

新竹市第四十屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小甲組

作品名稱：

神奇大力士— 帕斯卡原理的探究與應用

關 鍵 詞：液壓、帕斯卡原理、回收物壓縮

編 號：

目錄

摘要	P. 1
壹、研究動機	P. 1
貳、研究目的	P. 2
參、研究設備與器材	P. 2
肆、研究過程與結果	P. 3
伍、討論	P. 22
陸、結論	P. 26
柒、參考資料	P. 27
附錄：研究心得	P. 28

主題：神奇大力士—帕斯卡原理的探究與應用

摘要

本研究主要是進行帕斯卡原理的測試，並應用帕斯卡原理來設計一個資源回收物壓縮機。我們設計了一個帕斯卡原理的實驗裝置，測試口徑大小不同的針筒組合及不同數量的針筒情況下，推動另一方針筒所需的砝碼重量。實驗結果發現，施力的針筒的口徑越小，被推動的針筒口徑越大、數量越多，所需的砝碼重量越輕。我們以帕斯卡原理的實驗裝置為雛形，用自製大針筒和木板來製作回收物壓縮機的主體，再加上進水裝置，施力在一個小針筒上推動三個自製的大針筒上升，利用上升時產生的力量來壓縮回收物。壓縮機實測後可成功壓縮回收物，回收物壓縮比率最高的是鋁箔包、塑膠置杯架、咖啡紙杯；其次是塑膠果凍杯、軟保特瓶、牛奶盒；最差的是硬保特瓶。

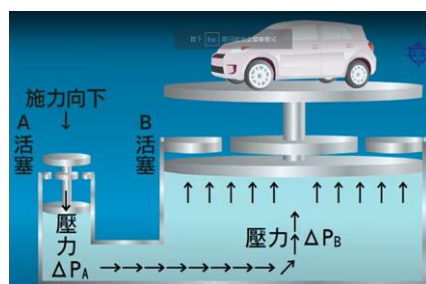
壹、研究動機

我們在找科展主題的時候，看了很多網路上的資訊或家裡現有的書籍，偶然在網路上看到有關帕斯卡原理的影片，有人用很小的力氣，就可以輕易抬起一台車子，覺得很神奇，於是想要再深入研究帕斯卡原理。後來在學校資源回收的時候，看到回收場的回收物堆積如山，資源回收車無法一次裝滿學校所有的回收物，所以我們想到也許可以利用帕斯卡原理做一個壓縮資源回收物的機器，把回收物的體積變小，讓回收車可以一次載走所有回收物，於是就開始了我們這次的研究。

與課程相關的單元：

四年級《水的移動》

六年級《簡單機械》



(帕斯卡原理，2015)

貳、研究目的

一、認識帕斯卡原理

二、帕斯卡原理的實測與結果

(一)帕斯卡原理實驗裝置的設計

(二)帕斯卡原理實驗裝置的製作

(三)帕斯卡原理的實測與結果

三、學校資源回收場的現況

四、回收物壓縮機的製作與實測

(一)回收物壓縮機的設計

(二)回收物壓縮機的製作

(三)回收物壓縮機的實測與結果

參、研究器材與工具

實驗項目	器材與工具
1.帕斯卡原理製作與實測	針筒(3ml、12ml、20ml、60ml)、砝碼(50g、20g、10g)、紙箱、塑膠箱、環保合板、塑膠瓦楞板、塑膠空罐、流量調節閥、三通閥、四通閥、水管、銅球、酒精燈。
2.回收物壓縮機製作與實測	果汁瓶(1300ml)、針筒(60ml)、水管、塑膠地墊、環保合板、咖啡紙杯、塑膠果凍杯、軟保特瓶、硬保特瓶、塑膠置杯架、牛奶盒、鋁箔包。
3.其他工具	鐵鎚、鐵釘、鉗子、砂紙、剪刀、鑽孔器、電子秤、熱熔膠槍、熱熔膠條、手工鋸、線鋸、手搖鑽、噴霧瓶、尺、油性筆、泡棉膠、雙面膠、透明膠帶。

肆、研究過程與結果

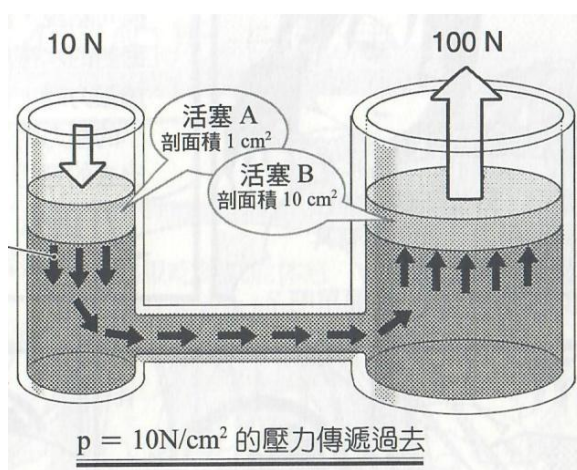
一、認識帕斯卡原理：

1. 流體與流體力學：

流體就是可自由自在變形的物體，氣體和液體都是流體，可以不斷的運動變形。而它的流動會有什麼變化，引起什麼作用就叫做**流體力學**。在製造電力的過程中，流體力學也扮演了很重要的角色，將水或瓦斯送往家庭使用的幫浦其構造也少不了流體力學。(武居昌宏，2012)。

2. 帕斯卡原理(Pascal's principle)：

帕斯卡定律，也稱帕斯卡原理，由法國布萊士·帕斯卡(Blaise Pascal)所提出(帕斯卡定律，2021)。靜止流體中的任一點受到的壓力，會和所有其他方向受到的壓力相等。當我們在密閉的水裡的任一點上施加壓力時，也會有同樣大小的壓力朝其他方向傳遞出去(武居昌宏，2012)。



(武居昌宏，2012)

N(牛頓)是力的單位，1N=使 1kg 質量的物體產生 1m/s²的加速度時所需的力。

上圖的兩個管子，右側活塞 B 的面積是左側活塞 A 的 10 倍。若在活塞 A 施力 10N 的力，水面會受到壓力 p ，依帕斯卡原理，壓力 p 會傳給左側水管內所有的液體，右側水管內也會受到壓力 p 。但由於活塞 B 的面積是活塞 A 的 10 倍，所以活塞 B 受到的壓力=活塞 A 所受的力的 10 倍，也就是 $10\text{N} * 10 = 100\text{N}$ (武居昌宏，2012)。

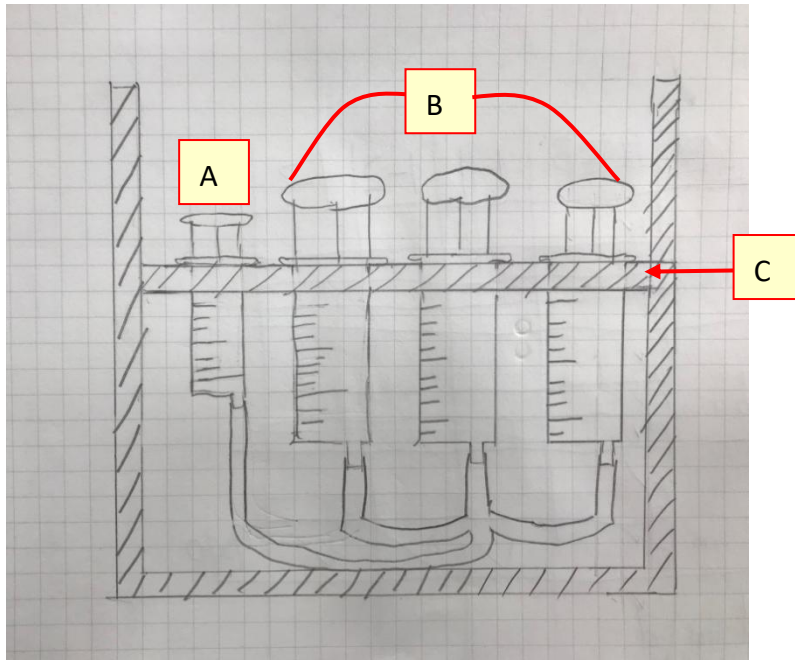
帕斯卡原理的公式： $F_1/A_1=F_2/A_2$ ， F 是力量， A 是面積 (液體大力士帕斯卡定律，2013)。

帕斯卡原理在生活中的應用：液壓就是帕斯卡原理的實例之一，液壓具有多種用途，如汽車的油壓煞車系統、擠牙膏、針筒打針、水槍等(帕斯卡定律，2021)。

二、帕斯卡原理的實測與結果

(一)帕斯卡原理實驗裝置的設計：

我們用針筒來測試帕斯卡原理，希望能測試口徑大小不同的針筒，在不同的組合之下，以及不同數量的針筒情況下(一對一、一對二或一對三)，需要多少的力量可以將針筒 A 向下壓，並使 B 處針筒(一個、二個或三個)上升。




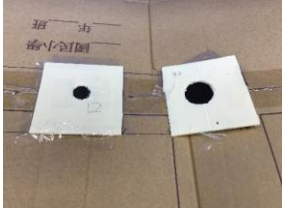
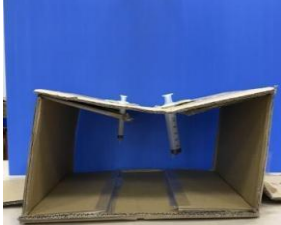
A：針筒，上方放置砝碼。

B：針筒，依實驗可能放置一個、兩個或三個針筒。

C：針筒放置架，有四個孔洞來放置針筒。





(二)帕斯卡原理實驗裝置的製作：

1.材質 A—紙箱：使用教具紙箱製作，紙箱尺寸：53cm* 36 cm*23 cm。

①將教具紙箱的前後兩面，用美工刀切開。	②紙箱上方用塑膠瓦楞板挖出針筒大小的洞。	③將針筒插入孔洞，紙箱材質的實驗裝置完成。
		

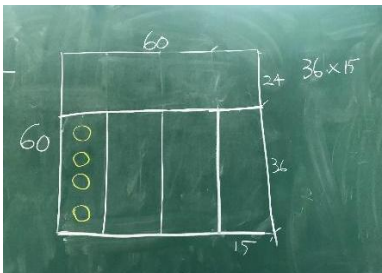

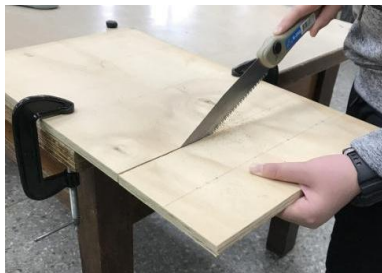







◆發現：用紙箱來製作實驗裝置，雖然材料容易取得且容易裁切，但是紙箱的穩固性差，受力時容易傾斜，甚至塌陷，無法承受所施的力，故不適合用來做實驗。

2.材質 B—塑膠：使用塑膠箱製作，塑膠箱尺寸：33 cm*23 cm*15 cm。

①在塑膠箱底部，用鑽孔器鑽四個孔洞。	②孔洞不夠大，再用銅球加熱融化塑膠。	③四個孔洞完成。	④針筒放入孔洞，塑膠材質實驗裝置完成
			

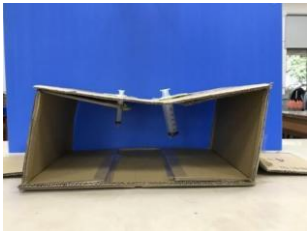

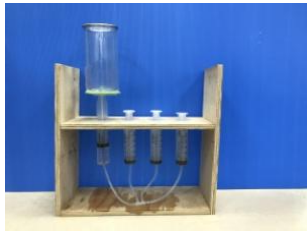
◆發現：用塑膠箱來製作實驗裝置，優點是塑膠箱是較由堅硬的塑膠所製，較為穩固，只需要鑽出需要的孔洞就可以，但是實驗時發現，這個塑膠箱底部不是完全水平的，受力時會有些高低差，不適合用來做實驗。

3.材質 C—木板：使用木板製作，木板尺寸：60cm* 60cm* 1.1cm。

①依設計圖畫出尺寸規畫。	②在木板上畫出尺寸規畫。	③用手工鋸切割木板。	
			
④鋸好四片木板，並將其中一片木板鑽出四個孔洞。	⑤用砂紙將木板表面及側面磨平順，避免刮傷手。	⑥將四片木板依設計圖用鐵鎚釘起來。	
			
⑧完成木板的釘製。	⑨將針筒放入孔洞中接上塑膠管，木板材質的實驗裝置完成。		
	1 對 1 	1 對 2 	1 對 3 

◆發現：用木板來製作實驗裝置，雖然材料的取得不易，要特別去買，而且不容易製作，要使用許多木工機具，我們也不太會使用，但是努力去學習工具的使用，製作完成後發現，它的穩固性最高，受力時不會塌陷、不會搖晃，很適合我們用來做帕斯卡原理的實驗。

4.比較用三種不同材質的優缺點：

材質 A：教具紙箱	材質 B：塑膠箱	材質 C：木板
		
優點： 容易取得、容易裁切。	優點： 容易取得、較為穩固。	優點： 穩固性最高，受力時不會塌陷、不會搖晃。
缺點： 穩固性差，受力時會有傾斜及塌陷的問題。	缺點： 底部不是完全水平，受力時會產生高低落差。	缺點： 材料取得不易，要特別去買，且我們不會使用木工機具，要先學習使用方法。



在試過三種不同的材質後，我們決定採穩固性最高，受力時不會塌陷、不會搖晃的木板釘製的方式，雖然我們不太會使用木工的一些工具，就慢慢學會使用方法，最後總做了兩個帕斯卡原理的實驗裝置。

(三)帕斯卡原理的實測與結果


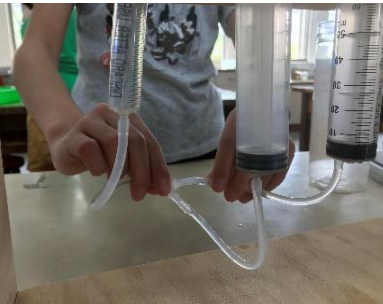




1.實驗設計：我們用了不同的針筒組合，設計了 10 個不同的實驗，設計如下：

施力的針筒(內部半徑)	被推動的針筒	A. 1 對 1	B. 1 對 2	C. 1 對 3
(1) 3ml 針筒(0.4cm)	3ml 針筒	① 實驗 1-1：A、B、C		
	12ml 針筒	② 實驗 1-2：A、B、C		
	20ml 針筒	③ 實驗 1-3：A、B、C		
	60ml 針筒	④ 實驗 1-4：A、B、C		
(2) 12ml 針筒(0.8cm)	12ml 針筒	⑤ 實驗 2-1：A、B、C		
	20ml 針筒	⑥ 實驗 2-2：A、B、C		
	60ml 針筒	⑦ 實驗 2-3：A、B、C		
(3) 20ml 針筒(1cm)	20ml 針筒	⑧ 實驗 3-1：A、B、C		
	60ml 針筒	⑨ 實驗 3-2：A、B、C		
(4) 60ml 針筒(1.5cm)	60ml 針筒	⑩ 實驗 4-1：A、B、C		

2.實驗設置：以 3ml 推動 12ml 針筒為例

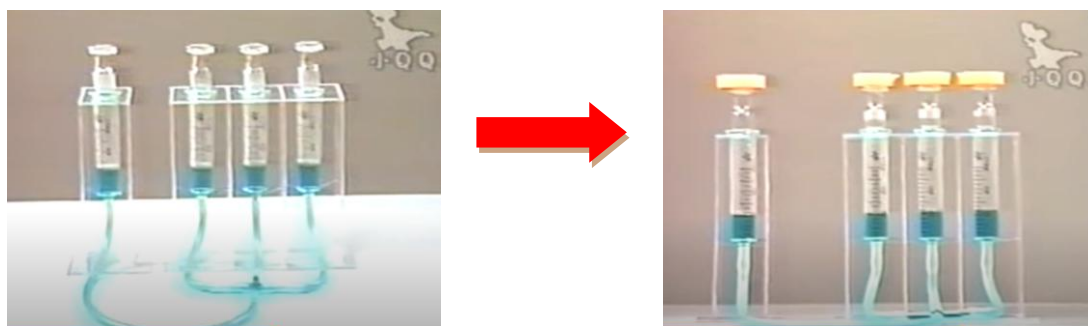
A. 1 對 1	B. 1 對 2	C. 1 對 3
		

3.實驗方法：以一個針筒推動兩個針筒為例

①將管子、針筒內完全排出空氣，並裝滿水。	②把水管、通水閥和針筒連接好，並裝到實驗裝置上。	③逐次放上砝碼：剛開始放 20g 砝碼 5 顆，共 100g5 次。	
			
④若針筒不動，那就放 20g 砝碼 2 顆共 40g 的 5 次，再逐次加 20g 的砝碼，直到它動為止。	⑤針筒下降至底部後，測量重量並記錄。 ⑥每一個實驗三輪，每一輪進行 10 次實驗。		
			

4.實驗的限制：

在實驗前我們曾查到一個影片(巴斯卡原理, 2015), 影片中使用的針筒材質非常滑順, 在左邊的一個針筒上放 100g 重的砝碼時, 右邊三個相同大小的針筒也各放上 100g 重的砝碼, 結果左右兩邊的針筒很快就呈現相同的水位高度, 保持平衡, 實驗結果也完全符合帕斯卡原理: 面積比 1 支針筒 : 3 支針筒 = 1 : 3 = 重量比 100g : 300g。



針筒容量	半徑 (cm)	面積 (cm ²)	面積比
3ml 針筒	0.4	0.5024	1
12ml 針筒	0.8	2.0096	4
20ml 針筒	1	3.14	6.3
60ml 針筒	1.5	7.065	14.1

我們的實驗設計用了四種大小的針筒, 若依帕斯卡原理, 則產生的力量比會如同面積比為
3ml : 12ml : 20ml : 60ml
= 1 : 4 : 6.3 : 14.1





但是在測試實驗裝置的時候發現，我們所設計的實驗裝置的測試結果和影片(巴斯卡原理，2015)的不一樣。

我們使用的塑膠針筒存在著摩擦力，在推動的時候要先克服摩擦力才能推動針筒，因此我們決定只在左側加砝碼，只要左側的針筒可以順利向下壓，並推動右側的針筒，就測量砝碼的重量。

這樣的實驗裝置無法完整呈現帕斯卡原理中，不同針筒的面積與所產生力量的比例關係，因此我們的實驗只著重在討論，左側針筒上所放的砝碼可推動右側針筒時所需的重量大小，而不深入討論其力量與面積間的比例關係。

5.實驗記錄：①實驗 1-1：3ml 針筒推動 3ml 針筒，測得的砝碼重量記錄如下表：

①實驗 1-1：3 to 3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均重量(g)
A.1 對 1	第一輪	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446
	第二輪	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446
	第三輪	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446
B.1 對 2	第一輪	305	305	285	285	305	285	285	305	305	285	295
	第二輪	285	285	305	285	285	285	285	285	285	285	287
	第三輪	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
C.1 對 3	第一輪	245	245	205	225	205	205	205	205	205	205	215
	第二輪	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
	第三輪	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205

⑥實驗 2-2：12ml 針筒推動 20ml 針筒，測得的砝碼重量記錄如下表：

⑥實驗 2-2：12 to 20		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均重量(g)
A.1 對 1	第一輪	546	546	506	466	467	468	406	506	466	486	486
	第二輪	486	508	446	486	426	426	426	446	486	466	460
	第三輪	466	506	486	466	486	466	486	466	466	486	478
B.1 對 2	第一輪	326	306	285	305	285	285	265	265	265	245	283
	第二輪	326	306	326	266	285	325	285	265	245	285	291
	第三輪	265	306	265	285	325	306	286	326	285	306	296
C.1 對 3	第一輪	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
	第二輪	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
	第三輪	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145

其他的實驗記錄因頁數限制故無法全部列出。

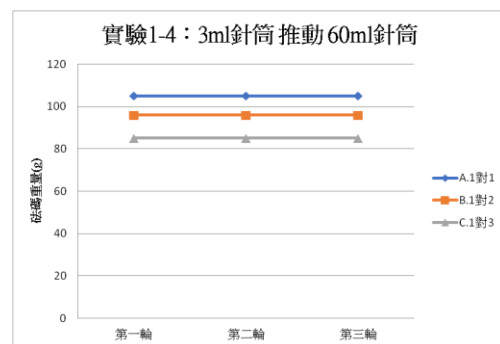
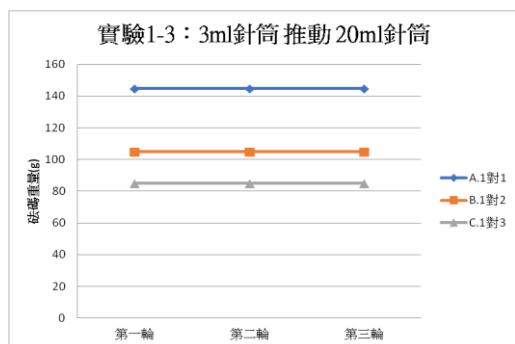
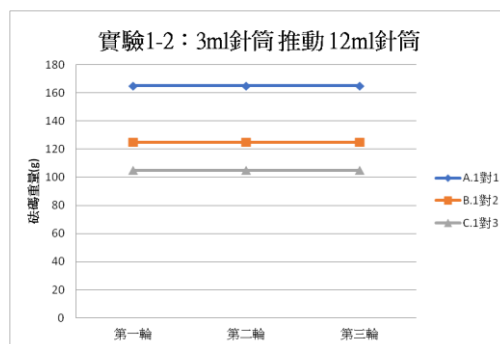
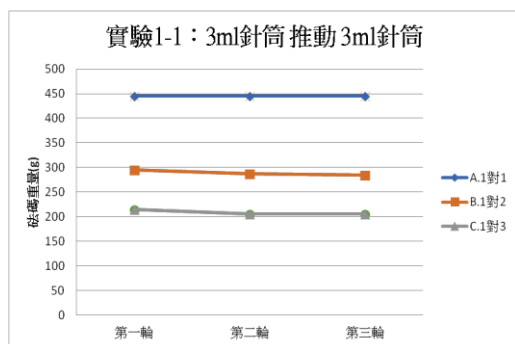
6. 實驗結果與討論：

(1) 施力的針筒—3ml 針筒

1.1 實驗結果：(單位：g)

實驗 (被推動的針筒)		①實驗 1-1 (3ml 針筒)		②實驗 1-2 (12ml 針筒)		③實驗 1-3 (20ml 針筒)		④實驗 1-4 (60ml 針筒)	
平均重量(g)		10次平均	總平均	10次平均	總平均	10次平均	總平均	10次平均	總平均
A.1 對 1	第一輪	446	446	165	165	145	145	105	105
	第二輪	446		165		145		105	
	第三輪	446		165		145		105	
B.1 對 2	第一輪	295	289	125	125	105	105	96	96
	第二輪	287		125		105		96	
	第三輪	285		125		105		96	
C.1 對 3	第一輪	215	208	105	105	85	85	85	85
	第二輪	205		105		85		85	
	第三輪	205		105		85		85	

1.2 實驗結果折線圖：



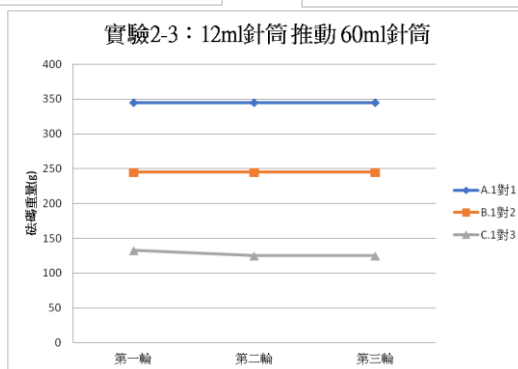
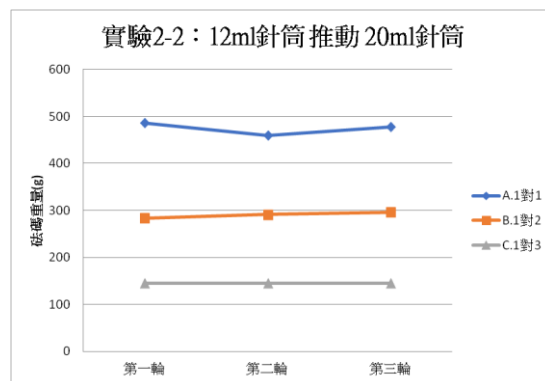
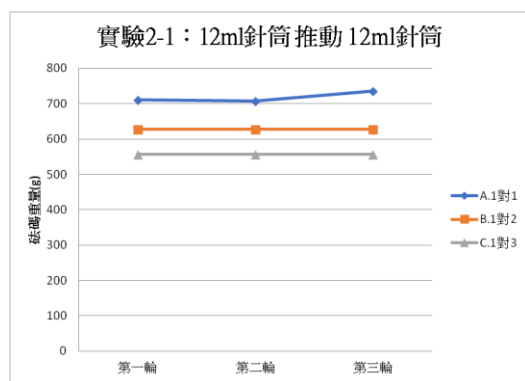
1.3 結果討論：從折線圖中發現，①四個實驗中 A、B、C 三個線段的曲折情形都不太明顯，顯示實驗結果的數值差異不大，具有一致性。②四個實驗中的數值大小依序都是 A > B > C，顯示當被推動的針筒支數越多，所需砝碼重量越輕。

(2)施力的針筒—12ml 針筒：

2.1 實驗結果：(單位：g)

實驗 (推動的針筒)		⑤實驗 2-1 (12ml 針筒)		⑥實驗 2-2 (20ml 針筒)		⑦實驗 2-3 (60ml 針筒)	
平均重量(g)		10 次平均	總平均	10 次平均	總平均	10 次平均	總平均
A.1 對 1	第一輪	711	718	486	475	345	345
	第二輪	707		460		345	
	第三輪	735		478		345	
B.1 對 2	第一輪	627	627	283	290	245	245
	第二輪	627		291		245	
	第三輪	627		296		245	
C.1 對 3	第一輪	557	556	145	145	133	128
	第二輪	556		145		125	
	第三輪	556		145		125	

2.2 折線圖：



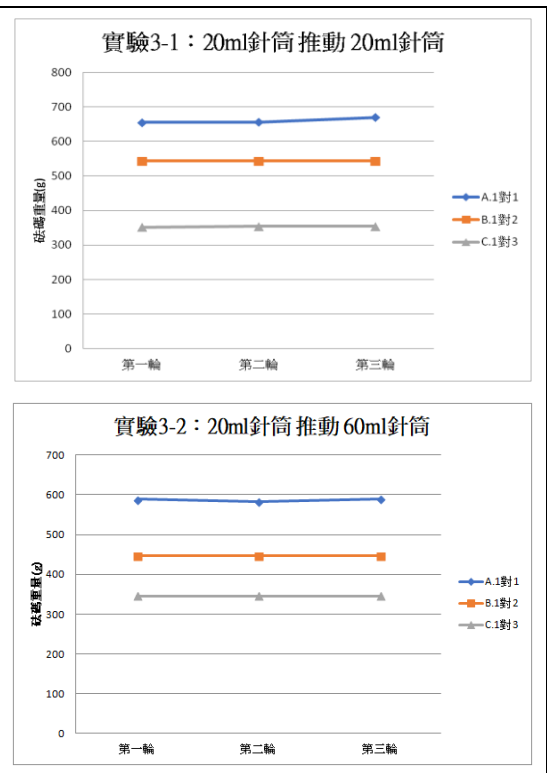
2.3 結果討論：從折線圖中發現，①三個實驗中 A、B、C 三個線段雖有些微的曲折，但曲折不太明顯，顯示實驗結果的數值差異不大。②三個實驗中的數值大小依序都是 A > B > C，顯示當被推動的針筒支數越多，所需砝碼重量越輕。

(3)施力的針筒—20ml 針筒：

3.1 實驗結果：(單位：g)

		⑧實驗 3-1 (20ml 針筒)		⑨實驗 3-2 (60ml 針筒)	
平均重量(g)		10 次 平均	總平均	10 次 平均	總平均
A.1 對 1	第一輪	655	660	589	588
	第二輪	656		584	
	第三輪	670		590	
B.1 對 2	第一輪	544	544	446	446
	第二輪	544		446	
	第三輪	544		446	
C.1 對 3	第一輪	352	353	233	228
	第二輪	354		225	
	第三輪	354		225	

3.2 折線圖：



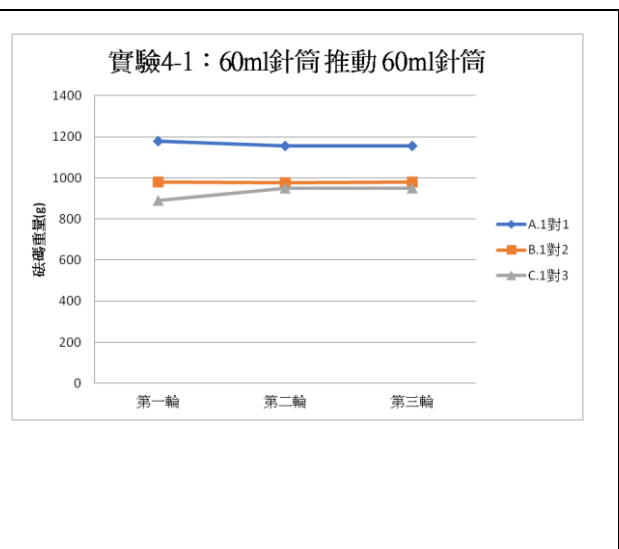
3.3 結果討論：從折線圖中發現，①兩個實驗中 A、B、C 三個線段的曲折情形都不太明顯，顯示實驗結果的數值差異不大。②兩個實驗中的數值大小依序都是 A > B > C，顯示當被推動的針筒支數越多，所需砝碼重量越輕。

(4)施力的針筒—60ml 針筒：⑩實驗 4-1：60ml 針筒推動 60ml 針筒

4.1 實驗結果：(單位：g)

⑩實驗 4-1(60ml 針筒)			
平均重量(g)		10 次平均	總平均
A.1 對 1	第一輪	1179	1163
	第二輪	1157	
	第三輪	1155	
B.1 對 2	第一輪	979	979
	第二輪	977	
	第三輪	981	
C.1 對 3	第一輪	890	931
	第二輪	951	
	第三輪	951	

4.2 折線圖：



4.3 結果討論：從折線圖中發現：①實驗 4-1 中，只有 C 的線段有較明顯的曲折，A、B 線段較無明顯曲折，其數值差異不大。②實驗 4-1 中，三個數列的數值大小依序是 A > B > C，顯示當推動的針筒支數越多時，所需砝碼的重量越輕。

三、學校資源回收場的現況

我們學校的資源回收場是在學校體育館後側的一個半戶外空間，長約9公尺、寬約3公尺，每個星期五的早上7:45~8:00會進行全校的資源回收。因為我們想做一個回收物壓縮機，所以特地在回收時間去觀察回收物的類別，並訪問負責回收場工作的衛生組長許老師及志工家長。我們發現，雖然各類回收物品學校都有收，但其實主要類別是紙類、CD、牛奶盒、塑膠瓶罐類，其中又以紙類最多，塑膠瓶罐類第二多。

許老師還告訴我們，因為學校學生多，所以回收物多，但資源回收場的空間卻不是很夠，回收物常常堆積如山，請回收車來載的時候，又無法一次裝完學校所有的回收物，來第二趟又載不滿，就要等下一次來再收，所以我們想幫學校的回收物節省空間。

<p>1.回收場許老師和家長志工，親切的為我們詳細解說回收場的運作及回收物類別。</p>	<p>2.每週五早上回收場的盛況，當天一大早所有班級那個星期的回收物都會送過來。</p>
	
<p>3.廢紙類是回收物裡最大量的，通常有紙箱、A4紙或簿本等。</p>	
	
<p>4.塑膠瓶罐類的量第二多，主要是飲料瓶。</p>	<p>5.喝牛奶的那天就會約有1200個牛奶紙盒。</p>
	

四、資源回收物壓縮機的製作與實測

(一)回收物壓縮機的設計：

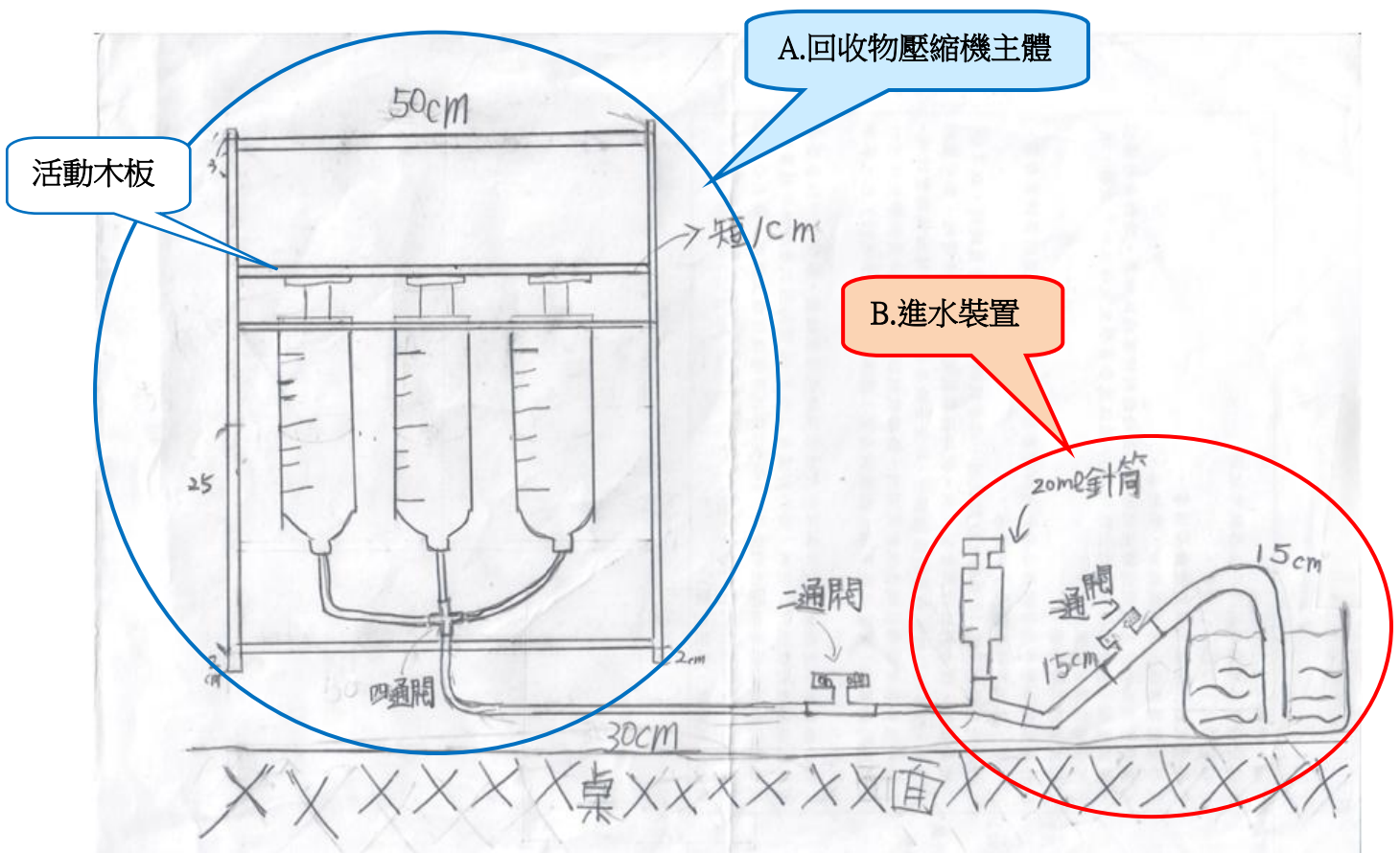
在設計之前我們看了一段影片(LIS 情境科學教材，2020)內容是用液壓機做了一個壓爆蛋糕、橘子的裝置，參考了他的設計，再依我們的需求，進行回收物壓縮機的設計。



回收物壓縮機的設計主要分為兩個部分：A 是主體，B 是進水裝置。

A.回收物壓縮機的主體：我們以帕斯卡原理的實驗裝置為雛形，用木板來製作回收物壓縮機的主體，設計用一個小針筒推動三個大針筒上升，利用三個大針筒上升時產生的力量，將活動木板向上推動，順勢將回收物壓扁。

B.進水裝置：為了使小針筒的水能持續推動大針筒上升，設計了「進水裝置」，使用流量調節閥一開一關，就可以從水盆中吸水，然後再一關一開將水推入三個大針筒。

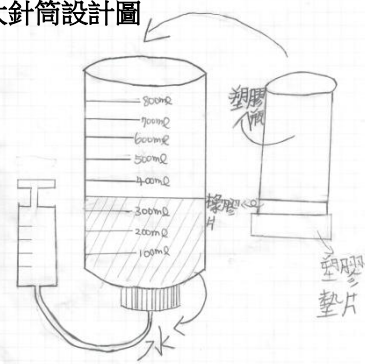


(二)回收物壓縮機的製作

1.大針筒的設計與製作：

(1)大針筒的設計想法：依照帕斯卡原理的實驗，我們發現用小針筒去推動大針筒，可以產生比施力大許多的力量。所以我們希望回收物壓縮機中，被推動的大針筒面積比施力的小針筒面積大越多越好。但網路上 1000ml 的針筒售價要 1000 元左右，在經費的考量下我們決定自己做大直徑的針筒。我們用果汁瓶當作大針筒的外殼，塑膠餅乾罐做內部推進筒，再加上塑膠墊片防止漏水。

大針筒設計圖



(2)大針筒的製作過程：

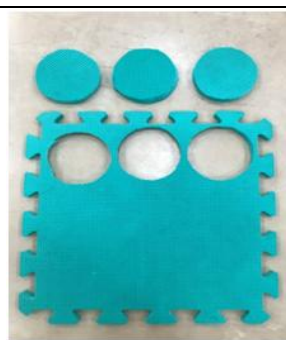
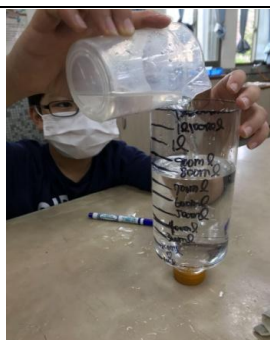
①大針筒的外殼，是用 1300ml 果汁瓶來製作，內部直徑為 9cm。內部的推進筒，用塑膠餅乾罐製作，外部直徑為 8 cm。

②標記針筒外殼上的刻度，一次加入 100ml 的水，並標記水位，加到 1200ml 為止。



③重新檢查標記好的大針筒，確認無誤後外殼標記完成。

④針筒推進筒底部，用美工刀切割塑膠地墊做出圓形阻水墊片，避免水的滲漏。



⑤將圓形阻水墊片用熱熔膠黏在塑膠罐底部，完成後進行試推。

⑥大針筒的主體完成後，將瓶蓋鑽孔並用熱熔膠接上水管及 60ml 針筒，進行推動測試。



(3)製作大針筒遇到的問題及解決方法：

- ◆問題：在製作大針筒時遇到的最大問題就是，水會滲漏出大針筒外殼和內部推進筒之間的隙縫，造成推進筒無法上升。



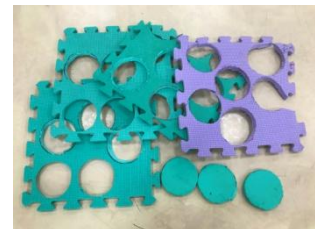
開始將水推入大針筒



水位只有些微上升，
但更多的水滲出在隙縫間

◆解決方法：

- 將針筒的塑膠地墊旁加上橡膠片再用保利融龍膠黏起來，不過因為太厚無法與針筒外殼吻合，所以失敗。
- 在針筒的塑膠地墊旁貼上膠帶，增加一些厚度，又增加滑順度，不過膠帶在推拉的過程中很容易掉，所以也失敗。
- 我們最後使用的方法是單純用塑膠地墊，大小是比我們第一次測試的大一點，且在割塑膠地墊的時候不可有任何疏失，試下不下二十次才終於成功。



◆測試成功：



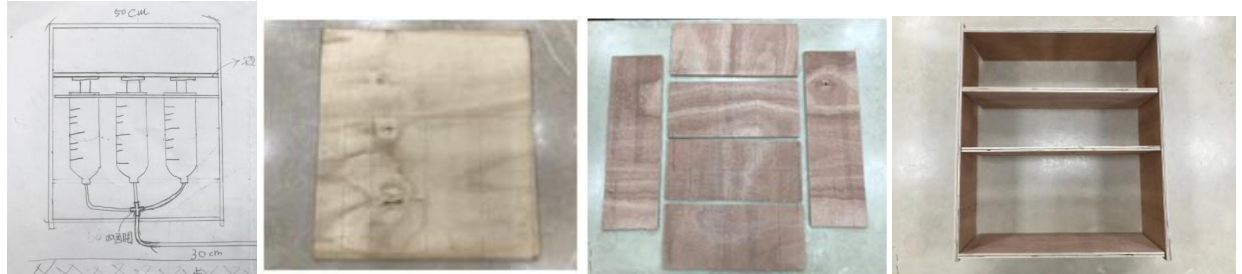
開始將水推入大針筒



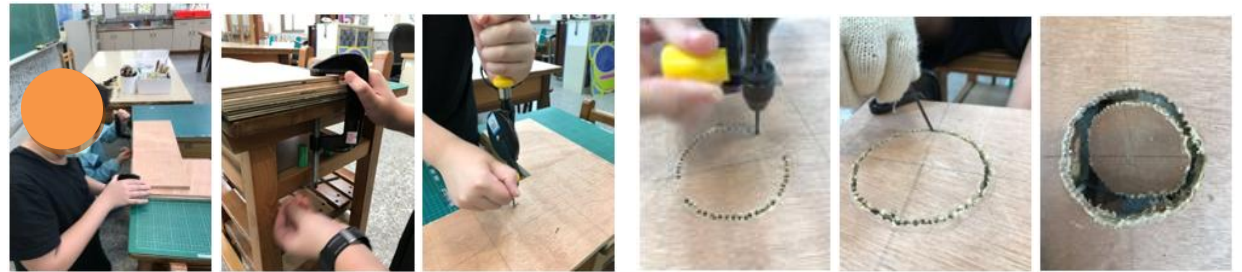
小針筒的水推完，完全沒有水的滲漏，而且大針筒也成功上升。

2.回收物壓縮機的製作：

(1)回收物壓縮機主體的木板裁切：依設計圖在 60cmx60cm 木板上畫出尺寸，用手工鋸裁切出六片木板，中間四片為 50cm x 20cm、側邊兩片為 60cm x 20cm，將裁切好的木板排成壓縮機主體的形狀來確認尺寸是否正確。



(2)放置大針筒的圓形切割：在中間一片木板上畫三個跟大針筒一樣大的圓，用夾具將木板夾在兩個桌上，用手搖鑽在圓周上鑽出許多小洞，再用線鋸將圓鋸下來。



(3)木板打磨：將鋸好的三個圓內側及木板表面用砂紙磨順，到不會刮傷手為止。



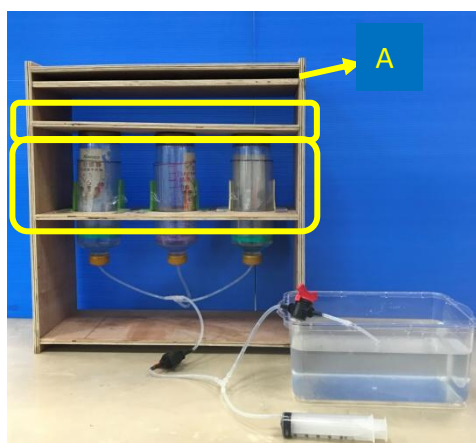
(4)回收物壓縮機主體的釘製：用鐵鎚和釘子將木板釘成壓縮機的主體。



(5)大針筒側邊支架製作：用塑膠瓦楞板和竹筷來製作支撐大針筒的支架，避免它從圓形孔洞落下，後來發現以塑膠瓦楞板的支撐效果較佳。

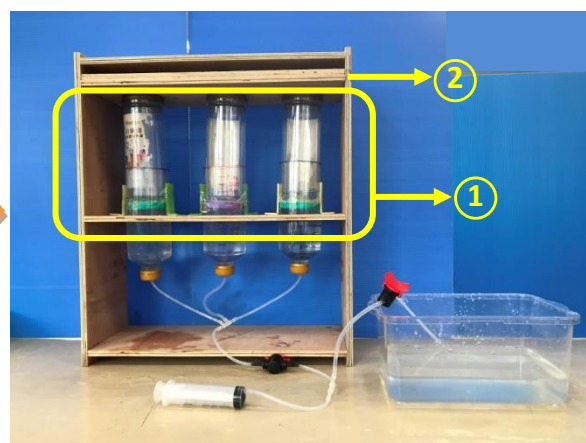


3.回收物壓縮機完成及測試：將大針筒裝在壓縮機上，並接上 60ml 針筒、水管、三通閥、四通閥及流量調節閥，就完成了以帕斯卡原理來設計的回收物壓縮機。



回收物壓縮機完成

A：考量到壓縮的物品並不高，為了降低頂部高度，加上一片固定木板。



進行注水推動大針筒的測試，結果：

- ①三個大針筒成功的被 60ml 的針筒推動；
- ②活動木板成功被大針筒向上推至頂端。

(三)回收物壓縮機的實測與結果

1.回收物壓縮機的實測情形：







(1)壓縮咖啡紙杯：

紙杯側高：9.3cm	紙杯側高：6.7cm	紙杯側高：4.5cm
紙杯側高：3.7cm	紙杯側高：1.3cm	壓縮結果與原來形狀比較

◆壓縮咖啡紙杯的實測結果是：

- ①咖啡紙杯的側高從 9.3cm 壓縮至 1.3cm，共被壓縮 8cm，約是原來高度的 86%。
- ②咖啡紙杯幾乎整個被壓扁，僅剩紙的厚度。







(2)壓縮塑膠果凍杯：

開口 9.6 cm、底部 6.2 cm	側高：7 cm	側高：5 cm
		
開口 4 cm、底部 3.8 cm	杯底堅固不易被壓縮	壓縮結果與原來形狀比較
		

◆壓縮塑膠果凍杯的實測結果是：

- ①塑膠果凍杯的開口側高從 9.6 cm 壓縮至 4 cm，共被壓縮 5.6cm，約是原高度的 58%。
- ②塑膠果凍杯的底部側高從 6.2 cm 壓縮至 3.8cm，共被壓縮 2.4cm，約是原高度的 39%，發現杯底較開口堅固、不易被壓縮。







(3)壓縮軟保特瓶：

側高 6.3cm、底部 6.3 cm	開口 6.2cm、底部 5.8cm	開口 5.4cm、底部 5.1cm
		
開口 4.5cm、底部 4.4cm	開口 3.7cm、底部 3cm	壓縮結果與原來形狀比較
		

◆壓縮軟保特瓶的實測結果是：

- ①軟保特瓶的開口側高從 6.3cm 壓縮至 3.7cm，共被壓縮 2.6cm，約是原高度的 41%。
- ②軟保特瓶的底部側高從 6.3cm 壓縮至 3 cm，共被壓縮 3.3cm，約是原高度的 48 %。







(4)壓縮硬保特瓶：我們發現雖然保特瓶都是 PET 塑膠瓶，但厚薄卻有差，手壓的觸感明顯感覺到有軟硬之差，所以再壓縮一種較硬的保特瓶。

開口 6.7cm、底部 7 cm	開口 4.7 cm、底部 6.5cm	壓縮結果(一側)
		
壓縮結果(另一側)	壓縮結果與原來形狀比較	壓縮前原來形狀
		

◆壓縮硬保特瓶的實測結果是：

- ①硬保特瓶的開口側高從 6.7cm 壓縮至 4.7cm，共被壓縮 2cm，約是原高度的 30%。
- ②硬保特瓶的底部側高從 7cm 被壓至剩 6.5cm，共被壓縮 0.5cm，約是原高度的 7%







(5)壓縮牛奶盒：

側壓無法壓縮(7.2cm)	直立壓 10.6 cm	8.1cm
		
7cm	壓縮到開口封住空氣停止	壓縮結果與原來形狀比較
		

◆壓縮牛奶盒的實測結果是：

- ①牛奶盒側壓的時候，因為底部很堅硬無法壓縮，改為直立壓的後可以壓縮，但當開口被壓縮到封住了空氣後，就停止壓縮。
- ②牛奶盒的高度從 10.6cm 壓縮至 7cm，共被壓縮 3.6cm，約是原高度的 40%。



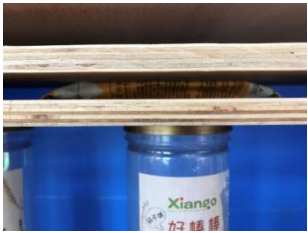



(6)壓縮塑膠置杯架：

9.2cm	6.2cm	3.2cm
		
3.2cm	1.2cm	壓縮結果與原來形狀比較
		

◆壓縮塑膠置杯架的實測結果是：

- ①塑膠置杯架的側高從 9.2cm 壓縮至 1.2cm，共被壓縮 8cm，約是原高度的 87%。
- ②塑膠置杯架幾乎整個被壓扁，僅剩塑膠的厚度。

(7)壓縮鋁箔包：

4.6 cm	3.6 cm	1.7 cm
		
0.3 cm	壓縮結果：0.3cm	與原來形狀比較
		

◆壓縮鋁箔包的實測結果是：

- ①鋁箔包側高從 4.6 cm 被壓至剩 0.3 cm，共被壓縮 4.3cm，約是原高度的 93%。
- ②鋁箔包幾乎整個被壓扁，僅剩鋁箔的厚度。

實測結果：我們總共壓縮了七種回收物，壓縮高度的比率由最佳至最差，依序為：鋁箔包、塑膠置杯架、咖啡紙杯、塑膠果凍杯、軟保特瓶、牛奶盒、硬保特瓶。

2.進行壓縮實測時發生的問題與解決：

(1)滲水問題：在注水推動大針筒時，雖然大針筒會上升，但有少許的水會滲出。

◆解決方法：利用針筒和水管將滲出來的水吸出。



(2)水量大過重的問題：大針筒在注水後，水位越高水的重量也越重，當每個針筒近 1000ml 時，原本的 L 型瓦楞板無法承受重量而歪斜，造成三個針筒都往下掉。



◆解決方法：我們保留了支架上大針筒側邊用 L 型瓦楞板支撐，然後加強大針筒下方的支撐，在每個大針筒下方用一個保特瓶做支撐，改良後大針筒就不會再往下掉了。

用 600ml 的保特瓶，從上方切掉 1/3 的高度，讓開口變大、剩 2/3 的瓶身，再將大針筒的瓶口放入開口變大的保特瓶中。



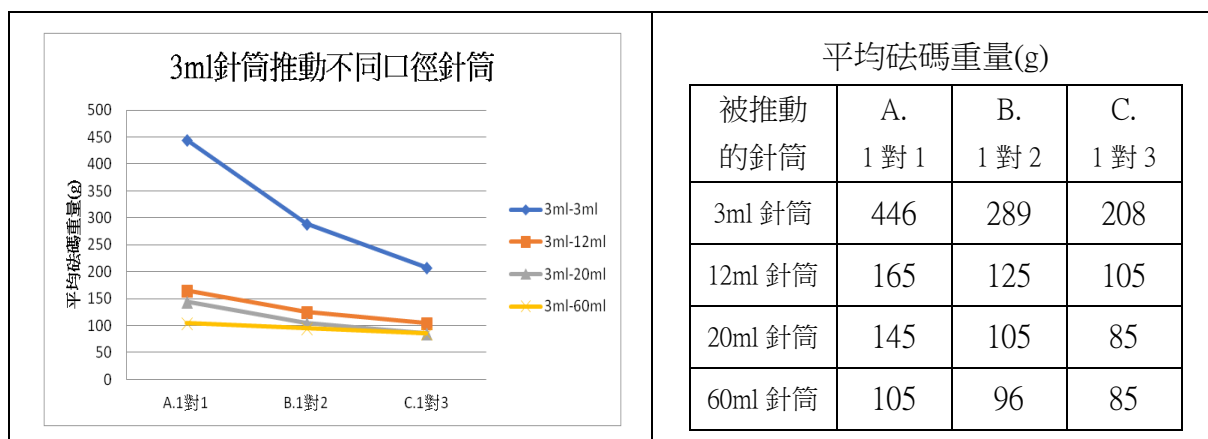
在保特瓶瓶身鑽一個孔洞，大針筒的瓶蓋鎖緊後，將水管從孔洞穿出來，再接上四通閥。

伍、討論

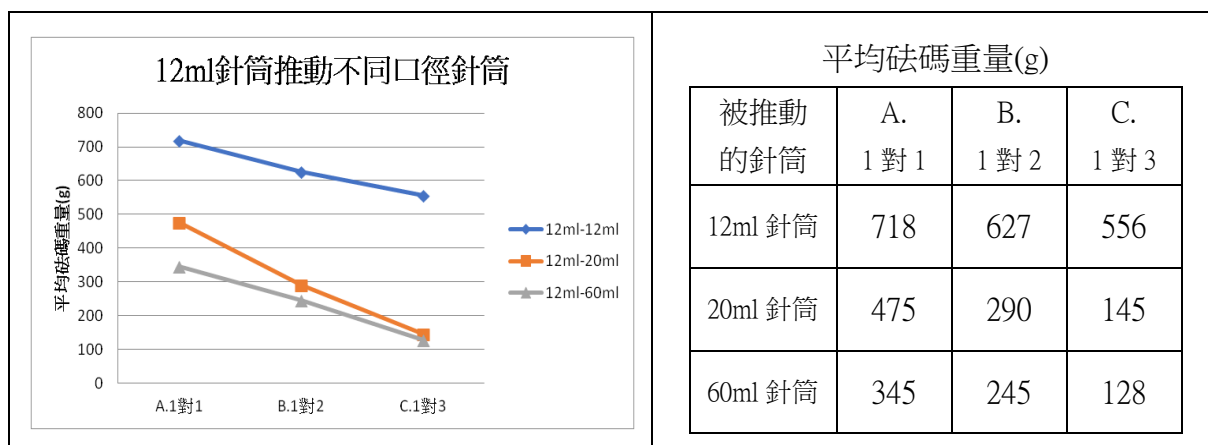
一、在帕斯卡原理的實驗中，用四種內部直徑不同的針筒，以不同的組合進行推動針筒的實驗，不同口徑的組合時其砝碼重量有何規律？

1.以同一口徑的針筒推動不同口徑的針筒時：

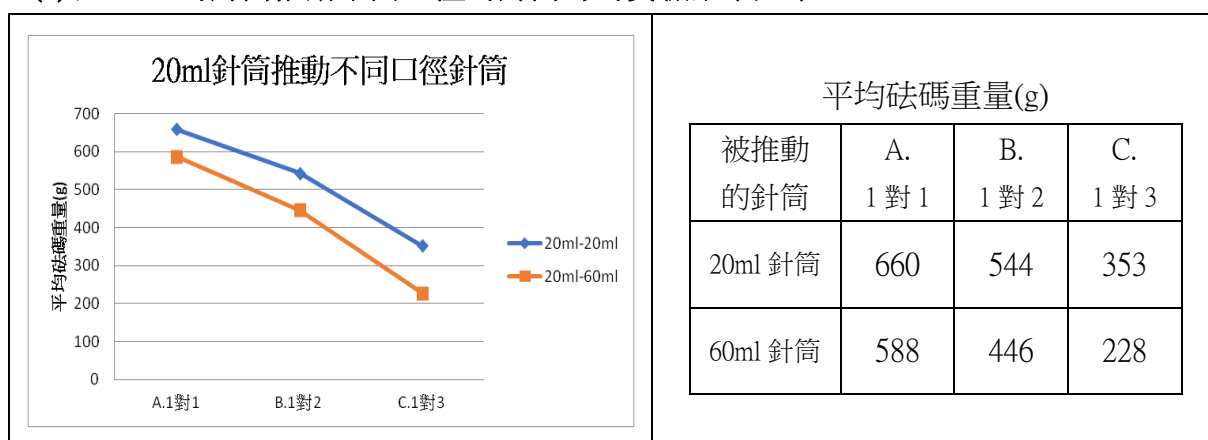
(1)以 3ml 的針筒推動不同口徑的針筒時的實驗結果如下：



(2)以 12ml 的針筒推動不同口徑的針筒時的實驗結果如下：



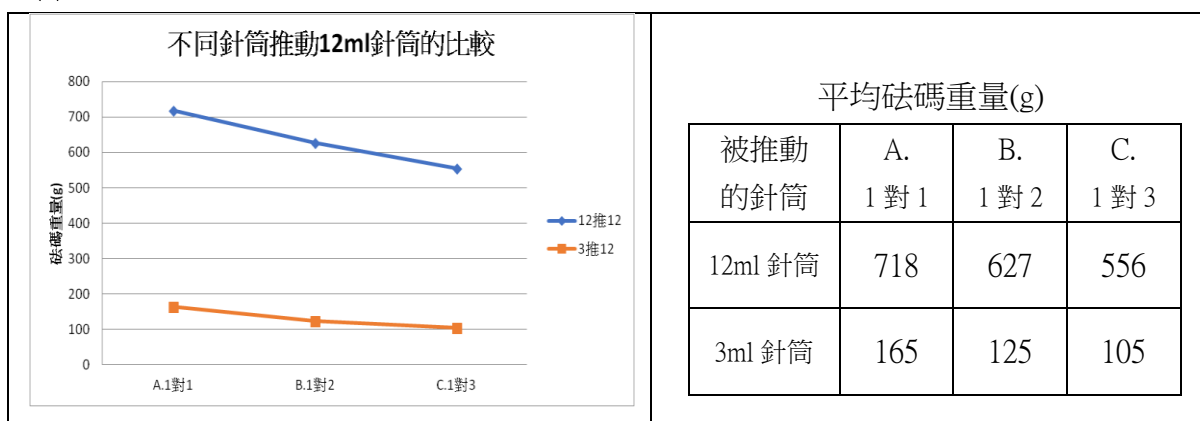
(3)以 20ml 的針筒推動不同口徑的針筒時的實驗結果如下：



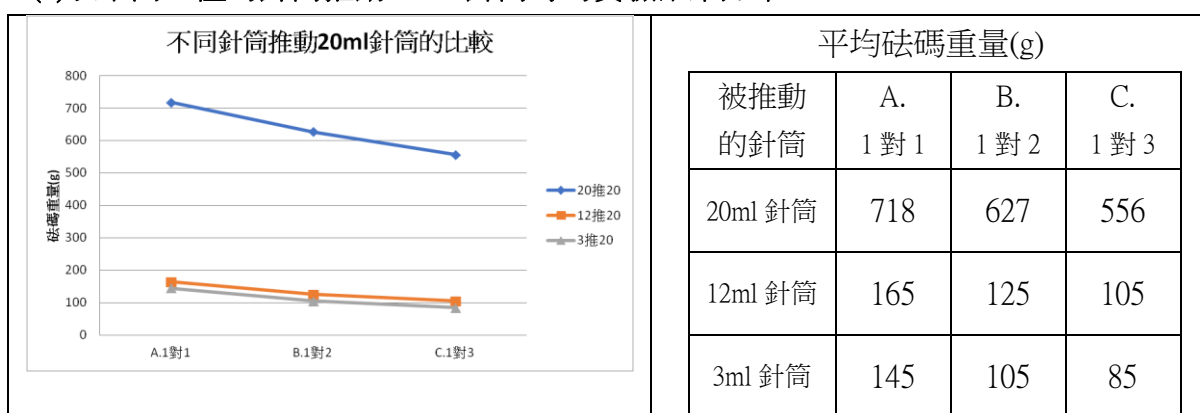
由以上三組實驗結果可以發現：①實驗 A 中，使用同一口徑針筒去推動的針筒口徑越大，所需的砝碼重量越輕，實 B 與實驗 C 亦同。②同一個實驗中，推動的針筒數越多，所需的砝碼重量越輕。

2.以不同口徑的針筒推動同一口徑的針筒時：

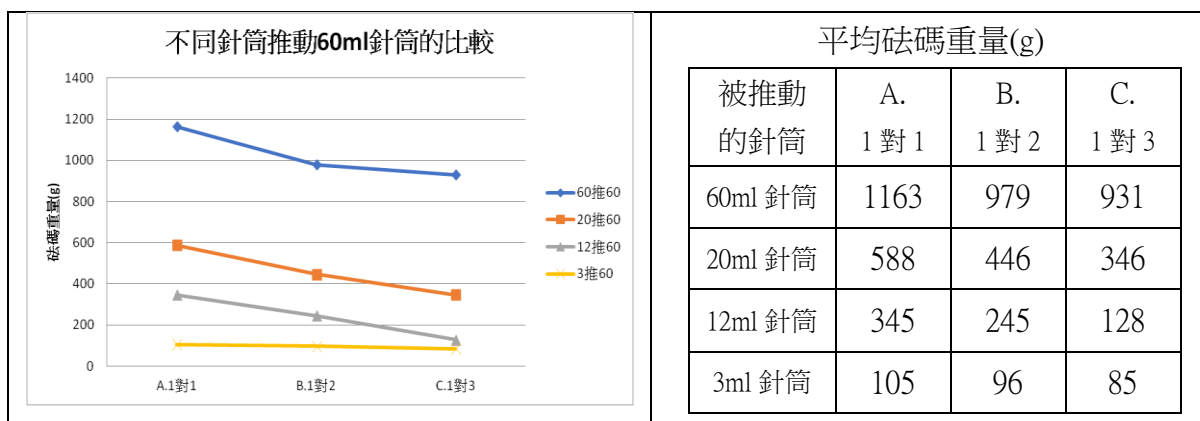
(1)以不同口徑的針筒推動 12ml 針筒時的實驗結果如下：



(2)以不同口徑的針筒推動 20ml 針筒時的實驗結果如下：



(3)以不同口徑的針筒推動 60ml 針筒時的實驗結果如下：



由以上三組實驗結果可以發現：①實驗 A 中，使用越小口徑的針筒推動同一口徑針筒，所需的砝碼重量越輕，實 B 與實驗 C 亦同。②同一個實驗中，推動的針筒數越多，所需的砝碼重量越輕。

綜合以上的實驗結果發現：









- ①使用同一口徑針筒去推動的針筒口徑越大，所需的砝碼重量越輕。
- ②使用越小口徑的針筒推動同一口徑針筒，所需的砝碼重量越輕。
- ③同一個實驗中推動的針筒數越多，所需的砝碼重量越輕。

二、以帕斯卡原理製造的回收物壓縮機，在壓縮不同的回收物時，壓縮比率有何不同？

1.實測七種回收物的壓縮情形，統計如下表：

回收物	咖啡紙杯	塑膠果凍杯		軟保特瓶		硬保特瓶		牛奶盒	塑膠置杯架	鋁箔包
部位	開口	開口	底部	開口	底部	開口	底部			
原來高度(cm)	9.3	9.6	6.2	6.3	6.3	6.7	7	10	9.2	4.3
被壓縮高度(cm)	8	5.6	2.4	2.6	3.3	2	0.5	3.6	8	0.3
壓縮比率	86%	56%	39%	41%	48%	30%	7%	40%	87%	93%

2.七種回收物壓縮後與原來形狀的比較：

<p>①咖啡紙杯</p>  <p>可壓縮到只剩紙的厚度</p>	<p>②塑膠果凍杯</p>  <p>杯底較堅固、不易被壓縮</p>	<p>③軟保特瓶</p>  <p>開口處較堅固、不易被壓縮</p>
<p>④硬保特瓶</p>  <p>瓶底非常堅固、不易被壓縮</p>	<p>⑤牛奶盒</p>  <p>被壓縮到開口封住了空氣後，就停止壓縮。</p>	<p>⑥塑膠置杯架</p>  <p>可壓縮到只剩塑膠的厚度</p>
<p>⑦鋁箔包</p>   <p>可壓縮到只剩鋁箔的厚度</p>		

3.以壓縮比率討論回收物的材質特性：

壓縮效果	壓縮比率	回收物(材質) (依壓縮比率高低排序)	回收物的材質特性
(1)壓縮效果較佳	80%~100%	鋁箔包(鋁箔) 塑膠置杯架(塑膠) 咖啡紙杯(紙類)	物品的材質不特定，材質偏軟，且物品各部位的厚薄一致，容易壓縮。
(2)壓縮效果次佳	40%~79%	塑膠果凍杯(塑膠) 軟保特瓶(塑膠) 牛奶盒(紙類)	物品的材質不特定，材質偏硬，且物品各部位的厚薄不一，特別是底部有加強厚度，故不易壓縮。
(3)壓縮效果較差	0~39%	硬保特瓶(塑膠)	塑膠材質且偏硬，物品各部位的厚薄不一，底部有加強厚度，故不易壓縮。

三、以帕斯卡原理製作的回收物壓縮機，在壓縮回收物時的優缺點及改良方向為何？

這次我們以帕斯卡原理製作的回收物壓縮機，成功的壓縮了一些回收物，我們發現這個回收物壓縮機的**優點是**：1.驗證了運用帕斯卡原理的確可以做出一個回收機壓縮機；2.只需要用小的力量，就可以把回收物壓縮。**缺點是**：1.小針筒的容量太小，要重複多次推壓的動作；2.在重複多次開關與推壓針筒的動作後手會酸，3.要花費許多時間去開關流量調節閥。

雖然我們做的回收物壓縮機可以壓縮一些回收物了，但在壓縮回收物的時候，我們還是一直在想可以如何**改良**回收物壓縮機，目前想到兩個方向：1.改變針筒的材質，減少針筒的摩擦力，使針筒的推壓更省力；2.將小針筒的容量加大，降低重複推壓的動作次數；希望可以把回收物壓縮機再進一步的改良。

陸、結論

一、帕斯卡原理的實測與結果

- 1.以木板和針筒製作帕斯卡原理的實驗裝置。
- 2.以四種不同口徑的針筒進行不同的組合，設計 10 個實驗來實測，結果發現：
 - (1)使用同一口徑針筒去推動的針筒口徑越大，所需的砝碼重量越輕。
 - (2)使用越小口徑的針筒推動同一口徑針筒，所需的砝碼重量越輕。
 - (3)同一個實驗中，推動的針筒數越多，所需的砝碼重量越輕。

二、回收物壓縮機的製作與實測

- 1.應用帕斯卡原理製作回收物壓縮機：
 - (1)以果汁瓶和餅乾罐自製大針筒。
 - (2)回收物壓縮機的主體以木板製作，進水裝置用水管、針筒和流量通閥組成。
- 2.回收物壓縮機實測後可成功壓縮回收物，實際壓縮七種回收物的結果如下：
 - (1)壓縮比率達 80%以上的有：鋁箔包、塑膠置杯架、咖啡紙杯。
 - (2)壓縮比率在 40%~79%的有：塑膠果凍杯、軟保特瓶、牛奶盒。
 - (3)壓縮比率在 0%~39%的是：硬保特瓶。

柒、參考資料

武居昌宏（2012）。世界第一簡單流體力學。新北市：世茂出版。

土炮液壓機!不只是果汁機，還要炸爆你手機!!（2020年7月1日）。LIS 情境科學教材。2021年10月12日，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=QsWISw-WAjq>

巴斯卡原理（2015年6月14日）。平興國中理化陳老師。2021年10月18日，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=HBesefpPrbU&t=250s>

帕斯卡定律（2021年4月26日）。維基百科。2021年10月5日，取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B8%95%E6%96%AF%E5%8D%A1%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

帕斯卡原理動畫（2015年1月14日）。國中理化教學資料庫。2021年10月8日，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=RE2Rq15fFvw>

液體大力士帕斯卡定律（2013年9月23日）。大愛電視：生活裡的科學。2021年10月15日，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=I3OH5CbJCRQ>

附錄、研究心得

◆甲同學的心得：

在四年級的一節線上自然課時，我和兩位同學被叫留下來，問我們對科展有沒有興趣，那時的我，根本不知道科展是甚麼，但是聽起來挺有趣的，所以我就參加了。剛開始，老師給個我們功課，功課內容是，要我們到科展的網頁上，找一篇自己喜歡的主題，並把它寫成報告書，我目前還覺得滿簡單的，一直到徵選都沒問題，但是難的是想科展主題。

剛開始想主題時花了不少時間，最後大家決定是帕斯卡原理，我覺得這個主題很有趣，因為用小小的力量，居然可以產生更大的力量。我們了解原理後就立刻著手進行實驗設計，我們上網找了一些影片，發現他們很多人都是用針筒來做實驗，所以我們也立刻開始畫設計圖、買材料、進行製作實驗裝置，同學畫的設計圖改了多次後才終於完成。

做實驗的時候有點辛苦，尤其是接管時，手常常會弄得很痛，還有就是實驗遇到瓶頸的時候，常常要一直想怎麼解決，想了好幾節課、試了很多種辦法，最後才終於解決。剛開始的時候我們是兩個人一起做一個實驗，後來發現這樣效率太差，我們又做了一個實驗裝置，兩個實驗裝置同時進行，效率提高許多，開始做實驗時有點枯燥乏味，但是看到實驗結果越來越精準時，心中有種說不出的感動。

到後期我們做實驗變得很趕，因為時間所剩不多，所以我們必須加緊速度做實驗，不過因為有時間的壓力，所以會變得很緊張，而且，因為實驗加速重新接管子的次數，變多變頻繁了，換管時管子跟通閥之間的距離很小，要鑽那個很小的縫隙，手常會弄到會痛，還滿不舒服的，而且，常常一直做也挺煩的。不過因為做實驗有時會聊天放鬆一下心情，還有實驗有時會發生一點小小的笑料，所以也不致於感到太煩。我很謝謝給我這次機會的老師，讓我可以體驗科展這個活動，也謝謝跟我合作的同學。

◆乙同學的心得：

我第一次聽到科展這個詞的時候，是我四年級下學期的學期末，當時因疫情爆發改為線上上課，在一次自然線上課結束時，問我和另一位同學對科展有沒有興趣？要不要加入科展團隊？我想了一想，因為好奇所以我選擇加入。

我們在暑假期間每一個禮拜要找一篇喜歡的科展作品，寫出觀後報告和感想，總共要寫出四篇報告，而且最後一個禮拜還要想一個自己想做的主題，在開學的時候報告。到了開學第一天科展的集合，我們用自己做的投石機進行了一場淘汰賽，在經過暑假的報告和投石機比賽後，老師淘汰了我們五年級新生中其中一人，我成功地通過考驗，正式成為科展隊員。

開始進行科展後，我們四個隊員各自選一個主題向大家報告，最後投票選出一個主題當作本次科展的正式主題。在找主題的時候，我參考了網路上的資訊或家裡現有的書籍，一開始沒有什麼方向，一直覺得主題不好找。後來，在網路上偶然看到了有關帕斯卡原理的影片，

覺得很有趣，查了許多資料後提出了這個主題，我們經過兩階段的投票，我的主題當選了這次科展的題目：帕斯卡壓縮機的製作。

我們開始準備實驗器材，沒想到在一開始在選擇材料的過程就遇到了困難，例如：材料不夠堅固、無法保持針筒的水平…等。經過一番嘗試，最終使用了堅固的木頭當作實驗裝置的底座，才解決了棘手的問題。放寒假時，因為疫情升溫的原因，市政府規定所有的寒假活動和社團活動都要暫停，無法在學校做實驗，後來租了我家社區的會議室繼續進行實驗，但進度有點落後，於是在開學課後我們就多騰出課後時間來完成後續的實驗。

開學後，正式進入了製作壓縮機的階段，一開始我們要先製作大針筒，結果又遇到了問題，主要是針筒內部橡膠的地方需要不會漏水又滑順的材質，經過一番測試後才決定用塑膠地墊來做，但是常常在測試的時候又發生漏水的問題，大針筒無法順利向上推，所以我就一直重做、修改、重做、修改……，大概做了二十個左右才成功。

後來我們用木板釘出回收物壓縮機的主體，再接上大針筒、小針筒、水管和各種通水閥，才終於完成壓縮機的製作，可以進行回收物的壓縮階段，我們找了幾種回收物來壓縮，從比較軟的紙杯到比較硬的保特瓶都有。在壓縮的過程中我們每次都得推拉針筒幾十次，到後面就會感覺到每一次拉手就會感覺痠痠的，每推一次就會感到大拇指和食指之間有一種痛感，但是看到回收物成功被壓縮時候，那種喜悅就把那些痛給蓋過去了。

很榮幸的被甄選上科展團隊，一起經歷科展的酸甜，我覺得科展最重要的是不屈不撓的實驗精神，遇到阻礙時學習努力思考進而解決問題。而且，我喜歡和同學一起合作，也喜歡看著實驗成果一點一滴的逐漸完整。參加科展對我來說，不只是為了一個得到榮譽的機會，也是讓我學習到如何將一篇報告從無到有產出的過程，這真的是一次很珍貴的體驗。

◆丙同學的心得：

在我剛做完第一年的科展時，老師就問我要不要繼續做下一年的科展，我當然是十分樂意繼續做科展的，暑假的時候，老師要我們選擇一個自己有興趣的主題，寫成一篇報告，並在開學後和其他夥伴分享。做科展最重要的就是選擇主題，我當時對回收塑膠微粒十分有興趣，所以我尋找了家中的科學書籍和詢問家人關於這個主題的資訊，但還是因為遇到許多問題而落選，學弟的主題當選了，雖然我的主題沒有被選上，但我還是支持學弟的主題。

一開始我們做了一個小針筒和一個大針筒的實驗，我們遇到的最大問題是：材質不夠堅固，試了三種材質，最後木板來當實驗裝置的材料，解決了這個問題。要釘木板的時候，一覺得很難，因為我之前都沒有做過釘木板這件事不知道訣竅，幾次以後愈釘愈上手，釘得準確度和速度都有明顯的提升，釘木板讓我發現做事要細心，不然會把釘子釘歪，而且會破壞到木板。放寒假時，疫情再次爆發，市府規定學校不能進行社團活動，於是只能用同學家的會議室做實驗，但是要付費，開學後實驗進度還是落後，所以利用每周三來下午補進度。

我們的回收物壓縮機，是運用帕斯卡原理設計的，利用餅乾罐和果汁瓶來製作大針筒，用小針筒去推動大針筒，再推動木板壓縮回收物。可是大針筒的製作卻一直遇到漏水的問題，因為水會從果汁瓶和餅乾罐之間的縫隙流出來，但又不能沒有空隙，試了很多方法，最後才利用塑膠地墊和橘色的橡膠片把縫隙填滿，才解決這個問題。

後來我和學弟用木板釘出壓縮機的主體，再接上各種管線，才終於開始壓縮回收物。我們先壓咖啡紙杯，當我看到咖啡紙杯被壓扁的時候，真的覺得十分開心，因為做了這麼久的改良與實測終於有了結果，接著壓果凍杯和保特瓶，也都有把它們壓縮了部分高度。

每次做科展都讓我學到了許多東西，原本不知道帕斯卡原理是什麼，是因為加入了今年的科展才知道的，而且我做事一向很粗魯，但是做科展不能粗魯，所以做科展也讓我做事變的細心了，而且我也學到頭腦要隨時清醒和夥伴一定要互相合作，才會有準確的數據，參加科展的收穫真的很多。

◆丁同學的心得：

這次是我做科展的第二年，這次跟第一年不一樣，一開始的時候有三位學弟，老師要大家做暑假報告和投石機來決定要留下哪兩位學弟，再跟我們兩個五升六年級的學長組成今年的科展團隊。經過我們四個學生多次的報告和修改，我們決定用一位學弟的題目：帕斯卡原理，而且我們想要做一台利用帕斯卡原理做的回收物壓縮機。

一開始我們只做了一個實驗裝置，大家一起做小針筒對大針筒的實驗，後來為了加快速度，又做了一個實驗裝置。關於帕斯卡原理的實驗總共要做大約 900 次的實驗，真的還蠻累的，但是我們還是努力的做完了。

這次科展最有趣的地方是去學弟社區的會議室，因為新冠肺炎疫情的關係，所以我們不能在學校做實驗，於是就借了一個學弟家社區的會議室來做實驗，我們一次就做了整個早上，從八點到十二點總共四小時。雖然累，但是因為旁邊是遊戲室，中間下課時可以去玩一下，而且學弟媽媽還有準備水果給大家吃，這是我覺得最高興的地方。

開學後大家非常非常的忙、非常非常的辛苦、非常非常的趕，因為我們要把全部的實驗做完，還有重做有問題的數據，所以非常的忙，忙到很少休息時間，還有重複做同樣的事情，讓大家非常的累。

這次跟以前學到的東西跟以前不一樣，因為以前是學長帶我們學弟做實驗，現在變成我們學長要帶學弟做實驗，讓我學到如何帶領學弟做實驗，還有帕斯卡原理是我們原本不知道的原理，實驗中期的時候我們六年級的自然課才上到，但是我已經經過老師、網路、書本的內容，知道了帕斯卡原理計算和應用，這是這次科展最大的收穫。