

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030817

蓄壓空氣型虹吸抽水器

學校名稱：臺北市立民生國民中學

作者： 國二 嚴志瑜 國二 陳華佑 國二 劉冠良	指導老師： 蘇恭彥 陳玉雯
---	-----------------------------

關鍵詞：虹吸現象、暴衝高度、高流量蓄壓虹吸管

題目：蓄壓空氣型虹吸抽水器

摘要

本研究是探討如何使事先未裝水的虹吸管，能在沒有加裝額外能源下順利發生，並高流量抽水，原理是利用水壓壓縮管內空氣，接著利用暴衝現象使虹吸現象發生來抽水。

研究一：以手按住玻璃管上端，並將管子插入水中，接著放開按住的管口，則管內的水柱有爆衝現象，口徑 2.00cm 較 0.20cm 的暴衝高度增加 50%。

研究二：發現虹吸管的彎道部分：圓弧型優於直角型、口徑小於 1.10cm 等均明顯有利於暴衝後順利抽水。

研究三：發現外管愈抽水愈快。

研究四：發現管子下方若製作成漏斗型，利用流體力學連續方程式的觀念，暴衝高度可增加 116%。

最後研發兩款新式虹吸管，提升使用的便利性及安全性。研究可用於水族箱換水、汽機車緊急抽油、夜市之可食性油桶之抽油及不同密度油料層之取用等。

壹、研究動機

傳統虹吸管使用前須事先將管子充滿液體，或需要外加外力先抽空空氣後，再帶動液體流動，使用上並不方便，還可能有危險性。加上對於虹吸管內外管長是否影響液體的流速，感到十分好奇。於是我們想要設計高流量的被動式虹吸管（不須外加能源）。此研究與 8 下理化的氣體壓力、液體壓力及一般流體力學有相關，實在很有趣。

貳、研究目的

- 一、研究一中探討直管口徑大小，對於管內水柱發生暴衝現象時，是否影響衝出水面的高度。
- 二、研究二中探討虹吸管彎道的間距、角度、形狀及口徑大小，對於管內的水發生暴衝時，所能越過過的高度之影響。
- 三、研究三中探討虹吸管外管長度對於流速，及暴衝後管內的水所能越過的高度之影響。
- 四、研究四中探討如何增加直管內水柱的爆衝高度。
- 五、研究五中探討兩款高流量蓄壓空氣型虹吸抽水器。
- 六、研究六中增強蓄壓空氣虹吸抽水器的功能性及生活應用。

參、研究設備及器材

一、研究設備：

高速攝影機	電腦
銼刀	壓克力膠
瓦斯噴槍	鋸子
水缸(帶有刻度)	剪刀
防水膠帶	碼錶
橡皮塞	實驗手套
一般相機	長尺
木塊(固定用)	泡棉膠
壓克力加熱器	

二、器材：

PC 管	壓克力管、壓克力片
L 型管	玻璃管
橡皮軟管	薊頭漏斗、漏斗
硬水管	

肆、研究過程及方法

一、在研究一中探討直管口徑大小對於暴衝出水面高度的影響。

- (一) 製作長度均為 30.00 公分，內徑大小分別為 0.50 公分、0.70 公分、1.00 公分、1.55 公分及 2.55 公分壓克力管，共五支。
- (二) 先以手將壓克力上方管口封緊，並將下端深入水面下 13.00 公分。
- (三) 利用快速連拍，分析手放開時，管內的水所能衝高的瞬間最高高度。
- (四) 將材質改為玻璃管，長度均為 30.00 公分，內徑大小分別為 0.20 公分、0.30 公分、0.40 公分、0.50 公分、0.60 公分、0.80 公分、1.10 公分、1.50 公分及 2.00 公分，共 10 支。重新進行實驗。

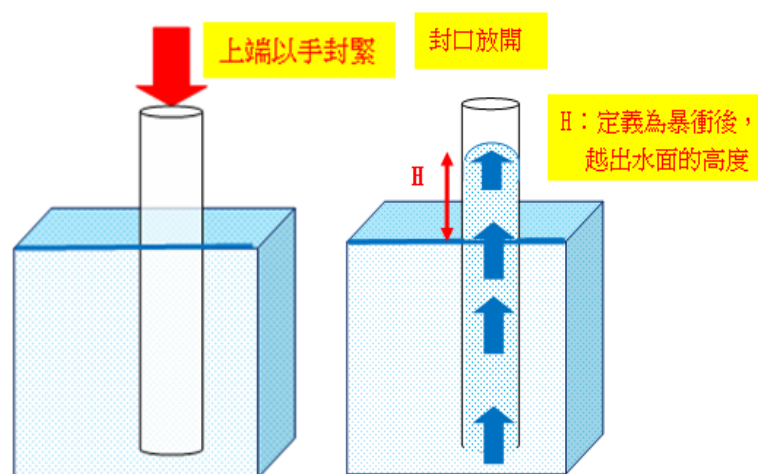


圖 1：管子放入水中的暴衝現象示意圖

二、在研究二中探討虹吸管彎道的間距、角度、形狀及口徑大小，對於管內水柱發生暴衝後，所能越過過的高度之影響。

(一) 第一部分：探討虹吸管彎道的形狀，對於管內的水柱發生暴衝後，所能越過的高度之影響。

- 1.製作直角型及圓弧型的壓克力及玻璃製虹吸管共 4 支。
- 2.首先將外管管口以手指封住，並將虹吸管内管放入水中，並分析當放開外管管口時，所能越過的水面高度。

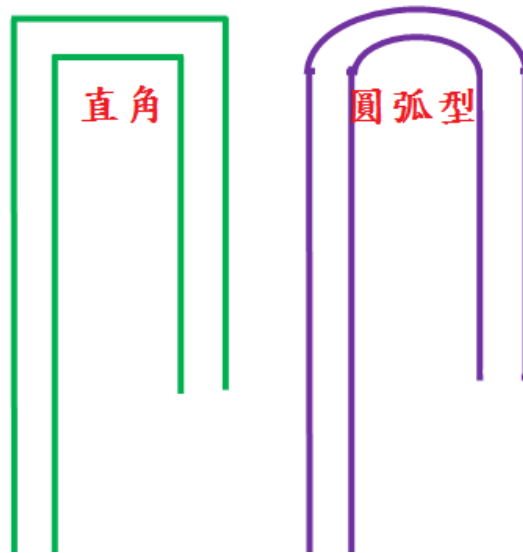


圖 2：彎角形狀不同的虹吸管示意圖。

(二) 第二部分：探討虹吸管彎道的間距，對於管內的水發生暴衝後，所能越過的高度之影響。

- 1.製作內外管間距分別為 5.00 公分、6.00 公分、7.00 公分及 8.00 公分的玻璃製虹吸管共 4 支。
- 2.首先將外管下端管口以手指封住，並將虹吸管内管放入水中，並分析當放開外管管口時，所能越過的水面高度。

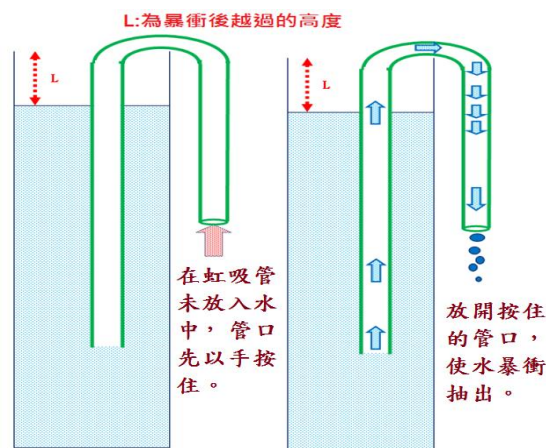


圖 3：先將外管封口的虹吸管，內管放入水中後，發生暴衝現象示意圖。

(三) 第三部分：探討虹吸管彎道的角度，對於管內的水發生暴衝後，所能越過過的高度之影響。

1. 製作不同彎道角度的玻璃製虹吸管共 4 支。
2. 首先將外管管口以手指封住，並將虹吸管内管放入水中，並分析當放開外管管口時，所能越過的水面高度。

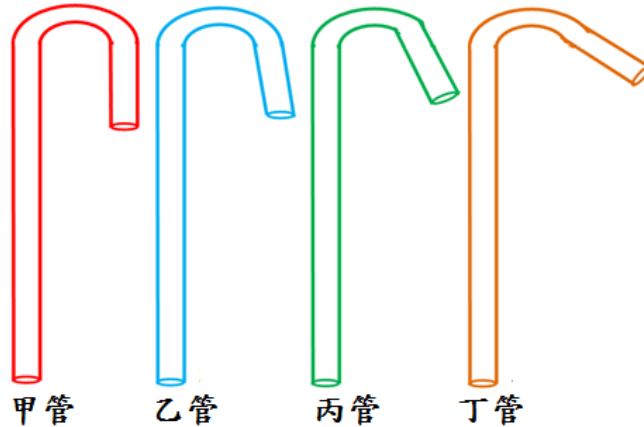


圖 4：不同彎角的虹吸管示意圖。

(四) 第四部分：探討虹吸管口徑大小，對於管內的水柱發生暴衝後，所能越過的高度之影響。

1. 製作內徑大小分別為 0.20 公分、0.30 公分、0.40 公分、0.50 公分、0.60 公分、0.80 公分、1.10 公分、1.50 公分及 2.00 公分的玻璃製虹吸管，共 9 支。
2. 首先將外管管口以手指封住，並將虹吸管内管放入水中，並分析當放開外管管口時，所能越過的水面高度。

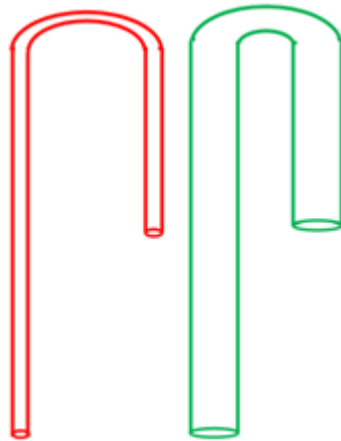


圖 5：口徑大小不同的虹吸管示意圖。

三、在研究三中探討虹吸管外管長度對於流速及暴衝後能越過的高度的影響。

(一) 第一部分：探討虹吸管的外管的長度對流速的影響。

1. 將內外管管內加滿水，將外管用塞子堵住。
2. 用固定架將管子固定在水缸上，並將內管放入水中。

3.放開塞子，按下碼錶測量水面每下降一公分所需時間（全程攝影以便分析數據）

（二）第二部分：探討虹吸管外管長度對於暴衝後能越過的高度的影響。

1.製作內管均為 30.00 公分，外管長別為 10.00 公分、11.0 公分、12.00 公分、13.00 公分、18.00 公分、21.00 公分、24.00 公分的玻璃製虹吸管，共 7 支。

2.首先將外管管口以手指封住，並將虹吸管内管放入水中，並分析當放開外管管口時，所能越過的水面高度。

四、在研究四探討如何增加直管内水柱的爆衝高度。

（一）第一部分：探討上窄下寬的梯形管下端開口對管内爆衝高度的影響。

1.製作上端寬 1.00 公分、下端寬分別為 1.00 公分、1.50 公分、2.00 公分、2.50 公分、3.00 公分、4.00 公分、5.00 公分、6.00 公分、7.00 公分及 8.00 公分的梯形壓克力管，共 10 支。

2.按住自製的壓克力管上端的洞口。

3.將壓克力下端深入水面下 13.00cm。

4.利用快速拍照分析手放開時，管内水柱所能衝高的瞬間最高度。

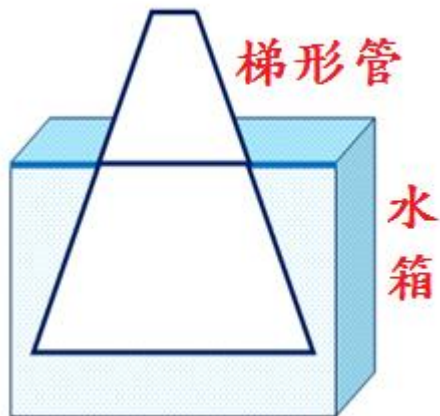


圖 6：梯形壓克力管及水箱示意圖。

（二）第二部分：探討壓克力直管下方加裝不同形狀的管子後，對管内爆衝高度的影響。

（三）第三部分：探討玻璃管下方加裝不同形狀的柱體（圓柱體、半球體及漏斗型）後，對管内爆衝高度的影響。

五、研究五中探討兩款高流量蓄壓空氣型虹吸抽水器。

（一）第一部分：在壓克力虹吸管的內管下方加裝漏斗型裝置（寬度相同，但高度不同）後。分析對於所能自動化越過的高度之影響。

（二）第二部分：在玻璃製虹吸管的內管下方加裝漏斗型裝置（寬度相同，但高度不同）後。分析對於所能自動化越過的高度之影響。

六、研究六：研究六中增強蓄壓空氣虹吸抽水器的功能性及生活應用。

（一）將傳統虹吸管的內管設計成伸縮管。

（二）將傳統虹吸管的外管設計成伸縮管。

（三）將高流量蓄壓空氣虹吸抽水器內管進水口加裝濾網，增加其功能性。

（四）分析蓄壓空氣虹吸抽水器的生活應用。

伍、研究結果：

一、研究一：探討直管口徑大小對於暴衝出水面高度的影響。

(一)研究一第一部分：將壓克力管上端管口按住後，並將下端管口深入水面下 13.00cm，接著鬆開封口，管內的水發生暴衝，探討口徑大小與暴衝高度的影響。

表 1：不同粗細的壓克力管放入水中的暴衝高度

壓克力管 管長(cm)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
口徑(cm)		0.50	0.70	1.00	1.55	2.55
暴衝 高度 (cm)	第一次 實驗	5.40	5.80	7.00	7.50	7.50
	第二次 實驗	5.50	5.80	7.00	7.40	7.40
	第三次 實驗	5.50	6.10	7.00	7.30	7.50
	第四次 實驗	5.30	5.80	7.10	7.40	7.40
	第五次 實驗	5.00	5.80	6.90	7.20	7.50
	實驗 平均值	5.34	5.86	7.00	7.36	7.46
與口徑 0.50cm 的管子比較其 暴衝高度	基準值	增加 9.70%	增加 31.10%	增加 37.80%	增加 39.70%	

說明：

- 1.口徑越小，推測是因為管壁摩擦阻力越大，暴衝高度越不明顯。
- 2.口徑越大，暴衝高度愈大，以口徑 2.55cm 較口徑 0.50cm 增加 39.70%的暴衝高度。

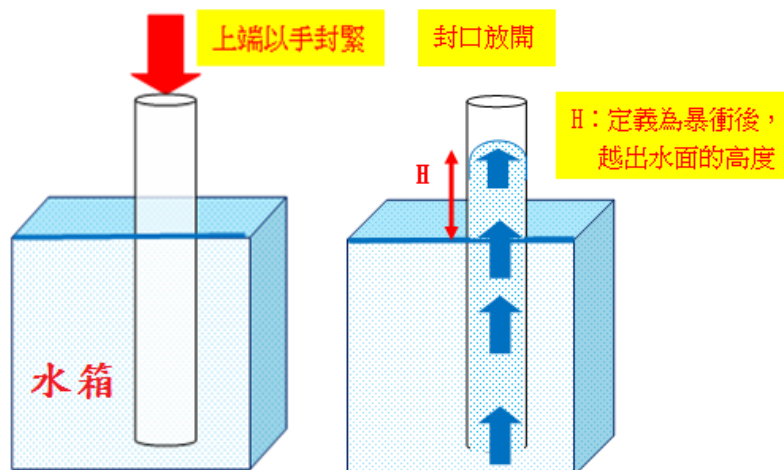


圖 7：壓克力管放入水中的暴衝高度示意圖

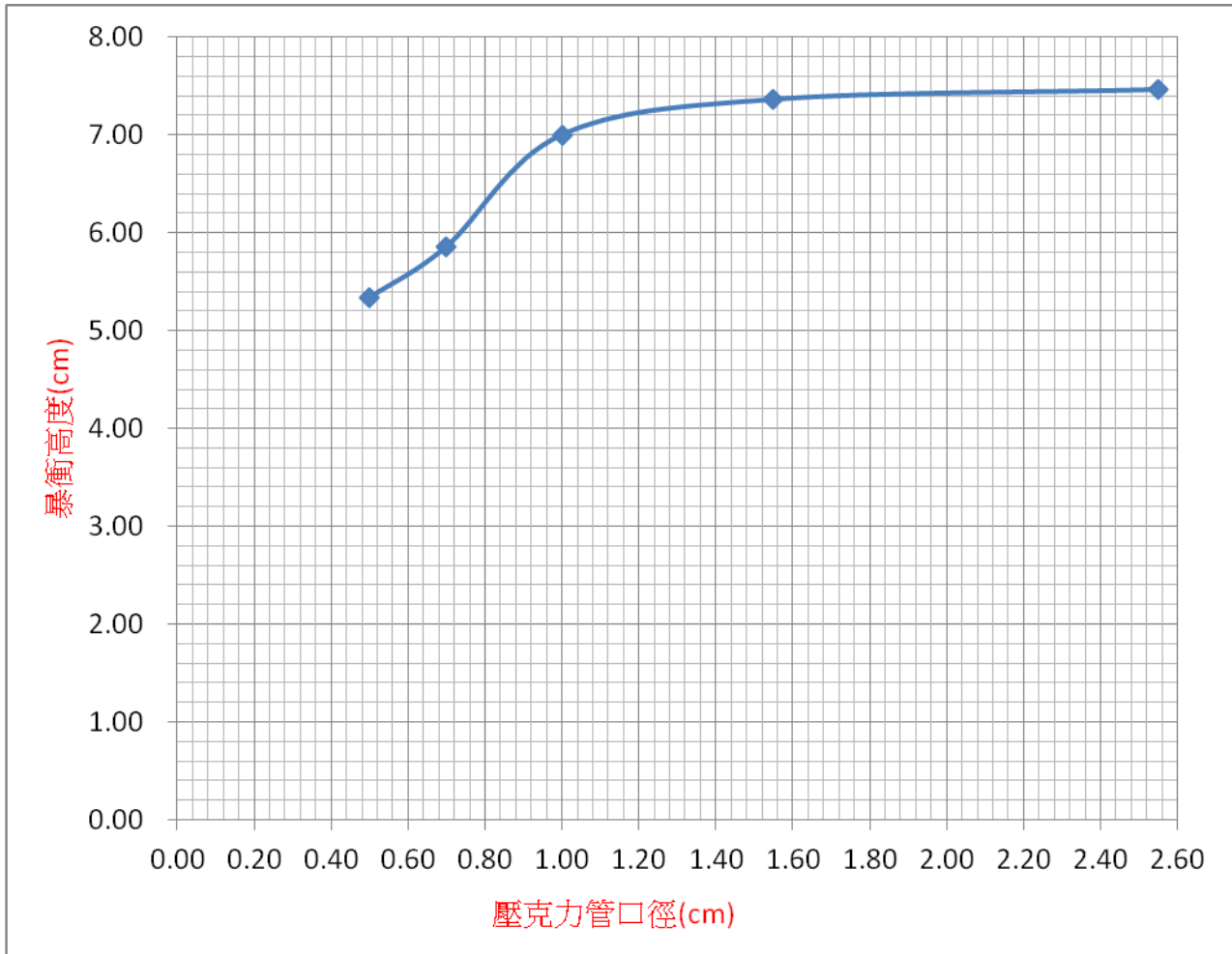


圖 8：口徑與暴衝高度的關係圖

說明：

- (一)由關係圖可看出，口徑愈大，暴衝高度愈大。
- (二)由關係圖明顯看出，口徑 0.70cm 到 1.00cm 的壓克力管，暴衝高度有明顯的增加。
- (三)口徑大於 1.55cm 的壓克力管，暴衝高度的增加率趨緩。

(二)研究一第二部分：將**玻璃管**上端管口按住後，並將下端管口深入水面下 **13.00cm**，接著鬆開封口，管內的水發生暴衝，探討口徑大小與暴衝高度的影響。

表 2：不同粗細的玻璃管放入水中的暴衝高度

玻璃管 管長(cm)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
口徑(cm)	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.10	1.50	2.00	
暴衝 高度 (cm)	第一次 實驗	4.50	4.70	5.00	5.30	5.30	5.50	5.70	6.30	6.50
	第二次 實驗	4.60	4.60	4.90	5.40	5.40	5.40	5.60	6.00	6.60
	第三次 實驗	4.30	4.80	5.10	5.50	5.60	5.70	5.70	6.20	6.80
	第四次 實驗	4.50	4.90	5.20	5.20	5.40	5.60	5.80	6.30	6.70
	第五次 實驗	4.40	4.90	5.10	5.30	5.40	5.50	5.50	6.20	6.80
	實驗 平均值	4.46	4.78	5.06	5.34	5.42	5.54	5.66	6.20	6.68
與口徑 0.20cm 的 管子比較其暴衝 高度	基準值	增加 7.17%	增加 13.45%	增加 19.73%	增加 21.52%	增加 24.22%	增加 26.91%	增加 39.01%	增加 49.78%	

說明：

- 如同壓克力管，口徑越小，推測是因為管壁摩擦阻力越大，暴衝高度越不明顯。
- 口徑越大，暴衝高度愈大，以口徑 2.00cm 較口徑 0.20cm 增加 49.78%的暴衝高度。

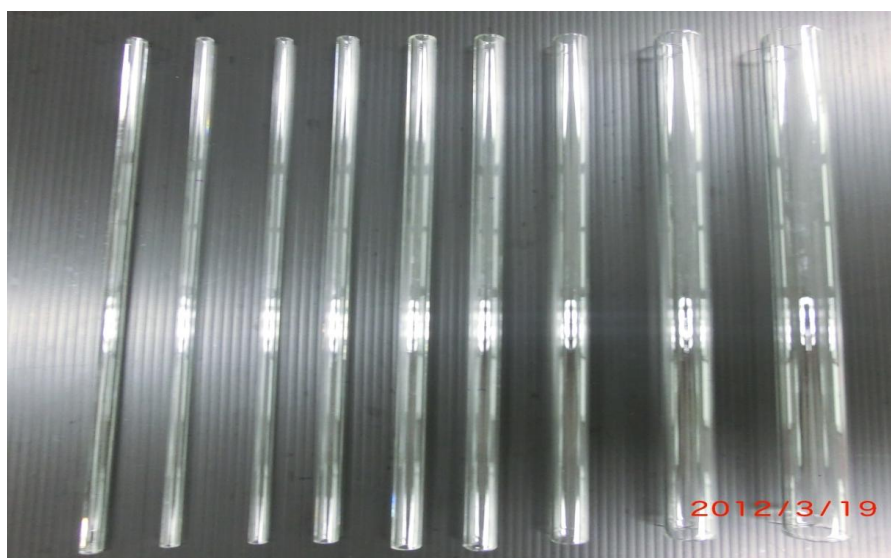


圖 9：不同粗細的玻璃管共 9 支。

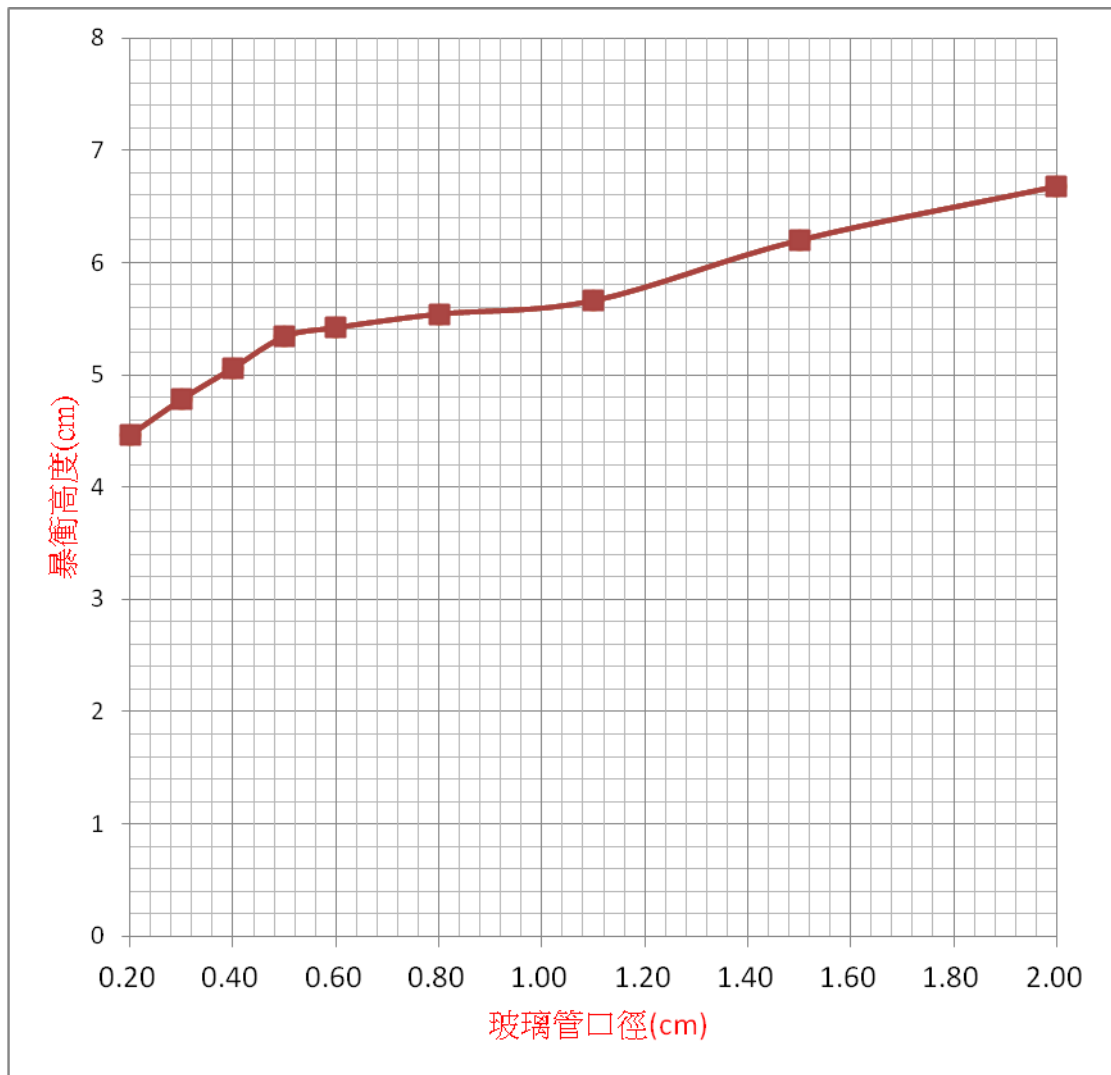


圖 10：玻璃管口徑與暴衝高度的關係圖

說明：由關係圖看出，口徑 0.20cm 的暴衝高度最小，2.00cm 的暴衝高度最大。

封口放開

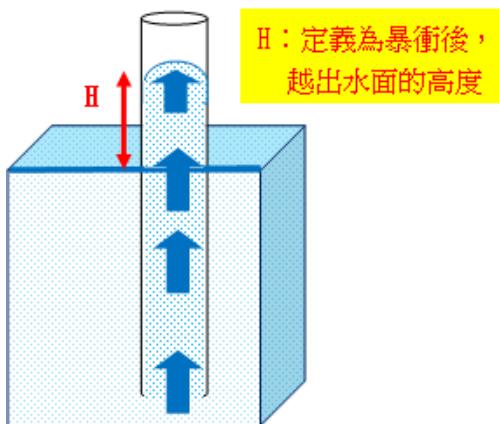


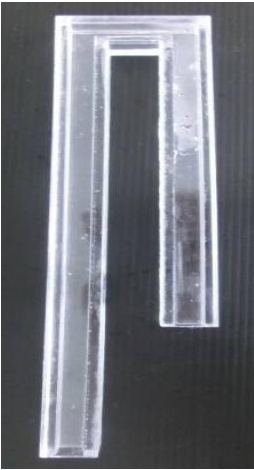
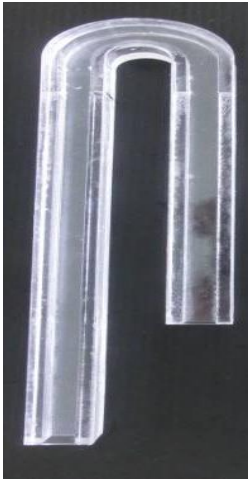


圖 11：壓克力管放入水中的暴衝高度示意圖

二、研究二：探討虹吸管彎道部分對於暴衝後所能越過的高度的影響。

(一)研究二第一部分：探討彎道的形狀對於暴衝後所能越過的高度所造成的影響。

表 3：壓克力虹吸管上方彎道形狀對暴衝後所能越過高度的影響

	壓克力製虹吸管上方彎道類型	
	直角型彎道	圓弧型彎道
暴衝後，所能越過的水面高度(公分)	完全無法順利自動越過	2.80cm
電腦示意圖		
實際圖形	 圖 12：直角型彎道虹吸管	 圖 13：圓弧型彎道虹吸管

說明：壓克力虹吸管上方為直角型彎道，推測彎曲損失較大，故不利於暴衝後能越過的高度。

L:為暴衝後越過的高度

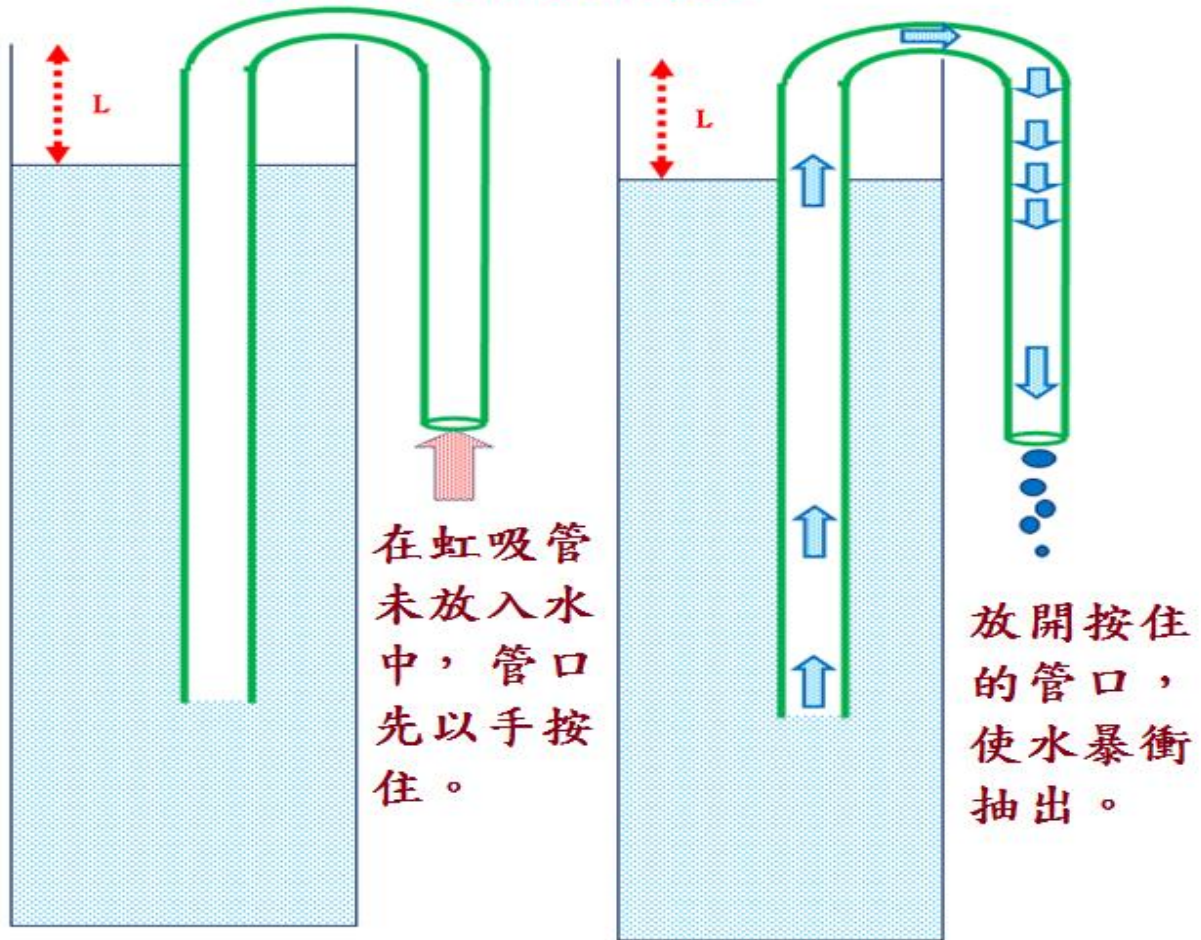






圖 14：虹吸管内水柱暴衝示意圖

表 4：玻璃製虹吸管上方彎道形狀對暴衝後所能越過的高度的影響

	玻璃製虹吸管上方彎道類型	
	直角型彎道	圓弧型彎道
暴衝後，所能越過的水面高度(公分)	4.60	5.70
電腦示意圖		
實際圖形	 <p>圖 15：直角型彎道的虹吸管</p>	 <p>圖 16：圓弧型彎道的虹吸管</p>

說明：暴衝後所能越過的高度，圓弧型的彎道明顯優於直角型的彎道。推測直角型的彎道彎曲損失較大。

(二)研究二第二部分：探討虹吸管彎道處內外管間距，對暴衝後所能越過的高度所造成的影響。

表 5：不同間距的彎道對所能越過的高度所造成的影響

	虹吸管間距 5.00cm	虹吸管間距 6.00cm	虹吸管間距 7.00cm	虹吸管間距 8.00cm
暴衝後能越過的高度(cm)	6.40	6.20	5.90	5.70

說明：

(一)若以間距 8.00cm 的暴衝後能越過的高度做基準，則：

1.間距 7.00cm 增加 3.51%、 2.間距 6.00cm 增加 8.77%、 3.間距 5.00cm 增加 12.28%

(二)間距過大不利於暴衝後能越過的高度。

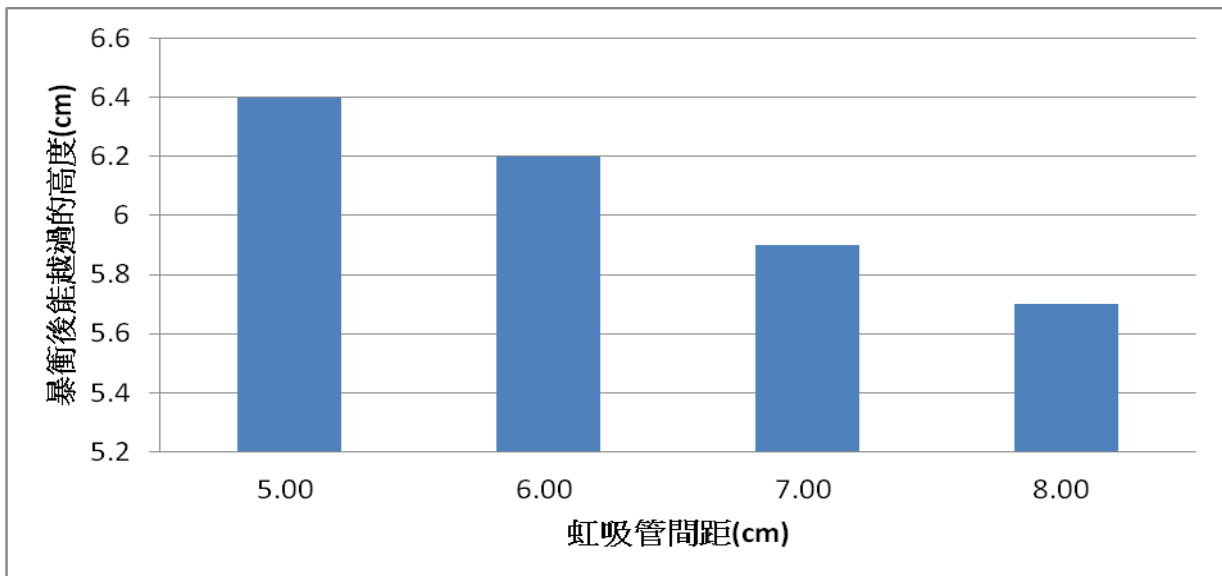


圖 17：虹吸管彎道間距與所能越過的高度的關係圖

說明：由關係圖看出，5.00cm 彎道間距的虹吸管暴衝後能越過的高度高於間距為 6.00cm、7.00cm、8.00cm 的虹吸管，所以間距過大不利於暴衝後能越過的高度。

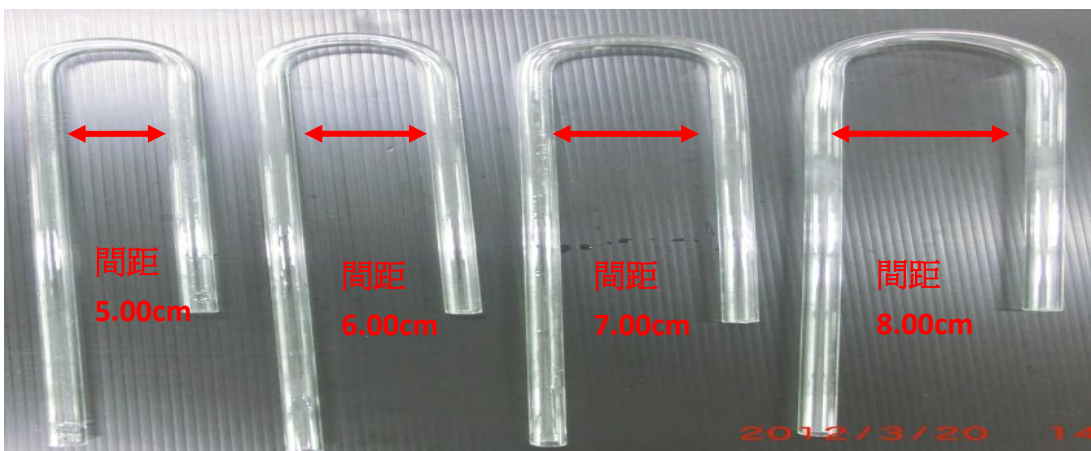


圖 18：不同間距的玻璃製虹吸管共 4 支

(三)研究二第三部分：探討虹吸管彎道的角度，對於暴衝後所能越過的高度所造成的影響。

表 6：彎道的角度對所能越過的高度的影響。

管子類型	甲管	乙管	丙管	丁管
暴衝後能越過的高度(cm)	6.00	6.00	6.00	5.20

說明：比較甲、乙、丙、丁四種不同彎道角度的虹吸管，其中發現控制在一定的彎曲角度之內，對於暴衝後能越過的高度是有利的。

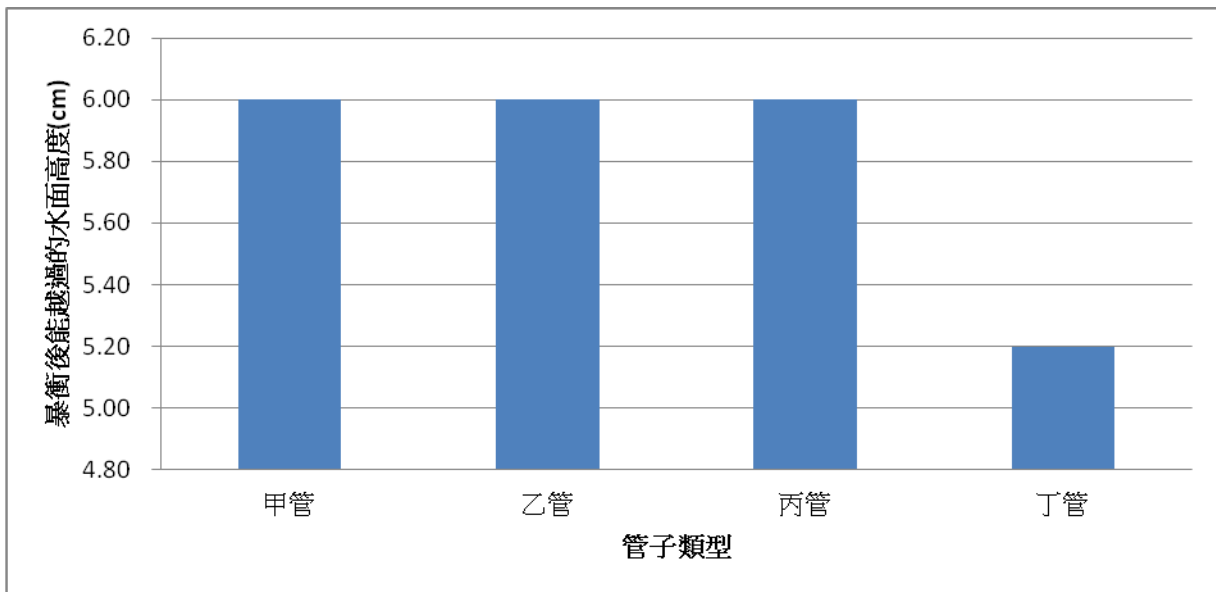


圖 19：虹吸管彎道彎曲角度與所能越過高度的關係圖

說明：由關係圖中可看出，丁管暴衝後能越過的高度較高最小。

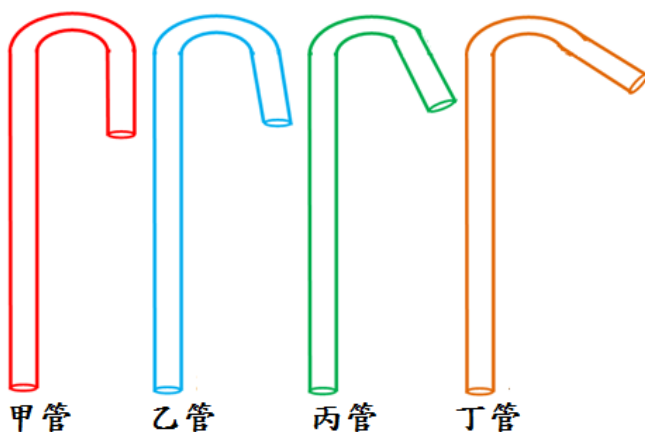


圖 20：不同彎道的角度示意圖



圖 21：不同彎道的角度玻璃管

(四)研究二第四部分：研究虹吸管口徑大小對於暴衝後所能越過的高度的影響。

表 7：不同口徑的玻璃虹吸管放入水中後的暴衝高度

玻璃管口徑(cm)	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.10	1.20	1.50	2.00
暴衝後能越過的高度(cm)	2.20	2.80	3.20	3.90	4.20	4.50	4.40	3.50	無法成功	

說明：

(一)虹吸管口徑由 0.80cm 至 1.10cm 間，最有利於暴衝後能越過的高度。

(二)虹吸管口徑大於 1.50cm，雖有暴衝現象，但卻無法順利產生虹吸現象來抽水。

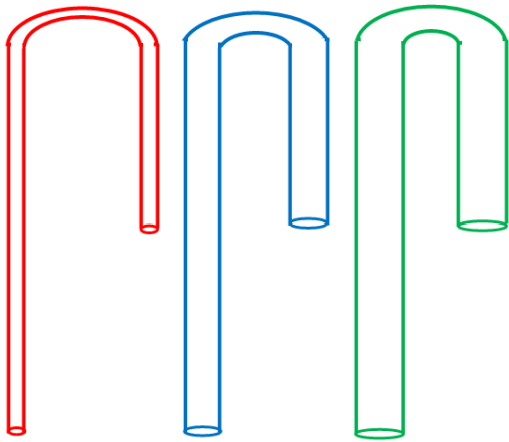


圖 22：不同口徑的虹吸管示意圖



圖 23：不同口徑的玻璃虹吸管

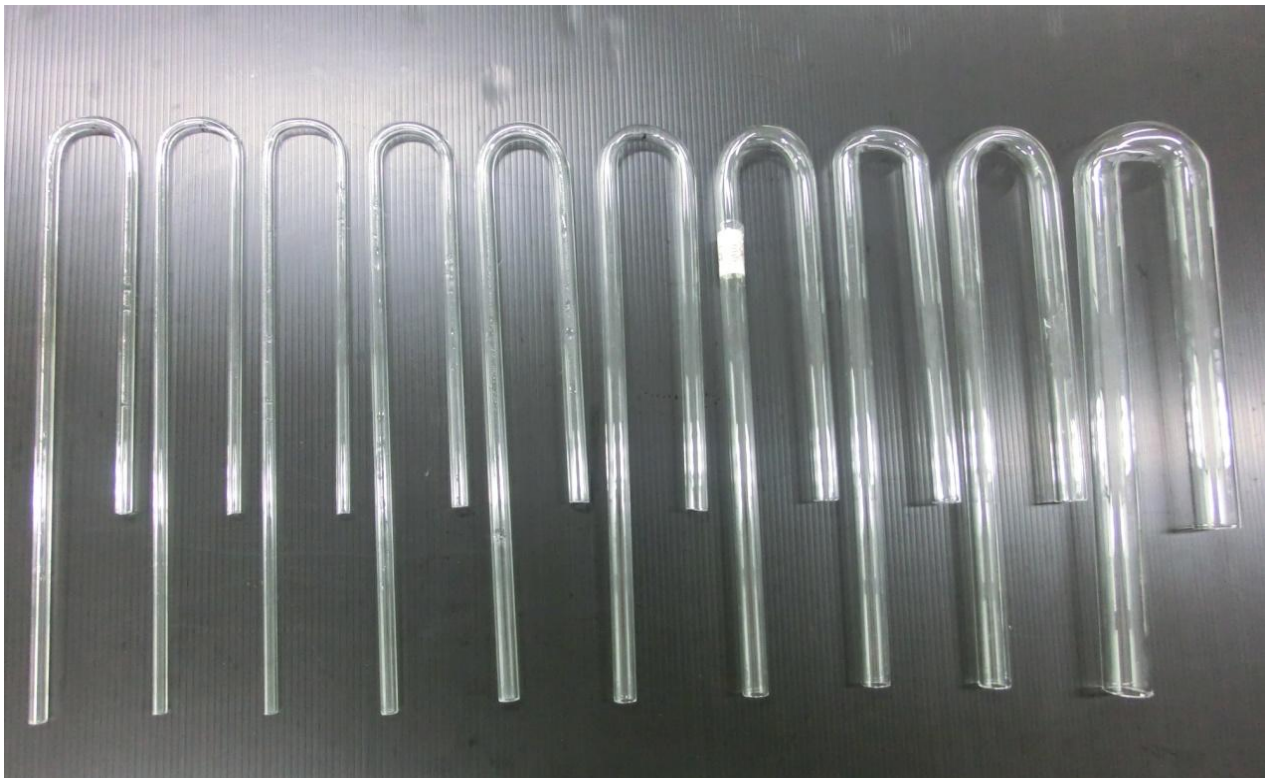


圖 24：10 支不同口徑的玻璃虹吸管

三、研究三：探討虹吸管外管的**長度**對於**流速**及**暴衝後能越過的高度**所造成的影響。

(一)研究三第一部分：探討虹吸管外管的長度對於流速的影響。

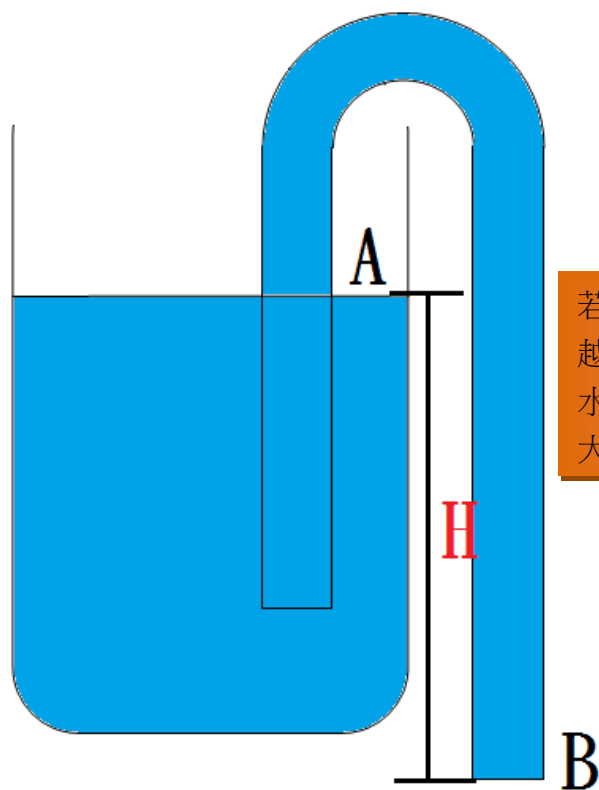
表 8：虹吸管外管的長度對於流速的影響

外管長度(cm)	使水族箱水面下降 1.00cm，所需抽水時間(秒)。						備註 1/時間 (1/秒)
	第 1 次 實驗	第 2 次 實驗	第 3 次 實驗	第 4 次 實驗	第 5 次 實驗	實驗平均值 (秒)	
10.00	4.00	4.60	5.10	6.20	8.10	5.60	0.18
15.00	3.00	3.40	3.80	3.70	3.90	3.60	0.28
20.00	2.60	2.70	2.50	2.90	2.90	2.70	0.37
25.00	2.10	2.20	2.20	2.30	2.20	2.20	0.45
30.00	1.90	1.80	2.20	1.90	2.10	2.00	0.51
35.00	1.60	1.60	1.90	1.90	2.00	1.80	0.56
40.00	1.40	1.50	1.90	1.80	1.80	1.70	0.60
45.00	1.40	1.70	1.60	1.70	1.70	1.60	0.62

說明：

(一)比較各種長度的外管度於流速的影響，發現外管愈長，抽水時間愈短，流速愈快。

(二)此現象可由流體力學白努力方程式，推測外管越長則出水端管口與水族箱水面位能差越大，當水開時流動後，位能轉換成動能，故外管越長流速越快。



若外管越長(A 到 B 的落差 H 越大)，則位能差越大。屆時水開始流動後，動能就會越大

圖 25：外管長度對於流速關係的示意圖

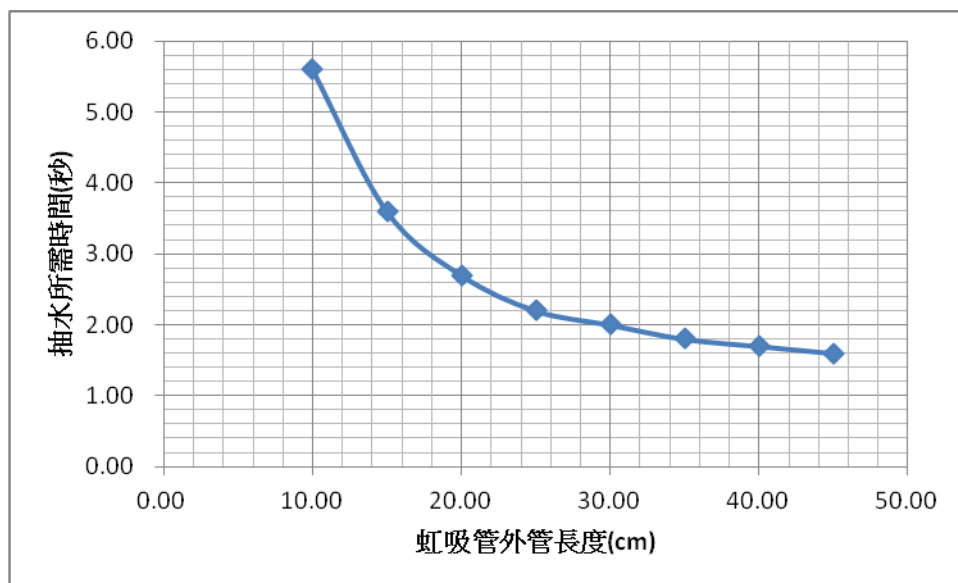


圖 26：虹吸管外管長度與抽水所需時間的關係

說明：從關係圖中發現虹吸管外管長度為 45cm 的抽水時間遠遠少於長度為外管 10cm（相差 3.5 倍），因此外管越長抽水時間短，流速越快。

(二)研究三第二部分：探討玻璃虹吸管外管長度對於暴衝後，所能越過的高度的影響。

表 9：7 支不同外管長度的玻璃虹吸管，在暴衝後所能越過的高度。

虹吸管外管長度(cm)	10.00	11.00	12.00	13.00	18.00	21.00	24.00
暴衝後能越過的高度(cm)	5.60	5.60	5.60	5.50	5.40	5.60	5.60

說明：

(一)自製 7 支玻璃虹吸管内管管口均插入水面下 30.00cm。

(二)將外管長度與暴衝後所能越過的高度，作變因分析其相關係數為 0.089(為低度相關)。



圖 27：不同外管長度的玻璃虹吸管共 7 支

四、研究四：探討如何增加管內暴衝高度。

(一)研究四第一部分：探討梯形管下端開口大小對管內暴衝高度的影響。

表 10：10 支下端不同寬度的壓克力管，下端放入水中下 13.00cm 的暴衝高度。

管口上端 寬(cm)	管口 下端寬 (cm)	手指鬆開後，管內的水暴衝，超出水面的高度(cm)					
		第 1 次 實驗	第 2 次 實驗	第 3 次 實驗	第 4 次 實驗	第 5 次 實驗	平均值 (cm)
1.00	1.00	7.10	7.30	7.00	7.20	7.50	7.22
1.00	1.50	10.50	10.70	10.80	10.40	10.70	10.62
1.00	2.00	10.90	11.00	11.20	11.00	10.80	10.98
1.00	2.50	11.50	11.40	11.60	11.70	11.60	11.56
1.00	3.00	11.80	11.70	11.70	12.00	11.80	11.80
1.00	4.00	12.30	12.50	12.20	12.00	12.50	12.30
1.00	5.00	12.90	12.70	12.80	12.90	12.90	12.84
1.00	6.00	13.80	13.60	13.80	13.90	14.00	13.82
1.00	7.00	15.50	15.70	15.40	15.90	15.60	15.62
1.00	8.00	14.30	14.60	14.00	14.50	14.50	14.38

說明：比較下端不同開口的梯形管對暴衝高度的影響後，發現下端開口為 7.00cm 的梯形管的暴衝高度最高。



圖 28：10 支梯形壓克力管口下端開口寬度的實際儀器

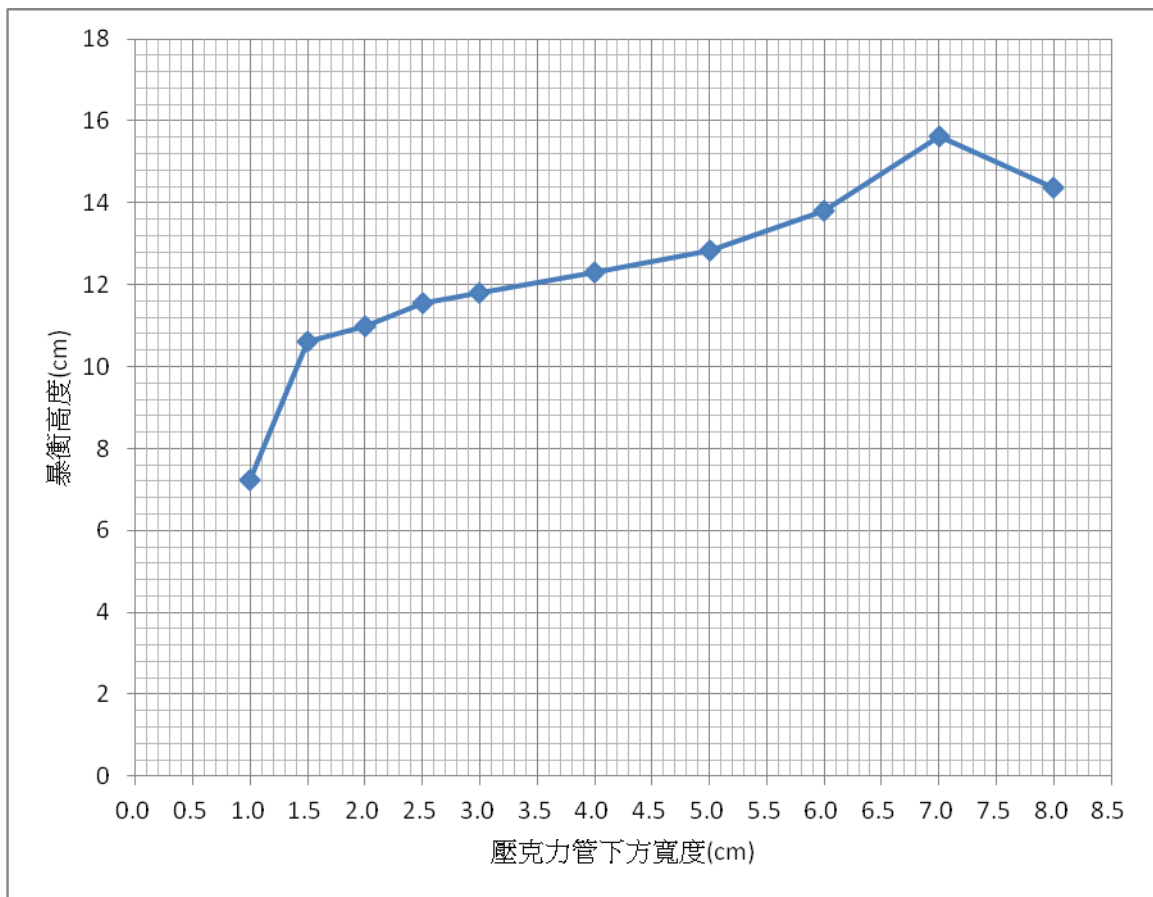


圖 29：10 支梯形壓克力管口下端開口寬度對於暴衝高度的關係圖

說明：

- (一)由關係圖中看出剛開始區線出現急增、緩增、急降，且有極大值產生。
- (二)下端不同開口的梯形管對暴衝高度的增加，可由流體力學連續方程式解釋。
- (三)此研究發現梯形管對衝高度有明顯的增加，以下端開口寬度為 7.00cm 的暴衝高度為寬度為 1.00cm 的 2.1 倍。

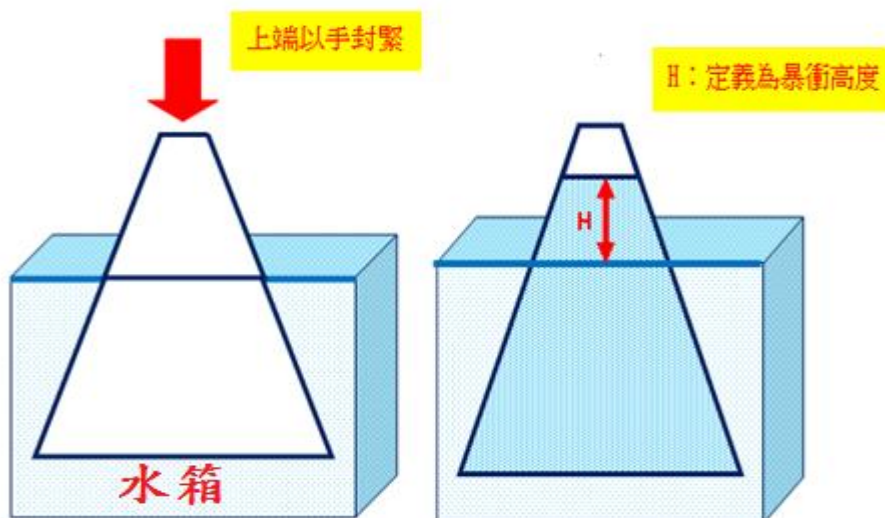


圖 30：梯形壓克力管口下端開口放入水中示意圖

(二)研究四第二部分：探討壓克力直管下方加裝不同形狀，對暴衝高度之影響。

表 11：下方不同形狀的壓克力管放入水中的暴衝高度

	底部形狀	暴衝後，超出水面的高度(cm)					平均值 (cm)	備註
甲管	無形狀	6.20	6.30	6.30	6.10	6.50	6.28	基準值
乙管	長方形 (下端高為 4.00cm)	6.80	6.90	6.70	6.60	7.00	6.80	比甲管增加 8.280%
丙管	漏斗型 (下端高為 2.50cm)	9.10	9.30	9.10	9.10	9.40	9.20	比甲管增加 46.497%
丁管	漏斗型 (下端高為 1.50cm)	9.70	9.90	9.90	9.60	10.00	9.82	比甲管增加 56.369%
戊管	漏斗型	11.50	11.30	11.20	11.20	11.60	11.36	比甲管增加 80.892%

說明：比較壓克力直管下方加裝不同形狀，對暴衝高度的影響後，發現戊管(收斂型)的暴衝高度最高。

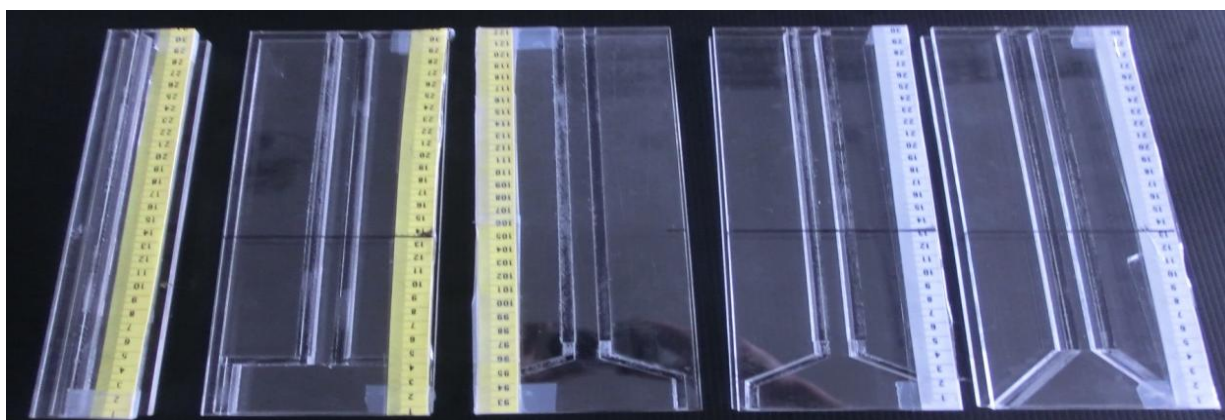


圖 31：下方為不同形狀的壓克力管

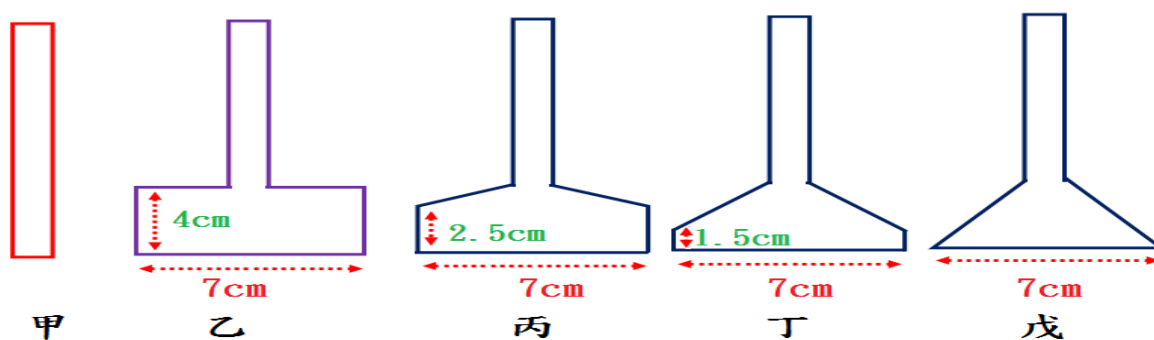


圖 32：下方為不同形狀的壓克力管示意圖

(三)研究四第三部分：探討玻璃直管下方加裝不同形狀，對暴衝高度之影響。

表 12：下方為不同形狀的玻璃管放入水中的暴衝高度

玻璃管	管子下方形狀	暴衝高度(公分)						備註
		第 1 次 實驗	第 2 次 實驗	第 3 次 實驗	第 4 次 實驗	第 5 次 實驗	實驗 平均值	
甲管	長方型	3.80	3.80	3.70	3.70	3.80	3.76	基準值
乙管	半圓型	7.50	7.60	7.50	7.70	7.50	7.56	比甲管增加 101%
丙管	漏斗型	12.50	12.40	12.60	12.50	12.90	12.58	比甲管增加 235%

說明：比較玻璃直管下方加裝不同形狀，對暴衝高度之影響後，發現玻璃直管下端形狀為漏斗型(收斂型)暴衝高度最高。

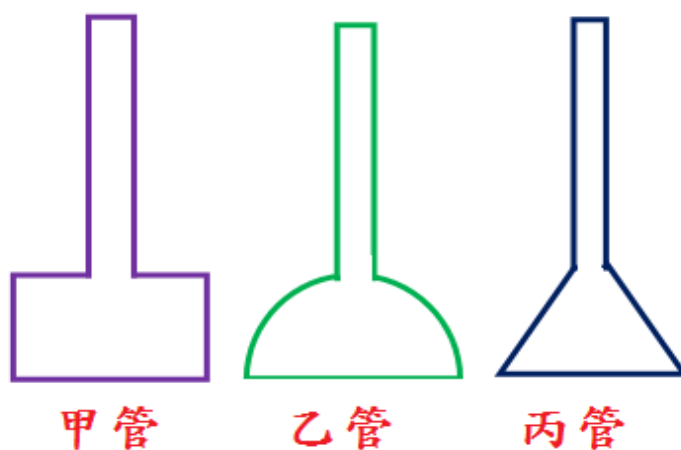


圖 33：下方為不同形狀的玻璃管示意圖



圖 34：下方為不同形狀的玻璃管

五、研究五：探討兩款高流量蓄壓空氣型虹吸抽水器。

(一)研究五第一部分：探討壓克力管下方漏斗型的高度，對於暴衝後能越過的高度及流量的影響。

表 13：下方為漏斗型所能越過的高度數據

	甲管	乙管	丙管	丁管
暴衝後能越過的高度(cm)	3.80	5.00	6.80	7.50
備註	基準值	比甲管增加 31.58%	比甲管增加 78.95%	比甲管增加 97.37%

說明：比較下方不同高度的漏斗型,能否影響暴衝高度,發現下方高度越高越好.

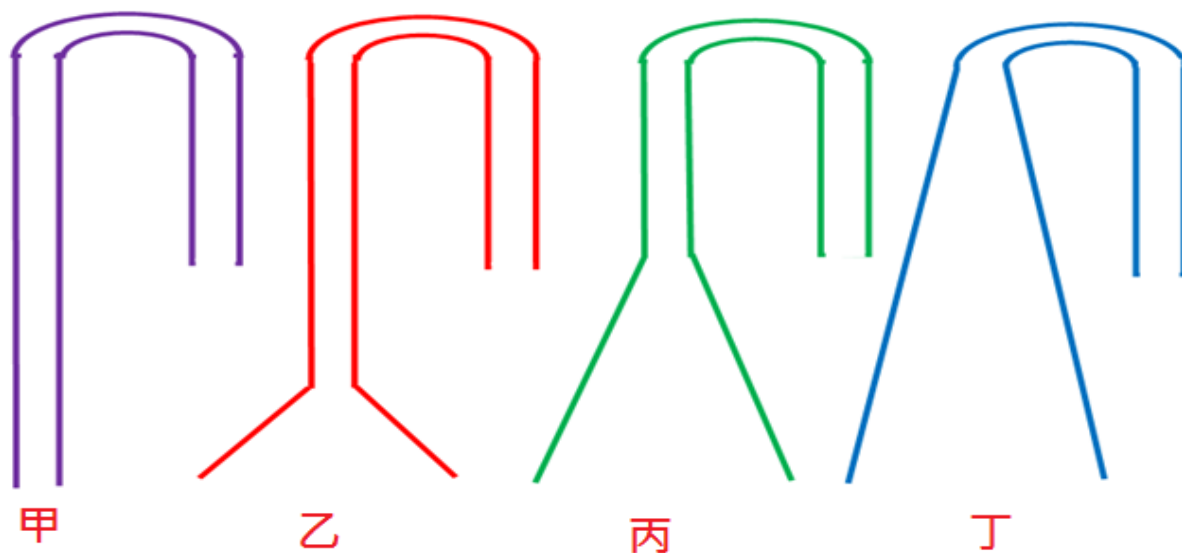


圖 35：下方為不同高度的漏斗型壓克力管示意圖



圖 36：下方為不同高度的漏斗型壓克力管

表 14：壓克力下方的漏斗形高度對抽出 1000c.c.水之時間之影響

自製壓克力虹吸管類型	抽出 1000c.c.的水所需時間(秒)					
	第 1 次 實驗	第 2 次 實驗	第 3 次 實驗	第 4 次 實驗	第 5 次 實驗	實驗 平均值
甲管(傳統虹吸管)	12.60	12.40	12.80	12.30	12.30	12.48
乙管(內管下方漏斗型)	11.30	11.50	11.20	11.60	11.40	11.40
丙管(內管下方漏斗型)	10.70	10.30	10.50	10.70	10.40	10.52
丁管(內管下方漏斗型)	9.90	10.20	9.80	9.90	10.00	9.96

說明：比較下方不同高度的漏斗型壓克力管,抽出一公升水量所需時間,發現丁管為最佳值.

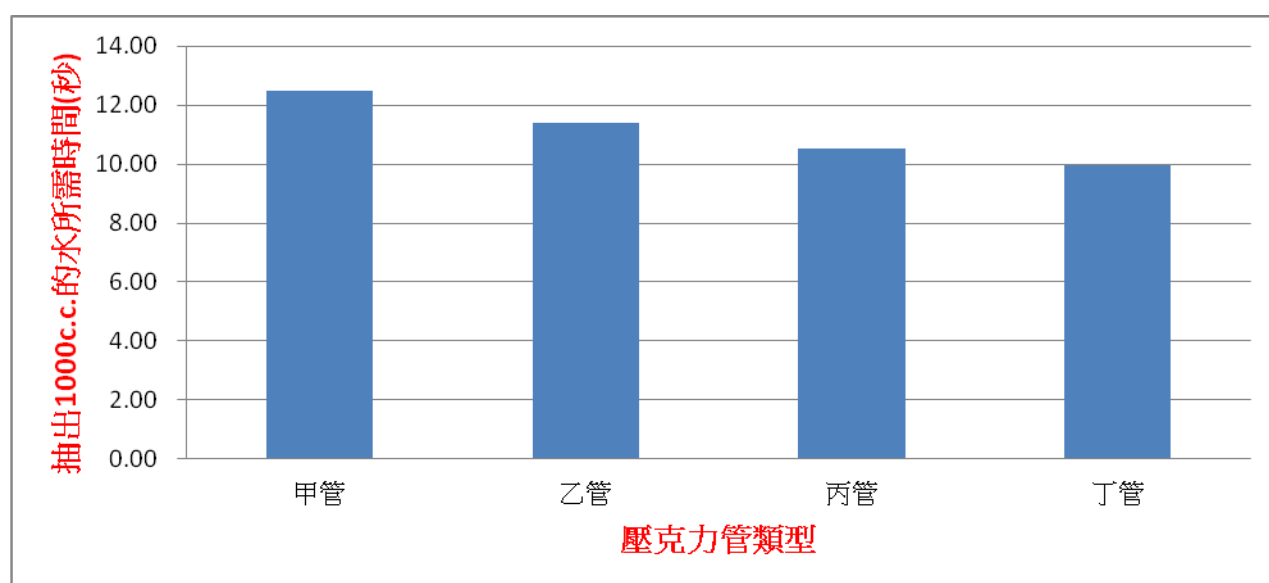


圖 37：下方為不同高度的漏斗型壓克力管對流量的影響

說明：從關係圖中發現，數據以下方高度越高的壓克力虹吸管排水所需時間最少，比起傳統虹吸管快許多。

(二)研究五第二部分：探討玻璃管下方漏斗形高度，對於暴衝後能越過的高度及流量的影響。

表 15：玻璃管下方的漏斗形高度對所能越過的高度的影響

	甲管	乙管	丙管	丁管	戊管
下方漏斗形的高度(cm)	一般傳統型 (無加裝)	8.00	15.00	21.00	25.00
暴衝後能越過的高度(cm)	6.00	8.40	11.90	11.00	8.00
備 註	基準值	比甲管增加 40.00%	比甲管增加 98.33%	比甲管增加 83.33%	比甲管增加 33.33%

說明：比較下方不同高度的玻璃虹吸管,暴衝後能越過的高度,發現以下方高度 15 公分的玻璃虹吸管,暴衝所能越過高度最高。

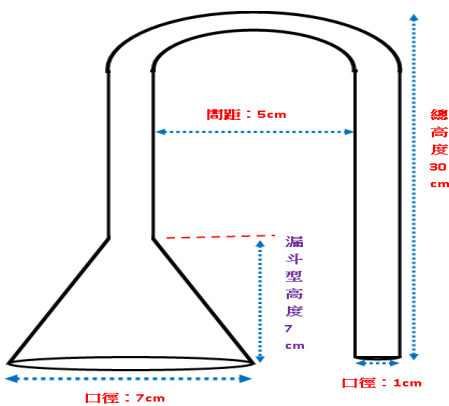


圖 38：玻璃管下方的漏斗型示意圖

圖 39：玻璃管下方的漏斗形

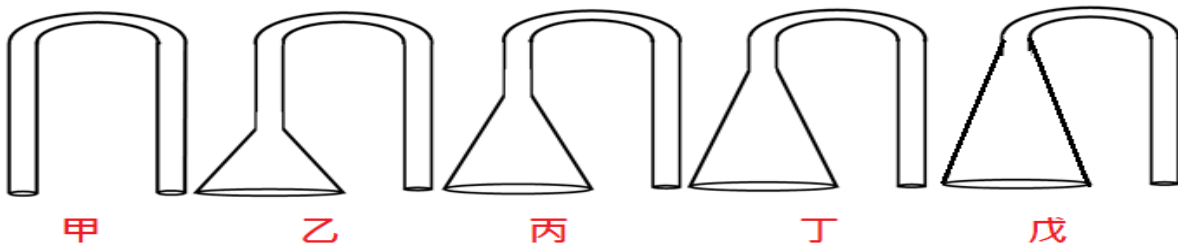


圖 40：玻璃管下方不同高度的漏斗示意圖



圖 41：玻璃管下方不同高度的漏斗

表 16：玻璃管下方的漏斗形高度對抽出 1000c.c.水之時間之影響

自製玻璃虹吸管類型	抽出 1000c.c.的水所需時間(秒)					
	第 1 次 實驗	第 2 次 實驗	第 3 次 實驗	第 4 次 實驗	第 5 次 實驗	實驗 平均值
甲管 (傳統虹吸管)	11.50	11.80	11.40	11.50	11.30	11.50
乙管 (內管下方漏斗型高 8 公分)	9.30	9.60	9.80	9.40	9.90	9.60
丙管 (內管下方漏斗型高 15 公分)	8.00	7.40	7.50	7.90	7.60	7.68
丁管 (內管下方漏斗型高 21 公分)	6.70	6.40	6.30	6.50	6.40	6.46
戊管 (內管下方漏斗型高 25 公分)	5.90	5.50	5.90	5.70	5.50	5.70

說明：比較不同高度的玻璃虹吸管,抽出一公升的水所需時間,發現到下方最高的戊管最有利。

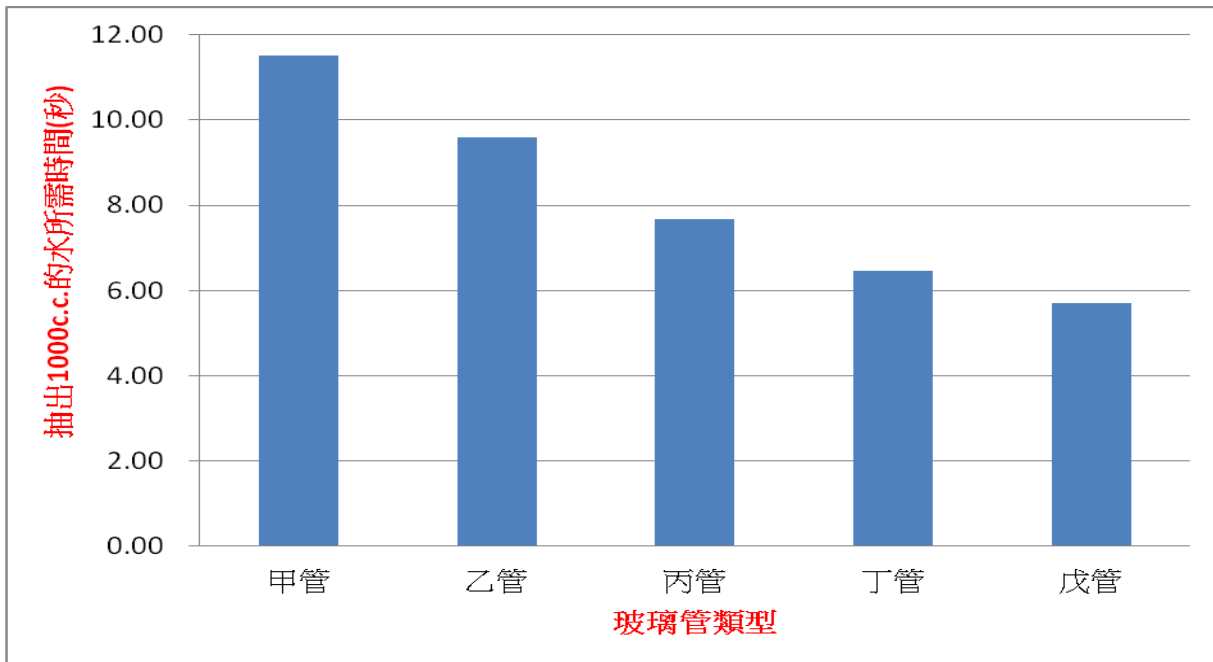


圖 42：玻璃管下方不同高度的漏斗對於流量的影響

說明：從關係圖中得知,下方高度如果越高,越有利於減少抽出時間。

(一)實驗發現戊抽水器抽出 1000c.c.的水量，所需時間較傳統型甲管縮短 50%。

(二)實驗發現戊抽水器內管下端管口口徑大，且為最佳收斂型(Convergent)，在水流過時產生最小流體阻力”。

六、研究六：增強蓄壓空氣虹吸抽水器的功能性及生活應用的探討。

(一)將傳統虹吸管的內管設計成伸縮管的優點。

- 1.拉長伸縮管可增加插入液面的深度，增大液體壓管中的氣壓，提升壓縮比，進一步提升暴衝高度及流體流量。
- 2.可調整想要抽出的液體位置(如下圖所示)。
- 3.可控制想要抽出的液體總量。
- 4.整體虹吸管可縮小，方便收納。

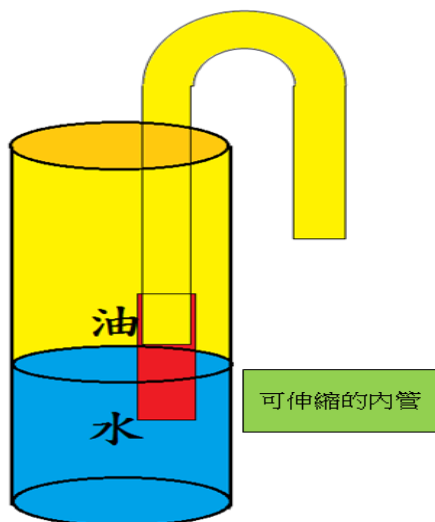


圖 43：可伸縮的內管與不同密度的液體示意圖

(二)將傳統虹吸管的外管設計成伸縮管的優點。

- 1.剛開始縮短外管長度，可增加管內氣體壓縮比，提升暴衝高度。
- 2.當虹吸現象發生後，拉長外管長度可增加抽出液體的流量，縮短所需時間。

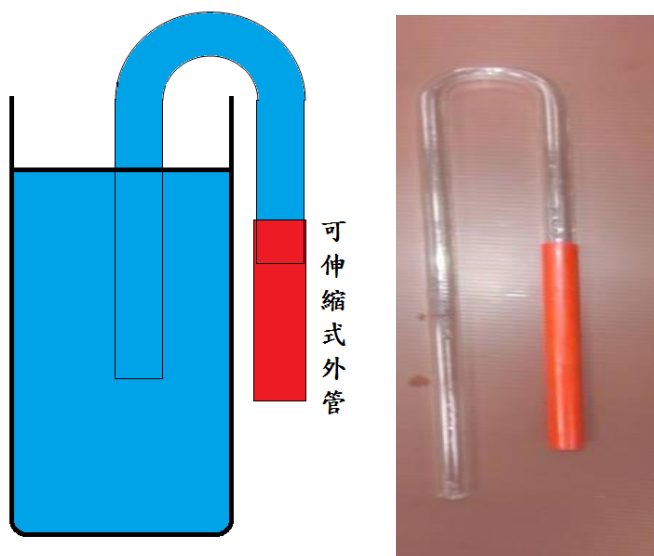


圖 44：可伸縮的外管示意圖



圖 45：實際換水的情形

(三)將高流量蓄壓空氣虹吸抽水器內管進水口加裝濾網，增加其功能性。
例如虹吸管下方加裝濾網可有過濾功能，也可在幫魚缸換水時防止魚被吸出。

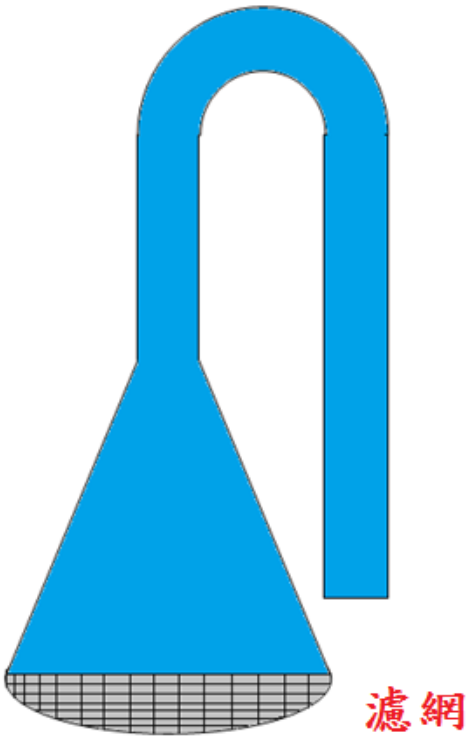


圖 46：加裝網子的過濾抽水器

虹吸管下方加裝濾網可有過濾功能，也可在幫魚缸換水時防止魚被吸出。

(四)生活中的應用：水族箱換水、汽機車緊急抽油、夜市之可食性油桶之抽油及不同密度油料層之取用等。



圖 47：分層抽油實驗器材



圖 48：加裝網子的過濾抽水器

陸、討論

- 一、原理：蓄壓空氣虹吸抽水器的啟動是事先，手不需直接接觸液體，而只是按住管口。利用內管液體壓力，壓縮管內空氣，造成氣壓大於外管管口大氣壓力。當手指鬆開後，管中排氣，接著管內水柱發生暴衝現象，便能順利發生虹吸現象，達抽出液體的功用。
- 二、**暴衝高度**：如何知道管子放入水中的暴衝高度是一大難題，所以我們使用高速攝影機可以解決這個難題。
- 三、**管口的粗細**：管子口徑會對暴衝高度及所能越過的高度產生影響，太細的管子不利於暴衝；而太粗的管子不利於製作自動化虹吸現象發生，因其口徑過大，影響上衝的水柱無法順利通過彎道，導致自動化的失敗，因此採用口徑 1.00cm 的管子進行自動化的研究。
- 四、**下方形狀的口徑**：基本上，增加下方形狀的寬度可以使水柱上衝高度增加，此點可運用流體力學連續方程式說明。但不是越寬越好，從 7.00cm 和 8.00cm 的數據可以觀察出來，管底寬度極限大概就在 7.00cm。
- 五、**玻璃管的製作**：因為光有壓克力的實驗，是不足夠的。所以我們還需要玻璃用來製作立體及與壓克力比較的實驗。起初，我們是利用現成的，我們在新竹找到了一家製作玻璃用品店，用高溫的火焰協助我們一起製作需要的玻璃造型。
- 六、**虹吸管外管長，抽水快**：此現象可由流體力學伯努力方程式，外管越長則出水端管口與水面位能差越大，當水開時流動後，位能轉換成動能，故外管越長流速越快。
- 七、**伸縮式虹吸管**：將吸管套在內外虹吸管後，製作伸縮式的虹吸管，因為內管口愈深，水壓愈大有助於暴衝高度的提升。外管愈長，則流速愈快。
- 八、**輔助型虹吸管**：研究過程中我們利用市面上的小型打氣筒。並在傳統虹吸管下端，當成輔助工具。

柒、結論

- 一、研究一：以手按住玻璃管上端，並將管子插入水中，接著放開按住的管口，則管內的水柱有爆衝現象，口徑 2.00cm 較 0.20cm 的暴衝高度增加 50%。
- 二、研究二：發現虹吸管的彎道部分：圓弧型優於直角型、口徑小於 1.10cm 等均明顯有利於暴衝後順利抽水。
- 三、研究三：發現虹吸管的外管長度越長，利於抽水的流速的增加。且外管出口必須低於液面下。外管長度對於暴衝後能越過的高度為低度相關。
- 四、研究四：發現管子下方若製作成漏斗型，利用流體力學連續方程式的觀念，暴衝高度可增加 116%。
- 五、研究五：研發兩款新式高流量蓄壓空氣虹吸抽水器。
 - (一)自製壓克力虹吸管，若在下方加裝漏斗型寬口後，越過水面的高度可增加約 97%。抽出 1000c.c.的水所需時間縮短 20%。
 - (二)改良型玻璃製虹吸管，可暴衝順利越過約 12 公分的水面。抽出 1000c.c.的水所需時間縮短 50%。
 - (三)將傳統虹吸管設計成內外管為可調式伸縮管，可增加暴衝高度、調整抽取液體的位置、縮短抽出液體所需時間及控制抽出液體的總量。
 - (四)在虹吸抽水器內管管口處加裝濾網，加強其功能性。
- 六、研究六：將蓄壓空氣虹吸抽水器運用在水族箱換水、油桶抽油及不同密度液體層的取用。

捌、參考資料及其他

- 一、姚珩 等、高中物理下教學備課用書、臺灣、翰林版、p142~p148、100 年
- 二、黃能堂 等、國中自然與生活科技二下、臺灣、康軒版、P149~P166、100 年
- 三、黃能堂 等、國中自然與生活科技三上、臺灣、康軒版、P38~P41、100 年
- 四、楊宗哲 等、高二物理下、臺灣、全華、p181~p186、97 年
- 五、褚德三 等、高二物理下、臺灣、龍騰、p122~p124、96 年
- 六、李祥 等、流體力學觀念剖析上、臺灣、鼎茂、第三章 p3-139~p3-140、86 年
- 七、神奇的水、莊文英教學網整理、臺灣

<http://ast.nhps.tp.edu.tw/home/sally/Nature/Course9401.htm>

- 八、白努利定律、維基百科、台灣、

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BC%AF%E5%8A%AA%E5%88%A9%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

【評語】 030817

本作品係利用虹吸原理，利用入水口之改變設計，使水壓能壓縮管內空氣，使產生暴衝現象而易於抽水。設計簡單有創意，可用於水族箱換水，抽油等用途。唯科學研究性質不高，與現有市面產品之功能，各有優缺點，應與市售品多加比較再改良，接受度才會提高。