

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

第一名

080836

神奇的哆啦 a 夢手~自製負壓式夾具之研究

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

作者：	指導老師：
小五 王柏鈞	陳佳宜
小五 官柏安	張 慎
小五 林丞晞	
小五 徐啟睿	
小六 徐宗德	

關鍵詞：負壓、夾具

得獎感言

我愛科展，擁抱科學不間斷~

「恭喜第一名!080836 臺北市私立復興小學，神奇的哆啦 a 夢手…」，當主持人唱名到我們參賽編號的那一剎那，大家都興奮得跳了起來瘋狂尖叫，這當中混合了我們的驚訝和興奮，到現在還不敢相信，這一切是那麼夢幻又真實。回想過去這將一年的努力，充滿喜怒哀樂、未知、挫折，心情像洗三溫暖一般，但這一切回想起來都變的非常甜美。

看到家中的爺爺、奶奶因為行動不便一方面要使用拐杖，一方面又不容易彎下腰撿地上的東西，因此我們想發明一支具有夾爪功能的拐杖，來幫助他們。研究過程中我們也邀請許多爺爺、奶奶試用，透過聆聽他們的使用感受，進一步改善拐杖夾具的功能性與方便性，期盼能夠更符合他們的實際需求，在眾多試用者中有一位 86 歲的老奶奶，她最令我們印象深刻了，當聽到她試用後愉悅的說出『感覺非常好！』，著實給我們團隊的五位小夥伴滿滿的鼓勵……雖然這只是短短的五個字，卻感覺到自己的想法有機會透過行動，來幫助到他們，內心真是充滿了喜悅與成就感！

在研究與改良的過程中，老師教導我們畫心智圖和研究流程圖來做發想，引發更多的創意及歸納我們的思緒，我們也不斷挑戰自己：我們這夾具有多好？最大可以乘載多少？我們做了很多定量的實驗，也查了好多的資料知道老人可以承受的握力等等…。科學是講求數據的，這讓我們學會了如何對數據去做科學的分析，並讓數據來說話。過程中不但讓我們更深一層的認識科學，更學習到科學家應該有的態度與精神。除此之外，我們也深刻的了解到團隊精神的重要性，在與隊友的緊密互助合作下，最後，終於能夠得到評審老師的認可與大會的肯定。

這次科展行程中，從校內選拔到臺北市、全國大賽可說是一路驚心膽戰、過關斬將，高潮迭起。在整個研究過程中有許多令我們困擾的問題，例如：內容物污染拔罐器、長時間形成壓力損失的問題，以及第五代收折的設計，甚至於比賽當下安檢問題的突發狀況等，但我們始終沒有放棄，反而持續努力，甚至遇到各種突發狀況我們都臨危不亂，當下團隊合作無間，臨場反應解決問題的能力展露無遺，感謝平時老師的教導有方和團隊多日來研究精神與默契培養的成果，因為這樣我們才能走到今天這一步。

這五天的全國科展之旅，與隊友們一起生活，一起努力，一起比賽，一起歡笑，一起如願的贏得全國第一名的肯定，真是太開心了！這一切都要感謝老師的辛苦指導以及父母親的支持，一路不辭辛勞的陪伴著我們走到 56 屆全國中小學科展，這歷久而彌新的科學殿堂，不但讓我們這群小小科學家增長了新知識，也得到了比得獎還要珍貴的經驗以及友情。

這真是一趟令我終身難忘的科學之旅！

也是今夏最美麗的收穫！

我愛科展，我要擁抱科學、不間斷的汲取科學新知識！



優美校園裡，默契一級棒的團隊！

摘要

本研究利用負壓原理自製一個輔助夾具，我們使用手動拔罐器產生吸力，在氣球及其內部裝入內容物製作成夾球，再將拔罐器與夾球結合，成功地製作出一負壓式夾具來夾取物品。實驗中探討夾球內內容物的粒度、重量、硬度、體積..等各項物理性質，進而設計夾具構造及功能，從實驗中我們得知夾取效果最好的夾球內容物為咖啡粉(粒度 0.71~2 mm)，為了因應實際使用需求，不斷改良最後成功研發出第五代夾具--『阿哆手 5 號-多功能可折式拐杖夾具』，阿哆手 5 號，攜帶方便且重量輕，能夾取絕大多數物品，它成功地幫助不方便彎腰拿取物品的人。

壹、研究動機

記得有一次到同學家中，同學奶奶出來招呼我們，手上剛好拿著眼鏡，突然掉到地上，奶奶想蹲下來撿時，膝蓋突然彎不下來，差點跌倒，我們趕緊上去扶著奶奶，慈祥的奶奶痛苦的彎腰的景象讓我們好想發明一個好用的輔助夾爪，幫助老爺爺和老奶奶撿地上的物品時，能安全又不費力的撿起來。於是，我們訪問家中長輩的需求，一起討論並開始進行我們的實驗。

(本作品與教材相關性：南一版 5 下單元四：力與運動；6 下單元一：巧妙的施力工具)

貳、研究目的

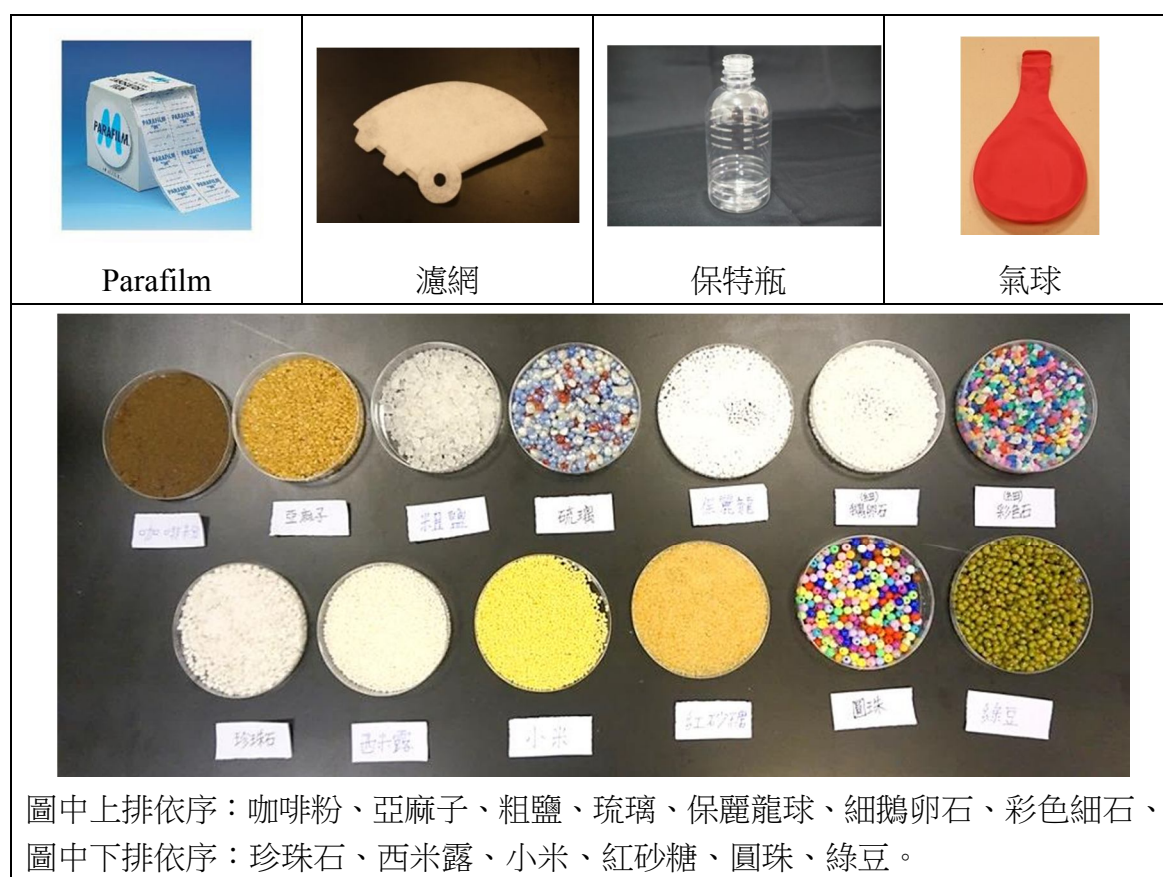
- 一、利用簡單的負壓式夾球原理製作負壓式夾具，並設計最適當的構造。
- 二、探討內容物的『重量』、『粒度』、『硬度』、氣球內的『空氣佔有率』、被夾物的『重量』、『表面型態』與夾取效果關係。
- 三、研究最適合的內容物材料。
- 四、將研究過程中遇到的困難突破，有效增加夾具耐用度。
- 五、根據使用需求面，將此裝置設計成實用的『拐杖夾具』，讓它能適用於夾起各種形狀物品，操作簡單又方便。

參、研究設備及器材

一、抽氣動力



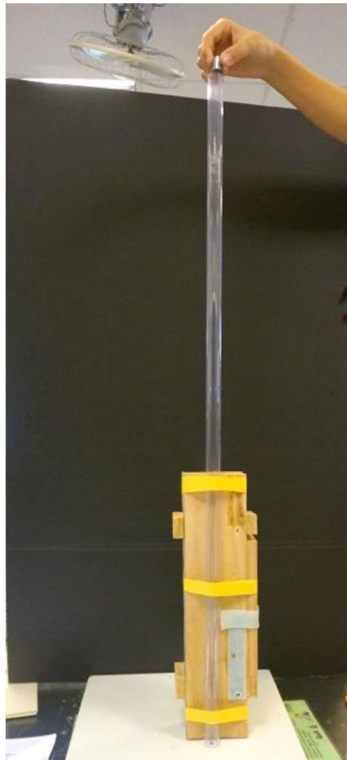
二、實驗器材(夾球製作)



三、一般器材

玩具夾手	馬桶吸盤	真空收納袋	棉被	各種被夾物
量杯	木片	砝碼	剪刀	美工刀
線鋸	熱融膠槍	針筒	膠帶	止洩帶
電動雕刻刀	漏斗	咖啡原豆	磨豆機	各級篩網
細塑膠軟管	透明塑膠管	化妝瓶罐	迴紋針	塞子
濾紙(6μm)	車用潤滑油	橡膠軟管	管鎖緊環	

四、自製實驗器材



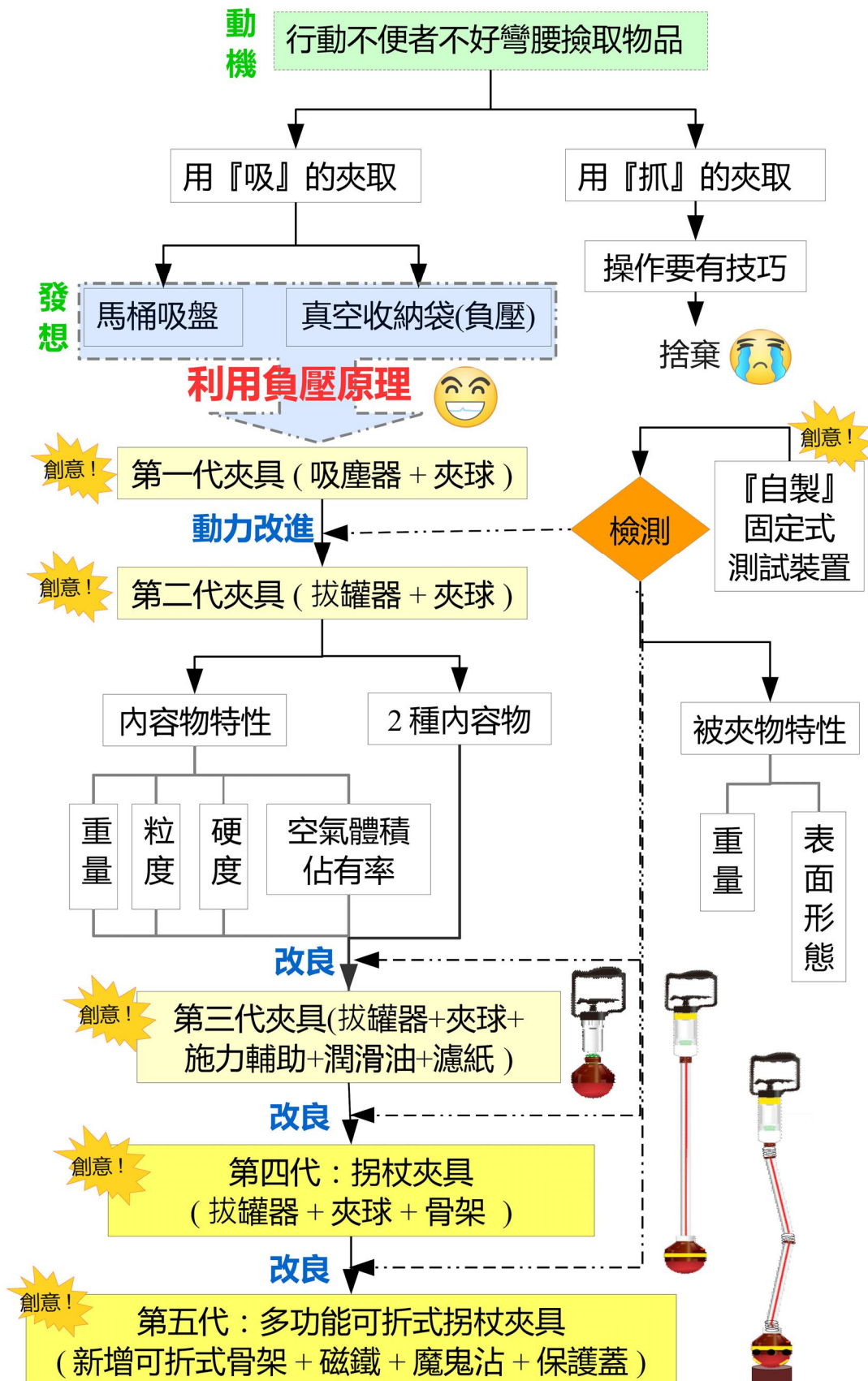
自製落下式硬度測試器



自製固定式測試裝置

肆、研究過程或方法

一、研究流程圖

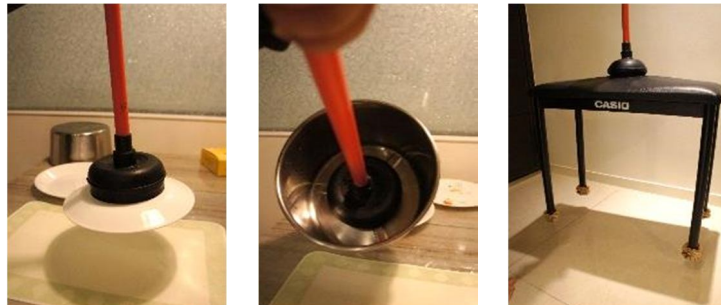


二、研究構思

(一) 初始發想

問題一：甚麼東西可以幫助吸起或夾起物品？

發想/嘗試：有同學想到用馬桶吸盤(可以吸起盤子、鍋子、椅子) → 發現它是把內部空氣擠壓出，但是這種方式很費力。



心得：需要在一個封閉空間把部分空氣弄出才可吸取物品。



問題二：類似馬桶吸盤功能但較不費力？

發想/嘗試：利用真空收納袋(可以夾住筆) → 用抽氣筒把袋子內部空氣抽走，袋子變硬類似固化，於是就可以牢牢夾住物品 → 再試著用吸塵器縮短抽氣時間。

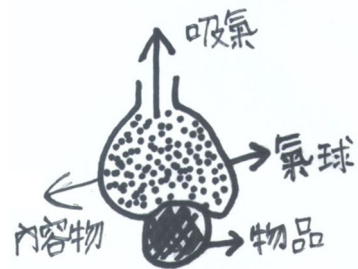


心得：哇！真的可以用塑膠袋當做密閉空間，並用抽氣筒抽出空氣，在袋子變硬時同時夾住物品，詢後老師後，老師說這是『負壓』的原裡。



問題三：如何設計用負壓式原理夾物品？

發想/嘗試：利用氣球當密閉空間，裡面裝一些物品，再使用抽氣工具抽走氣球內空氣後外觀立刻變硬，就能夾取物品。



三、第一代夾具：『阿哆手 1 號』

(一) 夾具製作：抽氣動力(吸塵器)+夾球(氣球+綠豆)

		
步驟(1).準備材料	步驟(2).氣球穿過寶特瓶漏斗	步驟(3). 將氣球翻面
		
步驟(4).加入內容物(綠豆)	步驟(5).內容物裝至剛好滿	步驟(6).準備濾網跟膠布
		
步驟(7).將濾網塞入後黏好	步驟(8).夾球完成品	步驟(9).接上吸塵器

(二) 夾具效果

如下圖，先將夾球壓在物品上，打開吸塵器後便可夾起原子筆、橡皮擦、美工刀等。吸塵器一關掉後被夾物品就會掉落。

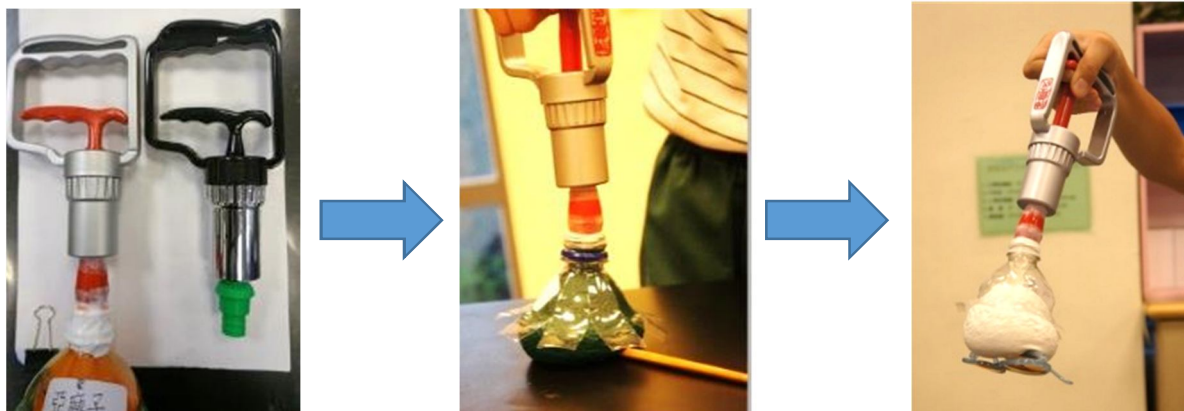


(三) 心得

我們成功地製作出第一代夾具，**大家覺得夾球的外型看起來很像哆啦 a 夢的手，因此我們稱它做『阿哆手 1 號』**。『阿哆手 1 號』中的吸塵器可以持續抽氣，夾取物品效果好，但我們覺得**缺點是耗電、噪音、體積大攜帶不方便**。因此不符合實際需求面，抽氣動力得重新考慮。

四、第二代夾具：『阿哆手 2 號』

製作過程如同『阿哆手 1 號』，為了縮小體積及增加方便性，我們把抽氣動力改成手動的拔罐器(如下三圖)，並在氣球內使用 13 種內容物測試夾取效果，設計以下各實驗。



選擇夾球內最適當的內容物材料

(一) 夾球內『不同內容物』夾取『不同被夾物』的效果測試

1. 實驗方法與過程：

(1) 裝置說明：

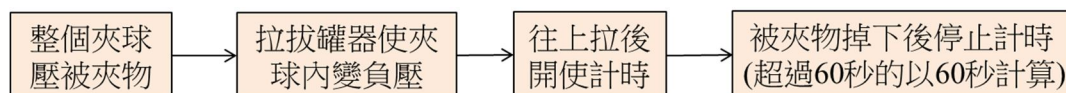
(1-1)內容物有 13 種：鵝卵石、彩色石、圓珠、綠豆、琉璃、保麗龍、小米、砂糖、咖啡粉、亞麻子、粗鹽、珍珠石、西米露。

(1-2)內容物分別裝滿至氣球內的固定位置，剛好在瓶蓋下緣處。裝了 13 種內容物的各個夾球從外觀檢查體積要一樣。

(1-3)手動拔罐器與氣球的接點內要先纏止洩帶，外面再纏 Parafilm 來避免空氣洩漏以延長負壓時間。

(1-4)詢問家中爺爺奶奶的常用物品後，選用 12 種被夾物做實驗。

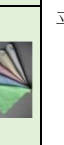
(2) 操作流程說明：



2. 初步結果：

根據表. 1，內容物效果前四名依序是：珍珠石、咖啡粉、西米露、保麗龍；被夾物中，牙線盒最好夾，紙鈔及眼鏡布夾不起來。

表. 1 13 種內容物測試對 12 種被夾物可夾取的秒數

被夾物 內容物	眼鏡	原子筆	湯匙	藥膏	牙刷	梳子	髮夾	牙線盒	水杯	筷子	紙鈔	眼鏡布	平均 (s)	排名
														
咖啡粉	26.7	60.0	15.9	13.9	18.3	16.5	60.0	60.0	55.7	16.1	0	0	34.3	2
保利龍	16.5	28.5	10.8	13.8	42.5	26.9	28.5	19.8	6.5	16.5	0	0	21.0	4
紅砂糖	7.7	11.4	4.8	10.9	6.3	6.3	12.4	9.3	5.8	3.6	0	0	7.9	6
粗鹽	2.6	5.0	2.3	3.0	1.7	2.0	5.3	9.0	3.0	1.8	0	0	3.6	8
小米	17.1	13.9	17.6	10.9	18.7	7.7	7.9	12.1	9.0	16.8	0	0	13.2	5
綠豆	7.0	8.6	4.5	5.4	5.3	3.9	2.2	8.6	3.9	5.0	0	0	5.4	7
西米露	13.3	13.0	15.8	14.5	16.7	18.1	49.5	60.0	17.8	5.8	0	0	22.5	3
亞麻籽	1.8	1.2	0.6	5.1	0.0	1.8	3.0	3.2	2.7	0.0	0	0	1.9	11
鵝卵石	4.3	1.7	0.2	3.9	3.4	2.0	7.2	3.7	1.9	3.5	0	0	3.2	9
珍珠石	26.6	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	16.4	38.3	0	0	50.1	1
琉璃	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	2.2	2.5	0.0	0.0	0	0	0.8	13
彩細石	1.9	1.7	0.9	1.4	1.6	1.6	2.0	2.1	1.4	0.0	0	0	1.5	12
圓珠	1.4	1.4	1.7	1.0	1.2	3.1	2.7	6.5	3.1	2.2	0	0	2.4	10
平均(s)	9.9	15.9	10.4	11.2	13.5	11.5	18.7	19.8	9.8	8.4	0	0		
排名	8	3	7	6	4	5	2	1	9	10	無法夾起			

(二) 探討內容物及被夾物的『重量』與夾取效果關係

1. 實驗方法與過程：

- (1) 利用電子天秤逐一秤出夾球內容物和被夾物的重量。
- (2) 製作長條圖，比較內容物和被夾物的重量與夾取效果關係。

2. 初步結果：

根據表.2，內容物中鵝卵石最重，珍珠石最輕；被夾物是湯匙最重，紙鈔最輕。

表. 2 13 種內容物及 10 種被夾物重量統計

內容物	咖啡粉	保利龍	紅砂糖	粗鹽	小米	綠豆	西米露	亞麻籽	鵝卵石	珍珠石	琉璃	彩細石	圓珠
重量(g)	112.8	24.6	195.8	267.2	175.6	177.3	181.4	161.3	384.5	37.8	348.5	292.8	150.7
被夾物	眼鏡	原子筆	湯匙	藥膏	牙刷	梳子	髮夾	牙線盒	水杯	筷子	紙鈔	眼鏡布	
重量(g)	13.5	7.2	56.1	7.2	14.4	14.0	1.3	6.6	9.8	7.0	1.0	4.5	

(三) 探討內容物『粒度』大小與夾取效果關係

1. 實驗方法與過程：

- (1) 利用游標尺測量各內容物粒度大小，如圖.1，記錄其最大直徑作為粒度。
- (2) 測試 13 種內容物材料，每種測 5 顆後取平均。
- (3) 比較內容物粒度與夾取效果關係。

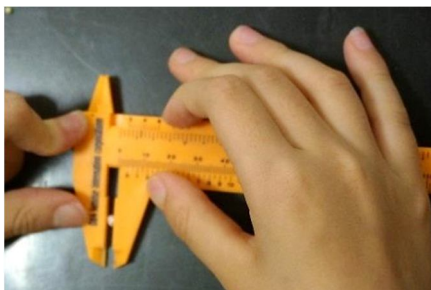


圖. 1 游標尺測量粒度

2. 初步結果：

根據表.3，發現粒度最大的是琉璃，最小的是咖啡粉，而珍珠石容易碎裂所以粒度差距很大，從 0.06~5.6mm 都有。

表. 3 13 種內容物的粒度(由大到小排列)

內容物	珍珠石	琉璃	彩色細石	亞麻子	圓珠	細鵝卵石	綠豆	小米	保麗龍	粗鹽	西米露	紅砂糖	咖啡粉
粒度(mm)	0.06~5.6	4.8	4.6	4.6	4.0	3.8	3.6	2.4	2.4	2.2	2.2	1.4	0.6

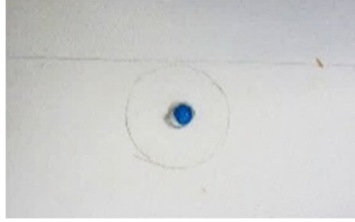
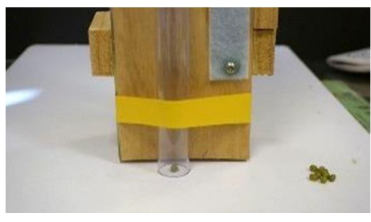
(四) 探討內容物『硬度』與夾取效果關係

1. 實驗方法與過程：

步驟(1). 自製硬度測試實驗器材：

材料包含 PVC 透明水管、數片木板、鐵釘，將一 PVC 透明水管垂直固定於木板中。最後準備一片白色木板放在硬度測試器材下當成底座。



 步驟(2). 畫兩個同心圓於白色木板上，一個以綠豆大小畫於中間。	 步驟(3). 以一個十元硬幣大小畫外圈，並畫一水平線作為放置器材的基準線。	 步驟(4). 依序進行 13 樣內容物之硬度測試。圖中為將綠豆放置於中心小圓中。
 步驟(5). 拿取 20 克砝碼，由 PVC 透明水管最頂端往下丟，砝碼壓碎內容物。	 步驟(6). 觀察其壓碎的狀態。	 步驟(7). 觀察並記錄 13 種內容物的碎裂狀態。

2. 初步結果：

測試結果如圖. 2。觀察到琉璃和圓珠完好如初，保麗龍球不會碎裂但是被壓扁了。由於硬度越小(大)的材料，碎裂的顆粒越細(大)，所以其餘的材料依破碎裂的顆粒由大至小依序是：小米、西米露、彩細石、綠豆、亞麻子、粗鹽、紅砂糖、咖啡粉、鵝卵石、珍珠石。因此，小米硬度最大，珍珠石硬度最小。

												
咖啡粉	保利龍	紅砂糖	粗鹽	小米	綠豆	西米露	亞麻籽	鵝卵石	珍珠石	琉璃	彩細石	圓珠

圖. 2. 內容物材料硬度測試結果(照片中號碼為編號，非硬度排序)

五、第三代夾具『阿哆手 3 號』

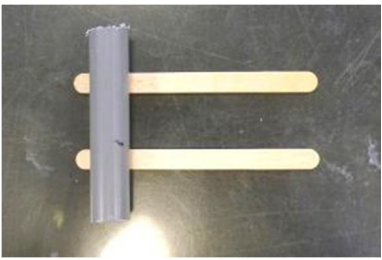
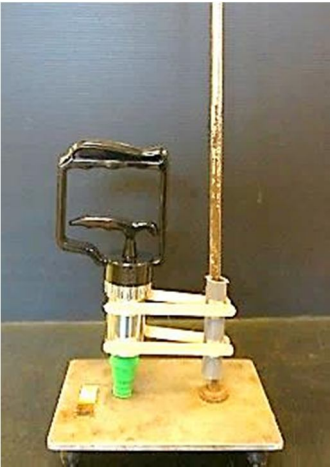
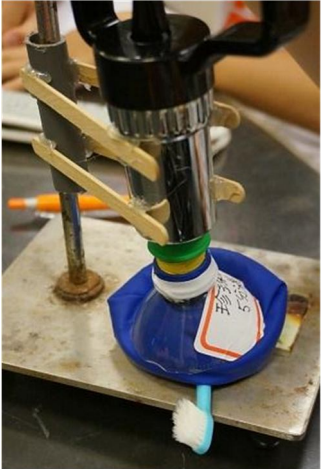
為了提升夾取測試的準確度來降低夾取實驗的誤差，我們自製一個『固定式測試裝置』

另外，在進行多次實驗後，發現夾具會隨著使用次數增加抽氣效果會變差、拔罐器抓久後手會痠等問題，我們以『阿哆手 2 號』中最佳內容物-珍珠石來進行這些問題研究與解決。

最佳內容物延伸特性探討

(一) 製作固定式測試裝置

1. 實驗方法與過程：

		
(1) 準備 PVC 管(管徑約比實驗鐵架稍寬)及數片木棒。	(2) 使用熱熔膠把 PVC 管及木棒固定到拔罐器上。	(3) 拔罐器改裝完成品。
		
(4) 將拔罐器改裝品放置在實驗鐵架內，讓它可以上下移動，成為『固定式測試裝置』	(5) 統一夾取方式(一)：壓制被夾物。	(6) 統一夾取方式(二)：各種被夾物夾取後皆拉到相同高度。

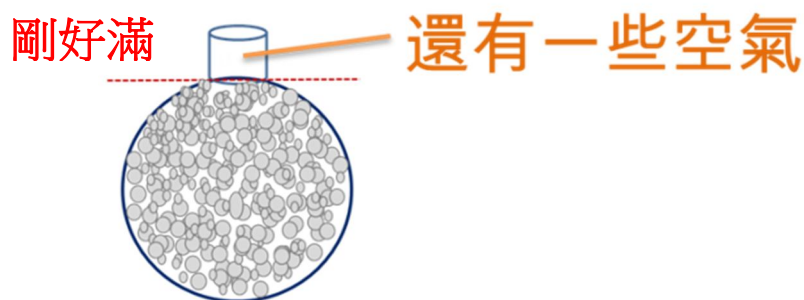
2. 初步結果：

固定每個測試者的夾起高度、角度可以有效降低每次實驗的誤差。

(二) 探討氣球內『空氣佔有率』與夾取效果關係

1. 實驗方法與過程：

- (1) 將珍珠石分別用燒杯裝至約 200 mL、150 mL、100 mL、50 mL 刻度，再分別倒入氣球中，可區分為：剛好滿、75%滿、50%滿、25%滿。



- (2) 使用『固定式測試裝置』實驗。
- (3) 夾取：筆、牙刷、牙線盒、筷子。每組實驗 3 次取平均。

2. 初步結果：

- (1) 根據表. 4，內容物裝剛好滿的夾取效果最佳，裝 75%滿的夾筷子效果不佳，裝 50%和 25%滿的都無法有效長時間夾物。因此從這四種比例中得知氣球內空氣佔有率要低(表示內容物裝剛好滿)才能提升夾取效果。

表. 4 氣球內的內容物體積與可夾取秒數的關係

可夾取秒數(s)				
被夾物 內容物體積	筆	牙刷	牙線盒	筷子
剛好滿	26.6	60.0	60.0	38.3
75%滿	56.0	52.6	60.0	1.0
50%滿	13.2	5.1	8.3	2.8
25%滿	3.0	1.8	7.1	0.0

(三) 探討氣球內的空氣佔有率與『可抽走氣體量』關係

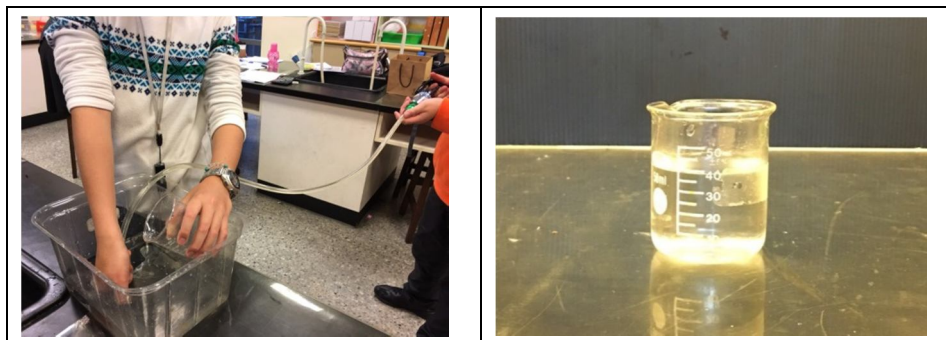
1. 實驗方法與過程：

- (1) 在氣球內裝珍珠石剛好滿、75%滿、50%滿、25%滿。
- (2) 利用阿基米得原理量測不規則物的體積，我們分別在抽氣前及抽氣後將整個氣球浸入滿水位的大燒杯中，壓至寶特瓶口的位置，紀錄溢出的水量，將這兩個體積數據相減便可得到各個氣球的氣體被抽走量。

(3) 量測拔罐器內可被抽走氣體量：

(3-1)將拔罐器連接細管吸水，量測抽氣後可被抽起的水的體積，見下圖所示。得知抽氣量約為 40 mL。

(3-2)拆開拔罐器，將水加至拔罐器拉起後的高度，並量測水的體積，也得到約 40 mL。



2. 初步結果：

根據表. 5，四種內容物容量的氣球在抽氣前與抽氣後的體積與其裝入的容量成正比，但可被抽走的體積以 50%滿的氣球最多(31 mL)，其餘的只有 11~15 mL 之間。與拔罐器可抽走氣體量(40 mL)比較，在沒有氣體外洩的前提下，得知這四種容量能被抽走的量都小於 40 mL，表示氣球內的空氣大部分都被抽光，內容物顆粒間都趨於緊繃，都有良好的類似固化效果。但根據表. 5 中的『A.抽氣前體積』，可推測因為氣球本身有彈性，當容量裝越多時，體積越容易被撐開，因此抽氣前體積大的在抽氣後體積也大，反之，抽氣前體積小的抽氣後體積也小。接著，**比較『探討氣球內空氣佔有率與夾取效果關係』實驗**，我們只能解釋在內容物裝剛好滿的情況下，由於氣球材料本身具有彈性的緣故，其外型最容易包覆整個被夾物，所以夾取效果最佳，並非跟可抽走氣體量有關。因此，本實驗氣球內的空氣佔有率與『可抽走氣體量』沒有直接關係。

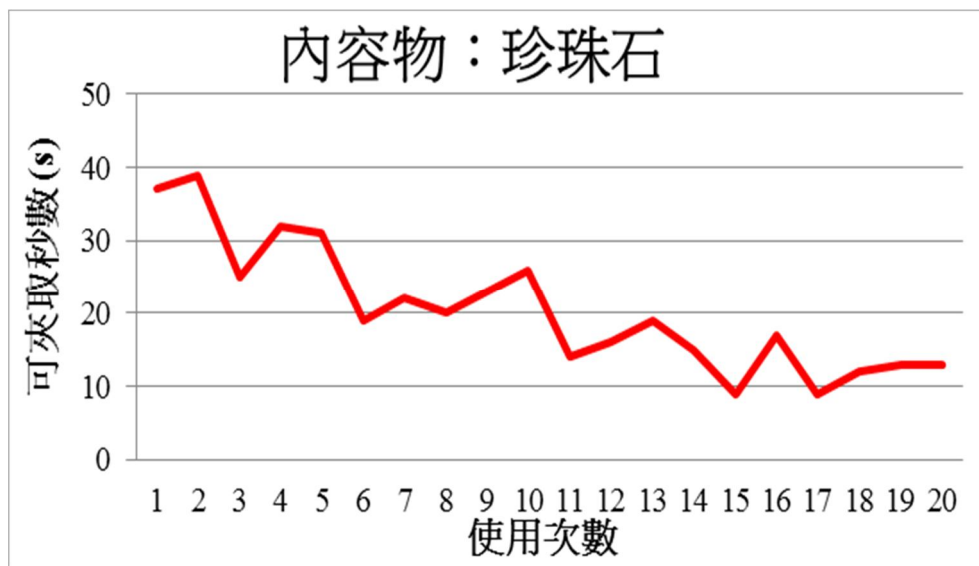
表. 5 氣球內的氣體佔有率與可抽走氣體量關係

內容物體積 氣球體積(mL)	剛好滿	75%滿	50%滿	25%滿
A.抽氣前體積	188	168	132	88
B.抽氣後體積	173	157	101	76
抽走體積(A-B)	15	11	31	12

(四) 內容物使用珍珠石的耐用度

1. 實驗方法與過程：使用珍珠石重複使用 20 次的夾取效果。
2. 初步結果：如圖.3，隨著使用次數增加，珍珠石的可夾取秒數逐漸下降，表示夾取效果越來越差。於是我們拆解了各個裝置，發現珍珠石的粉塵在抽氣時會汙染拔罐器，大大影響抽氣效果。

圖. 3 珍珠石耐用度測試



(五) 探討『二種內容物』與夾取效果關係

根據『內容物使用珍珠石的耐用度』實驗，我們認為珍珠石並不適合當作內容物，因為有許多粉塵在抽氣時容易汙染拔罐器，造成負壓效果變差，嚴重影響吸力。也容易堵塞濾網使正壓回復不佳，另外內容物若外洩對呼吸也不好，因此我們討論想使用效果較佳第 2~4 名的內容物來當做夾球的內容物。

1. 實驗方法與過程：
 - (1) 使用效果較佳第 2~4 名的內容物做搭配，實驗分為保麗龍+咖啡粉組及西米露+咖啡粉組。

二種內容物	含量比例	
	保麗龍(%)	咖啡粉(%)
保麗龍+咖啡粉	100	0
	75	25
	50	50
	25	75
	0	100
西米露+咖啡粉	西米露(%)	咖啡粉(%)
	100	0
	75	25
	50	50
	25	75

(2) 使用『固定式測試裝置』夾取牙刷，每種實驗 3 次取平均。

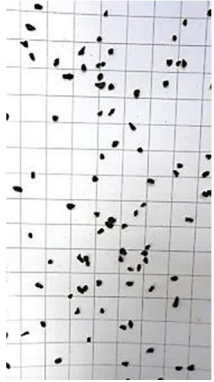
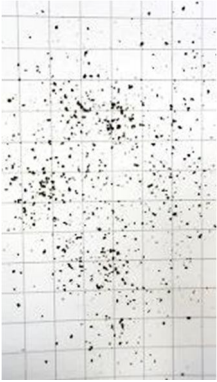
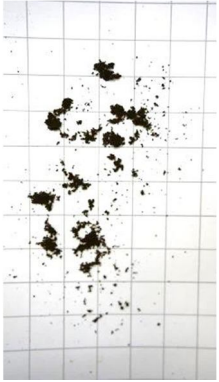
2. 初步結果：

- (1) 實驗過程中再次發現咖啡粉竟然也會汙染拔罐器，嚴重使抽氣效果變差，也很容易堵塞濾網(見下圖)，造成實驗數據不準確。



- (2) **需要改善下列問題：**篩分各種粒度的咖啡粉(見第(3)點)、拔罐器改進及氣球的濾網設計(遇到的困難點與突破中說明)。
- (3) 篩分各種粒度的咖啡粉：內容物夾取效果依序是：咖啡粉(0.6 mm)、保麗龍(2.4 mm)、西米露(2.2 mm)；然而，這種咖啡粉(0.6 mm)是煮過的，因此粒度較細，容易汙染拔罐器。所以我們使用磨豆機重新研磨原豆，再用各級篩網篩分出粒度 0.062~0.35、0.35~0.71、0.71~1.41、1.41~2 mm 的咖啡粉，配合改進過的夾具裝置(見遇到的困難點與突破)選出 0.71~2m 的咖啡粉，這種粒度不會堵塞濾紙，圖文說明見表. 6。

表. 6 咖啡粉各級篩網篩分級測試堵塞濾紙情形

			
步驟(1). 使用磨豆機研磨原豆		步驟(2). 各級篩網(2、1.41、0.71 0.35、0.0062 mm)	步驟(3). 篩分出各種粒度
 1.41~2 mm  	 0.71~1.41 mm  	 0.35~0.71 mm  	 0.062~0.35 mm  
步驟(4). 重複使用 40 次後的濾紙			

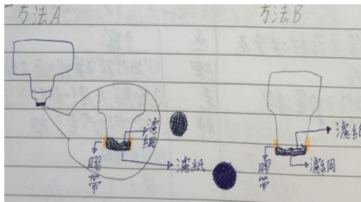
- (4) 以 0.71~2mm 的咖啡粉與保麗龍(2.4 mm)或西米露(2.2 mm)重新實驗決定決定最佳的內容物使用。發現所有比例來夾取筆都超過 60 秒，而夾取 800 g 的鋼杯則是咖啡粉含量越高效果越佳。所以最後選擇 100% 的咖啡粉(0.71~2mm)作為內容物。

遇到的困難點與突破

(一) 第二代夾具裝置改良至第三代

1. 實驗方法與過程：

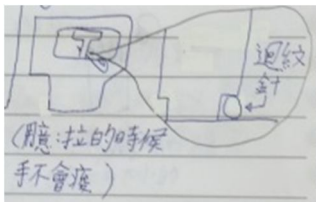
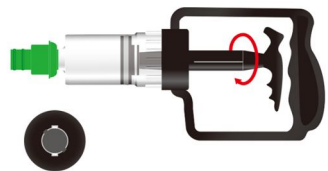
(1) 拔罐器入口過濾→ 克服『細粉堵塞濾網及避免拔罐器被汙染』的問題

			
設計圖	準備材料	橡膠頭內塞濾網外面包濾紙 (孔隙 6 μ m)	膠帶補強固定

(2) 拔罐器內補強潤滑油→ 克服『拔罐器密閉性隨使用次數變差』的問題

	
使用車用潤滑油	將油脂塗抹在拔罐器內的活塞邊緣

(3) 拔罐器拉起後固定→ 克服『每人使用上的誤差』的問題並且更省力

		
設計圖	方法一、 將拔罐器的拉把下緣穿洞，當拔罐器拉起時穿過迴紋針即可固定	方法二、 將將拔罐器的拉把下緣挖深溝，當拔罐器拉到底時向左旋轉即可固定

2. 初步結果：

- (1) 過濾裝置中使用濾紙加強過濾 $>6\mu\text{m}$ 的細粉。
- (2) 在拔罐器內的活塞補強潤滑油，增加裡面的密閉性。
- (3) 將拔罐器的拉把製作成拉起後可固定，使用方法二可有效減少誤差，也很省力。

六、第四代夾具：『阿哆手 4 號』

『阿哆手 3 號』，可成功夾取物品，但是物品若掉至地上，使用者仍須彎腰才能夾取，因此必須加長夾具長度。我們使用最佳的 100% 的咖啡粉(0.71~2mm)，並配合改良後的拔罐器來製作拐杖型夾具。

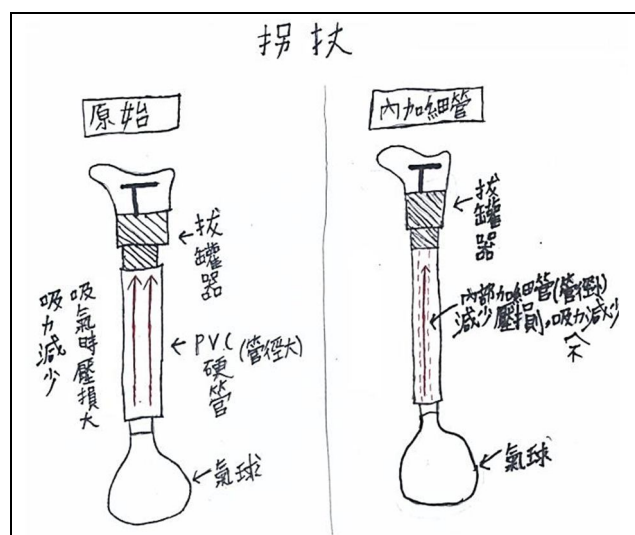
(一) 第四代：拐杖型夾具

1. 實驗方法與過程：

(1) 設計圖：

參考市面上的拐杖約 80 公分長，我們選擇 PVC 管當作拐杖型夾具的骨架，好不容易延長夾具，並連接組裝成功，但實際夾取物品時效果卻變很差。

原來是因為 PVC 管管徑較粗會使得夾球那端抽氣效果變差，**最後我們在 PVC 管裡面增加一個細軟管，成功地減少抽氣力量損失的問題。**



(2) 製作步驟：

(2-1) 新增器材 A. 細塑膠軟管 B. 塞子 C. 氣球固定骨架 D. 套管 E. 透明塑膠管	(2-2) 先將塞子及細塑膠軟管裝入原來的氣球中	(2-3) 另一邊的細塑膠軟管套進氣球固定骨架及透明塑膠管中

		
(2-4) 將氣球固定骨架與氣球卡 緊並補強黃色膠帶	(2-5) 將透明塑膠管中的細塑膠 軟管拉出	(2-6) 透明塑膠管外先裝上套管
		
(2-7) 將細塑膠軟管塞進拔罐器 的橡皮頭內	(2-8) 將剛才裝好的套管向上推 固定拔罐器與透明塑膠管	(2-9) 第四代拐杖型夾具- 阿哆手 4 號 (成功~)

(3) 第四代拐杖型夾具測試：

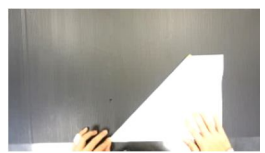
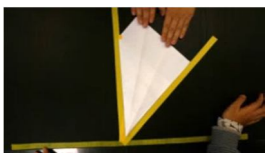
(3-1) 精準度(抓起、放下)：

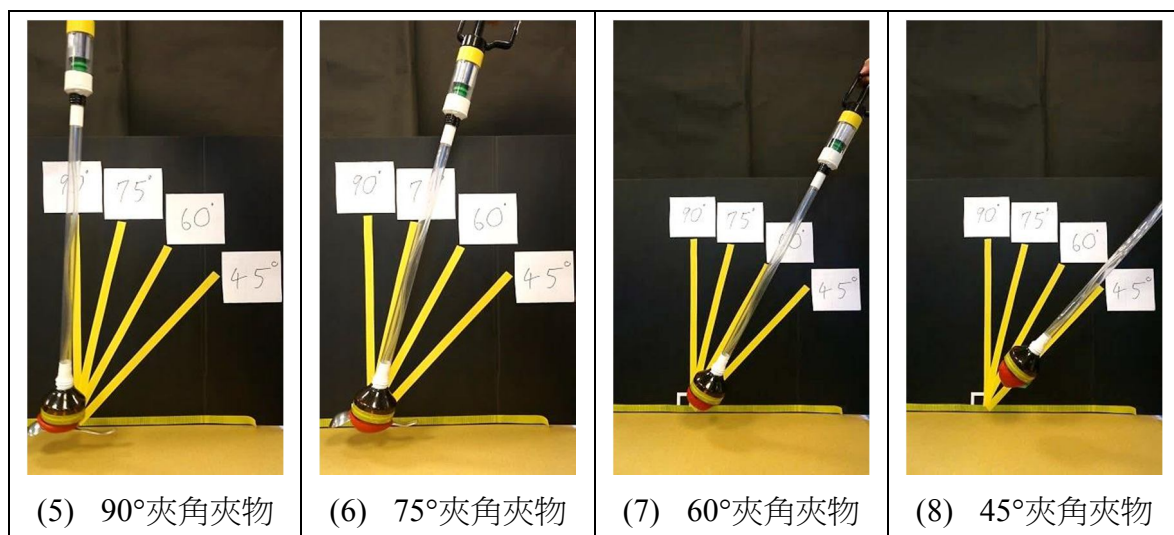
將牙線盒任意放在地面一個直徑 7cm 圓型區域，抓起後放到桌面的另一個直徑 7cm 圓型區域。如下圖，統計重複 20 次的抓起及放下精準度，只要被夾物可在圓形區域內被夾起或就是代表成功。

				
步驟一	步驟二	步驟三	步驟四	步驟五

(3-2)各種角度成功率：

將第四代拐杖夾具以與水平面 90°、75°、60°、45°夾物，測試其成功率。

			
(1) 摺紙做出 90°	(2) 摺紙做出 45°	(3) 摺紙做出 75°	(4) 摺紙做出 60°



(3-3)各種被夾物夾取效果：測試各種被夾物的夾取成功率(每種測 10 次)，並討論被夾物的材質、面積、粗糙程度、起伏、形狀與夾取效果關係。

(3-4)最大抓荷重：利用鋼杯逐漸增加裝砝碼的數量，直到無法夾起該重量超過 10 秒時量測該被夾物重。

(3-5)『平面』被夾物夾取效果：試夾生活中常見的平面被夾物，歸納種類。

(3-6)『平面』物高度可被夾取測試：藉由冰棒棍(長 150 mm×寬 18 mm×高 1.6 mm)由單支堆疊到 5 支來觀察『平面』物體可以被夾的高度。



2. 初步結果：

(1) 精準度：根據表. 7，抓起 100%精準、放下 100%精準。

表. 7 第四代拐杖型夾具精準度測試

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
夾起	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
放下	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(2) 各種角度成功率：根據表.8，90°及 75°成功率 100%、60°成功率 70%、45°成功率 70%。

表.8 第四代拐杖型夾具各種角度成功率

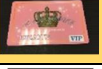
夾取角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
90°	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
75°	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
60°	O	O	O	O	X	O	X	X	O	O
45°	X	X	O	O	O	X	O	O	O	O

(3) 各種被夾物夾取效果：

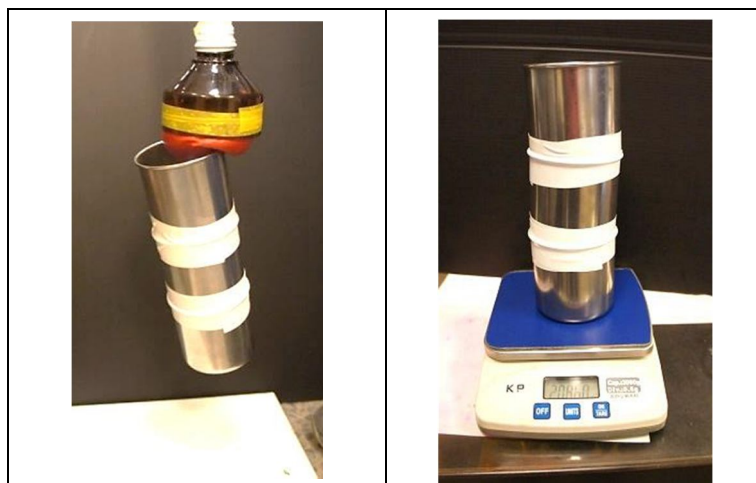
根據表.9，測 10 次各種被夾物的夾取成功率，我們發現容易被夾的物品

共同點有塑膠材質、面積中等、立體形狀的特徵。

表.9 被夾物的表面型態與可被夾取時間關係

被夾物		性質	材質	面積	粗糙度	表面起伏	形狀	夾取成功率
乒乓球			塑膠	小	光滑	曲面	圓球	100%
筆			塑膠	中	光滑	稍有曲線	橫躺的圓柱體	100%
湯匙			不鏽鋼	大	光滑	凹凸不平	彎取	100%
橡皮擦			橡膠	小	略粗糙	平坦	橫躺的長方體	80%
牙刷			塑膠	中	略光滑	有曲線	橫躺的不規則圓柱體	100%
小圓罐			塑膠	小	光滑	平坦	直立的圓柱體	100%
中圓罐			塑膠	中	光滑	平坦	直立的圓柱體	100%
塑膠叉			塑膠	中	光滑	有曲線	橫躺的不規則形狀	90%
小鋼杯			不鏽鋼	大	光滑	平坦	直立的圓柱空心體	100%
眼鏡布			塑料	中	略光滑	平坦	片狀	0%
信用卡			塑膠	中	光滑	平坦	片狀	100%
紙鈔(摺過)			紙漿	大	光滑	平坦	片狀	70%
銅板			金屬	小	光滑	略凹凸面	片狀	30%

(4) 最大抓荷重：2085.0 g。



(5) 『平面』被夾物夾取效果：

無法夾取	紙張、錢幣、紙鈔、手機、塑膠袋、衛生紙、藥、種子、橡皮筋
可夾取	電源線、橡皮擦、彈珠
特殊條件	鑰匙(一整串可夾取，單支無法)、手錶(塑膠可夾取，金屬無法)

整理後發現當物體愈平、愈重或比夾爪的面積大時，大部份都夾不起來；要稍有些表面起伏且整個面積比氣球小才有機會夾起。而被夾物的材質也會影響，像是塑膠手錶可以被夾起來，但金屬手錶卻不行。

(6) 『平面』物高度可被夾取測試：

根據表.，若是利用冰棒棍(115mm×10 mm×1.6mm)的單片寬度來堆疊，至少要四層才能 100%夾取，因此平面被夾物的外型材質相似冰棒棍者，則需高度 6.4 mm 以上才能有效被夾起。

表. 10 『平面』物高度可被夾取測試

項次 堆疊層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
一層	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
二層	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
三層	V	V	X	X	V	V	X	X	X	X
四層	V	V	V	V	V	V	V	X	V	V
五層	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V



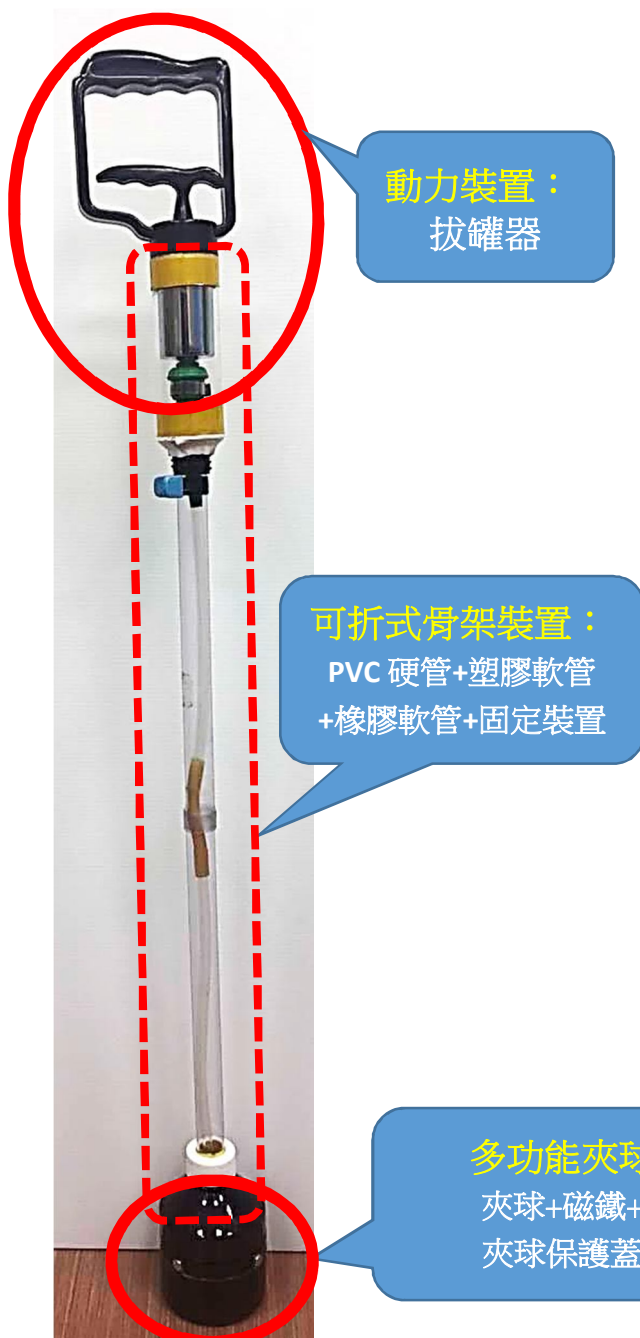
七、第五代夾具：『阿哆手 5 號』

(一) 第五代：多功能可折式拐杖夾具

我們試著想把第四代拐杖型夾具做成可收折，增加收納便利性，並增加夾具本身的功能，例如：增加磁鐵讓磁性物質可被吸取、增加魔鬼沾可黏住部份布料軟性物品、最後設計一個夾球保護罩，當夾具未使用時也可當成一個真正的拐杖。

1. 外型設計：

第五代可折式拐杖夾具*展開*

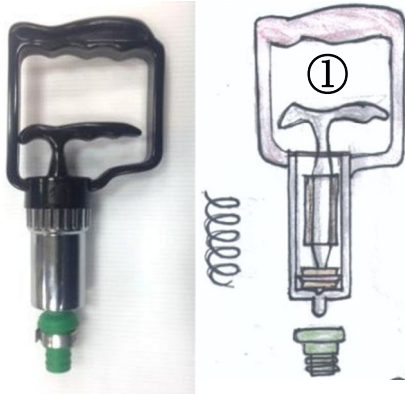


第五代可折式拐杖夾具*收折*



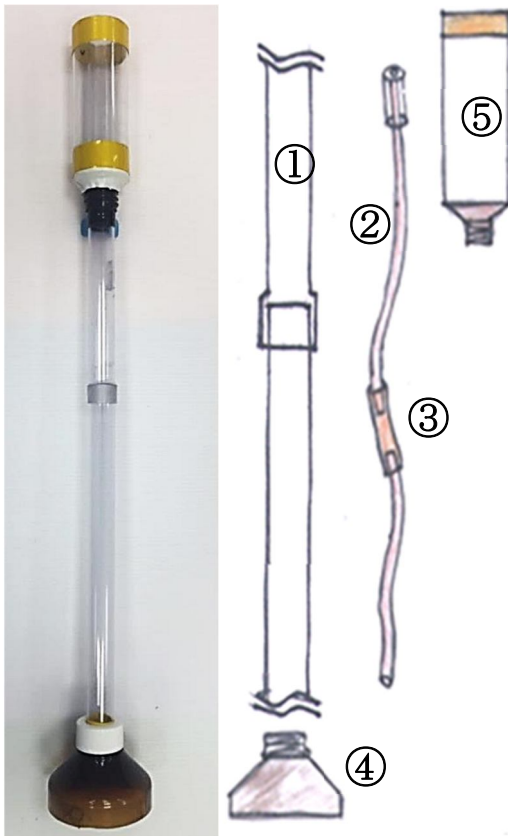
2. 功能剖析：

動力裝置：



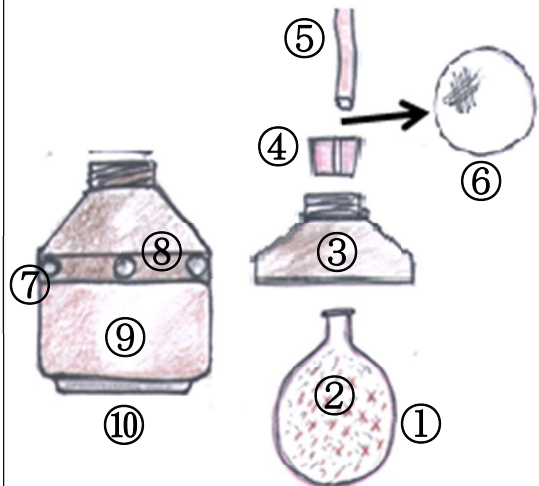
①動力把手：手往上拉可產生吸力

可折式骨架裝置：



- ①PVC 硬管：夾具骨架
- ②塑膠軟管：拔罐器吸力傳輸管
- ③橡膠軟管：可彎折吸力傳輸管
- ④夾球固定裝置：固定夾球與骨架
- ⑤拔罐器固定裝置：固定拔罐器與骨架

多功能夾球裝置：



- ①氣球：直徑 70mm
- ②咖啡粉：粒度 0.71~2mm
- ③夾球漏斗：固定氣球裝置
- ④軟木塞：夾球封口裝置，避免空氣外洩
- ⑤塑膠軟管：拔罐器吸力傳輸管
- ⑥濾紙：避免咖啡粉末污染拔罐器
- ⑦磁鐵：可吸起鐵製品
- ⑧魔鬼沾：可吸起布料或毛製品
- ⑨夾球保護蓋：保護夾球
- ⑩止滑墊：止滑功能

伍、研究結果

一、第一代負壓式夾具原理研究

從初始的馬桶吸盤及真空收納袋發想做嘗試並與老師討論及查詢相關文獻後，我們決定製作夾具，我們成功地利用負壓原理製作出第一代夾具。它的原理如下：

利用外加吸力將密閉球體內的空氣抽出，使內容物之間沒有太多空氣可流動，進而產生類似固化的現象，此時夾球依照被夾物的外型緊密地包覆，即可具有很強的夾物效果。

圖.4.為我們實驗負壓的原理現象，從圖中可發現：

1. 因氣球本身具彈性，將氣球下壓在物件表面時，內容物會依被夾取物的外形而流動，包覆住被夾物，此時外界及氣球內部都處於 1 atm (1 大氣壓)。
2. 利用吸塵器將內容物間的空氣抽出後，流動的內容物產生類似固化現象夾住被夾物再將被夾物提起。此時的負壓代表小於 1 atm 的狀態。
3. 當停止吸氣後空氣逐漸回流至氣球內使負壓消失，內容物又變回類似流體狀態，夾持力消失，被夾物與氣球分離。此時回到 1 atm 的狀態。



圖. 4. 負壓式夾球原理

二、第二、三代夾具

選擇最適當的內容物材料

(一) 以『阿哆手 2、3 號』探討內容物/被夾物的各項特性與夾取效果關係

根據圖. 5 ~圖. 7 整理：

1. 內容物的重量越輕可夾取時間比較長，夾取效果越佳。推測是因為越重的內容物使夾具裝置越重，較不容易夾取物品。
2. 被夾物的重量越輕可夾取時間比較長，輕夾取效果越佳。因為所需的夾力小便可以夾得越久。
3. 內容物粒度越小可夾取時間比較長，夾取效果越佳。而珍珠石粒度 0.06~5.6 mm 有粗也有細的分布，無法列入比較。
4. 13 種內容物中，硬度排除保麗龍之外，硬度較小的夾取效果較佳。

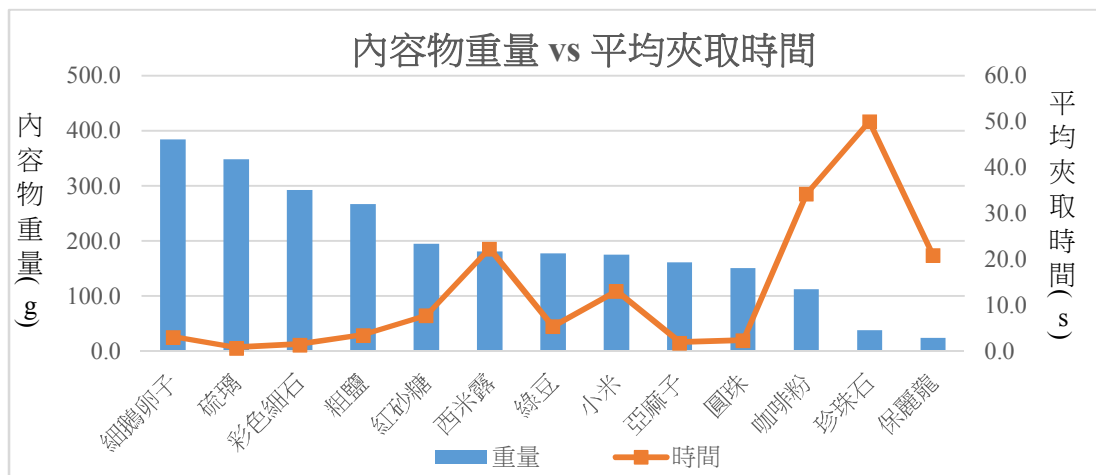


圖. 5. 『內容物重量』與夾取效果(時間:秒)關係

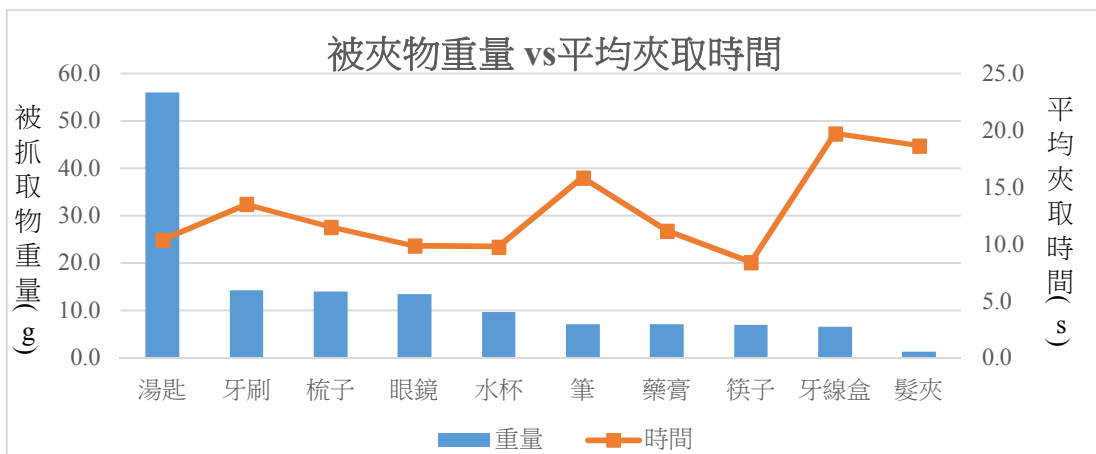


圖. 6. 『被夾物重量』與效果(時間:秒)關係

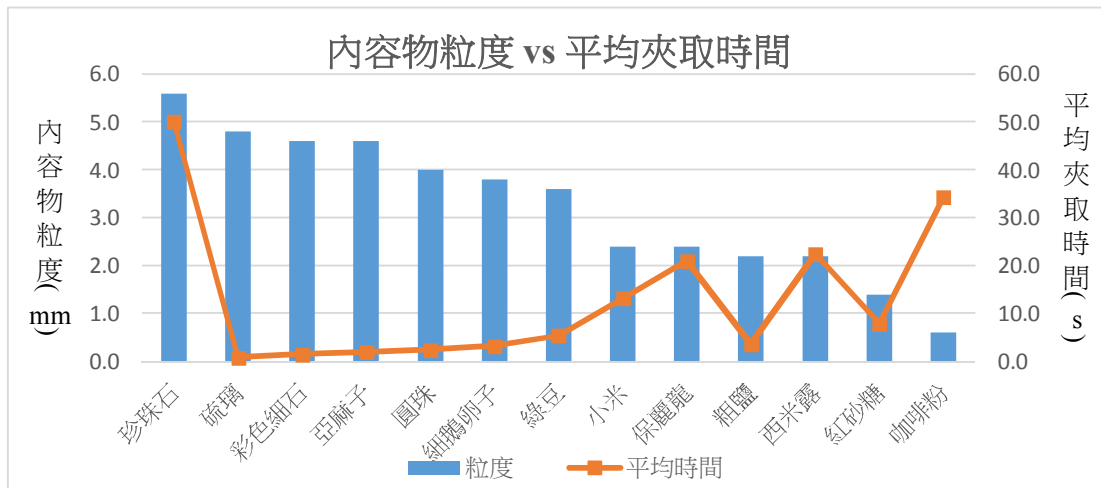


圖. 7. 內容物『粒度』與夾取效果(時間:秒)關係

最佳內容物延伸特性探討

(一) 氣球內的空氣佔有率與可夾取效果、可抽走氣體量關係

1. 內容物裝剛好滿的夾取效果最佳，但比剛好滿更多也不行。空氣佔有率要較低才能提升夾取效果，內容物才會更加緊實的抓牢被夾物。
2. 因為珍珠石的粉塵太多導致負壓效果變差、堵塞濾網、使用者呼吸問題等，所以不再使用珍珠石。
3. 四種內容物體積(表示空氣佔有率)與被抽走的體積沒有明顯關聯。

(二) 內容物使用珍珠石的耐用度

1. 實驗數據證實當珍珠石使用次數增加，會使夾取效果變差

(三) 粒度大小(最佳內容物搭配)與可夾取效果關係

1. 原來的咖啡粉(0.6 mm)仍然容易汙染拔罐器，因此我們將咖啡粉重新篩分並選出粒度 0.71~2 mm 的可符合使用需求。
2. 如表. 4，利用 0.71~2mm 的咖啡粉與保麗龍(2.4 mm)或西米露(2.2 mm)夾取 800 g 的鋼杯，咖啡粉含量越高的組別效果越佳。所以最後選擇 100%的咖啡粉(0.71~2mm)作為內容物。

表. 4 咖啡粉(0.71~2 mm)與保麗龍(2.4 mm)或西米露(2.2 mm)夾取 800 g 的鋼杯效果

夾球內容物	含量比例		800g 鋼杯
保麗龍+咖啡粉	保麗龍(%)	咖啡粉(%)	平均夾取時間(s)
	100	0	無法夾起
	75	25	無法夾起
	50	50	35.0
	25	75	58.3
純咖啡粉	0	100	60.0
西米露+咖啡粉	西米露(%)	咖啡粉(%)	平均夾取時間(s)
	100	0	無法夾起
	75	25	無法夾起
	50	50	25.7
	25	75	60.0

遇到的困難點與突破

拔罐器定期清潔、補潤滑油並加上濾紙可以大大提升抽氣性能，將拔罐器的拉把製作拉起後固定也解決了費力的問題。

三、第四代夾具

(一) 拐杖型夾具設計

加長整體長度後使用細軟管減少抽氣力量的損失，並透過廢棄瓶罐組裝加強骨架固定，夾球內容物使用最佳的 100% 的咖啡粉(0.71~2mm)，配合改良的拔罐器製作成拐杖夾具。

(二) 拐杖型夾具測試

抓起和放下都是 100% 精準，90° 及 75° 夾取的成功率 100%，更斜的話不好夾，最大抓荷重高達 2085.0 g。平面被夾物的外型材質相似冰棒棍者，其高度要 6.4 mm 以上才能有效被夾起。容易夾起的被夾物共通點有塑膠材質、面積中等、立體形狀的特徵。

四、第五代夾具

第五代多功能可折式拐杖夾具的重量為 367 g，與市售可折式拐杖 331 g 差不多，同時增加磁鐵讓磁性物質更容易被吸取、增加魔鬼沾可黏住無法夾取的布料軟性物品、最後設計一個夾球保護罩，當夾具未使用時也可當成一個真正的拐杖。

陸、討論

- 一、比較市面現有的玩具夾爪、機器手臂、磁性夾爪等，我們自製的『拐杖夾具』不須要電力，拉起拔罐器產生負壓就能有很強的抓力，且容易操作成功夾取物品。
- 二、氣球內容物的重量越輕、粒度越小、硬度越小的裝置夾取效果越好。
- 三、被夾物的重量越輕、使用塑膠材質、面積中等、立體形狀特徵的夾取效果較好。
- 四、內容物裝剛好滿的夾取效果最佳，表示空氣佔有率要低到一定大小才能提升夾取效果。但內容物體積(表示氣球內空氣佔有率)與被抽走的氣體量沒有明顯關聯。
- 五、實驗中遇到細粉污染拔罐器及濾網的問題，因為細顆粒會沾到潤滑油上，使得活塞與拔罐器管壁間的油脂密合變差，外界空氣就很容易流入破壞負壓，使得氣球失去抓力。另外，將濾網(孔隙甚大)改成使用濾紙(孔隙 $6\mu\text{m}$)可有效阻擋內容物被吸入拔罐器內。
- 六、使用 $0.71\sim 2\text{mm}$ 的咖啡粉做為內容物比保麗龍(2.4 mm)、西米露(2.2 mm)或是混合條配都更佳。可能是這個粒度範圍的內容物在氣球產生負壓時具有最佳的摩擦性，最容易緊緊抓住被夾物。
- 七、我們也試著討論不同大小氣球與被夾物夾起關係，將大氣球（直徑 70mm ）及小氣球（直徑 40mm ）分別裝入剛好滿的咖啡粉。夾取原子筆（直徑 9mm ），麥克筆（直徑 21mm ），小圓瓶（直徑 31mm ），中圓瓶（直徑 36mm ），每組實驗 10 次，取成功率。結果發現兩類四款被夾物中，大氣球的夾取成功率是 100%，而小氣球隨著被夾物的大小體積的不同，有 100%~70% 不等的成功率，**實驗顯示當氣球夾取被夾物，其成功率與所能覆蓋被夾物的面積比例有關**。因此我們的夾具是使用直徑 70mm 的氣球。

大小體積氣球與被夾物的夾取成功次數				
被夾物	原子筆	麥克筆	小圓瓶	中圓瓶
氣球規格	9mm	21mm	31mm	36mm
70mm 大氣球	10	10	10	10
40mm 小氣球	10	8	9	7



九、『阿哆手 4 號，拐杖型夾具』精準度佳，但抓取角度 60° 以下的話就容易失敗，這可能跟寶特瓶漏斗形狀設計有關，因為漏斗可提供下壓時上面阻擋的力。

十、第五代夾具我們是把『阿哆手 4 號，拐杖型夾具』做成可收折式，在收折的地方我們一開始是使用彈簧，但因為細軟管彈性不佳，擠壓彎曲幾次會影響抽氣效果。因此我們找到了橡膠軟管在收折處連接原來的塑膠軟管，便可以有效彎折，使第五代夾具『阿哆手 5 號，多功能可折式拐杖夾具』成為一個真正實用的拐杖夾具。

柒、結論

從起初的發想到多功能可折式拐杖夾具，我們歷經五代的進步，結合了拔罐器、氣球、內容物、寶特瓶漏斗、濾網等研發出負壓式夾具，透過各種物理性質探討，找出夾球內最適合的內容物為咖啡粉(0.71~2mm)，並裝剛好滿最容易夾取。過程中解決了細粉、拔罐器拉起後固定等問題。製作拐杖夾具時不僅強化了骨架的穩定，也可以收折，成功研發出第五代夾具-『阿哆手 5 號-多功能可折式拐杖夾具』。阿哆手 5 號，它可以 100% 成功地夾取大部分物品，成本大約 168 元，重量 367g，與市售可折式拐杖 331g 相比，也符合實際需求，它成功地幫助同學的奶奶及不方便彎腰拿取物品的人，未來我們將利用本研究持續發展義肢夾具、探險車夾具等。

捌、參考資料及其他

1. 維基百科：真空拔罐器原理 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8B%94%E7%BD%90>。
2. 維基百科：氣壓原理 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%94%E5%8E%8B>。
3. 負壓-健康wiki <http://www.uuuwell.com/mytag.php?id=20829>。
4. DIY Universal Robot Gripper by DIY Hacks and HowTos，取自：
<http://www.instructables.com/id/DIY-Universal-Robot-Gripper/>。
5. 錢鴻全、楊登棋、黃基彰等：城鄉老年人的健康狀態及老年病症候群之比較。臺灣老年醫學暨老年學雜誌 2012;7(4)：233-245。

【評語】 080836

本作品利用負壓原理研製輔助夾具，以協助老年人拿取地上物品，過程經探討內容物的重量、粒度、硬度、氣球內的空氣佔有率、被夾物的重量、表面型態與夾取效果關係，經五代改良設計成實用的拐杖夾具，成功幫助不方便彎腰的老年人既能當拐杖，又能減少彎腰的不便。