

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030801

一羽中的

學校名稱：臺北市立北投國民中學

作者： 國二 朱育萱 國二 陳乃蓁 國二 劉芳岑	指導老師： 任建安
---	------------------

關鍵詞：整列收集、凸輪連桿、Arduino

摘要

本研究從第 53 屆全國科展「羽置今拾」延伸，以將羽毛球收集整齊為此次研究內容與目的。此次成品應用 Arduino 控制板、超音波感測器與紅外線感測器進行組合，並實際製作出成品。將其過去作品改良，使連桿裝置的摩擦力變小，達成快速拋起動作，並利用馬達、凸輪與彈簧的機械結構組合，使每次撿拾羽毛球的力道相同，便於研究羽毛球的掉落與集球裝置位置。利用紅外線與超音波組合，感測羽毛球將其自動拋起，且使羽毛球能夠準確地掉入自製集球器當中，完成半自動化的撿拾裝置。

壹、研究動機

因看到第 53 屆全國中小學科展作品「羽置今拾」，羽毛球機的構想與作品相當吸引人，但其羽毛球撿拾裝置是以大量撿拾羽毛球為研究內容，並未能將羽毛球排列整齊收納，得需再次進行人工排列。因此，我們想將其作品演進成具自動撿拾功能，又可讓羽毛球每次拋起的力道大小能固定、並整列收集進入筒中，進而達到更省工省時的效果。

本次主題內容與自然與生活科技課程中所學習的知識技能可做結合與實踐；在七上所學習的問題解決模式概念、製圖與設計概念方法；在八下製造科技課程中，學習有關材料特性與加工方法；在八下的力與運動單元中，學習有關彈力位能的觀念；以及在電腦與生活科技課程中，學習有關 Arduino 控制板、各式感測器與相關程式的操作。

貳、研究目的

- 一、整列收集
- 二、準確撿拾
- 三、固定位置掉落
- 四、固定力量拋起
- 五、利用 Arduino 控制板，自動化程式

參、研究器材與設備

- 一、工具類：折鋸、銼刀、砂紙、尖嘴鉗、斜口鉗、剪刀、美工刀、螺絲起子、一字起、熱溶膠槍、膠條、小鋼砲、手搖鑽、鑽頭、防鑽板，鐵尺、線鋸、鋸條、圓規、鐵槌、手持砂輪切割機
- 二、材料類：三分三夾板、密底板、木條、冰棒棍、圓軸、橡皮筋、螺絲、螺帽、鋁棒、釘子、捲筒紙、墊片、12v 馬達、Arduino 控制板、超音波感測器、紅外線感測器、吸管、碳鋼條、彈簧、抽屜滑軌、培林、馬達盒、馬達
- 三、資料類：筆電、隨身碟、相機、記憶卡、手機

肆、研究過程

一、確立問題：

- (一) 如何將羽毛球自動啟動爪子撿拾？
- (二) 如何將拋起羽毛球的力量大小固定？
- (三) 如何將羽毛球收集整齊排列成串？

二、設定目標：

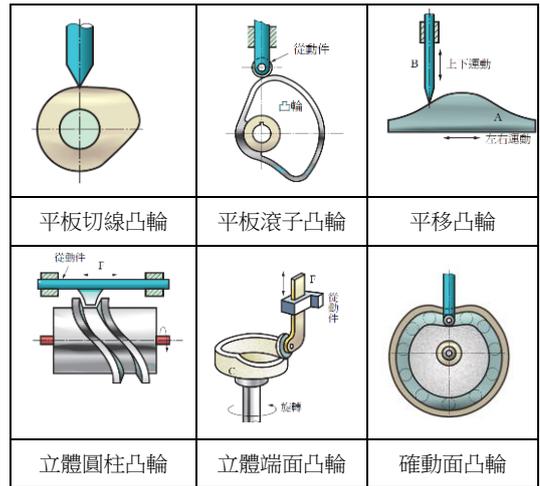
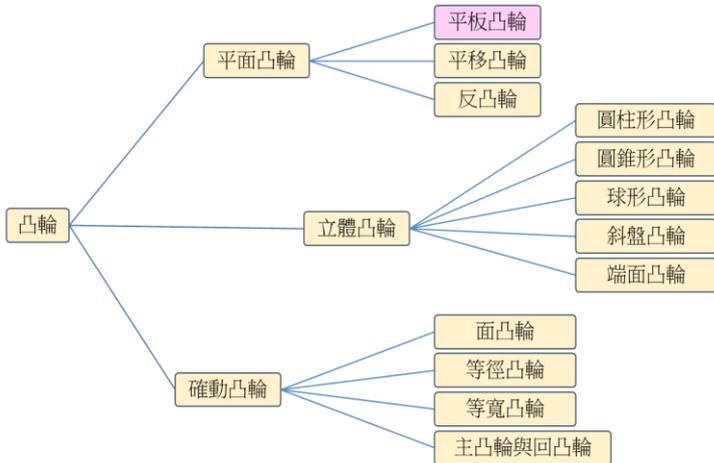
- (一) 利用感測器與 Arduino 操作機台，自動感測羽毛球，並將其拾起
- (二) 利用彈簧與馬達的機械結構組合
- (三) 利用羽毛球的拋物線及碰撞原理使羽毛球蒐集成筒狀

三、蒐集資料：

(一) 凸輪

凸輪是圓柱形或平板狀的機件，藉由曲線外型或曲線凹槽與從動件相接處，當凸輪本身轉動或移動時，可使從動件做週期性之等速、不等速或不連續之往覆或搖擺運動者。凸輪是一項相當重要的連桿件，因為其應用簡單，但卻容易達到所需之運動目的。故在自動化機械中，如機械加工、印刷機、內燃機或計算器等，凸輪機構之應用相當普遍。

1.凸輪種類



2.凸輪主要運作部件

部件名稱	工作曲線 (凸輪輪廓)	總升距	作用角	
文字說明	若凸輪與從動件之接觸，另有一滾子或一平板介於其間，以使從動件發生預期之運動，則此凸輪所具有的周緣曲線，稱為凸輪的工作曲線。	凸輪從動件上升與下降之最大差距，即 $GD = OG - OD$ 。	從動件自開始上升至恢復原來位置，凸輪所轉動之角度，即 $\angle aOb$ 。	
圖為凸輪裝置，A 為凸輪，B 為從動件，O 為凸輪軸中心（原動軸）；因為有凸輪 A 的動作及從動件導路之約束，B 部分於是作上下往復運動。				

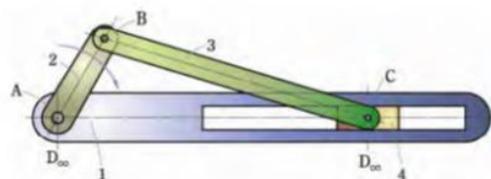
3.應用

馬達轉動凸輪時，會將凸輪從最小半徑(A 點)轉至最大半徑(B 點)。在這過程中，會將滑塊推至最遠處，並使彈簧伸長蓄力。當凸輪轉動過 B 點後，因彈簧收縮，使得滑塊會瞬間向後移動，進而帶動連桿，轉動圓筒使羽球拋起。

(二) 連桿裝置：四連桿機構之幾何關係

1.組成四連桿機構之基本條件

任一連桿之長度必小於其餘各連桿長度總和。



2. 葛萊旭夫定理

(1) 最短桿與最長桿之長度和小於其餘兩連桿之長度。

(2) 最短桿與最長桿之長度等於其餘兩根連桿之長度，運動不確定稱為變點機構。

(3) 最短桿與最長桿之長度大於其餘兩根連桿之長度，只形成雙搖桿機構。

(三) 超聲波感測器



可以提供 Arduino 系統判斷與障礙物的距離，這距離可以是水平距離或是高低距離，也可以偵測物體通過數量(遮斷或在指定距離內判別)

原理是在觸發端(Trip)發出一個 10us 的超音波(40kHz)，等到接收端(Echo)收到反射的超音波停止計時。

超聲波感測器在此作品的用途：偵測和羽毛球之間的距離

(四) Arduino Uno：(介紹)

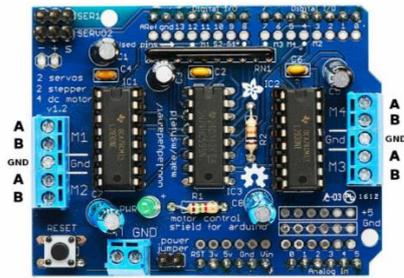
1. Arduino 是一個開放式的電路板，可以自行設計程式並結合電路，即可運用到作品上。基於創用 CC 開放原始碼的電路圖設計。

2. 開放源碼(open-source)。不僅軟體是開放源碼，硬體也是開放的。軟體的開發環境可在網上免費下載，而 Arduino 的電路設計圖也可從官方網站自行下載，依據自身之需求進行修，但須要符合創用 CC 授權條款(創用 CC 授權條款)。

3. 可依據 Arduino 官方網站，取得硬體的設計檔，加以調整電路板及元件，以符合自己實際設計的需求。

4. 可簡單地與感測器，各式各樣的電子元件連接，如 紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達...等。





Arduino 擴充版

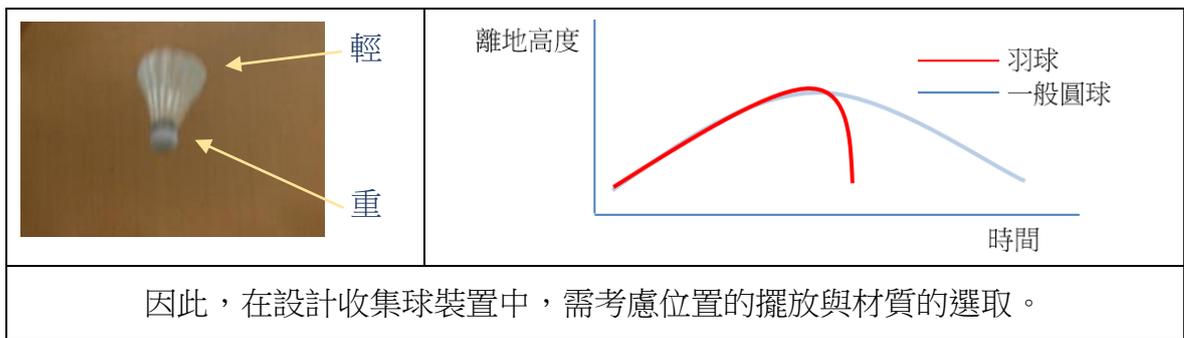
(五) 紅外線感測器

<p>最佳辨識距離為 $d=2\text{mm}$ 建議偵測距離為 $0.2\text{--}30\text{mm}$ 最大偵測距離為 $0.2\text{--}60\text{mm}$</p> <p>地面或障礙物</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.傳感器採用 TR5000，靈敏度高 2.靈敏度可調（圖中藍色數字電位器調節） 3.模塊可以感應的遮擋距離 0-3cm 4.工作電壓 3.3V-5V 5.輸出形式 a 模擬量電壓輸出（0-5v） b 數字開關量輸出（0 和 1） 6.設有固定螺栓孔，方便安裝 7.小板 PCB 尺寸：3.5cm * 1.5cm 8. 電源指示燈（紅色）和數字開關量輸出指示燈（綠色） 9.比較器採用 LM393 芯片，工作穩定
<p>紅外線感測器在此作品的用途：紅外線感測器偵測到培林使馬達停止轉動。</p>	

(六) 羽毛球的拋體運動

拋體運動，多半是描述靠近地球表面的拋射體。拋體就是拋出的物體(即初速度不為零)，其在空中的運動就稱為拋體運動。拋體運動可分為水平拋射運動與斜向拋射運動。因為運動的獨立性，質點在平面上的運動可視為兩個垂直方向的一為運動，兩個方向的運動彼此互相干涉。拋體運動可看成是由水平方向的等速運動與鉛質方向的等加速度運動所組成的。

因羽球的重心偏低，靠向軟木位置。拋起後，至最高點掉落時，因慣性及重心位置影響，會使底部向下落下，與一般球類飛行路徑也有所不同。而在接觸地面時，則會發生偏置現象。



(七) 集球裝置材料比較

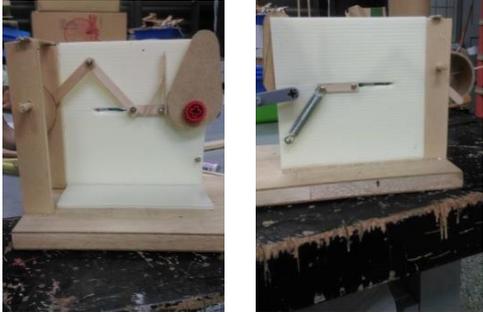
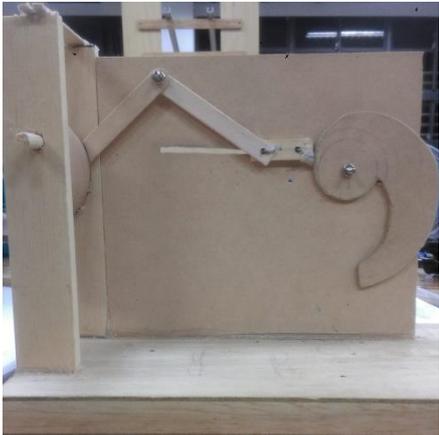
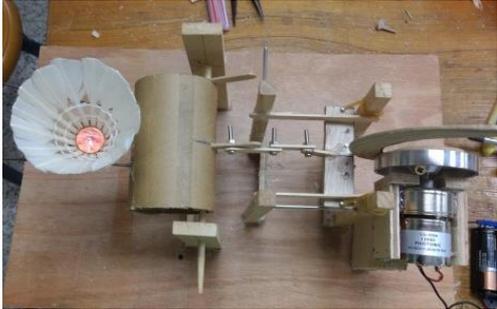
種類	投影片	塑膠片	資料夾外殼	L型資料夾
堅固程度	易變形	最堅固	堅固	較投影片堅固
實際測試	羽毛球與投影片碰撞時，會因力量大小導致投影片變形，增加投影片數量，將會使投影片過堅固，羽毛球彈出。	因塑膠片過於堅硬，和羽毛球碰撞時，會使羽毛球彈出在外。	活頁資料夾較硬，會使羽毛球彈出。	內部光滑，不會像投影片容易變形，可使羽毛球軟木塞位置向下，掉入收集筒當中。

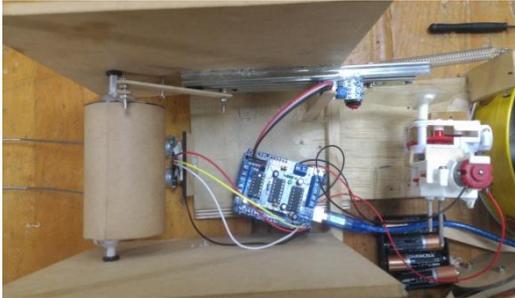
四、構想解決方案

項次	問題	解決方式
1	鐵絲太軟，不易撿起球且會變形	改用碳鋼條，使爪子可以固定，不易變形
2	12v 馬達轉速太快	將兩個一般馬達盒利用一支長軸進行連接讓轉速變慢
3	橡皮筋彈性疲乏	改用彈簧進行製作
4	用竹筷當軸容易彎曲變形	改用鋁棒當軸
5	拋物線與掉落位置不固定	繪圖模擬，並且進行手動測試與慢動作拍攝羽毛球的拋物線
6	接球整列的裝置無法使羽毛球每次都準確掉落	將接球的裝置摺成各式形狀並實際測試進行比較
7	連桿運作不順暢	利用滑軌、凸輪及培林進行調整

五、執行製作

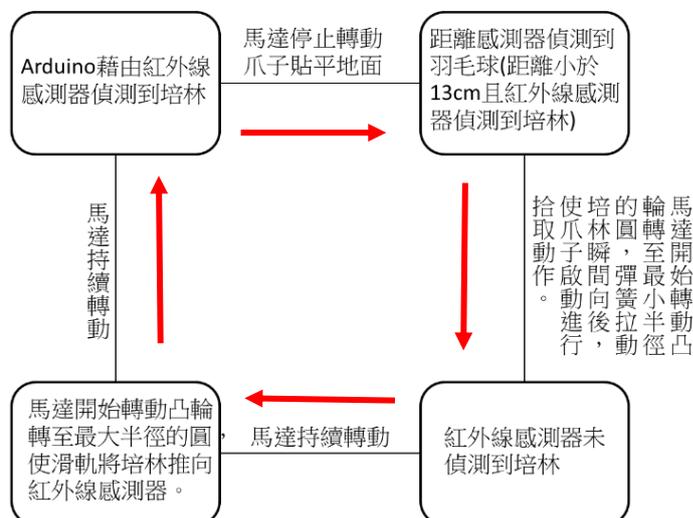
(一) 模型試作

編號	完成圖片	製作方式	優缺點與改善方向
1 號 機		<p>利用智高積木手動齒輪帶動凸輪推動滑塊將羽毛球拋起。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.力道過小 2.拋起位置不穩定 3.需手動 4.滑桿與螺絲磨擦力過大不易滑動
2 號 機		<p>利用木條手動推動滑塊帶動彈簧進行拋起動作。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.需手動 2.力道無法控制 3.滑桿與螺絲磨擦力過大不易滑動
3 號 機		<p>利用馬達配合凸輪帶動滑塊進行拋起動作。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.力道過大 2.馬達不夠力，需手動操控 3.拋起位置不穩定 4.軌道切的不平均因此無法順利滑動
4 號 機		<p>利用 12v 的馬達與凸輪推動木塊拉動橡皮筋使羽毛球拋起。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.橡皮筋彈性疲乏 2.手動開關 3.將滑塊推到最前端需使用很大的力氣且滑塊會偏一邊

5 號 機		<p>利用 12v 的馬達與 Arduino 和超聲波感測器結合羽毛球機進行羽毛球感測後拋起動作。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.橡皮筋彈性疲乏 2.外型不美觀 3.將滑塊推到最前端需使用很大的力氣且滑塊會偏一邊
6 號 機		<p>利用 2 個馬達盒組、小馬達、Arduino 控制板、超音波感測器與紅外線感測器結合，使羽毛球拋起。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.機體過大 2.還未加裝集球裝置 3.外型不美觀 4.滑軌內有鋼珠，可以使馬達不需用較大力氣便可推向前
7 號 機		<p>利用紅外線感測器、超音波感測器、Arduino 控制面板、電池盒、行動電源與集球裝置進行結合，將羽毛球拋起，並且蒐集成筒狀。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 外型不美觀 2. 機器過於龐大 3. 裝置擺設位置不佳 4. 滑軌內有鋼珠，可以使馬達不需用較大力氣便可推向前

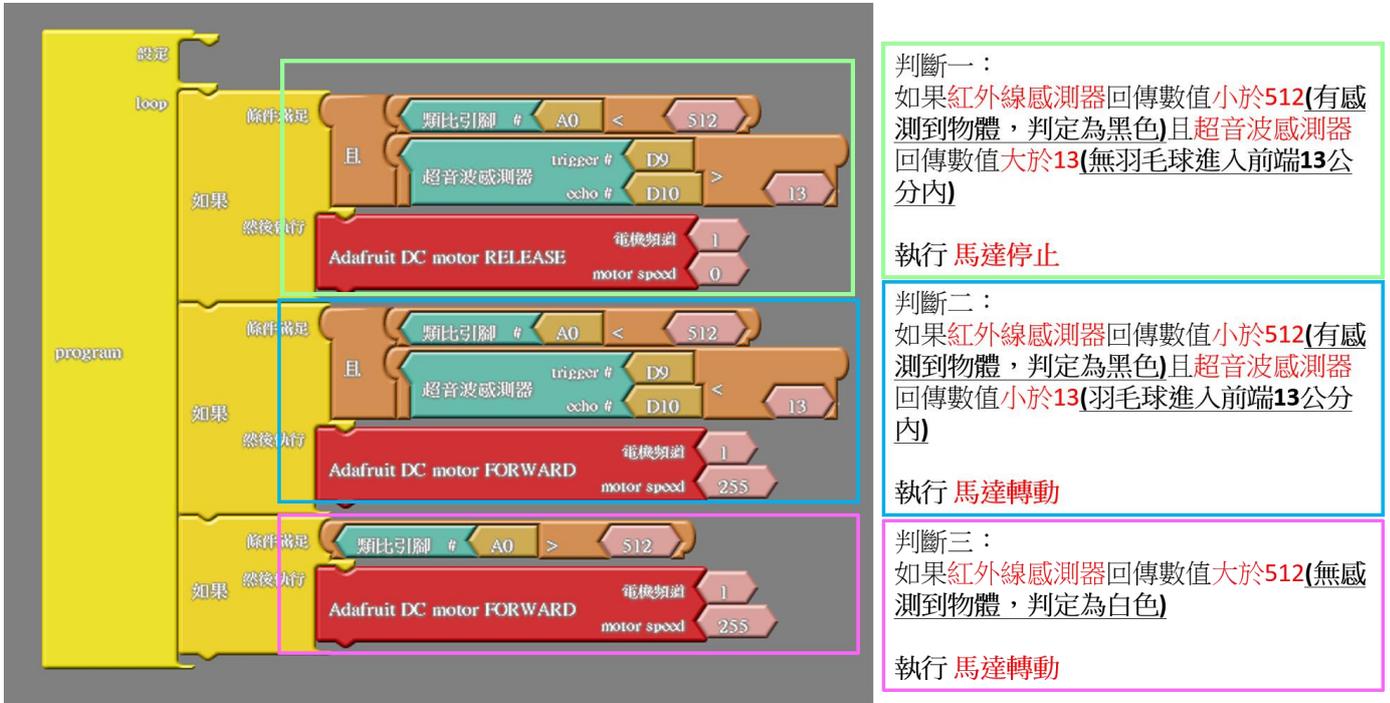
(二) 程式設計

1. 運作邏輯



2.運用 Ardublock 圖形化程式

將超音波感測器接腳接至 D9、D10 腳位，紅外線感測器接至 A0 腳位，馬達接至擴充版 M1 處。此程式利用三個 if/else 程式進行情況判定，並決定馬達轉動情況。程式圖如下：



3.程式碼

```

sketch_mar16a $
#include <AFMotor.h>

int ardublockUltrasonicSensorCodeAutoGeneratedReturnCM(int trigPin, int echoPin)
{
  long duration;
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(20);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  duration = duration / 59;
  return duration;
}

AF_DCMotor motor_dc_1(1, MOTOR12_64KHZ);

void setup()
{
  digitalWrite(9, LOW);
}

void loop()
{
  if (((analogRead(A0)) < (512)) && ((ardublockUltrasonicSensorCodeAutoGeneratedReturnCM(9, 10)) > (13)))
  {
    motor_dc_1.setSpeed(0);
    motor_dc_1.run(RELEASE);
  }
  if (((analogRead(A0)) < (512)) && ((ardublockUltrasonicSensorCodeAutoGeneratedReturnCM(9, 10)) < (13)))
  {
    motor_dc_1.setSpeed(255);
    motor_dc_1.run(FORWARD);
  }
  if ((analogRead(A0)) > (512))
  {
    motor_dc_1.setSpeed(255);
    motor_dc_1.run(FORWARD);
  }
}

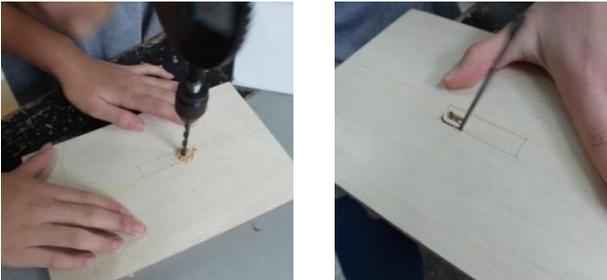
```

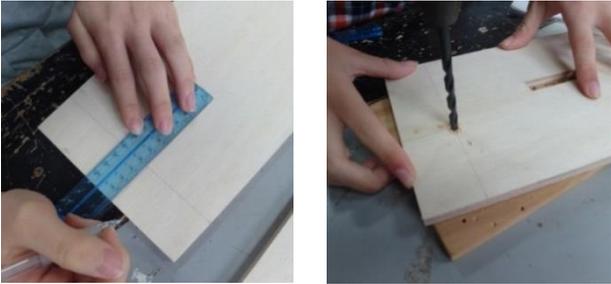
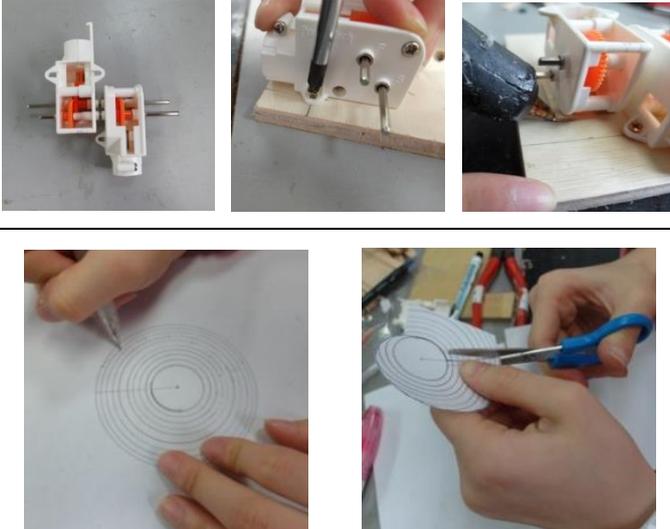
判斷一：
如果紅外線感測器回傳數值小於 512(有感測到物體，判定為黑色)且超音波感測器回傳數值大於 13(無羽毛球進入前端 13 公分內)
執行 馬達停止

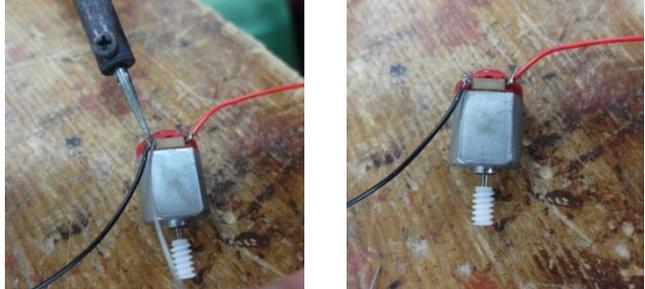
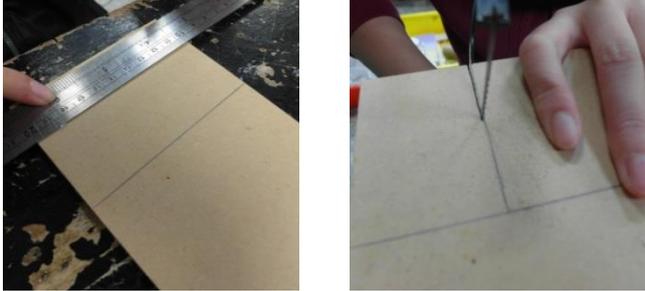
判斷二：
如果紅外線感測器回傳數值小於 512(有感測到物體，判定為黑色)且超音波感測器回傳數值小於 13(羽毛球進入前端 13 公分內)
執行 馬達轉動

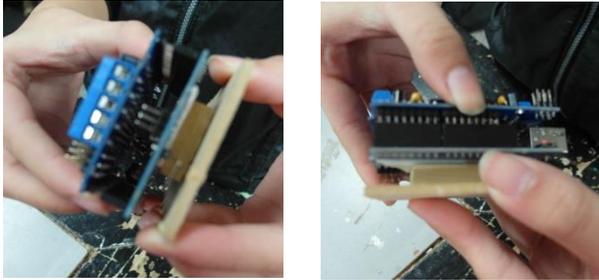
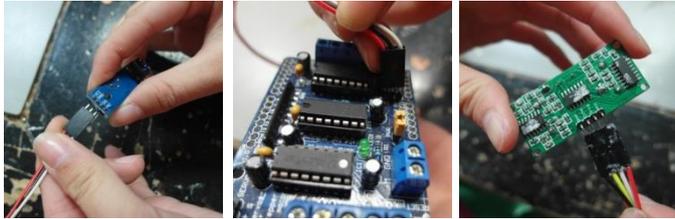
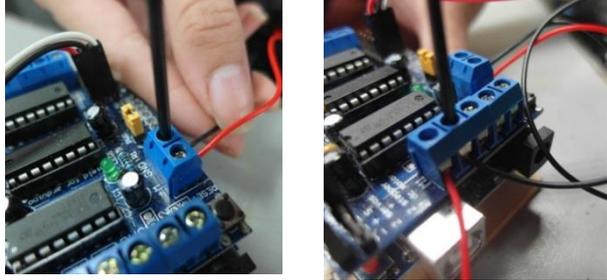
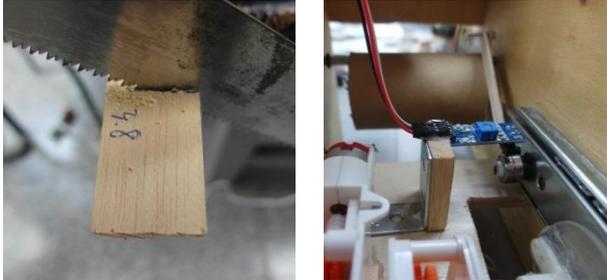
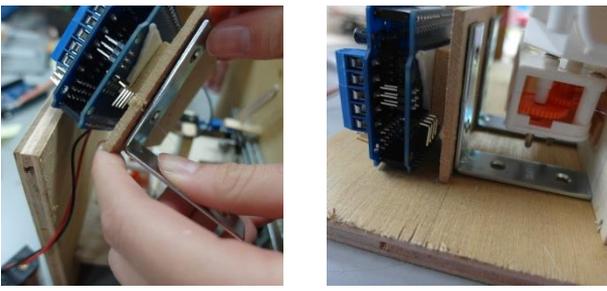
判斷三：
如果紅外線感測器回傳數值大於 512(無感測到物體，判定為白色)
執行 馬達轉動

(三) 成品製作

過程	照片	文字說明
瓜子製作		<p>在捲筒紙上畫線，並在左右兩側畫點連線後進行裁切並磨平，利用大美工刀沿線切出槽。</p>
		<p>將冰棒棍剪成長度 7.5cm、8.5cm 7.5cm：鑽 0.5cm 的孔 8.5cm：鑽 0.5cm 的孔</p>
		<p>將圓筒畫上一條中線，鋁棒左右各畫上 5.5cm 處畫上記號，把吸管黏置中線位置，將 7.5cm 的冰棒棍黏製吸管後方。</p>
		<p>將碳鋼條插入圓筒的切割縫中，用熱溶膠槍固定，再用老虎鉗將碳鋼條折彎。</p>
機體製作		<p>將兩塊厚度 0.7cm 木板畫線，再利用折鋸切下。</p>
		<p>於(由前往左)的左側木板畫上(由右往左)10.8cm(由上至下)7.7cm(由下至上)6cm 砍槽長度 5cm 寬 1.3cm，並切下。</p>

機體製作		於兩側木板畫上(由右往左)寬 3.7cm (由上往下)9.35 cm 處鑽孔 (0.6cm)。
機體製作		將木板畫 12X13cm 於右下角畫上(由右往左)3.7cm (由下至上)10cm 並利用折鋸切下。
機體製作		將板子黏上白膠並貼於滑軌下方，利用釘子固定。將上方固定木板黏於兩側木板最前端。
內部結構製作		將兩個馬達用同一個軸組合，以達到減速再減速。在用木螺絲鎖緊，並用熱溶膠槍進行固定。 於紙上畫凸輪(內圈 1.5cm 外圈 4.5cm)，並剪下。
內部結構製作		將剪下的凸輪放在壓克力板上畫線，用粗線鋸切下。將凸輪磨成弧狀，切下後置中黏於馬達盒曲柄上。
內部結構製作		將滑軌拆解，在滑軌畫上 15.5cm，使用砂輪機鋸下。

		<p>將螺絲纏繞電工膠布，兩個培林套入。使用熱溶膠槍黏於左側木板內側。</p>
		<p>將電線與馬達用焊槍焊住。</p>
<p>爪子安裝</p>		<p>將兩塊木板相互平行，並將鋁棒穿入吸管中與 3.7x9.35cm 孔位中，並用橡皮圈固定。</p>
		<p>將 8.5cm 的冰棒棍與爪子用螺絲和螺帽鎖起來，並在外側鑽孔加裝螺絲使彈簧固定。</p>
<p>Arduino 與各感測器安裝</p>		<p>將 3mm 木板畫線 5.5cmX7cm 並用粗線鋸切下。將木條畫線 4cm 並用折鋸切下。</p>
<p>Arduino 與各感測器安裝</p>		<p>將 4cm 木條使用熱溶膠槍黏於木板中間，並使用泡棉膠將木條與 Arduino 黏上。</p>

		<p>將 Arduino 擴充板插在 Uno 版上。</p>
		<p>VCC 是正電也就是紅線，所以要將紅線插在 VCC 上，並且放在類比的腳位(A0)。將紅線插在 VCC 上，並插在數位的腳位上。</p>
		<p>利用螺絲起子將電線接在擴充版上(外接電源的孔)。在 M1 上用小螺絲起子轉開，並插上紅線和黑線(紅左黑右)再將螺絲鎖緊。</p>
		<p>將木條畫上 3.8cm 和 4.1cm 並切下，紅外線感測器用熱溶膠槍黏在木條上，並鎖上一個 L 型角鐵，在將其黏在木板上。</p>
		<p>將 4.1cm 和 3.8cm 的木條黏成一個 T 字型並且黏在前端正中間的下方，超音波感測器利用泡棉膠黏在木條上(不可斜一邊)。</p>
<p>Arduino 與各感測器安裝</p>		<p>將 Arduino 的板子下方鎖上兩個 L 行角鐵並利用熱融膠槍將板子黏在馬達盒的上方 5cm 的位置處。</p>

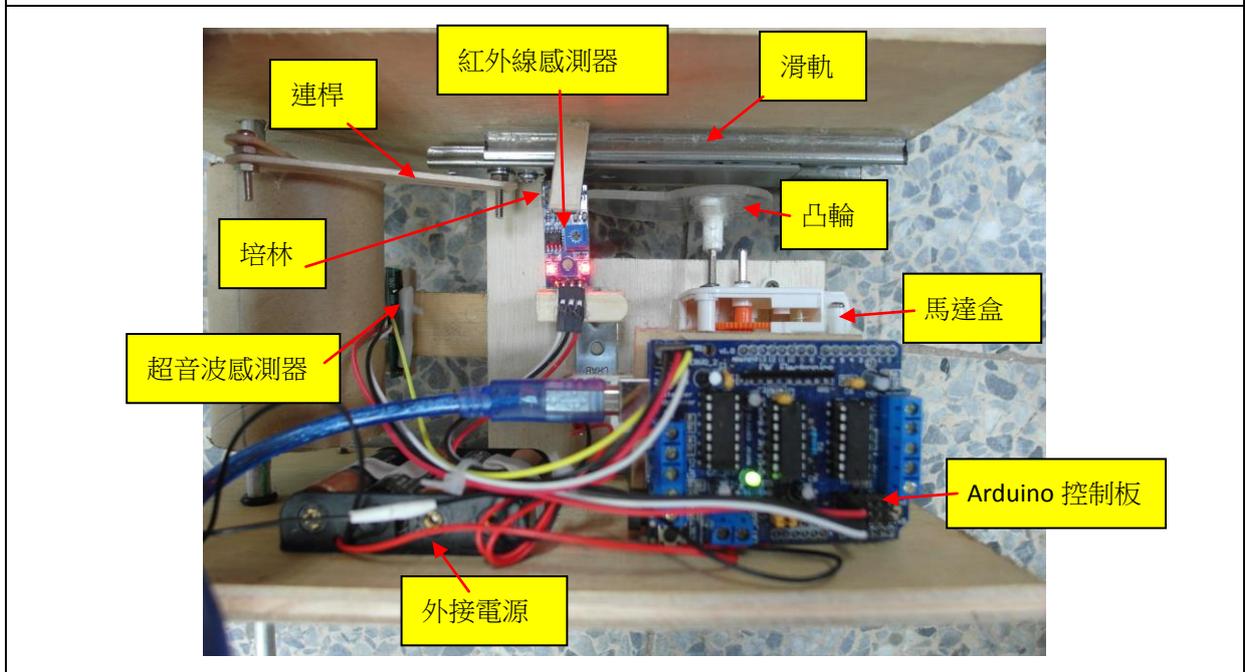
<p>收集裝置 製作與輪 子安裝</p>		<p>將木板在最後面畫上半徑 3.3cm 的半圓並將半圓切下。將 3cm 的水管畫線並且利用折鋸將水管切下。</p>
		<p>將杯子在底部畫上 1cm 的線，杯子剪成片並且黏上資料夾，杯子利用熱溶膠槍黏在上板中。</p>
		<p>將螺絲穿過輪子、穿進孔中並將螺帽鎖上。在板子的下方正中間當中將萬向輪用木螺絲鎖上。</p>
		<p>在 24.8x13.2cm 與 5x14cm 的木板在交點位置用木螺絲鎖上兩個角鍊。</p>
		<p>在杯子的左右兩邊用熱溶膠槍將投影片黏起，將長尾夾利用熱溶膠槍黏在最尾端的下方木板。</p>

伍、研究結果

一、完成品視圖



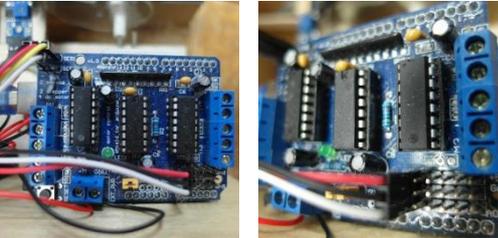
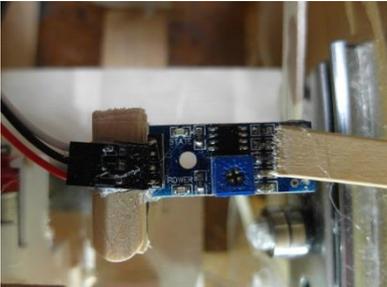
圖片從左至右，分別為側視圖、前視圖、俯視圖。



內部電路、連桿、凸輪、馬達配置圖

二、成品各項結構

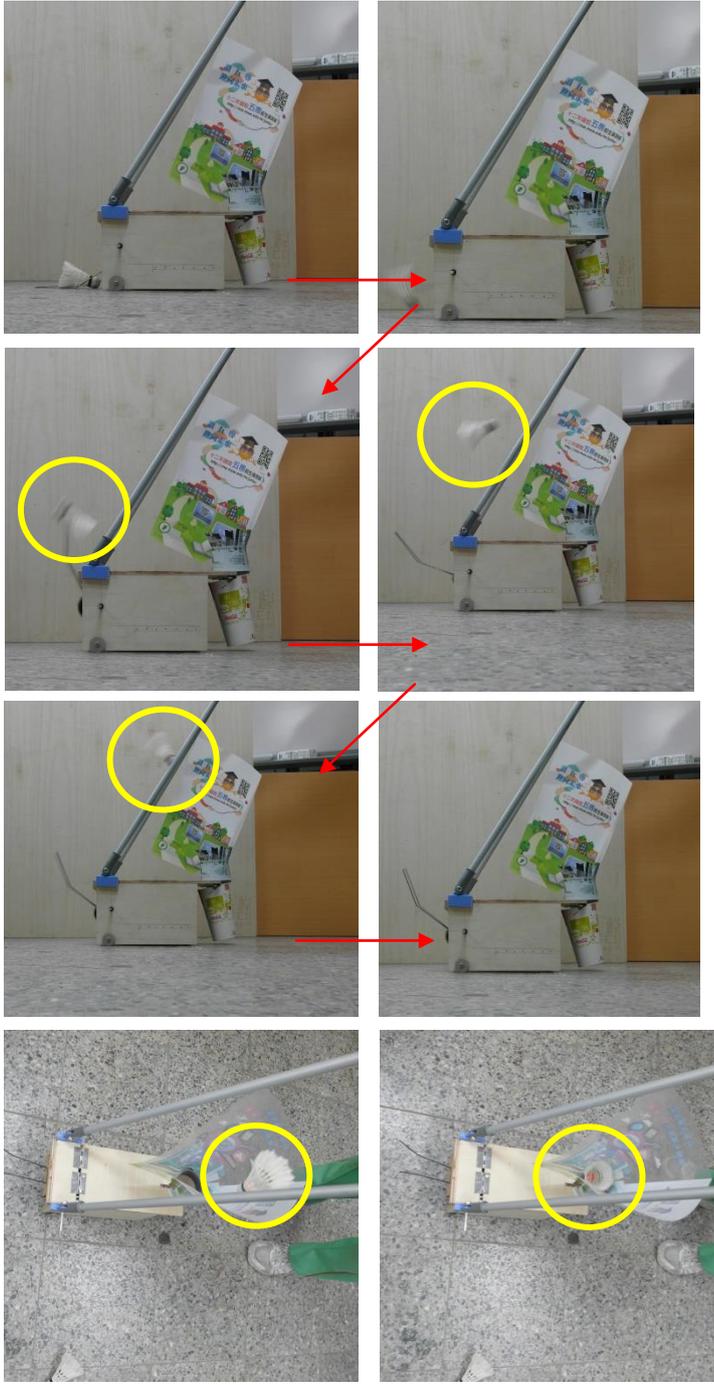
結構名稱	圖片	說明
U 字型 爪子		<p>爪子部分採用了不易變形的碳鋼絲，以最少的面積接觸羽球，且形狀與羽球大致相符，使其能順利撿起羽球。</p>

<p>滑軌</p>		<p>滑軌兩旁各有多顆鋼珠讓彈簧較好拉動，減輕力量</p>
<p>馬達盒</p>		<p>兩個馬達盒的組合；第一個馬達盒的減速齒輪軸加長接至第二個馬達盒的加速齒輪，最終輸出的第二個馬達盒的減速齒輪可達到增強扭力的效果，</p>
<p>Arduino 擴充版</p>		<p>將紅外線感測器、超音波感測器、馬達電線和外加電源的電線裝上並入書程式使 Arduino 知道該如何運作</p>
<p>超音波感測器</p>		<p>在超音波感測器未感測到羽毛球時，將不會進行拾起動作，一感測到將會自動拋起</p>
<p>紅外線感測器</p>		<p>在紅外線感測器未感測到培林時，馬達將會持續轉動，當感測到培林時馬達將會停止轉動</p>
<p>集球裝置</p>		<p>將羽毛球拋起時，會掉進資料夾當中，下方的擊球裝置是以長尾夾將杯子夾住，讓其無法搖晃，並且可以確實撿球</p>

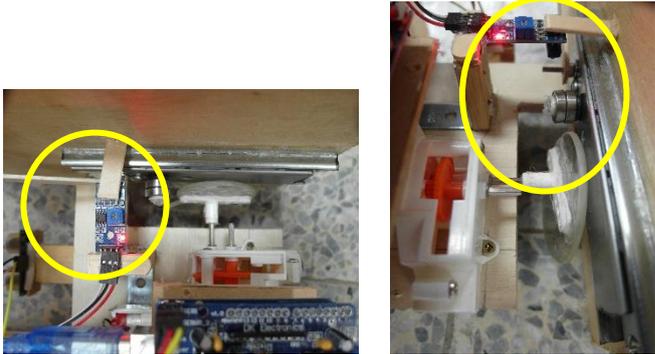
培林		培林是為了減少凸輪與本身的摩擦力，當凸輪在轉動且向前推動時，培林也會跟著轉動以減少摩擦力。
凸輪		凸輪的設計是依據當它轉到最大半徑後，接下來瞬間達最小半徑，使彈簧回拉，製造拋起的動力。
掀蓋		掀蓋是為了防止若內部的裝置有損壞或是需要修理較方便也比較容易換電池和充行動電源

三、實際操作(整列動作分析)

解決項目	照片	文字說明
將雜亂無序的羽球進行整列，利用彈簧拉力，以固定力道拾起羽毛球並收入集球筒中		動作一： 因羽球的重心偏低，靠向軟木位置，使其掉落時，底部向下
		動作二： 藉由爪子碰觸羽毛球時，產生反轉現象，並順利進入爪子中
		動作三： 超音波感測器感測到羽毛球時，使羽毛球拋起

		<p>動作四： 拋起羽毛球後將會掉到資料夾中在掉入集球筒中，使羽毛球整齊排列</p>
		<p>動作五： 我們以相機的十連拍效果，將羽毛球拾起並且蒐集至集球區中。由左圖可看見羽球拋起後，在空中的運動方式，會使較重的軟木塞尾端向下，呈現直立方式掉入集球區中。 利用彈簧瞬間回拉的力量，將羽毛球拾起，因每次彈簧伸長量相同，所以落點位置也會集中在集球區域內。</p>

		<p>動作六： 將收集成串的羽球 從後方取出。</p>
--	--	-------------------------------------

解決項目	照片	文字說明
<p>自動化 機械 結構 運作</p>		<p>紅外線感測器感測到培林，且前方無羽毛球進入超音波感測器範圍內，凸輪停留在最大半徑圓，馬達停止轉動。</p>
		<p>羽毛球進入超音波感測器範圍內，馬達開始轉動，凸輪轉至最小半徑圓時，培林因彈簧拉力向後，帶動連桿將羽毛球拋起。</p>
		<p>紅外線感測器因沒有感測到培林，馬達繼續轉動，凸輪將培林向前推進，直到感測到培林時，馬達再度停止。</p>

四、實測結果

(一) 實驗一：在大理石磚地板進行檢拾



實驗方式：將兩顆羽毛球上編號(1 號、2 號)，並輪流丟至地面長 120cm 寬 90cm 的長方形區塊內(如左圖所示)。利用羽毛檢拾機將羽球撿起。
兩顆羽球各丟 50 次並記錄收集狀況。

凹凸不平之瓷磚地板：1 號球

○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

凹凸不平之瓷磚地板：2 號球

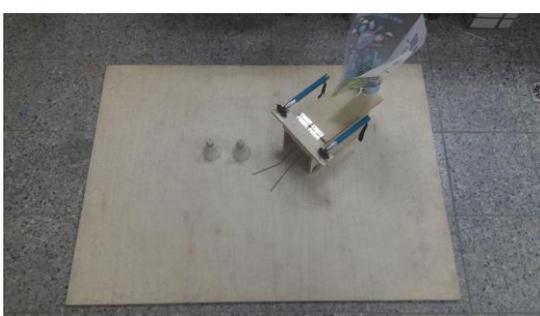
○	○	○	○	○	×	○	○	○	○
○	○	○	○	○	×	○	○	○	○
○	○	○	×	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

測試紀錄結果 (○：代表順利撿拾入收集裝置；×：代表沒有撿拾入收集裝置)

由上表可得知，撿拾率可達 94%。

未撿拾成功的情況，是有將羽毛球拋起，並進入收集裝置內，但無掉落入收集桶內。

(二) 實驗二：在平滑木板上進行檢拾



實驗方式：將兩顆羽毛球上編號(1 號、2 號)，並輪流丟至地面長 120cm 寬 90cm 的長方形區塊內(如左圖所示)。利用羽毛檢拾機將羽球撿起。
兩顆羽球各丟 50 次並記錄收集狀況。

平滑木板：1 號球

○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

平滑木板：2 號球

○	○	○	×	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	×	○
○	○	×	○	○	○	○	○	○	○

測試紀錄結果 (○：代表順利撿拾入收集裝置；×：代表沒有撿拾入收集裝置)

由上表可得知，撿拾率可達 96%。

未撿拾成功的情況，是有將羽毛球拋起，並進入收集裝置內，但無掉落入收集桶內。

陸、討論

一、使羽毛球蒐集成筒狀

此目標已完成，我們嘗試製作了許多形狀的集球裝置，發現利用資料夾製作的較佳，資料夾的材質較硬且內部光滑，因此我們利用此資料夾進行測試，使每顆羽毛球都可以掉落在準確的位置當中，避免再次進行人工撿拾，耗費多餘的時間與人力。

二、力道大小固定

此目標已完成，先前作品是利用手壓施力瞬間，使用釣魚線牽動連桿向後運作撿起羽毛球，利用彈簧將爪子回復程觸地狀態。但由於手壓力道因人而異，不易使羽毛球拋起後的掉落位置皆在固定限度範圍內。此次將利用馬達、凸輪、連桿與彈簧的組合，利用凸輪轉動半徑的變化，製作出彈簧身長量固定的機械結構，可以使撿拾的力道大小固定，進而達到將羽毛球整列收集的目標。

三、利用 Arduino 操作羽毛球機並達到自動化效果

此目標已完成，利用 ArduBlock 結合 Arduino、紅外線感測器與超音波感測器進行撰寫程式：當紅外線感測器感測到培林，馬達便會停止轉動，超音波感測器感測到和羽毛球之間的距離小於 13cm 時馬達會啟動，彈簧拉動滑軌，爪子將羽毛球拋起，並掉入集球裝置內，進行排列。在沒有感測到任何接近於 13cm 的物體時，馬達會停止轉動，使爪子呈現觸地狀態，直到感測到羽毛球為止，讓機器不需要再以拉桿的方式撿起羽毛球。

柒、結論

這次的研究作品，除了過去可將羽毛球時起的條件外，也已可達到將羽毛球整齊排列至集球裝置中；也發展出力道大小固定、自動感測撿拾的結果。在製作作品的過程中，我們逐一解決許多問題，例如：過去的木板凸輪轉換成現今使用壓克力板製作而成的凸輪，使爪子優到最底後，凸輪可以迅速轉至最小半徑，使羽毛球順利拋起；將摩擦力過大的木板砍槽位置演變成現今抽屜用滑軌，使凸輪推動時能順暢滑動；螺紋導致凸輪滑動時摩擦力增加，因此蛻變成今日的培林，使凸輪滑動時能順暢通過。

目前撿拾起的羽毛球已可達到幾乎百分之百的收集率。由於時間上的問題，我們並未能將多顆羽毛球一次撿起排列。未來針對此機器，可朝向一次大量撿拾多顆羽毛球並整列，或是發展至結合掃地機器人並達到全自動化效果，且進行撿拾動作，進而減少練習者因撿球而消耗的時間。

捌、參考資料與資料來源

- 一、中華民國第五十三屆全國科學展覽競賽作品 羽置今拾
- 二、國中生活科技課本 康軒版第二冊第二本 創新與設計
- 三、國中生活科技課本 康軒版第四冊第二本 營建與製造科技
- 四、連桿 資料來源：http://www.khvs.tc.edu.tw/page/2/04/ME_digitalbook/14.pdf
- 五、凸輪 資料來源：www.pmai.tnc.edu.tw/df_ufiles/df_pics/32710_第13章.pdf
- 六、抽屜滑軌 資料來源：<http://www.ym99.com.tw/product-info.asp?id=144>
- 七、紅外線感測器 資料來源：<http://buy360.com.tw/product.asp?Gid=76437>
- 八、拋射運動 資料來源：<http://ezphysics.nchu.edu.tw/ccp/kinematics/k2.htm>
- 九、Arduino 互動設計超入門:用 ArduBlock 圖形化控制真簡單 孫駿榮著 碁峰出版社
- 十、超圖解 Arduino 互動設計入門(第二版) 趙英傑著 旗標出版社
- 十一、Arduino 積木應用與專題製作 賴鴻州著 台科大圖書

【評語】 030801

1. 書面報告整體邏輯清楚口頭報告流暢。
2. 1~7 號機照片的演變最好再加示意圖。
3. 樣本數最好三個以上。
4. 若有實際羽球場的數據會更好。
5. 可試圖發展成智慧自動撿球機加入在角落或有障礙物下，方便拾取的功能。