

中華民國第 56 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

080829

「瓶分」秋色大對決！瓶罐分類系統的探究與實作

學校名稱：臺北市大同區日新國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳意姍	吳叔鎮
小六 謝采育	林杏華
小五 馮玟慈	
小五 楊曜丞	
小四 邱彥嘉	
小四 施珍妍	

關鍵詞：瓶罐、資源回收、自動分類

摘要

資源回收需要花費許多人力，因此我們想要嘗試製作一個自動回收系統，來解決這個問題；首先我們探討四種物理特性對鐵罐、鋁罐及寶特瓶檢驗後的差異，我們先後根據不同特性及原理自製了瓶罐撞擊器、磁場檢測儀、導電檢測儀及光反射檢測儀來蒐集各種數據，我們發現可以利用敲擊後的聲音頻率來找出寶特瓶，利用磁場感應的方式找出鐵罐，利用導電及光反射的特性來找出鋁罐。

我們進一步利用「二分法」與磁場及光反射這兩項物理特性來設計出一個自動分類系統，這個自動分類系統能夠達到 100% 的檢測成功率，因此，利用物理特性對三種材質瓶罐進行分類是可行的，我們的資源分類系統可進一步開發成大眾使用的資源分類工具。

壹、研究動機

垃圾量逐年增加，我們常看到許多人隨手把許多可以回收的資源垃圾丟到垃圾桶中而沒有做分類，其中在資源回收的垃圾中，鐵罐、鋁罐與寶特瓶的體積都很大，數量一多就變得很重，經常耗費許多人力來進行處理，所以我們以這三種瓶罐的資源分類當做這次的研究主題。

為了節省人們做分類的時間，讓資源回收變得更有效率，我們思考如果我們能夠製作出一個全自動型的資源分類系統，這樣就可以減少人力的浪費，又可以減少環境的污染。

我們曾經在不同年級的自然課中，學習到一些很有用的知識及應用，我們將這與這次研究有關的相關單元及內容整理如下表：

領域課程	單元名稱	與本研究相關的內容
自然與生活科技三上	奇妙的磁鐵	鐵經過磁化後會具有磁性，磁鐵的應用。
自然與生活科技四上	燈泡亮了	金屬具有導電性，電路的基本組合。
自然與生活科技四下	光的世界	光在照射到物體後具有折射與反射的情形。 不同的材質會有不同的折射率。 不同顏色的物體，會反射出不一樣顏色的光線。
自然與生活科技五下	聲音與樂器	物品所發出的音色會因為材質不同而有所不同。
自然與生活科技五下	植物的奧秘	植物的特徵和分類，二分法的應用。
自然與生活科技六上	電磁作用	指北針與地磁的關係，磁場的應用。

我們發現，除了植物的奧秘單元之外，其他五個單元的內容中，都有因為材質的不同而讓實驗產生不同結果的情形，因此我們想要利用這些所學過的物理特性，來做出這個資源分類系統。為了更清楚了解這幾種物理特性可以如何運用在我們的研究，我們分別去蒐集了相關的資料，以下是我們的文獻探討。

◇ 如何讓聲音變成可以看見並且能夠紀錄的數值？

林明宏（2011）在他的書中有提到一聲波的波形不同，音色就會有所不同，所以我們就想「要如何才能看到聲波」，因此我們就去找了不同的做法，徐悠和王靖瞳（2015）在他們科展比賽的作品找出假東西的新方法裡有講到為了讓每次敲擊的位置和力氣都相同，因此自製了聲音檢測器(可攜液體鑑定儀)，敲打瓶罐後，再用自由軟體「Audacity」將聲音分析成：波形圖、分貝波形圖和頻譜圖，利用這種方法不僅省去購買檢測儀的費用，更能夠清楚的看到聲音的圖形、獲得數值，真是一舉兩得。

◇ 如何製造一個磁場來判斷鐵罐、鋁罐與寶特瓶的差異？

霍夫曼（2003）在書中提到，一般沒有磁化的鐵塊裡，磁的方向是隨機分布的，因此磁場會互相抵消掉，但如果把鐵放到磁場裡，鐵就會受到磁化了。孫永云（2010）說磁場會受到有磁化過的金屬影響，但不會受到沒有磁化過的金屬影響，不同材質有不同結果，例如：指北針會受到鐵、鈷、鎳等其磁場干擾而影響方向或失去效用，那麼，如果我們把指北針當做檢測可被磁化金屬的工具，是否可行？如果可以，要怎麼做才能讓指北針的轉動產生數值及差異呢？

◇ 如何透過導電性的差異來判斷三種瓶罐的不同？

在四年級的電路單元中已經知道，不是所有的物體都會導電，可以導電的物體例如銅、鐵等金屬物體，不可導電的物體例如塑膠、木頭等非金屬製品，那麼只要透過一個簡單電路的組合，用燈泡的亮或不亮來分辨出寶特瓶與金屬罐就可以了，另外，施純協（1988）說在自然界中有些物質對電流之阻力很小易於導電，此種物質稱為導體，而鐵罐與鋁罐在導電的表現上是否會有不同呢？

◇ 如何利用不同物體對光反射的差異來判斷三種瓶罐的不同？

林明宏（2011）提到當光遇到物體，或遇到不同介質交界面時，光的一部份或全部都會被表面反射回去，而不同顏色的物體會反射該物體顏色的光，既然如此，我們能否利用光反射特性差異來區分三種瓶罐的不同呢？

◇ 如何利用「二分法」的分類程序，來製作一個便宜又好用的瓶罐分類系統？

我們在五年級上、下學期分別利用「二分法」來針對植物與動物進行分類，而我們也在電腦課中學習過 Arduino 單晶片的程式設計、相關感測模組的基本使用，我們希望利用這些方法的結合來製作出一個瓶罐分類系統，以幫助資源分類更有效率的進行。

由以上針對我們這篇研究的文獻探討，我們便確定了我們的目標，接下來我們即將進入一系列解決問題的過程。

貳、研究目的

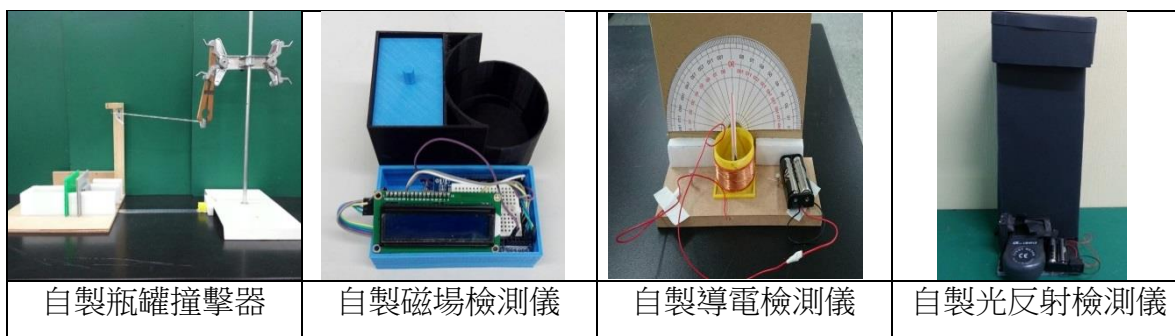
我們透過前面的文獻探討與問題，我們確定了下列五點研究目的：

- 一、 探討三種不同材質瓶罐被敲打後的聲音頻率及音量大小有何差異。
- 二、 探討三種不同材質瓶罐影響磁場變化的差異。
- 三、 探討三種不同材質瓶罐在簡單電路中導電性的差異。
- 四、 探討三種不同材質瓶罐被光照射後所反射的光有何不同。
- 五、 根據研究一至研究四的結果，找出可判斷三種瓶罐的檢測方法，並進一步開發自動分類系統。

參、研究設備及器材

一、 自製設備與器材：

- (一) 自製瓶罐撞擊器：木板、L 型角鐵、螺絲、麻繩、自製撞擊物、鉤子、珍珠板、鐵架、夾子、鐵尺。
- (二) 自製磁場檢測儀（第一代、第二代）：指北針、紙板、光敏電阻、LCD、Arduino 主控板、線、隔板、鹼性電池、LED、開關。
- (三) 自製導電檢測儀：木板、厚紙板、膠帶、螺絲、寶特瓶、圓形磁鐵、吸管、筆芯、泡棉膠、漆包線、電池。
- (四) 自製光反射檢測儀：積木、鎢絲燈泡、LED、開關、電池、紙板、照度計。



二、實驗設備與器材：

(一) 一般器材：熱熔槍、保麗龍膠、泡棉膠、螺絲起子、電動鑽洞機、鋸槍、尖嘴鉗、鐵尺、美工刀、剪刀。

(二) 電子設備與器材：三用電表、3D 列印機、電腦。

(三) 鋁罐 20 種

台灣啤酒金牌	台灣啤酒 REMIUM	台灣啤酒葡萄	台灣啤酒鳳梨	麒麟 一番榨啤 1	海尼根	北海道	青島啤酒
朝日黑啤酒	朝日啤酒	Bar 啤酒	麥根啤酒	維大力汽水	蘋果西打	可口可樂	舒跑運動飲料
超無限運動飲料	黑麥汁	紅麴黑麥汁	樹頂蘋果汁				

(四) 鐵罐 20 種

愛之味意仁寶	紅豆蓮子湯	泰山綠豆湯	泰山意仁饌	名屋花生牛奶湯	泰山花生仁湯	愛之味奶酪紅豆	愛之味黑八寶
阿華田	麥香奶茶	愛之味莎莎亞椰奶	鮮剖椰子水	韋恩咖啡	光泉米漿	泰山仙草蜜	貝納頌火炭焙風味

菇神黑木耳	愛之味紅豆粉粿	妞妞甜八寶	伯朗醇黑咖啡	

(五) 寶特瓶 20 種

御茶園冰滴綠茶	御茶園特上紅茶	泰山冰鎮芭樂綠茶	御茶園冰滴綠茶	愛之味分解茶	泰山仙草蜜茶	輕檸茶	生活運動飲料
味丹黑炭水	多喝水	波爾天然水	H2O 純水	愛之味鮮採番茄	WAHOLA	泰山 TWIST WATER	台糖礦泉水
噶瑪蘭天然水	寶礦力水得	舒跑	悅氏酸梅湯				

肆、研究過程與方法

一、研究架構與流程



研究五：

根據研究一至研究四的研究結果，找出可判斷三種瓶罐的檢測方法，並進一步開發自動分類系統。

歸納研究一至研究四結論，選擇合適的檢測法

→設計製作：自動分類系統

實驗五：自動分類系統對三種共 60 個瓶罐檢測

自動分類系統能完全判斷出三種瓶罐材質嗎？可以

自動分類系統對三種瓶罐的判斷成功率是多少？100%

二、研究設計及方法

研究一：探討三種不同材質瓶罐被敲打後的聲音頻率及音量的差異。

當我們討論如何進行聲音頻率的檢測時，有同學說他在彈烏克蘭麗麗時會先用調音器進行調音，因此我們決定利用調音器來偵測瓶罐敲打後的聲音高低。

實驗一-1：調音器檢測歷程

(一) 過程

使用調音器來偵測出三種瓶罐在被敲打後在高低音上的差別。

(二) 結果

我們以為調音器能偵測出瓶罐敲擊後的頻率，但是在做實驗後我們發現調音器對於發出的聲音一直出現跳動不穩定的狀況，而且只能顯示 CDEFGAB 的音階，所以這個方法是不可行的。

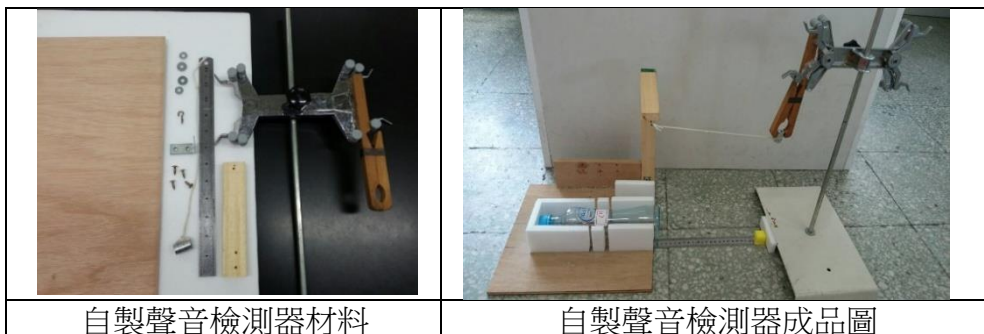
(三) 討論

在接下來的實驗中，必須要用能夠顯示數值並且穩定的儀器，在文獻探討後發現「用麥克風接收敲打後的聲音，利用 Audacity 軟體來進行分析」這個方法可行。

實驗一-2：聲音檢測器檢測歷程

(一) 自製聲音檢測器

1. 自製瓶罐撞擊器：我們利用 L 型角鐵、螺絲、木板、鉤子、夾子、鐵架、珍珠板、鐵尺等進行組裝。
2. 聲音接收端：將收音麥克風接上電腦，在電腦中安裝 Audacity 音訊處理軟體。



自製聲音檢測器材料

自製聲音檢測器成品圖

(二) 聲音檢測器檢測歷程

1. A 同學放置檢測瓶罐在撞擊器的平台上，喊好。
2. B 同學開啟 Audacity 錄音功能，手勢 OK。
3. C 同學放開擊鎚夾，等擊鎚撞擊瓶罐後將擊鎚放回夾子上固定。
4. B 同學將錄音停止，讀取頻率值及分貝值後，喊出數值並以 Excel 進行紀錄。

研究二：探討三種不同材質瓶罐與磁場變化的關係。

實驗二-1：觀察三種瓶罐對指北針的影響

(一) 過程

1. 將磁鐵及指北針放置在桌上的兩個位置，確定指北針的指針不會受到磁鐵磁力的影響而轉向，代表指北針不在磁鐵的磁場範圍內。



2. 此時分別將三種瓶罐放在磁鐵與指北針的中間，觀察指北針的變化情形。


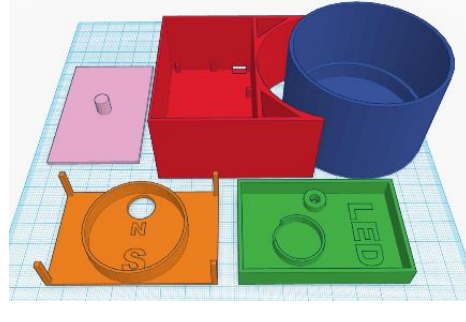

(二) 結果

實驗後發現在這三種瓶罐中，只有鐵罐可以被磁鐵磁化並且形成新的磁場來吸引指針轉向，而鋁罐及寶特瓶都沒有這種狀況，這種做法雖然可以影響指北針，但是沒有明確的數據，且也不能自動偵測，所以這個方法無法達成我們的實驗目的。

(三) 討論

我們思考如何將指北針改造成可以自動化的檢測儀器，並且可以看到實驗數據。我們在電腦課中，曾經學習 Arduino 控制板的使用，其中有一個感測光線的—光敏電阻和一個能夠顯示數據的—LCD。所以我們想利用以上這兩個曾經學過的模組，來達到自動偵測和顯示數據的目的。

實驗二-2：自製磁場檢測儀第一代檢測歷程

		
改造好指北針	磁場檢測儀第一代的建模	磁場檢測儀第一代材料

(一) 自製磁場檢測儀第一代

1. 我們利用指北針可以固定朝向北方的特性進行設計，我們預設在指北針受到其他磁場影響前，它會正常的指向北方，直到它被其他磁場影響為止，因此，我們拆開指北針，在「北」的地方鑽一個洞，並且製作兩個能夠遮住小洞的小圓紙板，將紙板黏在指針的箭頭及尾，貼上後確定它仍然能夠自由的轉向。
2. 將光敏電阻黏在檢測儀的第一層，再將線插上光敏電阻和 LCD 並接上 Arduino 板。將第一層隔板放在光敏電阻的上面，再將指北針放在隔板上，隔板和指北針的洞都要對到光敏電阻接收光源的地方。
3. 將 LED 接上電池並固定在檢測儀，再將第二層隔板放在指北針上，最後將電池放在隔板上，並把 LED 黏在隔板的洞裡，將開關接上 LED，再將開關黏在檢測儀旁。
4. 利用鐵罐的磁場影響指北針，使指針轉動。
5. 指針的影子也會跟著轉動，再利用光敏電阻去做偵測。
6. 只要先在 ArduBlock 寫程式，再將 LCD 和光敏電阻連接到 Arduino 板，最後再上傳程式，系統就可以自動偵測。
7. 我們採用 TinkerCAD 3D 建模自製檢測儀的外殼，來固定實驗器具的位置，因此讓每次實驗時，實驗器具的位置都能夠固定。

(二) 測試結果與討論

我們已經達成自動化、數據化目的，且實驗器具的位置固定，但是我們的實驗數據相當不穩定，進一步觀察，發現我們的初始設計有三個錯誤與問題：

1. 根據六年級學過的「電流磁效應」，指北針無法正常的轉動，是因為指北針上層的 LED 電路吸引到指北針，當 LED 電源開啟後，指北針的方向就被磁場所固定，因此無法進行實驗。

2. 鐵罐與指北針的擺放方向為南北向，這個錯誤導致鐵罐無法引導指北針轉向。
3. 印製外殼的材質顏色屬於藍色半透明，當 LED 燈開啟後，我們可以從外面直接看到盒子內的燈光，同樣的道理，盒子內的亮度也會受到環境光源的影響。

(三) 修正

我們針對以上三點錯誤進行重新設計與修正：

1. 把 LED 和指北針之間的距離拉大至 1.5 公分（原本是 0.5 公分），讓 LED 電路無法繼續干擾指北針。
2. 把中間隔板開口設定在南北向，以改變鐵罐與指北針的初始位置。
3. 將 3D 印製外殼的顏色改成黑色不透光的材質，並且將外殼厚度加厚為 3mm（第一代為 2 mm），以減少環境光對盒子內光線的影響。

實驗二-3：自製磁場檢測儀第二代檢測歷程

(一) 自製磁場檢測儀第二代



我們根據第一代的錯誤進行修正，其他零件組裝及程式設計與第一代相同。





(二) 結果

我們將第二代的自製磁場檢測儀進行實驗測試，確定發現可以用來偵測鐵製品，因此，我們正式以第二代的磁場檢測儀加入整體的實驗過程中。

研究三：探討三種不同材質瓶罐在簡單電路中導電性的差異。

我們從先前磁場檢測儀的錯誤中，意外聯想到利用指北針當做導電檢測工具，在實際測試後，發現指北針的指針太輕、能轉動的範圍只有 90 度，轉動的角度太小，為了要讓實驗數據更清楚的判讀，我們決定要製作出一個導電檢測儀。

實驗三-1：自製導電檢測儀歷程

			
自製導電檢測儀材料	自製導電檢測儀第一代	要更換的零件	自製導電檢測儀第二代

(一) 過程

我們利用厚紙板、螺絲、寶特瓶的瓶口、漆包線、吸管、圓形磁鐵、筆芯、泡棉膠等材料製作出導電檢測儀。

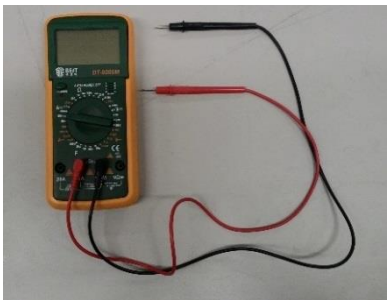
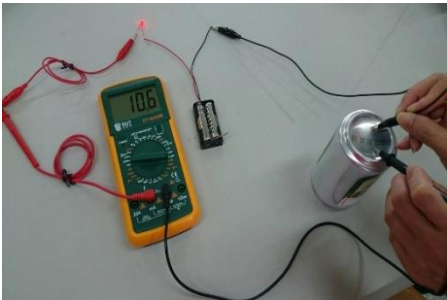
(二) 結果與修正

1. 寶特瓶的瓶口太窄，會限制吸管轉動幅度，我們改以 3D 列印較寬物件來取代。
2. 因為刻度是自己畫的不夠準確，所以我們使用教具的紙板量角器來代替，讓我們所記錄的實驗數據能夠更具可信度。
3. 吸管的顏色有時會不清楚，所以我們使用有紅線的吸管，並且把最上面剪成尖尖的，這樣在讀取數據時才會比較清楚。
4. 我們剛開始測試時，發現瓶罐的瓶身並不會讓吸管轉動，後來我們經過多次的測試後，**才發現測試瓶罐的瓶底才能夠導電以讓吸管轉動。**

(三) 討論

在這個實驗中我們發現，鋁罐會使吸管轉動，表示自製導電檢測儀第二代能夠用來作為三種瓶罐的檢測工具，但是為了確保我們自製導電檢測儀的結果是可信的，我們想要有更精準的數字數值，後來我們發現三用電表可以用數字顯示通過電路的電流量，所以我們想用三用電表來測試瓶罐。

實驗三-2：三用電表檢測歷程

	
紅、黑色測試棒連接三用電表	三用電表連接完成測試圖

(一) 過程

1. 三用電表的通電範圍選在 DC 200mA 位置。
2. 將三用電表與簡單電路組成一個通路，其中一個斷點以兩支探頭接觸要檢測的瓶罐，從液晶顯示器讀取電流值並紀錄。

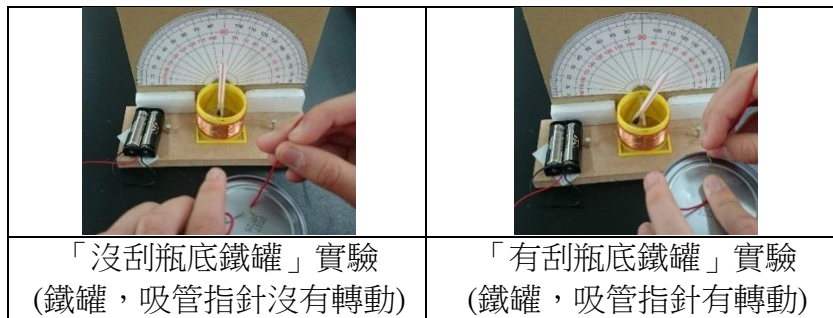
(二) 結果：這個實驗能夠分辨出三種瓶罐在電流上的差異，並且顯示數值。

(三) 討論

我們思考將導電檢測儀改造成可以自動化的檢測儀器，在市面上可以與 Arduino 控制板搭配的零件中就有感測電流的模組可以使用。

實驗三-3：鐵罐刮漆後進行兩項工具的檢測

我們發現只有鋁罐會讓吸管轉動，這個實驗結果讓我們覺得很意外，金屬材質的鐵罐竟然無法導電，但我們在文獻中查到鐵、鋁都會導電，我們思考為什麼鐵罐不會讓吸管轉動，我們在搜尋資料發現：「現有鐵罐為了使內容物不易變質和容易保存，所以塗上一層保護膜」，最後我們將鐵罐瓶底的漆刮掉，讓鐵罐在測試時能夠使吸管轉動，並且將刮漆後的鐵罐加入導電檢測的過程。



研究四：探討三種不同材質瓶罐被光照射後所反射的光有何不同。

我們的文獻探討中有提到，光遇到不同物體時會反射出不同的顏色這個結論，讓我們開始思考如何利用光照射的特性來進行瓶罐的檢測，而三種瓶罐又要如何進行光反射的比較呢？以下是我們的實驗過程。

實驗四-1：觀察三種瓶罐的特徵，找出可比較的位置

(一) 過程：我們針對三種共 60 個瓶罐進行觀察與比對。



(二)結果：發現這些瓶罐在瓶身及瓶蓋等部份幾乎都有各種包裝或塗料，**只有在單一類型的瓶底出現較一致的情況。**

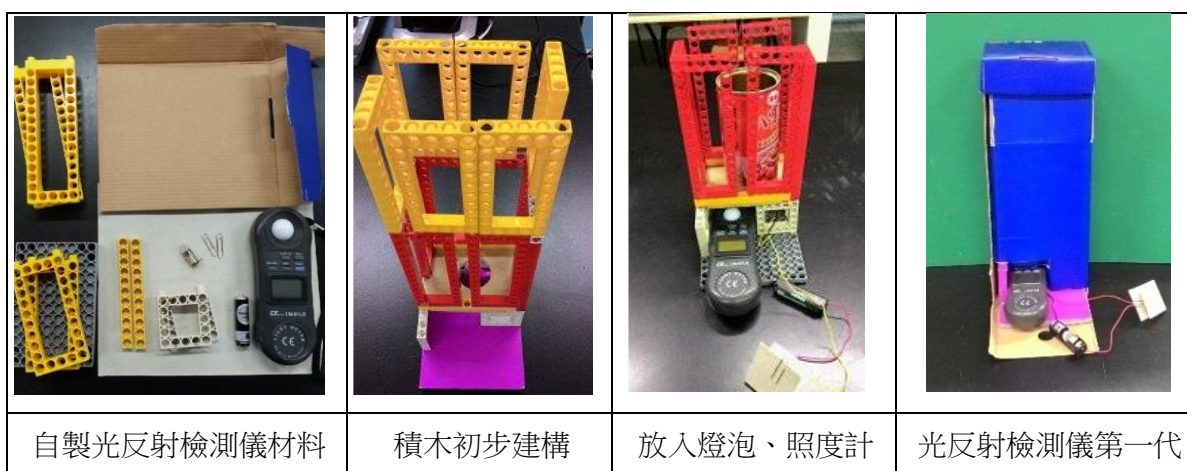
(三)討論：三種瓶罐只有瓶底沒有印刷包裝的情形，我們決定以瓶底當做比較。

實驗四-2：自製光反射檢測儀歷程

(一)過程：

我們以反射光量的方法進行比較，而照度計就是可以用來偵測光量的工具。

1. 我們利用積木、電池、燈泡、照度計、紙板製作第一代光反射檢測儀。
2. 利用燈泡去照射瓶罐，再用照度計接收瓶罐所反射出來的光，讀取照度計上的數值，觀察三種瓶罐的數值有何不同。

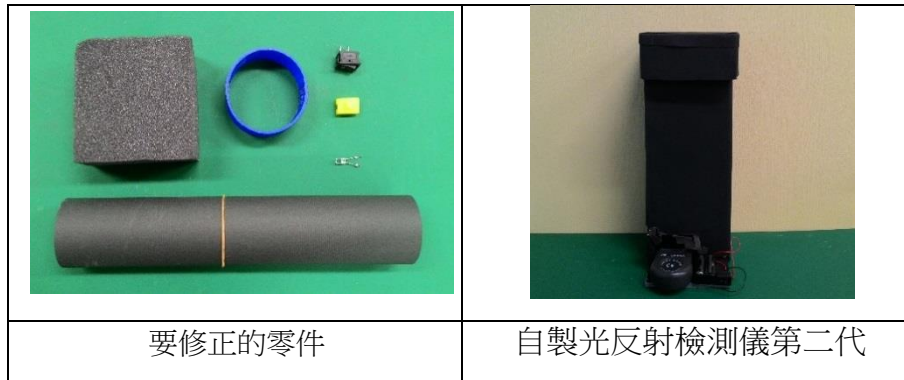


(二)結果與修正

1. 鎢絲燈泡的亮度不夠，無法讓照度計顯示出數據，我們改用高亮度白光 LED 來提供光源照射。
2. LED 和瓶罐都不穩固，造成數據不穩定，不具可信度，因此我們用 3D 列印製造出固定白光 LED 和瓶罐的物件。
3. 發現檢測儀會透光而影響實驗結果，我們將上層的智高積木拆掉並用黑色壁報紙及黑色海綿來遮蔽光線，以達到避光的效果。
4. 我們原本用的簡易開關不好操作，且可能會改變到燈泡的位置，我們改用市售開關，並把它固定在檢測儀上。

(三) 討論：

第二代光反射檢測儀能夠進行三種瓶罐的反射光檢測，未來若確定採用光反射的原理進行自動化的設計，我們可以採用 Arduino 與光敏電阻的組合來進行瓶罐自動判斷的製作。

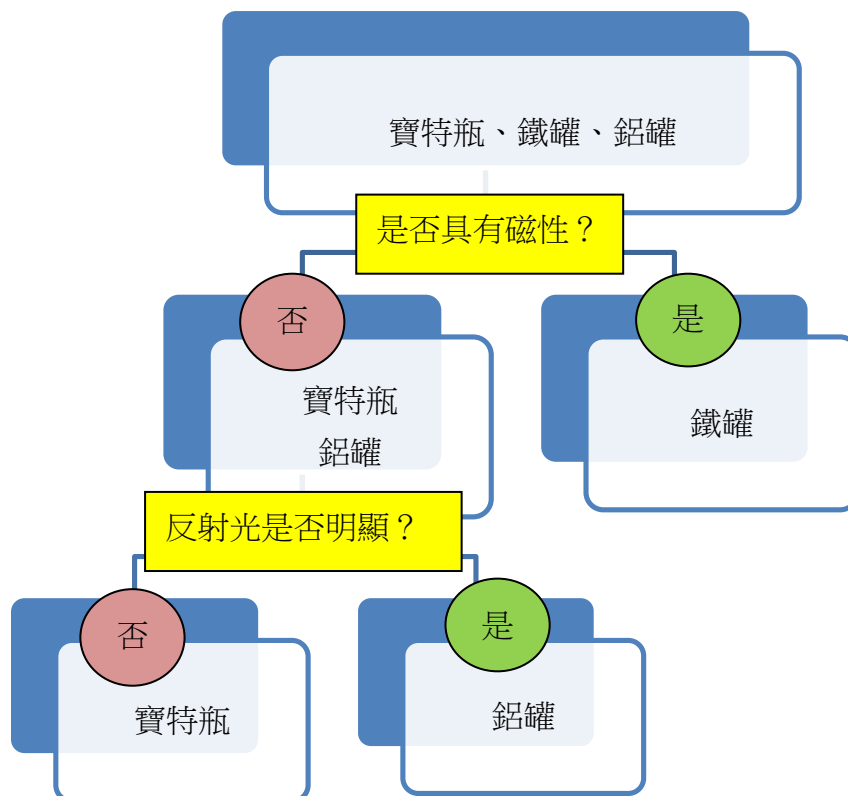


研究五：根據研究一至研究四的結果，找出可判斷三種瓶罐的檢測方法，並進一步開發自動分類系統。

實驗五：自動分類系統對三種共 60 個瓶罐檢測

根據研究一至研究四的研究結果，我們確定以兩項物理檢測搭配二分法的分類方式來進行自動分類系統的設計，以下是我們的設計過程。

(一) 結合二分法的判斷程序



(二) 檢測器材的選擇

由於我們需要針對磁場與光反射差異進行檢驗，因此我們採用方便我們學習且進行自動化設計的控制工具 Arduino Uno，而針對物理特性的檢驗工具，說明如下：

1. 磁場檢測：指北針、光敏電阻模組

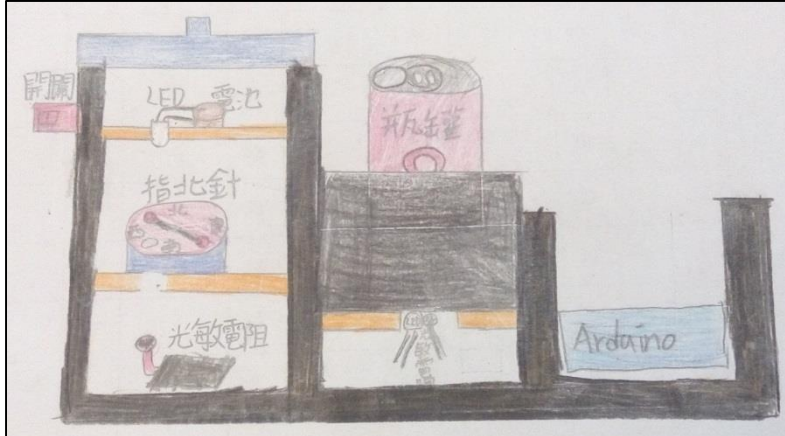
由於原本的設計中已經具有自動化的過程，因此我們將第一階段的磁場檢測儀整合到我們的自動分類系統中。

2. 光反射檢測：LED 發光二極體、光敏電阻模組

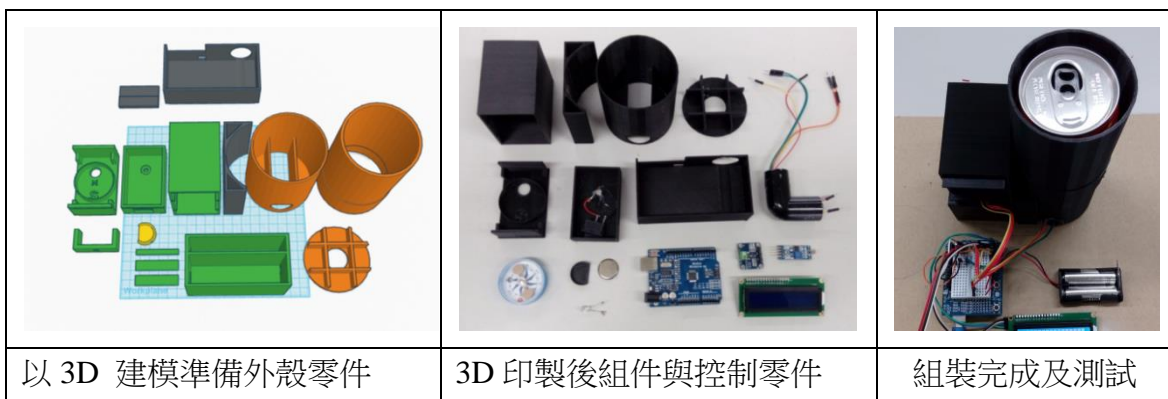
我們在第一階段中使用 LED 及照度計來進行光反射檢測，但是由於照度計無法與 Arduino 主控板連接，因此我們改採用光敏電阻來接收瓶底的反射光。



(三) 設計圖



(四) 製作過程



(五) 程式設計

	<p>將檢測磁場的光敏電阻值顯示在 LCD 上</p> <p>將檢測反射光的光敏電阻值顯示在 LCD 上</p> <p>LCD 第二行顯示 --></p> <p>如果「按鈕」按下，則執行檢測：</p> <p>如果檢測磁場的光敏電阻值 < 300 在 LCD 上顯示：Iron (鐵罐) 顯示 2 秒鐘</p> <p>如果檢測光反射的光敏電阻值 < 400 在 LCD 上顯示：Aluminum (鋁罐) 顯示 2 秒鐘</p> <p>如果檢測磁場 < 300 且光反射 < 400 都不成立 在 LCD 上顯示：PET Bottle (寶特瓶) 顯示 2 秒鐘</p> <p>清空 LCD 顯示</p>
<p>以 Ardublock 進程式設計的內容</p>	<p>程式設計功能說明</p>

三、資料蒐集與分析

我們利用以上自製的檢測工具對三種材質的瓶罐進行檢測，為了讓實驗的數值具有可信度，每個實驗的每個瓶罐都會檢測 10 次，將檢測後的數值紀錄在 Excel 中，最後計算出各種瓶罐在不同特性檢測的平均值，此外，為了方便我們判讀，我們再將 60 個瓶罐的平均值以 X Y 散佈圖進行繪製。

伍、研究結果

利用四種物理特性來分別檢測寶特瓶、鐵罐、鋁罐等三種不同材質的瓶罐，在實驗後，我們獲得了實驗數據，將每一個物理性質，針對單一瓶罐進行檢測的十次數值平均，並且將數值整理如下。

一、聲音的頻率及分貝檢測

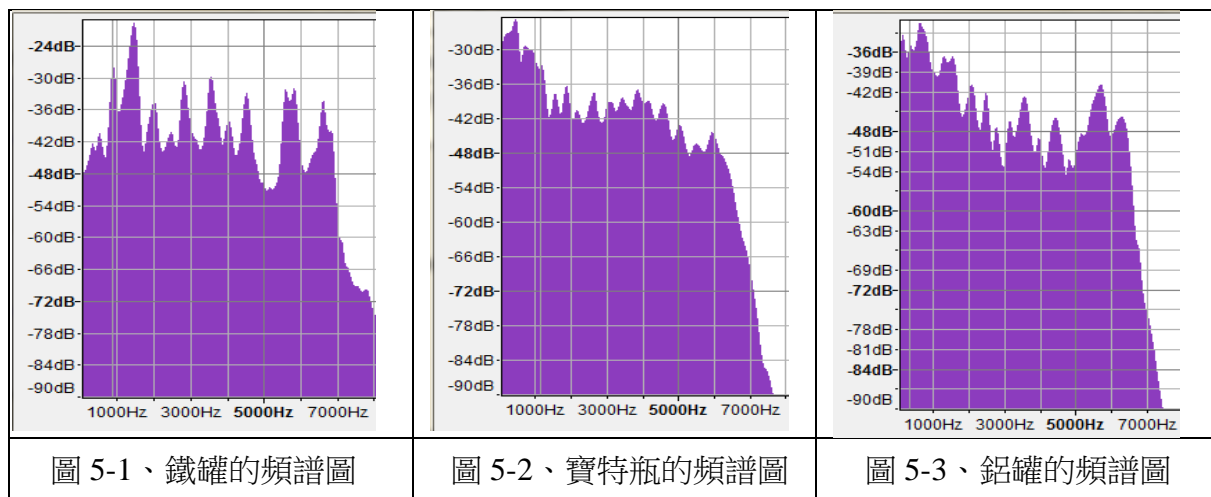
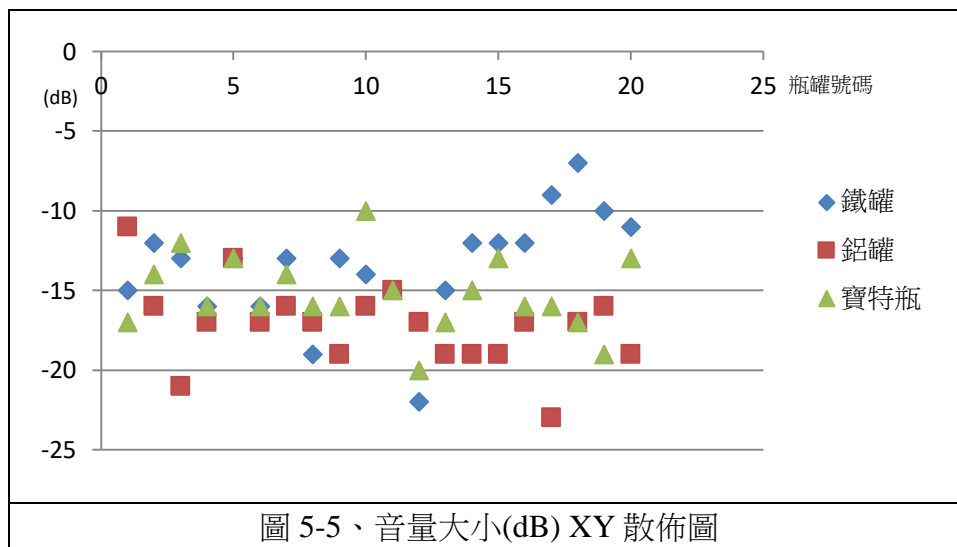
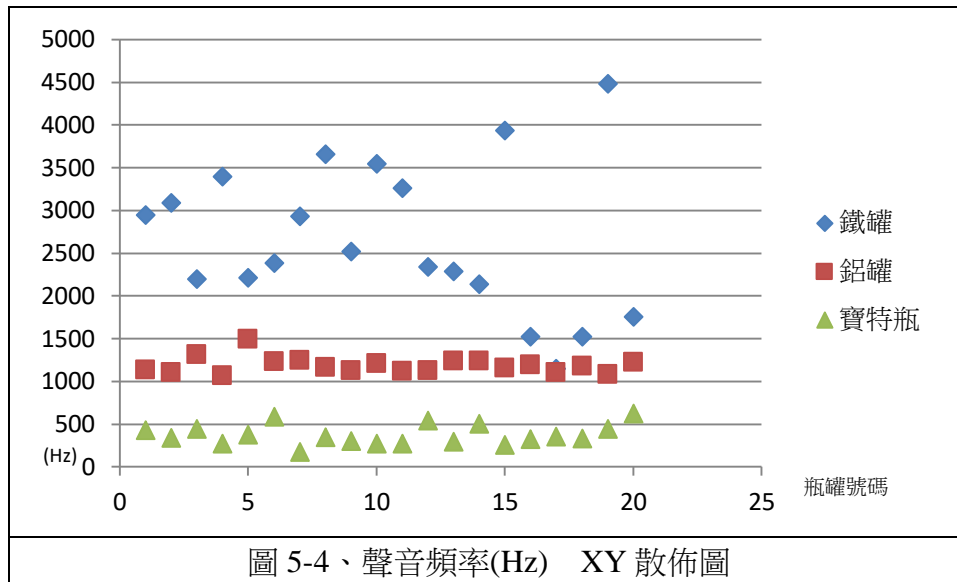


表 5-1 聲音的頻率及分貝檢測實驗數據表

聲音檢測 瓶罐號碼	聲音頻率 (Hz)			音量大小 (分貝 dB)		
	鐵罐	鋁罐	寶特瓶	鐵罐	鋁罐	寶特瓶
1	2946	1131	433	-15	-11	-17
2	3090	1101	339	-12	-16	-14
3	2196	1312	445	-13	-21	-12
4	3396	1068	271	-16	-17	-16
5	2215	1490	377	-13	-13	-13
6	2382	1233	585	-16	-17	-16
7	2935	1248	173	-13	-16	-14
8	3658	1165	345	-19	-17	-16
9	2519	1125	301	-13	-19	-16
10	3548	1208	275	-14	-16	-10
11	3264	1119	276	-15	-15	-15
12	2341	1129	544	-22	-17	-20
13	2284	1241	293	-15	-19	-17
14	2135	1240	504	-12	-19	-15
15	3938	1160	255	-12	-19	-13
16	1524	1194	325	-12	-17	-16
17	1148	1104	356	-9	-23	-16
18	1521	1179	332	-7	-17	-17
19	4485	1081	443	-10	-16	-19
20	1756	1225	622	-11	-19	-13
總平均	2664	1188	375	-13	-17	-15



從 Audacity 可以看出三種瓶罐在聲音頻率上的差別，並且能夠從頻譜圖下方的資訊看到最大音量的峰值，由以上資料可知，鐵罐被敲打後的頻率值最小是 1148Hz，最大是 4485Hz，平均值為 2664Hz，鋁罐最小的值是 1068Hz，最大是 1490Hz，平均是 1188Hz，寶特瓶的最小值是 173Hz，最大是 622Hz，平均是 375Hz，我們進一步將以上數值以 XY 散佈圖來繪製，我們發現，雖然平均值都有明顯數值上的差異，但是在 20 個鋁罐的發聲頻率卻與部分鐵罐的發聲頻率重疊，寶特瓶則沒有這種情況發生。

我們查資料後了解到，電腦在處理聲音訊號時，訊號經由分音器後只有衰減，音量的分貝值會是由 0dB 往下顯示負的分貝數；由上表可知，鐵罐被敲打後的分貝大小，最低是 -22，最高是 -7，平均值為 -13，寶特瓶的最小值是 -20，最大是 -10，平均是 -15，鋁罐最小的值是 -23，最大是 -11，平均是 -17，我們進一步將以上數值以 XY 散佈圖來繪製，三種瓶罐在敲擊後的分貝大小差異不大，都有明顯的重複情形。

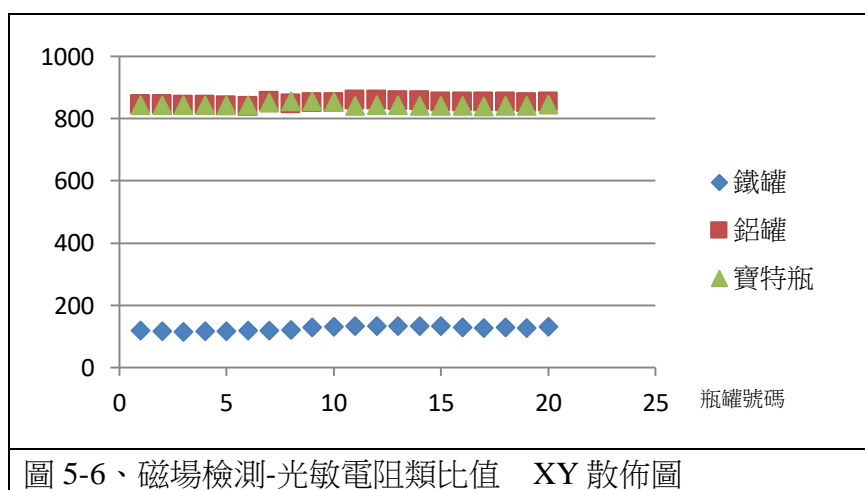
二、磁場檢測：

我們以鐵罐影響磁場變化的原理來進行三種瓶罐的檢測，利用 Arduino 讀取光敏電阻的數值來進行判斷，光敏電阻的電阻值會受到光的強弱影響，當照射的光越強，電阻值就會越低，我們把偵測到的類比數值顯示在 LCD 上，以下是我們的實驗結果。

由檢測資料可知，鐵罐的數值最小是 116，最大是 134，平均是 126，鋁罐的值最小是 839，最大是 860，寶特瓶的值最小是 840，最大是 857，鋁罐和寶特瓶都介於 839 到 860，進一步將結果以 XY 散佈圖來繪製，我們發現鐵罐與另外兩種瓶罐的值相差很大。

表 5-2 磁場檢測實驗類比值數據表

瓶罐種類 瓶罐號碼	鐵罐	鋁罐	寶特瓶
1	120	845	844
2	117	846	844
3	116	844	843
4	117	843	843
5	118	842	843
6	119	839	844
7	119	856	851
8	122	848	857
9	129	851	856
10	131	851	854
11	134	860	842
12	134	860	844
13	133	859	844
14	134	859	842
15	134	855	841
16	130	855	842
17	127	855	840
18	129	853	842
19	128	852	842
20	132	855	846
總平均	126	851	845



三、導電檢測：

在利用導電檢測三種瓶罐的過程中，我們先利用自製的導電檢測儀來進行導電性的檢測，此外為了確認我們的自製導電檢測儀做出來的結果是可信的，我們再利用三用電表再次進行檢驗，以下分別將兩種導電檢測儀器的研究結果進行說明。

表 5-3 導電檢測實驗數據表

導電檢測 瓶罐號碼	自製導電檢測儀（度）				三用電表（mA）			
	鐵罐	鐵罐 （刮漆）	鋁罐	寶特瓶	鐵罐	鐵罐 （刮漆）	鋁罐	寶特瓶
1	0	13	14	0	0	47	30	0
2	0	12	14	0	0	44	30	0
3	0	11	13	0	0	39	28	0
4	0	11	14	0	0	35	29	0
5	0	11	13	0	0	35	28	0
6	0	12	14	0	0	29	28	0
7	0	13	13	0	0	29	27	0
8	0	13	12	0	0	29	27	0
9	0	12	14	0	0	28	27	0
10	0	12	14	0	0	27	27	0
11	0	12	13	0	0	27	27	0
12	0	12	12	0	0	27	29	0
13	0	11	13	0	0	26	29	0
14	0	11	13	0	0	26	28	0
15	0	11	13	0	0	26	28	0
16	0	12	13	0	0	23	28	0
17	0	14	12	0	0	24	28	0
18	0	12	13	0	0	24	28	0
19	0	11	12	0	0	24	27	0
20	0	11	12	0	0	22	27	0
總平均	0	12	13	0	0	30	28	0

由上表自製導電檢測儀的結果可知，鋁罐能讓電流通過的數值最小是 12（度），最大是 14（度），平均是 13（度），鐵罐最小值是 11（度），最大是 14（度），平均是 12（度），寶特瓶則都是 0（度），我們進一步將以上數值以 XY 散佈圖來繪製，我們發現透過自製導電檢測儀來進行檢測時，鐵罐與鋁罐的導電性沒有明顯的差異，兩種瓶罐的區域分布有重疊的情形發生，寶特瓶則沒有任何反應。

為了確認三種瓶罐在導電性上的結果一致，我們進一步使用數字型的三用電表來進行檢驗，檢驗的結果如下：我們利用三用電表測量鐵罐，它的值 22 (mA)到 47 (mA)之間，

鋁罐則介於 27 (mA)到 30 (mA)之間，從數值上看，20 種鋁罐的結果較為一致，20 種鐵罐的分布範圍則較為分散，但鋁罐的測量範圍仍然與鐵罐重疊，寶特瓶則都是 0 (mA)，沒有數值上的變化，也沒有與鐵罐或鋁罐重疊的情形。

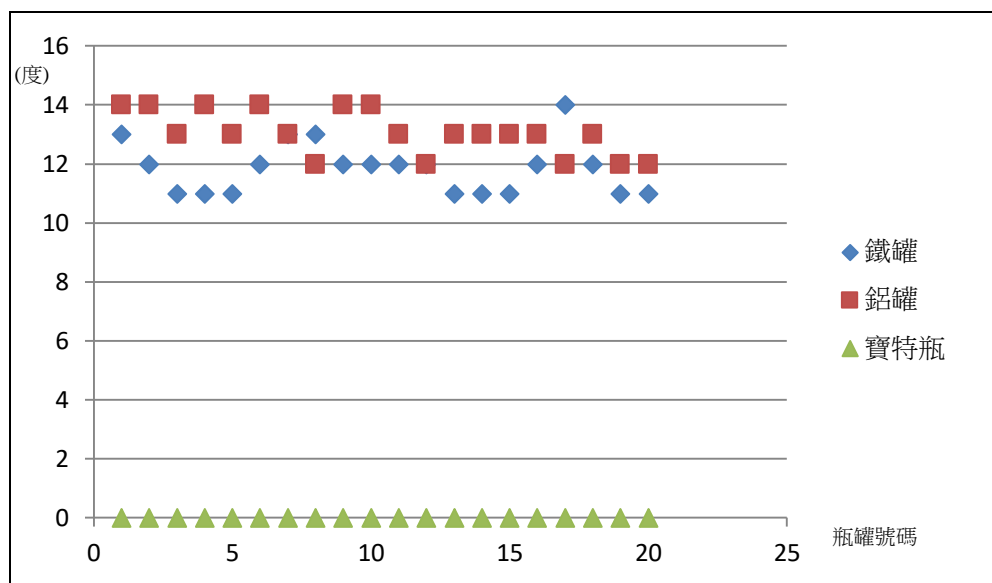


圖 5-7、導電檢測-自製導電檢測儀 (度) XY 散佈圖

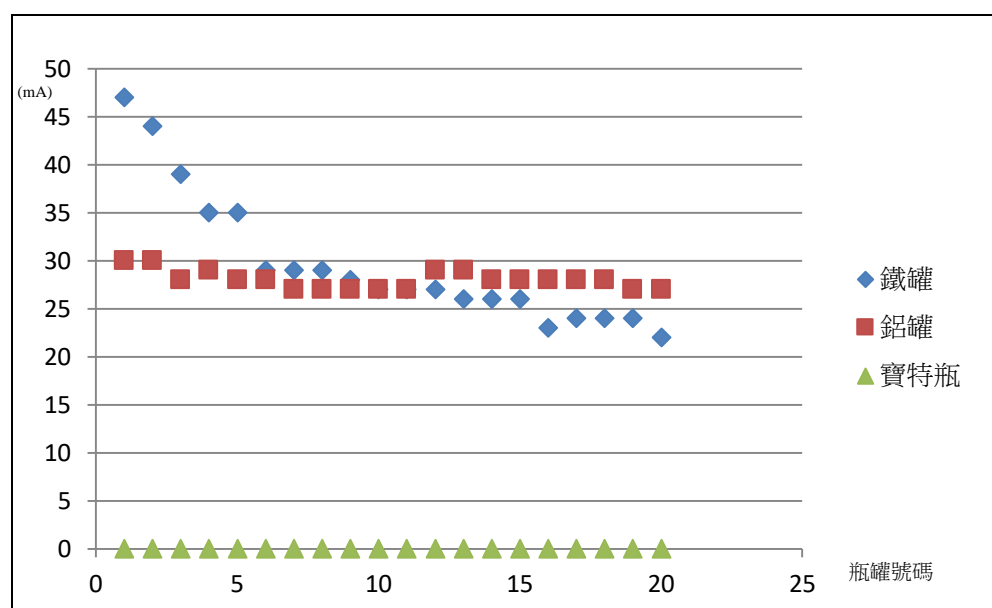


圖 5-8、導電檢測-三用電表 (mA) XY 散佈圖

四、光反射檢測：

我們利用光反射的特性來針對三種瓶罐的瓶底進行檢測，數值越大代表照度計接收到的光越多，瓶底的反射率越高，數值越小則代表反射率越低，我們的檢測結果如下：

表 4 光反射檢測實驗數據表

瓶罐種類 瓶罐號碼	鐵罐 (Lux)	鋁罐 (Lux)	寶特瓶 (Lux)
1	5	22	1
2	3	26	1
3	3	24	1
4	3	21	1
5	3	18	2
6	3	28	2
7	4	21	2
8	4	24	1
9	2	30	3
10	3	25	5
11	5	25	2
12	5	33	2
13	3	24	1
14	3	28	2
15	3	25	2
16	3	26	1
17	5	23	1
18	5	20	1
19	5	24	2
20	3	23	1
總平均	4	25	2

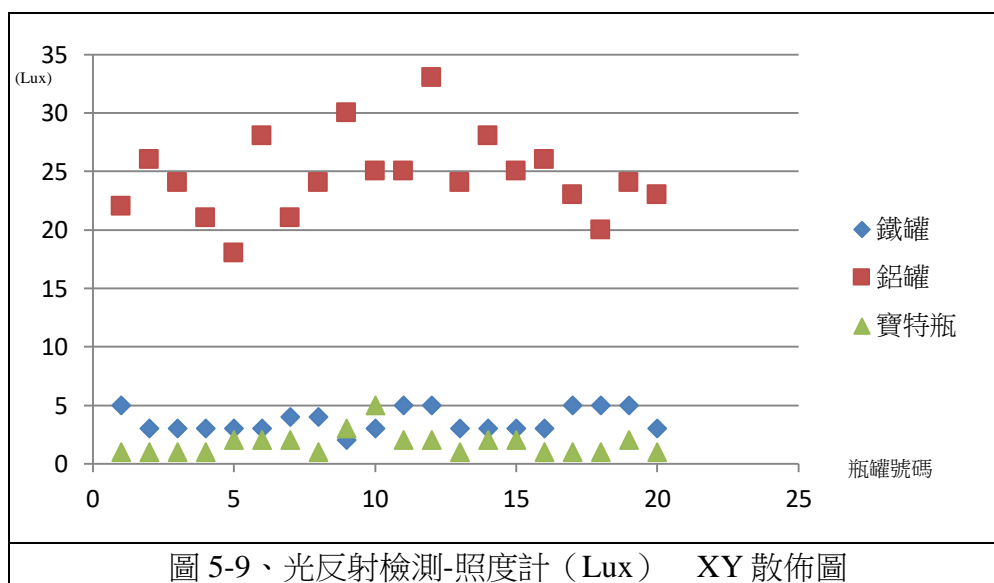


圖 5-9、光反射檢測-照度計 (Lux) XY 散佈圖

由上表可知，鋁罐的反射率最小是 18 (Lux)，最大是 30 (Lux)，平均是 25 (Lux)，鐵罐最小值是 3 (Lux)，最大是 5 (Lux)，平均是 4 (Lux)，寶特瓶最小是 1 (Lux)，最大是 5 (Lux)，平均是 2 (Lux)，我們進一步將以上數值以 XY 散佈圖來繪製，我們發現鐵罐瓶底反射光的數值與寶特瓶瓶底反射光的數值是重疊的，而鋁罐瓶底反射光的數值則大幅高於鐵罐及寶特瓶。

五、自動分類系統檢測

表 5-5 自動分類系統檢測結果

鋁罐	可檢測	鐵罐	可檢測	寶特瓶	可檢測
A1	✓	B1	✓	C1	✓
A2	✓	B2	✓	C2	✓
A3	✓	B3	✓	C3	✓
A4	✓	B4	✓	C4	✓
A5	✓	B5	✓	C5	✓
A6	✓	B6	✓	C6	✓
A7	✓	B7	✓	C7	✓
A8	✓	B8	✓	C8	✓
A9	✓	B9	✓	C9	✓
A10	✓	B10	✓	C10	✓
A11	✓	B11	✓	C11	✓
A12	✓	B12	✓	C12	✓
A13	✓	B13	✓	C13	✓
A14	✓	B14	✓	C14	✓
A15	✓	B15	✓	C15	✓
A16	✓	B16	✓	C16	✓
A17	✓	B17	✓	C17	✓
A18	✓	B18	✓	C18	✓
A19	✓	B19	✓	C19	✓
A20	✓	B20	✓	C20	✓
檢測成功率	100%		100%		100%

測試自動分類系統在製作完成後，我們將它拿來與三種材質共六十種瓶罐來進行測試，我們發現不管在鋁罐、鐵罐或是寶特瓶，都達到 100% 的檢測成功率。

陸、討論

一、聲音的頻率及分貝能區分出不同材質的瓶罐嗎？

我們先後將三種瓶罐經過聲音頻率的高低及分貝大小的檢測，在整理出檢驗的數值並進行比較後，我們發現三種瓶罐在聲音頻率及分貝大小有不同的情形發生。

1. 根據我們的研究結果，三種不同材質的瓶罐在聲音的檢測實驗中，從平均值來看有明顯的差異，但從分布圖來看，利用聲音頻率的檢測無法區分出鐵罐及鋁罐，雖然如此，卻能夠判斷寶特瓶與其他兩種瓶罐的不同，因此我們可以利用聲音頻率的高低來將寶特瓶挑選出來。
2. 在分貝檢驗的實驗中，我們發現在感受上鐵罐受到敲擊後發出的聲音是最大聲的，但是從實驗後的數值上來看，敲擊後的分貝數大小並無法把鐵罐區分出來，而且三種瓶罐在敲擊後的分貝大小差異不大，都有明顯的重複情形。

從以上兩點討論可以知道，若使用聲音當作三種瓶罐的檢測標準，可以利用聲音頻率的高低來將寶特瓶挑選出來，因此在設計成自動化的工具中，以聲音頻率較為合適，分貝大小則不適合用在這個實驗中。

二、利用磁場可以區分出不同材質的瓶罐嗎？

我們利用指北針與光敏電阻設計出磁場檢測儀，由於鐵罐能夠讓指北針周遭的磁場產生改變，讓指北針轉向，進一步讓 LED 燈光照射到光敏電阻，產生電阻值的變化，而鋁罐及寶特瓶，因為無法讓磁場產生任何改變，所以數值都維持在最初原本的狀態，因此利用磁場檢測儀能夠判斷出鐵罐，而這項設計也可以利用在自動化資源的設計中。

三、利用導電的物理特性區分出不同材質的瓶罐嗎？

我們先後利用自製的導電檢測儀及三用電表來針對三種不同材質瓶罐的導電性進行檢驗，我們發現兩種檢驗導電性工具的檢測結果，雖然有數值上的些微差異，但是在檢測結果上是一致的，我們進一步找到三個值得注意的情形：

1. 兩種工具檢測鐵罐的分布範圍都較大，鋁罐則較小。
2. 鋁罐的檢測數值都與鐵罐的檢測數值重疊。
3. 寶特瓶在兩種檢測工具上都沒有反應。

我們認為鐵罐的檢測結果分布範圍較大的原因可能是因為一雖然都是鐵罐，但是在製作鐵罐的材料上有較多的選擇，而鋁罐則較少，所以鋁罐的檢測結果差異不大。

此外由於鋁罐的檢測數值都與鐵罐的檢測數值重疊，並且寶特瓶在兩種檢測工具上都沒有反應，因此我們認為導電性的檢測不適合將鐵罐與鋁罐進行分類，但是卻能夠利

用沒有反應的結果找出寶特瓶。

四、 利用光反射可以區分出不同材質的瓶罐嗎？

在研究目的四—「探討三種不同材質瓶罐被光照射後所反射的光有何不同？」實驗中，我們利用強光照射三種瓶罐的瓶底，根據我們的研究結果，三種不同材質的瓶罐在光反射的檢測實驗中，除了鐵罐與寶特瓶在光反射的數值上有重疊的情形外，鋁罐有較明顯的差異，因此我們可以利用三種不同材質的瓶罐瓶底對光反射率的不同來將鋁罐挑選出來。

五、 在系統的設計上，我們如何利用學習過的二分法來達到簡易又準確的判斷呢？

物理特性 瓶罐種類	敲擊後音頻	敲擊後音量	磁場干擾	可導電	光反射率
鐵罐			V		
鋁罐				V	V
寶特瓶	V				

打 V 代表：特定的物理特性可判斷的瓶罐

在研究一至研究四的實驗結果中我們歸納出了上面的結果，由於我們要將三種瓶罐區分出來，依照二分法至少需要兩項物理檢測方式，而要如何選擇呢？我們的說明如下：

1. 聲音頻率可以將寶特瓶挑選出來，但是考量到製造聲音需要撞擊的過程，製作撞擊的過程會增加系統製作的複雜度，考慮到以最少的過程完成最多的工作，我們決定不採用聲音頻率的檢測方式。
2. 如果透過導電來進行檢測，需要精準的將兩端探針碰觸在瓶底，而三種瓶底的形狀不同會增加判斷失誤的情況發生，因此導電的方式也排除。
3. 利用磁場的方式，可以發現將鐵罐放入檢測系統中，不用有任何的直接接觸就可以對磁場產生改變，很適合用來進行「鐵罐」及「非鐵罐」的分類，因此納入我們這次系統的檢測設計。
4. 利用光照射三種瓶罐的瓶底，再由光敏電阻接收反射光的方式來進行判斷，不需要直接接觸，而且由於三種材質的瓶罐，同一材質它的瓶底形狀都是一致的特性，因此適合納入我們的系統設計中。
5. 由以上討論，考量分類系統的製作難度，並且提高整體系統的檢測精準度，我們決定以「磁場」及「光反射」兩項物理特性來設計自動分類系統。

柒、結論

一、利用物理特性對三種瓶罐進行分類是可行的。

表 7-1 四種物理特性檢測儀對三種瓶罐檢測情形

物理特性 瓶罐種類	敲擊後音頻	敲擊後音量	磁場干擾	可導電	光反射率
鐵罐			V		
鋁罐				V	V
寶特瓶	V				

打 V 代表：特定的物理特性可判斷的瓶罐

三種瓶罐對四種物理特性的表現有不一樣的結果，我們先後研究目的一至研究目的四中的研究設計中，以不同的物理特性來檢測三種材質的瓶罐，我們得到了—鐵罐可以利用磁場檢測來判斷；鋁罐則可以利用簡單電路導電的方式或光反射率的差異來進行挑選；而寶特瓶則適合用聲音頻率高低的差異來區隔與其他兩種瓶罐的不同，因此，我們確立—**利用聲音頻率、磁場、導電及光反射等物理特性對三種瓶罐進行分類是可行的。**

二、自動分類系統可用於未來資源分類工具開發使用

我們結合了「磁場」、「光反射」兩項物理特性，搭配「二分法」的分類方法來設計瓶罐分類系統，實際測試本研究所採用的瓶罐，確立我們的系統可以精準的將三種材質共 60 個瓶罐進行分類判斷，達成我們所設定的研究目標。

考量本研究「資源分類系統」目前仍然無法當做普遍應用的工具，未來可以進一步探討的內容及建議如下：

1. 本研究「資源分類系統」在進行檢測時，需要以人工方式更換瓶罐，未來應該以類似生產線輸送、自動分類並處理的模式設計，以解決同時處理大量資源回收物的問題。
2. 本研究「資源分類系統」，利用「磁場」方式進行瓶罐的檢測，其中「指北針」是很重要的零件，可是為了要讓針北針的指針能夠遮住透光孔，我們利用地磁對指北針的影響，來達成歸零後再檢測的目的，在進行檢測時，就必須將系統轉向到特定方位，雖然利用了地磁，卻也形成了本系統的使用限制，因此未來我們應該進一步尋找能夠取代指北針的設計或零件，以解決系統使用限制的問題。
3. 為了掌握瓶罐的形體及大小相近等控制變因的問題，本研究只針對寶特瓶、鐵罐及鋁罐等三種材質的瓶罐來進行分類設計，但是生活中除了以上三種材質外，還有許多不同種類的資源回收物，例如：玻璃瓶、電池、光碟片等，未來在資源分類系統的設計應該朝向更多種類的回收物判斷，以增加分類系統的應用範圍。

由以上結論及建議可以知道，**我們的研究成果可以當作未來資源分類工具的設計參考**，未來如果開發成功並且產品化，不僅可以成為學校裡資源分類好幫手，放置到公園或公共設施中，更可以幫助我們的社會用更有效率的方式進行資源回收，解決人力浪費及環境污染的問題，真是一舉數得。

捌、參考資料與其他

林明宏（2010）·戰勝科展：物理實驗的第一本書·台北市·貓頭鷹。

施純協（1993）·基本電學·台北市·知行文化。

孫永云（2010）·不用怕物理：讓你不想下課的基礎物理課·台北縣·美藝學苑。

孫駿榮（2014）·Arduino 互動設計超入門-用 ArduBlock 圖形化控制真簡單·台北市·碁峰資訊。

徐悠、王靖瞳（2005）·Eureka!!!我分辨得出來了！～找出假東西的新方法～·第53屆國小生活與應用科學科作品·

趙英傑（2014）·超圖解 Arduino 互動設計入門·台北市·旗標出版。

霍夫曼（2003）·看漫畫，學物理·台北市·天下文化。

【評語】 080829

本作品探討敲打聲音頻率與音量大小，磁場變化、導電性及光照反射等四種物理特性，對鐵罐、鋁罐及寶特瓶之分類功能，作品能思考瓶罐分類系統之可能途徑，但實驗設計之前應可先參觀同類性質之廢瓶罐回收廠，以瞭解現有技術之進展，並激盪思考可行之改良分類系統。