9 片  | 一般電器電線         | 1 捆  |
| 長卷尺             | 4 條  | 平板錄影用          | 1 臺  | 電線夾            | 18 個 |
| 3 號充電電池         | 8 個  | 馬達連結器          | 2 個  | 量角器            | 1 個  |



### 二、球路分析及立體圖設計軟體



利用 Onshape 軟體設計立體圖，提升品質。

利用 Tracker 軌跡追蹤軟體進行球路分析

## 肆、研究過程

### 研究架構



## 伍、研究過程說明

市面上已經有許多現成的羽球發射器，但是我們想要製作有特色的羽球練球機，一開始都從自己的腦力激盪開始發想，希望有機會能作出創新的作品。在過程中遇到各式各樣的「小」問題，研究成員運用各種方式進行解決。在過程中，有非常多創新的想法，雖然失敗或是沒有遭到採用，但是也提供出來給未來想從事相關發明者參考。同時，在製作的過程中，我們對外求助不少專家找到各種資源，因此，以下的報告內容按照研究時間順序簡述創意發想及問題解決歷程。

### 實驗一 研發羽球射球裝置

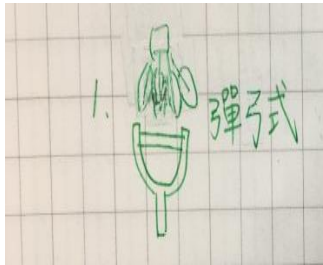
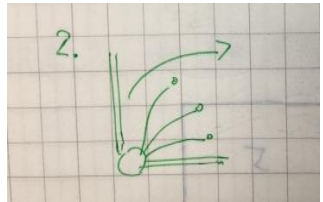
#### 實驗 1-1 尋找能發射羽球的方法

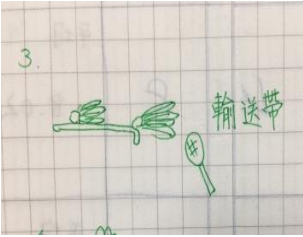

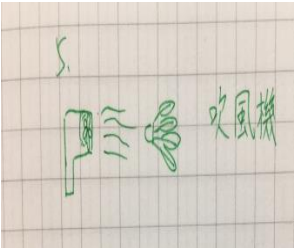
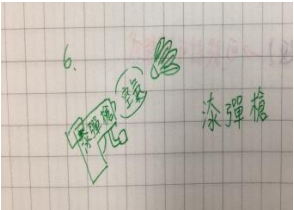
##### 一、實驗構想

「如何把羽球射出去?」我們從最簡單的問題開始發想。先不管可行性，我們先天馬行空的思考這個問題。再找出可能的方法進行試做。「我們跟別人做的一樣就沒意思了！」這是我們一開始很有骨氣的想法，然而這一些想法卻都無法發射，所以我們只好放棄，不過以後還是有機會可以想辦法來運用這些方式。

##### 二、實驗過程及結果

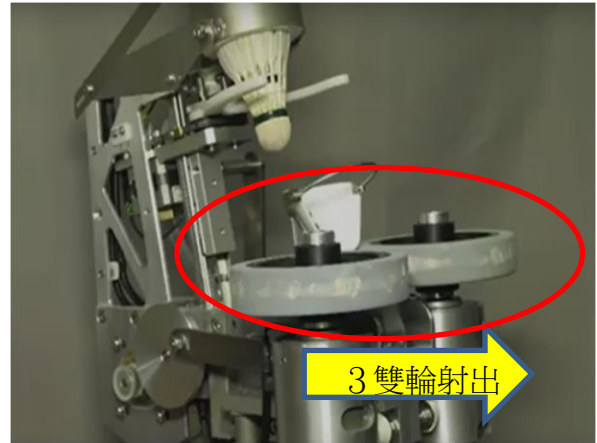
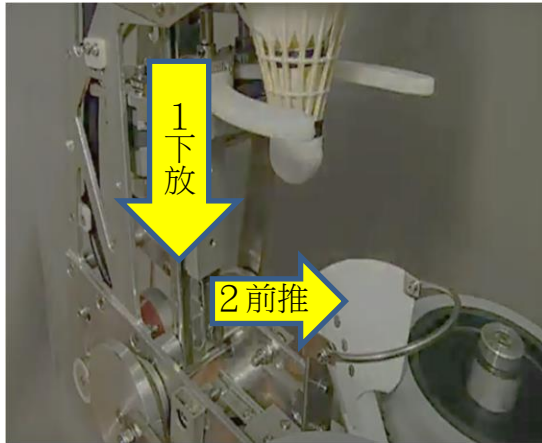
###### 思考及初步測試把羽球射出去的方法評估方案

| 射球方式   | 優點                   | 缺點                              | 評估結果                          |
|--|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 彈弓式<br> | 製作容易，<br>似乎可以用十字弓連發。 | 實測結果，頭朝前時，彈力帶會卡住羽毛，頭朝下時羽球翻轉飛不遠。 | 不採用                           |
| 投石器<br> | 製作容易。                | 實測後發現投石太慢，羽球停在原處無法發遠。           | 不採用<br>固定羽球在空中，把投石裝置改成拍子也許可行。 |

|             |   |   |                                |   |
|-------------|---|---|--------------------------------|---|
| <p>機器球拍</p> |    | <p>跟人揮拍類似</p>                               | <p>球掉下來的時候必須和機器球拍配合，佔地面積太大</p> | <p>不採用<br/>*之後在網路上證實羽毛球製作工廠使用機器球拍來分析品質。</p> |
| <p>離心力</p>  |    | <p>只要旋轉就可以發球，家裡的好神拖可以改裝。</p>                | <p>裝球困難，速度要很快才會發得遠。</p>        | <p>不採用</p>                                  |
| <p>強風法</p>  |   | <p>製作容易。實測後發現，真的能用吹風機將紙筒入的羽球吹出 1.5 公尺遠。</p> | <p>但溫度太高距離太近</p>               | <p>不採用<br/>也許未來可以設計專門放小球的簡單機器。</p>          |
| <p>空氣砲法</p> |  | <p>類似針筒火箭的原理，空氣壓力可以讓球發很遠。</p>               | <p>但是羽球頭要塞緊，換球緩慢。</p>          | <p>不採用</p>                                  |

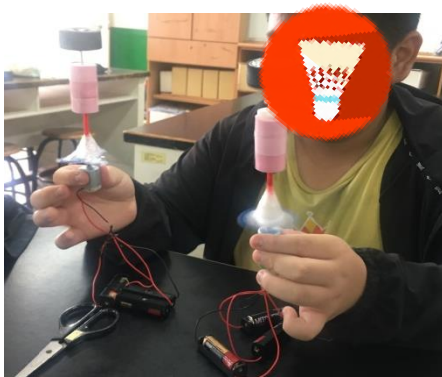
### 三、實驗討論

- (一) 我們一一討論及初步測試各種方案後，發現並沒有一種方式可以成功將羽球發出，因此**全部不採用**。我們只好向現實低頭重新走回前人之路，上網研究羽毛球發射的原理，並研究歷屆科展相關作品。
- (二) 我們在 107 年全國科展作品中找到一篇「DIY 全自動羽球發球機」，是利用小馬達加輪胎來發射羽球；我們也**上網找到了國外自製羽球發射機的原理**也是用兩個馬達及輪盤來射球。我們決定也採用相同的方法，同時參考它的送球方式。

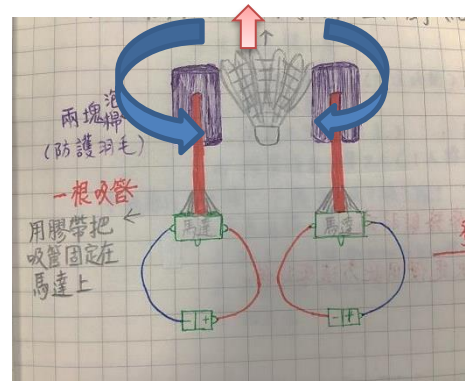


參考國外自製羽球機運作原理：1.下放。2.前推。3 雙輪射出。(資料來源 <https://www.youtube.com/watch?v=Gwg-Ge4gu9g>)，我們決定學它用轉動的雙輪嘗試來把羽球射出去。

(三) 利用自然教室器材初步試驗，分別在兩個小馬達上裝上玩具車輪及泡棉測試，用膠帶及吸管暫時固定。發現在手持的情形下，一兩種材質都可以將羽毛球轉出。最後，我們的羽球練球機還是決定採用一般發球機用的**雙輪發射法**。



利用手邊材料初步測試雙輪發射法



兩個馬達旋轉的方向要相反

## 實驗 1-2 組裝雙馬達旋轉輪胎射球裝置

### 一、實驗構想





我們要如何聯結輪子和馬達？中間要多少距離？要怎麼固定住馬達？雖然感覺超簡單的架構，但是我們也得先運用各種不同材料進行了一連串的測試。我們購買玩具車的輪子雖然大小看起來適合，但是它的中央聯結處是長方形的，無法直接聯在只有軸心的馬達



上，這是我們在初期測試時就一直面臨的問題。也是必要克服的大問題。

## 二、實驗過程及結果

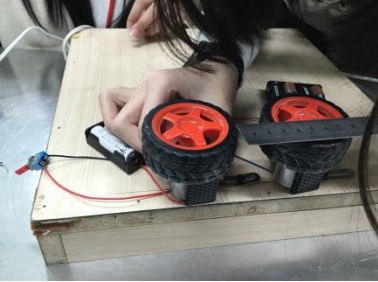
### (一) 探究問題一：怎麼將車輪固定在馬達上？

|  |   |
|--|---|
|   |   |
| <p>1. 用迷你鑽頭夾固定車輪及馬達：因聯軸軸太長震動太大而失敗。</p>   | <p>2. 改直接用 A B 膠固定車輪及小馬達。等半小時後再試。</p>   |
|  |  |
| <p>3. 用衣夾子夾住馬達，暫時靠在木板旁，通電並發射羽毛球測試穩固性。</p>  | <p>4. 用家中的兒童防開安全鎖夾緊馬達，放在木板上，通電後放入羽毛球。</p>   |

### (二) 探究問題二：馬達怎麼固定在木板上？

|   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <p>1. 用家中的兒童防開窗安全鎖夾緊馬達，好處是方便換不同的馬達。</p>   | <p>2. 防開窗安全鎖堅固耐用可以直接平放在桌上。</p>  | <p>3. 加裝 L 型白鐵，就能固定在木板上。</p>  |

### (三) 探究問題三：兩個輪胎之間要多少距離？

|   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 1. 利用游標尺測量羽球球頭，球頭的直徑是 2.6 公分。   | 2. 輪胎間距離超過 2.6 公分就無法發射，到 2 公分以下，就不能發射了。   | 3. 輪胎本身的彈性能讓羽球通過，我們用 2.4 公分的間距來發射羽球。  |

### (四) 探究問題四：如何把球送進兩個輪胎之間？

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 1. 球必須直立入輪，羽毛才會不卡到。  | 2. 用 DIY 怪手玩具的架子加上保特瓶製作滑道。   | 3. 寶特瓶出口上方必須挖空，才不會阻礙出球。  |

## 三、實驗討論

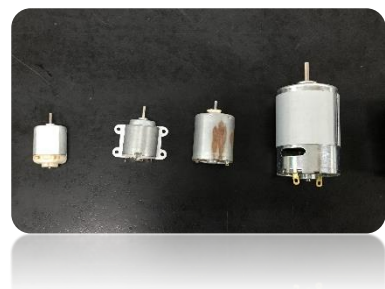
(一) 我們一開始只求把羽球成功發射出去，而直接水平的把馬達訂在木板上，羽球直直射出後很快的碰到桌面，造成落地的距離很短。

(二) 我們用保特瓶製作的滑道因為表面不平滑所以羽球無法自行滑落，因此我們先用長桿從上方將羽球推落。

## 實驗 1-3 尋找夢幻馬達

### 一、實驗構想

我們希望自製的練球機真的能用，所以對射程是有很大的需求，希望我們能找到方便取得，價格合理，能發出長球的夢幻馬達。



## 二、實驗過程

|   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 1. 在實驗桌上貼上長尺。測試各種馬達讓羽球發行的距離。  | 2. 發射前在羽毛球頭先沾上粉筆灰，每一種馬達發十球。   | 3. 每發一球就用白板筆在桌上白灰落點上標記距離。   |

## 三、實驗結果及找馬達行動

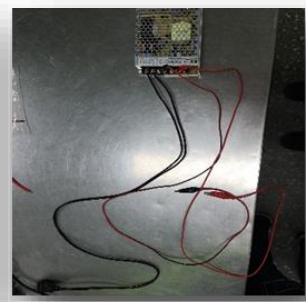
- (一) 我們發現這四種小馬達在平射的狀況下，都不能超 2 公尺，這樣的距離太短了，我們一定要去找到更強有力的馬達。
- (二) 我們決定利用寒假時一起出發到今華電子找馬達，在開架式的電子零件賣場中，我們找到一顆 12V 每分鐘 22000 轉的馬達，售價一顆 250 元，雖然很貴，但是為了我們的夢想，我們決定用這顆馬達來試試看。
- (三) 12V 要用到 8 顆電池，我們決定用 110V 轉直流 12V 的變壓器來提供電源，沒想到馬達竟然只會左右擺動不會轉動。我們只好回去找今華電子求救，還好當天值班的林叔叔很專業又熱心，為我們上了一課馬達的知識，同時協助我們用兩個能提供較大電流的方型變壓器，終於能順利運轉了。

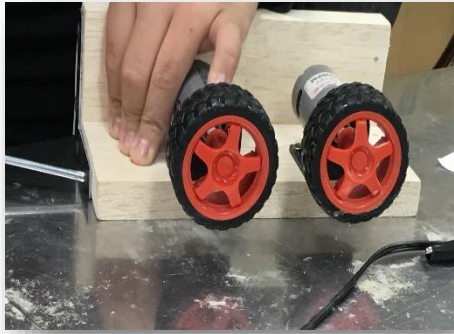


組員到今華電子找馬達



林叔叔協助我們找到適合的變壓器

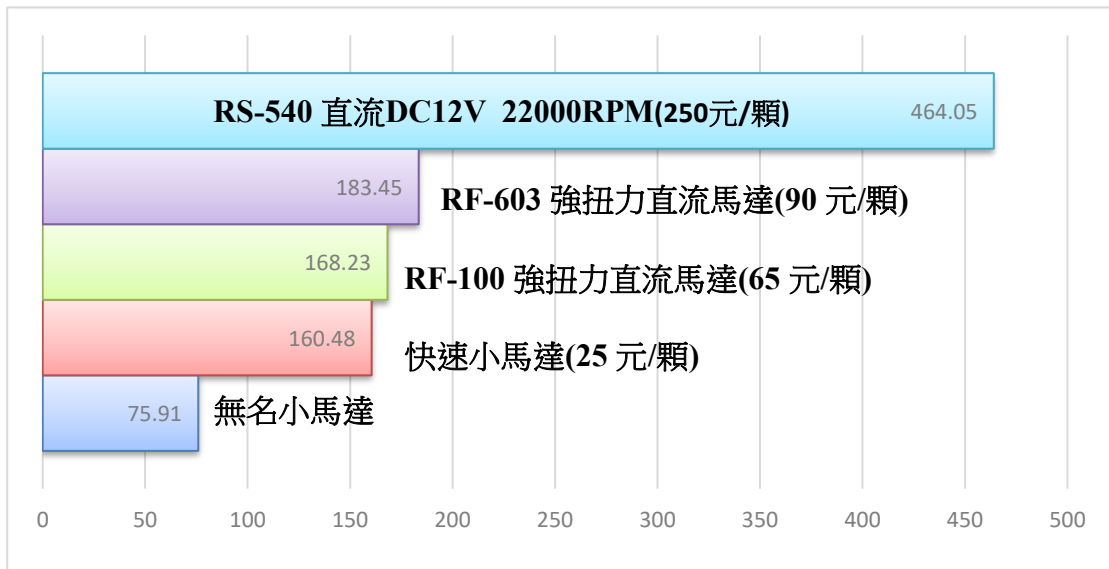




用專屬馬達固定架釘在木板上。



在實驗桌上測試射程皆可超過 4 公尺。



各種馬達在 6V 電壓下發射羽球 10 次的平均距離 (單位:公分)



找到夢幻馬達  
**RS-540**  
可平射出 4 公尺遠的羽球

### 實驗 1-4 解決快速旋轉時輪胎脫落問題

因為夢幻馬達轉速過快，因此輪胎會在旋轉時脫落。為了解決這個問題，我們到五股的自造者空間暨工具圖書館找答案。自造者蔡老師不但提供有連結器的車輪組，還借給我們可調節電壓的電源供應器，避免馬達全速時的震動。另外，老師還借了許多實木的木塊，幫助我們固定機器。



將輪胎改成有連結器的車輪組防止飛走



感謝自造者空間暨工具圖書館的蔡老師

### 實驗 1-5 組裝可調整角度的羽球發射臺



將馬達固定在木塊上，中間取 2.4 公分的距離。



將木塊釘在堅硬的實木木板上，感謝總務處的詹叔叔出動強力電鑽來協助。



利用長木條製作滑軌。可以無段調整式調整發射角度。

用蝴蝶夾將木板一邊固定在方型木板上，利用長木條及 L 形白鐵在側邊製作滑軌。可以無段調整式調整發射角度。

## 實驗二 研發羽球放球裝置

### 實驗 2-1 探究羽球進輪方式



測試羽球能順利用溜滑梯的方式進輪，改用手机架方便更改角度。底部用黏土就能固定，也方便微調。

## 實驗 2-2 研發羽球自動掉落裝置

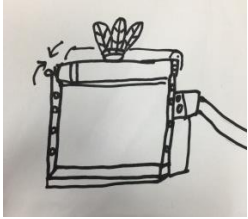
### 一、實驗構想

「如何讓羽毛球一顆一顆的掉落？」我們不打算用他人做過的機械手臂來夾球，我們只要能讓羽球慢慢落在滑梯上，就能順利送球。我們常在手上拿著一筒羽球一邊思考一邊實做，在把玩中，掌握了羽球的特性，找出一些獨創的落球方法。

### 二、實驗過程及結果

#### (一) 探究問題 1：如何讓羽球一顆顆掉落？

| 羽球依序掉落方案   | 掉落原理說明                             | 優點                     | 缺點               | 評估結果             |
|--|------------------------------------|------------------------|------------------|------------------|
| <p><b>蛋型夾</b></p>      | 用兩個蛋型轉盤，同時往下轉，把球拉出來。               | 有點類似機器手臂下拉球頭的功能。       | 羽球補球的位置要很精準。     | 要控制的太多，留到日後可再設計。 |
| <p><b>螺旋轉</b></p>     | 在羽球筒上用細水管繞出螺旋狀，以 45 度斜角將羽球斜躺旋轉到下方。 | 方法簡易，方便製作。             | 45 度的斜筒支撐架可能太龐大。 | 暫不採用             |
| <p><b>斜球自行滾</b></p>   | 羽球形狀如圓錐，只要和兩個球筒保持斜度，轉球筒時球就會神奇的往前進。 | 球筒包上砂紙滾動，方法簡易，方便製作。    | 羽球一直保持斜度有困難。     | 暫不採用             |
| <p><b>寶特瓶推球法</b></p>  | 用寶特瓶裝重物從上方慢慢推羽球串，下方利用兩條橡皮筋輕擋，球就落下。 | 設計簡單方便，而且羽球掉落順暢。可控制快慢。 | 放完一筒球後不能及時補球。    | <b>決定試作</b>      |

|   |                                  |                   |                       |                    |
|---|----------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| <p><b>雙輪滾球法</b></p>  | <p>用砂紙滾動羽球的羽毛，羽球串就能一顆一顆的掉下來。</p> | <p>穩定出球不容易出錯。</p> | <p>滾輪結構增加不少練球機高度。</p> | <p><b>決定試作</b></p> |
|---|----------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|

(二) 探究問題 2：如何以寶特瓶重力來推動羽球掉落？

|  |  |
|--|--|
|  <p>1.發現利用兩條橡皮筋就能擋住羽球，加上推力就能讓羽球串一顆一顆的掉落。</p> |  <p>2.將裝水寶特瓶頭朝下，利用重力來推動羽球，發現羽球筒太小，無法順利下推。</p> |
|  <p>3.改用兩個洋芋片的筒子，剛好可以讓球被放下的裝水寶特瓶一個一個推出。</p> |  <p>4.將兩條橡皮筋固定在洋芋片的筒口上。</p>                  |



5.利用廢光碟及圓形馬達聯軸器為寶特瓶推球器加裝機動裝置。



6.裝上慢速馬達。



7.將洋芋片筒加裝在 L 型支架教具上。並在正上方加裝定滑輪。讓裝水的寶特瓶可以慢慢下滑推動羽球。



8.實際到操場測試發球效果。請同學們到網前練球。保特瓶推球器可以很順利的放球進滑梯成功發射。



9.發現一筒球大約可裝 15 顆羽球，自動發球裝置大約 35 秒就把球發完，我們必須要上移保特瓶才能重新裝球，十分麻煩。試打同學都等到不耐煩了。如果只發 15 球，這裝置還算不錯，但是練習不夠是不能接受，我們得再找其他方法。



10.為了能讓寶特瓶能在球筒內上下移動，我們必須讓馬達能正反轉，我們還準備好遙控車的面版及六腳三檔開關。但是隨著試射結果不佳而石沉大海。

原本要自動旋轉的三筒也宣佈停產。

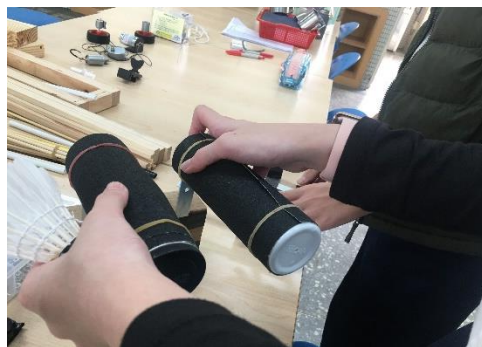




### (三) 探究問題 3：如何用雙輪滾動來讓羽球掉落？



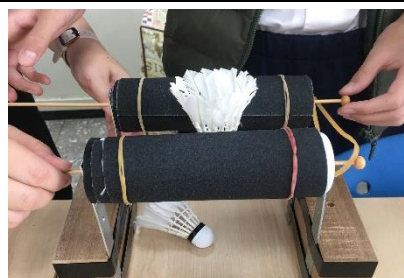
1. 將圓柱形飲料罐用細竹棍當軸心。



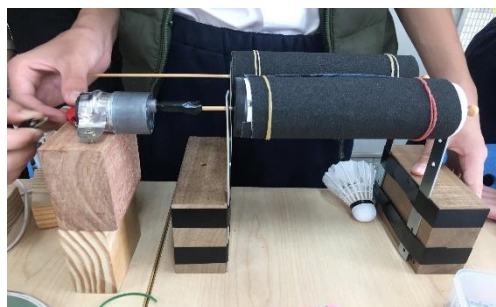
2. 用砂紙包住圓筒增加磨擦力。



3. 先用膠帶暫時固定白鐵條。



4. 放入羽球進行測試，發現雙筒之間的距離為 4.5 公分。




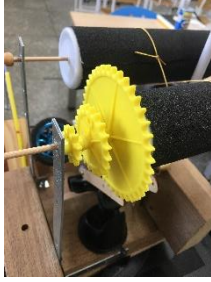

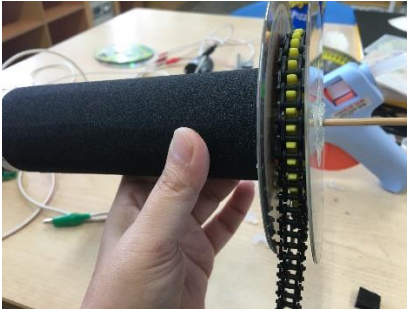

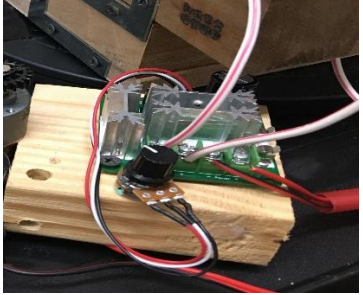
5. 軸心接上強扭力 2 r p m 慢速馬達。但是一直脫落。



6. 改用齒輪教具的塑膠鍊來進行動力傳輸。在筒上加上 8 字彈性繩帶動另一筒反轉。



7. 利用支架接上切開增大的洋芋片筒，進行雙輪滾動放球測試。**結果自動射球非常成功，組員輪流享受練球的樂趣，並將兩輪命名為「霹靂雙輪」！**

|  |   |  |
|--|---|--|
|  <p>8. 捨棄不穩的支架，我們改用堅固的木塊進行組裝。</p> |  <p>9. 原本想用大小齒輪來改變射球的速度。</p>       |  <p>10. 測試時鍊條一直掉，因此兩邊加裝舊光碟。</p>           |
|  <p>11. 必須分開一些才不會卡住。</p>          |  <p>12. 改用轉速快一點的強扭力慢速馬達(25RPM)</p> |  <p>13. 加裝調壓器，最慢 15 顆球要 35 秒，最快 13 秒。</p> |

### 三、實驗討論

- (一) 我們的雙輪滾動送球法雖然初步測試非常穩定，但是有時會有兩顆羽球一起下來的時候，我們發現是因為我們滾羽球的重點是在羽毛，如果是使用太久到羽毛斷裂，就會跟著前一顆球一起發射出來。
- (二) 教具鍊條為塑膠材質，加上已使用多年，有時會斷裂，如果能找到更堅固的鍊條組就更完美了。
- (三) 測試時，大家都忍不住想拿球拍來練球，驚呼和笑聲不斷。有了雙輪滾動法，我們的自製練球就快完成了，我們心中對羽球的熱愛全都活了起來！




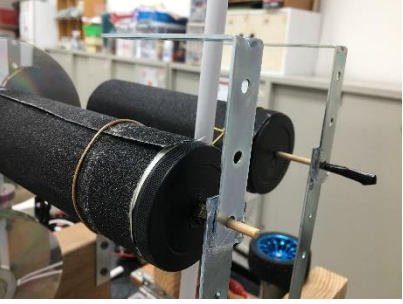
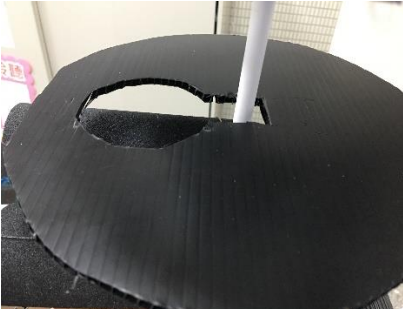

### 實驗 2-3 研發羽球自動換球筒裝置

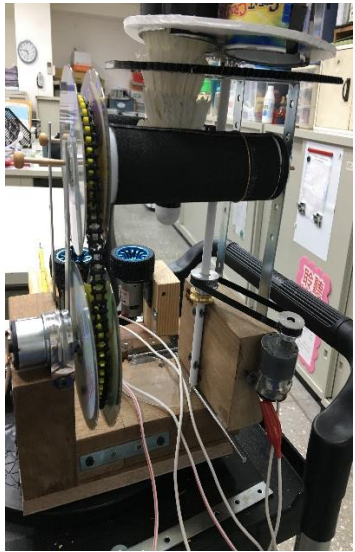
#### 一、實驗構想

在操場測試寶特瓶推球法時，我們就發現如果只有一筒球 15 顆一下子就打完了，如果真的要練球的效果，至少要練個 4 筒羽球 60 顆。因此我們以組裝四個洋芋片為目標。

## 二、實驗過程及結果

### (一) 探究問題 1：如何組裝旋轉球筒架？

|   |  |
|---|--|
|  <p>1. 利用兩片瓦楞板挖四個洞來固定球筒。</p>   |  <p>2. 用八個洋芋片筒兩兩相接，為了讓羽球不要卡在筒中，加大圓周。</p> |
|  <p>3. 利用一根支架立起四個羽球筒測試可行。</p> |  <p>4. 延長霹靂雙輪的支架，加裝 L 型白鐵。</p>          |
|  <p>5. 在 L 型白鐵架上加裝擋球板。</p>   |  <p>6. 利用皮帶齒輪組聯結支架及強扭力減速馬達。</p>        |

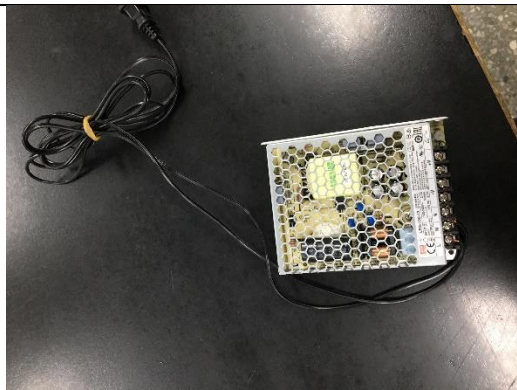


7. 支架是利用反過來的 L 型鋼架教具，外面加上可轉動的塑膠管，直接用鐵釘釘在木塊上，馬達也是直接用歐姆夾釘在木塊上。



8. 一筒球發射完，啟動馬達就可以將另一筒球旋轉過來。繼續下一筒球的發射。但是我們發現馬達不是說停就停，關閉大約 2 秒後，馬達才會停止運轉。

## (二) 探究問題 2：可不可以搖控球筒旋轉？

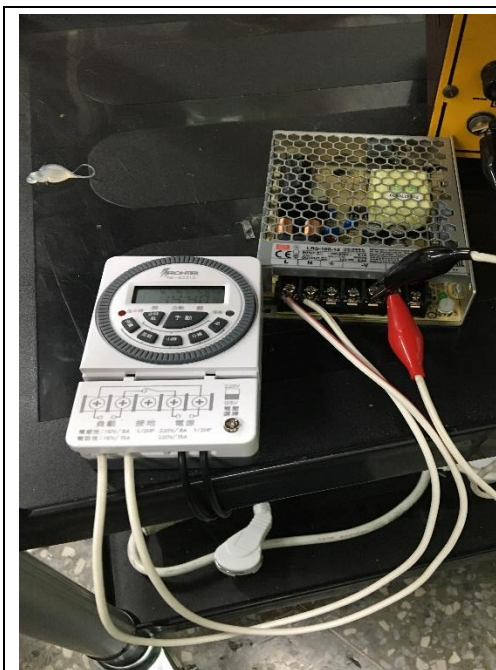


1. 將馬達接上-110V 轉 12V 的變壓器。



2. 連接市售的遙控開關。雖然我們發現轉到下一個球筒的時間是 4 秒，但是必須 2 秒停止，讓馬達無電續轉 2 秒，就能剛好落球。

### (三) 探究問題 3：如何定時控制球筒旋轉？



1. 雖然遙控器不大，也許可以放在球員身上，但還是不方便，因此我們可以加裝以秒控制的定時器。
2. 但是要設定多久呢？依照測試，一筒球發完最慢 15 顆球要 35 秒，最快只要 13 秒。我們可以這樣設：  
電源關 35 秒(第一筒射球練習)  
電源開 2 秒(球筒轉動會是 4 秒)  
電源關 37 秒(第二筒射球練習)  
電源開 2 秒(球筒轉動會是 4 秒)  
電源關 37 秒(第三筒射球練習)  
電源開 2 秒(球筒轉動會是 4 秒)  
電源關上(第三筒射球練習)

### 三、實驗討論

- (一) 利用遙控器控制球筒旋轉因為只能按 2 秒，因此一不小心就超過了，轉盤因此會被羽球串卡住而且羽球也無法發球。
- (二) 記時器是以射球最慢（雙筒無段調速最慢）的速度來設定，如果遇到高手則每筒球之間會停滿 37 秒，可以重新設定或是中間休息一下(不超過 22 秒)。

## 實驗三 模擬真人教練各種球路：挑球、小球、長球、平球

### 實驗 3-1 用 tracker 軟體分析體育老師所發出的各種球路

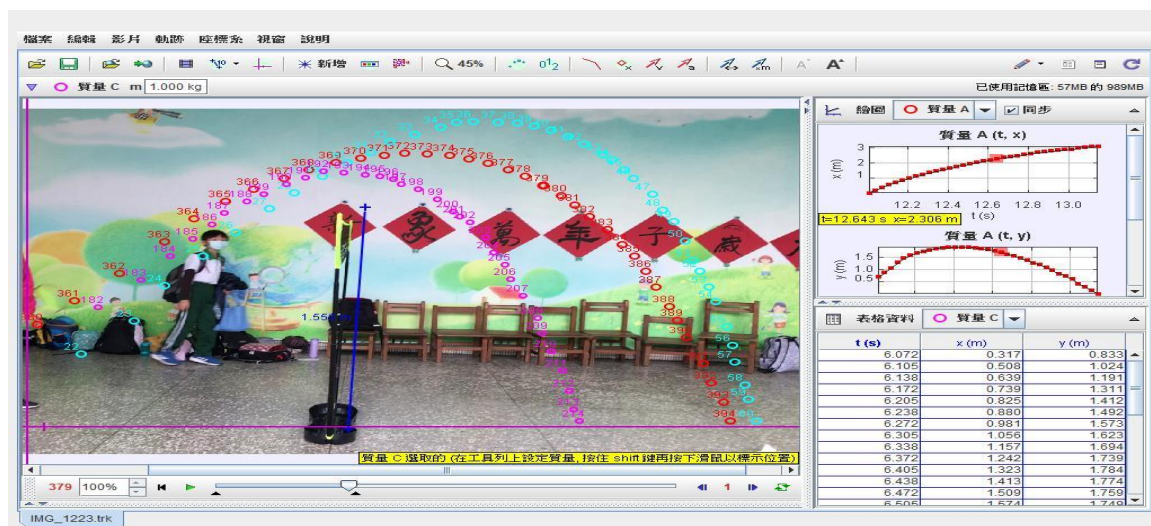
#### 一、實驗構想

我們的練球機如果能和真人一樣發出不同的球路，這樣我們就成功了，因此我們找了學校的體育老師來進行真人發球來進行比對。

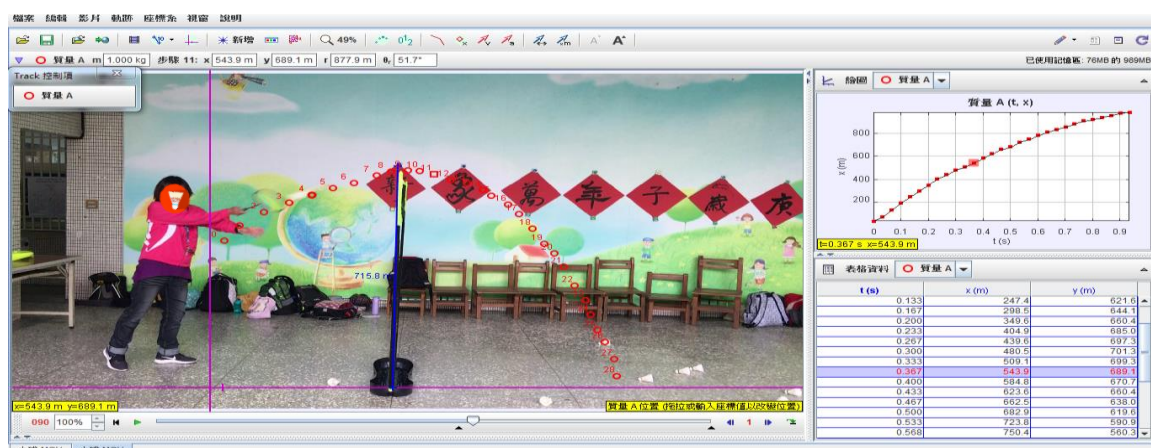
## 二、實驗過程

(一) 觀看網路上的教學影片，一步一步進行 tracker 軟體的學習。

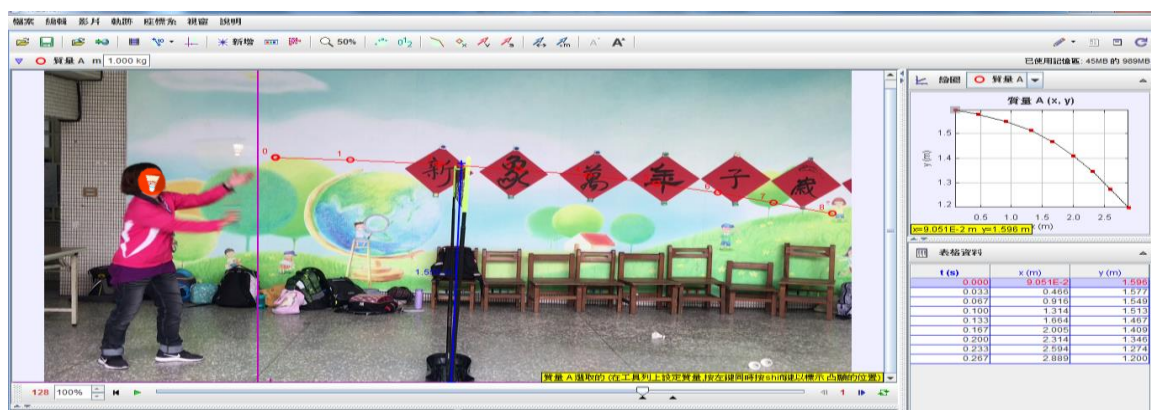
(二) 邀請學校羽球高手體育老師為我們示範不同球路：挑球、小球、平球。每一種球請老師發 5 球，我們進行錄影，最後各選一球來進行 tracker 軌跡分析。



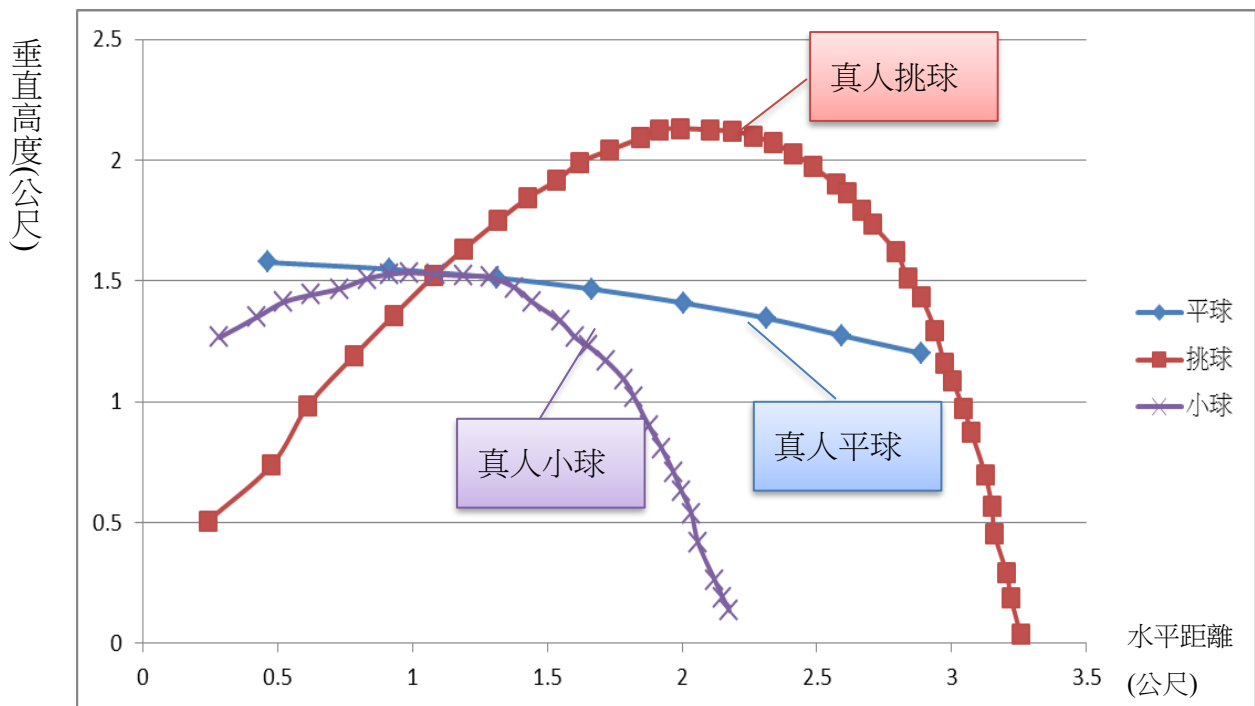
體育老師三次挑球的球路變化



體育老師小球的球路變化



體育老師平球的球路變化



老師三種球路在 EXCEL 中的 XY 散佈圖

### 三、實驗討論

- (一) 老師也有示範上手的長球，但是學校場地太小，無法錄到全部路徑，同時自製練球機發出的球還是無法跟真人用力揮拍的力道相比，因此不進行長球分析。
- (二) 真人發球時，出球的起始高度不同，自製練球機必須改變高度才能發出和真人類似的球路。

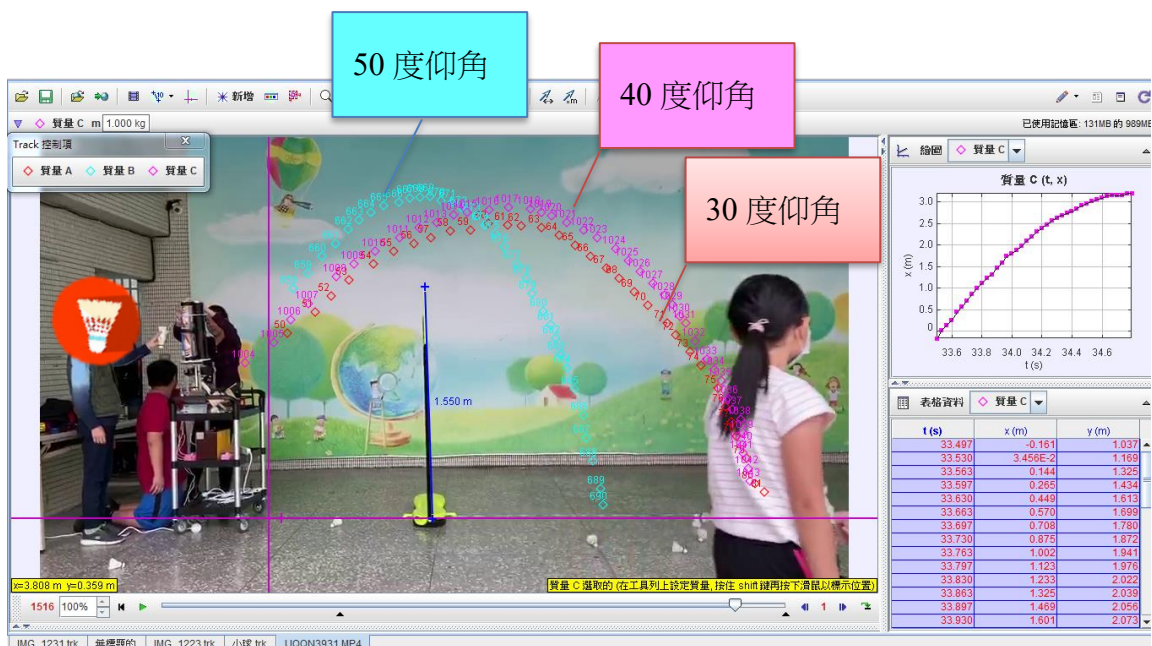
## 實驗 3-2 用 tracker 軟體探究自製練球機不同仰角飛行軌跡

### 一、實驗構想

我們將自製發球機用不同的仰角進行測試，記錄不同仰角的球路。

### 二、實驗過程

- (一) 我們將練球機放在體育老師之前發球的位置，固定開到 6v 的電壓，每 10 度的仰角都發 10 球。
- (二) 錄影後每一個能過網的角度中，取其中一球利用 tracker 軟體來進行分析。



每 10 度的發球仰角取一球利用 tracker 軟體來進行分析

### 三、實驗結果

- (一) 我們的練球機放在 80 公分高的推車上，位在網前 1.5 公尺，發現 10 度、20 度的仰角無法發球過網。
- (二) 30 度和 40 度的仰角發出的球非常類似，是所有角度射最遠的。
- (三) 練球機仰角最高只能到達 50 度，60 度時羽球無法從現有的滑梯設備送出。

### 四、實驗討論

- (一) 我們的練球機效能可以達到 12v，但是震動太強，噪音太大，有幾次導至電源保險跳開，因此後來我們比較少長時間開到最大的馬力。
- (二) 我們發現我的的練球機在同一個角度發出的球路無法落在同一地點，穩定性還是不足。
- (三) 放在推車上的練球機無法發出上手長球及平球，我們以後可以加高練球機的位置，在網前以 0 度、10 度的仰角來發球。

## 實驗 3-3 比對自製練球機和真人教練發球找出對應模式

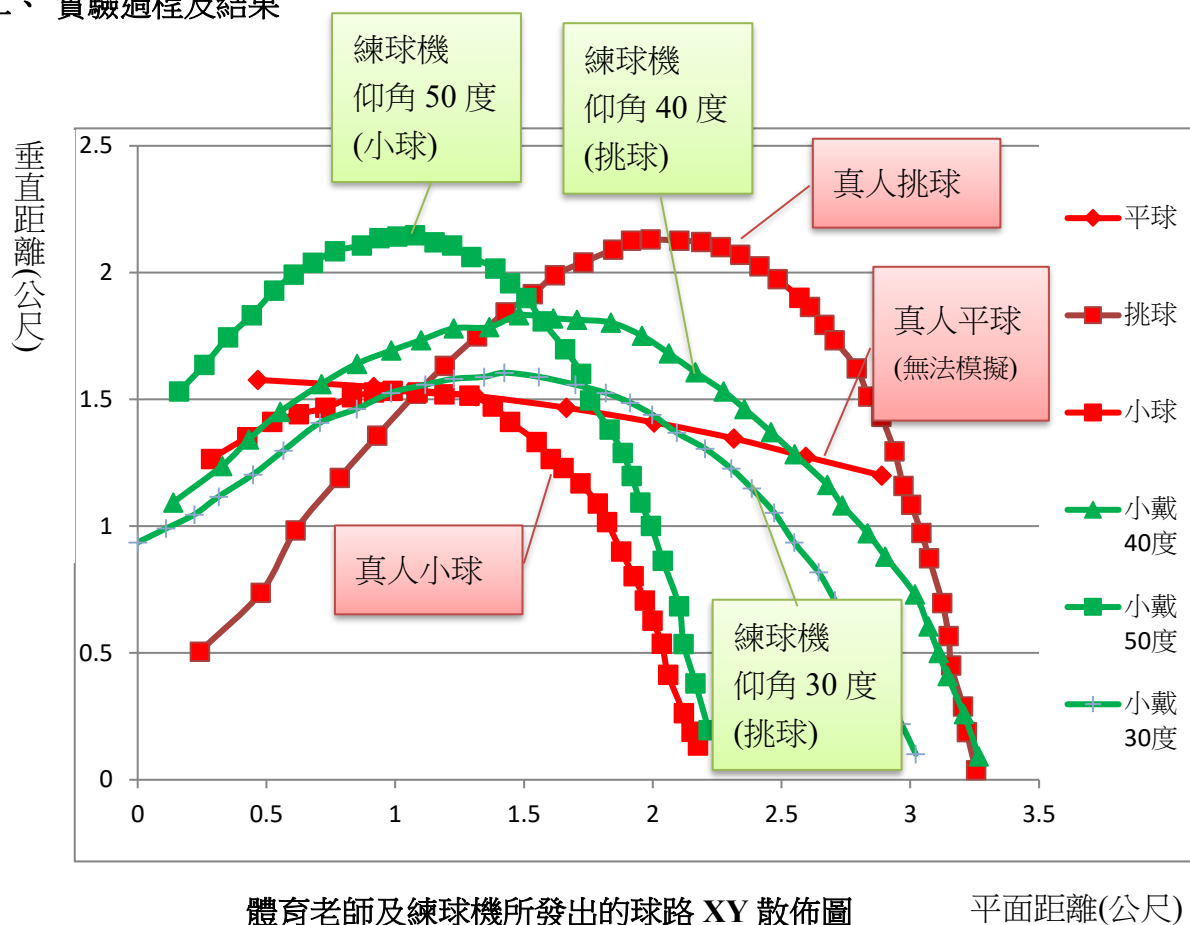
### 一、實驗步驟

我們將體育老師發的平球、挑球、小球以及我們的練球器發出來的 30 度、40 度



50 度仰角用 xy 散佈圖來一同分析。

## 二、實驗過程及結果



體育老師及練球機所發出的球路 XY 散佈圖

平面距離(公尺)

## 三、實驗討論

- (一) 練球機在仰角 50 度時所發出來的球可以當小球來練，但是跟專業的來比還是太高，可以再調整馬達的力量。
- (二) 我們的練球機在仰角 30、40 度時類似挑球的距離，但是和真人的挑球比起來高度比較低。
- (三) 我們原本由上圖可以發現，體育老師發出的球路富有變化，而我們的練球機的球路比較單一，比較好預測，是適合初學者。

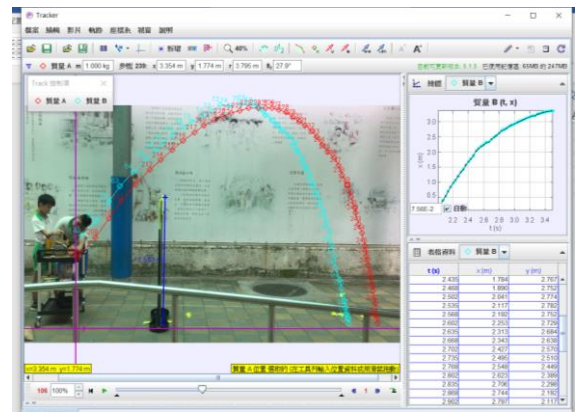
### 實驗 3-4 改變馬達的轉速，找出羽球落點

#### 一、實驗步驟

- (一) 在輪胎上貼上反光條，利用轉速器測試馬達轉速。
- (二) 分別以仰角 30 度 40 度 50 度發射羽球，慢慢改變電壓，當轉速到 1000、2000、3000、4000RPM 時，各放 10 顆羽球，錄影後用 Tracker 軟體記錄落點距離。

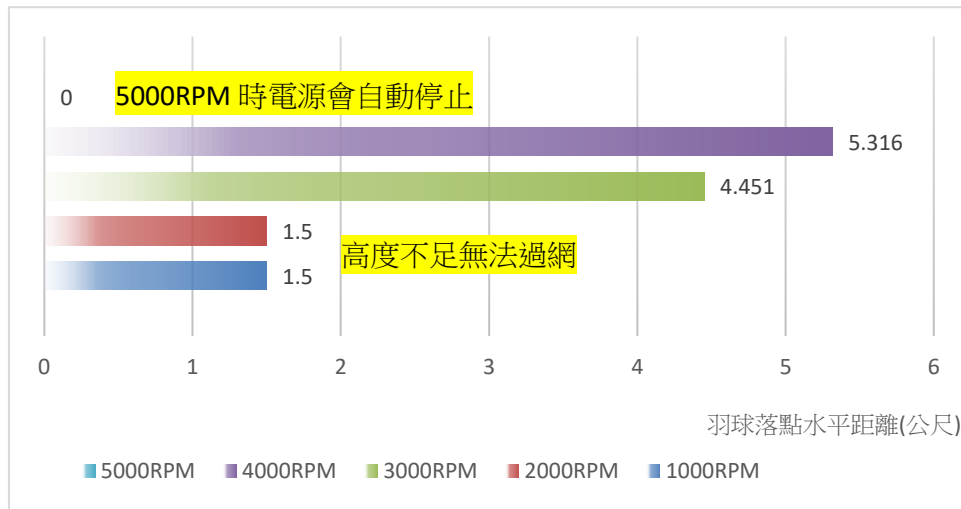


在輪胎上貼上反光條，利用轉速器測試馬達轉速。



分別以不用仰角發射羽球，改變轉速，各放 10 顆羽球，錄影後用 Tracker 軟體記錄落點距離。

## 二、實驗結果



仰角 40 度發射羽球，在不同轉速各放 10 顆羽球，平均落點距離長條圖

## 三、實驗討論

- (一) 在仰角 30 度 50 度時，中低轉速發射羽球，無法發球過網，因此只進行 40 度仰角。
- (二) 仰角 40 度時，1000RPM、2000RPM 都無法發球過網，3000、4000RPM 時，距離可達 4~5 公尺，接近 5000RPM 時馬達震動加大，實驗後段電源自動停止，實驗之前的測試則有達到 8000RPM 的紀錄。有關馬達的穩定度還需要再研究。
- (三) 要達到順利的發球，轉速必須 3000~4000 轉之間，超 4000 震動及噪音加大。

## 實驗四 精進練球機實用效能

### 實驗 4-1 效能民調分析優缺點：下課邀請同學實際試打問卷調查

#### 一、實驗步驟

(一) 我們邀請 20 位同學來進行實際試打，研究團隊以不同的角度，速度及強度來進行發射。

(二) 每人擊球 15 球後來完成以下問卷。

小戴陪你練球-自製羽球練球機 實測問卷

\_\_年\_\_班 姓名\_\_\_\_\_

自評羽球程度 能連續接球 20 球以上 能連續接球 10~19 球  
能連續接球 5~10 球 能連續接球 1~5 球以上

非常同意 很同意 普通 不同意 非常不同意

1. 我覺得「自製羽球練球機」跟真人打出的球很類似。

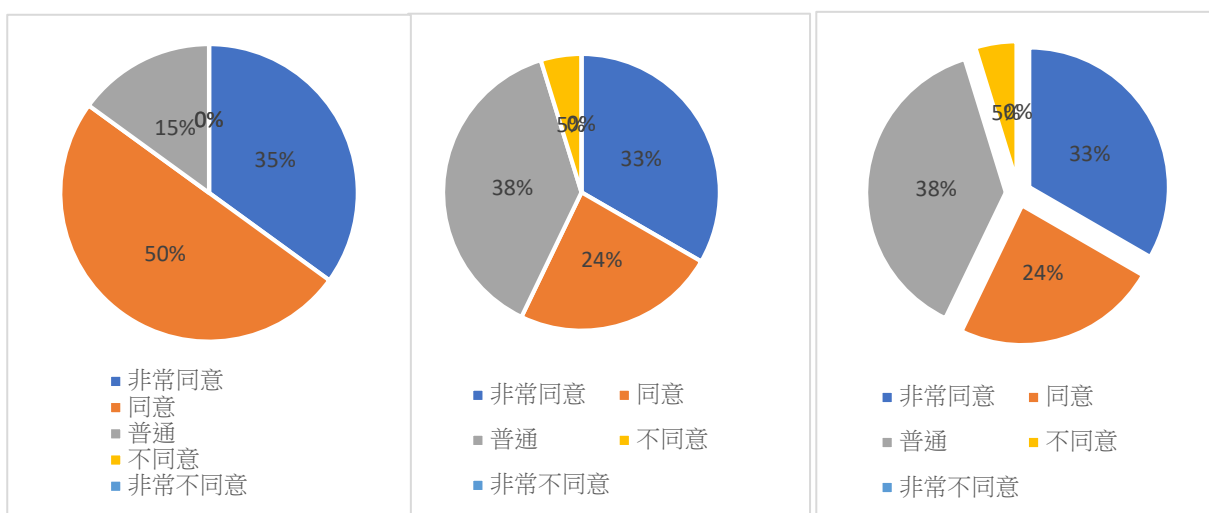
2. 只有我一個人時我願意用「自製羽球練球機」取代對手。

3. 我覺得用「自製羽球練球機」練球比跟同學練球效果好。

4. 我覺得「自製羽球練球機」有什麼優點？

5. 我覺得「自製羽球練球機」有什麼可以改進的地方？

#### 二、實驗結果



我覺得自製練球機和真人打出的很類似

我一個人時我願意用練球機取代對手。

我覺得用自製羽球練球機練球比跟同學練球的效果好。

### 三、實驗討論

(一) 有 90% 的同學認同我們的練球機，而且在測試的時候玩得很開心。

(二) 同學覺得我們的優點是可以自己一個人打羽球，而且發球快速。

(三) 同學提到我們發球機的缺點是不會改變方向，一直站著打就可以了，這點讓我們更進一步進行研發。

#### 實驗 4-2 加裝自動左右掃射功能



製作延長桿



利用智高積木製作偏心轉軸



和花盆架的轉盤結合



放上練球機，就能左右掃射。

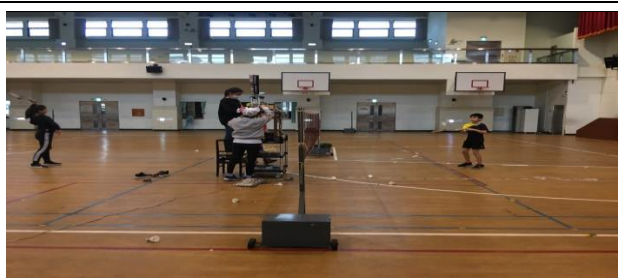
#### 實驗 4-3 在正式羽球場實際進行實測訓練



借到羽球場地



把練球機架高到 160 公分



可以射出難打的平球



實測我們的羽球練習機好用又好玩

## 陸、研究結果

### 一、研發羽球射球裝置

(一) 我們自行想像的發射法都沒有辦法成功，最後還是利用市售的轉輪發球法。

(二) 一般的小馬達在平射羽球時距離不到 2 公尺，於是我們特地去找到 12V，22000RPM 的夢幻馬達。平射的射程可達 6 公尺以上。



(三) 我們在新北市自創者工具圖書館蔡老師的協助下取得聯軸器車輪組，解決了輪胎因震動太大一直飛走的問題。同時借到可以調電壓的電源供應器。

(四) 加裝滑軌可以無段調整羽球發射的角度。



### 二、研發羽球放球裝置

(一) 組裝方便實用的羽球溜滑梯進輪裝置。



(二) 提出許多創新的方式讓羽球掉落、實測寶特瓶重力來推動羽球掉落裝置，雖然可行但是發球量少。

(三) 創新研發雙輪滾動來讓羽球掉落的裝置，可改變發球速度。



(四) 研發羽球自動換球筒裝置，可裝 4 筒球，可遙控，用定秒的定時器可自動連發 60 球。



### 三、模擬真人教練各種球路：挑球、小球、長球、平球

(一) 用 tracker 軟體及 xy 散佈圖分析出體育老師所發出的小球，平球、挑球。

(二) 用 tracker 軟體找出了自製練球機不同角度飛行軌跡。

(三) 體育老師發出的球路富有變化，而我們的練球機的球路比較單一，比較好預測，真的是適合初學者。

(四) 練球機在仰角 50 度時所發出來的球本來預測可以當小球來練，但是跟專業的來比還是太高，可以在調整馬達的力量。我們的練球機在仰角 30、40 度時類似挑球的路線。

#### 四、精進練球機實用效能

- (一) 下課邀請同學實際試打問卷調查，有 90% 的同學認同我們的練球機，而且在測試的時候玩得很開心。
- (二) 同學覺得我們的優點是可以自己一個人打羽球，而且發球快速。
- (三) 同學提到我們發球機的缺點是不會改變方向，一直站著打就可以了，這點讓我們更進一步進行研發。
- (四) 以偏心軸的方式加裝搖擺輪盤，練球機多了可以掃射的功能。
- (五) 我們在正式羽球場實際進行實測訓練，未來將以我們自製小戴教練練球機進行實際的集訓，我們將第一次挑戰今年的教育盃羽球錦標賽。

### 柒、討論

#### 一、研究的重要性

- (一) **運用學校所學研發動力裝置，用生活上的物品加以組合運用**：我們利用生活上的物品加以組合，改造可以讓小兵立大功，研發真正可用的裝備。
- (二) **利用機器力量，創造高 CP 值羽球發球機**：以 3000 元以下的成本，達到中高價發球機載球 60 顆，頻率可達一分鐘 65 顆，無段調整角度頻率速度，只是目前是用手動。

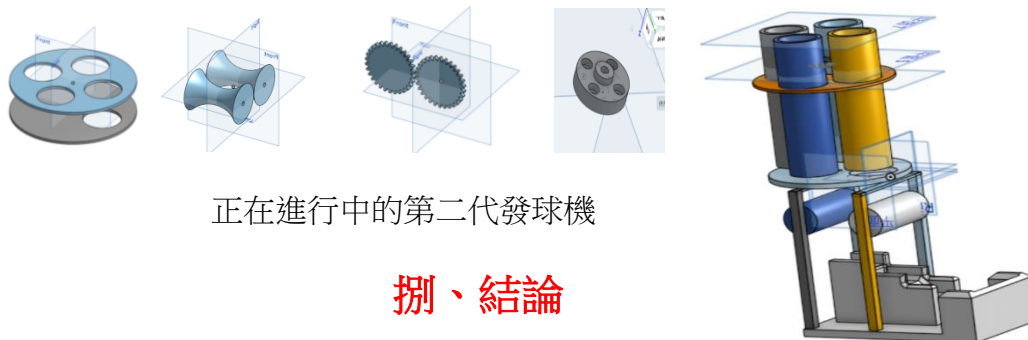
#### 二、未來研究的方向

- (一) **研發一體成型的練球裝置**：現在是放在推車上發射，也許可以設計可收納的可組裝的機構。
- (二) **發球方式再進化**：未來我們想考慮變化更大動力裝置，讓發球更靈活。
- (三) **學會程式設計，讓練球機更智能**：可設計不同的程式(用手機遙控方向、角度、球數，更能達到個人練球的效果)，讓練球機有更多功能。

(四) 不斷改良機器材質，畫出設計圖，用 3D 列印方式進行升級，製作成產品 DIY 說明書，希望可達到量產：為了使產品升級，向內湖高工的陳老師請益，用鋁擠、壓克力板等不容易損壞、偏移的材料來改良機器，使機器壽命更長。



向內湖高工的陳老師請益，嘗試畫 3D 設計。用不同的材料來改良機器。



正在進行中的第二代發球機

## 捌、結論

- 一、「小戴教練」是我們利用馬達及車輪自製的羽球練球機。一次可裝載60顆球，射程可達到6公尺，而且能左右掃射。
- 二、我們利用tracker運動軌跡軟體進行分析，以真人教練餵球訓練時所發出的球路進行對照。改變射球的快慢、角度、強度、找出小球、挑球、平球、長球等不同球路模式。
- 三、最具獨創性的是「小戴教練」的製作不需要寫程式，而是以滾輪及滑梯達到有效送球，資源回收的材料及簡易的機器組裝方式可讓其他同學們自行仿製。
- 四、研究團隊在製作過程中不斷測試練打，雖然無真人羽球教練，但我們鼓起勇氣全員代表學校首次參加108學年度臺北市教育盃羽球錦標賽，訓練過程中，證實「小戴教練」羽球練球機實用又好玩。

## 玖、參考資料

張昫柔、陳芊帆、洪瑋駿、李天宇（2018）。DIY「全自動」羽球發球機。（全國中小學科展作品）。臺北：國立臺灣科學教育館。

Jeroen van den Berg (2016). Shuttlecock launching machine. from

<https://www.youtube.com/watch?v=Gwg-Ge4gu9g>

## 【評語】 082806

本作品利用馬達及車輪設計並製作一個羽球發球機，製作能力佳，同時提供給同學訓練使用，作品實用性高。研發的過程根據問題解決，並請教各種專家，獲得專業的協助，富有實驗精神。實驗中利用 tracker 程式進行真人教練發球運動軌跡分析，若能將分析結果與作品結合，增加多種發球模式多元選擇，可進而提升使用者打球的樂趣。



# 摘要

「小戴教練」是我們利用馬達及車輪自製的羽球練球機。一次可裝載60顆球，射程可達到6公尺，可調發射角度而且能左右掃射。我們利用tracker運動軌跡軟體進行分析，以真人教練餵球訓練時所發出的球路進行對照。改變射球的快慢、角度、強度、找出小球、挑球、平球等不同球路模式。最具獨創性的是「小戴教練」的製作不需要寫程式，而是以滾輪及滑梯達到有效送球，資源回收的材料及簡易的機器組裝方式可讓其他同學們自行仿製。研究團隊在製作過程中不斷測試練打，並首次參加108學年度教育盃羽球錦標賽，訓練過程中，證實「小戴教練」羽球練球機實用又好玩。研究團隊進一步學習3D列印，改用更堅固的材質打造更具質感的機型。

## 壹、動機

「戴勁戴資穎！小戴加油！」臺灣之光戴資穎登上世界第一的寶座，掀起了羽球的熱潮。

但是，我們六個羽球菜鳥在對打就像進行「撿球運動」。我們就想做一臺發球機練習，脫離了菜鳥程度後，就能享受「戴勁」的羽球運動了。

市面上有現成的羽球發球機，我們對它的功能及價錢進行比較。我們想以自己的能力組裝出一臺CP值高的羽球練球機。

我們要確保研發的羽球練球機真的有用，為自己找到了不可回頭的目標，就是一起報名了教育盃羽球錦標賽乙組，而我們的教練，就是我們自己要研發的羽球練球機，為了跟戴資穎致敬，它的名字就叫「小戴教練」！

市售羽球練球機售價及功能比較表

市售資料來源：網購平臺（淘寶、PChome）

| 比較項目<br>羽球機 | 型號/售價                        | 載球   | 出球頻率             | 球路變化            | 搖控       | 組合球            |
|-------------|------------------------------|------|------------------|-----------------|----------|----------------|
|             | 斯波阿斯S8025<br>207612元(高價位)    | 400球 | 7.5~60 balls/min | 無段調整角度<br>度頻率速度 | 平板<br>操控 | 100種模式<br>隨意調節 |
|             | CRACK V-368<br>128000元(中價位)  | 60球  | 18~55 balls/min  | 8種高低弧度<br>14個落點 | 搖控<br>器  | 內建11種<br>組合球   |
|             | Time OUT(兒童用品)<br>2946元(低價位) | 15球  | 7~12 balls/min   | 1種<br>定點發球      | 無        | 無              |

動念：比較市售練球機後，想自己做一臺CP值高的羽球練球機。

小球、挑球、平球，通通練60球！

我是小戴教練

射程超過6公尺遠

放球速度可快可慢

可左右掃射

可調發射角度



小戴教練功能表

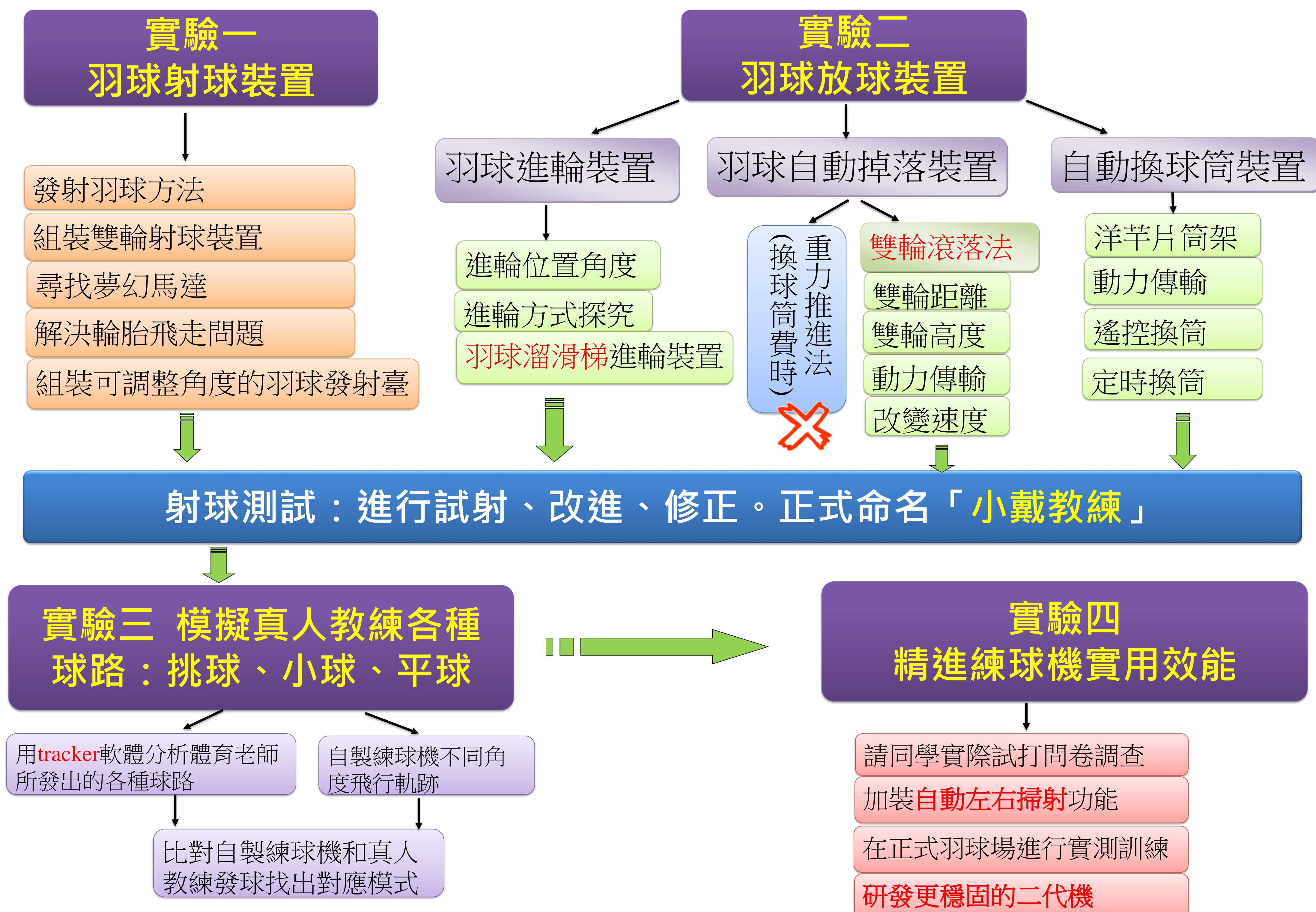
| 型號/售價          | 載球  | 出球頻率            | 球路變化                            | 搖控        | 射程    |
|----------------|-----|-----------------|---------------------------------|-----------|-------|
| 小戴教練<br>2500元起 | 60顆 | 25~69 balls/min | 無段調整<br>出球速度、<br>出球高度角<br>可左右掃射 | 無線搖控器(市售) | 可達6公尺 |

## 貳、研究目的

- 一、研發羽球練球機的射球裝置。
- 二、研發羽球練球機的放球裝置。
- 三、模擬真人教練各種球路：挑球、小球、平球。
- 四、實測民調精進羽球練球機的實用效能。

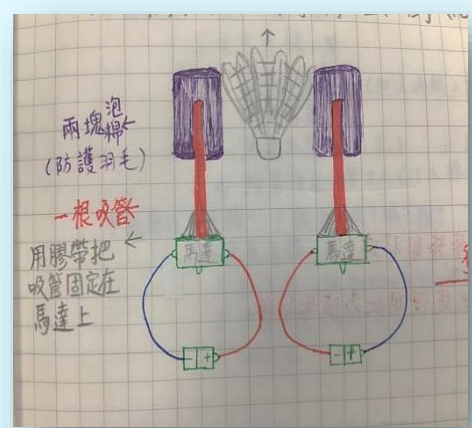
## 參、研究過程

### 研究架構

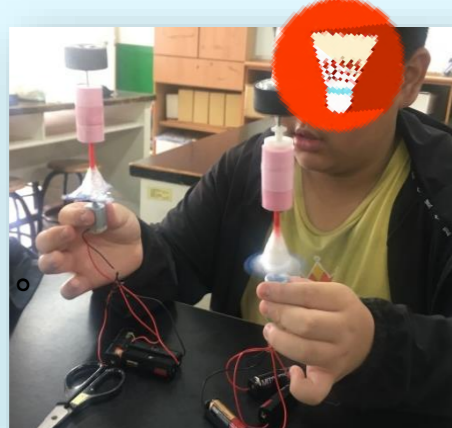


# 實驗一 研發羽球射球裝置

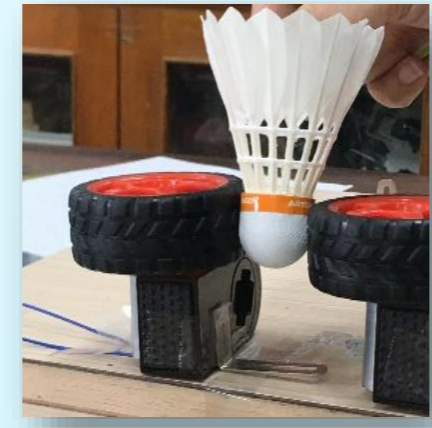
## 實驗1-1 尋找能發射羽球的方法



設計**雙輪發射法**：兩個馬達旋轉的方向要相反

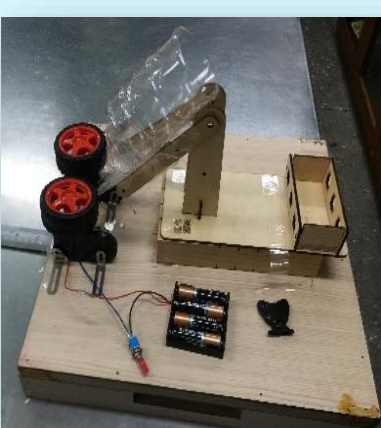


在兩個小馬達上裝上泡棉測試。發現在手持的情形下，可以將羽毛球轉出。



球頭的直徑是2.6公分。輪胎間距離超出2~2.6公分就無法發射。

## 實驗1-2 組裝雙輪射球裝置



用保特瓶製作滑道，羽球無法自行滑落，因此我們用長桿從上方將羽球推落。



在實驗桌上貼上長尺測試，各種馬達讓羽球飛行的距離



發射前在羽毛球頭先沾上粉筆灰，每一種馬達發射十球。

## 實驗1-3 尋找夢幻馬達



## 實驗1-4 解決輪胎飛走問題



「震動太大，輪胎一直飛走怎麼辦？」我們為了這個問題到自造者空間暨工具圖書館請問蔡老師。

蔡老師不但提供有聯結器的車輪組，還外借可調電壓的電源供應器，避免馬達全速時的震動。



到今華電子找馬達林叔叔為我們上課，協助我們找到適合的變壓器。



夢幻馬達轉速高達22000RPM 一顆250元

成功

## 實驗1-5 組裝可調整角度的羽球發射臺



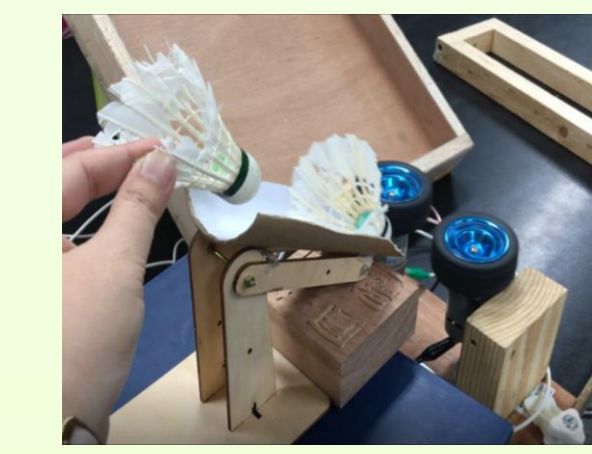
將馬達固定在木塊上，中間取2.4公分的距離。



用蝴蝶夾將木板一邊固定在方型木板上，利用長木條及L形白鐵在側邊製作滑軌。可以無段調整式調整發射角度。

# 實驗二 研發羽球放球裝置

## 實驗2-1 探究羽球進輪方式



測試羽球能順利用溜滑梯的方式進輪，改用手机架方便更改角度。底部用黏土就能固定，也方便微調。

## 實驗2-2 研發羽球自動掉落裝置

### 探究問題1：如何讓羽球一顆顆掉落？

| 獨創羽球掉落方案 | 蛋型夾        | 螺旋轉           | 斜球自行滾        | 寶特瓶推球法               | 雙輪滾球法              |
|----------|------------|---------------|--------------|----------------------|--------------------|
| 初試結果     | 雙邊馬達不容易同步。 | 45度的斜筒支撐架太龐大。 | 羽球一直保持斜度有困難。 | 設計簡單，羽球掉落順暢。<br>決定試作 | 穩定出球不容易出錯。<br>決定試作 |

### 探究問題2：如何以寶特瓶重力來推動羽球掉落？



利用兩條橡皮筋就能擋住羽球，加上推力就能讓羽球一顆一顆的掉落。

利用廢光碟及圓形馬達聯軸器為寶特瓶推球器加裝機動裝置。

將洋芋片筒正上加裝定滑輪，讓裝水的寶特瓶可以慢慢下滑推動羽球。

實際到操場測試果。一筒球約35秒就發完了，必須上移寶特瓶才能重新裝球。試打同學都等到不耐煩了。要再改進。

### 探究問題3：如何用雙輪滾動來讓羽球掉落？



用砂紙包住圓筒增加磨擦力。雙筒之間的距離為4.5公分。利用齒輪教具當動力來源。



改用轉速快一的強扭力慢速馬達(25RPM)

加裝調壓器，最慢15顆球要35秒，最快只要13秒。

### 發現

- 羽球能穩定的一顆顆落下來，我們正式為它取名為**霹靂雙輪**。
- 教具鍊條為塑膠材質，有時會斷裂，等待改進。
- 測試時，大家都忍不住想拿球拍來練球，驚呼和笑聲不斷。雙輪滾動法，**簡單又實用**，我們心中對羽球的熱愛全都活了起來！

成功

# 實驗2-3 研發羽球自動換球筒裝置

我們就發現如果只有一筒球15顆一下子就打完了，如果真的要練球的效果，致少要練個4筒球60顆。因此我們以組裝四個洋芋片筒為目標。

### 探究問題1：如何組裝旋轉球筒架？



用八個洋芋片筒兩兩相接，為了讓羽球不要卡在筒中，加大圓周。



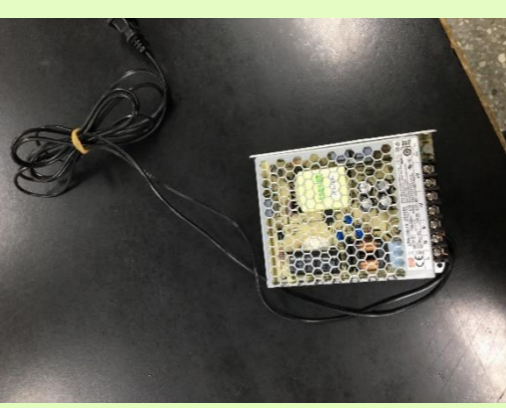
利用皮帶齒輪組聯結支架及強扭力減速馬達。

支架是利用反過來的L型鋼架教具，外面加上可轉動的塑膠管，直接用鐵釘釘在木塊上，馬達也是直接用歐姆夾釘在木塊上。



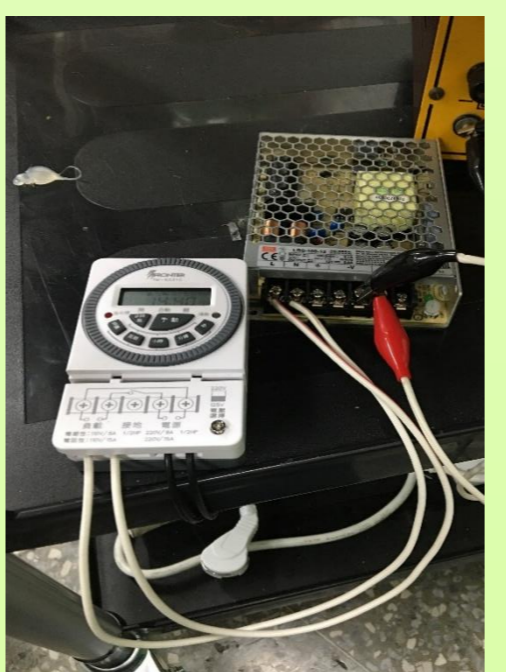
筒球發射完，啟動馬達就可以將另一筒球旋轉過來。繼續下一筒球的發射。但是我們發現馬達不是說停就停，關閉大約2秒後，馬達才會停止運轉。

### 探究問題2：可不可以搖控球筒旋轉？



將馬達接上-110V轉12V的變壓器。連接市售的遙控開關。雖然我們發現轉到下一個球筒的時間是4秒，但是必須2秒停止，讓馬達無電續轉2秒，就能剛好落球。

### 探究問題3：如何定時控制球筒旋轉？



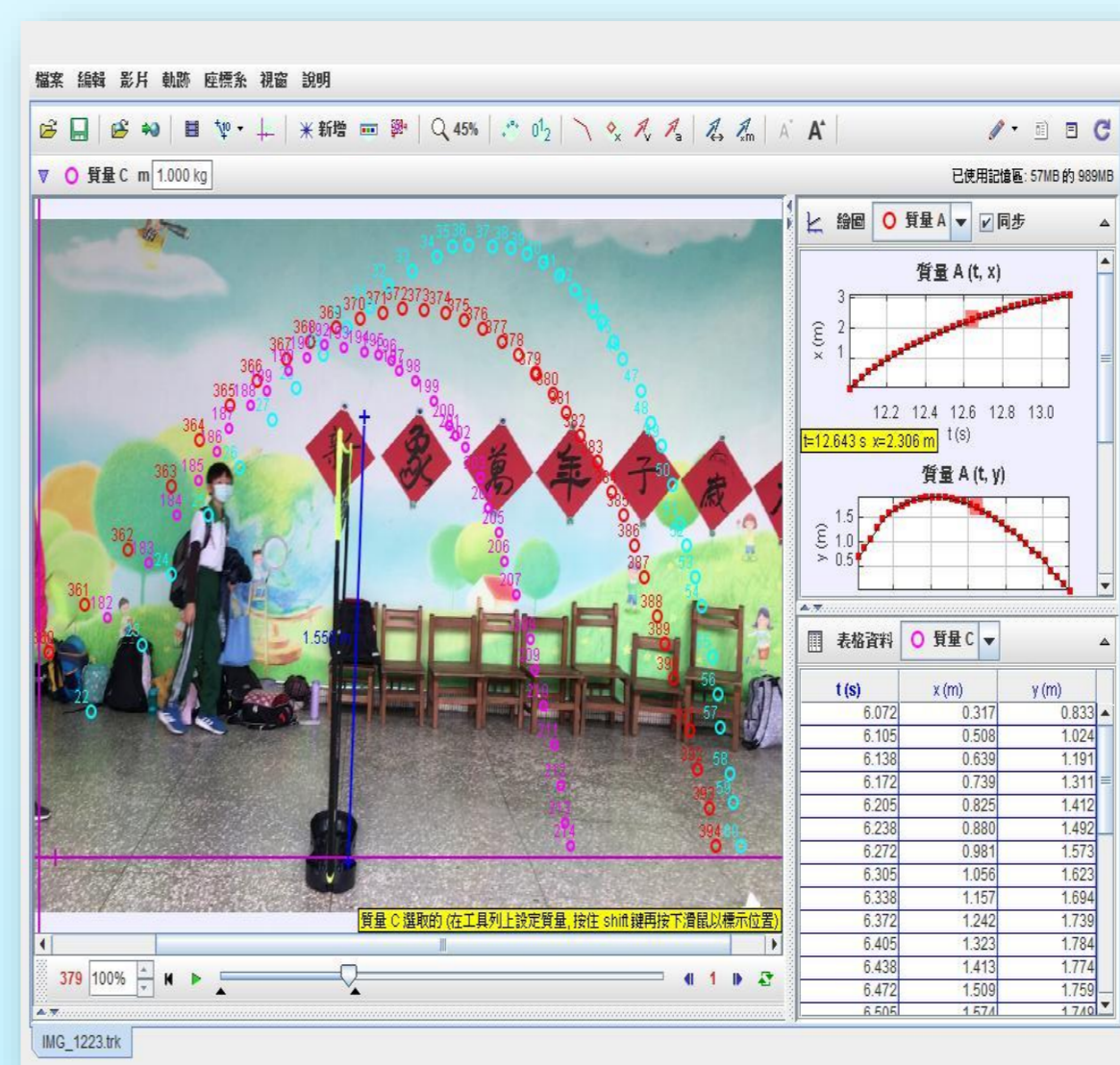
- 雖然遙控器不大，也許可以放在球員身上，但還是不方便，因此我們可以加裝以秒控制的定時器。
- 但是要設定多久呢？依照測試，一筒球發完最慢15顆球要35秒，最快只要13秒。我們可以這樣設：

電源關35秒(第一筒射球練習)  
電源開2秒(球筒轉動會是4秒)  
電源開37秒(第二筒射球練習)  
電源關2秒(球筒轉動會是4秒)  
電源開37秒(第三筒射球練習)  
電源開2秒(球筒轉動會是4秒)  
電源關上(第三筒射球練習)

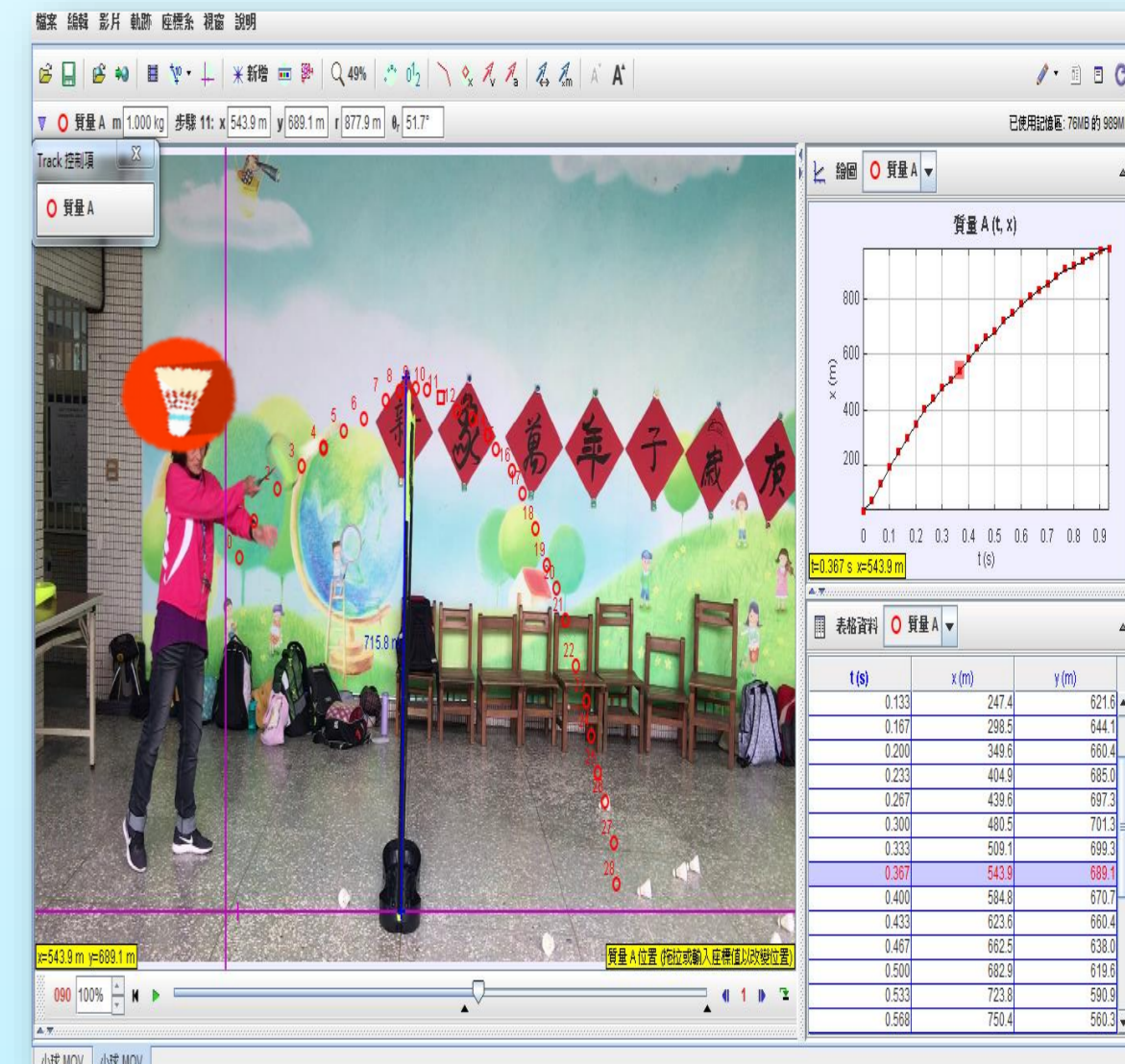
# 實驗三 模擬真人教練各種球路：挑球、小球、平球

## 實驗3-1 用tracker軟體分析體育老師所發出的各種球路

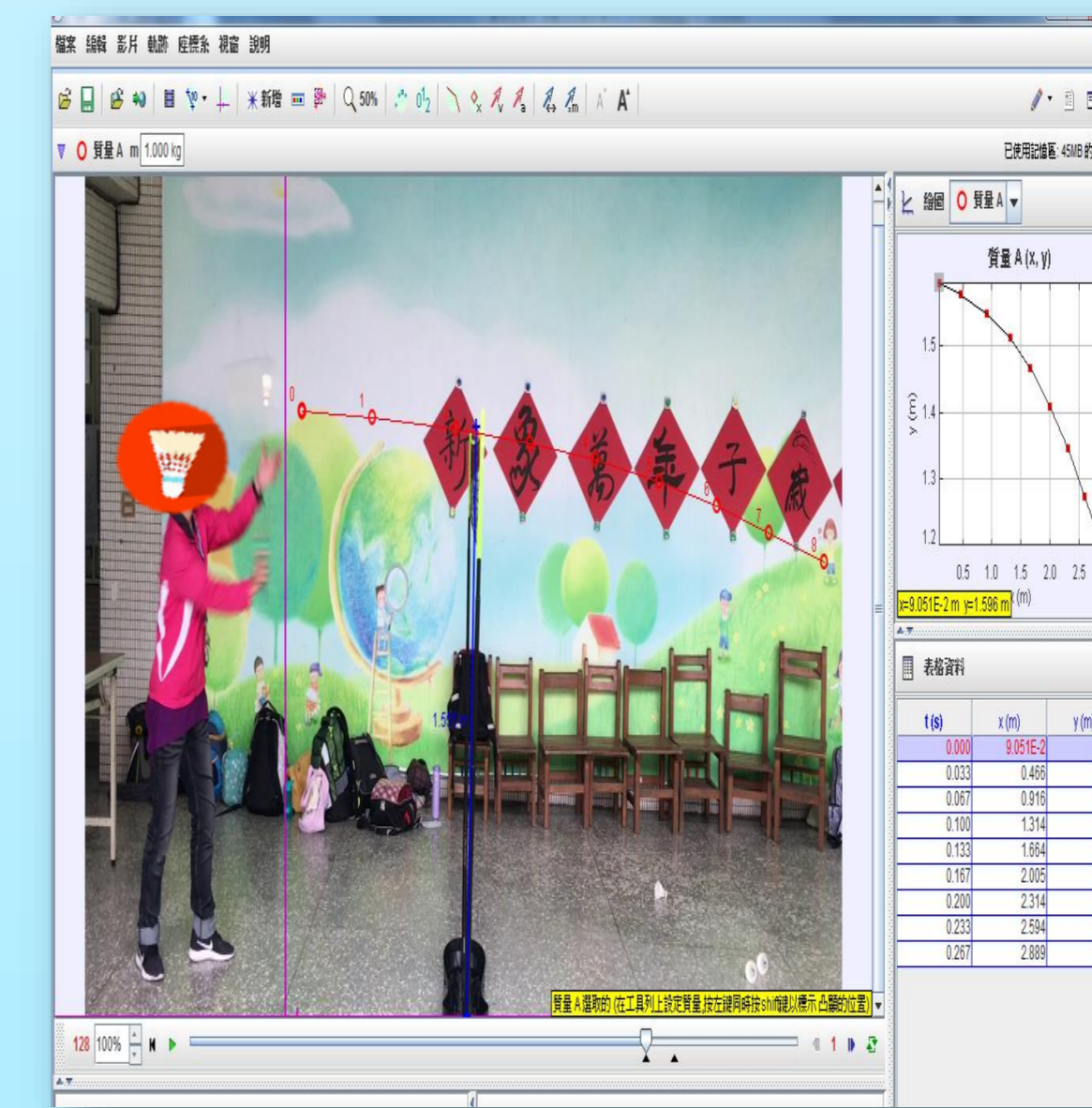
- 觀看網路上的教學影片，一步一步進行tracker軟體的學習。
- 邀請學校羽球高手體育老師為我們示範不同球路：挑球、小球、平球。每一種球請老師發5球，我們進行錄影，最後各選一球來進行tracker軌跡分析。



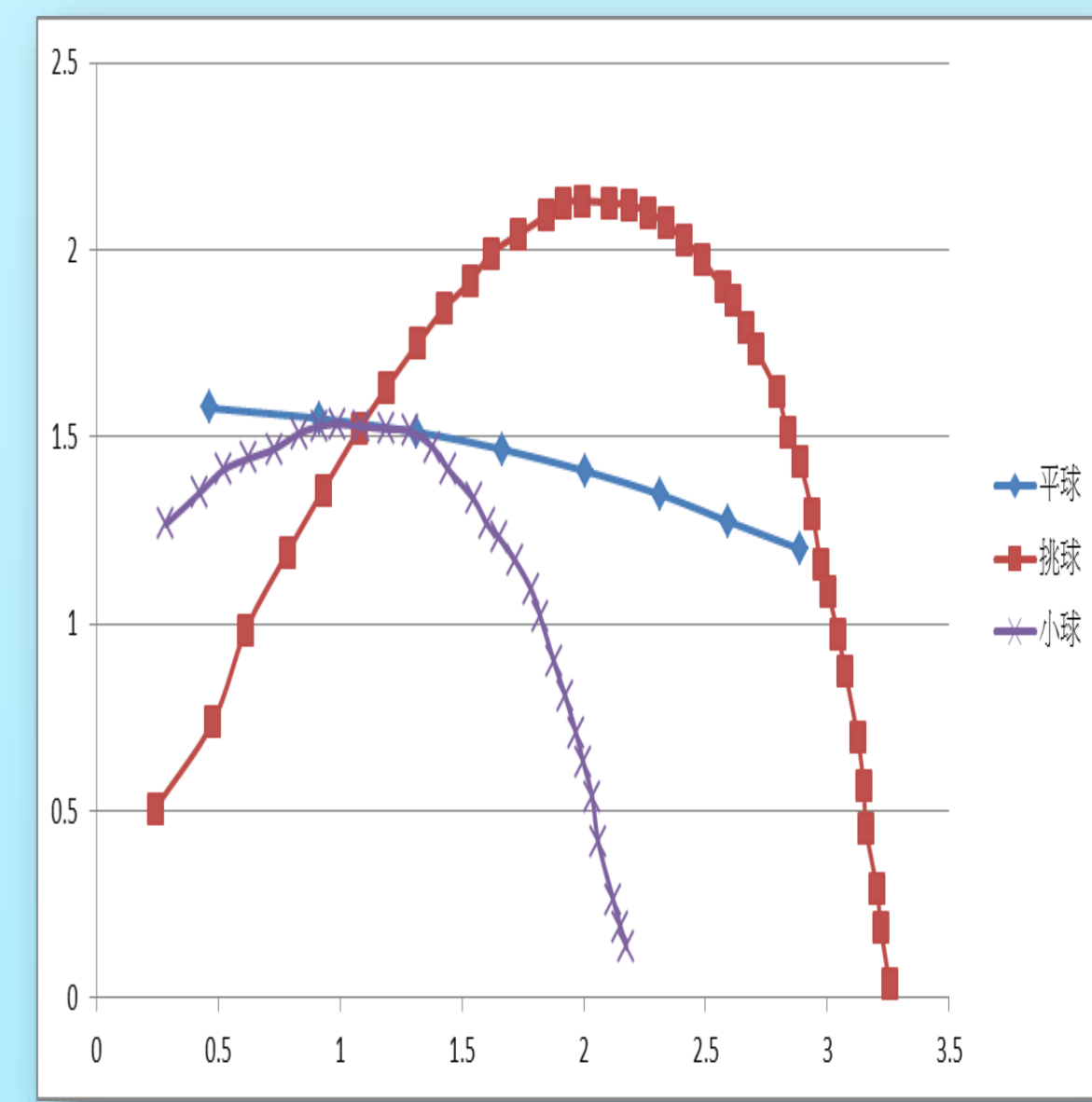
體育老師三次挑球的球路變化



體育老師小球的球路變化



體育老師平球的球路變化

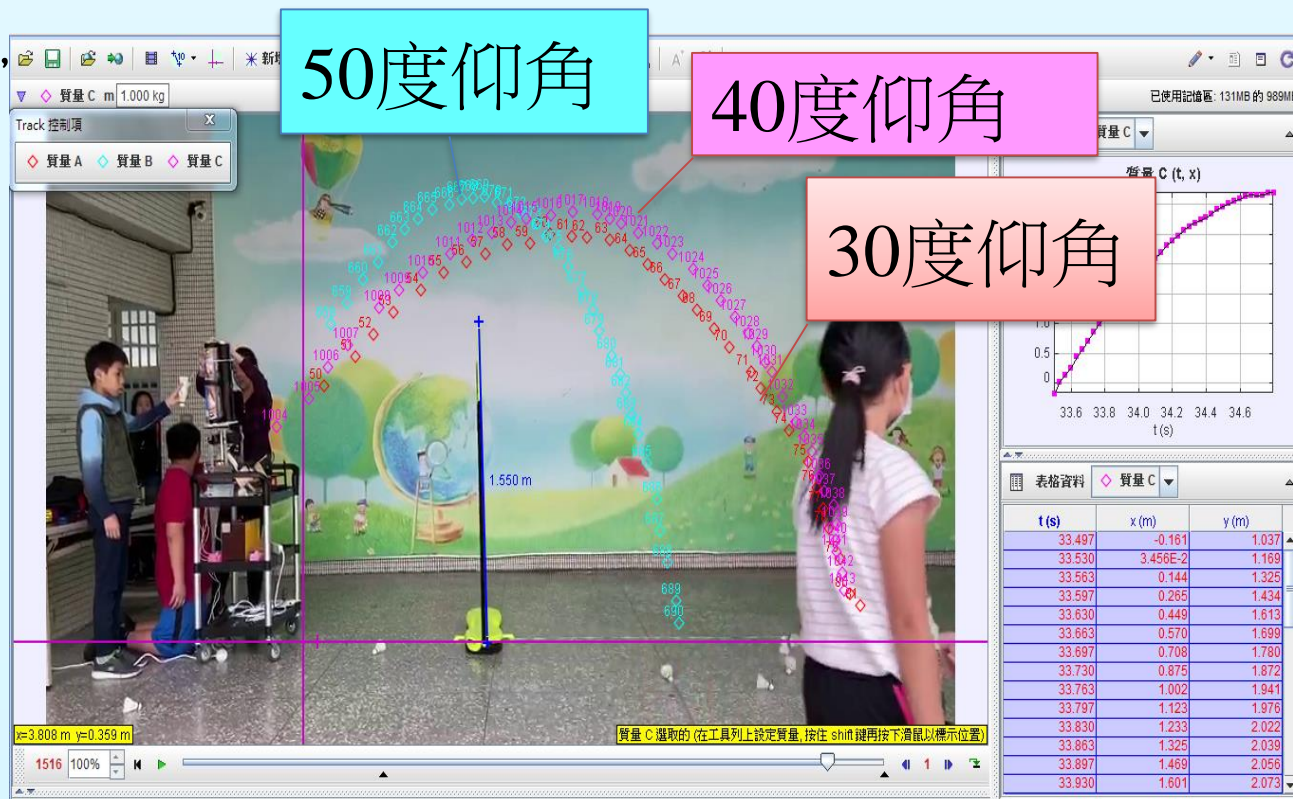


老師三種球路在EXCEL中以XY散佈圖一起呈現

**發現：**老師也有示範上手的長球，但是學校場地太小，無法錄到全部路徑，同時自製練球機發出的球還是無法跟真人用力揮拍的力道相比，因此不進行長球分析。

## 實驗3-2用tracker探究練球機不同角度飛行軌跡

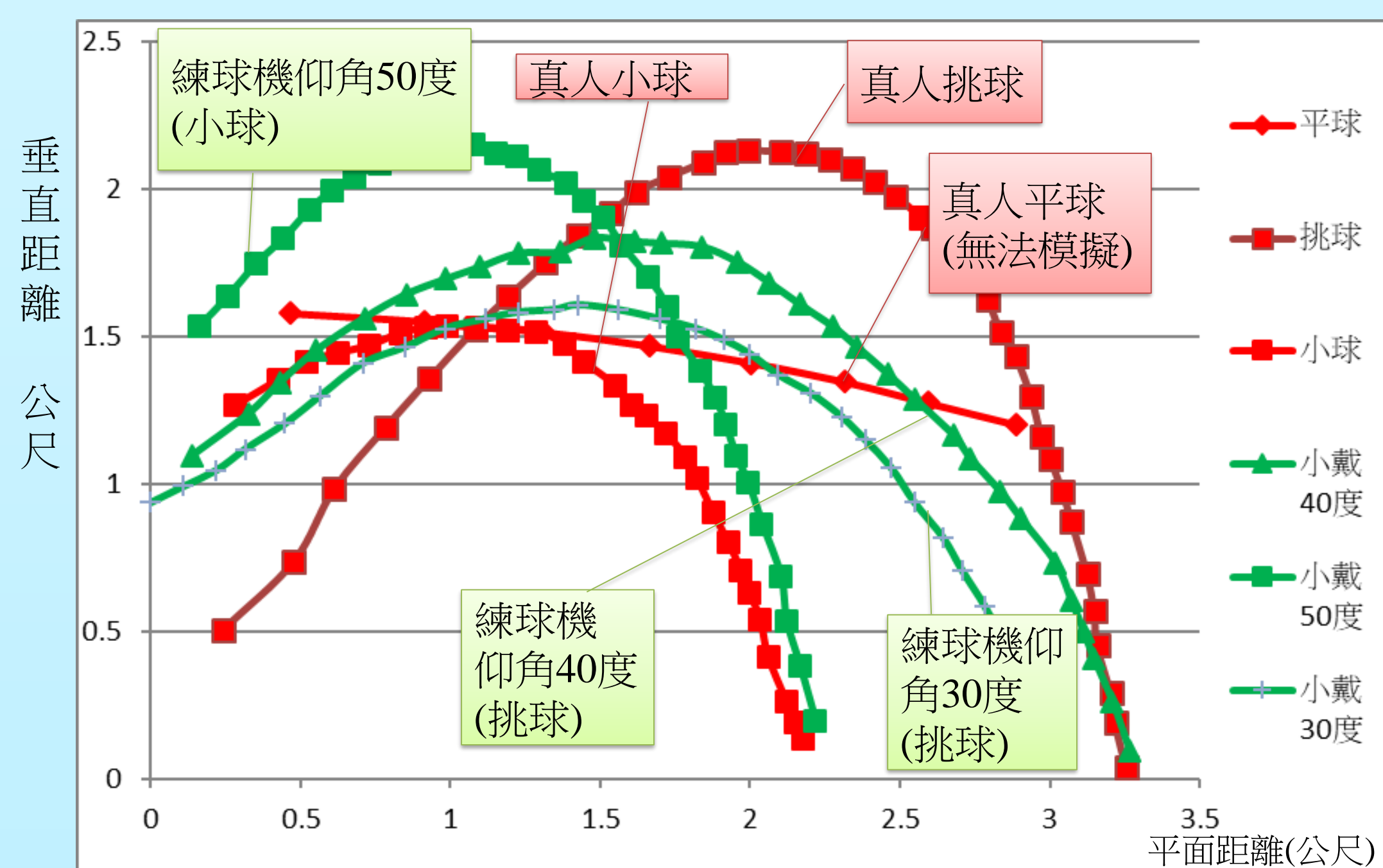
1. 固定開到6v的電壓，每10度的仰角都發10球。
2. 錄影後每一個能過網的角度中，取其中一球利用tracker軟體來進行分析。



- 發現：**
1. 10度、20度的仰角無法發球過網。30度和40度的仰角發出的球非常類似，是所有角度射最遠的。
  2. 練球機仰角最高只能到達50度，60度時羽球無法從滑梯設備送出。
  3. 放在推車上的練球機無法發出長球及平球。

## 實驗3-3 比對練球機和真人發球找出對應模式

我們將體育老師發的平球、挑球、小球以及我們的練球器發出來的30度、40度50度仰角用XY散佈圖來一同分析。



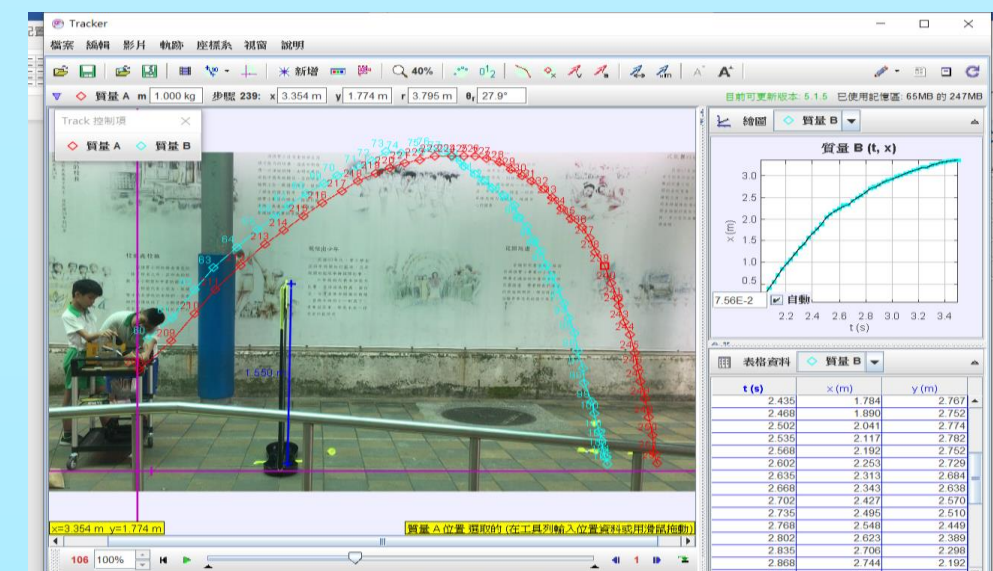
體育老師及自製練球機所發出的球路xy散佈圖

- 發現：**
1. 體育老師的球路富有變化，自製練球機的球路比較單一，比較好預測，真的是適合初學者。
  2. 練球機在仰角50度時所發出來的球本來預測可以當小球來練，但是太高，可以再調整馬達的力量。
  3. 在仰角30、40度時類似挑球的路線。

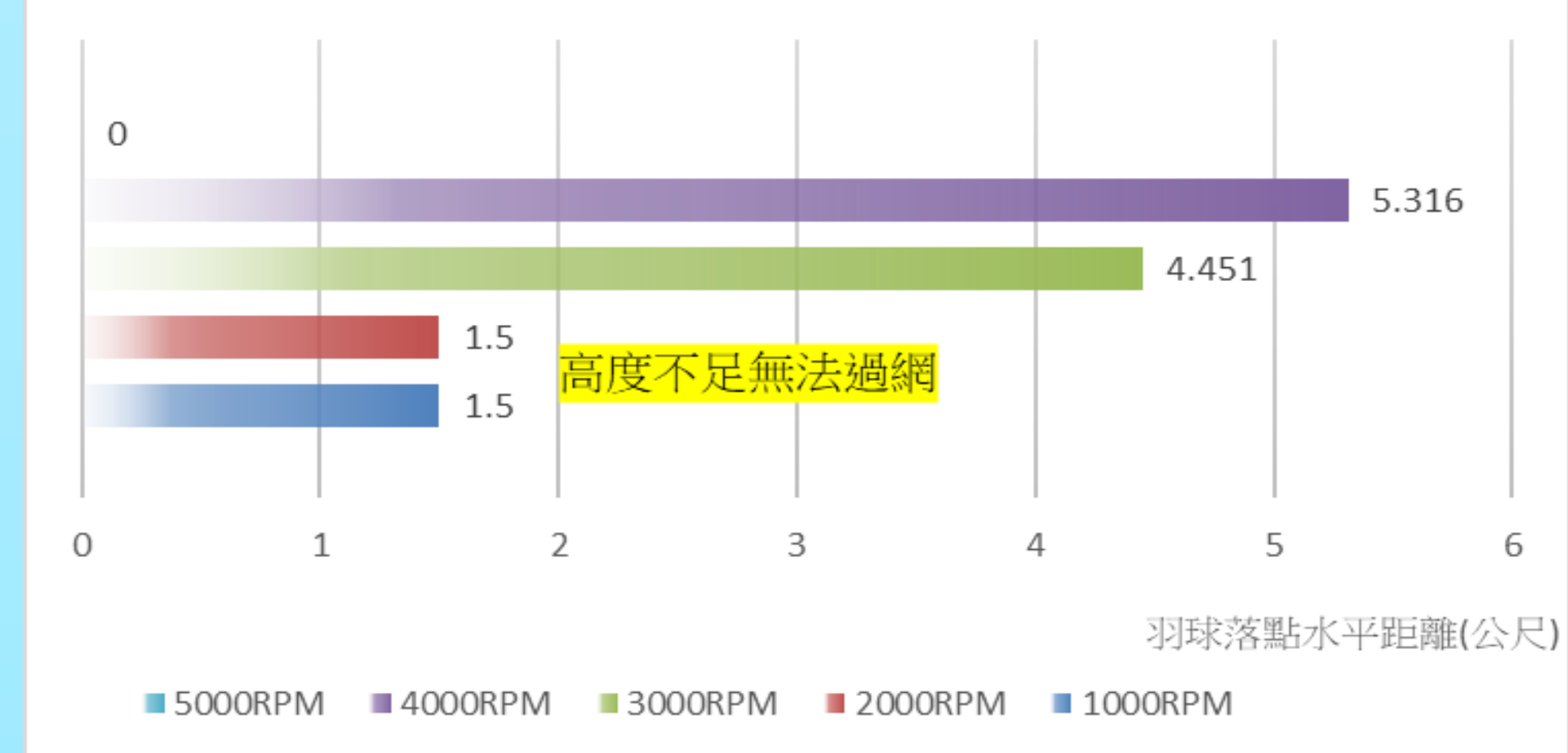
## 實驗3-4 改變馬達的轉速，找出羽球落點



在輪胎上貼上反光條，利用轉速器測試馬達轉速。



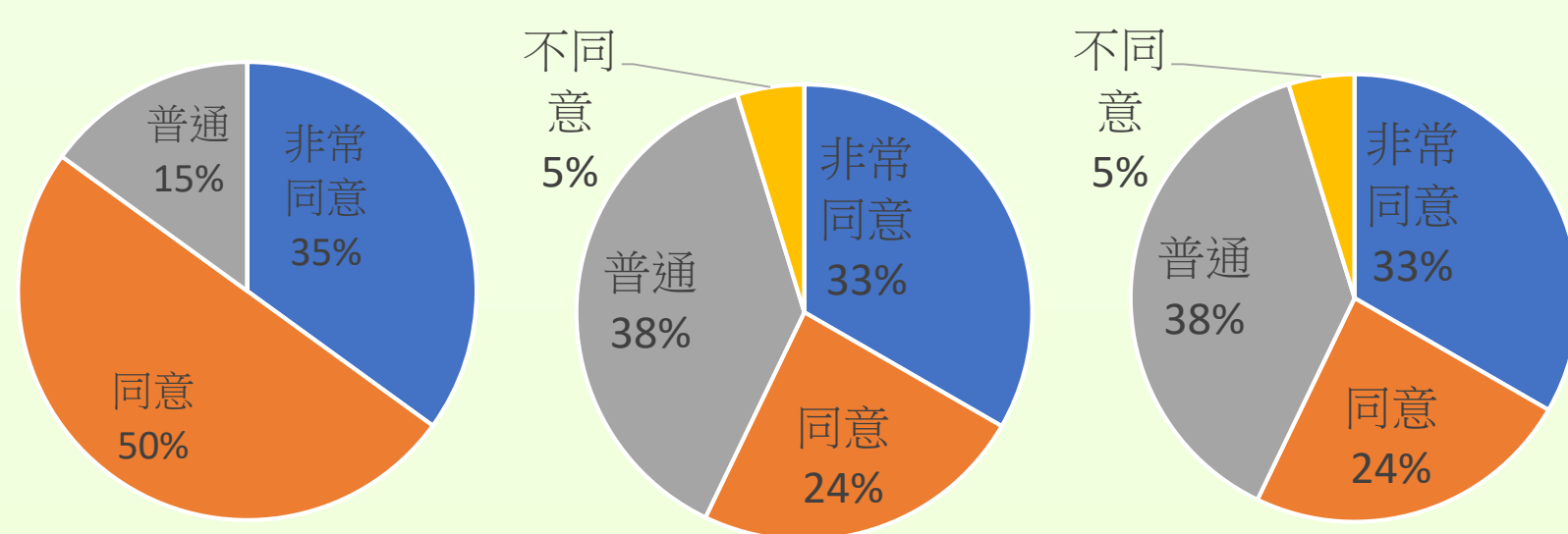
以40度仰角，改變轉速，各放10顆羽球，錄影後用Tracker軟體記錄落點距離。



仰角40度發射羽球，在不同轉速各放10顆羽球，平均落點距離長條圖

## 實驗四 精進練球機實用效能

### 實驗4-1效能民調分析優缺點： 下課邀請同學實際試打問卷調查



和真人打出的很類似。 願意用練球機取代對手。 比跟同學練球的效果好。



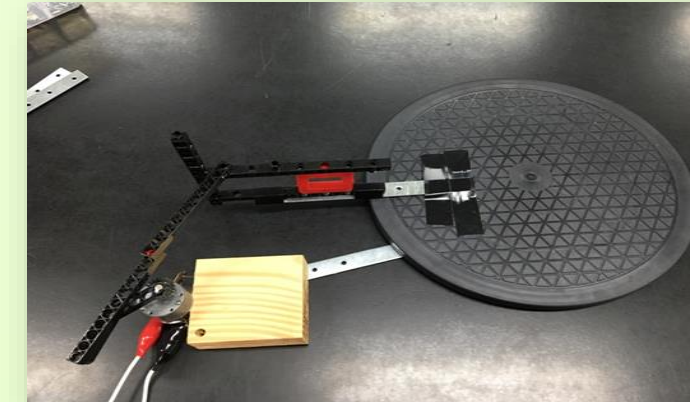
邀請20位同學來進行實際試打，每人擊球15球後來完成問卷。

- 發現：**
1. 有85%的同學認為練球機和真人打的類似，在測試的時候笑聲不斷。
  2. 同學覺得我們的優點是可以自己一個人打羽球，而且發球快速。
  3. 同學提到發球機的缺點是不會改變左右方向，一直站原地揮拍很無聊，減少他們用練球機取代真人的意願，這點讓我們更進一步進行研發。

### 實驗4-2加裝自動左右掃射功能



利用智高積木製作偏心轉軸。



和花盆架的轉盤結合，啟動馬達就能推動上盤達到左右轉。放上練球機，就能左右掃射。

### 實驗4-3在正式羽球場實際進行實測訓練



借到羽球場地，把練球機架高到160公分，可以射出難打的平球。



在羽球場測試，實測我們的羽球練球機實際可用，好用又好玩。



在教育盃羽球賽休息區用小戴教練熱身。引起其他羽球教練及同學好奇。



教育盃羽球賽現場實況

研究團員奮戰中

研究團員鼓起勇氣全部報名上場比賽，猜猜我們的戰績如何？

### 實驗4-4 改用堅固材料進行質感升級

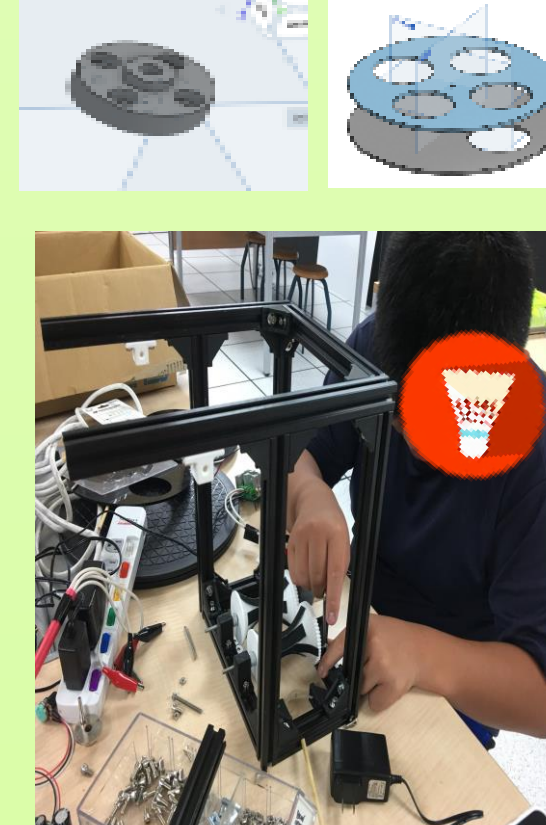
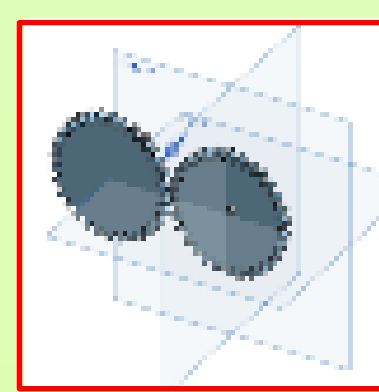
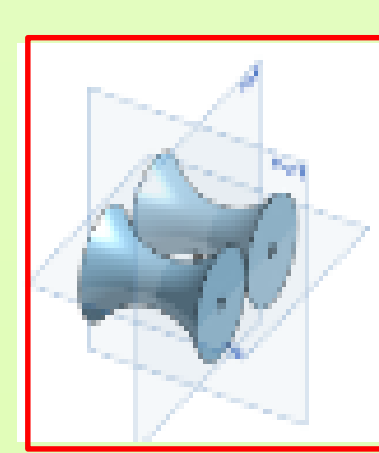
#### 打造小戴教練二代機



用onshape軟體畫出3D零件，進行全面升級。



向高工的陳老師請益，用鋁擠、壓克力板等不容易損壞、偏移的材料來改良機器。



升級版小戴教練二代機

## 肆、結果

### 一、研發羽球射球裝置

- (一) 我們利用市售的雙輪發球法發球。找到12V，22000RPM的夢幻馬達。平射射程可達4公尺以上。
- (二) 我們在自造者空間暨工具圖書館的協助下取得聯軸器車輪組，解決了輪胎一直飛走的問題。
- (三) 我們在自造者空間暨工具圖書館的協助下取得聯軸器車輪組，解決了輪胎一直飛走的問題。
- (四) 加裝滑軌可以無段調整羽球發射的角度。

### 二、研發羽球放球裝置

- (一) 組裝方便實用的羽球溜滑梯進輪裝置。
- (二) 創新研發雙輪滾動來讓羽球掉落的裝置，可改變發球速度。
- (三) 研發羽球自動換球筒裝置，可裝4筒球，可遙控，用定秒的定時器可自動連發60球。

### 三、模擬真人教練各種球路：挑球、小球、長球、平球

- (一) 用tracker軟體及xy散佈圖分析出體育老師所發出的小球，平球、挑球。
- (二) 用tracker軟體找出了自製練球機不同角度飛行軌跡。
- (三) 真人發出的球路富有變化，而我們的練球機的球路比較單一，好預測，真的是適合初學者。
- (四) 練球機在仰角50度時所發出來的球本來預測可以當小球來練，但是跟專業的來比還是太高，可以在調整馬達的力量。我們的練球機在仰角30、40度時類似挑球的路線。

### 四、精進練球機實用效能

- (一) 同學實際試打問卷調查，有90%的同學認同我們的練球機，而且在測試的時候玩得很開心。
- (二) 以偏心軸的方式加裝搖擺轉盤，練球機多了可以左右掃射的功能。
- (三) 我們在正式羽球場實際進行實測訓練，並帶著小戴教練挑戰教育盃羽球錦標賽，實際熱身。
- (四) 我們以更堅固的材質打造小戴二代機，發射羽球更穩固，質感更好。

## 伍、討論

### 一、研究的重要性

- (一) **獨創性：**我們自己研發的霹靂雙輪落球法及滑梯送球法是簡單實用的創新作法。
- (二) **創造高CP值羽球發球機：**利用機器力量，以2500元的成本，達到中高價發球機載球60顆，出球頻率可達一分鐘25~69顆，最遠可達6公尺，而且無段調整角度頻率速度。
- (三) **提供許多關鍵問題的解決方式：**找到車輪聯軸器組來解決車輪飛走問題；提出用砂紙增加摩擦力，靠雙輪轉動來夾羽毛球的毛，達到一顆一顆落球。

### 二、未來研究的方向

- (一) **研發一體成型的練球裝置：**現在是放在推車上發射，也許可以設計可收納的組裝機構。
- (二) **發球方式再進化：**未來我們想考慮變化更大的動力裝置，讓發球更靈活，更有變化。
- (三) **學會程式設計，讓練球機更智能：**可設計不同的程式，讓練球機有更多自動的球路模組。

## 陸、結論

- 一、「小戴教練」是我們利用馬達及車輪自製的羽球練球機。一次可裝載60顆球，射程可達到6公尺，而且能左右掃射。
- 二、我們利用tracker運動軌跡軟體進行分析，以真人教練餵球訓練時所發出的球路進行對照。改變射球的快慢、角度、強度、找出小球、挑球、平球等不同球路模式。
- 三、最具獨創性的是「小戴教練」的製作不需要寫程式，而是以滾輪及滑梯達到有效送球，資源回收的材料及簡易的機器組裝方式可讓其他同學們自行仿製。另外學習3D列印，利用鋁擠製作更穩固的二代機。
- 四、研究團隊在製作過程中不斷測試練打，雖然無真人羽球教練，但我們鼓起勇氣全員代表學校首次參加108學年度教育盃羽球錦標賽，訓練過程中，證實「小戴教練」羽球練球機實用又好玩。