

中華民國第 63 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(二)

佳作

082908

柏努利吸盤真厲害

學校名稱：新北市私立及人國民小學

作者： 小六 謝昊呈 小六 陳稚捷 小六 江品茂 小六 劉恩汝	指導老師： 吳俊良 黃湘羽
---	-----------------------------

關鍵詞：柏努利原理、吸盤

摘要

生活有多元吸附物品方式，如磁力、吸力。而磁力只能吸附鐵和磁鐵或利用吸力抽取近似真空來吸附物品。當我們了解柏努利原理可產生吸力後，便想利用此原理製作吸盤，可輕鬆的吸起物品而不破壞物體表面，本研究結果發現 1. 在水管吸塵器和兩紙張吸引實驗中要先造成兩端或內外氣流速不同，造成壓差形成吸力現象。2. 不同開縮口比較其吸管吸附水位產生壓差現象。3. 柏努利概念吸盤吸附物面積需大於噴氣口尺寸，方可吸附。4. 自製柏努利吸盤可吸附平均最大載重約 191.22 克且吸附平均落差高度可達 84.3 公釐。5. 吸附物以重量輕、面積適中、粗糙面及吸附部位是平坦片狀為主。以上這些研究讓我們發現"吸力"的多元性，希望能更有效提供在日常生活中的便利性！

壹、前言

一、 研究動機

柏努利原理告訴我們當流體物質在流動時，流動速度越快則產生的壓力相對越小。生活中有許多的例子，如：在兩張紙間吹氣時發現紙間的的空氣流體流動速度變快，使得氣壓也相對變小造成紙張相互靠近，形成吸力的現象。引發我們對此現象的研究興趣。

二、 研究目的與問題

(一)研究目的

1. 了解柏努利原理及壓差作用。
2. 設計柏努利吸盤模型。

(二)研究問題

1. 探討水管吸塵器與紙張之柏努利現象？(實驗設計)
2. 探討流體在柏努利現象的變化？(資料分析、實驗設計)
3. 探討柏努利概念吸盤吸附物品材質、面積與承載重量的關係？(實驗設計)
4. 探討柏努利概念吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差關係？(實驗設計)
5. 設計改良柏努利吸盤模型及測試。(實驗設計)

三、文獻回顧

(一)歷屆科展相關資料分析

經過我們在科展群傑廳網站查詢關於柏努利的相關資料，可以把資料大致分成二類型，而這二類型可分為探討自然現象和物品自製

1. 自然現象：

(1)第 53 屆 七月鬼風颳~金門塵卷現象的研究，他們研究流體力學中的柏努利定律形成低氣壓中心，最終造成龍捲風的現象。其中的流體力學便是依據自然現象探討的。

(2)第 56 屆風「颳」走了蓋 — 在自製風源下，影響容器頂蓋受力情形之探討，他們探討水塔蓋被吹走的物理原理為何，並且最終發現是因為柏努利定律的影響。

2. 物品自製：

(1)第 55 屆 風去橫生-無葉片電風扇的製作與研究，他們希望能了解無葉片電風扇與風力大小的關係，並且製作與研發出更好的無葉片電風扇。當中的製作與研發也間接證明出當中的無葉片電風扇是自製的。

(2)第 55 屆 累死人抽水機~吸管抽水機之探討，他們依據轉速愈快，抽水機抽水速度越快和吸管抽水的粗細、角度及長度，了解與探討吸管抽水機。

而本實驗的主題是**利用高速氣體在不同管徑流動形成壓力差產生吸力之吸盤研究**，目前在網站搜尋並沒有找到類似的作品。

(二)非科展研究相關資料分析

無接觸吸盤是一種依據柏努利定律使吸盤與吸附物件的接觸面積非常小，吸附物件就像漂浮在吸盤氣墊一樣。無接觸吸盤適用於極其脆弱的物件。極高的吸抽能力能夠補償搬運透氣性吸附物件時所產生的洩漏。(資料來源：SCHMALZ 網站)

貳、研究設備及器材

一、 材料：

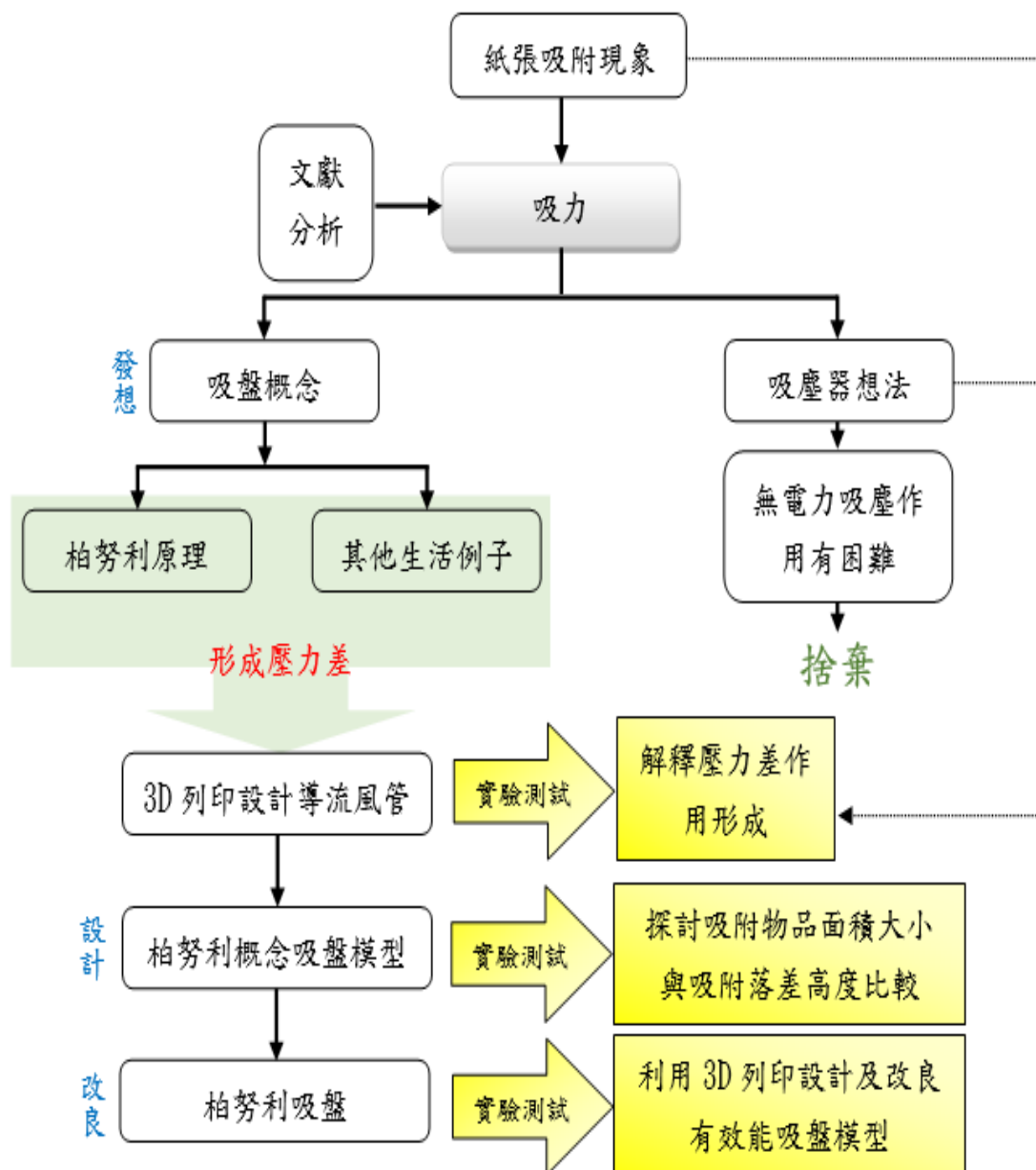
棉線、雙面膠、絕緣膠帶、木板、珍珠板、風扣板、吸管、壓克力板、膠帶、3D 列印線材、3D 設計軟體、油土、熱熔膠、束帶、皺褶紙、冰棒棍、保麗龍、迴紋針、漆包線、瞬間膠、凡士林、氣球、風箏線、泡棉膠。

二、 器材：

3D 印表機、水平儀、鐵尺、塑膠尺、量測平台、吹風機、剪刀、美工刀、壓克力刀、熱熔槍、噴射幫浦、銼刀、尖嘴鉗、砝碼、塑膠盆、酒精燈、風扇、風速計、燒杯、小吸盤、切割墊、鐵棒、螺絲起子、手機照相機。

參、研究過程或方法

一、研究流程圖



二、探討水管吸塵器與紙張之柏努利現象

(一)紙張間的柏努利現象

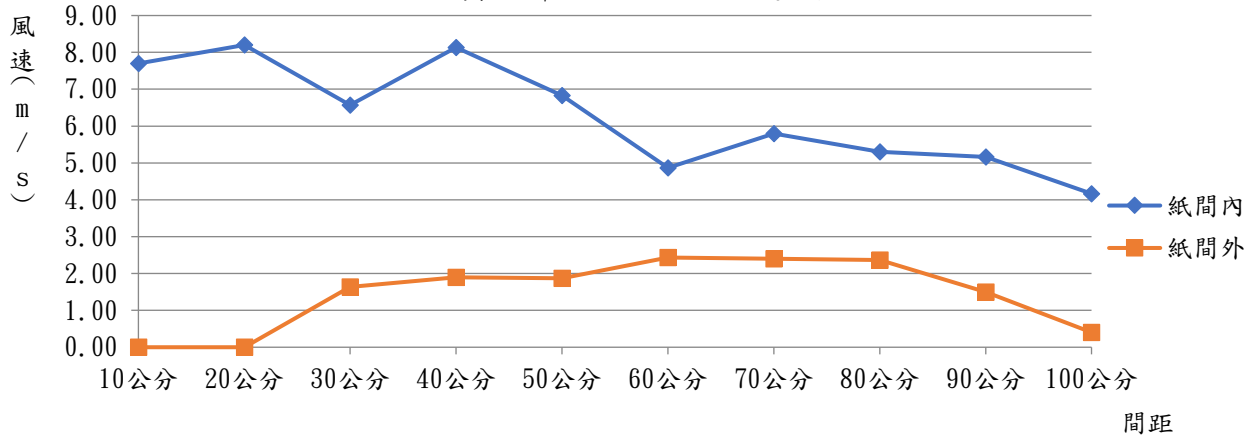
利用束帶將噴射幫浦固定於鐵架上	實驗設計圖	測試紙張與幫浦的間距造成紙張間及外的風速差異性
測量紙張外的風速大小	利用鉛錘線標定位置距離	量測其風速大小

實驗記錄

單位：m/s

間 距 \ 次 數		次 數				間 距 \ 次 數		次 數			
		第一次	第二次	第三次	平均			第一次	第二次	第三次	平均
10cm	紙間內	7.8	7.9	7.4	7.70	60 cm	紙間內	4.8	4.9	4.9	4.87
	紙間外	0	0	0	0.00		紙間外	1.6	1.8	3.9	2.43
20cm	紙間內	8.2	8.4	8.0	8.20	70 cm	紙間內	6.0	5.7	5.7	5.80
	紙間外	0	0	0	0.00		紙間外	2.7	2.6	1.9	2.40
30cm	紙間內	6.4	6.1	7.2	6.57	80 cm	紙間內	5.5	5.4	5.0	5.30
	紙間外	1.1	2.6	1.2	1.63		紙間外	2.2	2.5	2.4	2.37
40cm	紙間內	7.8	7.8	8.8	8.13	90 cm	紙間內	5.3	5.2	5.0	5.17
	紙間外	1.5	1.7	2.5	1.90		紙間外	1.5	1.4	1.6	1.50
50cm	紙間內	7.2	6.5	6.8	6.83	100 cm	紙間內	4.2	4.0	4.3	4.17
	紙間外	1.8	1.9	1.9	1.87		紙間外	0.6	0.2	0.4	0.40

紙張和噴射幫浦距離間風速測試



(二) 利用市售排水軟管轉動造成空氣流動形成吸力現象

<p>轉動排水軟管，觀察桌上衛生紙被吸附後從另一管口排出</p>	<p>如何使風速計與排水軟管結合與測量</p>
<p>利用絕緣膠帶將風速計與排水軟管固定在一起</p>	<p>站離黑板一段距離，利用左手握住離管口一段長度且左手水平對準黑板上的圈點位置，以手肘自然方式彎曲，並觀察其風速計其最大風速值，並在不同長度軟管甩動記錄其風速大小。</p>

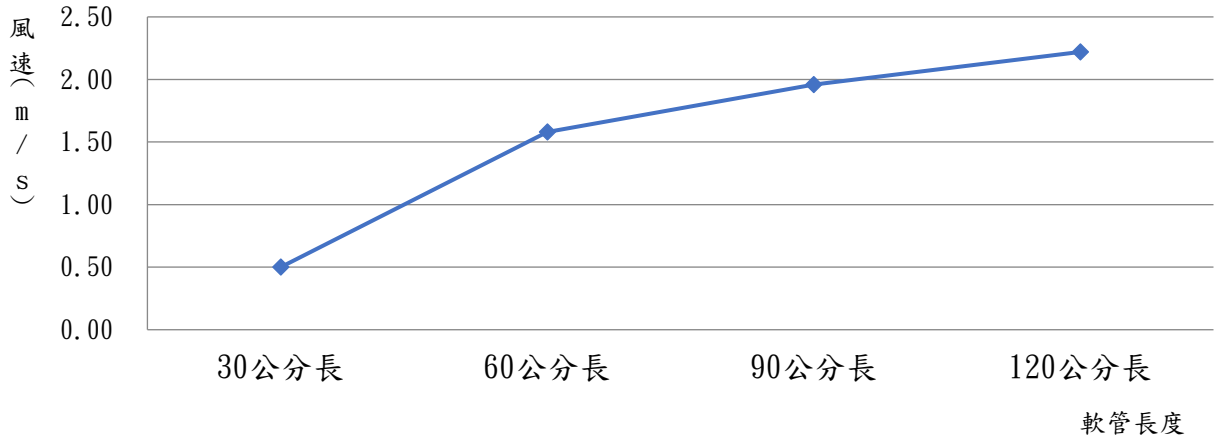
實驗記錄

風速：m/s

項次	項目	30 公分長	60 公分長	90 公分長	120 公分長
第一次		0.6	1.7	1.9	2.3
第二次		0.5	1.4	2.0	2.3
第三次		0.5	1.8	2.1	2.1

第四次	0.5	1.5	1.9	2.1
第五次	0.4	1.5	1.9	2.3
平均	0.50	1.58	1.96	2.22

不同軟管長度甩動與風速測量



三、探討流體在柏努利現象的變化

(一)了解柏努利原理

1. 理想的流體流動

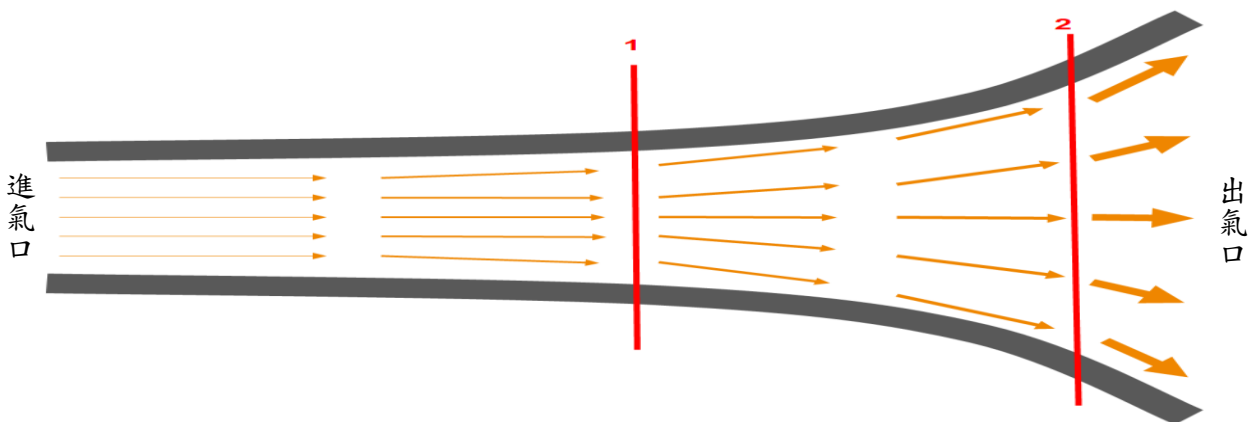
(1)無黏滯性(2)不可壓縮(3)穩定流動

2. 方程式

若在穩定流線上，則 $P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$ (壓力 P、密度 ρ 、速度 V)

從其上述方程式中可推知：當流體的流速快則產生的壓力小；流體的流速慢則產生的壓力大。

3. 比較


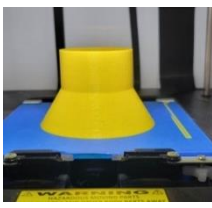
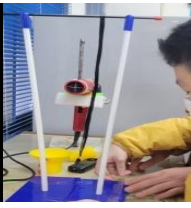
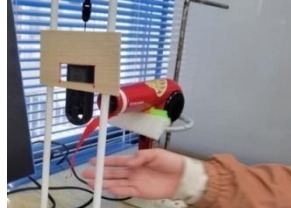
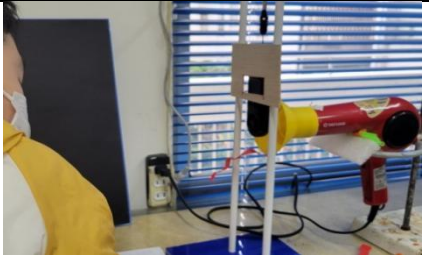

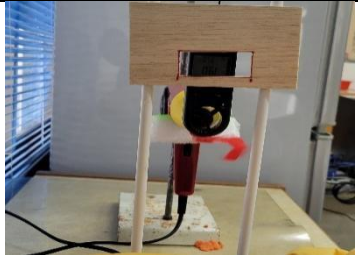


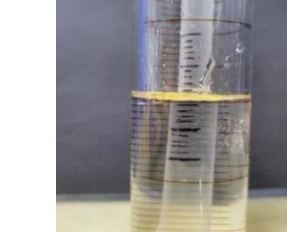


箭頭的長短表示流體的流速、箭頭的粗細表示其壓力大小

依據其方程式可以推知：位置 1 速度 > 位置 2 速度；位置 1 壓力 < 位置 2 壓力

(二)不同尺寸物件比較

1.利用 3D 列印設計出不同開口大小符合吹風機口測其風速及水位變化比較

	 	
討論如何設計 3D 列印模型的尺寸及比例	符合吹風機接口尺寸和吸管位置相同；架設吹風機和風速計	啟動吹風機測試一定距離的風速大小(原風速)
		
3D 列印開口模型風速測量	3D 列印縮口模型風速測量	觀察記錄其最大風速記錄
		
縮口模型的量筒中吸管內部水位下降且水噴濺現象	開口模型的量筒中吸管內部水位上升現象	開口模型的吸管內有水位上升

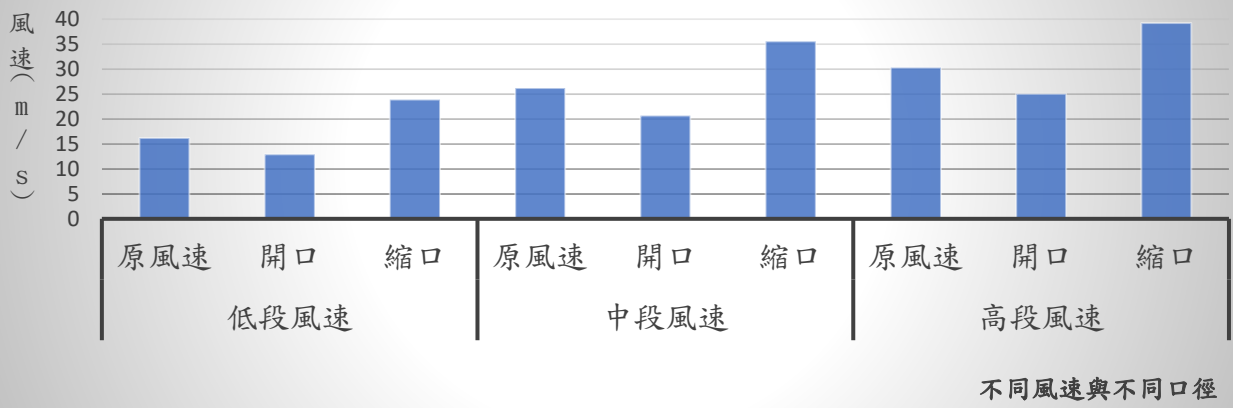
實驗記錄：

出口風速：m/s

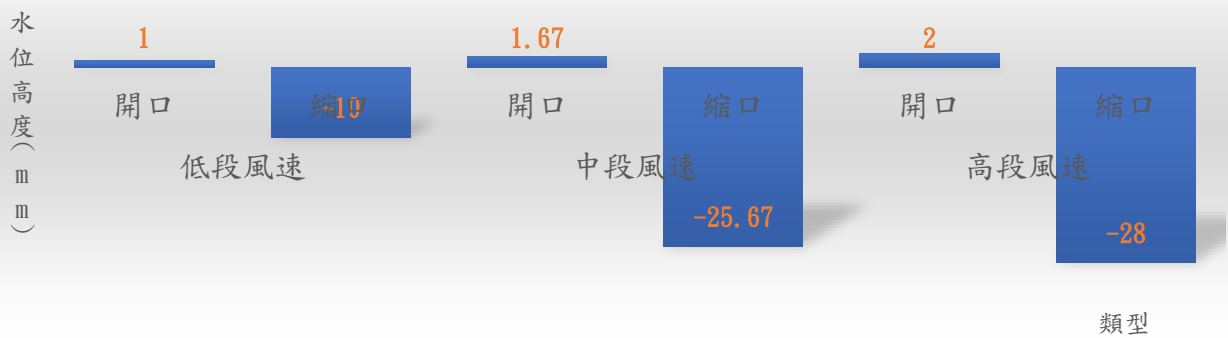
水位高低：mm

項目	低段風速 (原風速：16.17)		中段風速 (原風速：26.17)		高段風速 (原風速：30.3)		
	開口	縮口	開口	縮口	開口	縮口	
出口風速	12.9	23.9	20.67	35.57	25.07	39.23	
水位高度	第一次	+1	-10	+1.5	-26	+2	-27
	第二次	+1	-10	+1.5	-26	+2	-27
	第三次	+1	-10	+2	-25	+2	-30
平均	+1	-10	+1.67	-25.67	+2	-28	

不同段速與出風口的風速測量比較



吹風機不同風速與導風管開口比較



2. 改使用噴射幫浦測其風速及水位變化比較

利用風速計測試噴射幫浦的風速大小	縮口設計形成量筒中吸管內部造成明顯水噴濺出來	在量筒加入紅色色素，更容易辨別水位高度開口設計形成量筒中吸管內部水位有上升現象
開口設計加長導流管長度，發現吸管內部有明顯上升現象	比較： 物件1和2是同長度但出氣口分別是縮口與開口 物件2和3是開口大小相同但長度不同	


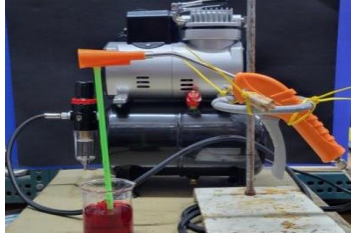
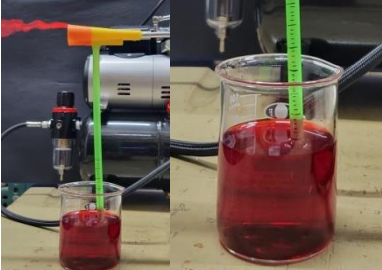
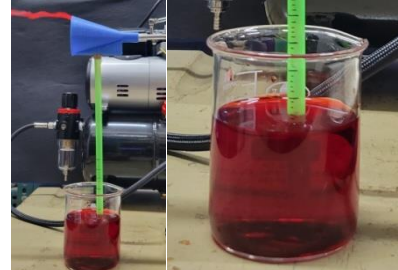
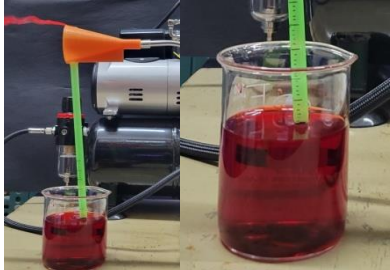
實驗記錄：

出口風速：m/s

水位高低：mm

項目	物件 1	物件 2	物件 3
次數	出口風速：60.2	出口風速：50.4	出口風速：48.3
第一次	無法紀錄	2	10
第二次	無法紀錄	2	10
第三次	無法紀錄	2	10
平均值	0	2	10

3. 改使用小型空壓機其風速及水位變化比較

		
<p>比較：</p> <p>(1) 四個物件的長度相同。</p> <p>(2) 物件 4 和物件 5 開口大小相同，吸管裝置位置不同。</p> <p>(3) 物件 6 和物件 7 開口大小相同，吸管裝置位置不同。</p>		<p>組裝空壓機和 3D 列印裝置</p>
		
物件 6 吸附杯內水位高低	物件 4 吸附杯內水位高低	物件 5 吸附杯內水位高低

實驗記錄：

出口風速：m/s







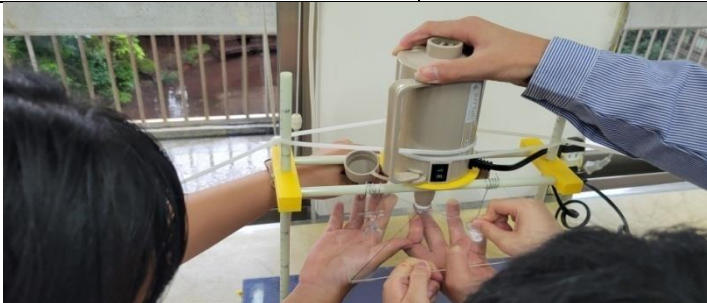
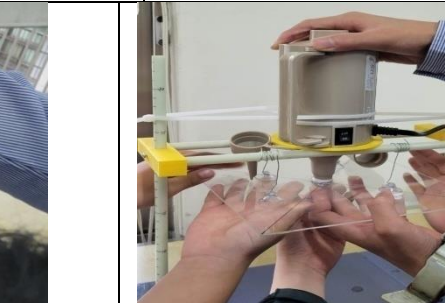
水位高低：mm

項目	物件 4	物件 5	物件 6	物件 7
次數	風速：15.5	風速：15.2	風速：17.5	風速：17.1
第一次	6	0	14	12
第二次	5	0	14	12
第三次	6	0	14	12
平均值	5.67	0	14	12


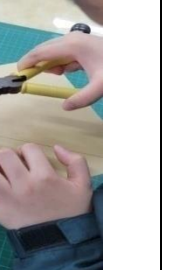





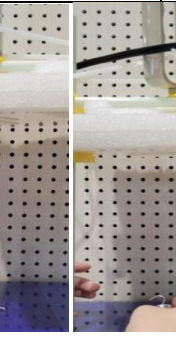


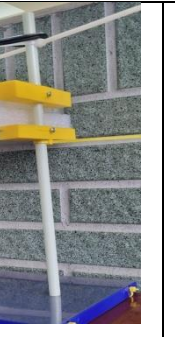
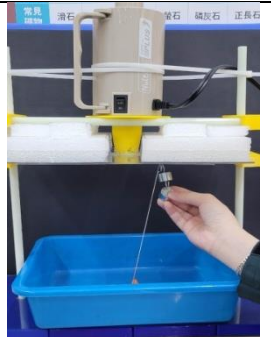
四、探討柏努利概念吸盤吸附物品材質、面積與承載重量的關係

1. 利用噴射幫浦架設取代吹風機

< 第一次 > 架設柏努利概念吸盤

					
使用壓克力切割刀	練習在壓克力板挖洞	練習在壓克力板挖洞	練習在壓克力板挖洞	設計支撐架	設計支撐架
					
架設裝置利用吸盤和鐵絲固定壓克力板			發現測試結果吸盤無法有效將壓克力板吸附住		

< 第二次 > 改良底板固定方式

					
利用針頭加熱挖洞	再利用銼刀磨平整	熱熔膠固定裝置噴嘴於壓克力板上	熱熔膠固定裝置噴嘴於壓克力板上	熱熔膠固定裝置噴嘴於壓克力板上	熱熔膠固定裝置噴嘴於壓克力板上
					
泡棉架設完畢降低噪音，測試使用，砝碼掉下會到處滾	泡棉架設完畢降低噪音，測試使用，砝碼掉下會到處滾	掛線避免下方壓克力板晃動過大跑掉	掛線避免下方壓克力板晃動過大跑掉	底部裝置小盆子，避免砝碼掉落到處跑	底部裝置小盆子，避免砝碼掉落到處跑

<第三次>改善吸附物附著方式

<p>改良在壓克力板上 3D 列印支撐架並套上氣球膜增加摩擦力阻擋物件吸引後晃動不穩</p>	<p>透過衛生紙的飛舞，知道風吹動的方向</p>	<p>可掛取多個砝碼不掉下來</p>

<第四次>改良底板材質

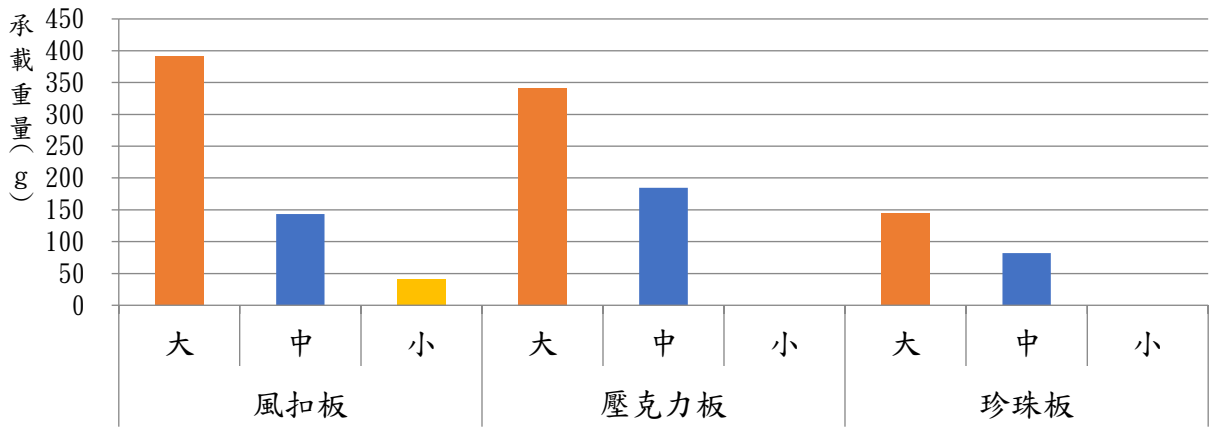
<p>改用風扣板可以改善吸附底板減少噪音與晃動</p>	<p>設計可拆式鋸齒型擋板防止吸附物件隨意滑動造成實驗誤差</p>	<p>使吸附物件穩定在噴口上且掛附砝碼</p>

吸附材質選定

<p>風扣板 表面略粗糙、硬度適中、有厚度</p>	<p>壓克力板 表面光滑、硬度大、較重且薄</p>	<p>珍珠板 表面略粗糙、硬度小、較輕且薄</p>
<p>『小』尺寸規格 45mm×45mm，以接近噴射幫浦的出風口直徑設計 『中』尺寸規格 90mm×90mm 則為小尺寸的邊長的 2 倍設計 『大』尺寸規格 195mm×195mm 以符合吸附底板的寬度為主</p>		

項目 次數	風扣板			壓克力板			珍珠板		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小
第一次	390.69	143.37	41.21	341.17	184.83	0	144.51	81.94	0
第二次	370.54	143.28	41.22	341.16	184.83	0	144.49	81.99	0
第三次	410.84	143.44	41.23	341.14	184.83	0	143.41	81.90	0
平均值	390.690	143.363	41.220	341.157	184.830	0	144.137	81.943	0

不同材質面積與承載重量比較



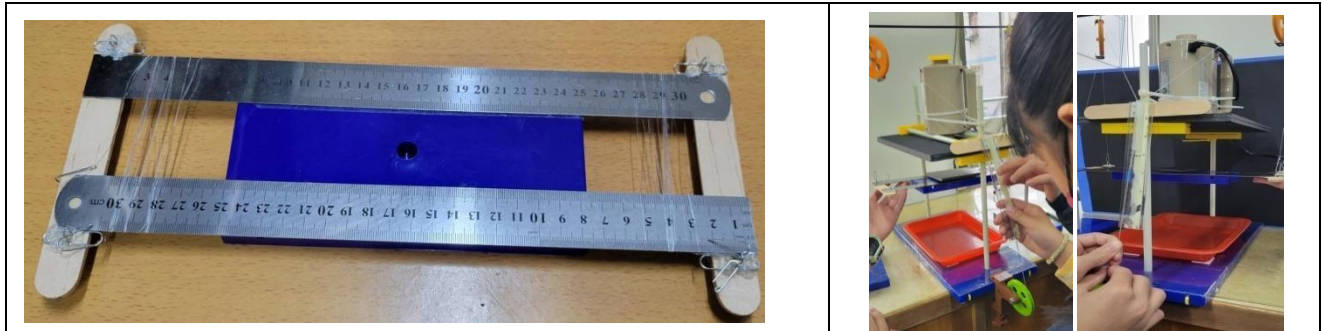
不同材質與面積大小

五、探討柏努利概念吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差關係

< 第一次架設 >

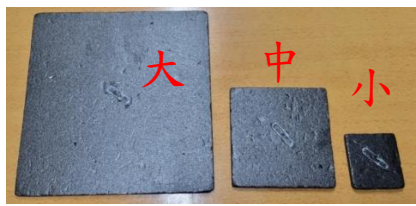
<p>利用兩組定滑輪架設吸附物件三角鐵尺升降台</p>	<p>透過定滑輪的特性，改變施力方向以及繩子的位移長度記錄其高度差</p>

<第二次改良>

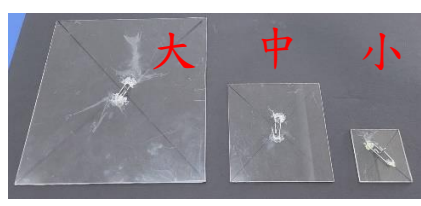


升降平台改成長方體並加裝底部硬平台。也由棉線改用鈎魚線降低繩子的彈性避免實驗誤差。

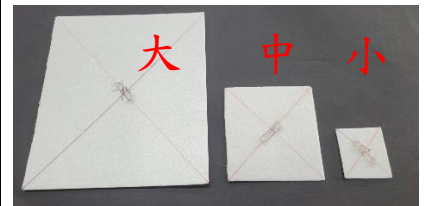
平台下方增加一組定滑輪穩定鈎魚線



不同尺寸風扣板



不同尺寸壓克力板



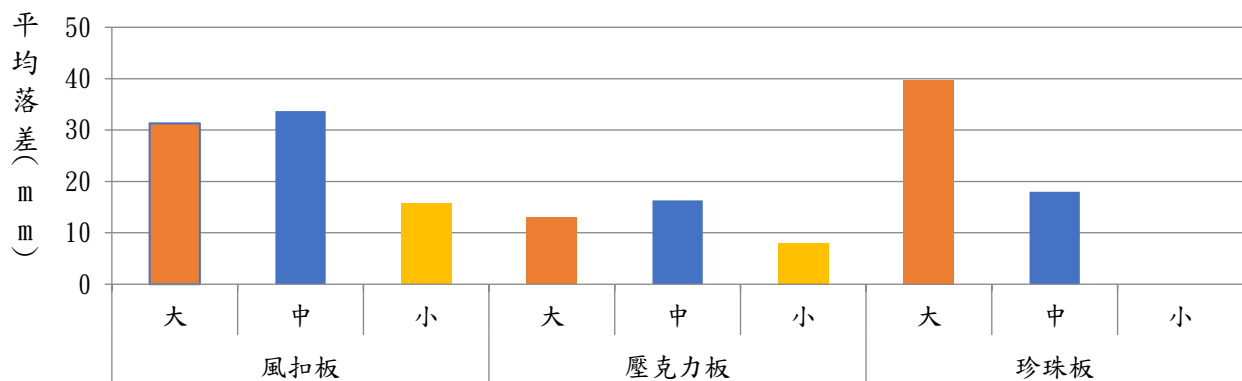
不同尺寸珍珠板

實驗記錄(噴氣口與吸附物品高度落差)

單位：mm

項 目 次 數	風扣板			壓克力板			珍珠板		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小
第一次	30	33	15	13	16	6	38	18	無法吸附
第二次	31	35	16	14	16	10	41	17	無法吸附
第三次	33	33	16	12	17	8	40	19	無法吸附
平均值	31.3	33.7	15.7	13.0	16.3	8.0	39.7	18.0	0

不同尺寸吸附物與吸附落差


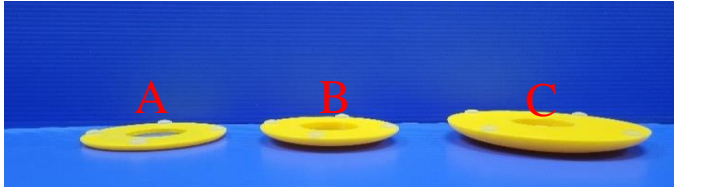
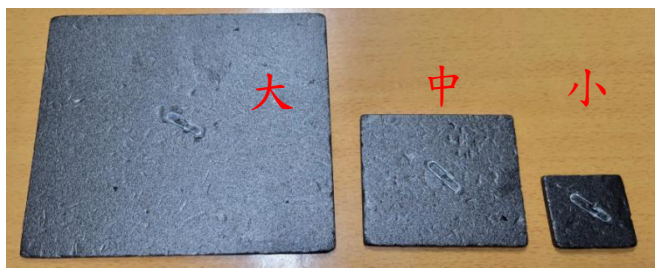
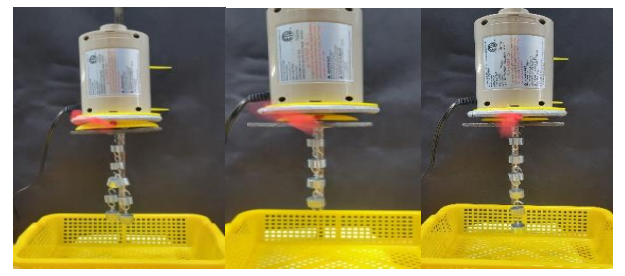


不同材質與面積大小

六、設計改良柏努利吸盤模組

(一) 第一代吸盤模組概念

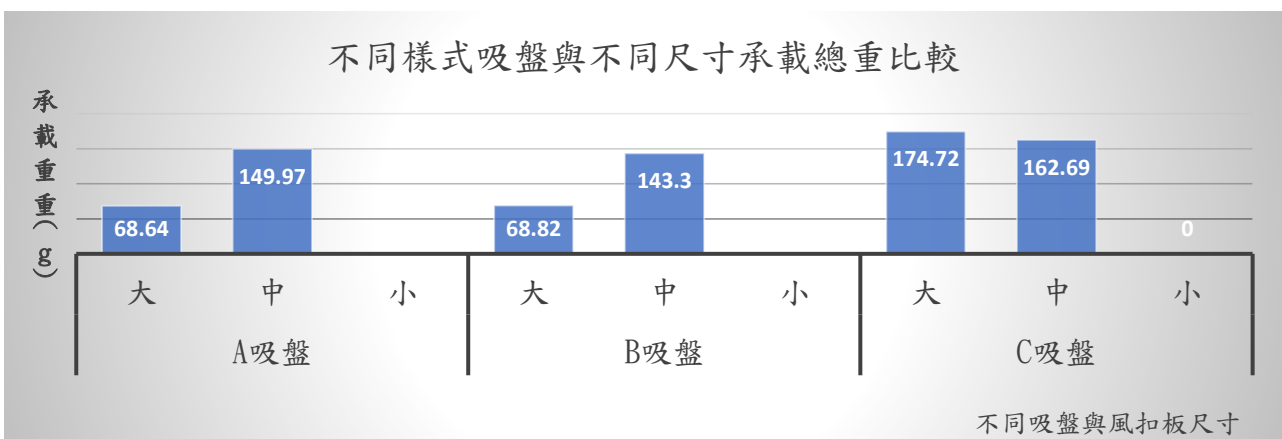
我們依上述實驗結果設計初步吸盤模組概念，並選擇不同尺寸的風扣板作為載重工具。

	
<p>中間孔洞大小符合噴射幫浦出風口徑以便安裝並在平面上貼上PU透明玻璃護墊增加摩擦力。</p>	<p>A和B是吸盤面積相同，厚度不同，其目的安裝出風口位置有無導風管比較。 B和C是吸盤面積不同，厚度相近，其目的吸盤底部面積大小比較。</p>
	
<p>風扣吸附板不同面積大小尺寸</p>	<p>不同吸盤的吸附情形</p>

實驗記錄

單位：g

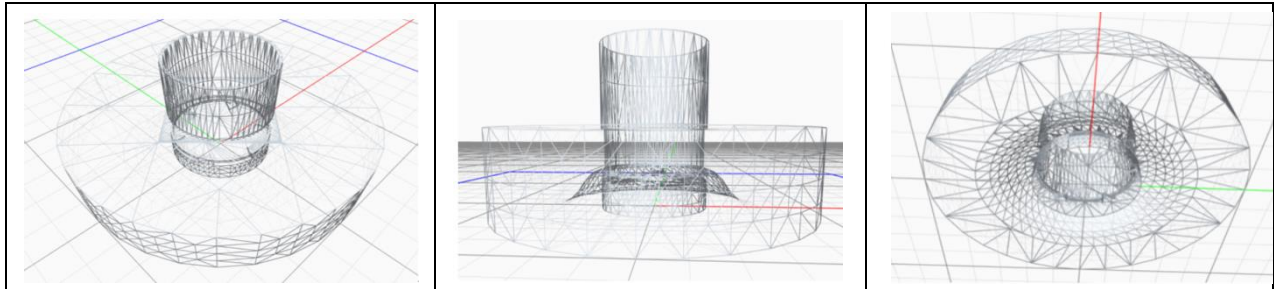
項目 次數	A 吸盤			B 吸盤			C 吸盤		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小
第一次	68.80	143.35	0	68.80	143.24	0	175.06	162.35	0
第二次	68.32	143.25	0	68.85	143.35	0	174.24	160.85	0
第三次	68.82	163.33	0	68.83	143.31	0	174.86	164.86	0
平均值	68.64	149.97	0	68.82	143.30	0	174.72	162.69	0



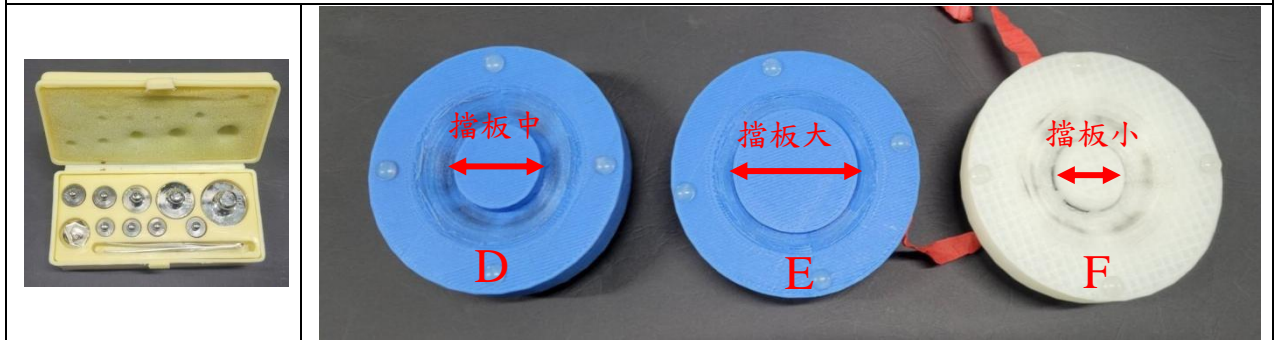
(二) 第二代吸盤模組改良出風口設計

依據上個實驗發現要使用柏努利吸盤吸附物品前，其步驟先把吸附物品直接靠在吸盤上再開
啟噴射幫浦，即可看到吸附效果。為了減少此方式來呈現吸附現象，我們從新思考如何在噴
射幫浦開啟後能隨時有吸附效果呢？**此實驗我們改變出風口下的擋板尺寸以及為了更精準載**

重的數據使用天平砝碼來做量測工具。

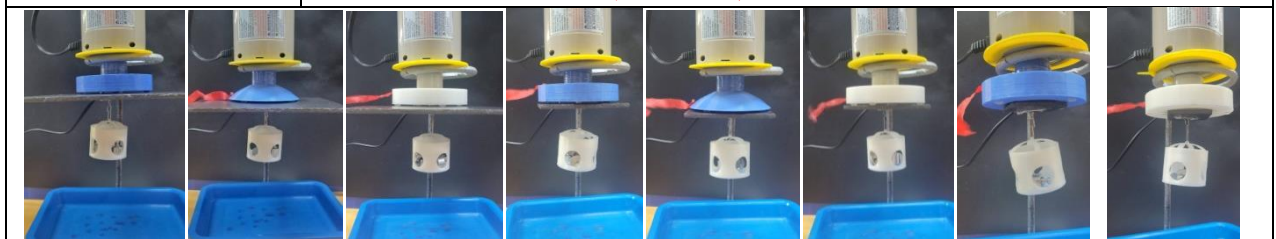


將出風口位置改變其風流動方式(如上圖)讓風間接依著我們設計的圓弧導流移動，增加擋
板減少物品吸附前被強大氣流直接衝擊。



天平砝碼

設計三種不同尺寸擋板比較其吸附能力
 擋板小(編號F)：設計比噴射幫浦口徑小 0.5 倍面積
 擋板中(編號D)：依噴射幫浦的口徑大小相同面積
 擋板大(編號E)：設計比噴射幫浦口徑大 1.5 倍面積



操作測試不同吸盤設計與風扣板尺寸大小所乘載砝碼重。

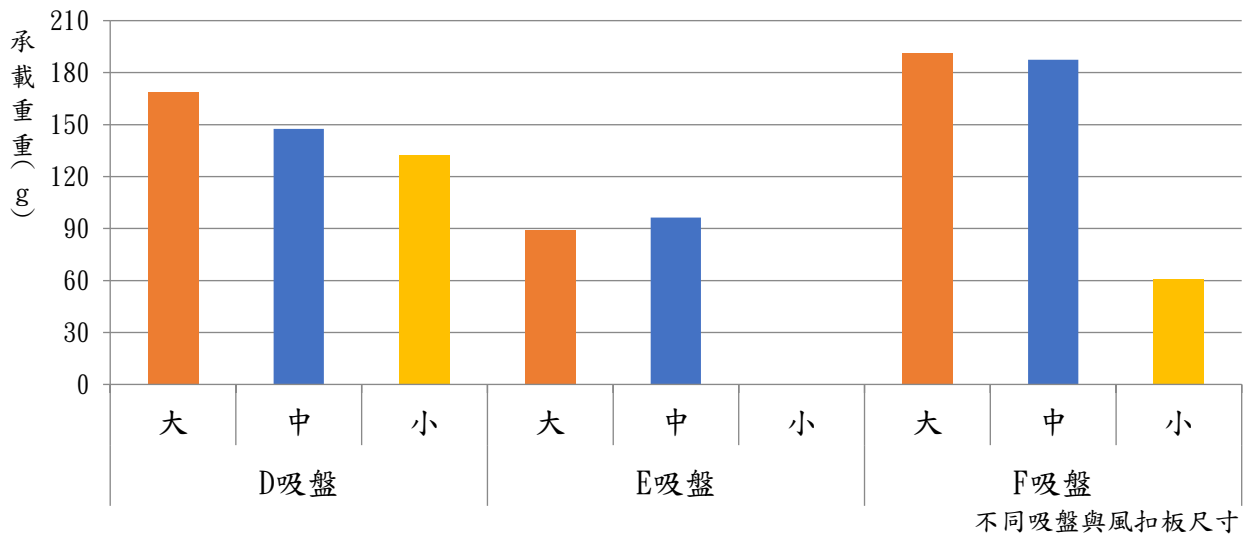
實驗記錄

單位：g

項目 次數	D 吸盤			E 吸盤			F 吸盤		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小
第一次	167.84	150.91	133.25	87.96	95.52	0	190.41	188.93	61.36
第二次	173.82	148.14	132.08	86.02	94.09	0	191.41	185.61	60.85

第三次	169.46	147.91	131.19	97.09	97.52	0	191.34	187.43	60.51
第四次	166.43	147.93	132.52	87.98	95.09	0	191.58	187.51	60.12
第五次	166.42	142.94	133.82	85.92	99.72	0	191.38	188.01	61.01
平均值	168.78	147.56	132.57	88.99	96.38	0	191.22	187.50	60.77

不同底部擋板吸盤與不同尺寸承載重比較

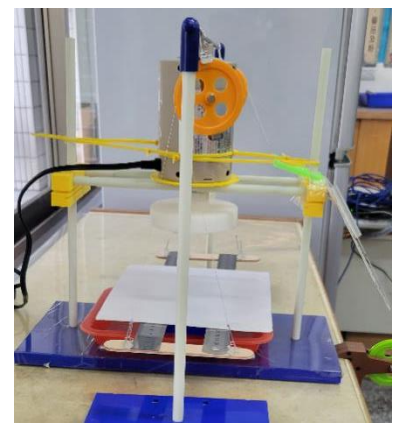
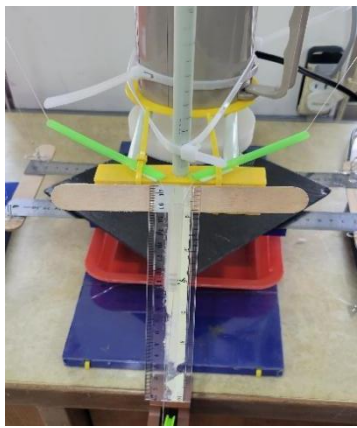


(三)探討柏努利吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差

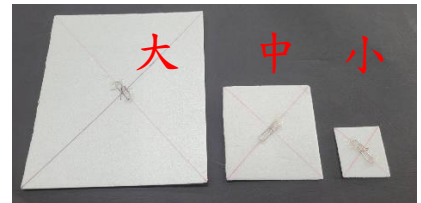
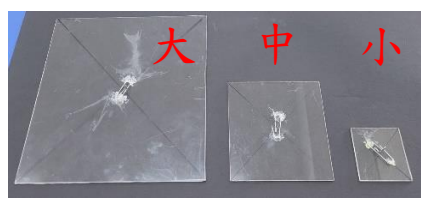
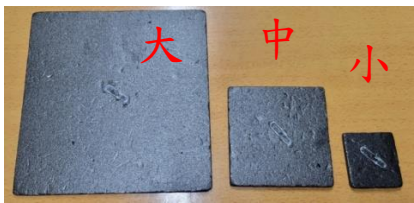
經過我們利用 3D 列印技術設計出柏努利吸盤模型後，我們也想要進一步測試柏努利吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差的關係。所以還是選擇吸盤編號 D 和 F 作為測試比較。



測量平台組裝與測試



各種不同尺寸的物品落差測試



不同尺寸風扣板

不同尺寸壓克力板

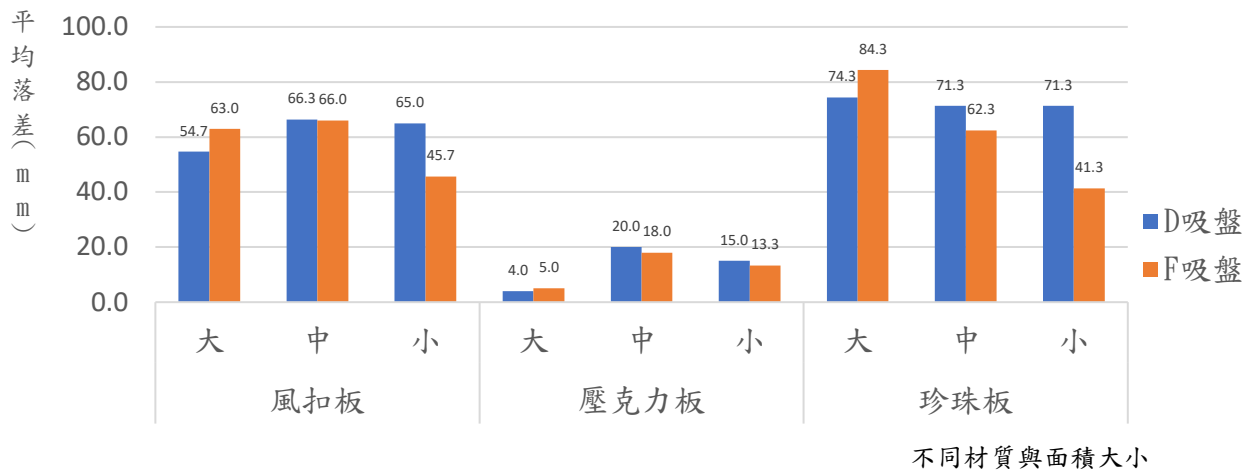
不同尺寸珍珠板

實驗記錄

單位：mm

吸盤與次數		風扣板			壓克力板			珍珠板		
		大	中	小	大	中	小	大	中	小
D 吸 盤	第一次	54	67	65	4	20	15	74	71	73
	第二次	55	67	65	4	20	15	74	71	70
	第三次	55	65	65	4	20	15	75	72	71
	平均	54.7	66.3	65.0	4.0	20.0	15.0	74.3	71.3	71.3
F 吸 盤	第一次	63	66	46	5	18	14	84	62	41
	第二次	63	66	45	5	18	14	84	62	40
	第三次	63	66	46	5	18	12	85	63	43
	平均	63.0	66.0	45.7	5.0	18.0	13.3	84.3	62.3	41.3

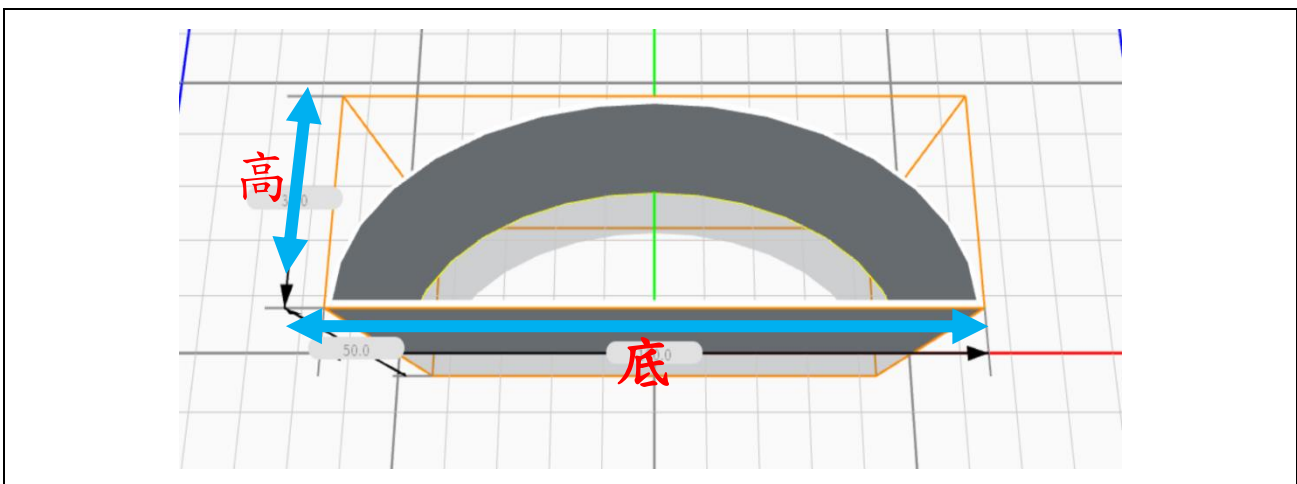
不同尺寸吸附物與吸附落差



(四)不同外觀形狀的物品吸附情形比較

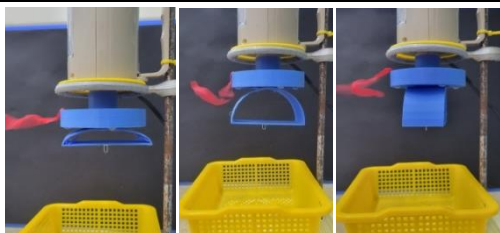
1. 圓弧曲線比較

由上個承載重量實驗得知吸盤編號D和F所能承載重量較重且吸附物吸附穩定，所以我們選擇D吸盤和F吸盤作為吸附圓弧曲線之比較測試。

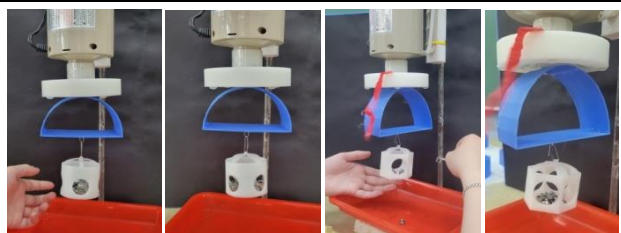


利用模型的高和底的長度比值($\frac{高}{底}$)不同設計各種圓弧曲線，分別有 $\frac{3}{10}$ 、 $\frac{4}{10}$ 、 $\frac{6}{10}$ 、 $\frac{7}{10}$ 、 $\frac{9}{10}$ 、

$\frac{10}{10}$ 和 $\frac{11}{10}$ 的模型



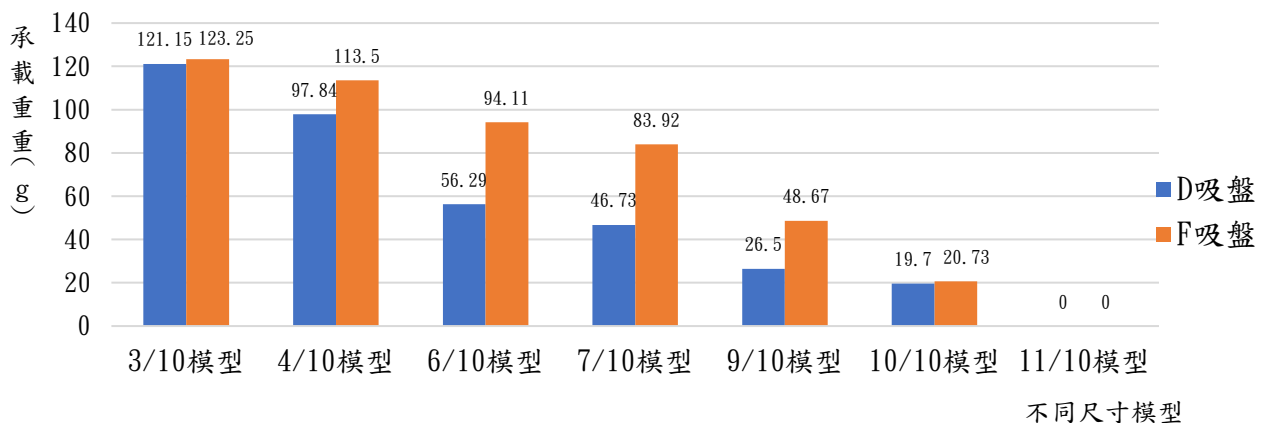
柏努利吸盤開始吸附圓弧曲線情形



圓弧曲線吊掛砝碼觀察其承載附重

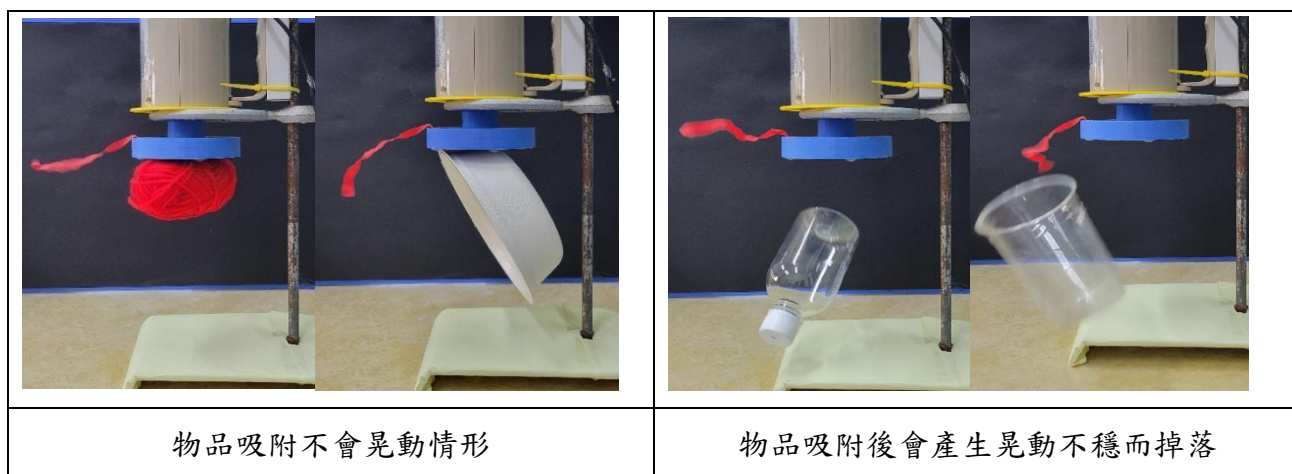
項目		3/10 模型	4/10 模型	6/10 模型	7/10 模型	9/10 模型	10/10 模型	11/10 模型
次數								
D 吸 盤	第一次	121.27	97.96	56.28	46.71	26.3	19.70	無法吸附
	第二次	121.19	97.72	56.34	46.77	26.8	19.71	無法吸附
	第三次	121.01	97.85	56.27	46.73	26.4	19.70	無法吸附
	平均值	121.15	97.84	56.29	46.73	26.50	19.70	0
F 吸 盤	第一次	123.06	112.49	93.98	83.24	50.40	20.73	無法吸附
	第二次	123.00	112.55	94.02	84.28	46.13	20.73	無法吸附
	第三次	123.69	115.45	94.34	84.25	49.47	20.73	無法吸附
	平均值	123.25	113.50	94.11	83.92	48.67	20.73	0

不同圓弧曲線所乘載總重









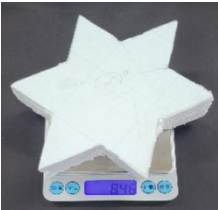


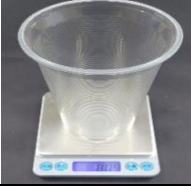

2. 各項生活物品測試

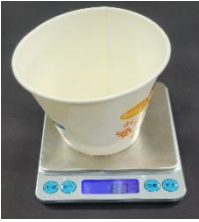
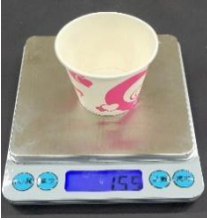




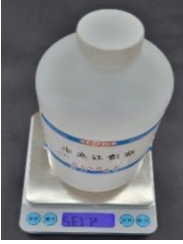
經由前各項實驗測試，我們選擇 D 吸盤和 F 吸盤作為測試吸盤。找尋生活中各種物品，找尋物品標準先以重量不超過 190g、吸附面積不小於擋板面積及表面起伏多樣化。將每物品各測試 10 次吸附成功率並記錄。



實驗測試

性 質		重量	材質	吸附部位面積	吸附部位粗造度	表面起伏	吸附部位形狀	D 吸盤成功率	F 吸盤成功率
吸附物									
砧板		125.68g	塑料	大	略粗造	平坦	片狀	90%	100%
電子秤		179.86g	金屬與塑料	大	光滑	平坦	片狀	100%	100%
塑膠尺		12.58g	塑料	中	光滑	平坦	片狀	100%	100%
口罩		4.34g	布料	大	略粗糙	凹凸不平	片狀	100%	100%
光碟片		16.54g	塑料	大	光滑	平坦	片狀	100%	100%

木板		39.18g	木材	大	粗糙	平坦	片狀	100%	100%
長木板		166.75g	木材	大	粗糙	平坦	片狀	90%	90%
星狀保麗龍		8.64g	塑料	中	粗糙	凹凸不平	星狀立體型	100%	100%
3D列印漏斗狀		12.50g	塑料	中	略粗糙	有不規則曲線	彎曲	70%	50%
塑膠泡棉		9.64g	塑料	大	粗糙	平坦 有凹洞	片狀	100%	100%
漱口瓶裝		34.29g	塑料	大	光滑	有曲線	彎曲	80%	100%
大飲料杯		8.09g	塑料	大	略粗糙	凹凸不平	彎曲	90%	100%
小飲料杯		5.04g	塑料	中	光滑	有曲線	彎曲	90%	100%

中紙杯		8.03g	紙料	中	略粗糙	有曲線	彎曲	100%	100%
試飲紙杯		1.59g	紙料	小	略粗糙	有曲線	彎曲	80%	90%
大紙碗		17.98g	紙料	大	略粗糙	有曲線	彎曲	100%	100%
小紙碗		5.60g	紙料	中	略粗糙	有曲線	彎曲	100%	100%
小寶特瓶		26.14g	塑料	中	光滑	有曲線	彎曲	80%	90%
寶特瓶		28.78g	塑料	大	光滑	凹凸不平	彎曲	90%	100%
石灰水塑膠瓶		41.32g	塑料	大	略光滑	有曲線	彎曲	80%	100%

汽水寶特瓶		28.20g	塑料	大	光滑	有曲線	彎曲	90%	100%
毛線球		25.05g	毛料	大	粗糙	凹凸不平	近似球體	100%	100%
物品固定膠盒		7.41g	塑料	大	光滑	凹凸不平	近似長方體	100%	100%
吸水花盆瓶包裝		60.42g	塑料	大	光滑	有曲線	圓柱體	80%	100%
不規則型海綿		14.12g	塑料	大	粗糙	凹凸不平	不規則形體	100%	100%
布套		48.10g	布料	大	粗糙	平坦	不規則形體	100%	100%
實驗教具		57.70g	塑料	大	光滑	平坦	表面有孔洞	50%	90%

肆、研究結果

一、探討水管吸塵器與紙張之柏努利現象

(一)紙張間的柏努利現象

依柏努利原理實驗當噴射幫浦強勁出風通過兩紙張間會使紙張產生相互吸引現象。推測兩紙張間內的空氣因快速流動，所以形成壓力較小而紙張外的壓力是大氣壓力進而造成紙張相互吸引。我們比較噴射幫浦和紙張距離關係並利用測風計量測紙張間和外的風速大小。實驗發現紙張間內與外的風速差越大，紙張相互吸引作用越明顯。所以當噴射幫浦與紙張距離**超過 60 公分**後，紙張間的相互吸引作用就不明顯發生。

(二)利用市售排水軟管轉動造成空氣流動形成吸力現象

利用排水管一端的快速轉動造成管內空氣流動速度變快，形成壓力較小現象。相對另一端的壓力較大，造成氣流從壓力大往壓力小流動，形成吸力現象。我們從甩動水管長度不同實驗發現**甩動水管越長能造成管內氣流速度越快，形成吸力現象就會越明顯。**

二、探討流體在柏努利現象的變化

(一)了解柏努利原理

從各項文獻資料分析與老師討論，了解到柏努利在密閉管道中的流速會隨著管道的粗細不同，流速會有所不同。管道越細則管間的流體流速越快，相對產生的壓力較小。

(二)不同尺寸物件比較

1. 使用吹風機的不同段速，在風速測量中，3D 列印縮口模型 > 原風速 > 3D 列印開口模型；在吸管內的水位高低變化其3D 列印開口模型 > 3D 列印縮口模型。推知吸管位置所產生的空氣壓力比較是3D 列印縮口模型 > 3D 列印開口模型。但發現在開口模型的水位較無明顯上升。
2. 改用噴射幫浦單一大風速，在風速測量中**物件 1 > 物件 2 > 物件 3**及**吸管內水位高低是物件 3 > 物件 2 > 物件 1**。推得吸管位置所產生的氣壓比較應是**物件 3 > 物件 2 > 物件 1**。在物件 1 中，吸管位置所產生的壓力大於大氣壓力，所以量筒的水會不斷地噴濺出來導致無法記錄水位。
3. 利用小型空壓機單一風速，在兩種不同尺寸出口風速測量中，**較小尺寸出口 > 較大尺**

寸。實驗發現較小尺寸的導風管內較易形成負壓現象，讓吸管水位明顯上升。在物件 6 和 7 的吸管位置比較，發現離出風口越遠愈容易形成負壓現象。

三、探討柏努利概念吸盤吸附物品材質、面積與承載重量的關係

1. 經過多次改良柏努利吸盤概念裝置，選定三種不同材質的吸附物有風扣板(表面略粗糙、硬度適中、有厚度)、壓克力板(表面光滑、硬度大、較重且薄)和珍珠板(表面略粗糙、硬度小、較輕且薄)。
2. 實驗發現在吸附物的『大』規格乘載重比較是風扣板>壓克力板>珍珠板；而在『中』規格乘載重則是壓克力板>風扣板>珍珠板；在『小』規格乘載重則只有風扣板可乘載至多約 42 克，其他材質吸附物因受到噴射氣流而無法形成吸力現象。

四、探討柏努利概念吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差關係

1. 可知相同『大』尺寸面積的不同材質板，其重量大小是壓克力板>風扣板>珍珠板。當噴射幫浦吹氣時產生向下強大吹風，由實驗結果可發現珍珠板在高落差下較易形成壓力差大作用被吸附住。
2. 在相同『中』尺寸面積的不同材質板，吸附高度落差則是風扣板>珍珠板>壓克力板。實驗過程中，風扣板在平台抬升過程，雖受到強風的吹襲，但較穩定在平台上且不易產生晃動現象，推測是風扣板的厚度影響，造成氣流穩定流動較易形成壓力差大作用被吸附住。
3. 在相同『小』尺寸面積的不同材質板，因珍珠板重量較輕，受到強力向下氣流導致無法穩定在平台上被吹走。

五、設計改良柏努利吸盤模組

1. 第一代吸盤模組

- (1) 實驗發現 A 和 B 吸盤經測試比較後兩吸盤的吸力表現相近。增加吸盤厚度推測可增加穩定固定於噴射幫浦出氣口。
- (2) 在 B 和 C 吸盤測試比較後，吸盤底部面積較大則所能乘載砝碼總重相對較重。

2. 第二代吸盤模組

為了減少噴氣時直接衝擊吸附物，我們設計兩種 D 吸盤(擋板中)、E 吸盤(擋板大)和 F

吸盤(擋板小)針對吸附物的不同面積測試壓差承載砝碼重，經測試結果發現D吸盤和F吸盤在吸附物不同面積大小吸力能力均遠比E吸盤好。特別在風扣板小面積在D吸盤被吸附並能乘載平均重量有132.57克。

3. 柏努利吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差

- (1)經多次實驗測試後發現柏努利吸盤所吹出的氣流不易造成吸附物不穩定地吹走。甚至珍珠板小尺寸面積在操作過程中均能穩定在平台上。
- (2)在D和F吸盤增加擋板設計後，與柏努利概念吸盤比較發現在重量較輕的風扣板與珍珠板吸附落差能力有明顯改善，也發現到壓克力板大尺寸面積的吸附落差能力變得較差，則其餘尺寸面積吸附落差能力也有明顯提升。
- (3)在不同材質的『中』和『小』尺寸面積，吸附落差能力比較是D吸盤>F吸盤且使用D吸盤吸附落差最高平均高度可達71.3mm；則在不同材質的『大』尺寸面積，吸附落差能力比較是F吸盤>D吸盤且F吸盤吸附落差最高平均高度可達84.3mm。

4. 不同外觀形狀的物品吸附情形比較

選擇D吸盤和F吸盤作為我們後續測試各項柏努利吸盤的實驗：

(1)圓弧曲線比較

- ①實驗發現當比值越大的圓弧曲線，則所能乘載的重量也相對越小。也不容易被柏努利吸盤所吸附住。在 $\frac{11}{10}$ 模型觀察發現被吸附過程，模型會以不穩定方式游離在吸盤底板邊，當傾斜角度過大時，則受氣流往下掉落。
- ②在F吸盤(擋板小)比D吸盤(擋板中)承載重量表現比較好，推得柏努利吸盤擋板面積小對吸附物的圓弧曲線的吸附能力越好。

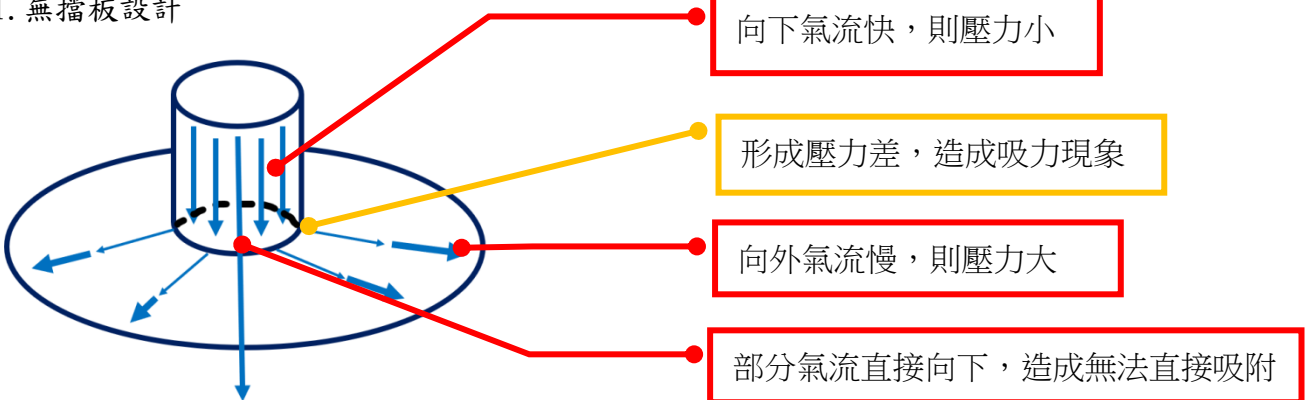
(2)各項生活物品測試

經過多次的測試，可發現吸附物品以重量輕、面積適中、粗糙面及吸附部位是平坦片狀容易被吸附成功。

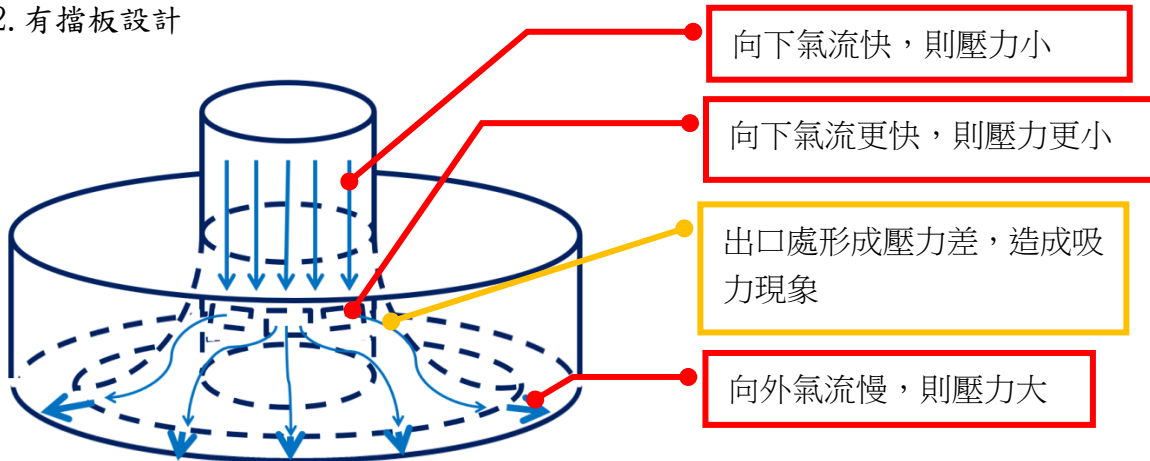
伍、討論

一、柏努利吸盤概念(箭頭長短表示氣流的流速、箭頭粗細表示其壓力大小)

1. 無擋板設計



2. 有擋板設計

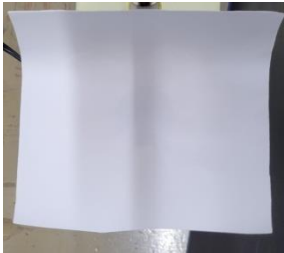

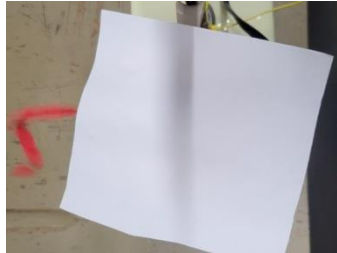
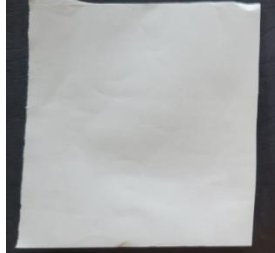


噴射幫浦未啟動前	啟動後(第一時間)	經一段時間後A(第二時間)
<p>A: 紙條黏貼於噴氣口凹槽。</p> <p>B: 紙條黏貼於擋板中間處。</p> <p>C: 紙條黏貼於吸盤外圍邊。</p>	<p>A: 紙條浮貼於吸盤上且末端產生明顯的振動。</p> <p>B: 紙條會浮貼於擋板上且末端會緊緊地依附在吸盤上。</p> <p>C: 紙條會隨氣流流動呈現快速上下振動現象。</p>	<p>A: 依舊紙條末端明顯振動，可知氣體噴出後會順著吸盤的盤面流動，氣流沒有向下噴射。</p> <p>B: 紙條穩定地被吸附平貼於擋板上，其末端也非常穩定地被吸附於出風口邊緣處。可推測吸盤下方的氣壓比出風口產生的氣壓大，導致紙條末端能被吸附於出風口處。</p> <p>C: 紙條還是隨氣流流動呈現快速上下振動現象。</p>

二、比較接觸式和非接觸式吸盤的優缺點

(一) 吸附物品比較

接觸式吸盤是將吸附物品與吸盤間空氣抽離造成真空吸力現象，能使吸附物品緊緊貼合在吸盤面上。例如吸附紙張時，因為氣流快速抽離因此氣流會使紙張變形(上有一個凹槽)；或是吸附精密電子儀器時，可能破壞儀器物體的表面。而非接觸式吸盤是利用吸盤裡氣體噴射而造成內外不同壓力產生吸力，因排氣口與吸附物體間有氣流通，形成氣牆現象降低吸附物體所以使用非接觸式吸盤並不會傷害物體表面。

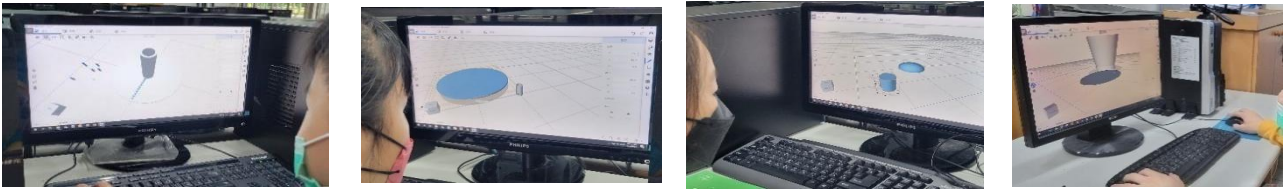
接觸式吸盤		非接觸式吸盤	
紙張吸附(一分鐘)	吸附結果	紙張吸附(一分鐘)	吸附結果
			

(二) 吸附過程的比較

非接觸式吸盤吸取物品產生的聲音相較於接觸式吸盤小，我們猜測是因為氣流有無衝擊物品的问题。接觸式吸盤的氣流方向是外界空氣由外往內移動產生吸引力吸附物品，當物品的表面緊密封住吸氣口時會造成噴射幫浦的運轉產生異音，致使噴射幫浦馬達過熱斷電也因緊密地吸附造成部分物品快速抖動產生巨大聲響；而非接觸式吸盤中的氣流會順勢向四周噴發，在吸盤內側形成一層氣墊，讓物品沒有直接接觸吸盤而穩定地吸附於吸盤上所造成的聲音也會比接觸式吸盤來的低。

三、3D 列印技術

我們在製作 3D 模型時，因為電腦與列印機的技术問題，各種物件的組裝與合成常常造成軟體無法判斷而關閉程式，我們善用回家時間在家透過練習不斷地嘗試與修正熟悉操作步驟，一一克服困難。



陸、結論

從最初發現紙張間的柏努利原理到製作無擋板的吸盤，最後製作出有擋板的吸盤(柏努利吸盤)，中間我們做了許多實驗測試柏努利吸盤的吸力現象，也設計許多關於柏努利吸盤的實驗變因。如我們實驗的發現：柏努利吸盤可吸附最大的平均重量有 191.22g、與物體相距平均落差可達 84.3mm，物體被吸附。後來考量到不讓吸附物體變形的原因，採用了擋板的設計，也發現擋板的大小和吸附物的弧度與重量有關係，最後發現此吸盤可以吸起許多日常用品。我們相信柏努利吸盤在未來可以融入生活之中，成為一個造福人們、方便攜帶且讓生活更加便利的小工具。如：老人膝蓋與腰不好時，當一重要物品掉落，他不用彎腰、不用蹲下，只要開啟開關便可以直接吸起物品，減少閃到腰的危險性，更加安全；或是有物品掉落到書櫃與牆壁之間的縫隙，不用使盡九牛二虎之力將書櫃拉出後再撿起，直接用吸盤將隙縫中的物品吸出就可以了，大大的增加了生活中的方便性。最後未來吸盤噴口(如橢圓形或長方形)設計和噴射幫浦改良設計也是我們持續研究有關低電流及低氣流形成強大吸力的方向。

柒、參考文獻資料

- 一、陳揚等(2013) 七月鬼風飄~金門塵卷現象的研究。中華民國第五十三屆中小學科學展覽會作品說明書
- 二、郭柏延等(2015) 風去橫生-無葉片電風扇的製作與研究。中華民國第五十五屆中小學科學展覽會作品說明書
- 三、梁軒綾等(2015) 累死人抽水機~吸管抽水機之探討。中華民國第五十五屆中小學科學展覽會作品說明書
- 四、林鴻瑋等(2016) 風「颳」走了蓋 —在自製風源下。中華民國第五十六屆中小學科學展覽會作品說明書

五、schmalz News(2021, November 23). New floating suction cups: extra flat or extra safe. schmalz News. https://www.schmalz.com/en/about/news/press-releases/floating-suction-cups_sbs-thin_sbs-esd_en/

六、佑來了(2022年2月17日)。這是一把噴出高壓氣體的槍，但就是完全噴不走正前方的東西。Youtube 網站。<https://youtu.be/FJMNlq4Bwck>

【評語】 082908

1. 此研究利用 3D 列印噴口與幫浦的組成，製成具擋板的吸盤，並測試吸起不同生活中的物件。
2. 整體實驗設計完整，以吸盤進行日常用品測試代表其成功率，可進行時間測試期能有更好的生活應用性。
3. 建議：
 - (1)應用學理並設計於實用，精神頗佳，但仍需考量日常攜帶及使用的方便性。
 - (2)在使用大量塑膠材料進行實驗，且不易回收，可再思考。

作品海報

柏努利吸盤真厲害



摘要

我們利用柏努利原理可產生吸力，可輕鬆吸起物品而不破壞物體表面製作吸盤。本研究結果：

1. 柏努利吸盤吸附物面積需大於噴氣口尺寸。
2. 柏努利吸盤吸附平均最大載重約191.22克且吸附平均落差高度可達84.3公釐。
3. 吸附物品以重量輕、面積適中、粗糙面及吸附部位是平坦片狀最容易被吸附成功。

研究目的與問題

目的：

1. 了解柏努利原理及壓差作用。
2. 設計柏努利吸盤模型。

問題：

1. 探討水管吸塵器與紙張柏努利現象？
2. 探討流體在柏努利現象的變化？
3. 探討柏努利概念吸盤吸附物品材質、面積與承載重量的關係？
4. 探討柏努利概念吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差關係？
5. 設計改良柏努利吸盤模型。

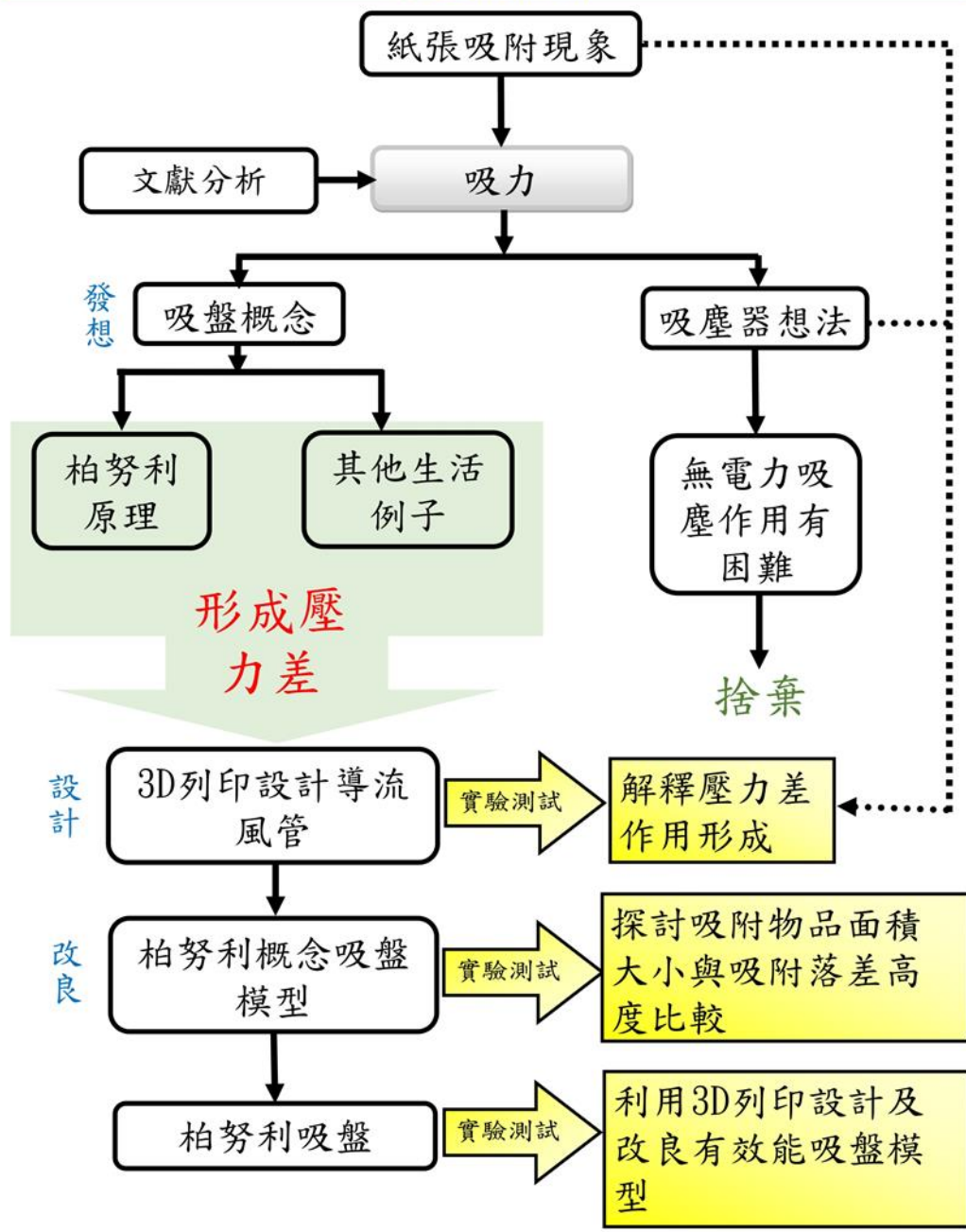
文獻回顧-歷屆科展相關資料分析

科展群傑廳網站關於柏努利資料，可分為如下：

1. 自然現象-探討自然界的特殊現象，最終發現是因為柏努利定律的影響。例如：53屆七月鬼風颶~金門塵卷現象的研究和56屆風「颶」走了蓋。
2. 物品自製-運用柏努利原理製作與研發有以於人類生活的產品。例如：55屆風去橫生-無葉片電風扇的製作與研究和55屆死人抽水機~吸管抽水機之探討。

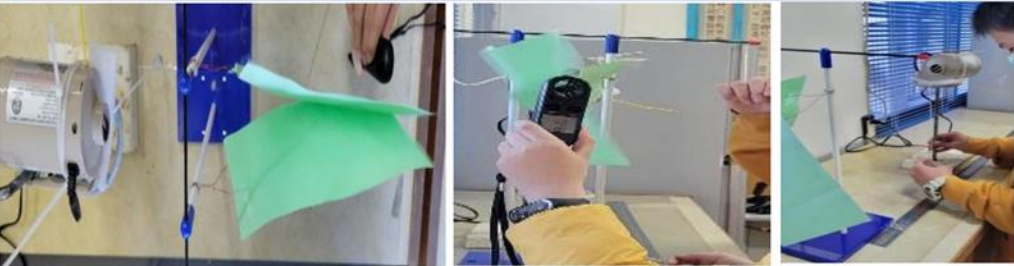
本實驗主題是**利用高速氣體在不同管徑流動形成壓力差產生吸力之吸盤研究**

研究流程圖

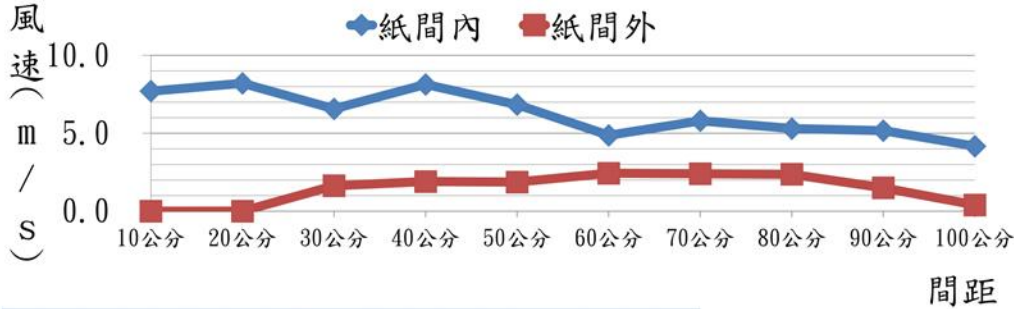


研究結果

實驗(一)紙張間的柏努利現象



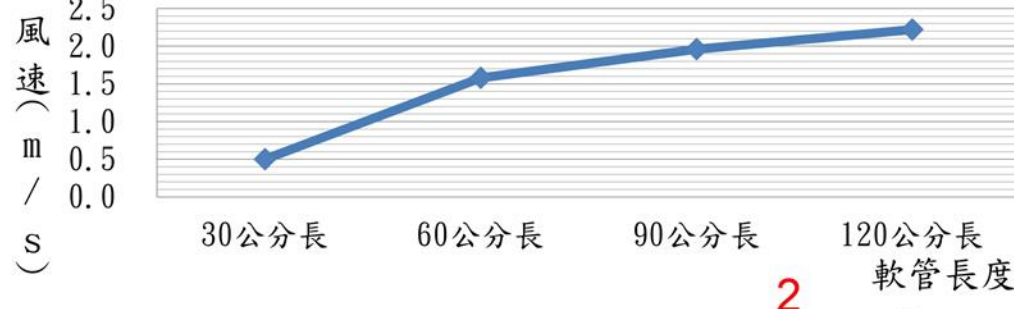
紙張和噴射幫浦距離間風速測試



實驗(二)利用軟管轉動形成吸力現象



不同軟管長度甩動與風速測量



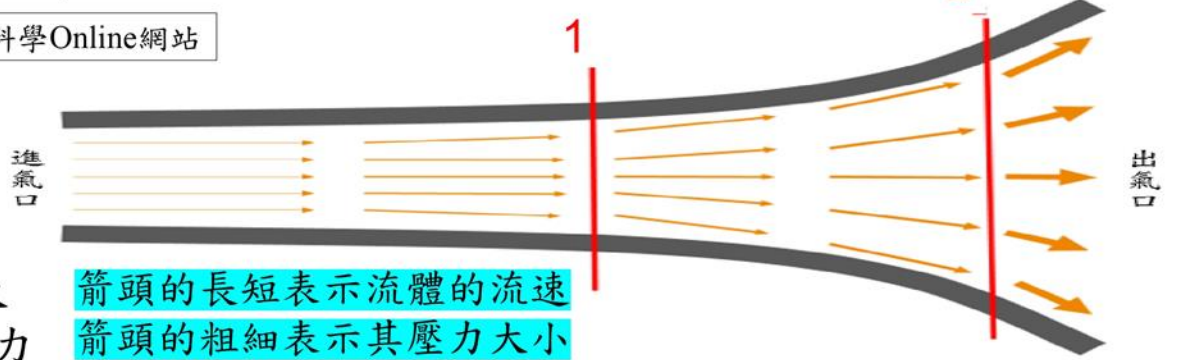
柏努利原理

資料來源：科學Online網站

若在穩定流線上，則：

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

(壓力 P、密度 ρ、速度 V)

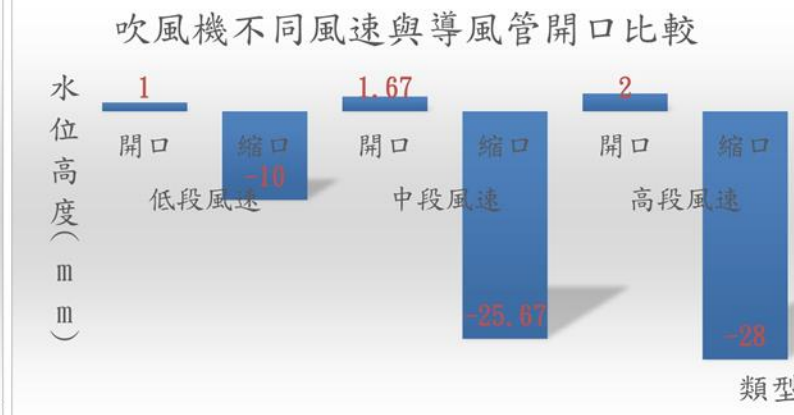


箭頭的長短表示流體的流速
箭頭的粗細表示其壓力大小

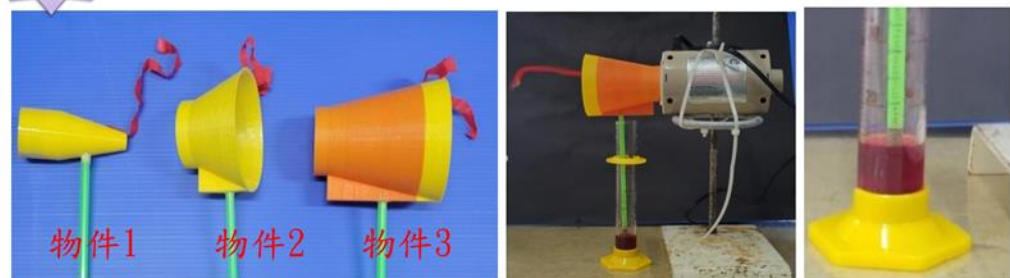
流體流速快則壓力小；流體流速慢則壓力大
位置1速度>位置2速度；位置1壓力<位置2壓力

實驗(三)不同尺寸物件比較

1 使用吹風機測其風速及水位變化比較



2 使用噴射幫浦其風速及水位變化比較



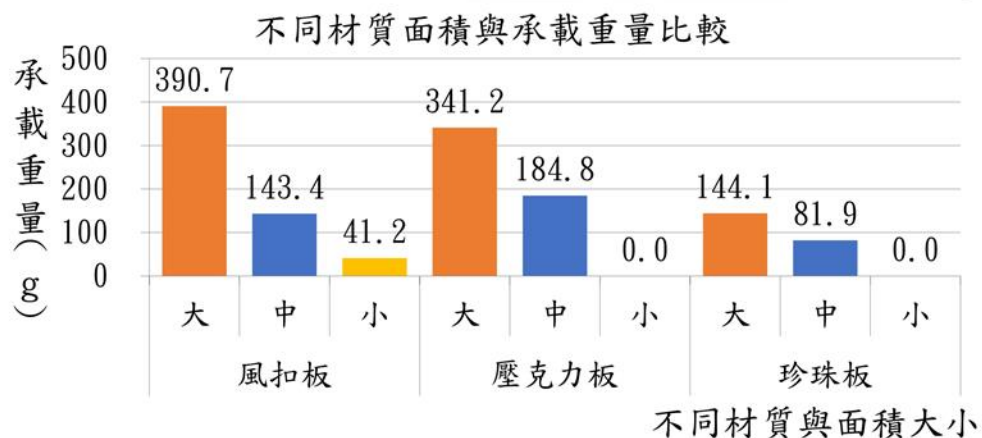
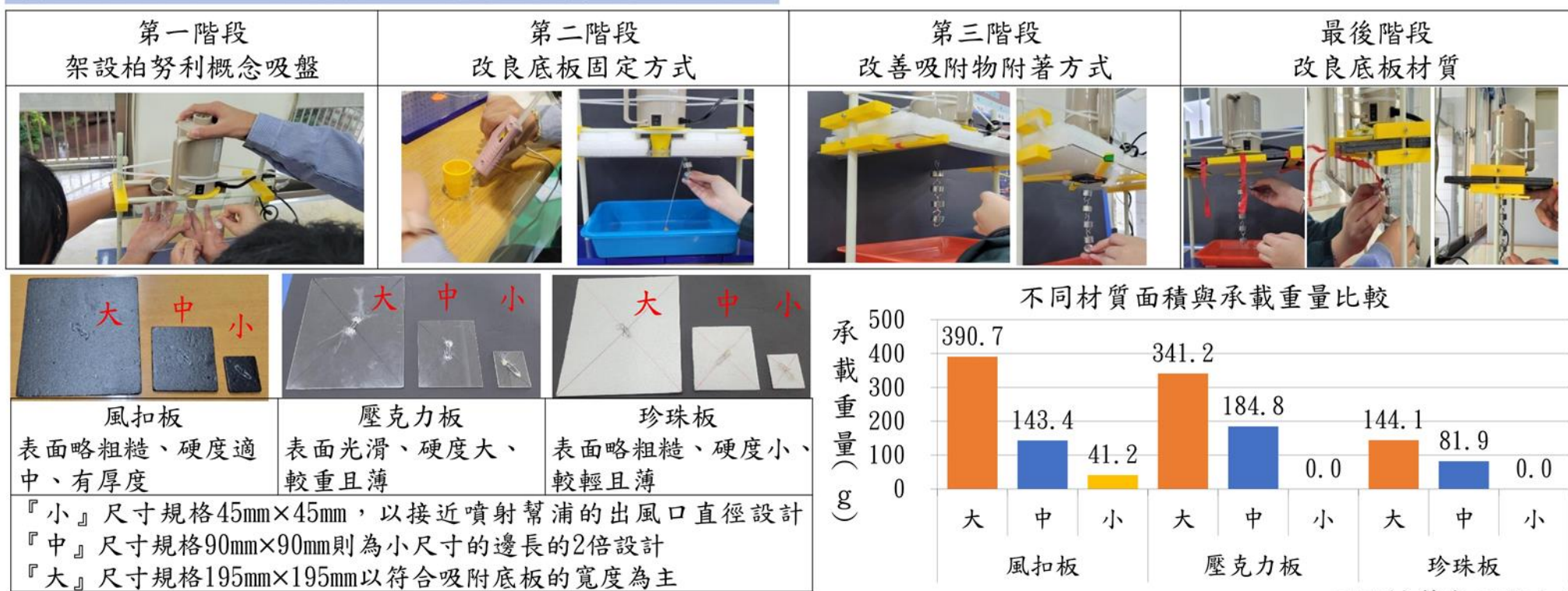
項目次數	物件1 出口風速：60.2	物件2 出口風速：50.4	物件3 出口風速：48.3
第一次	無法紀錄	2	10
第二次	無法紀錄	2	10
第三次	無法紀錄	2	10
平均值	0	2	10

3 使用空壓機其風速及水位變化比較

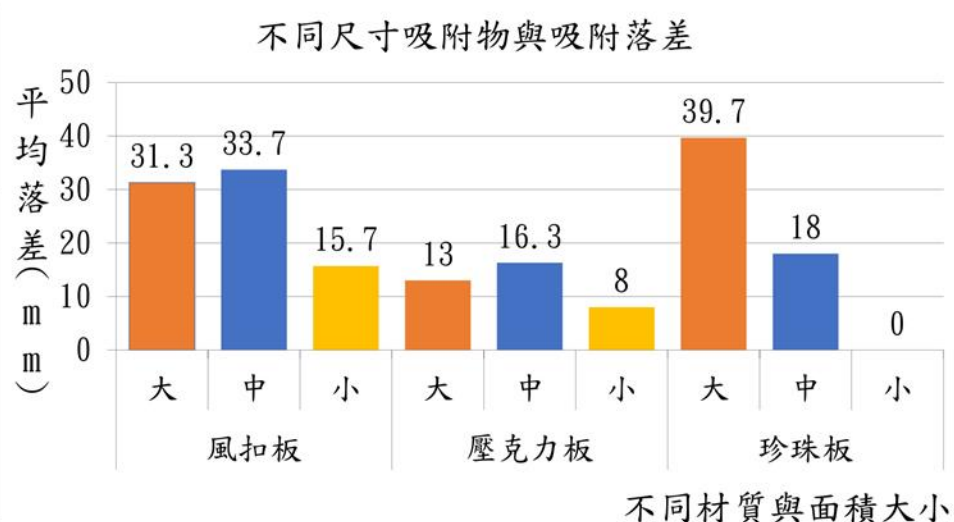
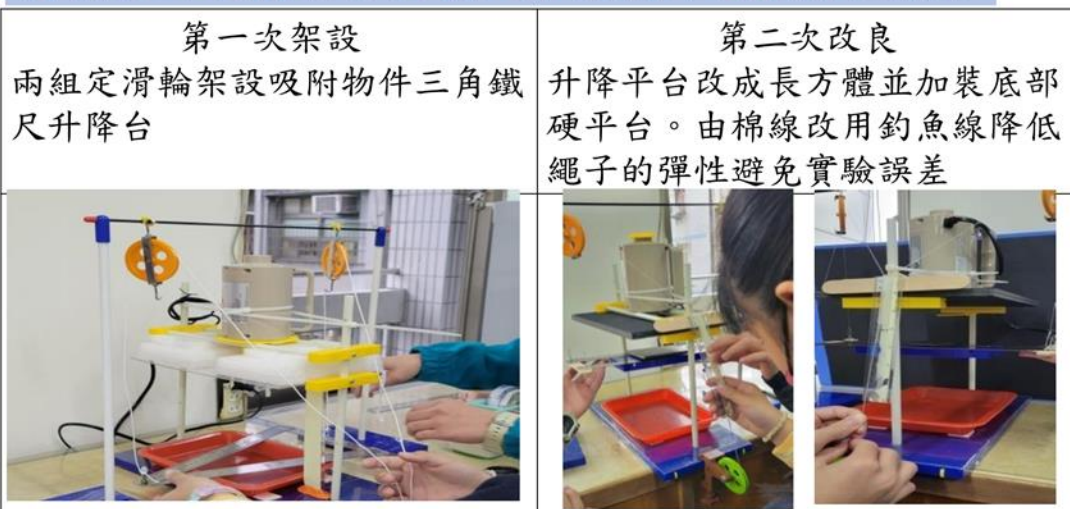


項目次數	物件4 風速：15.5	物件5 風速：15.2	物件6 風速：17.5	物件7 風速：17.1
第一次	6	0	14	12
第二次	5	0	14	12
第三次	6	0	14	12
平均值	5.67	0	14	12

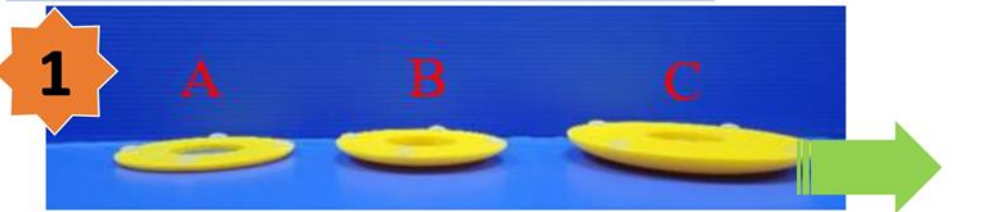
實驗(四)吸附物品材質、面積與承載重量的關係



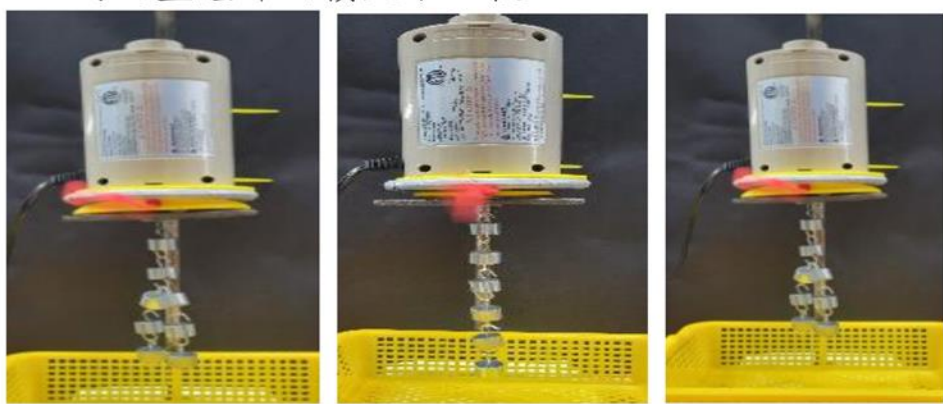
實驗(五)吸附物品面積大小與開始吸附落差關係



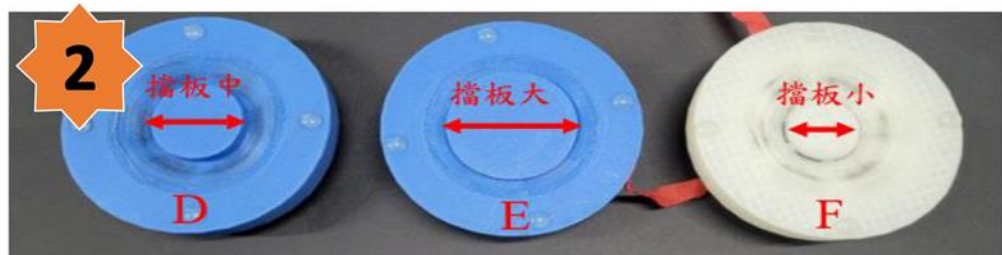
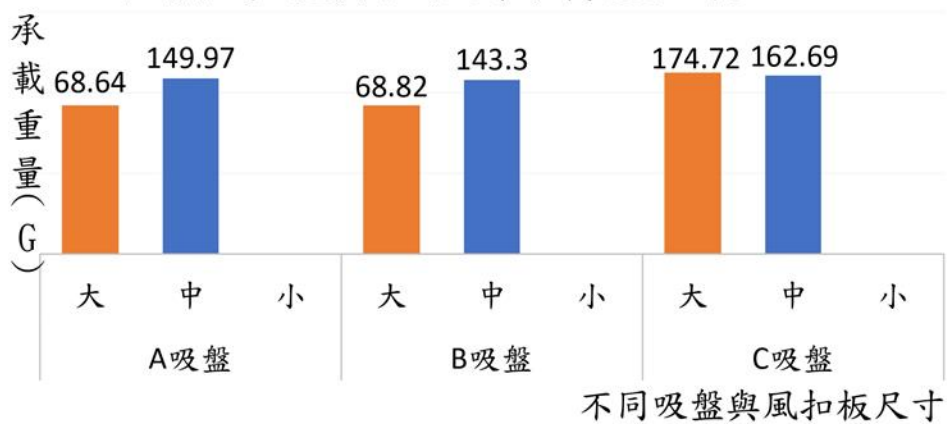
實驗(六)設計改良柏努利吸盤模組



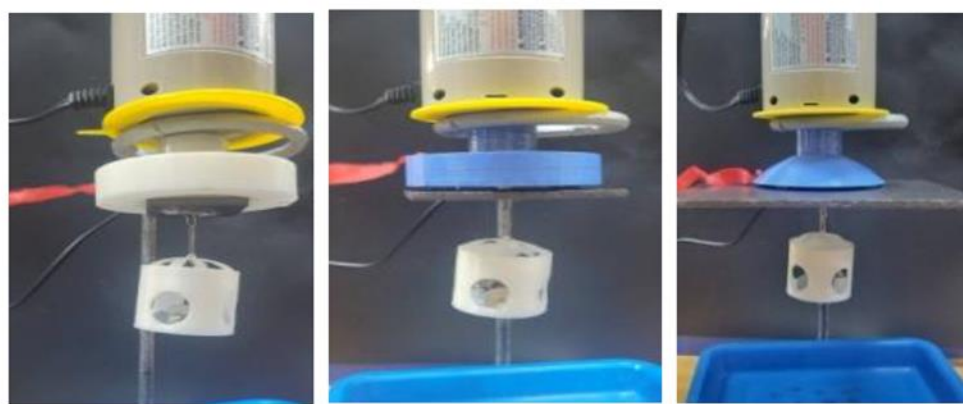
- A和B是吸盤面積相同，厚度不同，其目的安裝出風口位置有無導風管比較。
- B和C是吸盤面積不同，厚度相近，其目的吸盤底部面積大小比較。



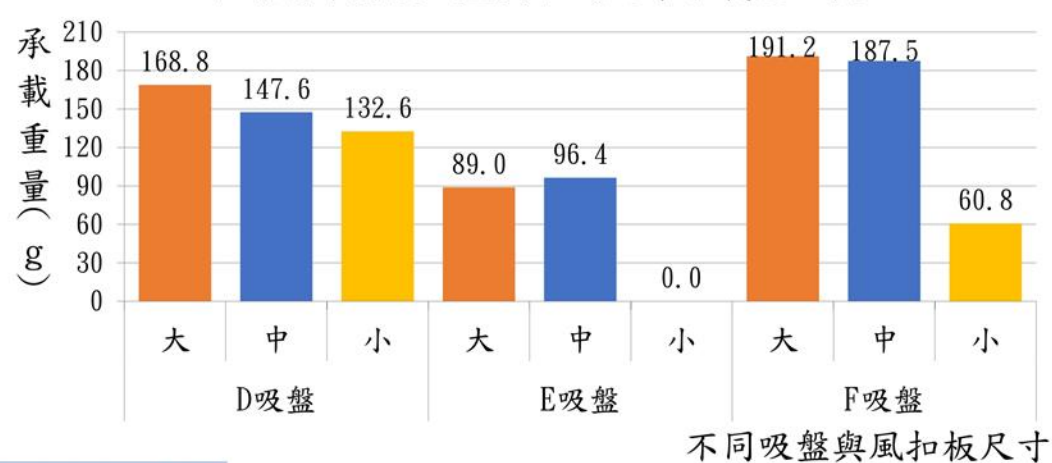
不同樣式吸盤與不同尺寸承載總重比較



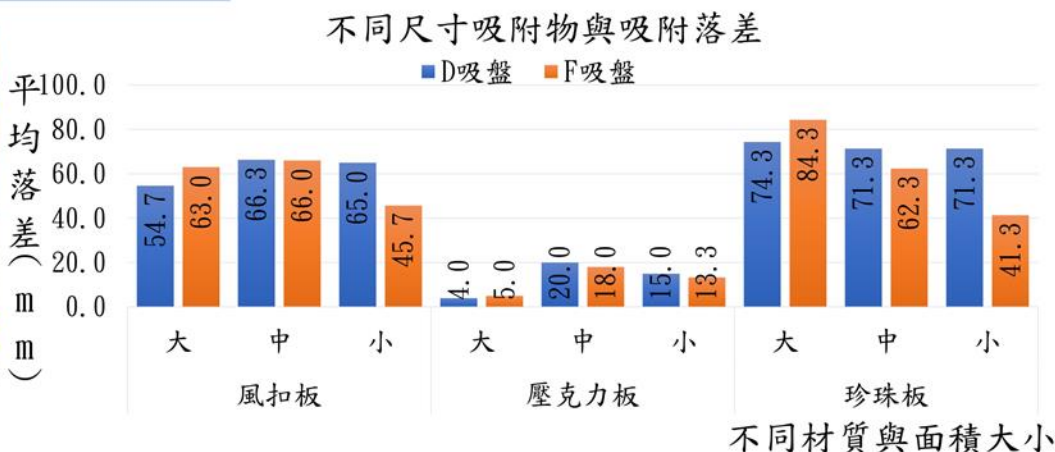
- 擋板小(F)：比噴射幫浦口徑小0.5倍面積
- 擋板中(D)：噴射幫浦的口徑大小相同面積
- 擋板大(E)：比噴射幫浦口徑大1.5倍面積



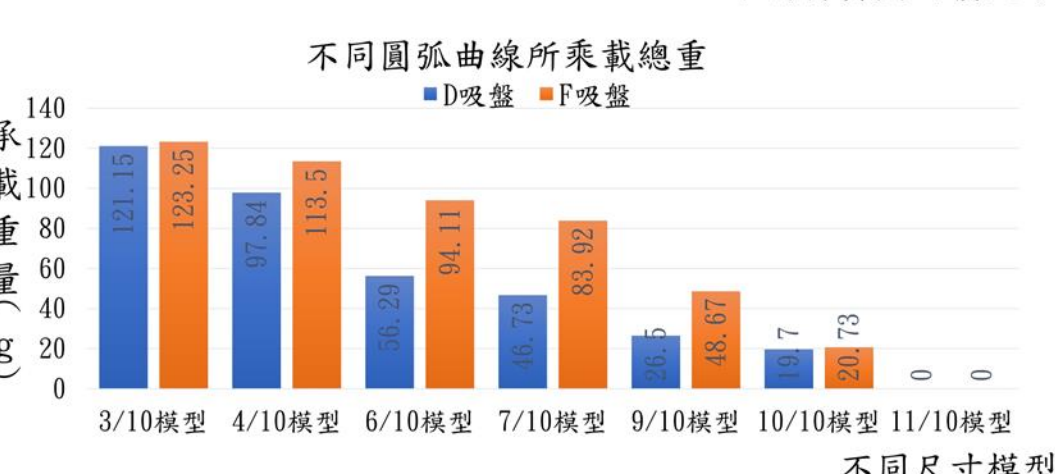
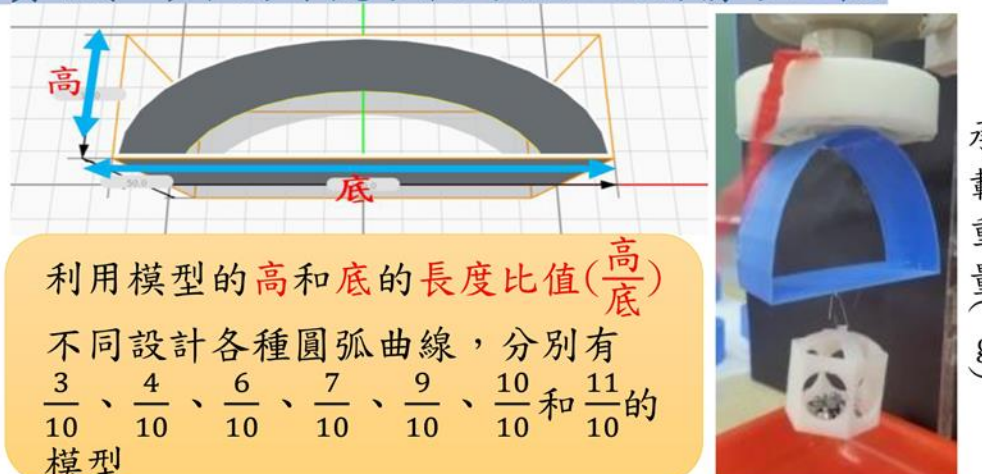
不同底部擋板吸盤與不同尺寸承載重比較



實驗(七)探討柏努利吸盤吸附物品面積大小與開始吸附落差

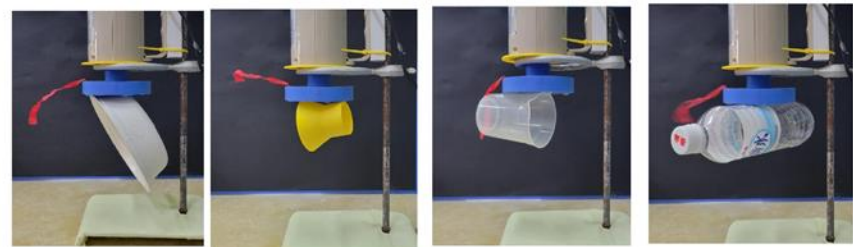


實驗(八)不同外觀形狀的物品吸附情形比較



實驗(九)各項生活物品測試

選擇D吸盤和F吸盤作為測試吸盤，物品標準以重量不超過190g、吸附面積不小於擋板面積及表面起伏多樣化。每物品測試吸附成功率並記錄。



有機會吸附(成功率10%~90%)

名稱	3D列印漏斗	漱口瓶	寶特瓶	實驗教具
重量	12.50g	34.29g	28.20g	57.70g
材質	塑料 略粗糙	塑料 光滑	塑料 光滑	塑料 光滑
起伏	有曲線	有曲線	有曲線	平坦
形狀	彎曲	彎曲	彎曲	表面有孔洞
D	70%	80%	90%	50%
F	50%	100%	100%	90%

一定會吸附(成功率100%)

名稱	口罩	光碟	毛線球	不規則海綿
重量	4.34g	16.54g	25.05g	14.12g
材質	布料 略粗糙	塑料 光滑	毛料 粗糙	塑料 粗糙
起伏	凹凸不平	平坦	凹凸不平	凹凸不平
形狀	片狀	片狀	近似球體	不規則形體
D	100%	100%	100%	100%
F	100%	100%	100%	100%

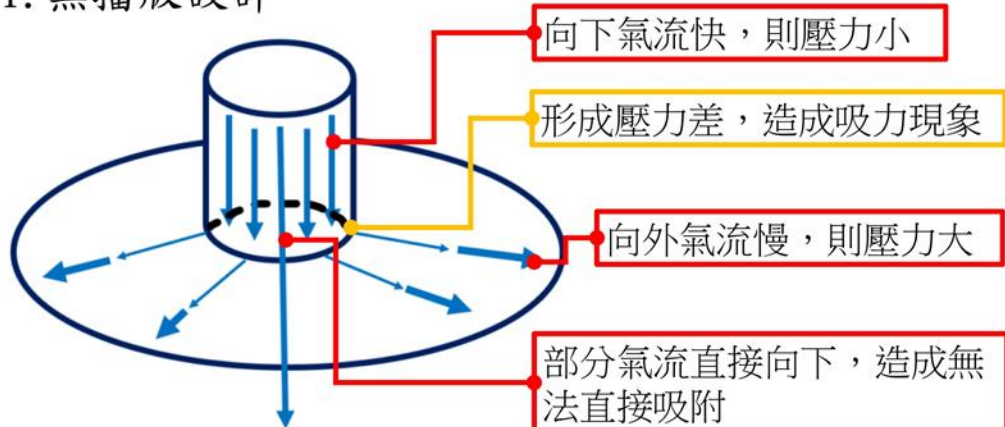
統計發現，吸附物品重量輕、面積適中、粗糙面及吸附部位是平坦片狀最容易被吸附成功。

討論

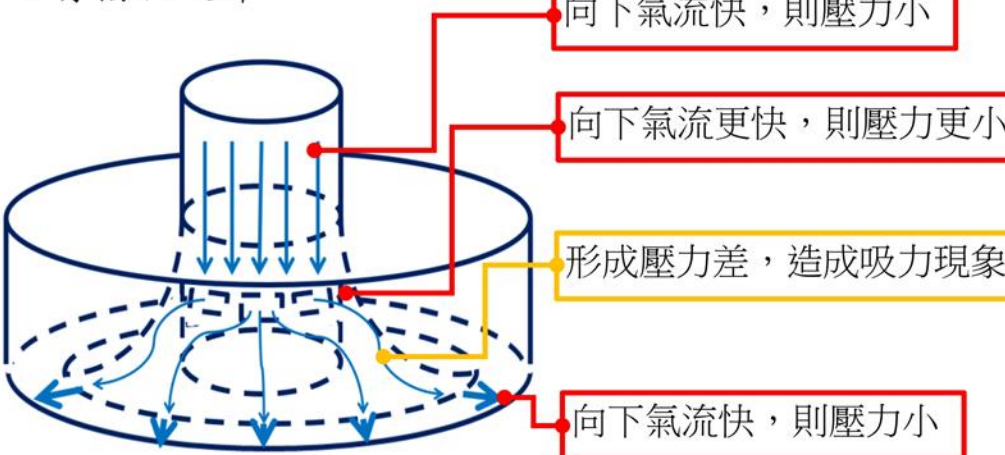
一、柏努利吸盤概念

(箭頭長短表示氣流的流速、箭頭粗細表示其壓力大小)

1. 無擋版設計



2. 有擋版設計



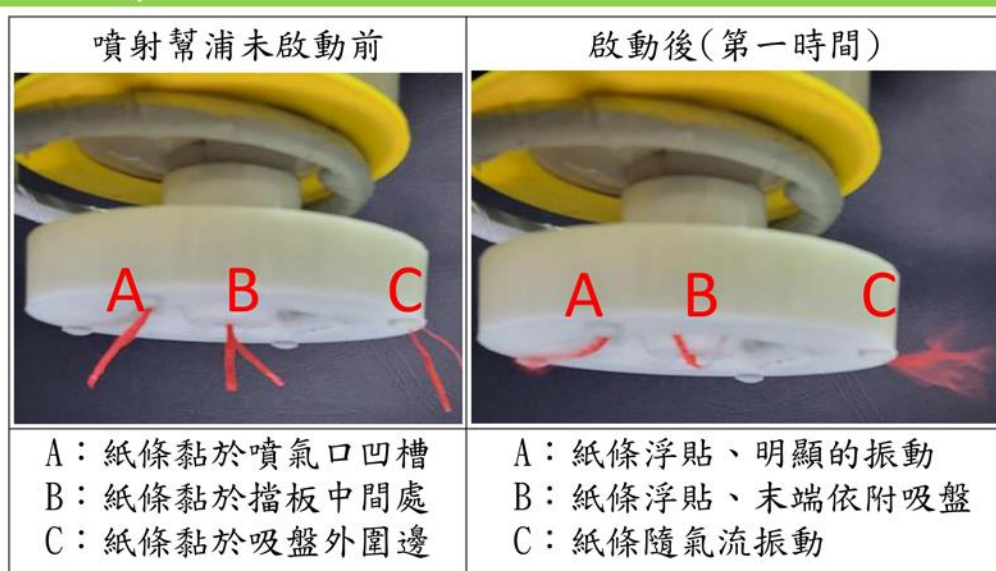
二、比較接觸式和非接觸式吸盤的優缺點

(一) 吸附物品比較

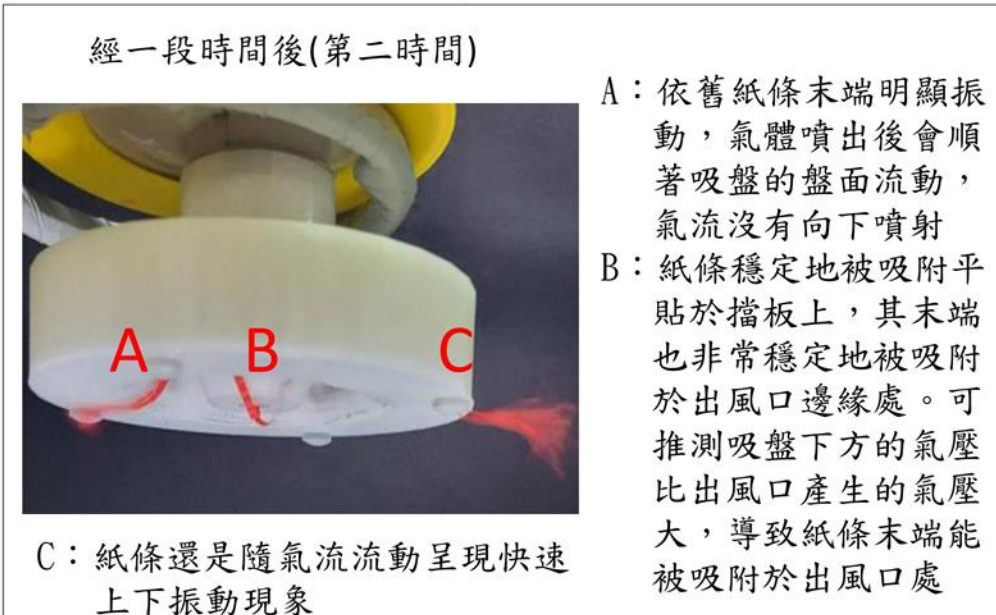
接觸式吸盤物品因氣流快速抽離，會使物品變形或破壞儀器表面。非接觸式吸盤是透過氣體噴射，造成內外壓差產生吸力，形成氣牆在吸附物品就不會破壞物體表面。

(二) 吸附過程的比較

非接觸式吸盤氣流在吸盤內形成氣墊，讓物品沒有接觸且吸於吸盤上，聲音較低，猜測是氣流有無衝擊物品。接觸式吸盤可能產生噴射幫浦運轉的異音或斷電，也造成部分物品快速抖動產生聲響。



A: 紙條黏於噴氣口凹槽
B: 紙條黏於擋板中間處
C: 紙條黏於吸盤外圍邊



A: 依舊紙條末端明顯振動，氣體噴出後會順著吸盤的盤面流動，氣流沒有向下噴射
B: 紙條穩定地被吸附平貼於擋板上，其末端也非常穩定地被吸附於出風口邊緣處。可推測吸盤下方的氣壓比出風口產生的氣壓大，導致紙條末端能被吸附於出風口處
C: 紙條還是隨氣流流動呈現快速上下振動現象

非接觸式吸盤	
紙張吸附(一分鐘)	吸附結果
接觸式吸盤	
紙張吸附(一分鐘)	吸附結果

有明顯的吸附後痕跡

結論與未來展望

- 柏努利吸盤可吸附最大的平均重量有191.22g、與物體相距平均落差可達84.3mm，物體被吸附。
- 有增加擋板的吸盤能更有效吸附物品。吸附後吸附物較不易變形。
- 柏努利吸盤能吸附多元化外形的物品。

相信柏努利吸盤未來可融入生活，如：老人膝蓋與腰不好時，只要開啟開關便可直接吸起物品，減少閃到腰危險性；有物品掉落到書櫃與牆壁間縫隙，不用將書櫃拉出後再撿起，直接用吸盤吸出就好。未來吸盤噴口形狀設計和噴射幫浦改良設計是我們持續研究有關低電流及低氣流形成強大吸力方向。

參考文獻

- 陳揚等(2013) 七月鬼風颶~金門塵卷現象的研究。中華民國第五十三屆中小學科學展覽會作品說明書
- 郭柏延等(2015) 風去橫生-無葉片電風扇的製作與研究。中華民國第五十五屆中小學科學展覽會作品說明書
- 梁軒綾等(2015) 累死人抽水機~吸管抽水機之探討。中華民國第五十五屆中小學科學展覽會作品說明書
- 林鴻璋等(2016) 風「颯」走了蓋-在自製風源下。中華民國第五十六屆中小學科學展覽會作品說明書
- schmalz News(2021, November 23). New floating suction cups: extra flat or extra safe. schmalz News. https://www.schmalz.com/en/about/news/press-releases/floating-suction-cups_sbs-thin_sbs-esd_en/
- 佑來了(2022年2月17日)。這是一把噴出高壓氣體的槍，但就是完全噴不走正前方的東西。Youtube網站。 <https://youtu.be/FJMNlQ4Bwck>