

# 中華民國第 57 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

080808

『羽羽生風』羽球收集器

學校名稱：臺北市萬華區私立光仁國民小學

作者：	指導老師：
小六 楊智媛	羅天賜
小六 李翊捷	陳韋宇
小六 王哲維	
小五 周均翰	
小五 陳玟伶	

關鍵詞：羽球、吸塵器、吸力

## 摘要

本研究利用負壓式原理自製一個羽球收集器具，我們使用吸塵器產生吸力，連接自製的羽球收集器，將散落一地的羽球快速排列並收納至羽球桶內，成功的製作出「負壓式羽球收集器」。在實驗中探討負壓與自製的羽球收集器之間的各项物理性質，進而設計羽球收集器具的構造，並從多項實驗數據中，不斷地改良最後成功研究出最佳的羽球收集器。過程中我們運用 450P 的灰紙板、1000P 的西卡紙與最後嘗試使用的硬塑膠板來製作羽球收集器，在吸力方面我們由一開始的普通吸塵器到後來使用的車用吸塵器，最後設計出不用彎腰撿拾，並能快速收納且能讓羽球成串收集的羽球收集器。

## 壹、研究動機

在上羽球課的時候，體育老師常要求我們將羽球排列成一排，讓老師方便發球幫助我們練習，市售的羽球發球機也是必須先將羽球排列好放置羽球發球桶內等待發球，但卻沒有市售羽球收球機，在網路上有搜尋到國中組大哥哥與大姐姐們研製的羽球收球機，但在製作方面有些困難且收球速度有些慢，最重要的是無法成串收集，所以我們決定著手進行構思，研製能夠成串收集的羽球收集器。

教學相關單元：南一版\_五下\_單元四：力與運動，南一版\_六下\_單元一：巧妙的施力工具

## 貳、研究目的

- 一、利用負壓式原理設計並製作適當的羽球收集器
- 二、探討羽球收集器的各部構造與吸力之間的關係
  - 延長管的形式和長度與吸力之間的關係
  - 收球管的長度與吸力之間的關係
  - 接風管的位置與吸力之間的關係
  - 收球管與主體之間的角度與吸力的關係
- 三、研究最適合製作羽球收集器具的材料
- 四、製作充電式吸塵器的羽球收集器並與插電式吸塵器的羽球收集器作比較
- 五、研究過程中遇到的困難突破，有效增加收球效率

## 參、研究設備及器材

### 一、負壓動力：

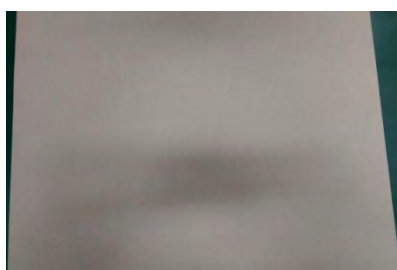


插電式吸塵器

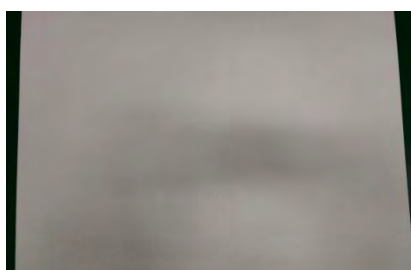


充電式吸塵器

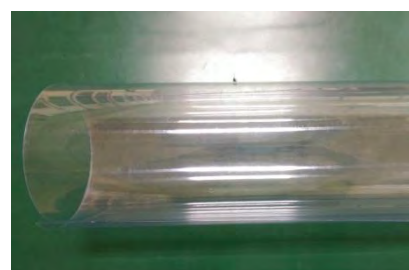
### 二、實驗器材(製作羽球收集器具)：



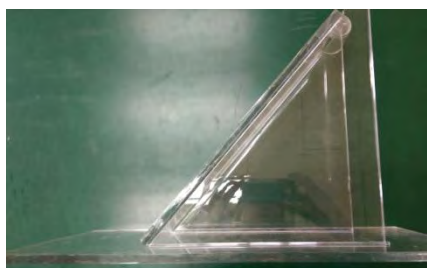
450 磅 灰紙板



1000 磅 西卡紙



0.5mm 硬塑膠板



自製測試裝置



線切割機與熱熔膠



電子秤與砝碼

### 三、工具類器材：

美工刀	剪刀	熱熔膠槍	白膠	快乾膠
強力膠	透明膠帶	封箱膠帶	鐵槌	鐵釘
鐵尺	捲尺	線尺	尖嘴鉗	各式剪裁器具

### 四、資訊類器材：

照相機與攝影機、筆電、隨身碟

# 肆、研究過程或方法

## 一、研究流程圖

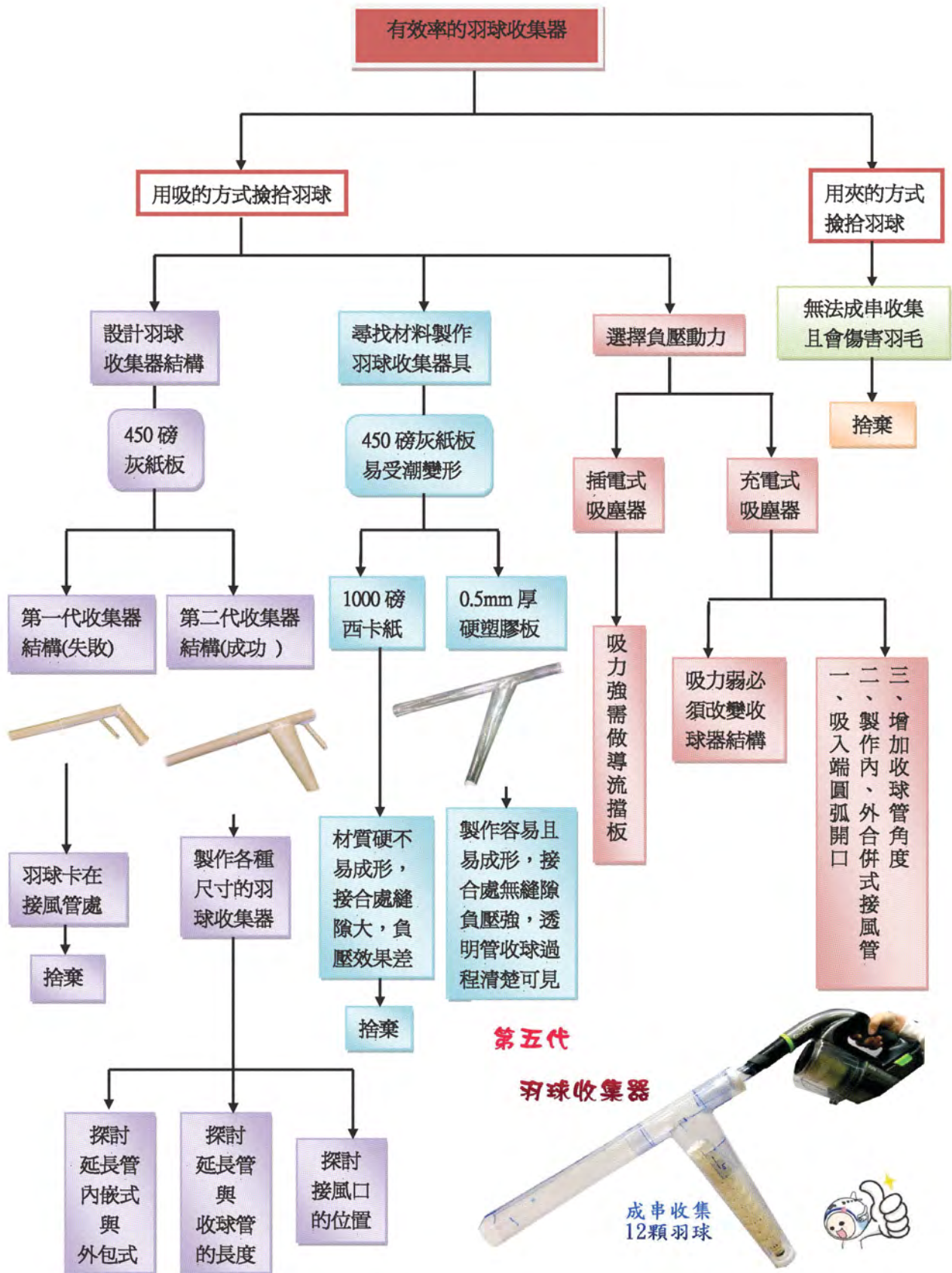


圖1 研究流程圖

## 二、研究構思

### (一) 初始想法：

在上羽球課時，體育老師常要我們將散落一地的羽球撿拾成串收集，讓老師能連續發球給我們練習。同學們在辛苦地接完老師的發球後，還要再彎腰撿拾地上的羽球，並將它們成串收集，真的相當耗時也費力，因此才啟發探究的精神。經過多方搜尋後發現，市面上雖有販售羽球發球機，卻沒有羽球收球機的相關產品。在各屆的科展作品中，也只有在國中組的生活應用科學中有羽球收集器的相關研究，但無法成串收集；即使能成串收集但收集的速度太慢，且數量不多，因此才啟發自己研究的想法，希望能製作一個**簡單、能成串收集、收集速度快且數量多的羽球收集器**，並能與市售的羽球發球機搭配使用，進而達到更省工省時的效果。

### (二) 確立問題

問題一：可以用什麼方式將羽球撿拾起來並且成串收集？

討論：同學們討論可以用長鐵夾夾起羽球，也有同學提出可以用吸塵器的吸力將羽球吸起來。

嘗試：用長鐵夾會傷害到羽球的羽毛，而且無法成串收集，捨棄。用吸塵器吸的方式確實不用彎腰就可以將羽球從地面吸起來，但是要如何利用吸塵器來成串收集？就必須研究設計羽球收集器的構造了。



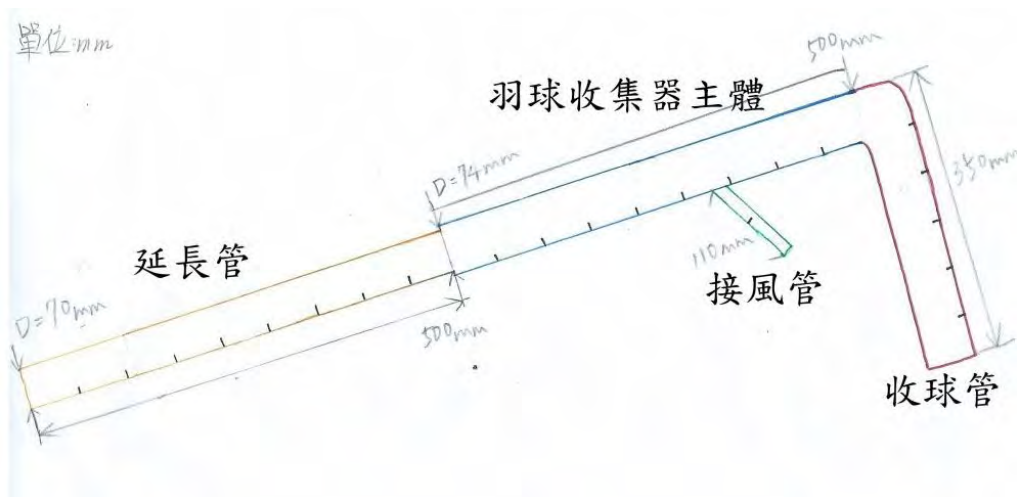
用鐵夾夾羽球



用吸塵器吸羽球

問題二：如何利用吸塵器來成串收集羽球？

討論：同學們開始分組討論羽球收集器的結構，最後討論結果如下圖設計圖



第一代『羽球收集器』設計圖

問題三：可以用什麼材質來製作羽球收集器？

討論：同學們討論可以用厚紙板、紙箱材質或是灰紙板，經過嘗試後發現厚紙板有些軟，在實驗過程中容易變形；紙箱材質不易捲曲成圓柱體，無法緊密接合，負壓效果差。最後嘗試 450 磅的灰紙板，發現裁切方便、硬度適中並且容易捲曲成圓柱狀

### 三、第一代『羽球收集器』

#### (一)製作羽球收集器

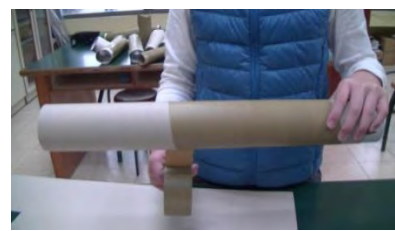
##### 步驟一：製作延長管



剪出一張 32\*50 的紙



捲成 50cm 長、直徑 7cm 的圓筒，並用透明膠帶固定



用封箱膠帶繞住

##### 步驟二：製作羽球收集器主體



剪出一張 32\*50 的紙



捲成 50cm 長、直徑 7.4cm 圓筒並用透明膠帶固定



用封箱膠帶繞住



在接延長管的一端距離 30cm 處割出一個直徑 3cm 的圓洞

### 步驟三：製作接風管



剪出一張 12\*20 的紙



捲成 20cm 長、直徑 3cm 圓筒並用透明膠帶固定



用封箱膠帶繞住



用熱熔膠固定接風管

### 步驟四：製作收球管



剪出一張 32\*35 的紙



捲成 35cm 長、直徑 8cm 的圓筒並用透明膠帶固定、把一端剪出斜的弧度



將收球管剪成兩段



用封箱膠帶纏繞住並加上底座蓋

### 預期羽球收球路徑



第一代『羽球收集器』圖

### (二)測試收球效果

先將第一代羽球收集器接上插電式吸塵器，打開吸塵器後確實可以將散落在地上的羽球吸起，但羽球會卡在接風管處，並無掉落在收球管內，與預期的結果不符，必須重新討論設計羽球收集器的結構。

## 測試結果



第一代羽球收集器接上吸塵器



成功將羽球吸起



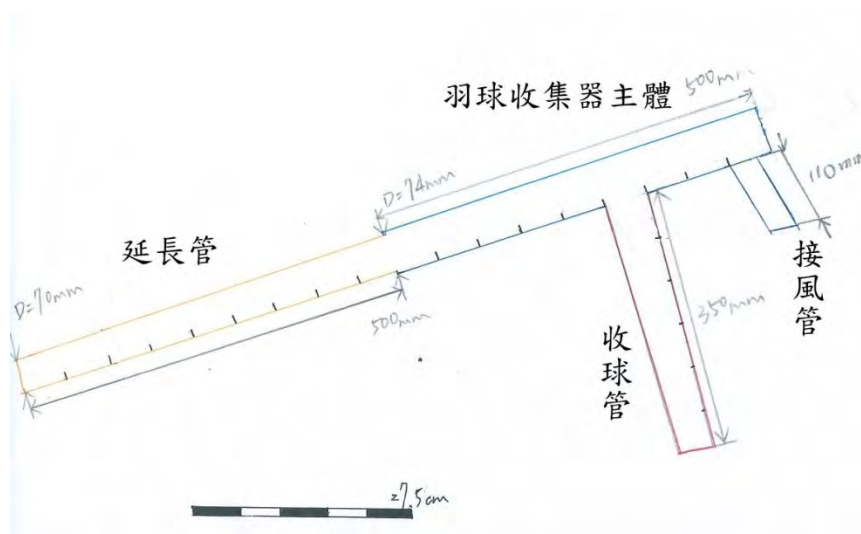
羽球會卡在接風管處



測試結果羽球卡在接風管處

## 四、第二代『羽球收集器』

經過第一代羽球收集器的測試，同學們探討失敗的原因，大家認為因為吸力太強導致羽球卡在接風管，調整吸力是否能成功呢？經測試後發現將吸力調弱羽球反而無法吸起，將吸力調整至能將羽球吸起，羽球還是會卡在接風管；因此必須改變羽球收集器的結構。經過多方討論研究後，我們決定將**收球管與接風管的位置交換**，讓羽球吸起後藉由重力順勢掉落在收球管內成串收集。最後討論結果如下圖：



第二代『羽球收集器』設計圖



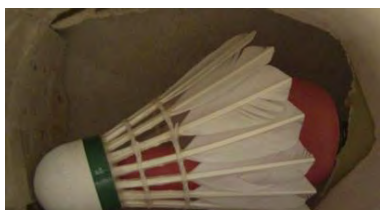
## (一) 製作羽球收集器

製作過程大致與第一代羽球收集器相同，只是將收球管與接風管的位置交換，並在收集器主體後端使用灰紙板與熱熔膠密封。

### 重要步驟說明：



1. 用紙板將羽球收集器主體底部密封



2. 在主體上剪一個大於羽球長度的橢圓形，並**確認羽球是否能通過**



3. 用熱熔膠密封收球管接口處確保負壓效果



4. 製作圓錐狀的收球管



5. 檢查收球管與主體是否緊密接合



6. 用熱熔膠將主體與接球管緊密接合並確認另一端是否能接上吸塵器

### 預期羽球收球路徑



第二代『羽球收集器』

## (二) 測試收球效果

第二代『羽球收集器』製作完成後，大家迫不及待想測試成果，期待羽球能照預期的路徑收集；測試結果振奮了我們的心情，**羽球果真順勢掉落在收球管內**，**速度快**得驚人！平均**1秒**可收一顆羽球，而且我們設計的收球管最多可**一次收納15顆羽球**，比市售的12顆羽球桶還多了三顆。測試如下圖說明。



第二代『羽球收集器』接上吸塵器

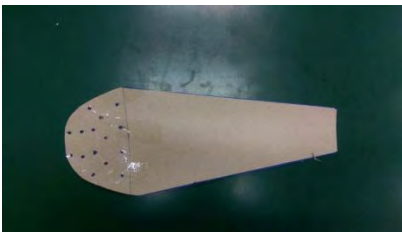


實際測試收球效果



快速成串收集 15 顆羽球

但是還是有**少數羽球會衝過收球管**，跑到接風口處，探究多次後我們發現國際羽球規則規定羽球的重量必須在 4.74 gw 到 5.50 gw，那些衝過收球管跑到接風口處的羽球都是不足 4 gw 的羽球，為了防止類似的情況發生，我們**設計了導流的擋板**，讓重量不足**劣質的羽球**也能順勢掉落在收球管內，**不影響收羽球的過程**



設計導流擋板



安裝位置



安裝位置

### (三)設計實驗器材與方法

第二代『羽球收集器』已經可以順利收集羽球，因此我們開始設計各項實驗探討我們設計的**羽球收集器結構與吸力之間的關係**。在網路上我們蒐集到國際標準組織（ISO）規定的『吸入力取決於所產生的風力和真空力的合力，這兩個因素卻具有相反的特性。也就是說，風力大時真空力變弱，真空力強時則風力變小。這兩者的合力的最大值，即表示“吸入功率”，吸入功率用瓦（W）表示』。但是為了符合我們的程度，因此我們設計了適合我們小學生可以做的實驗；我們使用不同克重的砝碼，由輕至重分別貼在羽球球頭的後端，來測試我們羽球收集器的吸力大小，吸力愈強收球速度也就愈快，愈符合我們羽球收集器的結構。詳細說明如下圖。



實驗前測量羽球重量是否在標準範圍內



不同克重的砝碼貼在羽球球頭後端



將有貼砝碼的羽球放置在電子秤量重量



測試羽球收集器的吸力

爲了讓每次實驗時**羽球收集器與地面的角度固定**，我們想製作一個固定收集器角度的測試裝置。所以我們先探討收集器與地面呈現各種角度時的吸力關係，我們做了 50 度、70 度、與 90 度的實驗。實驗前我們固定使用 50 公分長的內嵌式延長管，40 公分長的收球管與下方接風管來做實驗。實驗過程與數據詳如下圖說明



羽球收集器與地面 50 度

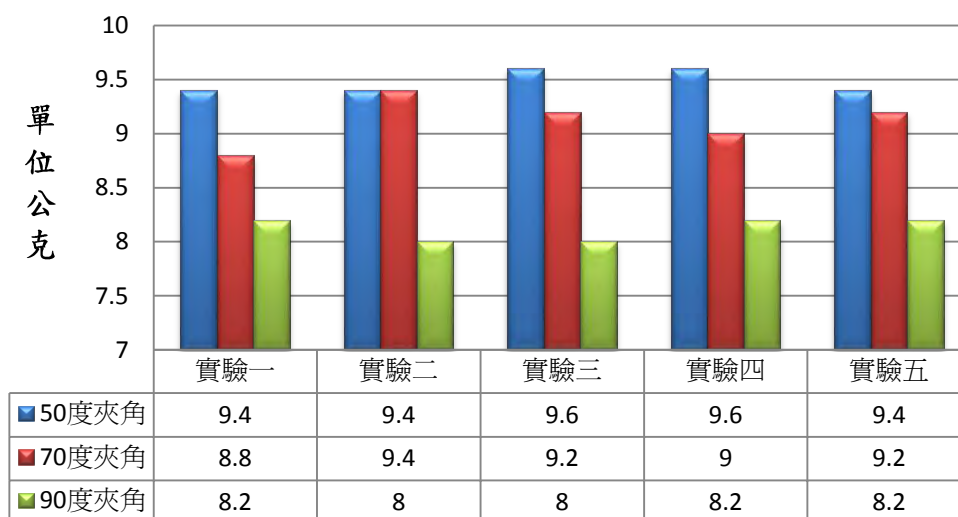


羽球收集器與地面 70 度



羽球收集器與地面 90 度

### 收集器與地面夾角的吸力關係

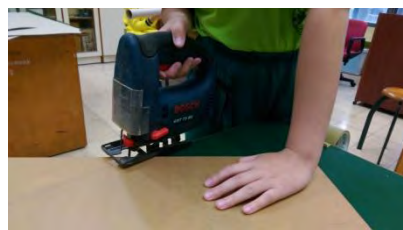


收集器與地面夾角的吸力實驗分析圖

實驗後發現羽球收集器與地面呈 50 度夾角時的吸力是最大，所以我們使用壓克力板製作一個可以**固定羽球收集器與地面成 50 度角度的測試裝置**，方便我們**控制實驗變因**。固定角度測試裝置製作如下圖說明。



1 用量角器量 50 度角的直角三角形並劃出適當尺寸



2. 用線切割機切割壓克力板



3. 確認 50 度角的直角三角形



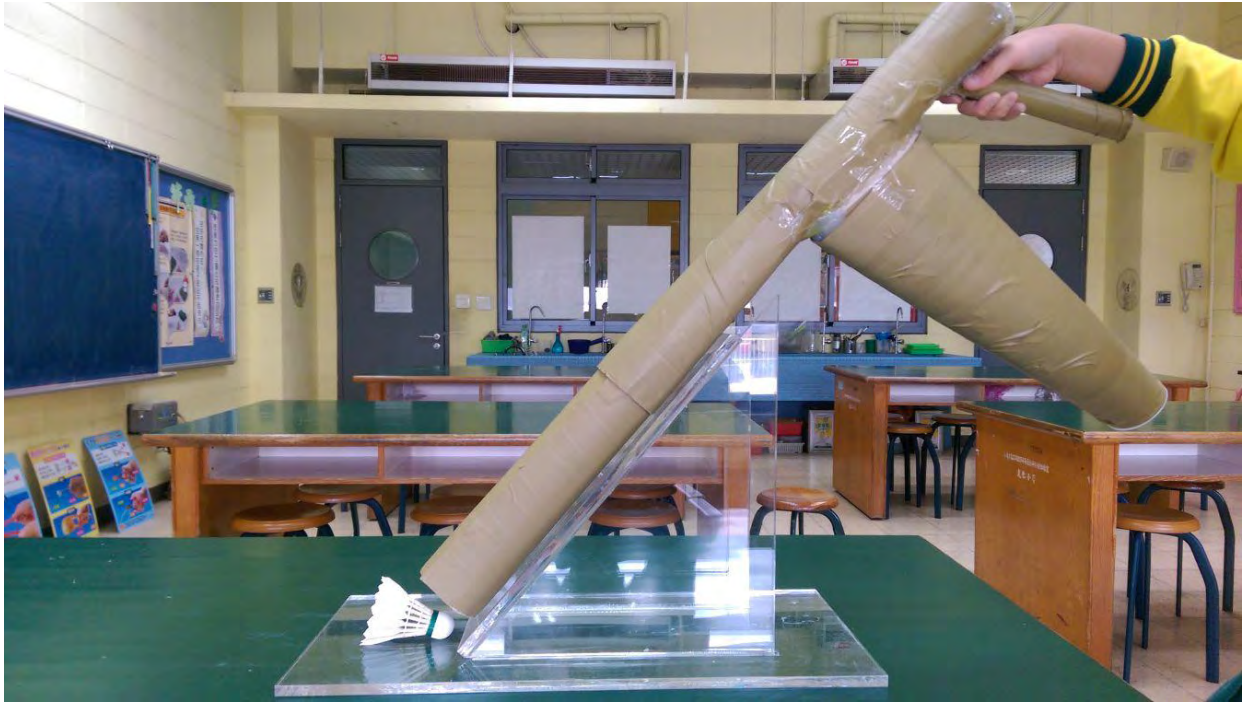
4. 切割二塊 50 度角的直角三角形與二塊長方形版



5. 用壓克力水接合固定住



6. 使用固定壓條強化接合處



固定角度測試裝置圖

最後我們設計了固定的**實驗步驟**，詳如下圖說明



1. 實驗前測量羽球重量是否在標準範圍內



2. 不同克重的砝碼貼在羽球球頭後端



3. 將有貼砝碼的羽球放置在電子秤確認最後重量



4. 將羽球收集器與待測羽球放置在固定角度的測試裝置



5. 接上吸塵器測試羽球收集器的吸力



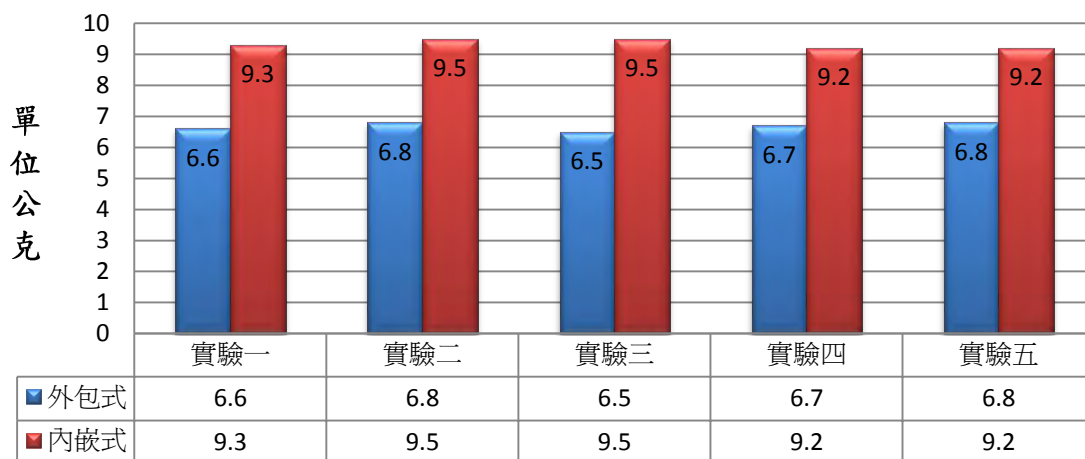
6. 若可以吸起則增加砝碼，重複實驗直到羽球收集器無法吸起為止

#### (四)設計各項實驗

##### 1. 探討延長管為內嵌式或外包式與吸力之間的關係

我們先使用 50cm 長的延長管，製作成與收集器主體為內嵌式接合方式與外包式接合方式，探討這兩種接合方式與吸力之間的關係。實驗結果詳如下圖分析表

### 延長管種類與吸力關係



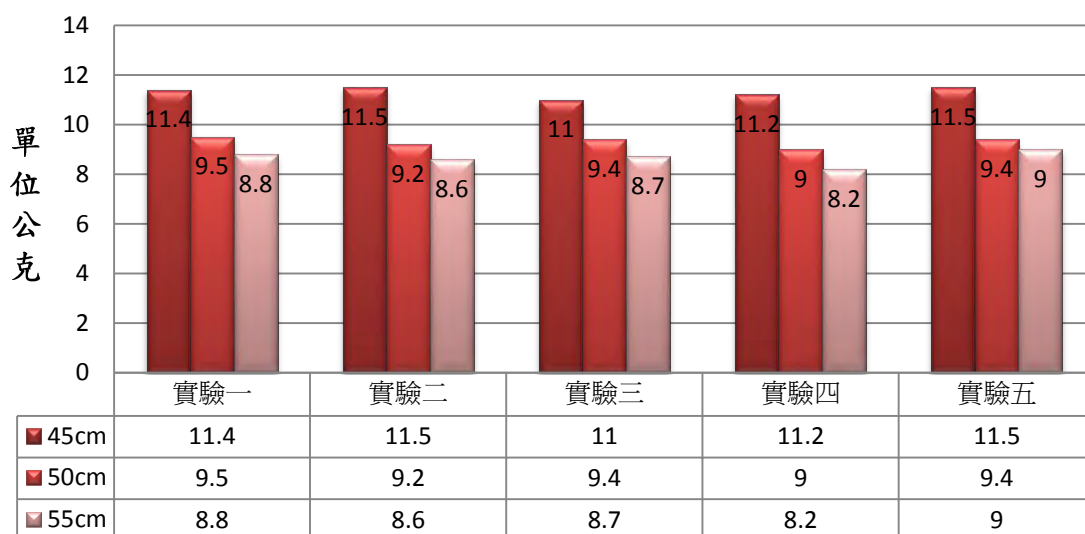
外包式與內嵌式延長管吸力實驗分析圖

實驗結果測得延長管為內嵌式的吸力較佳，平均可以吸起 5 公克的羽球外加 4.3 公克的砝碼，延長管為外包式的吸力較差，只能吸起 5 公克的羽球外加 1 公克的砝碼。

##### 2. 探討延長管長度與吸力之間的關係

經過實驗我們已經知道延長管與羽球收集器主體的接合方式為內嵌式的較佳吸力效果好，接下來我們要探討內嵌式延長管的長度與吸力之間的關係。

### 內嵌式延長管長度與吸力關係

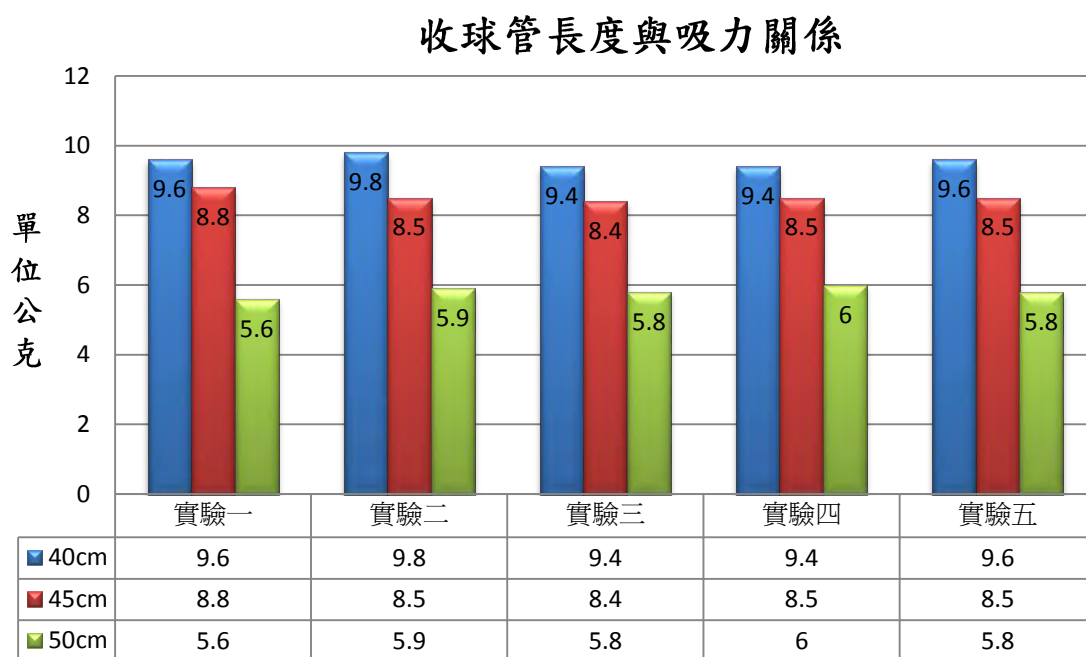


內嵌式延長管長度與吸力實驗分析圖

實驗後發現延長管長度也會影響羽球收集器的吸力，**延長管愈短吸力愈強，延長管愈長吸力愈弱。**

### 3. 探討收球管長度與吸力之間的關係

我們想探討收球管的長度是否會影響吸力大小，如果收球管的長度不影響吸力，這樣我們就可以製作較長的收球管，成串收集更多的羽球了。我們固定使用 50 公分長的內嵌式延長管做實驗，實驗數據詳如下圖說明。

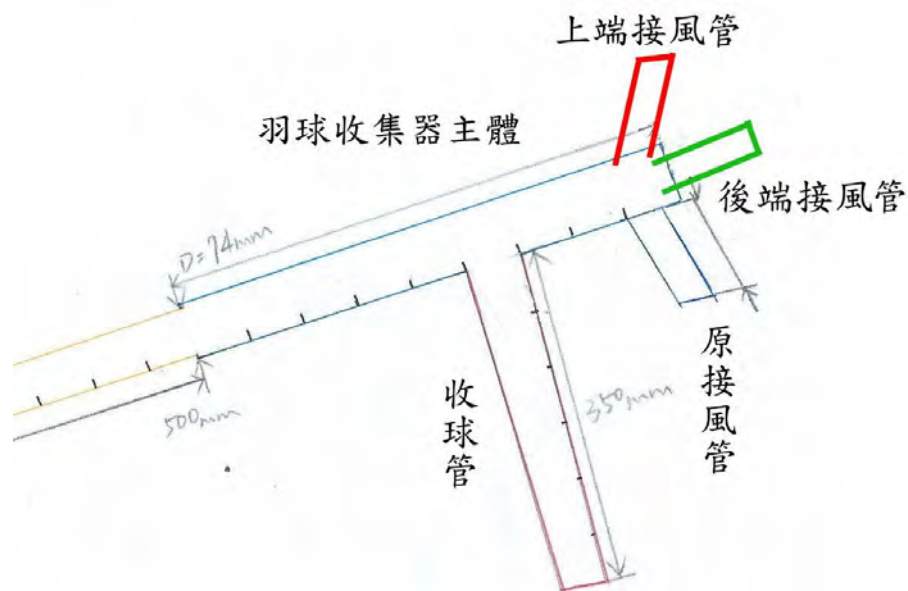


**收球管長度與吸力實驗分析圖**

經實驗後發現收球管的長度會影響羽球收集器的吸力，尤其是當收球管的長度增加到 50 公分時，幾乎只能將羽球吸起，而且在吸起的過程中速度明顯變慢，因此**收球管的長度**對羽球收集器收球的效果**影響很大**。

### 4. 探討接風管的位置與吸力之間的關係

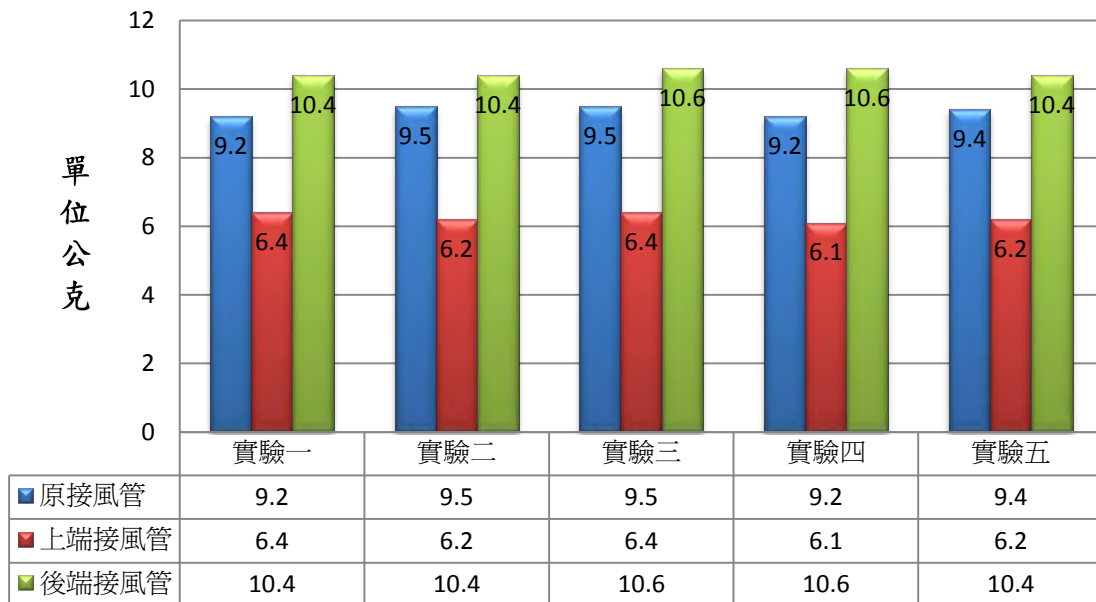
我們修改了接風管位置，想了解不同接風管位置對吸力的影響，因此我們增加了兩個接風管的位置，並與原接風管的羽球收集器做吸力方面的實驗。詳如下圖說明。



設計三個接風管的位置圖

我們固定使用 50 公分的內嵌式延長管與 40 公分長的收球管做此次的實驗，實驗數據詳如下圖說明。

接風管位置與吸力關係



接風管位置與吸力實驗分析圖

實驗後依數據分析測得接風管在後端的羽球收集器吸力是最強，接風管在上端的羽球收集器吸力是最弱。

## 五、第三代『羽球收集器』

在第二代羽球收集器能快速成功的收球之後，我們發現一個很嚴重的問題必須面對處理，我們使用**灰紙板**製作的羽球收集器會因**長時間受潮而變形**，因此我們必須尋找**新的材料**重新製作羽球收集器。

### (一)使用 1000 磅西卡紙製作羽球收集器

我們蒐集資料發現 1000 磅的西卡紙不會因長時間的使用而受潮變形，所以我們使用 1000 磅西卡紙來做羽球收集器，但在製作過程中我們發現 1000 磅的西卡紙材質硬不易捲曲成形，造成接合處的縫隙過大；經實驗後發現負壓效果非常差，羽球幾乎無法吸起成串收集。



1000 磅西卡紙材質硬不易捲曲成形接合處的縫隙過大



實驗發現負壓效果非常差，羽球無法吸起成串收集

### (二)使用 0.5mm 厚硬塑膠板製作羽球收集器

西卡紙的材料失敗後，我們四處走訪了文具店與美工社，在美工社我們發現新的材料**0.5mm 厚的硬塑膠板**。硬塑膠板材質**不怕水**所以不會有受潮變形的情况，而且厚度只有 0.5mm 所以**容易捲曲成形**；因為是塑膠材質所以使用**熱熔膠來接合更方便有效**。製作過程詳如下圖說明。

#### 步驟一：製作延長管



1.量出延長管的長與寬製作直徑 7cm 圓管



2.把塑膠板捲起確定羽球能通過並預留 2cm 接合



3.熱熔膠讓塑膠板密合，用冷水加快熱熔膠冷卻



4.延長管接頭部分內縮並標上「內」的記號

#### 步驟二：製作羽球收集器主體



1.量出收集器主體的長與寬並剪下

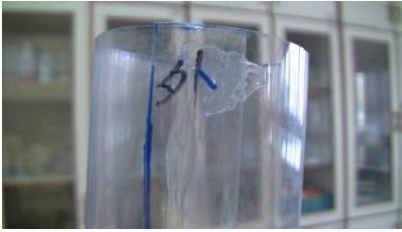


2.確定與延長管接合處密合



3.用熱熔膠讓塑膠板密合





4. 於吸球機主體連接延長管部分標上「外」的記號



5. 距離接風口 20cm 處製作收球管開口，長度必須超過一個羽毛球長 70mm



6. 捲成錐狀的塑膠板用膠帶將收集器固定，再用熱熔膠加以密合並等待冷卻

### 步驟三：製作收球管



1. 量出圓錐狀收球管的尺寸並剪下(上底 38cm / 下底 24cm/高 50cm)



2. 把塑膠板捲起，做成椎狀讓最底部的的形狀能和羽球管的蓋子密合



3. 將軟塑膠墊黏在收球管前端，並確認收球管與收集器主體密合



4. 使用熱熔膠讓塑膠板密合並用冷水加快冷卻

### 步驟四：製作接風管



在羽球管的蓋子上，剪下一個和接風口一樣大的洞



製作和吸塵器口一樣大的導管 (長 6cm)

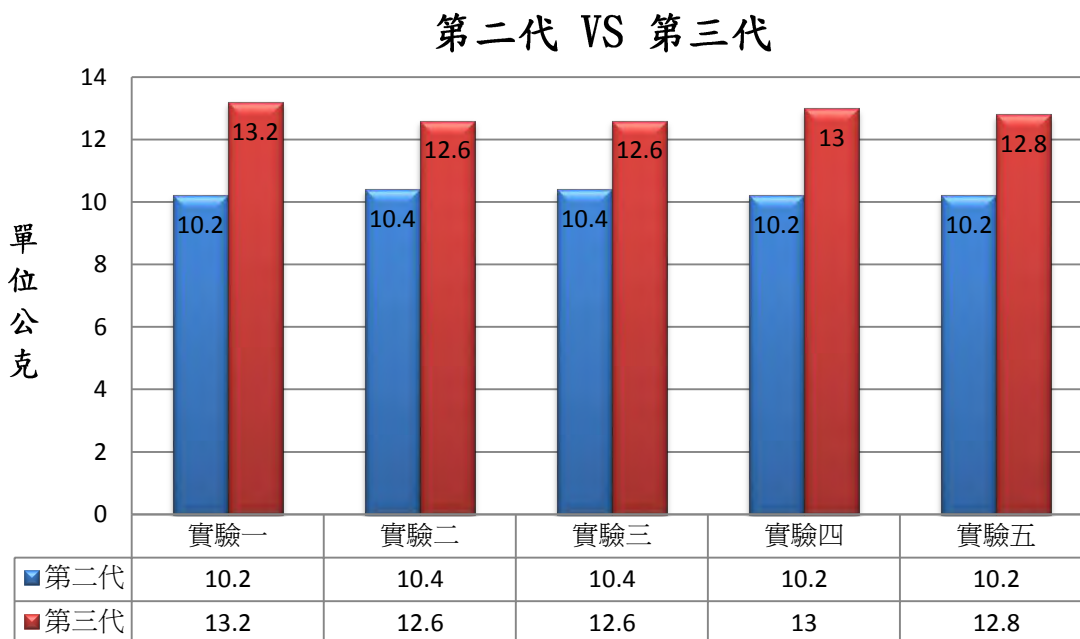


使用熱熔膠將導管與羽球蓋接合，並用冷水使其快速冷卻



第三代『羽球收集器』

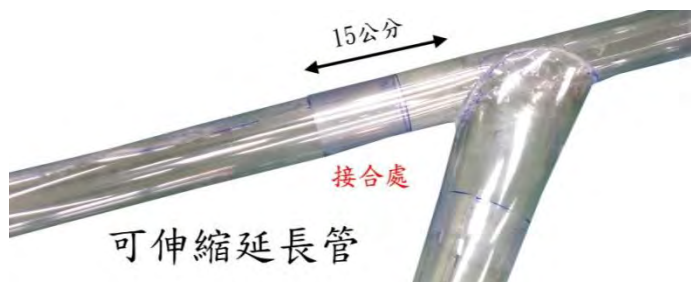
第三代羽球收集器在收集羽球的過程當中是**完全透明化**的，可以清楚看見整個羽球收球過程，也可以清楚的看到收球管內的羽球狀況與球數。使用 0.5mm 厚的硬塑膠板製作成的羽球收集器在各管(延長管、收集器主體、收球管與接風管)之間的接合度也非常的高，幾乎可以說是毫無縫隙，至於第二代與三代的羽球收集器吸力效果如何？我們做了實驗；我們固定使用 50cm 內嵌式延長管，40cm 長的收球管與後端式的接風管，來比較第二代與第三代羽球收集器的吸力，實驗數據詳如下圖說明。



第二代與第三代『羽球收集器』的吸力實驗分析圖

經實驗後發現第三代的羽球收集器在吸力方面的數據都比第二代收集器多了 2 至 3 公克的吸力，因此可以證明接合處愈密、縫隙愈小，負壓效果愈好。

#### 第三代羽球收集器特點：



延長管：可依照使用者的體型伸縮延長 15 公分



收球管：可一次成串收集 15 顆羽球清楚了解管內羽球收集的狀況



收集器主體：因使用透明的硬塑膠管，可清楚了解羽球收球過程。



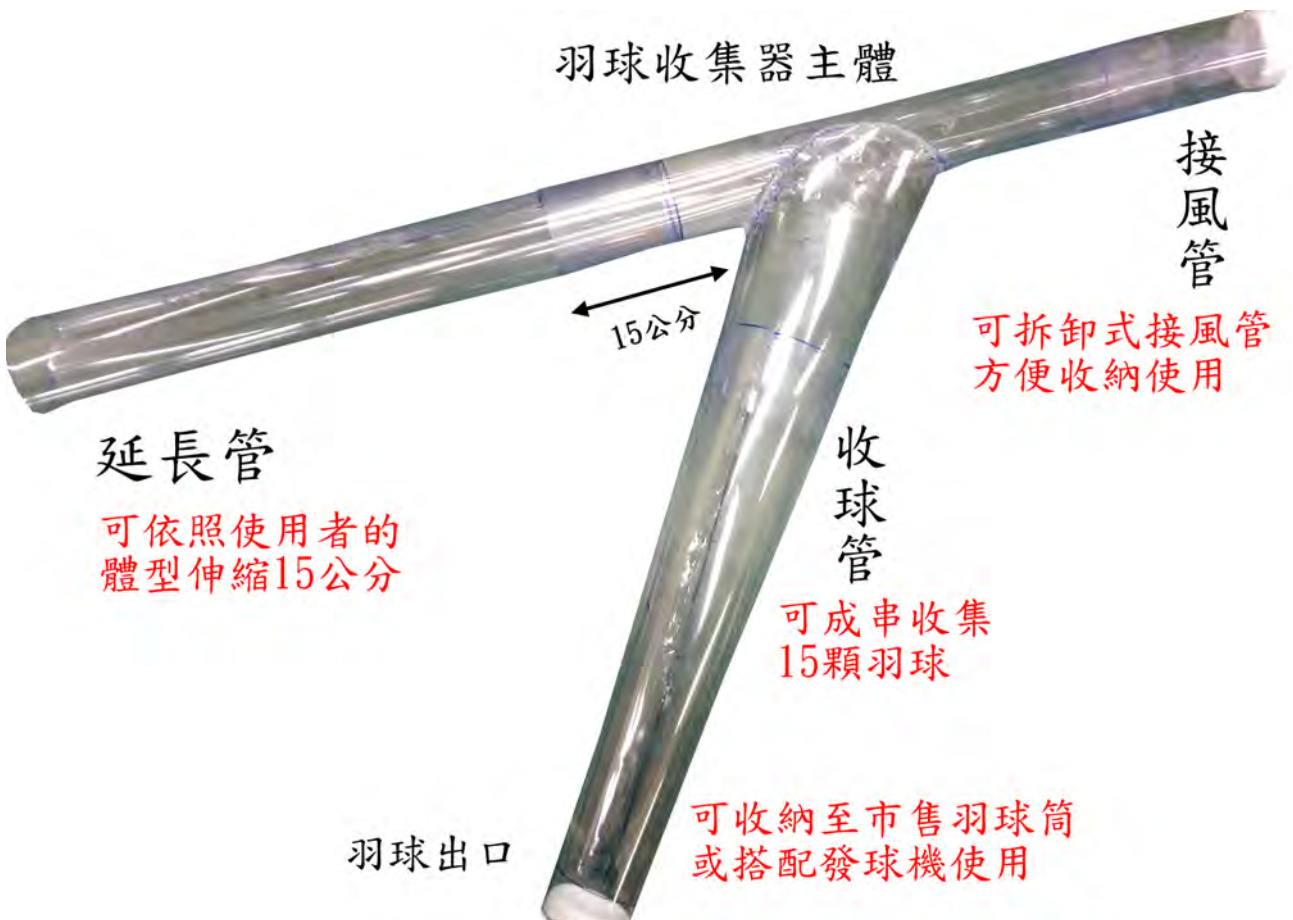
接風管：可拆卸式接風管，方便收納使用。



羽球出口：可直接收納在羽球筒內



可以直接放入羽球發球機使用

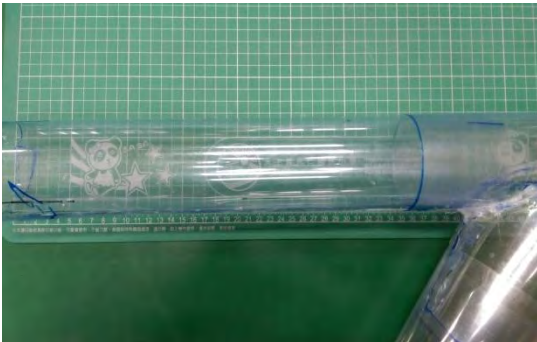


第三代『羽球收集器』特點說明圖

## 六、第四代『羽球收集器』

第三代羽球收集器的結構已經相當完備，但我們想改變吸塵器的種類，使用**充電式**吸塵器，這樣在球場上**收球範圍就可以擴大**，不用受到電線長度的影響。我們將第三代羽球收集器連接在充電式吸塵器上，實驗結果羽球無法吸起；負壓動力裝置若使用插電式吸塵器可快速成串收集，但若使用**充電式吸塵器則無法將羽球吸起**。我們上網搜尋充電式吸塵器相關資料，發現一般吸塵器的吸入功率在 800 至 1200W 甚至更高，但充電式吸塵器的吸入功率只有 250W 及其以下，在無法提高吸入功率的狀況之下，我們只能**改變羽球收集器的結構來增強吸力**。我們在第二代的羽球收集器的各項實驗中，發現縮短延長管與收球管吸力可以增強，於是我們改變羽球收集器的各項結構尺寸，嘗試把羽球吸起。

### 改變羽球收集器結構：



將延長管長度縮短至 35 公分



將收球管的長度縮短至 25 公分



吸入端圓弧開口讓羽球球頭能先進管內(側視圖)



吸入端圓弧開口讓羽球球頭能先進管內(正視圖)



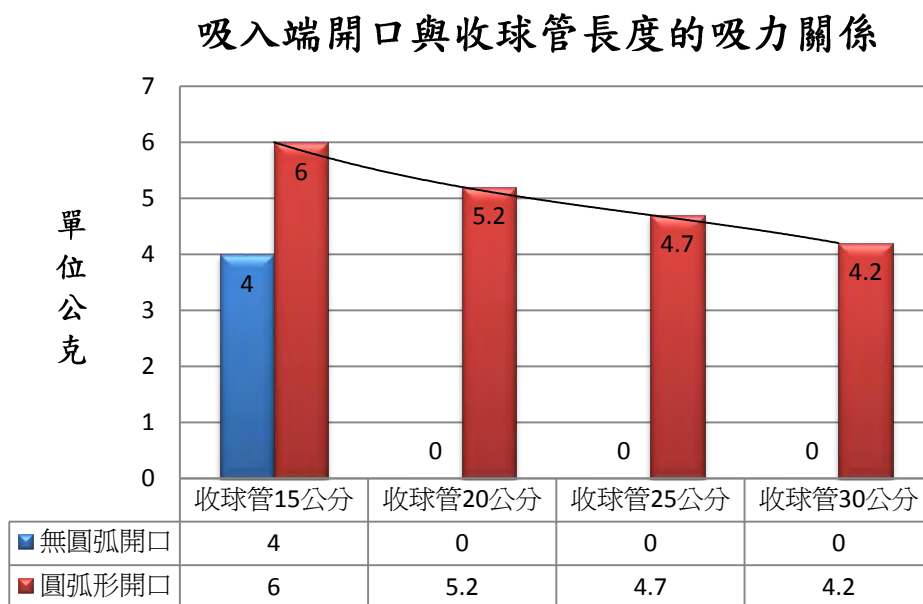
製作可伸縮延長的內外合併式接風管(組合圖)



製作可伸縮延長的內外合併式接風管(分開圖)

### (一)探討吸入端開口外型與收球管長度的吸力關係

我們想了解再延長管吸入端的位置做一個圓弧開口是否能幫助羽球收集器的運作，增強吸力效果，我們使用 35 公分的內嵌式延長管，與不同長度的收球管在測試裝置中作實驗，實驗數據詳如下圖說明。



吸入端開口外型與收球管長度的吸力實驗分析圖

實驗結果發現沒有作圓弧開口的延長管，在 15 公分長的收球管，僅能吸起重量不足只有 4 公克的劣質羽球，若是重量在 4.74 公克到 5.50 公克的一般羽球，則無法吸起。有作圓弧開口的延長管，在 15 公分長的收球管中可將重量在 5.5 公克的正規羽球吸起，但可以明顯感覺到吸起來的速度不如插電式吸塵器的速度快。

### (二)探討接風管型式與收球管長度的吸力關係

在實驗過程中，同學們常常會顧忌到接風管處好像會有吸力外洩，負壓效果會被影響，因此大家討論是否可以設計一個內外合併式的接風管，確保整個收集器的負壓效果。製作過程如下圖說明。



1.剪一個圓形開口



2.製作內管並用熱熔膠將接風管處接合



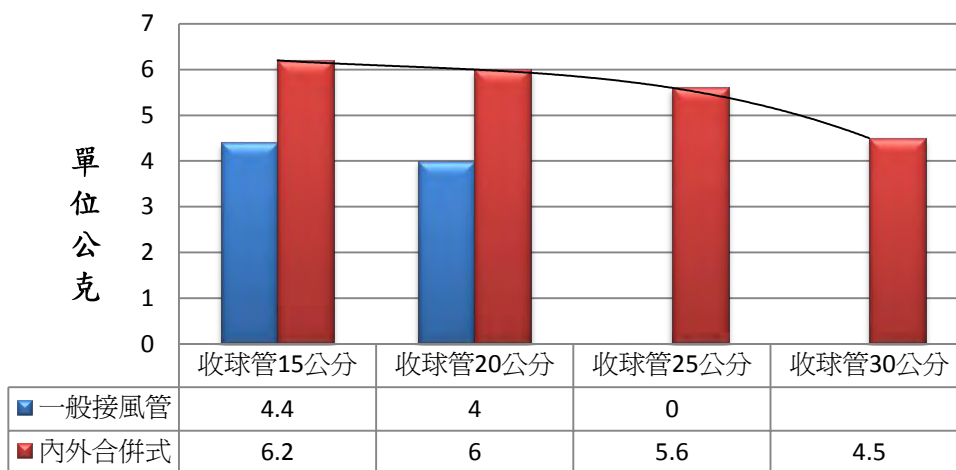
3.製作外管並用熱熔膠將接風管處接合



4.內、外合併式的接風管接合

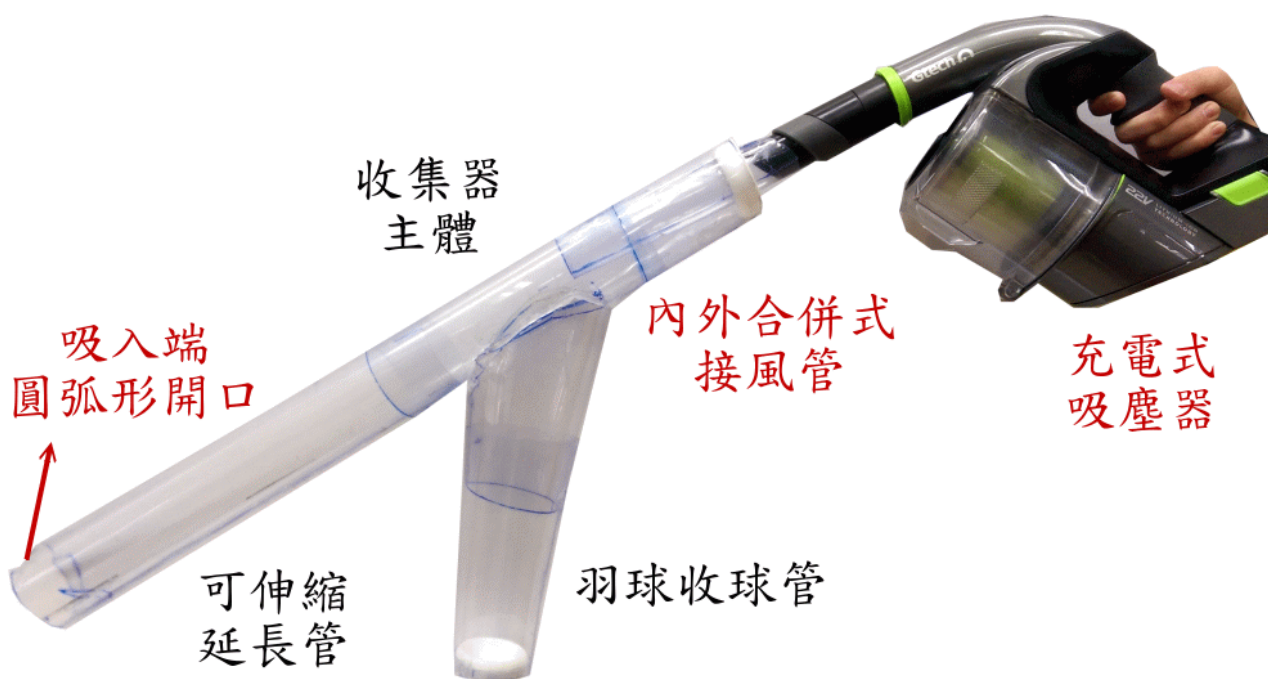
我們想了解內、外合併式的接風管是否能增加羽球收集器的吸力效果，我們使用 35 公分的內嵌式延長管，在吸入端作一個圓弧開口，與不同長度的收球管在測試裝置中作實驗，實驗數據詳如下圖說明。

接風管型式與收球管長度的吸力關係



接風管型式與收球管長度的吸力實驗分析圖

經實驗後發現內外合併式接風管的吸力效果優於一般式的接風管，搭配第四代的羽球收集器使用，讓收球過程更加順暢。第四代羽球收集器的優點是收羽球的範圍大，不受電線長度範圍的影響，但是因為使用充電式吸塵器，吸入功率大大的減少所以吸力差，收球管的長度僅能 25 公分長，能成串收集的羽球數相對減少。



第四代『羽球收集器』圖

## 七、第五代『羽球收集器』

第四代羽球收集器能成功的關鍵是我們研發出來的**內外合併式接風管**與**吸入端圓弧形開口**，才能成串收集 8 顆羽球，我們有試著增加收球管的長度，希望能成串收集至 12 顆羽球(羽球筒可裝 12 顆)，但是增加收球管的長度，吸力會大大的降低而無法將羽球吸起。經我們實驗後發現收球管最長的極限只能在 25 公分，再增加長度羽球就會無法吸起，而且羽球收集的速度變得有點慢，收集 8 顆羽球大約費時 25 秒，與第三代相比簡直天差地遠，這又讓我們產生了想要克服困難的決心了。

在第二代的收集器我們原本的設計是將收球管與主體呈現 90 的角度，結果發現劣質的羽球還是偶爾會卡在導流檔板上，所以在第三代的收集器我們縮小了收球管與主體間的角度，讓收球管與主體大約呈 50 度角，在收集時增加羽球的重力，讓羽球直接垂直掉落至收球管內，詳如下圖說明。

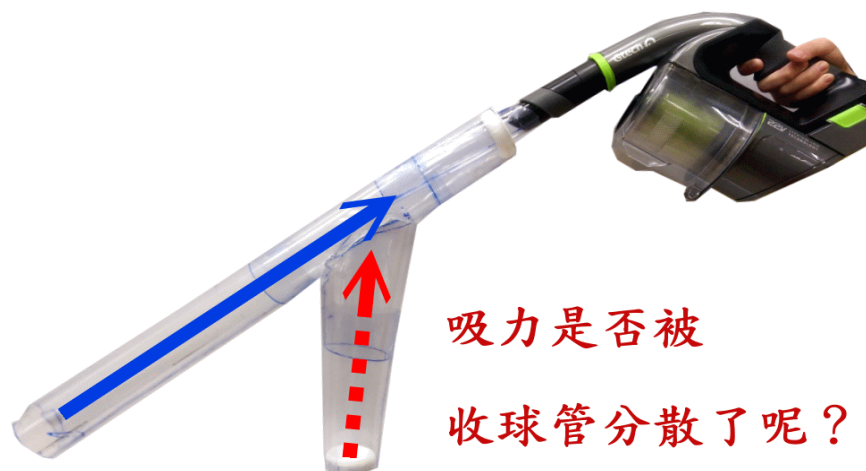


劣質的羽球還是偶爾會卡在導流檔板上



在第三代的收集器我們縮小了收球管與主體間的角度，讓收球管與主體大約呈 50 度角，讓羽球直接垂直掉落至收球管內

結果第三代羽球收集器確實成功的讓每一顆羽球都掉落至收球管內，當時我們都以為是重力的關係，所以即使是劣質的羽球也可以因為重力的關係垂直掉落。直到我們看到第四代羽球收集器的收球過程時，不經讓我們懷疑**收球管與主體間的角度是否也會影響吸力？**

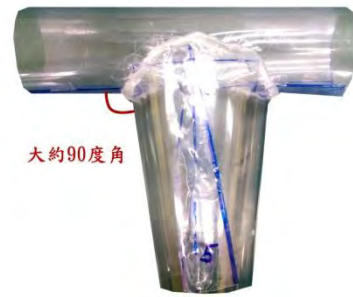


第四代羽球收集器吸力分散示意圖

於是我們開始製作了第五代的羽球收集器，我們將收集器的主體與收球管的角度回復到第二代收集器的 90 度角，嘗試著了解收球過程與收集羽球的顆數，



第四代羽球收集器主體與收球管呈 50 度角

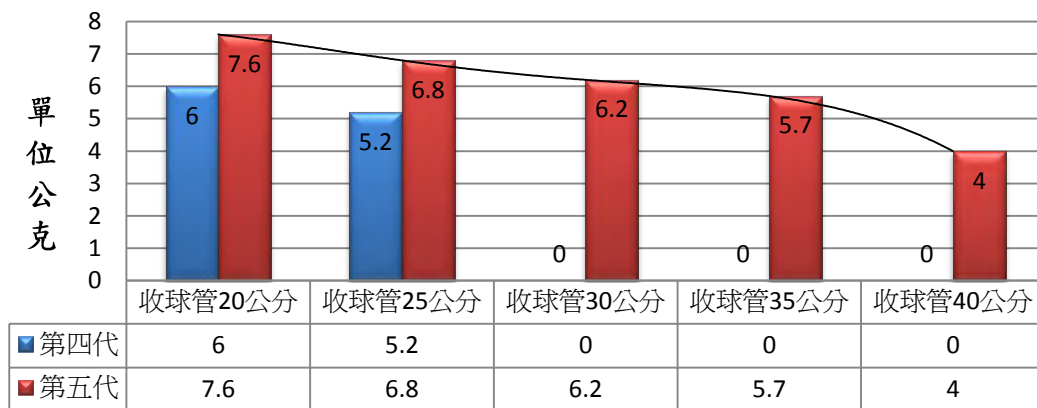


收集器主體與收球管的角度做成 90 度角

### (一)探討第四代 VS 第五代與收球管間的吸力關係

我們想了解收集器主體與收球管的角度是否會影響羽球收集器的吸力效果，我們使用第四代與第五代的羽球收集器，在不同長度的收球管中作實驗，實驗數據詳如下圖說明。

### 第四代VS第五代與收球管長度的吸力關係



第四代 VS 第五代與收球管長度的吸力實驗分析圖

最後實驗結果如同我們分析的『吸力會被收球管角度給分散』，第五代的羽球收集器可以將收球管的長度延長至 35 公分，可成串收集 12 顆羽球。



第五代羽球收集器



## 伍、研究結果

### 一、 第一代與第二代羽球收集器

從一開始我們確定使用吸塵器來成串收集羽球的時候，我們就不斷地在討論羽球收集器的結構，在第一代的羽球收集器我們確認了使用吸塵器來成串收集羽球是可行的，但羽球會卡在接風管，必須改變收集器的結構。所以我們將收球管與接風管的位置做了調整，讓收球管在前端接風管在後端；經實驗後確認第二代羽球收集器可以迅速的成串收集羽球。

但在多次的實驗中發現，劣質且重量不足的羽球會衝過收球管，卡在接風管處影響後面的收球過程，經多次的探討與試驗後，我們設計導流擋板，讓重量不足劣質羽球也能順利掉落至收球管成串收集。研究結果詳如下圖說明。



第一代羽球收集器證明我們使用吸塵器成串收集的想法是可行

第二代羽球收集器可快速成串收集 15 顆羽球

增加導流擋板裝置讓重量不足劣質羽球也能成串收集

接下來我們用成功的第二代羽球收集器來探討各項結構與吸力之間的關係中發現：

- (一) 延長管為內嵌式的較佳，吸力效果較好
- (二) 延長管長度會影響羽球收集器的吸力，延長管愈短吸力愈強，延長管愈長吸力愈弱。
- (三) 收球管的長度會影響羽球收集器的吸力，收球管長度愈長吸力愈差，並經實驗後發現收球管的長度影響效果很大。
- (四) 接風管在後端的羽球收集器吸力是最強的，接風管在上端的羽球收集器吸力最弱。

### 二、 第二代與第三代羽球收集器

使用 450 磅灰紙板製作的第二代羽球收集器會因長時間使用受潮而變形，經過多次討論與試驗後發現使用 0.5mm 厚的硬塑膠板製作成的羽球收集器在各管之間的接合度非常的高，吸力效果好，而且具有防水、不易變形與透明度高特性。

下表我們將第二代與第三代羽球收集器做一個優劣的分析表：

	第二代羽球收集器(灰紙板)	第三代羽球收集器(硬塑膠)
透明度	弱	
接合度	弱	
吸力	弱	
防水	弱	
不易變形	弱	
製作簡單	弱	

第三代羽球收集器完勝表

### 三、 第三代與第四代羽球收集器

第三代羽球收集器使用範圍受到電線長度的影響，於是同學們討論可以使用充電式吸塵器，但充電式吸塵器吸力太弱，必須改變羽球收集器的尺寸結構才能成功收集羽球。

#### 改變項目

- (一) 延長管長度：延長管長度縮減至 35 公分長
- (二) 收球管長度：收球管長度縮減至 25 公分
- (三) 延長管結構：製作吸入端圓弧形開口讓羽球球頭能先進管內，可增強吸力
- (四) 接風管：製作內、外合併式接風管，大大增加負壓效果

下表是我們將第三代與第四代羽球收集器做一個優劣的分析。

	第三代羽球收集器(插電式吸塵器)	第四代羽球收集器(充電式吸塵器)
收球範圍	受電線長度範圍的影響	
吸力		充電式吸塵器吸入功率大大的減少，所以吸力差
收集球數		只能成串收集 8 顆羽球
使用時間		使用 20 分鐘後要充電
收集速度	8 顆羽球只要 9 秒	8 顆羽球大約 25 秒

### 四、 第四代與第五代羽球收集器

第四代羽球收集器雖然可成串收集 8 顆羽球，但收集的過程還是可以明顯地感覺到吸力不足，於是我們再次的改變收集器結構，將羽球收球管與主體間的角度調整製 90 度，吸

力果然比第四代好，收球管的長度可以加長至 35 公分，可成串收集 12 顆羽球，收球過程也比第四代順暢。下表是我們將第四代與第五代羽球收集器做一個優劣的分析。

	第四代羽球收集器(充電式吸塵器)	第五代羽球收集器(充電式吸塵器)
收球管長度	僅能 25 公分	可以增長至 35 公分
收集球數	可成串收集 8 顆羽球	可成串收集 12 顆羽球
收集速度	8 顆羽球大約 25 秒	12 顆羽球大約 25 秒





## 五、 我們製作出來的羽球收集器有以下特點分析：

- (一) **收球速度快**：一般彎腰撿拾 12 顆散落的羽球的時間需要 20 至 25 秒，我們製作的羽球收集器 只需 12 至 15 秒的時間。
- (二) **可成串收集**：我們製作的羽球收集器一次可成串收集至 15 顆羽球，可放置在羽球收球桶內保護，或直接與市售羽球發球機搭配使用。
- (三) **防水不易變形**：我們使用 0.5mm 厚的硬塑膠板製作的羽球收集器，不怕水、也不會因長時間使用受潮變形。
- (四) **不占空間容易收納**：我們設計的羽球收集器是可拆卸、組裝式的，收納方便不占空間，並且容易組裝與拆卸。
- (五) **製作過程容易**：我們設計的羽球收集器只有四個主體，包含了延長管、收集器主體、接風管與收球管，各管在製作方面簡單容易，0.5mm 厚的硬塑膠板容易彎曲成型，且因為是塑膠材質，使用熱熔膠來做黏結簡單方便又快速。
- (六) **製作成本便宜**：製作一組羽球收集器需要 120 公分\*50 公分的硬塑膠板，與熱熔膠條，整個製作費用大約在 100 元左右，既經濟且實惠。
- (七) **可伸縮調整**：在延長管部分有 15 公分的伸縮長度，可根據使用者的身材直接改變，接風管處也可伸縮調整吸力大小。
- (八) **效度百分百**：在收球管上方我們有設計導流檔板，讓重量不足的劣質羽球也可以收納在收球管內，不影響整個收球過程。
- (九) **結構透明**：整組羽球收集器呈現透明狀，清楚了解整個羽球的收球狀況，收球管的球數也可以輕易掌控。
- (十) **專屬羽球收集器**：可依照自己的使用方式與習慣，且不受吸塵器品牌與吸入功率的影響，可以根據我們的實驗數據調整羽球收集器的結構來改變吸力大小，製作出專屬的羽球收集器。

## 陸、研究討論

- 一、市面上有販售羽球發球機，而且羽球發球機的種類玲瓏滿目，卻**沒有羽球收球機**。經我們搜尋後發現有國中組做過類似的**研究**，他們利用複雜的輪軸原理、斜面力學與拋物線做出羽球收集器，但他們設計的羽球收集器無法成串收集，而我們設計的羽球收集器，不僅僅能成串收集，而且收球速度更快、更方便，重點是製作容易、成本低廉而且方便收納，讓大家都能製作一個專屬的羽球收集器。
- 二、在整個羽球收集器的實驗當中，我們研究方向在探討羽球收集器的結構與吸力之間的關係。在國際標準組織(ISO)規定“吸入力”取決於所產生的風力和真空力的合力，這兩者的合力的最大值，即表示該吸塵器能力的“吸入功率”，但是這樣的實驗對我們小學生是有困難，所以**我們自己設計了羽球吸力的實驗**。

### 羽球吸力實驗步驟：

步驟一	步驟二	步驟三	步驟四
			
我們在羽球後端貼上不同重量的砝碼重	將貼有砝碼的羽球放在電子秤秤重量	將貼有砝碼的羽球與收集器放在固定 50 度角的測試裝置	假若羽球收集器可以吸起，則再貼砝碼，直到吸不起來

- 三、我們發現羽球收集器與地面呈現 50 度角時吸力較佳(礙於收球管的長度我們的羽球收集器與地面最低角度只能在 50 度)，爲了在每一次的實驗都能把**角度控制**，我們使用**壓克力板**做了**固定 50 度角的測試裝置**。
- 四、我們試著探討延長管的形式與長度，結果發現延長管爲內嵌式的吸力較佳，且愈短吸力愈強；收球管的長度影響吸力最大，收球管愈長吸力愈弱，在接風口的位置經實驗後發現在後端的位置吸力較佳。
- 五、在第二代羽球收集器完成後並做完各項實驗與研究時，我們發現一個嚴重的問題「**灰紙板會受潮而變形**」，導致整個吸力會大受影響，甚至各管之間與收集器主體都無法接合組裝起來，這情形真的是大大的影響我們的士氣；我們沒有放棄，我們在各文具店、五金行與網路上搜尋，嘗試用 1000 磅的西卡紙做實驗，結果發現西卡紙製作困難、接合度差與重量重，不適合製作羽球收集器；最後我們在美工社尋找到**最適合的材質**

「0.5mm 厚硬塑膠板」，它具有防水、不易變形與製作容易，整個結構體呈現透明狀，清楚了解整個羽球的收球狀況，也可以輕易掌控收球管的球數。

六、因為我們是在探討羽球收集器的結構與吸力之間的關係，所以我們設計製作的羽球收集器**不會受到吸塵器品牌的影響**。在第四代羽球收集器中，因為要使用到吸入功率非常小的充電式吸塵器，所以我們不斷地探究收集器的結構，如何讓我們的羽球收集器吸力增強？最後我們成功的發現在**延長管的吸入端製作圓弧形開口**可以先讓羽球球頭進入管內，增加負壓效果。我們還設計製作了**內外合併式的接風管**，不僅能讓吸塵器的吸力不外漏，更能達到伸縮延長的效果。

七、在第四、第五代羽球收集器的研究過程中，我們幾度想放棄，想改用較貴(萬元)、吸入功率強的充電式吸塵器，但老師跟我們說「這違背科展的精神，我們應該要**發揮探究與實驗的態度去克服困難**」因此我們不斷的改變收集器結構，最後發現**收球管與收集器主體的角度對吸力的影響很大**，角度小吸力會被分散掉，收球管與收集器主體的角度在 90 度角時吸力最強，收球管可以增長至 35 公分，可成串收集至 12 顆羽球。

## 柒、結論

我們利用吸塵器的吸力來設計羽球收集器，歷經了五代的改良與進步，在製作與實驗的過程中遇到許多的困難，並且逐一克服；例如：劣質羽球重量輕、羽球收集器材質會變形、充電式吸塵器吸力太弱等等，尤其是充電式吸塵器吸力太弱的問題，幾乎讓我們想要放棄，想直接購買吸力強、但價格相當昂貴的充電式吸塵器，最終我們還是發揮科展探究的精神，成功的研發出第五代羽球收集器；我們的羽球收集器可以 **100%**成功地收集各式羽球，製作非常容易且成本便宜，製作一個羽球收集器成本不超過 **100** 元，收球速度快、收納又方便，適合各式的羽球場地。現階段我們有製作多組『羽羽生風』羽球收集器，放置在學校的羽球場提供給大家使用，希望藉由平日的使用過程，發現是否有其他問題，進而讓我們的羽球收集器更加實用。

## 捌、參考資料及其他

1. 羽毛球的基本構造：<http://babamama3.tripod.com/structure.htm>。
2. 華人百科\_吸塵器：<https://www.itsfun.com.tw/掃地機器人/wiki-3563865-9825445>。
3. 維基百科：吸塵器 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%90%B8%E5%A1%B5%E6%A9%9F>。
4. 吸塵器吸入功率：<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/11/2015111811170988.pdf>

『羽羽生風』羽球收集器收球過程影片擷取分解圖(一秒四張)



圖 1



圖 2



圖 3



圖 4

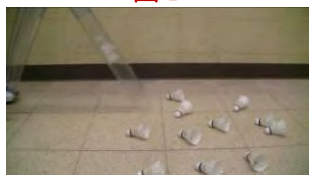


圖 5

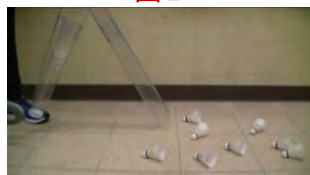


圖 6

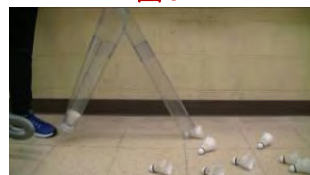


圖 7

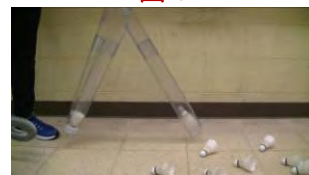


圖 8

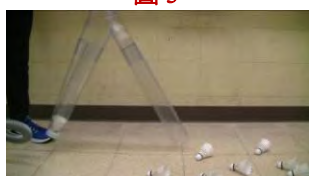


圖 9

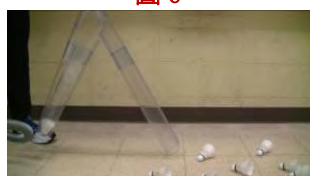


圖 10

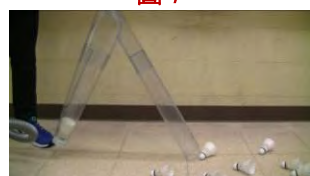


圖 11

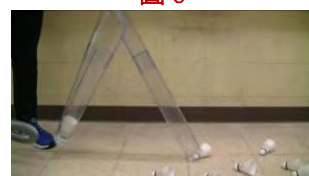


圖 12

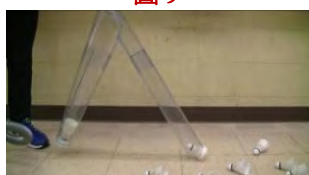


圖 13

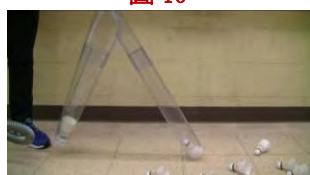


圖 14

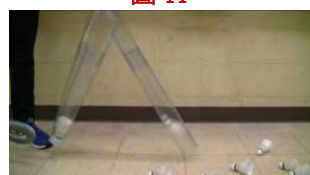


圖 15

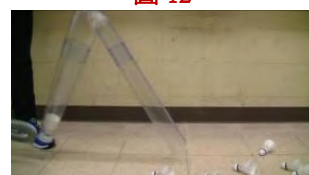


圖 16

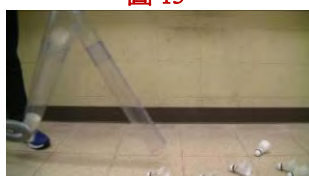


圖 17

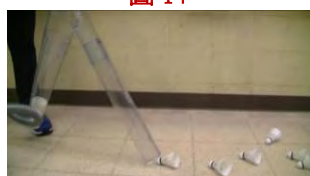


圖 18

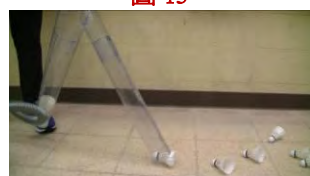


圖 19

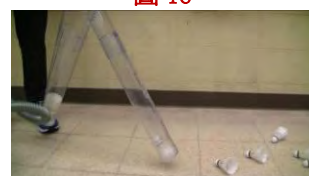


圖 20



圖 21

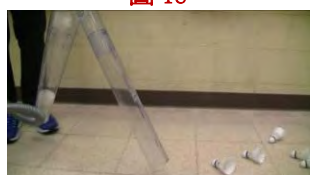


圖 22



圖 23



圖 24



圖 25



圖 26



圖 27



圖 28



圖 29



圖 30



圖 31



圖 32

## 【評語】 080808

該作品經研究開發改良後結合手持式無線吸塵器與羽球收集桶符合創客教育精神，所有想法皆可實作，作品可輕易地回收運動後使用之羽球，提供羽球場館之羽球回收且亦不破壞球體羽毛。整體而言，符合學生學校生活（活動）的需求，運用科學原理（負壓）在作品的製作和研發，透過測試各種條件狀況以做出合適的器具，且實際應用在校園中。

作品海報

## 摘要

本研究利用負壓式原理自製一個羽球收集器具，我們使用吸塵器產生吸力，連接自製的羽球收集器，將散落一地的羽球快速排列並收納至羽球桶內，成功的製作出「負壓式羽球收集器」。在實驗中探討負壓與自製的羽球收集器之間的各項物理性質，進而設計羽球收集器具的構造，並從多項實驗數據中，不斷地改良最後成功研究出最佳的羽球收集器。過程中我們運用 450P 的灰紙板、1000P 的西卡紙與最後嘗試使用的硬塑膠板來製作羽球收集器，在吸力方面我們由一開始的普通吸塵器到後來使用的車用吸塵器，最後設計出不用彎腰撿拾，並能快速收納且能讓羽球成串收集的羽球收集器。

## 研究動機

在上羽球課的時候，體育老師常要求我們將羽球排列成一排，讓老師方便發球幫助我們練習，市售的羽球發球機也是必須先將羽球排列好放置羽球發球桶內等待發球，但卻沒有市售羽球收球機，在網路上有搜尋到國中組大哥哥與大姐姐們研製的羽球收球機，但在製作方面有些困難且收球速度有些慢，最重要的是無法成串收集，所以我們決定著手進行構思，研製能夠成串收集的羽球收集器。

教學相關單元：南一版\_五下\_力與運動，六下\_巧妙的施力工具

## 研究目的

- 一、利用負壓式原理設計並製作適當的羽球收集器。
- 二、探討羽球收集器的各部構造與吸力之間的關係。
  - 延長管的形式和長度與吸力之間的關係。
  - 收球管的長度與吸力之間的關係。
  - 接風管的位置與吸力之間的關係。
  - 收球管與主體之間的角度與吸力的關係。
- 三、研究最適合製作羽球收集器具的材料。
- 四、製作充電式吸塵器的羽球收集器並與插電式吸塵器作比較。
- 五、研究過程中遇到的困難突破，有效增加收球效率。

## 研究設備及器材

羽球收集器材料：

450 磅 灰紙板、1000 磅 西卡紙、0.5mm 厚硬塑膠板。

製作工具：

美工刀	熱熔膠槍	白膠	快乾膠	鐵尺	尖嘴鉗
透明膠帶	封箱膠帶	鐵槌	線切割機	捲尺	剪裁器具

實驗工具



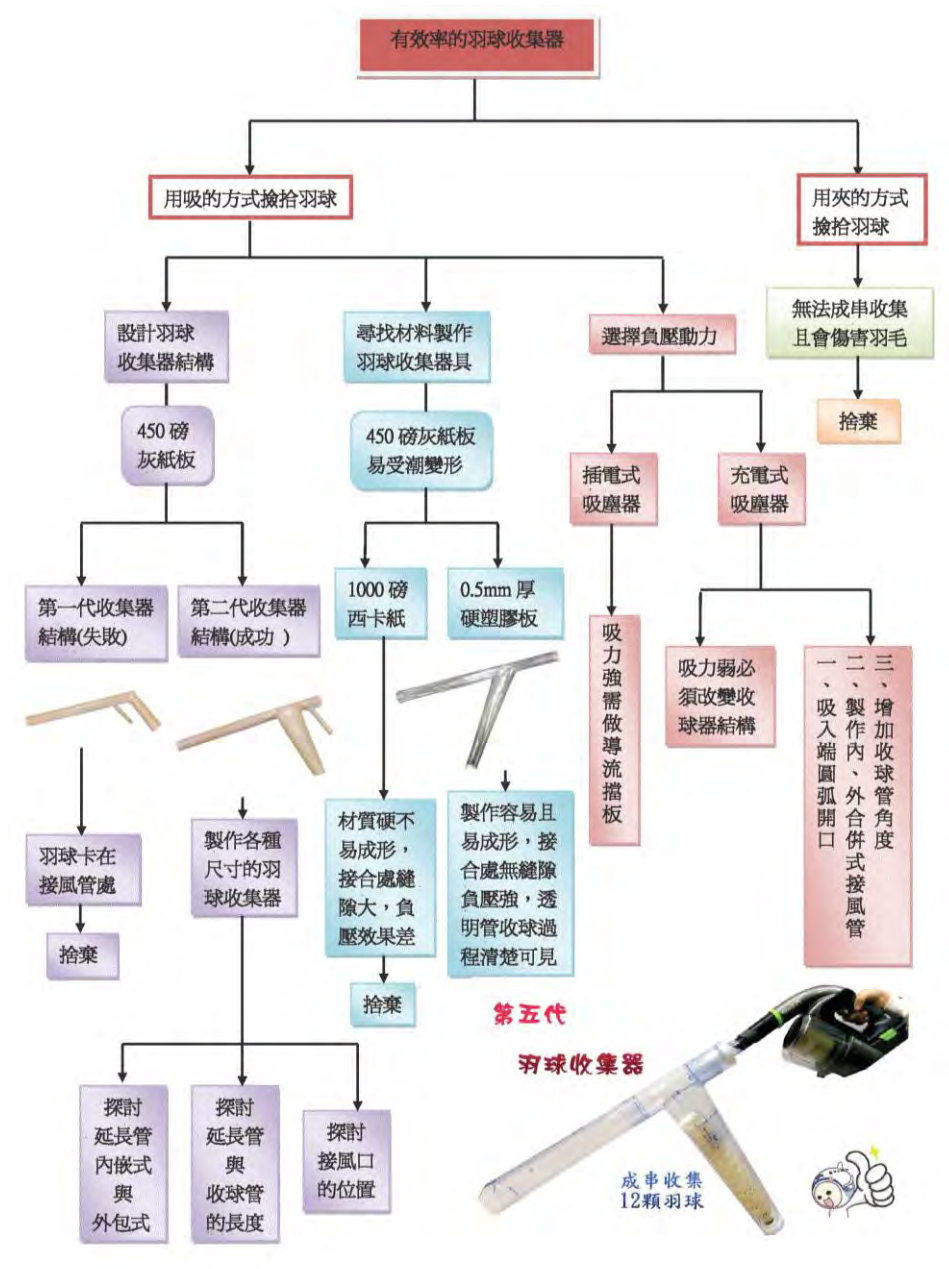
自製固定角度測試裝置



電子秤與砝碼

## 研究過程或方法

### 一、研究流程圖



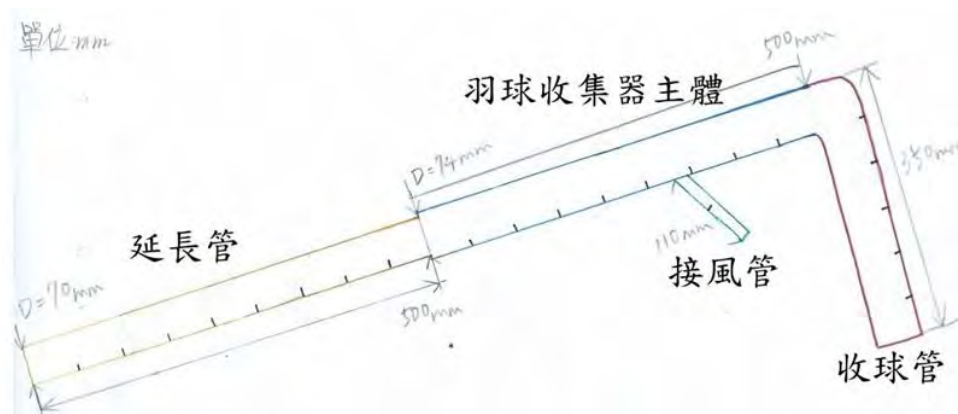
## 二、研究構思：

問題一：可以用什麼方式將羽球撿拾起來並且成串收集？

討論：討論可以用長鐵夾夾起羽球，也有同學提出可以用吸塵器的吸力將羽球吸起來。**嘗試**：用長鐵夾會傷害到羽球的羽毛，而且無法成串收集，捨棄。用吸塵器吸的方式確實不用彎腰就可以將羽球從地面吸起來，但是要如何利用吸塵器來成串收集？就必須研究設計羽球收集器的構造了。

問題二：如何利用吸塵器來成串收集羽球？

討論：同學們開始分組討論羽球收集器的結構，最後討論結果如下圖設計圖



問題三：可以用什麼材質來製作羽球收集器？

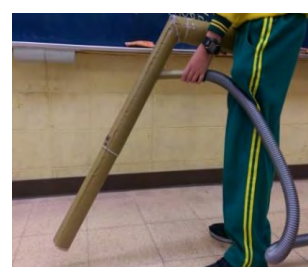
討論：同學們討論可以用厚紙板、紙箱材質或是灰紙板，經過嘗試後發現厚紙板有些軟，在實驗過程中容易變形；紙箱材質不易捲曲成圓柱體，無法緊密接合，負壓效果差。最後嘗試 450 磅的灰紙板，發現裁切方便、硬度適中並且容易捲曲成圓柱狀

## 三、第一代『羽球收集器』

測試結果



羽球收集器接上吸塵器



成功將羽球吸起



羽球會卡在接風管處



測試結果羽球卡在接風管處

## 四、第二代『羽球收集器』

同學們探討第一代羽球收集器失敗的原因，大家認為因為吸力太強導致羽球卡在接風管，調整吸力是否能成功呢？經測試後發現將吸力調弱羽球反而無法吸起，將吸力調整至能將羽球吸起，羽球還是會卡在接風管；我們決定將收球管與接風管的位置交換，讓羽球吸起後藉由重力順勢掉落在收球管內成串收集。最後討論結果如下圖：

預期羽球收球路徑



第二代『羽球收集器』

測試收球效果



接上吸塵器



實際測試收球效果



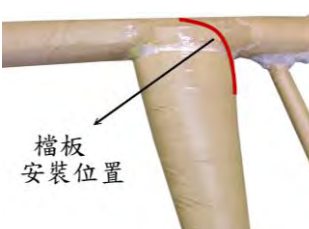
快速成串收集 15 顆羽球

但是還是有少數羽球會衝過收球管，跑到接風口處，探究多次後我們發現國際羽球規則規定羽球的重量必須在 4.74 gw 到 5.50 gw，那些衝過收球管跑到接風口處的羽球都是不足 4 gw 的羽球，為了防止類似的情況發生，我們設計了導流的擋板，讓重量不足劣質的羽球也能順勢掉落在收球管內，不影響收羽球的過程。

設計導流擋板



設計導流擋板



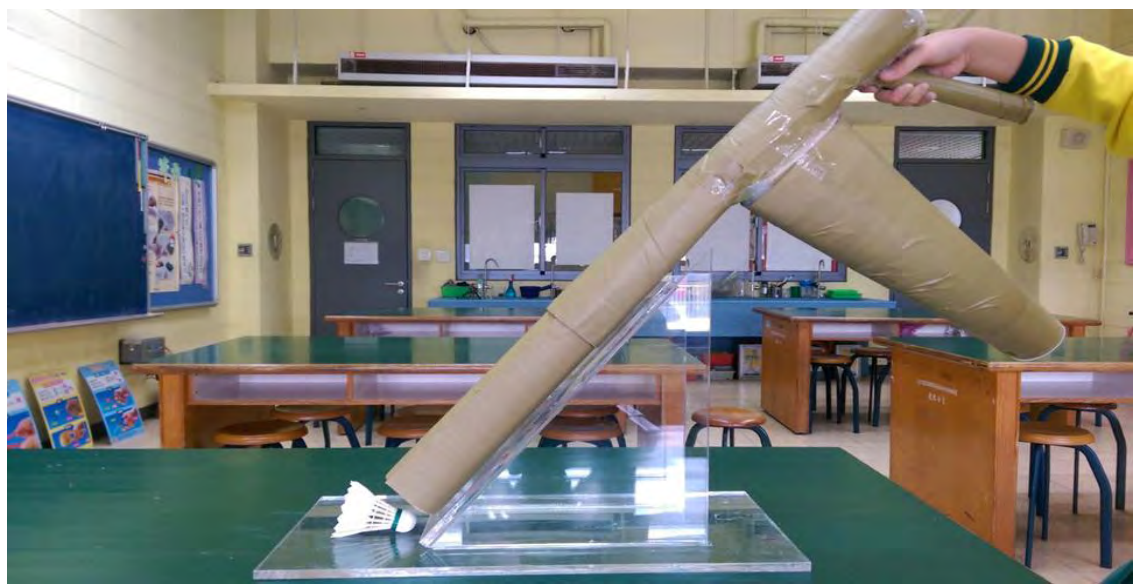
安裝位置



安裝位置



設計固定角度實驗裝置



固定角度測試裝置圖

設計實驗步驟



1. 實驗前測量羽球重量是否在標準範圍內



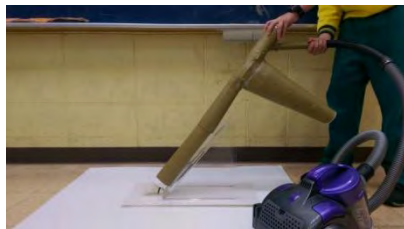
2. 不同克重的砝碼貼在羽球球頭後端



3. 將有貼砝碼的羽球放置在電子秤確認最後重量



4. 將羽球收集器與待測羽球放置在固定角度的測試裝置



5. 接上吸塵器測試羽球收集器的吸力



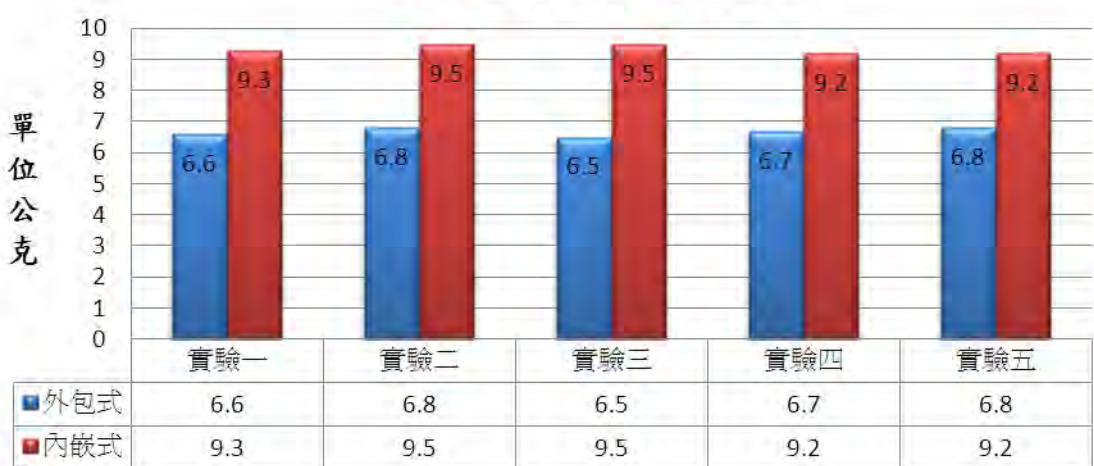
6. 若可以吸起則增加砝碼，重複實驗直到羽球收集器無法吸起為止

設計各項實驗

1. 探討延長管為內嵌式或外包式與吸力之間的關係

我們先使用 50cm 長的延長管，製作成與收集器主體為內嵌式接合方式與外包式接合方式，探討這兩種接合方式與吸力之間的關係。實驗結果詳如下圖分析表

延長管種類與吸力關係



實驗結果測得延長管為內嵌式的吸力較佳，平均可以吸起 5 公克的羽球外加 4.3 公克的砝碼，延長管為外包式的吸力較差，只能吸起 5 公克的羽球外加 1 公克的砝碼。

2. 探討延長管長度與吸力之間的關係

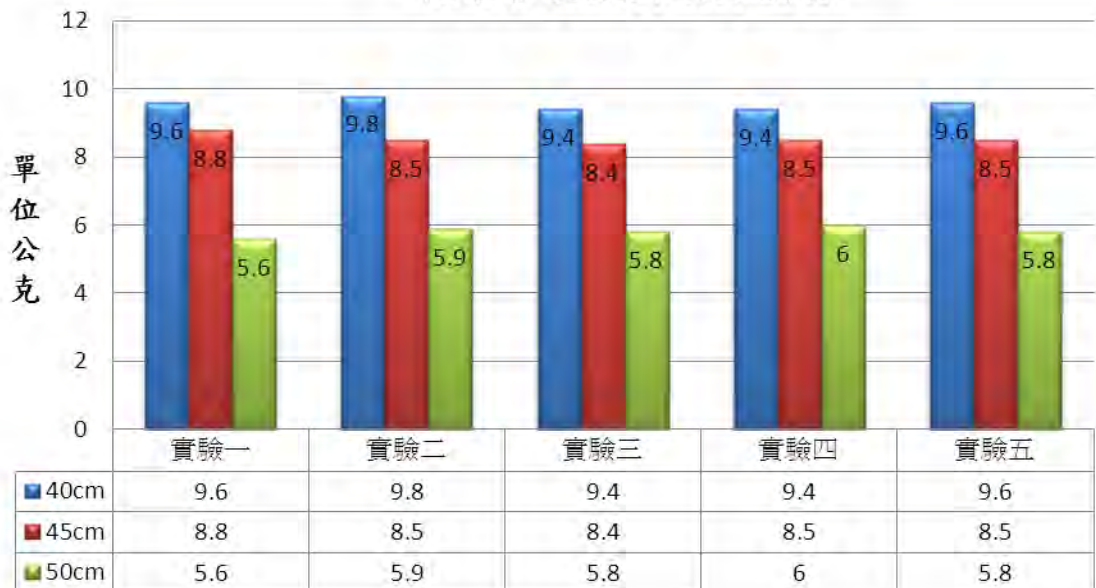
內嵌式延長管長度與吸力關係



實驗後發現延長管長度也會影響羽球收集器的吸力，延長管愈短吸力愈強，延長管愈長吸力愈弱。

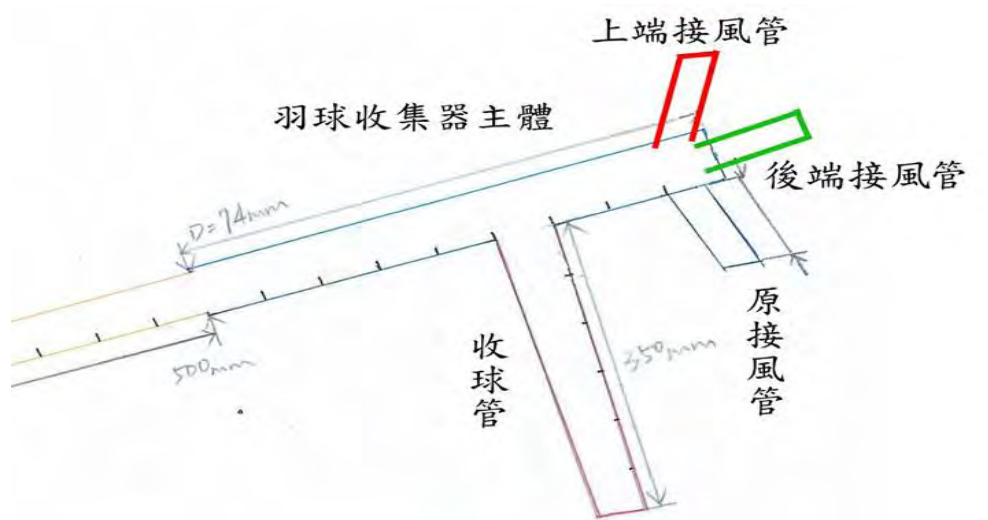
3. 探討收球管長度與吸力之間的關係

收球管長度與吸力關係



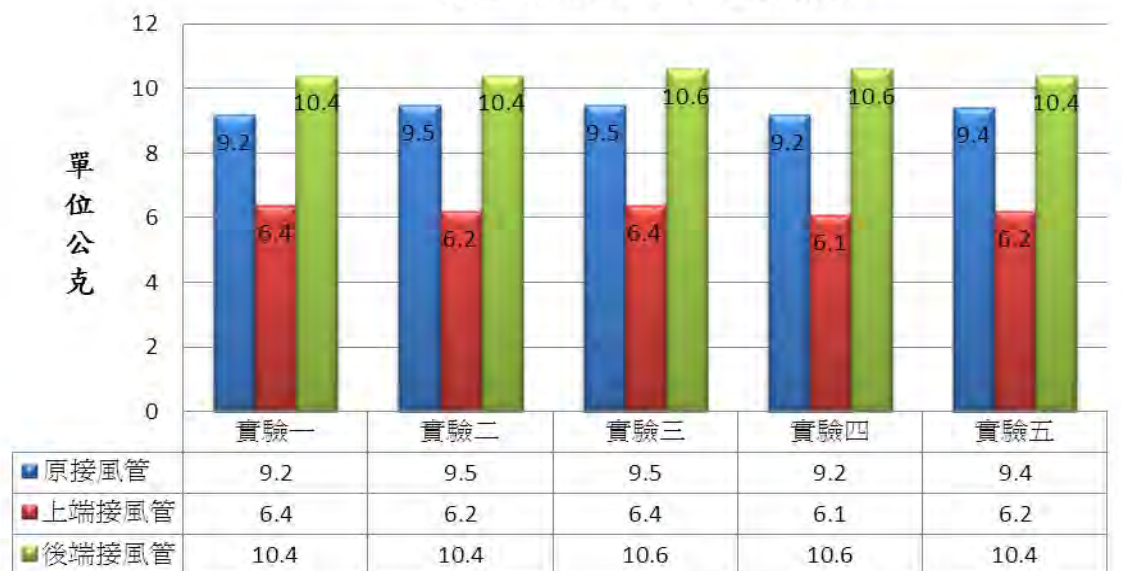
經實驗後發現收球管的長度會影響羽球收集器的吸力，尤其是當收球管的長度增加到 50 公分時，幾乎只能將羽球吸起，而且在吸起的過程中速度明顯變慢，因此收球管的長度對羽球收集器收球的效果影響很大。

4. 探討接風管的位置與吸力之間的關係



設計三個接風管的位置圖

接風管位置與吸力關係



實驗後依數據分析測得接風管在後端的羽球收集器吸力是最強，接風管在上端的羽球收集器吸力是最弱。

五、第三代『羽球收集器』

在第二代羽球收集器能快速成功的收球之後，我們發現一個很嚴重的問題必須面對處理，我們使用灰紙板製作的羽球收集器會因長時間受潮而變形，因此我們必須尋找新的材料重新製作羽球收集器。

使用 0.5mm 厚硬塑膠板製作羽球收集器

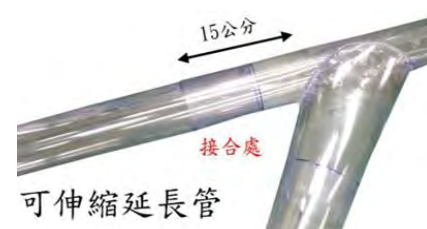


第三代『羽球收集器』

第二代 VS 第三代



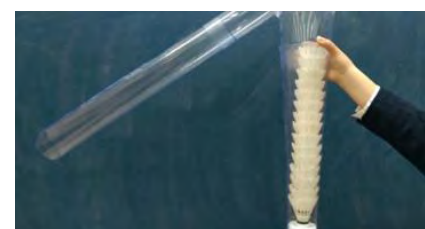
第三代羽球收集器特點：



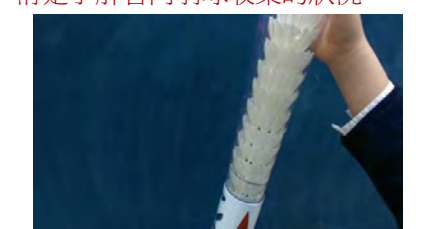
可伸縮延長管



接風管：可拆卸式，方便收納使用。



收球管：可一次成串收集 15 顆羽球 清楚了解管內羽球收集的狀況



羽球出口：可直接收納在羽球筒內



收集器主體：可清楚了解羽球收球過程。



直接放入羽球發球機使用

## 五、第四代『羽球收集器』

第三代羽球收集器的結構已經相當完備，但我們想改變吸塵器的種類，使用充電式吸塵器，這樣在球場上收球範圍就可以擴大。我們將第三代羽球收集器連接到**充電式吸塵器**上，實驗結果羽球無法吸起；一般吸塵器的吸入功率在800至1200W甚至更高，但充電式吸塵器的吸入功率只有250W及其以下，在無法提高吸入功率的狀況之下，我們只能改變羽球收集器的結構來增強吸力。

改變羽球收集器結構：



將延長管長度縮短至 35 公分



將收球管的長度縮短至 25 公分



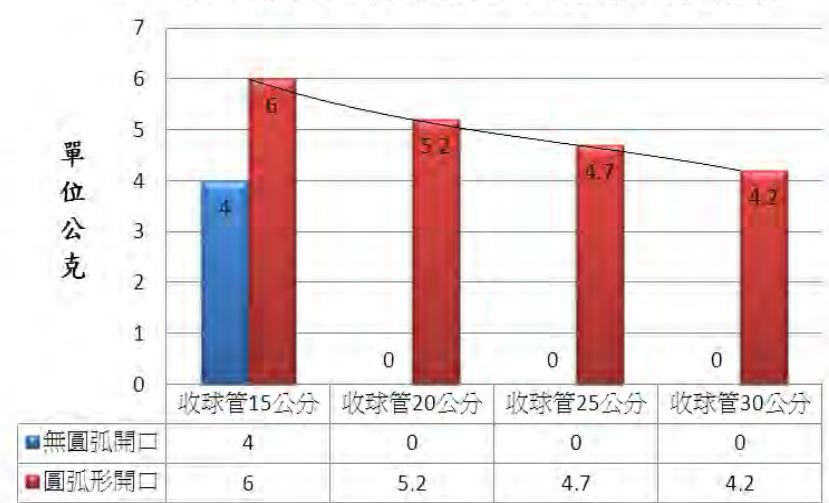
圓弧開口讓羽球球頭先進管內



可伸縮延長的內外合併式接風管

### 1. 探討吸入端開口外型與收球管長度的吸力關係

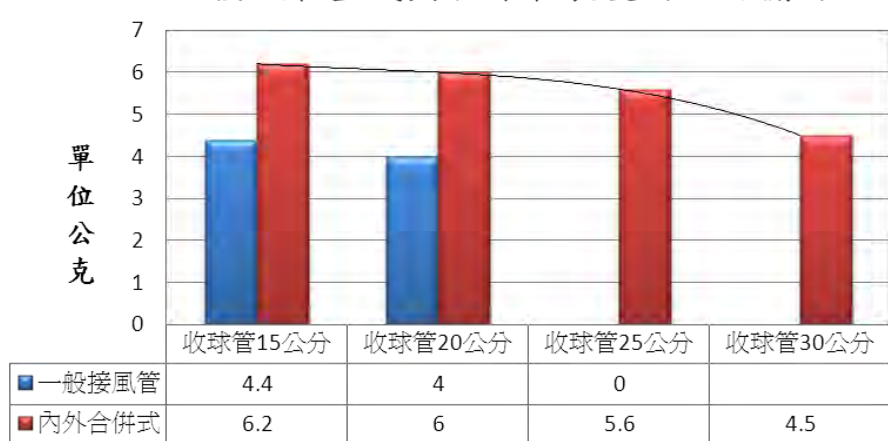
吸入端開口與收球管長度的吸力關係



實驗結果發現有作圓弧開口的延長管，在15公分長的收球管中可將重量在5.5公克的正規羽球吸起。

### 2. 探討接風管型式與收球管長度的吸力關係

接風管型式與收球管長度的吸力關係



經實驗後發現內外合併式接風管的吸力效果優於一般式的接風管，搭配第四代的羽球收集器使用，讓收球過程更加順暢。



## 六、第五代『羽球收集器』

在第四代羽球收集器的收球過程時，我們懷疑收球管與主體間的角度是否也會影響吸力？於是我們開始製作了第五代的羽球收集器，我們將收集器主體與收球管的角度回復到第二代收集器的90度角



第四代羽球收集器主體呈 50 度角



第五代羽球收集器主體呈 90 度角

### 1. 探討第四代 VS 第五代與收球管間的吸力關係

第四代VS第五代與收球管長度的吸力關係



第五代的羽球收集器可成串收集12顆羽球。

## 研究結果

### 一、第一代與第二代羽球收集器



第一代羽球收集器證明我們使用吸塵器成串收集的想法是可行  
第二代羽球收集器可快速成串收集15顆羽球

### 二、第二代與第三代羽球收集器優劣的分析表

	第二代 (灰紙板)	第三代 (硬塑膠)
透明度	灰紙板不透明	👍
吸力	接合度差吸力弱	👍
防水	弱	硬塑膠材質不怕水
不易變形	容易受潮而變形	👍

### 三、第三代與第四代羽球收集器優劣的分析。

	第三代 (插電式吸塵器)	第四代 (充電式吸塵器)
收球範圍	受電線長度範圍的影響	👍
吸力	👍	充電式吸塵器吸入功率很低，所以吸力差
收集球數	👍	只能成串收集8顆羽球
使用時間	👍	使用20分鐘後要充電
收集速度	8顆羽球只要9秒	8顆羽球大約25秒

### 四、第四代與第五代羽球收集器優劣的分析。

	第四代 (充電式吸塵器)	第五代器(充電式吸塵器)
收球管長度	僅能25公分	可以增長至35公分
收集球數	可成串收集8顆羽球	可成串收集12顆羽球
收集速度	8顆羽球大約25秒	12顆羽球大約25秒

## 討論

我們製作出來的羽球收集器有以下特點分析：

- 收球速度快：收集12顆散落的羽球的時間只需要12至15秒
- 可成串收集：一次可成串收集至15顆羽球
- 防水不易變形：硬塑膠板材質不怕水、也不會受潮變形。
- 不占空間容易收納：我們設計的羽球收集器是容易組裝與拆卸。
- 製作過程容易：塑膠板容易彎曲成型，且因為是塑膠材質，使用熱熔膠來做黏結簡單方便又快速。
- 製作成本便宜：製作一組羽球收集器，整個製作費用大約在100元左右，既經濟且實惠。
- 可伸縮調整：延長管部分有15公分的伸縮長度，可根據使用者的身材直接改變
- 效度百分百：在收球管上方我們有設計導流檔板，讓重量不足的劣質羽球也可以收納在收球管內，不影響整個收球過程。
- 結構透明：整組羽球收集器呈現透明狀，清楚了解整個羽球的收球狀況，收球管的球數也可以輕易掌控。
- 專屬羽球收集器：可依照自己的使用方式與習慣，且不受吸塵器品牌與吸入功率的影響，可以根據我們的實驗數據調整羽球收集器的結構來改變吸力大小，製作出專屬的羽球收集器。

## 結論

我們的羽球收集器歷經了五代的改良與進步，在製作與實驗的過程中遇到許多的困難，並且逐一克服；例如：劣質羽球重量輕、羽球收集器材質會變形、充電式吸塵器吸力太弱等等，尤其是充電式吸塵器吸力太弱的問題，幾乎讓我們想要放棄，最終我們還是發揮科展探究的精神，成功的研發出第三代與第五代的羽球收集器；現階段我們有製作多組『羽羽生風』羽球收集器，放置在學校的羽球場提供給大家使用，希望藉由平日的使用過程，發現是否有其他問題，進而讓我們的羽球收集器更加實用。

## 參考資料

- 羽毛球的基本構造：  
<http://babamama3.tripod.com/structure.htm>。
- 華人百科\_吸塵器：<https://www.itsfun.com.tw/掃地機器人/wiki-3563865-9825445>。
- 維基百科：吸塵器  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%90%B8%E5%A1%B5%E6%A9%9F>
- 吸塵器吸入功率：  
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/11/2015111811170988>。