

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

### 團隊合作獎

082918

化零為整，財源滾滾－自製環保硬幣分類機的可行性與原理探究之研究

學校名稱：臺中市西屯區國安國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃致翰	張欽榮
小六 江明旭	林玲如
小六 劉羿霆	
小六 周彥箴	
小六 郭懷睿	

關鍵詞：回收再利用、硬幣分類機、流水作用

## 摘要

本研究針對國小學童自製環保硬幣分類機的可行性，並依據自然課所學相關單元對其分類原理進行探索與研究，探究過程發現：

- 一、利用學校回收材料做出不同類型及世代的硬幣分類機的門檻與困難度不高。
- 二、根據自然課所學之流水作用、電磁與槓桿原理，再依據不同硬幣的特性(面積、外徑與邊緣厚度大小或合金材質)來進行製作分類機的關鍵主體。
- 三、不同分類機根據其原理經過不斷實驗與調整後皆能達到一定的分類準確率。

依據以上各點我們證明了國小學童具有自製環保硬幣分類機的可行性，並印證了自然課所學相關原理能探索與研究不同分類原理。並將研究成果納入學校自造教育各階段課程讓學弟妹繼續探索學習與挑戰！

## 壹、研究動機

### 一、動機說明

上美勞課時，老師要我們自己製作可以解決生活問題的各种裝置，剛好我們就想說上自然課時，老師說到流水作用中的侵蝕、堆積，河流的上、中和下游各段流水對地表的搬運和堆積作用均為不同，河流的地形又分為凹岸和凸岸，而硬幣分類機也有用到相同的原理。上游：有很多有稜有角的大石塊(像 50 元硬幣)，地勢陡峭、水流急、河道狹窄且深。中游：堆積了許多圓圓的鵝卵石(像 10 元硬幣)、地勢平緩、河道寬、水流速度比上游慢。下游：布滿了小石頭(像 5 元硬幣)和細沙(像 1 元硬幣)、地勢平緩、河道寬廣、水流速度最緩慢。曲流：水流速度不同造成，凸岸水流速度慢、泥沙大部分在這裡堆積，凹岸水流速度快、對河岸產生侵蝕作用，讓河道彎曲。而建立在河流中的攔沙壩(下圖一)更像我們想自行製作的硬幣分類機一樣，可以把想要的東西攔截下來。於是我們就開始尋找市面上常見的硬幣分類機想參考並探索它的原理，並用學校回收資源製作出心中最夢幻而且最有效率和創意的環保分類機，希望能一舉兩得完成美勞老師的作業並印證自然課所學的各项原理和實驗。

圖一  
攔沙壩



## 二、相關教學單元

南一版 國小自然【六上 / 第七冊】
單元三 變動的大地
1-1 流水的作用
1-2 流水的災害
1-3 河流地形
單元四 電與磁的奇妙世界

南一版 國小自然【六下 / 第八冊】
單元一 巧妙的施力工具
1-1 槓桿
1-1 1-2 施力臂長短與施力關係
1-3 槓桿在生活中的應用

## 貳、研究目的

- 一、探索用資源回收或環保素材親自製作各類硬幣分類機的可行性，解決零錢分類問題，讓生活帶來便利。
- 二、探索不同類型的分類機所依據的各項原理與不同思維。
- 三、比較不同類型的分類機的準確度及處理的過程與性能。
- 四、探索各類型的分類機的實用性跟趣味性及創意面向。
- 五、希望研發出不靠電子光學或儀器就能分辨真錢假錢的分類機。

## 參、研究設備及器材

製作分類機的材料	學校內各類回收的紙板、紙盒和硬紙板、透明壓克力板、珍珠板、塑膠板、泡棉、木板、保麗龍板、膠帶、握把圖釘、塑膠試管和圓筒
製作分類機的工具	熱溶膠槍、熱溶膠條、切割墊、鐵尺、鉛筆、奇異筆、美工刀、線鋸、剪刀、橡皮擦、圓規、圓規刀、砂紙、壓克力板、小砂輪機、小垂直鑽台與各種實驗器材
測量的硬幣	塑膠硬幣(假錢、兒童教具)、真錢：民國 70~103 年的 1 元硬幣、民國 73~78 的 5 元硬幣、民國 89~102 年的 10 元硬幣、民國 72~83 年的 50 元硬幣(包含一枚製作非常像真的偽幣)
其他器材	數位相機、攝影機、水平儀、黑色墊布、白色背景保麗龍板

## 肆、研究過程或方法

### 一、各種幣值的特殊規格探討

	真錢	假錢(教具)
50 元	<p>外徑(直徑)：約 2.78cm</p> <p>面積：約 6.067 平方公分</p> <p>厚度(沒有凹凸紋路):約 2.097±0.002mm</p> <p>重量：約 9.92±0.01g</p> <p>材質：銅幣 ( 含鎳 2%及鋁 6% )</p>	<p>外徑(直徑)：約 2.7cm</p> <p>面積：約 5.723 平方公分</p> <p>厚度(沒有凹凸紋路)：約 2mm~3mm</p> <p>重量：約 1.4±0.1g</p> <p>材質：塑膠</p>
10 元	<p>外徑(直徑)：約 2.586cm</p> <p>面積：約 5.250 平方公分</p> <p>厚度(沒有凹凸紋路):約 1.711±0.002mm</p> <p>重量：約 7.500±0.01g</p> <p>材質：銅幣 ( 銅鎳合金，含鎳 25% )</p>	<p>外徑(直徑)：約 2.4cm</p> <p>面積：約 4.251 平方公分</p> <p>厚度(沒有凹凸紋路)：約 2mm~3mm</p> <p>重量：約 1±0.1g</p> <p>材質：塑膠</p>
5 元	<p>外徑(直徑)：約 2.19cm</p> <p>面積：約 3.765 平方公分</p> <p>厚度(沒有凹凸紋路):約 1.359±0.002mm</p> <p>重量：約 4.390±0.01g</p> <p>材質：銅幣 ( 含鎳 25% )</p>	<p>外徑(直徑)：約 2.1cm</p> <p>面積：約 3.462 平方公分</p> <p>厚度(沒有凹凸紋路)：約 2mm~3mm</p> <p>重量：約 0.8±0.1g</p> <p>材質：塑膠</p>

1 元	外徑(直徑)：約 1.99cm	外徑(直徑)：約 1.7cm
	面積：約 3.109 平方公分	面積：約 2.269 平方公分
	厚度(沒有凹凸紋路):約 1.517±0.002mm	厚度(沒有凹凸紋路)：約 2mm~3mm
	重量：約 3.730±0.01g	重量：約 0.5±0.1g
	材質：銅幣 ( 含 <u>鎳</u> 6%及 <u>鋁</u> 2% )	材質：塑膠

## 二、各種硬幣分類機製作

我們盡量找資源回收的各類物品作為基本的材料以合乎我們的愛護地球的環保訴求。根據各種硬幣的面積、厚度、重量及不同材質，再結合自然課上課所學習到的各項原理與實驗中所觀察到的現象探索思考；並參考網路上搜尋的相關資料製作我們想要的硬幣分類機而發展出下列各種不同世代的分類機，探索其應用的原理並加入我們的天馬行空的想法去製作我們夢想的錢幣分類機。

### (一) 流水作用系列 1. 第一代手搖洞洞版(大珠小珠落一盤版)硬幣分類機

根據自然課做流水作用(又稱河流作用)中用澆水器澆水沖刷小土堆時觀察到流水侵蝕出的小溝紋中有小石頭(如右下圖二藍色圈內)，而比小溝紋寬度大的石頭則滾出在溝紋外(如左下圖三藍色圈內)，依此現象為基礎設計製作出以下幾代不同版本的硬幣分類機。

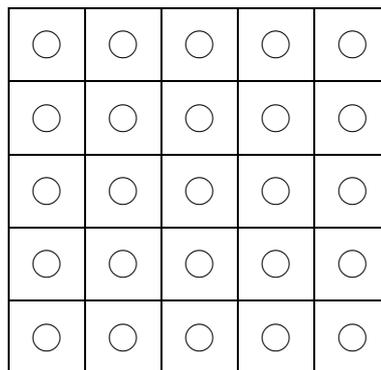


圖二 流水沖刷土堆實驗 1



圖三 流水沖刷土堆實驗 2

(1)先用鉛筆畫出大於錢幣面積的圓(像右下圖一樣)，再用圓規刀把圓圈中的紙割掉。



(2)割出1、5、10元硬幣的過濾的圓洞板子(如下圖四)，再由上而下依順序將10、5、1元硬幣的過濾的板子疊在一起，50元硬幣因為是面積最大的所以不用製作過濾板子便會留在最上層。



圖四 圓洞過濾板子圖

(3)用手搖晃讓符合硬幣直徑的大小的硬幣就能掉下去，50元的直徑因為超過10元洞的直徑所以掉不下去，10元的洞等於10元的直徑所以掉的去，10元的洞大於5元和1元的直徑所以掉的去(如下操作過程圖)。

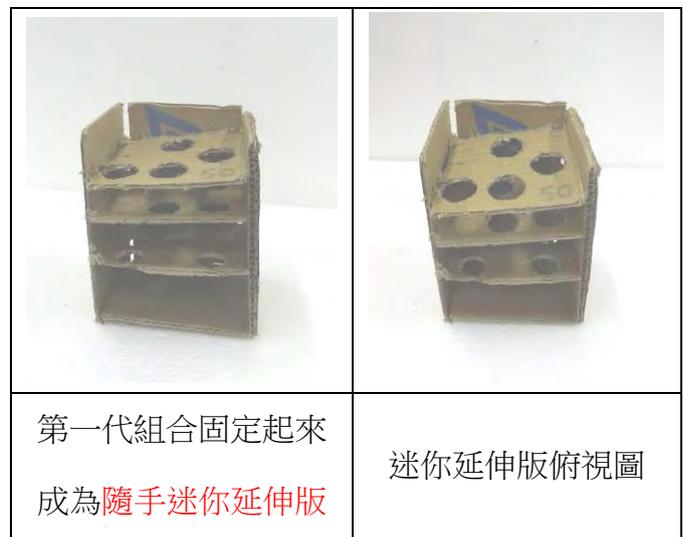


		
<p>操作結果3：剩10、50元</p>	<p>操作結果4：剩50元</p>	<p>操作結果5：由左至依序為50、10、5、1元</p>

(4)經由上述操作結果發現，我們根據自然課所學流水作用製作的第一代**手搖洞洞版**硬幣分類機都能藉由手動操作**正確無誤地分類**出不同幣值的新臺幣硬幣，不管是**真錢**（金屬材質）或**假錢**（塑膠兒童教具）的各種幣值硬幣都能經過我們設計比原幣值**面積還大**的**圓形孔洞**的篩選過濾板分類到各不同層次的回收分類紙盒中，之後我們團隊各小組輪流操作將近十次以上，實驗**結果**仍然**一致無誤**。

(5)我們根據上述實驗結果與所引用的原理加上搜尋整理的資料消化後，用自己的一些想法和嘗試的衝動下，有的組員又製作出第一代的**延伸機種**，分別敘述如下，它們也是**激發**我們**邁向第二代**功不可沒的**大功臣**之一。

(a)**隨手迷你延伸版**：組員思考前面第一代因為要做各種測試，所以做成可拆換與組合過濾分類結構，既然測試成功後，便製作一個小而美的集大成的迷你延伸版試試看？結果在黏合各層



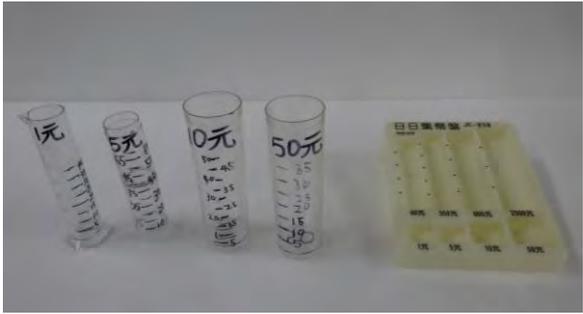
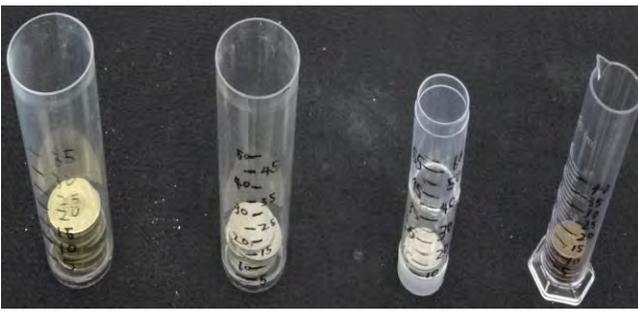
過濾板時沒注意到水平狀態，造成最上與最下層分別為**左傾**和**右斜**。接下來操作時發現硬幣會**自動滑向傾斜邊**，這便激發**引導**我們製作第二代的思考方向。

(b)**圓盤旋轉延伸版**：事實上在製作第一代時也有做**50元**孔徑的**過濾板**，但發現只把所有硬幣帶向**下一層**而已，於是在**檢討會議**時，就有人提出這50元孔徑的過濾板**並不是完全沒作用**，而我們把**下三層簡化成一層**，並把它做成**圓盤**，依序讓**上層**

圓盤帶入下層圓盤不同篩選孔洞之圓筒(如下圖)，而下層的簡化圓盤結構使我們激盪思考討論出第二代分類機的篩選關鍵主體結構~斜坡過濾板：讓手動進化成硬幣滑動，而上層圓盤未來可做成齒輪盤加上馬達動力為自動旋轉。

			
下方圓盤有四種不同篩選孔洞	放入不同錢幣用手順時針旋轉	操作結果1：50元掉入設計好的圓筒	操作結果2：接著10、5、1元也掉入圓筒

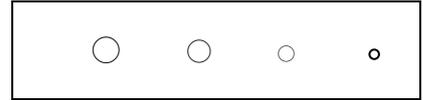
(6)在製作圓盤旋轉延伸版時，我們從自然教室回收的實驗器具中找到大小剛好讓各種硬幣掉入後水平堆疊的塑膠試管或圓筒，經過用線鋸切割加工後(如左下圖五)，也發現各種硬幣堆積到一定高度就成一整數，於是便在每個圓管的透明外壁上標上刻度，再藉由刻度換算各種硬幣幣值加總算出總數，如此一來便達到我們『化零為整』的最終目的，所以這組刻度圓筒變成我們每一代硬幣分類機的終端總計數器的結構主體(如右下圖六)，再依各代需求而變化調整。

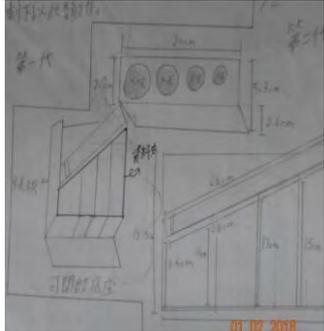
	
圖五：塑膠試管計數器	圖六：塑膠試管計數器俯視圖

## 2.第二代一個蘿蔔一個坑版 硬幣分類機

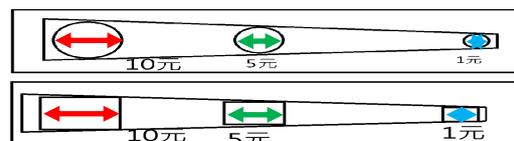
我們發現第一代手搖洞洞版的硬幣會互相推擠滾動而掉入篩選的孔洞中，我們想說不要再用手動，因為手動會很酸，於是我們想如何讓錢幣自己去找洞，於是就發展出第一代圓盤旋轉延伸版，再根據這個版本的下層圓盤不同篩選孔洞的原理，進行下列的過程設計製作第二代一個蘿蔔一個坑版，讓硬幣投進去就會自動被篩選分類。

(1) 首先拿出一個小紙板割出像硬幣大小的圓，接著再做出過濾的板子(如右圖)，再把板子放斜的做成像溜滑梯的斜坡，然後再把整體外殼做出來完成第二個一個蘿蔔一個坑版硬幣分類機(如下過程圖)。



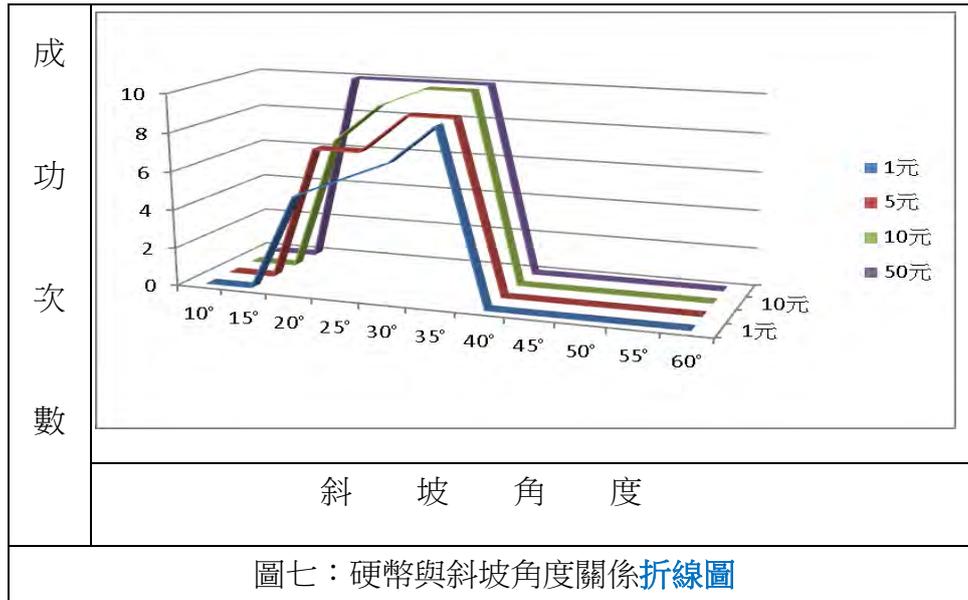
			
第二代分類機設計圖	第二代分類機俯視圖	第二代分類機1	第二代分類機 2

(2) 接下來我們發現溜滑梯的斜坡的傾斜角度是會直接影響我們硬幣分類機是否能準確篩選分類的一大因素(斜坡底下因有分格紙板頂住，故板面能垂直黏合於背後主體面)；而且硬幣都是平躺用整個圓面積接觸滑下圓孔斜坡，摩擦力不小，於是在討論如何增加準確篩選分類與減少摩擦力二個因素下，我們決定先做硬幣與斜坡角度關係測試實驗來得知其互相影響的關係，而且也發現根據流水作用上中下游不同的河道寬度會堆積不同大小石頭沙礫，如此延伸思考1元到10元圓形洞兩邊相切的直線連起來會變成想像的河道形狀為一梯形畫出下圖，用長方形或梯形孔洞取代圓形孔洞。



			
硬幣與斜坡角度關係 測試實驗裝置	硬幣與斜坡角度關係 測試角度:20度	硬幣與斜坡角度關係 測試角度:30度	硬幣與斜坡角度關係 測試角度:45度

(3) **硬幣與斜坡角度關係**測試實驗(板面垂直貼合於背後主體面)



圖七：硬幣與斜坡角度關係折線圖

圖八：硬幣與斜坡角度關係表

角度 成功 次數 硬幣	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
1元	0	0	25	31	38	46	0	0	0	0	0
5元	0	0	34	36	43	48	0	0	0	0	0
10元	0	0	36	45	50	50	0	0	0	0	0
50元	0	0	50	50	50	50	0	0	0	0	0

(4)由上述圖七圖與八圖表得知 0~15 度的角度是不能成功滑動的。

(5)大於 40 度以後的角度會造成滑動速度太快而無法掉入孔洞。

(6)測試實驗讓我們得知 20 度、25 度、30 度、35 度的角度是可以成功平滑而下的，而其中 35 度最順。

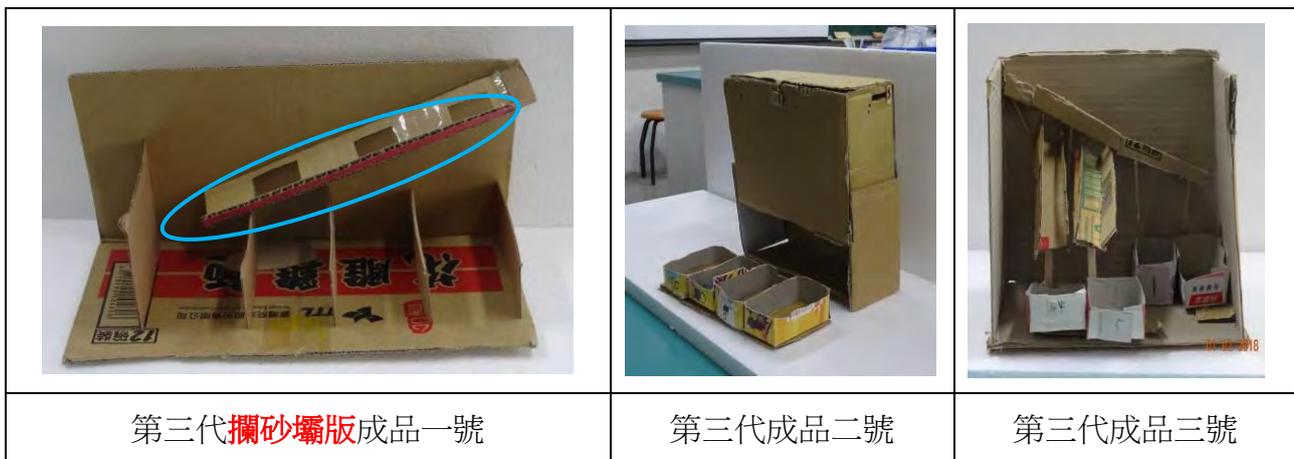
(7)我們總共測試了五十次，10、50 元的 20 度~35 度全部成功，成功的機率由大到小是 50 元 > 10 元 > 5 元 > 1 元，硬幣的面積和重量都會影響成功次數。

(8)這次測試的結果將提供我們製作下幾代分類機有效的參考數據和許多該注意到的細節。

3. **第三代土石流 VS 攔砂壩版**硬幣分類機

我們根據製作第二代一個蘿蔔一個坑版所提供的經驗和測試的結果，並發現1元到10元圓形洞連起來會變成梯形，所以想說如果圓形孔洞替成長方形孔會怎麼樣，因此誕生出了第三代攔砂壩版篩選孔，並配合適合的斜坡角度下會不會比第二代準、快、好，而且不用像第一代一樣要使用圓規刀來割圓孔，製作測試結果如下。

- (1) 雖外形跟第2代差不多只是改成割長方形孔洞，但只要長方形的長邊的長度與第2代的圓形孔徑大小一樣、而另一寬邊只要割小於圓形孔徑的相當比例大小長度就可準確分類硬幣。
  - (2) 第三代篩選孔板面剛開始雖垂直貼合於背後主體面，但經多次測試後因重力關係而下垂，形成與背板的夾角不再垂直而是傾斜並小於90度，也意外發現硬幣下滑掉入篩選孔的速度變快，但必須在篩選孔板面外側加一橫條側板(如下成品一號圖藍色標註)以防止硬幣滑出。
- 2.我們小組團員每個人都獨力製作一個第三代攔砂壩版的硬幣分類機，再輪流測試比較討論誰的作品的優缺點，分成二人一組根據大家的建議與老師的回饋再整修改進後，完成能準確分類的1~3號成品(如下圖九)。



圖九：第三代成品圖

- 3.在第三代的硬幣分類機後來發現用手一個一個硬幣投入費時又費力，正好自然課時上到地的變化時談到地震和土石流，加上流水作用的啟發，我們便想把硬幣想像成山上順流而下一堆石塊或土石流自動流到分類機的投幣口；可是又不能用水沖的，而自然課地震與土石流的影片令我們印像深刻，更因此聯想我們只要讓硬幣地震並像土石流傾瀉通過投幣口即可。而下一單元電與磁又教到馬達，於是我們便參考網路上許多用馬達製作振動的原理製作可自動處理一堆硬幣的第三代擁有動力的綜合版本：土石流VS攔砂壩版(如下頁圖十)

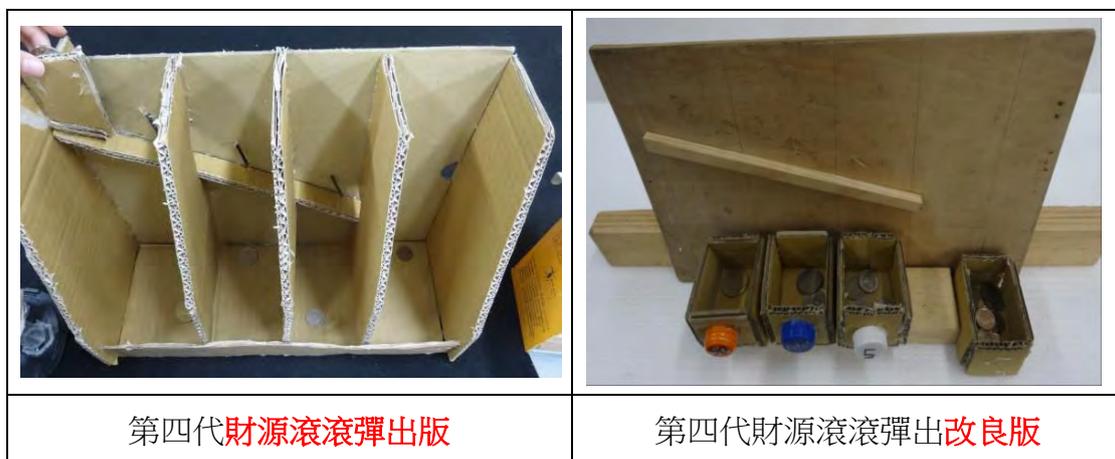


圖十：土石流VS攔砂壩版分析圖

#### 4.第四代財源滾滾彈出版硬幣分類機

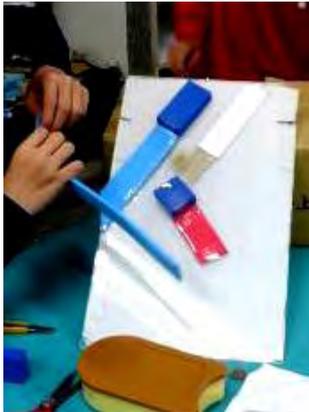
在測試第三代的硬幣分類機時，發現了一個有趣的現象，那就篩選孔板面與背板的夾角不再垂直而是傾斜並小於45度時，硬幣下滑時不再是用整個圓面積去平滑而下，這時也會用到圓周外的厚面去滾動。我們觀察到此現象並經小組搜尋相關資料討論激盪後，便產生製作財源滾滾彈出版的設計構想，再根據流水作用原理發想執行下面的製作。

- (1) 首先我們用回收雨傘骨架黑色塑膠棒切成約3~5公分一段一段，然後依據第二、三代分類機篩選孔板測試所得到的數據將篩選孔板面與主體背板的相關區域分成四格，由左至右分別是50、10、5、1元硬幣篩選區段，在每格篩選孔板的上方背板上依不同幣值的圓面積直徑長度，與篩選孔板斜坡相隔適當的位置用之前做好的黑色塑膠棒鑽出一個洞。只是以前三代的孔徑都是用大於圓面積直徑長度，這次卻是相反用小於圓面積直徑長度來分類。
- (2) 再用厚紙板把主體外觀做出來，再把錢幣放入投入口，滾下的硬幣就會因為硬幣大小的關係被突出黑桿阻擋而被彈出，掉入隔間中(如下圖十)。

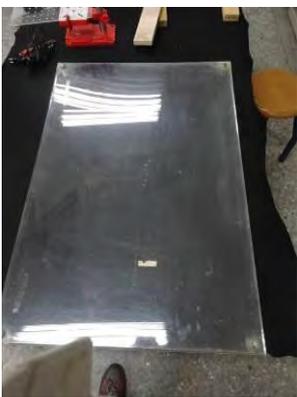


圖十一：財源滾滾彈出版

(3)根據上述第四代分類機所引用的原理，加上自然課剛做完流水作用中的凹岸與凸岸的沖刷實驗中觀察到上中下游的河道中的侵蝕、搬運、堆積等作用現象；我們便將財源滾滾彈出版平躺，再利用其分類原理製作主河道，再彎曲河道造成的凹岸與凸岸，接著分流而下，利用河道的大小不同及河道再分流而下，直到不同幣值的硬幣一一分類，這樣便做出了第四代河流彎彎延伸版(如下過程圖)。

			
第四代延伸版 測試過程1	第四代延伸版 測試過程2	第四代延伸版 測試過程3	第四代延伸版 測試完成

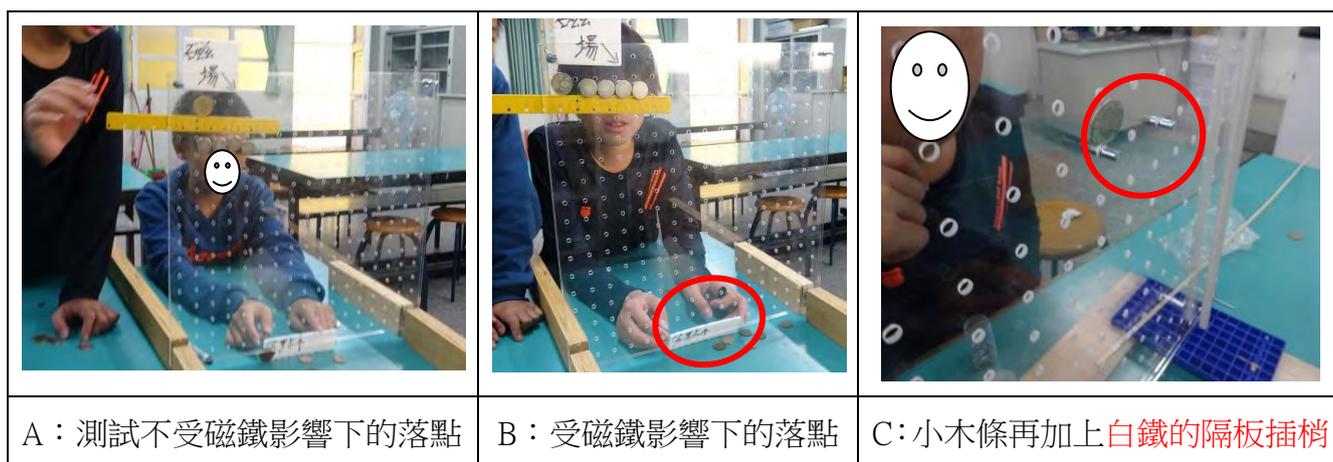
(4)製作過程中我們分別測試不同的回收材質作為斜坡下滑的底板，包括牛皮紙板、瓦楞、塑膠板，課桌椅木板，最後發現回收的藝廊海報壓克力展板(如下過程圖左半)的摩擦力最小，最能符合第四代延伸版的需求。而剩下的壓克力展板，我們使用美勞教室的小鑽台，在適當的位置鑽孔(如下過程圖右半)，打造接下來我們磁場效應的磁場魔力版硬幣分類機。

			
海報壓克力展板	拆除螺絲並裁剪	使用小鑽台鑽孔	再使用小電鑽修整圓孔

### (三)磁場系列硬幣分類機：磁場魔力版

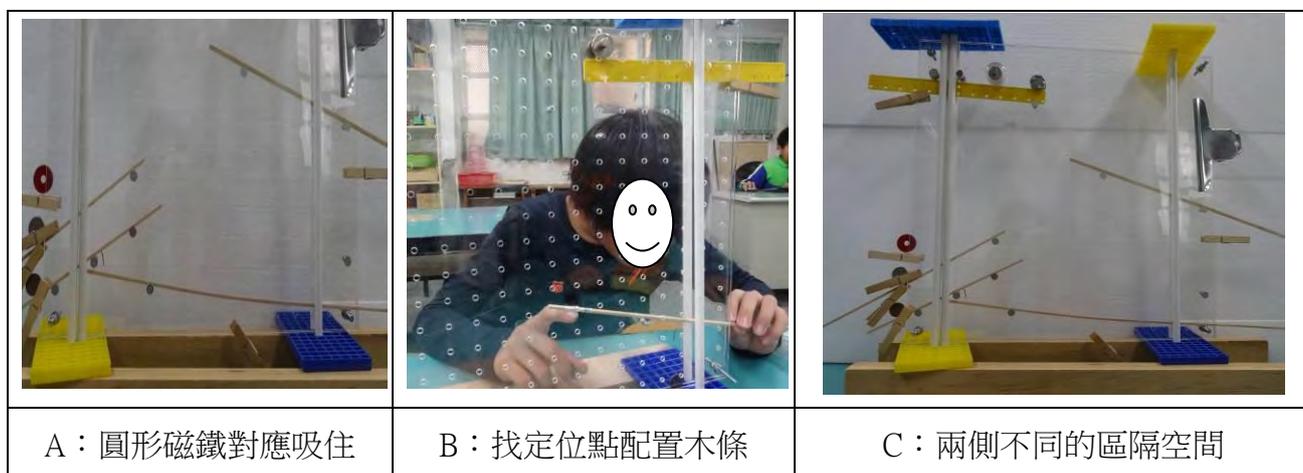
自然課在上完流水作用後，接著上電與磁單元，其中探討到磁力的作用與磁場效應，包括金屬與磁場中的磁鐵能相互影響。於是我們便聯想到硬幣都是不同的金屬合金做的，在磁場中應該也會受到不同的影響；所以便開始把想法變成行動，搜尋相關資料，分工合作下列步驟不斷地實驗測試，完成了第磁場魔力版。

- 1.首先利用學校的藝文畫廊的回收的海報壓克力塑膠展板，然後把壓克力板用鑽洞機鑽洞，將二塊壓克力板中四個角找適當位置鎖上螺絲，在板子之間與外側鎖上螺帽，讓二板子中間有一定的空隙讓硬幣通過。利用它透明的特性我們可以很方便觀察到要探索的現象。
- 2.接著我們便先測試不同硬幣在不受磁鐵影響下的落點，結果發現在投幣口的黃色塑膠片相同固定坡度時，不同硬幣的落點都一樣(如下過程圖A)。



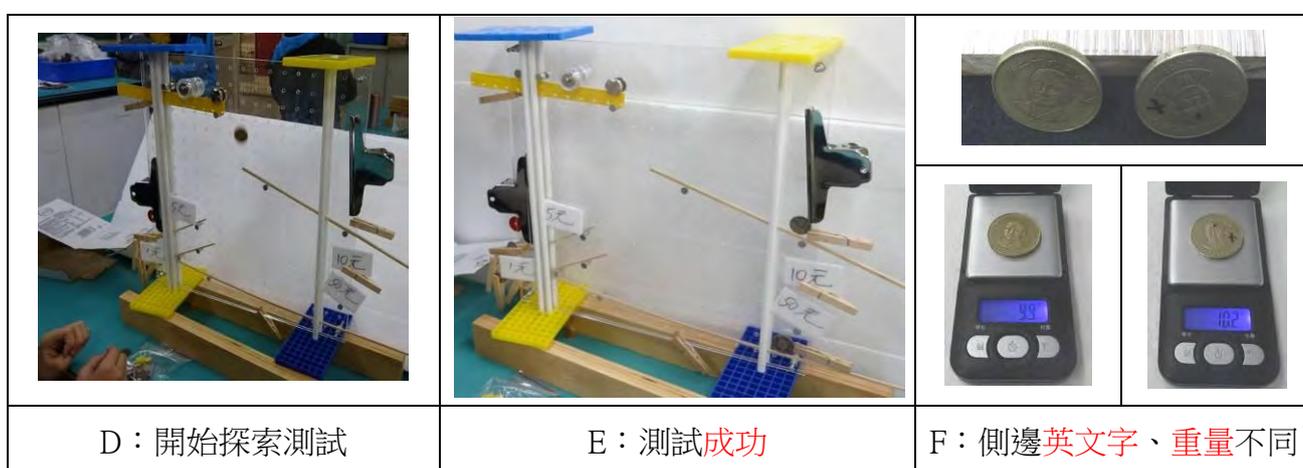
- 3.接著測試不同硬幣在受磁鐵影響下的落點，結果發現在投幣口的黃色塑膠片相同固定坡度時，不同硬幣的落點都不一樣(如上過程圖B)。其中50元與1元的銅板硬幣影響最明顯，10元與5元的鎳幣影響不明顯，感覺和沒放磁鐵影響下的落點一樣，經反覆比較測量後，50元銅板硬幣在經過黃色塑膠片斜坡磁場時受到明顯阻礙而速度減緩；1元的銅板硬幣則相同但速度減緩的效果較不明顯。而10元與5元的鎳幣則和沒放磁鐵影響下的落點稍微不一樣，但效果非常不明顯。
- 4.發現這樣的結果讓我們好高興!利用這些不同的影響，從硬幣放入口放入硬幣，硬幣滾下斜坡時，因為磁鐵產生磁場的關係，所以會讓滑出的距離不同而落點不同，再利用小木條再加上圖書館回收的書櫃中隔板插梢在適當的高度與位置來做分類的路徑(如上過程圖C)。

5.由於一開始兩片壓克力板都有鑽孔以便兩端固定插梢，觀察硬幣落下的路徑時多少會受到影響，所以經過大家討論思考後，便改為只有後面的底板鑽孔，前面的壓克力板只要在四個角落鑽一個孔，再鎖螺絲和螺帽即可。而原先的白鐵插梢只從後面的底板鑽入洞裏，前面的壓克力板只要用小型圓形磁鐵對應吸住就可以了(如下過程圖A)。



6.接著便開始找插梢的定位點，以便配置分隔的小木條(如上圖B)。再用不同幣值的硬幣來反覆測試，利用各幣值的硬幣受左上角強力磁鐵的影響的不同程度。造成不同的落下路徑，就可以分類出各不同幣值的硬幣到兩側不同的區隔空間去了(如上過程圖C)。

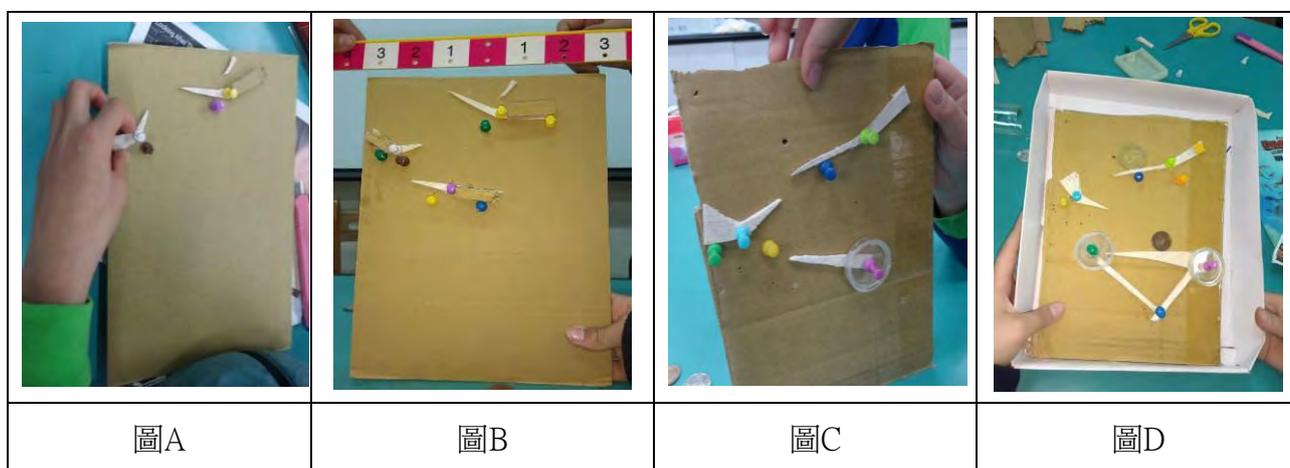
7.最後終於讓我們探索測出想要的結果(如下過程圖E)，而且所有的器具都是從自然教具室回收再利用的實驗器材，讓我們好有成就感!接下來才是我們急著想解開的心中的謎題，那就是這磁場魔力版分類機是否能幫我們分辨出市面上猖狂的50元偽幣(如下過程圖F)，這枚偽幣的材質及重量與真幣不同，所以先假設它受到磁場的影響應該和真幣不同，但反覆測試後，在這第磁場魔力版仍然將它分到和真的50元相同的格子中，讓我們好失望；沒關係，再接再厲!



#### (四)槓桿系列硬幣分類機：財務槓桿平衡版

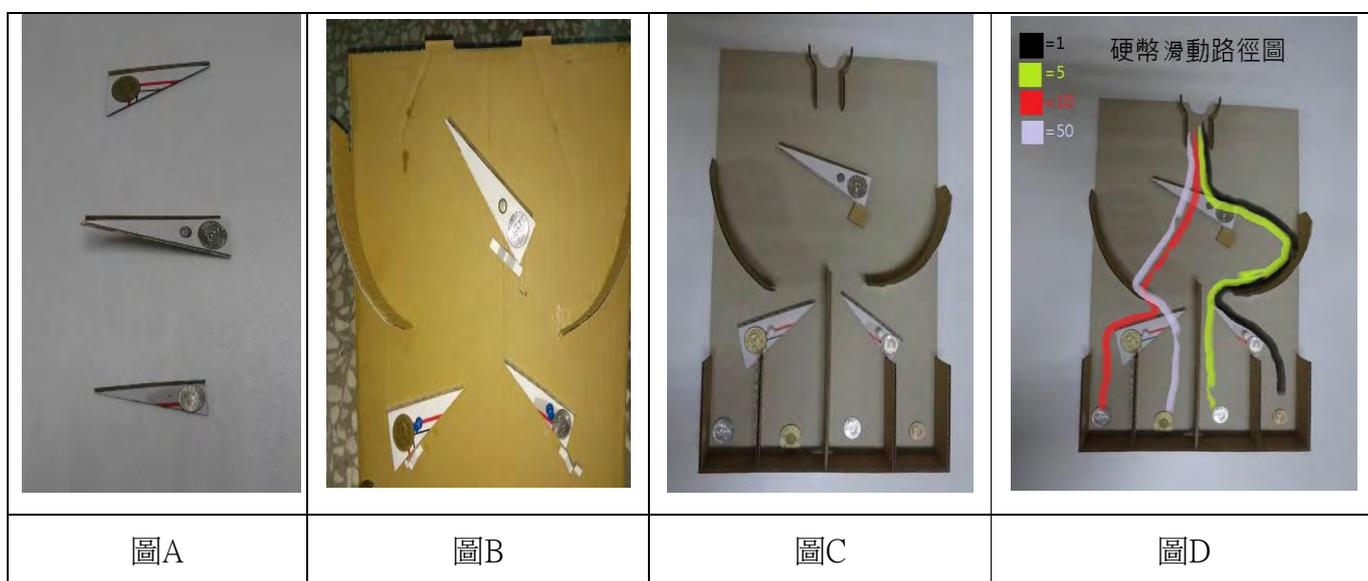
自然課又接著上槓桿原理，我們思考著真假50元的重量相差0.5克，那是否可藉由槓桿原理來分類或分辨它們，況且，從前幾代分類機根據的硬幣面積孔徑大小、厚度、材質的各項特性來大做文章，現在最後總算輪到重量這個重量級的亮點來發光發熱了。於是小組成員大家開始分配工作，思考討論如何將前幾代的經驗累積，再運用剛學到的支點、施力臂、抗力臂等槓桿原理製作出這一版的分類機，以劃下完美的句點。

- 1.一開始先用回收牛皮紙箱紙片做為斜坡背板，再將細長牛皮紙箱紙切成像彈珠台槓桿一樣的桿子然後用長鈕圖釘固定住(如下過程圖A)，把硬幣放入最上方讓它滑下，桿子就會因為被硬幣撞到而上下擺動或旋轉，這個時候再考慮經支點、施力臂、抗力臂的長度與位置，還有人直接在支點的兩邊用紙板的多層貼合以達到想要的重量或平衡；再經過不斷的調整測試調整適當的位置(如下過程圖B)。
- 2.其他小組成員也想要把彈珠台的想法與概念加入這一代的硬幣分類機中，甚至連圓盤或圓軸加上連桿連動也想嘗試一下(如下過程圖C與D)，而圓盤則是用線鋸切割實驗器材中的試管或塑膠圓管底坐，再用砂紙研磨做出來的。



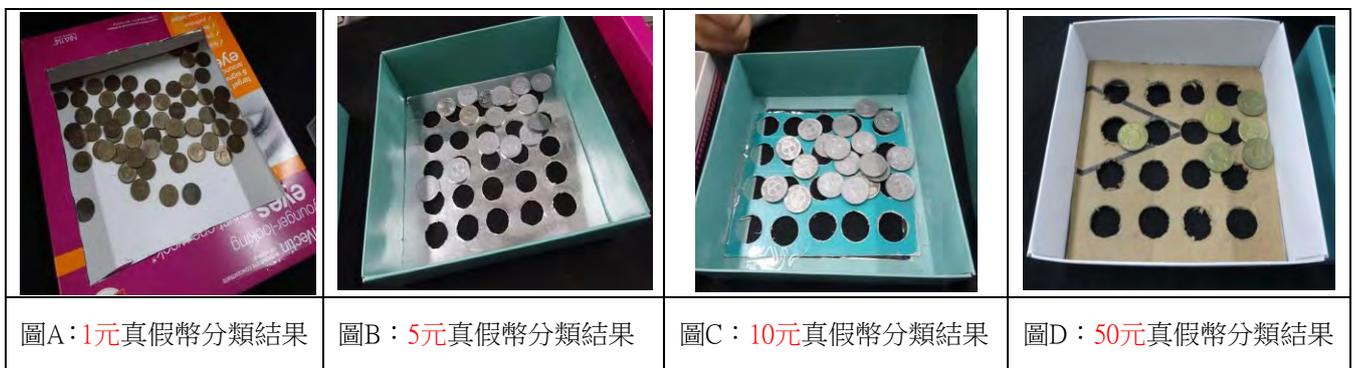
- 3.不知道是我們做得不夠精緻或對槓桿原理了解得不夠詳細，每一個小組或成員做到後來都皺著眉頭，一付百思不得其解的樣子。幾次測試下來，都不能達成目標。這個時候才知道雖然彈珠台很好玩，但要自己製作出來能符合想要的效果也是不容易的。後來大家也互相討論及檢討每組的作品缺失改進，但再次修改後，仍然和當初收集到的資料、設計的想法與期待的效果相差很大。

- 4.這時我們轉而向自然老師及指導老師詢問，是在哪個過程或地方出了問題，老師也和我們充分討論，建議我們回去找最初的準備和想法，先從簡單地做起和嘗試，不要想得太複雜，並且不要求很棒的效果，只要能達到目的就好了。
- 5.於是就聽從建議檢視每個測試過程，就想到槓桿最不容易控制的就是不同幣值硬幣的重量與平衡，而討論中有人說：「這根本是讓零錢在玩翹翹板遊戲嘛！既然有這麼多零錢要分類，那就直接拿硬幣坐在翹翹板上來和其他零錢硬幣來平衡槓桿。」於是大家一哄而散，趕緊動手打造零錢翹翹板平衡桿(如下過程圖A)。
- 6.經過測試討論後，我們決定先用貼著中間幣值10元的翹翹板平衡桿由上而下當第一關的關主(如下過程圖B)，讓它先把50元和10元因為槓桿不平衡而被分到左側去，而5元和1元就被分到右側了(如下圖D)。
- 7.再根據上面的結果和原理，在接下來的左側設立第二關貼著50元的翹翹板，它負責將滑下來50元和10元分別分到右邊與左邊；而右側的第二關貼著5元的翹翹板，它負責將滑下來5元和1元分別分到左邊與右邊(如下過程圖D)。
- 8.最後我們在最上端設計了一個像彈珠臺的投幣口(如下過程圖C)，讓錢幣可以準確地掉入第一關卡的10元翹翹板平衡桿，兩側再加下環狀的紙圍籬，使通過第一關卡的硬幣可沿著它滑下第二關卡，再由這左右的50元及5元翹翹板平衡桿將錢幣分到最底部的四格分類區域中。



## 伍、研究結果與討論

一、流水作用系列**第一代手搖洞洞版**都能藉由手動操作正確無誤**百分之百**地分類出不同幣值的新臺幣硬幣，不管是**真錢**(金屬材質)或**假錢**(塑膠兒童教具)都能經過我們設計比原幣值還**大**的**圓形孔徑**的篩選過濾板分類到各**不同層次**的回收分類**紙盒**中(如下過程圖A~D)。而經過簡化與組合群組的**隨手迷你延伸版**更是把複雜多層化的元件變成**小而美輕量**化的可行性；以及**圓盤旋轉延伸版**更是這一代結構上的**進化版**，把**多層次**的過濾篩選改變為**旋轉**依照大小**次序**，中間的過程讓我們學到好多和感到驚奇，也**帶出**了做為每一代硬幣分類機的**終端計總計數器**的結構主體：『**化零為整**』的刻度圓筒。

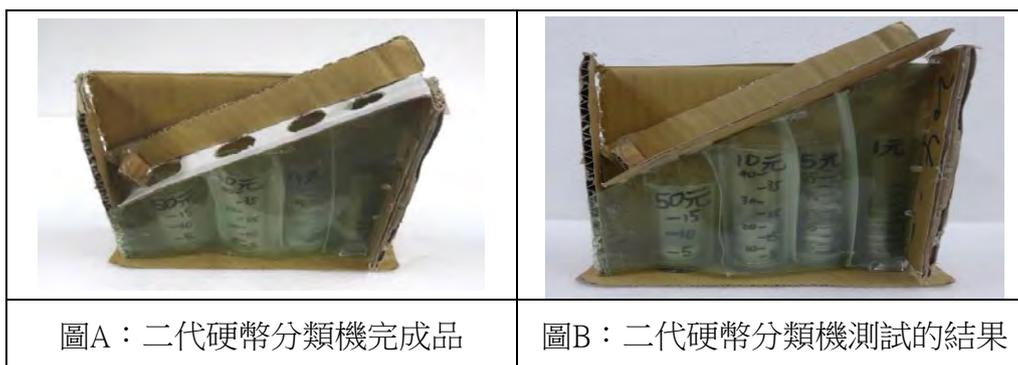


二、第二代**一個蘿蔔一個坑版**根據**圓盤旋轉**版本的下層圓盤不同篩選孔洞的原理，進行下列的過程設計製作第二代，讓**硬幣**投進去就會**自動**被**篩選**分類，但是因為錢幣的大小不一樣，所以一開始下滑斜坡垂直貼合在主背板時，所以**斜坡**由上下的**傾斜角度**是造成硬幣是否可以**準確**地**掉入**圓孔的主要**因素**。而反覆測試的結果如下列關係表格的數據。

圖十二：第二代**一個蘿蔔一個坑版**分類準確率與斜坡角度關係表(每種幣值皆測試100次)

角度 硬幣 成功次數	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1元	0	0	92	94	0	0	0
5元	0	0	84	88	0	0	0
10元	0	0	81	86	0	0	0
50元	0	0	71	78	0	0	0

(一)上列測試的結果可以看出在斜坡角度**30~35度**時，**1元**可以達到**九成**以上的準確率，**5元**和**10元**可以達到**八成**以上的準確率，**50元**可以達到**七成**以上的準確率。綜合以上第二代硬幣分類機(如下頁圖十三：A、B)可以算是一個具有**自製可行性**的**入門階段性**作品。



圖十三：第二代一個蘿蔔一個坑版

三、第三代**土石流VS攔砂壩版**的硬幣分類機用**長方形**篩選孔替代**圓形**孔洞，並作實驗探究並且找到了**適合**的下滑**斜坡角度**。這樣不只讓分類機的關鍵零件篩選孔斜坡比較**容易**且**精確**地製作；更結合一、二代的菁華讓硬幣像高山的土石經過流水作用順流而下，在不同的上中下游區域分類成不同大小的石塊沙礫。而且只要精確地調整修改這第三代的硬幣分類機，不管是用手動投幣或者是像水泥攪拌車那樣用馬達震動讓錢幣滑下，我們挑出最好的**成品**經反覆**測試**的**結果**形成下列關係表格的**數據**。

圖十四：第三代**土石流VS攔砂壩版**分類**準確率**與**斜坡角度**關係表(每種幣值皆測試100次)

硬幣 成功次數	角度						
	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1元	0	0	92	97	90	0	0
5元	0	0	89	94	86	0	0
10元	0	0	88	96	81	0	0
50元	0	0	84	100	64	0	0

(一)上列測試的結果(如圖十四)發現各種幣值斜坡**角度35°**時在都能達到將近百分之**九十五**或**以上**的準確率；在**25°**之前滑**不動**和**45°**之後滑**太快**而不能分類。雖然這是將作品挑選並一再調整的結果，但也**證明土石流VS攔砂壩版分類機是一個具有高自製可行性的成熟性作品**。而且它的入門**門檻**最低，包括**材料**的取得、製作的**技術**以及分類**原理**的理解，都非常的大眾和普及化。

(二)**土石流VS攔砂壩版**我們也測試了，其**結果**相同。但做到使所有不同幣值的硬幣可從處

的漏斗狀紙盒100%受震動掉入斜坡篩選板上，整體結構就像是一部有處理流程的小輸送帶機器，讓大家製作的興趣很高，做好後也愛不釋手想一再測試探索。

四、第四代財源滾滾彈出版所應用的原理與前三代剛好相反，一個是掉入孔中，另一個卻是被彈出來，剛好應用到沖刷土堆實驗差大石頭滾出溝紋的原理。第四代紙板基本款的分類效果與第三代比起來差很多。經過大家檢討後發現回收紙板容易不平整，加上斜坡黏合處的殘膠太多造成錢幣滾動時的不規則彈跳，導致硬幣躺下用平面滑動，所以分類準確率都不到百分之八十。所以我們用回收的木板和木條製作第四代改良版，改用小銅鐵釘代替塑膠棒及固定。測試的結果如下列關係表格的數據。

圖十五：第四代財源滾滾彈出版分類準確率與斜坡角度關係表(每種幣值皆測試100次)

角度 硬幣 成功次數	0°	3°	6°	9°	12°	15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°
1元	0	96	97	97	99	99	100	100	100	100	100	100	98	97	97	89
5元	0	94	96	97	98	98	100	100	100	100	100	100	96	96	96	92
10元	0	96	98	98	97	97	100	100	100	100	100	100	99	97	95	94
50元	0	95	99	98	97	98	100	100	100	100	100	100	99	97	96	96

(一)上列測試的結果(如圖十五)發現在3°之前滑不動與45°之後太快，而在3°~42°之間各種幣值都能達到將近百分之約九十五到百分之百的準確率，尤其是18°~33°之間，是所有分類機中和第一代手搖洞洞版一樣可以比較容易達到百分之百準確率的分類機。但在斜坡角度、阻擋桿與斜坡間隙大小與阻擋桿的傾斜角度的調整都有一定的難度，但對喜好接受挑戰與研究的國小中高年級學童，認為這財源滾滾彈出版是我們心中夢幻機種也是最強的一個版本，其彈出飛瀉而下的一刻的視覺效果，真是有趣又令人興奮。

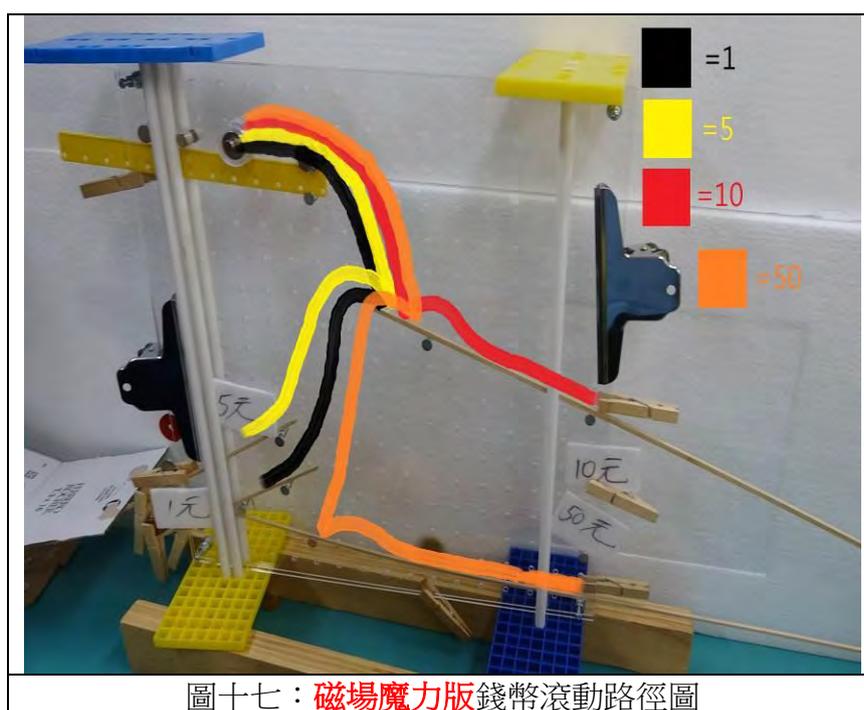
(二)而第三代應用流水作的原理在第四代河流彎彎延伸版更被運用得發揚光大，整個作品一看便像是一條彎曲河流順流山下，而錢幣就像小孩在遊樂場中玩高空滑水道一樣，經由寬窄不同的水道滑入不同深淺的水池。但經過我們測試的結果發現各種幣值只能達到將近百分之約四十五到八十的準確率(如下頁圖十六表格)。加這一代的延伸版入門門檻不低，要用環保素材製作的能很準確分類硬幣很難，但像真性及視覺趣味性很能吸

引大家的目光。因為是用高速度滑下，所以分類硬幣準確率不高，加上數量很多一直下滑時，會有不少的硬幣脫軌而出。所以算是一個比較不具有自製可行性的試驗性作品，但未來具有更好的技術或能力時，它將是最具有發展潛力的明日之星。

圖十六：第四代河流彎彎延伸版硬幣分類機分類準確率分析表(每種幣值皆測試100次)

第幾次 成功 硬幣	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	合計
1元	3	5	2	4	4	6	4	6	6	6	46
5元	8	5	4	5	6	5	5	4	8	8	58
10元	8	9	7	8	10	10	9	6	10	10	81
50元	9	9	8	10	9	9	10	7	6	8	79

五、**磁場系列**硬幣分類機：**磁場魔力版**是因緣際會在自然課上到**電與磁**，課文和實驗中談到**金屬鐵棒**與**電圈**磁化效應，是以磁浮列車為例子。我們便想到**硬幣**的不同**金屬合金**在**磁場**中不知道會不會受到**不同的影響**，便促成了這一版(如右圖十五)。而自然教室中的一般黑色磁鐵並不會對硬幣產生影響，直到找到實驗品回收的**硼酸強力磁鐵**才有效果。加上主體結構的關係，它的**分類效果**會因為小小的**誤差**而**導致**很大的**不準確**！需要**經常**精確地**調校**與**固定**。



圖十七：**磁場魔力版**錢幣滾動路徑圖

圖十八：磁場魔力版硬幣分類機分類準確率分析表(每種幣值皆測試100次)

第幾次 成功 硬幣	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	合計
1元	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	99
5元	8	9	10	10	10	9	8	9	9	8	90
10元	8	8	9	8	9	8	10	8	8	9	85
50元	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

(一)上列測試的結果(如圖十八)可以看出，1元可以達到百分之九十九以上的準確率，5元和10元可以達到八成以上的準確率，50元可以達到百分之百的準確率。如此可證明這磁場魔力版也是分類效果明顯的一代分類機。

(二)不知道是我們拿到50元偽幣的合金與重量與真幣太相近，這寄予厚望的磁場魔力版仍然和前幾代一樣分辨不出來，還是將它分類到50元真幣那一格，真讓人覺得偽造的技術愈來愈進步。因此研究目的五、希望研發出不靠電子光學或儀器就能分辨真錢假錢的分類機這項夢想是仍然要再探索努力的。

(三)所以這一版的限制就是強力磁鐵，再加上我們雖然有搜尋到相關的電磁爐的原理當中的但還是不很明白的渦電流原理，因此它也算是創意性與趣味性很高但自製可行性不高的一版。但也具備了和河流彎彎延伸版一樣，在未來具有更好的技術或能力時，它將是最具有發展潛力的明日之星的特質。

六、槓桿系列硬幣分類機：財務槓桿平衡版是自然課又接著上槓桿原理，我們想讓讓零錢在玩翹翹板和彈珠台下的產物。從一開始的五花八門的想法受挫到簡單用錢幣自己來秤重槓桿平衡加入分類，其效果與發展性還不錯，只是感覺它的功能實用性不高，測試後發現分類準確率除了50元與5元有超過百分之八十以上，、1元和10元則是百分之六十(如下頁圖十六表格)。這一版才剛製作，所以可調整探討的時間不多，如果繼續研究探索，分類效果及準確率是值得期待的。不過它像手搖洞洞版一樣很浪費時間又不能處理大數量的錢幣。但它具有入門門檻低，包括材料取得、製作技術以及原理理解，都非常大眾普及化的特性。所以算是一個具有自製可行性的發展性作品。

圖十九：財務槓桿平衡版硬幣分類機分類準確率分析表(每種幣值皆測試100次)

第幾次 成功 硬幣	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	合計
1元	6	5	7	6	7	6	5	7	5	6	60
5元	8	8	8	9	8	8	9	9	8	9	84
10元	5	6	7	7	5	7	6	6	7	6	62
50元	8	7	8	8	9	8	7	9	8	8	80

七、綜合上述我們完成下列比較關係圖(圖二十)

圖二十：不同硬幣分類機比較關係圖

特性 版本		技術門檻	平均分類準確率	自製可行性	評論
流水 作用 系列	手搖洞洞版	最低	100%	高	易上手入門版
	一個蘿蔔一個坑版	低	±80%	高	入門基礎版
	攔沙壩 VS 土石流版	低	95%以上	中高	成熟機械自動版
	財源滾滾彈出版	低	95%~100%	高	夢幻快、狠、準版
	河流彎彎延伸版	高	66%	中等	值得探索潛力版
磁場 系列	磁場魔力版	高	93.5%	低	神奇磁力創意版
槓桿 系列	財務槓桿平衡版 (硬幣玩蹺蹺板彈珠台版)	高	60%	中低	值得一再挑戰版

八、由上面圖二十可看出各個版本的門檻與技術層面高低，再加上分類準確率的高低就可推

論出**自製可行性**的容易與因難；再加上**團隊**充分**討論**後給各版本不同的**評論**，可提供學弟未來**自製**的**參考與注解**。

九、因為都是使用**回收環保素材**，每一版本**自製**硬幣分類機完成後都有**測試結果與數據**記載下來，但過程中我們**發現**環保素材，尤其是**紙類**，**耐用度**與**結構堅固性**會因**測試**而**變化**。後來我們也嘗試**修改**與**修補**以**改變**分類機的**準確性**，然而本研究是**針對於****自製**的**可行性**與分類原理的探索，所以每一代的**詳細測試**結果與數據只呈現在**實驗紀錄簿**中，在這裏只**敘述**主要的**實驗數據和結果**，並以**解決**日常一般民眾的需求及**學習探索**為標準，再加上**寓教於樂**的**創意性與趣味性**，才是我們**研究**的結果與**目的**。

## 陸、結論

- 一、經由不同**系列**與**版本**分類機的探索及實作，我們發現應用日常學校各項**回收資源**製作出的分類機已**具備**市面上**販售**之分類機之**功能**，應用層面已**夠**一般家庭及個人使用。而其中幾個版本之**應用**之**原理**更直追**商用機**所應用的**功能原理**。
- 二、在**製作**各代分類機之的**推演過程**，剛好和所上之**自然課程**的單元中所教的**流水作用**，凹岸、凸岸侵蝕、堆積作用及地震、土石流現象，接下來的**電磁效應**及最後的**槓桿及輪軸**原理，都一一**應用**在我們的**設計**及參考數據及**資料**上，在同學和師長討論和請教的過程中，能適時地**學以致用**及**印證**剛學的**原理及實驗**，讓我們立刻體會到**從做中學**，**教學相長**的深刻體認，真是又興奮又感動。另一方面也讓我們知道**硬幣**的各種**特性**，包括圓面積、厚度、合金材質、重量體積都是可**造成**被**分類的因素**，這更證明了我們自然課學到的**植物分類**依照它的葉子及其他**特性**分成**不同屬**或**不同科**的**道理**是一樣的。
- 三、所有**各版**的分類機中，**土石流VS攔砂壩版**與**財源滾滾彈出版**是大家公認最具自製可行性且容易瞭解分類原理，**前者**並可建構成一自動化流程的實用機組，但**後者**的**高準率**的分類能力與**視覺效果**，使**財源滾滾彈出版**成為本研究自製分類機中各方面最接近團隊**夢幻版本**的一版。所以是**最適合學生用來學習與自製作探討**的並可**生動有趣**解決家中的零錢處理**問題**。
- 四、**最後**則**測試**各種不同的硬幣分類機的效果，並**結合**此期間相互**印證**了解，**提供**未來師生**教學與製作**之參考與**建議**。而**完成**本**研究**後，也不只具備了**分類機原理**、**探索和測試**經

驗的相關知識與技能，更對自然課所上之各項原理、實驗探究的更深更廣。

五、學校多年以來可回收再利用的素材不再是常見的那幾類，而是五花八門、目不暇給，也讓我們見識到了如果再讓這些東西再發揮第二次的利用在學習及教育研究上真令人高興，也為環保盡一份心力。

六、綜合以上各點，我們驗證了在國小階段具備了自製環保硬幣分類機的可行性，並將此研究結果納入本校配合未來新課綱的自行研發的自然科領域的校訂課程(自造教育)預定方案、使本校學童都能再次體驗及學習到本團隊一路走來的點點滴滴，也讓美好傳承在這裡開花結果。

## 柒、後續研究

一、任何一版的篩選孔洞和斜坡角度中的各項數據及結構或架構組織都可作為未來我們邁入3D列印學習或實作中的先備資料及各項依據，而自製成品的可行性與準確率將會更加精確。

二、其他版本將秉持財源滾滾彈出版的精神再加以探究和調整或組合，包括不同的回收環保材料的實用性與多樣性，相信自製的可行性與準確率及各種創意變化將是可以期待的。

三、每一版本分類機最後化零為整的計算總數的部份是我們最想要再挑戰的後續研究部份，如何將我們的累積刻度圓筒巧妙地結合在各代中，讓所有零錢的總數不用再計算就可以一目瞭然是我們未來努力的目標。

## 捌、參考資料及其他

- 1.南一自然課本 6 上[第 3、4 單元]
- 2.南一自然課本 6 下[第 1 單元]
- 3.全國中小學科展-滾滾滾-滾出道理和應用(科展群傑廳)
- 4.全國中小學科展-公車硬幣辨識機(科展群傑廳)
- 5.全國中小學科展-偽幣測試機(科展群傑廳)
6. Magnet Coin Sorter 取自 <https://www.youtube.com/watch?v=yxTucMqmWI4>
- 7.維基百科 <https://zh.wikipedia.org/>

## 【評語】 082918

以回收資源，依據不同硬幣的特性(面積、外徑與邊緣厚度大小或合金材質)，應用不同物理原理，製作出高達3個系列、7個版本的各種硬幣分類機，極盡巧思。創意及獨特性宜加強。

本研究針對國小學童自製環保硬幣分類機的可行性，並依據自然課所學相關單元對其分類原理進行探索與研究，探究過程發現：

- 一、利用學校回收材料做出不同類型及世代的硬幣分類機的門檻與困難度不高。
- 二、根據自然課所學之流水作用、電磁與槓桿原理，再依據不同硬幣的特性(面積、外徑與邊緣厚度大小或合金材質)來進行製作分類機的關鍵主體。
- 三、不同分類機根據其原理經過不斷實驗與調整後皆能達到一定的分類準確率。

依據以上各點我們證明了國小學童具有自製環保硬幣分類機的可行性，並印證了自然課所學相關原理能探索與研究不同分類原理。並將研究成果納入學校自造教育各階段課程讓學弟妹繼續探索學習與挑戰！

關鍵詞：回收再利用、硬幣分類機、流水作用

## 壹 研究動機

上美勞課時，老師要我們自己製作可以解決生活問題的各种裝置，剛好上自然課時說到流水作用中的侵蝕、堆積與搬運三種作用對河流的上、中和下游各段造成不同的作用與現象；例如**上游**：地勢陡峭、水流急、河道狹窄且深有很多有稜有角的大石塊(像50元硬幣)。**中游**：地勢平緩、河道寬、水流速度比上游慢且堆積了許多圓圓的鵝卵石(像10元硬幣)。**下游**：布滿了小石頭(像5元硬幣)和細沙(像1元硬幣)、地勢平緩、河道寬廣、水流速度最緩慢。這使我們聯想硬幣分類機也可以運用到這些原理。而建立在河流中攔沙壩(圖1)更像我們想自行製作的硬幣分類機類一樣，可以把想要的東西攔截下來。於是我們就開始尋找市面上常見的硬幣分類機參考並探索它的原理，並用學校回收資源製作出心中最夢幻而且最有效率和創意的環保分類機，希望能一舉兩得完成美勞老師的作業並印證自然課所學的各项原理和實驗結果。



圖：河流中的攔沙壩

## 貳 研究目的

- 一、用**環保素材**製作各類**硬幣分類機**，解決**零錢分類**問題，讓生活帶來便利。
- 二、比較不同類型的分類機的**準確度**及處理的**過程與性能**。
- 三、探索不同類型的分類機所**依據**的各项**原理與不同思維**。
- 四、探索各類型的分類機的**實用性**跟**趣味性**及創意面向。
- 五、希望研發出不靠**電子光學**或儀器就能**分辨真、假錢**的分類機。

## 參 研究設備及器材

製作分類機的材料	學校內各類 <b>回收</b> 的紙板、紙盒和硬紙板、透明壓克力板、珍珠板、塑膠板、泡棉木板、保麗龍板、膠帶、握把圖釘、塑膠試管或圓筒
製作分類機的工具	熱溶膠槍、切割墊、鐵尺、鉛筆、奇異筆、美工刀、線鋸、剪刀、橡皮擦、圓規圓規刀、砂紙、壓克力板、小砂輪機、小垂直鑽台與各種實驗器材
測量的硬幣	塑膠硬幣(假錢、兒童教具)、真錢：民國70到103年的1元硬幣、民國73到78的5元硬幣、民國89到102年的10元硬幣、民國72到83年的50元硬幣(包含一枚製作非常像真的偽幣)
其他器材	數位相機、攝影機、水平儀、黑色墊布、白色背景保麗龍板

## 肆 研究過程或方法

### 一、各種幣值的特殊規格探討

幣值	真錢	假錢(教具)
50	外徑(直徑)：約2.78cm 面積：約6.067平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約 $2.097 \pm 0.002$ mm 重量：約 $9.92 \pm 0.01$ g 材質：銅幣(含鎳2%及鋁6%)	外徑(直徑)：約2.7cm 面積：約5.723平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約2mm~3mm 重量：約 $1.4 \pm 0.1$ g 材質：塑膠
10	外徑(直徑)：約2.586cm 面積：約5.250平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約 $1.711 \pm 0.002$ mm 重量：約 $7.500 \pm 0.01$ g 材質：銅幣(銅鎳合金，含鎳25%)	外徑(直徑)：約2.4cm 面積：約4.251平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約2mm~3mm 重量：約 $1 \pm 0.1$ g 材質：塑膠
5	外徑(直徑)：約2.19cm 面積：約3.765平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約 $1.359 \pm 0.002$ mm 重量：約 $4.390 \pm 0.01$ g 材質：銅幣(含鎳25%)	外徑(直徑)：約2.1cm 面積：約3.462平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約2mm~3mm 重量：約 $0.8 \pm 0.1$ g 材質：塑膠
1	外徑(直徑)：約1.99cm 面積：約3.109平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約 $1.517 \pm 0.002$ mm 重量：約 $3.730 \pm 0.01$ g 材質：銅幣(含鎳6%及鋁2%)	外徑(直徑)：約1.7cm 面積：約2.269平方公分 厚度(沒有凹凸紋路)：約2mm~3mm 重量：約 $0.5 \pm 0.1$ g 材質：塑膠

## 二、各種硬幣分類機製作

### 流水作用系列第一代硬幣分類機

根據自然課做流水作用(又稱河流作用)實驗中用澆花器澆水沖刷小土堆時觀察到流水侵蝕出的小溝紋中有小石頭(圖1藍色圈內)，而比小溝紋寬度大的石頭則滾出在溝紋外(圖2藍色圈內)，依此現象為基礎設計製作出以下幾代硬幣分類機。

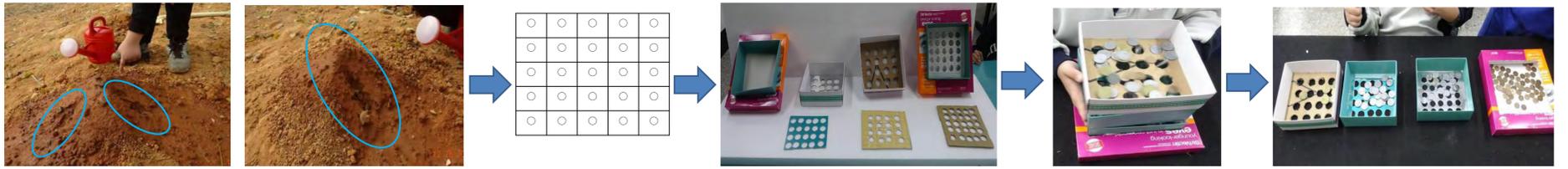
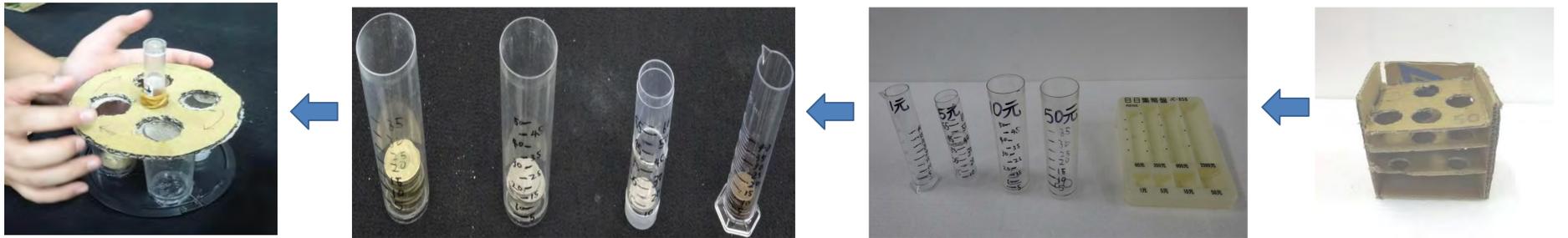
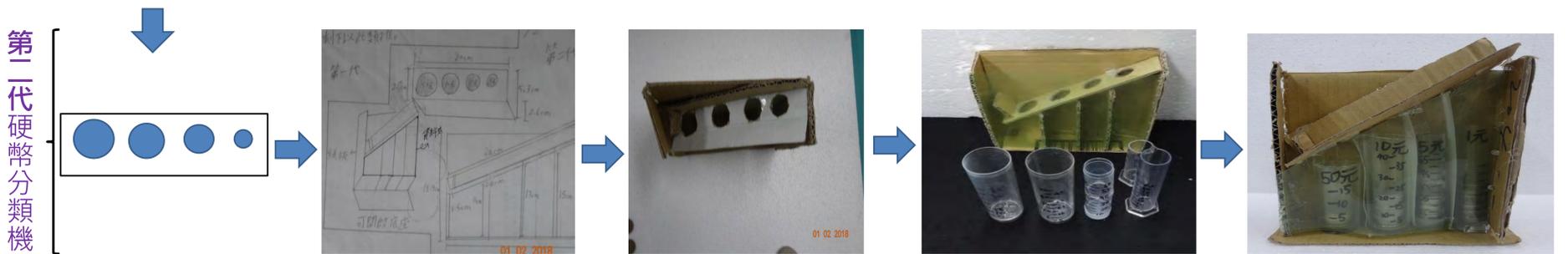


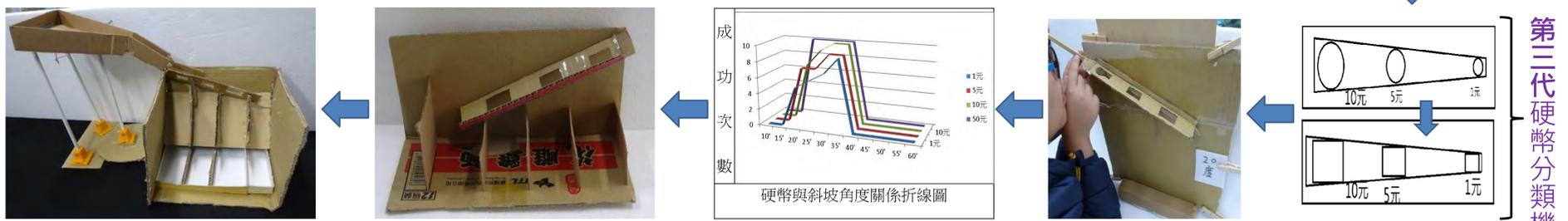
圖1 → 圖2 → 鉛筆畫出等於錢幣面積的圓 → 不同幣值圓洞板 → 組合放入錢幣用手搖 → 分類出各種硬幣



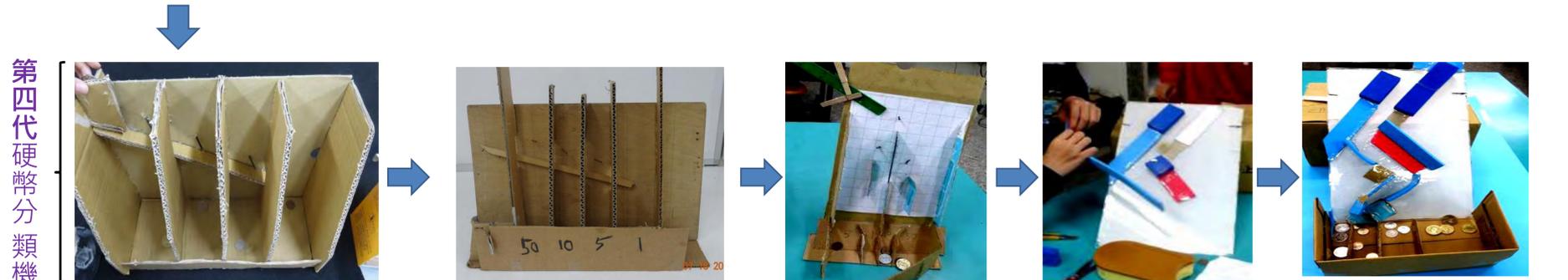
隨手迷你延伸版 ← 計數器塑膠試管或圓筒 ← 終端計總計數器由刻度算出總數 ← 圓盤旋轉延伸版



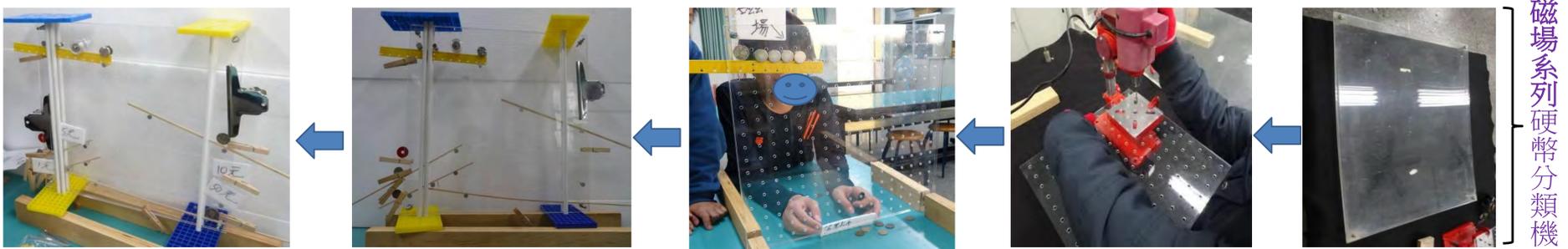
小紙板割出像硬幣大小的圓 → 第二代設計圖 → 分類機俯視圖 → 加上計數器塑膠試管 → 測試的結果



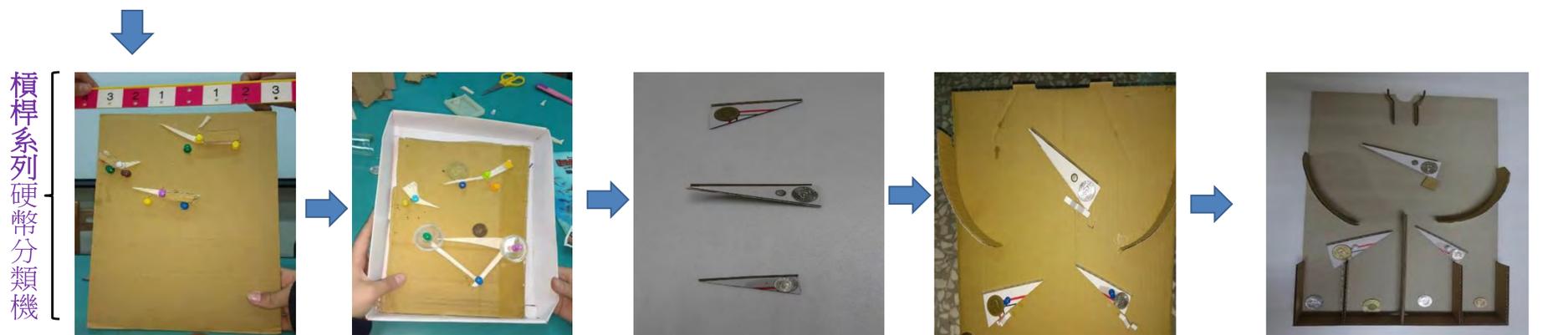
土石流VS攔砂壩版 ← 第三代分類機成品 ← 測試角度關係折線圖 ← 斜坡角度關係測試 ← 圓孔進化為方孔



財源滾滾彈出版 → 第四代改良版 → 第四代延伸測試版 → 再改造測試版 → 第四代延伸版完成



磁場魔力版測試成功 ← 兩側不同的分類區隔空間 ← 測試受磁鐵影響下的落點 ← 使用小鑽台鑽孔 ← 回收海報壓克力展板



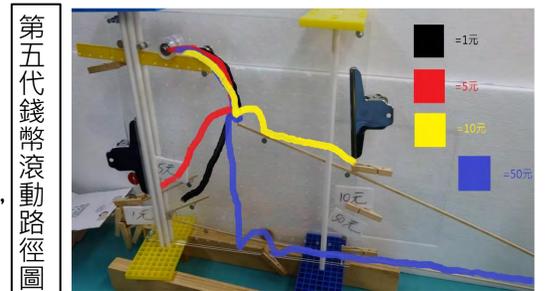
槓桿測試版一 → 槓桿測試版二 → 各幣值翹翹板平衡桿 → 再調整測試 → 槓桿平衡版測試完成

## 伍 研究結果與討論

- 一、流水作用系列第一代**手搖洞洞版**硬幣分類機，包括二種延伸版都能藉由**手動**操作**正確無誤百分之百**地分類出**不同幣值**的新臺幣硬幣，不管是真錢(金屬材質)或假錢(塑膠兒童教具)都能經過我們設計篩選過濾板分類到不同層次的回收分類紙盒中。
- 二、流水系列第二代**一個蘿蔔一個坑版**硬幣分類機根據第一代**圓盤延伸版**的下層圓盤不同篩選孔洞的原理，進行下列的過程設計製作第二代，讓硬幣投入就會自動被篩選分類。測試的結果(右圖)可以看出在斜坡角度30~35度時，1元可以達到**九成**以上的準確率，五元和10元可以達到**八成**以上的準確率，50元可以達到**七成**以上的準確率。
- 三、流水系列第三代**土石流VS攔砂壩版**的硬幣分類機用**長方形篩選孔**替代**圓形孔洞**，並作實驗探究並且找到了適合的**下滑斜坡角度**。測試的結果發現各種幣值斜坡角度**35°**時都能達到將近**百分之九十五**或以上的準確率；在25°之前滑不動和45°之後太快而不能分類。雖然這是將作品挑選並一再調整的結果，但也證明**第三代硬幣分類機**是一個**具有自製可行性的成熟性作品**。
- 四、流水系列第四代**財源滾滾彈出版**硬幣分類機**不採用**前三代的孔徑都是用**大於**圓面積直徑長度，這次卻是相反用**小於**圓面積直徑長度來達成分類目的。在斜坡角度、阻擋桿與斜坡間隙大小與阻擋桿的傾斜角度的**調整**都有一定的**難度**，但對喜好接受挑戰與研究的國小中高年級學童，認為這**財源滾滾彈出版**是**心中夢幻機種也是最強的一個版本**，因為其**百分之百**的**準確率**與彈出飛瀉而下的一刻的視覺效果，真是有趣又令人興奮。**河流彎彎延伸版**更應用了流水作用中的**凹岸與凸岸**的沖刷現象。測試的結果發現各種幣值只能達到將近百分之約四十五到八十的準確率，加上**入門門檻不低**，要用**環保素材**製作的能很**準確分類**硬幣很**困難**，但像真性及視覺趣味性很能吸引大家的目光。
- 五、**磁場系列**硬幣分類機是因緣際會在自然課上到**電與磁**，課文和實驗中談到金屬鐵棒與電圈磁化效應與磁浮列車，我們便想到硬幣的**不同金屬合金**在**磁場**中不知道會不會受到不同的影響，便製成這系列(如右圖)，測試的結果可以看出，1元可以達到**百分之九十九**以上的準確率，5元和10元可以達到**八成**以上的準確率，50元可以達到**百分之百**的準確率。
- 六、**槓桿系列**硬幣分類機是自然課又接著上**槓桿原理**，我們想讓讓零錢在玩翹翹板和彈珠台下的產物。其效果與發展性還不錯，只是感覺它的**功能實用性不高**，很浪費時間又不能處理大數量的錢幣。測試後發現硬幣分類準確率除了50元有超過**百分之八十**以上，其他5元則是**百分之七十八**，1元和10元更不到**百分之五十**它具有第三代的**入門門檻低**，包括材料取得、製作技術以及原理理解，都非常**大眾普及化**的特性，所以算是一個**具有自製可行性的發展性作品**。

角度	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1元	0	0	92	94	0	0	0
5元	0	0	84	88	0	0	0
10元	0	0	81	86	0	0	0
50元	0	0	71	78	0	0	0

特性	技術門檻	平均分類準確率	自製可行性	評論	
版本					
流水作用系列	手搖洞洞版	最低	100%	高	易上手入門版
	一個蘿蔔一個坑版	低	±80%	高	入門基礎版
	攔砂壩VS土石流版	低	95%以上	中高	成熟機械自動版
	財源滾滾彈出版	低	100%	高	夢幻快、狠、準版
	河流彎彎延伸版	高	66%	中等	值得探索潛力版
磁場系列	磁場魔力版	高	93.5%	低	神奇磁力創意版
槓桿系列	財務槓桿平衡版(硬幣玩跳板彈珠台版)	高	60%	中低	值得一再挑戰版



## 陸 討論、結論

- 一、經由不同分類機的探索及實作，我們發現應用日常**學校**各項**回收資源**製作出的分類機已具備市面上販售分類機之功能，應用層面已**夠一般家庭及個人使用**。而其中各系列之應用之原理更直追商用機所應用的功能原理。
- 二、在製作各代分類機之**推演過程**，剛好和所上之**自然課程**的單元中所教的**流水作用**，**凹岸、凸岸侵蝕、堆積作用及地震、土石流現象**，接下來的**電磁效應及最後的槓桿及輪軸原理**，都一一應用在我們的**設計**及**參考數據**及資料上，在同學和師長討論和請教的過程中，能適時地**學以致用及印證剛學的原理及實驗**，讓我們立刻體會到**從做中學**，教學相長的深刻體認，真是又興奮又感動。另一方面也讓我們知道硬幣的各種特性，包括**圓面積、厚度、合金材質、重量體積**都是可造成被**分類的因素**，這更證明了我們自然課學到的**植物分類**依照它的葉子及其他**特性分成不同屬或不同科**的道理是一樣的。
- 三、所有的分類機中，**財源滾滾彈出版**是大家公認**最具自製可行性**且容易瞭解分類原理的實用機組，加上**最高準率的分類能力**，確實是本研究自製分類機中各方面最接近市售產品的一代。所以是**最適合學生用來學習與自行製作探討**並可生動有趣**解決**家中的**零錢處理問題**。
- 四、最後則測試各種不同的硬幣分類機的效果，並結合此期間相互印證了解，提供未來師生教學與製作之參考與建議。而完成本研究後，也不只具備了**分類機原理、探索和測試經驗的相關知識與技能**，更對自然課所上的各項原理、實驗探究的更深更廣。
- 五、學校二十年來**可回收再利用的素材**不再是常見的那幾類，而是五花八門、目不暇給，也讓我們見識到了如果再讓這些東西再**發揮第二次的利用**在**學習及教育研究**上真令人高興，也為**環保**盡一份心力。
- 六、綜合以上各點，我們**驗證了**在國小階段具備了**自製環保硬幣分類機的可行性**，並將此**研究結果**納入本校配合未來**新課綱**的自行研發的自然科領域的**校訂課程**預定方案、使本校學童都能再次體驗及學習到本團隊一路走來的點點滴滴，也讓**美好傳承**在這裏開花結果。

## 柒 未來展望

- 一、**任何系列版本**的製作過程中的各項數據及結構或架構組織都可作為未來我們邁入**3D列印學習**或實作中的先備資料及各項依據，而自製成品的**可行性**與**準確率**將會更加**精確**。
- 二、各**系列版本**將根據其特有的**精神與原理**再加以**探究和調整**，必要時將**不同系列**在**不同階段**組合成**分類團隊**，包括使用不同的回收環保材料的實用性與多樣性，相信**自製的可行性**與**準確率**及各種**創意變化**將是可以**期待**的。
- 三、每一代分類機**最後化零為整**的**計算總數**的部份是我們最想要再挑戰的**後續研究**部份，如何將我們的累積刻度圓筒巧妙地結合在各代中，讓所有零錢的**總數**不用**再計算**就可**一目瞭然**是我們未來**努力的目標**。

## 捌 參考資料

- 1.南一自然課本6上[第3、4單元] 6下[第1單元]
- 2.全國中小學科展-滾滾滾-滾出道理和應用(科展群傑廳)
- 3.全國中小學科展-公車硬幣辨識機(科展群傑廳)
- 4.全國中小學科展-偽幣測試機(科展群傑廳)
- 5.Magnet Coin Sorter 取自<https://www.youtube.com/watch?v=yxTucMqmWI4>