

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081502

水的力量

學校名稱：臺北市南港區南港國民小學

作者： 小五 薛靖寰	指導老師： 趙敏慧 吳明行
---------------	---------------------

關鍵詞：水位 流速 摩擦力

作品名稱：水的力量

壹、摘要

製作一個可以由底部排水，而不會降低水位的實驗設備，觀察水位與流量流速的變化，探討水產生力量的問題。雖然水柱愈高流速愈大，兩者並不是呈現線性關係（等比例關係），但流速平方與水柱的高度，則呈現良好的線性關係。雖然出水管徑愈大流量也愈大，但是流速卻很接近，所以流速應該與水位高低有明顯的關係。發現水管摩擦力的影響很大，流速愈快時，水管的摩擦力增大許多，想知道維持相同的流量，增長水管需要提高多少水位才能抵消摩擦力，結果流速增加 2 倍，摩擦力確增加 4.8 倍，流速與摩擦力約為平方關係。由連通管實驗，也證明水位高度差與流速的關係。最後我們探討水的力量應用在推動水車，水車槳葉型式很重要，而且與流速流量密切相關。

貳、研究動機

四年級下學期自然科第四單元「連通容器中水的流動方向」，曾經學過有關水流動方向與水位高低的課程，而且以前感覺到不同層樓的房子，水龍頭的流量也不一樣，越低樓層的水量越大，頂樓常會發生水量太小的問題，所以我就想研究水位高低與水管流量和流動速度的關係，並且研究高低水位對不同水管大小流速的影響。由於不同的樓層，水由頂樓水塔流下來的管子長度相差很多，因此，我也想研究水管長度對流量和流動速度的關係，另外，水由高處沖下來是有力量的，可以用來推動水車，我想研究水的沖力與水位流量的關係。

參、研究目的

- 一、探討不同水位高度下，水管中流速如何改變。
- 二、探討固定水位時，不同管徑大小的流速是否相同。
- 三、實驗不同管線長度，探討摩擦力對流速發生的影響。
- 四、探討連通管中，水的傳輸與水位高低的關係。
- 五、探討水推動水車的力量和槳葉型式的影響。

肆、研究設備及器材

一、設備

- (一) 水位觀察管：使用透明塑膠水管固定在木頭支架，並貼上標尺，方便觀察記錄水位高度。
- (二) 水位固定系統：利用連通管原理，藉著水位觀察管的連通關係，控制其水位，負責補足水量，維持特定水位，是使用抽水馬達經由加水管，將水由底部水槽送至高處水桶；水位固定器，水桶中以溢流方式將多餘的水由溢水管排回底部水槽，因此可以達到供給水量及固定水位的目的。
- (三) 管閥開關：方便更換不同管徑實驗時，停止流水。
- (四) 不同管徑：取材自原子筆管、筆蕊管、洗髮精內管及塑膠管等，並將各管黏著固定在塑膠管帽上，方便實驗更換。
- (五) 流量測量桶：以牛奶桶製作，裡面黏著切去底部的寶特瓶，隔絕水面晃動，並在其中放入浮標，觀察浮標逐漸上浮，到達目標水位時，即表示已裝入 2000ml 的水，同時使用計時器記錄時間秒數。
- (六) 水力測量天平：利用天平的桿槓原理，一端是水的沖力，另一端是所加入水的重量，以達到平衡來進行實驗，此時水的重量等於水的沖力。

二、材料

- (一) 實驗器材製作材料包括：木板、塑膠回收瓶、鐵線、浮標、透明塑膠水管、PVC 塑膠直管、彎頭及三通管等。
- (二) 電器設備：抽水馬達及開關。



圖 4-1 整體實驗器上視圖

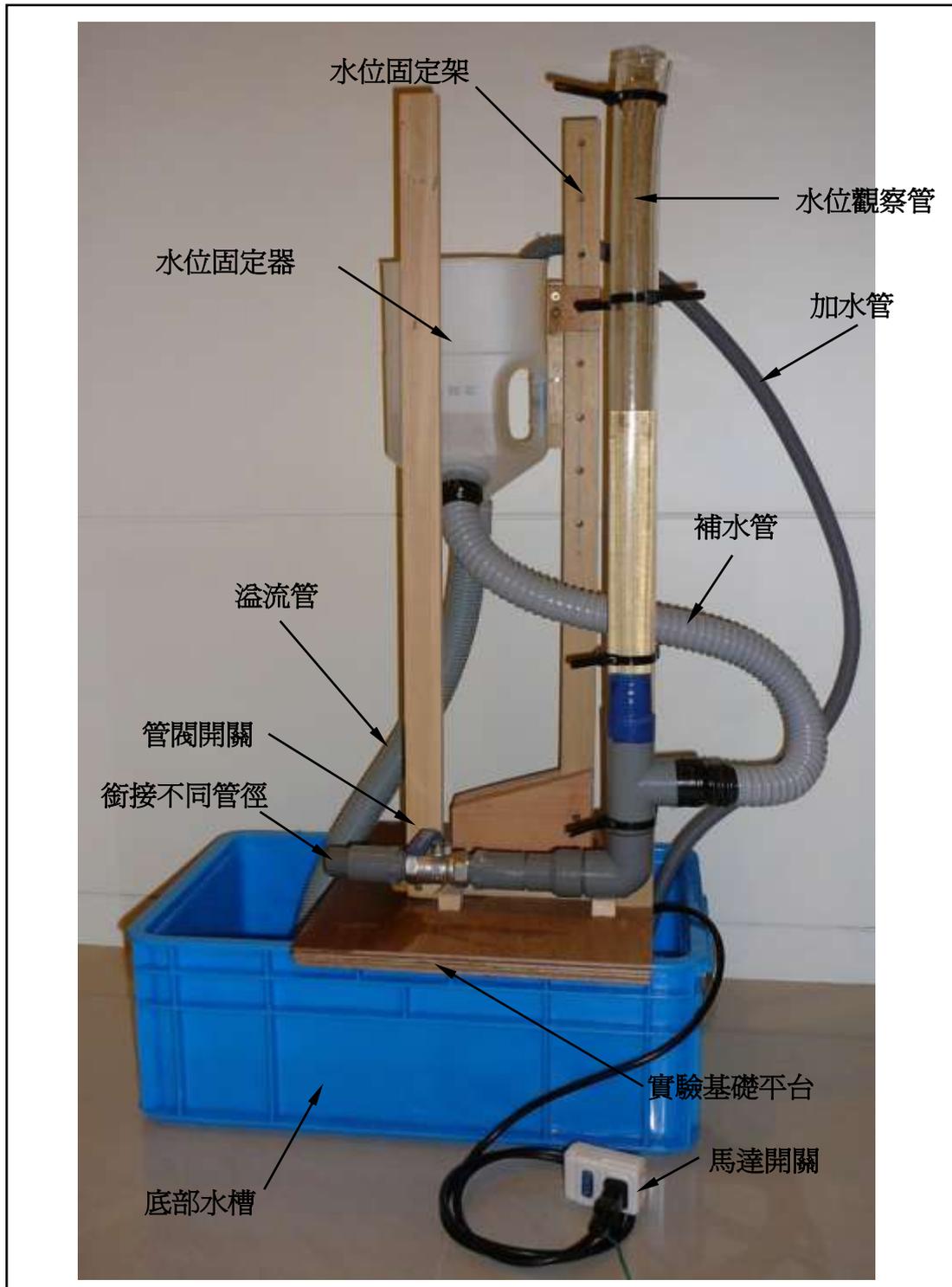


圖 4-2 整體實驗器正視圖



圖 4-3 流量測量桶及水位標尺



圖 4-4 各種管徑及管長器材



圖 4-5 實驗過程運作情形

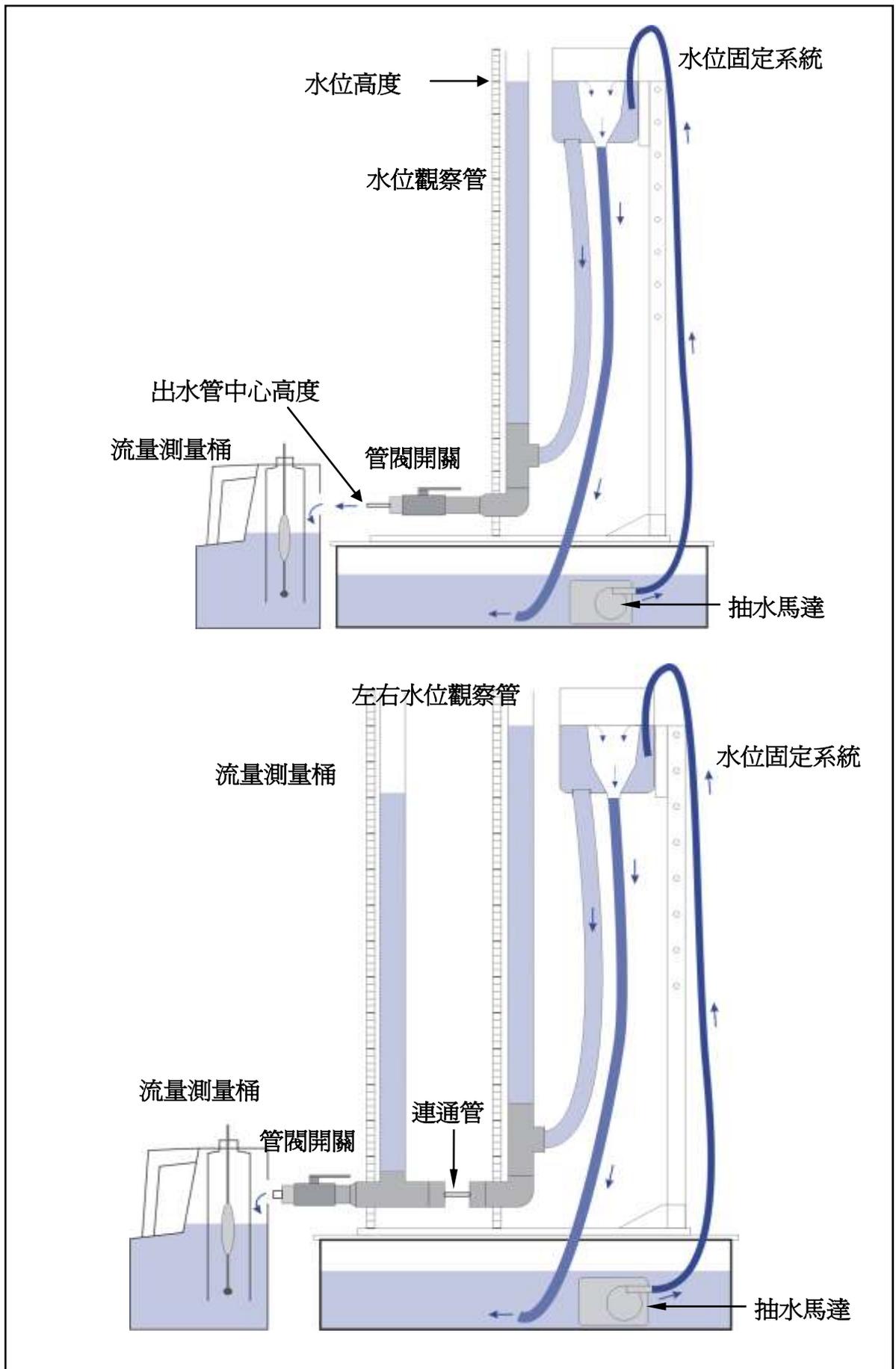


圖 4-6 實驗設備水流示意圖

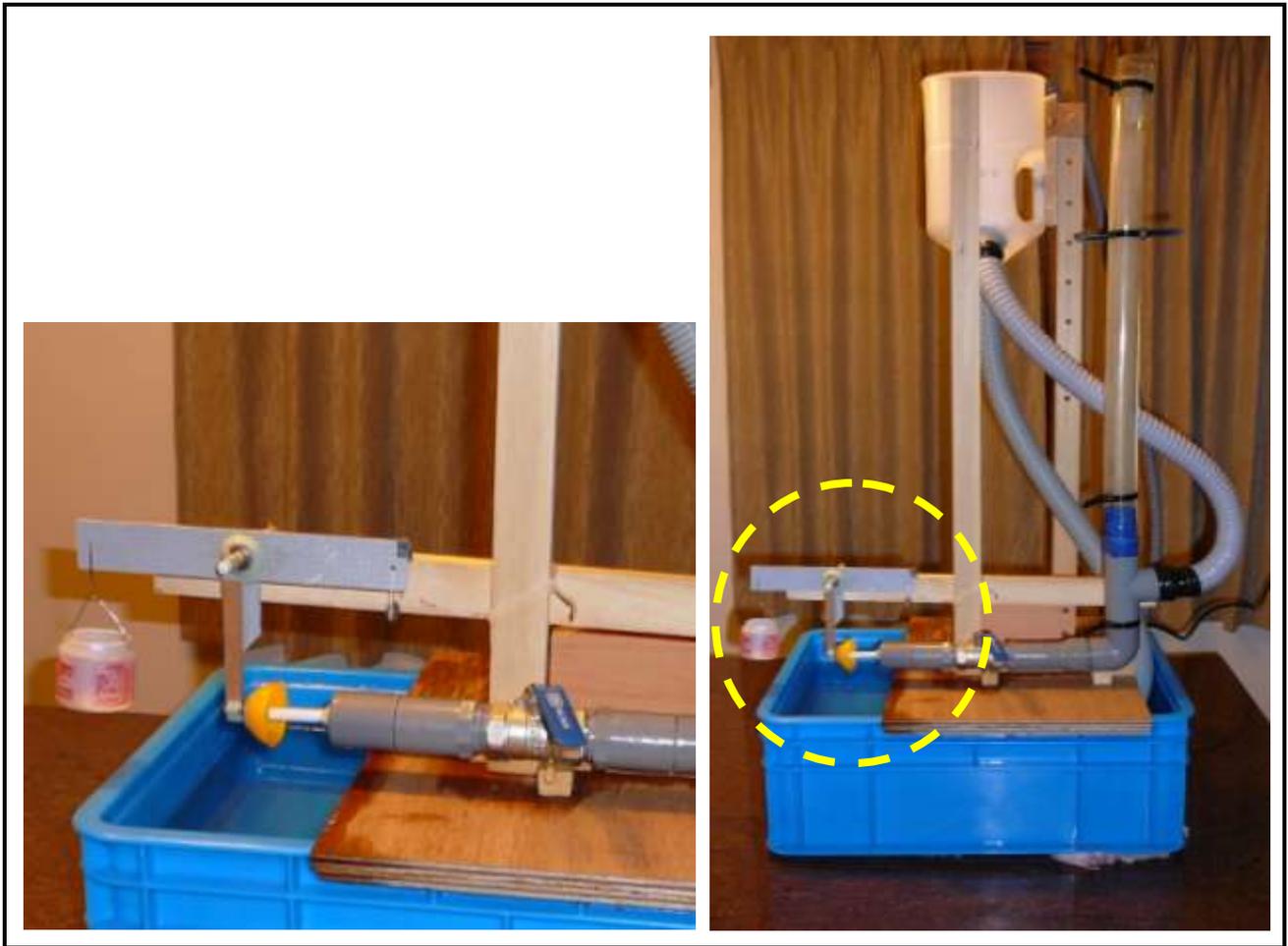


圖 4-7 水力測量天平設備圖

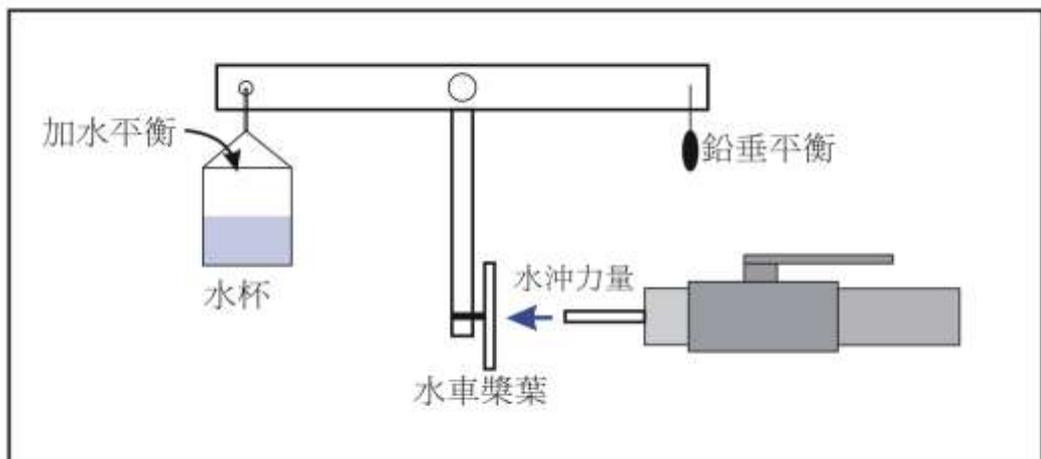


圖 4-8 水力測量天平示意圖

伍、研究過程、方法與結果

一、實驗設備校正

爲了確定流量測量桶及水位高度的正確性，因此實驗設備校正應該有二項重點：

- (一) 使用 500ml 量桶，量取 2000ml 的水，倒入流量測量桶，並在浮標標示刻度，重複三次，使水位逐漸上升至標示位置，且水面晃動不會干擾浮標上升，以確認流量測量的正確性。如圖 5-1 所示。



圖 5-1 流量測量桶及浮標刻度

- (二) 使用直角鋼尺，測量水位高度，確認與透明管標尺量測水位高度結果相同。

二、探討不同水位高度下，水管中流速如何改變

- (一) 移動水位固定器，使用卡榫設定不同水位高度。
- (二) 開啓管閥開關，讓水流約 20 秒，使水位達成平衡，不會上下浮動爲止。
- (三) 記錄水位高度。
- (四) 以流量測量桶，接水測流量，並開始計時，記錄達到 2000ml 時的秒數。
- (五) 分別進行 7 種不同水位高度的流量實驗。實驗過程，如圖 5-2 所示。每組實驗重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-1。



圖 5-2 不同水位高度的流量測量過程

表 5-1 不同水位高度的流量測量結果

水位高度(cm)	出水管中心高度(cm)	水柱高(cm)	到達2000ml所需時間(sec)				流量 (cm ³ /sec)
			第一次	第二次	第三次	平均	
63.5	3.6	59.9	61	60	61	61	33.0
58.5	3.6	54.9	63	63	63	63	31.7
53.5	3.6	49.9	67	67	67	67	29.9
48.5	3.6	44.9	71	71	71	71	28.2
43.5	3.6	39.9	75	75	75	75	26.7
38.5	3.6	34.9	80	81	80	80	24.9
33.5	3.6	29.9	88	88	88	88	22.7
28.5	3.6	24.9	99	99	99	99	20.2

三、探討固定水位時，不同管徑大小的流速是否相同

- (一) 將水位固定器，使用卡榫設定於固定水位高度。
- (二) 裝設不同管徑的出水管。
- (三) 開啓管閥開關，讓水流約 20 秒，使水位達成平衡，不會上下浮動爲止。
- (四) 記錄水位高度。
- (五) 以流量測量桶，接水測流量，並開始計時，記錄達到 2000ml 時的秒數。
- (六) 分別進行 5 種不同管徑的流量實驗，每組實驗重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-2。
- (七) 管徑測量是使用數位像機近拍水管與標尺後，由電腦放大量測。如圖 5-3 所示。

表 5-2 不同管徑的流量測量結果

編號	管徑 (mm)	水位 高度(cm)	出水管中心 高度(cm)	水柱高 (cm)	到達2000ml所需時間(sec)				流量 (cm ³ /sec)
					第一次	第二次	第三次	平均	
1	6.6	48.0	3.5	44.5	24	24	24	24	83.3
2	5.3	48.2	3.6	44.6	42	42	42	42	47.6
3	4.1	48.5	3.6	44.9	71	71	71	71	28.2
4	2.9	48.5	3.6	44.9	153	153	153	153	13.1
5	1.8	48.5	3.6	44.9	435	435	435	435	4.6

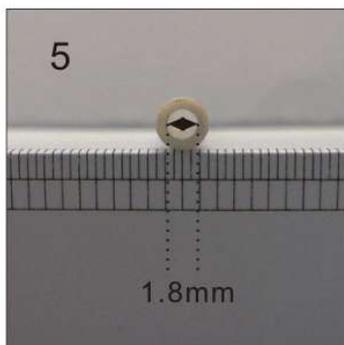
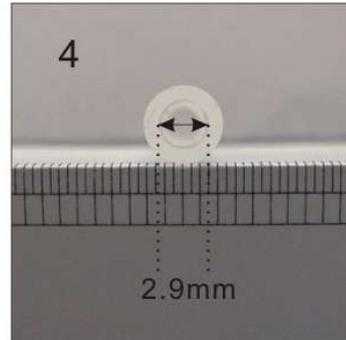
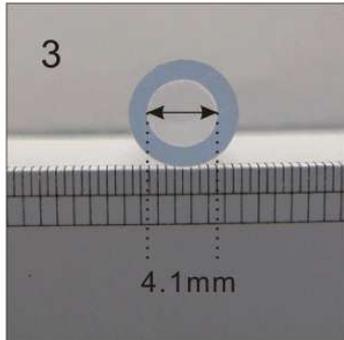
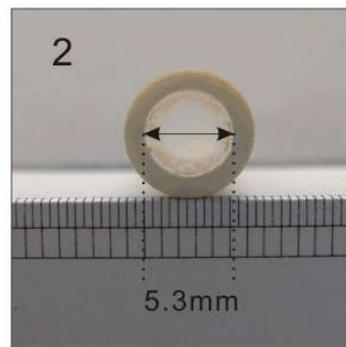
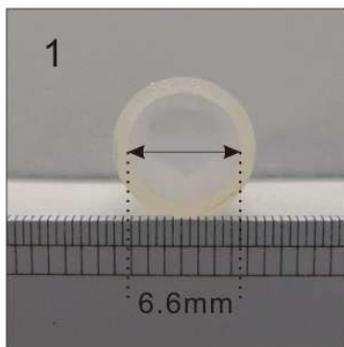
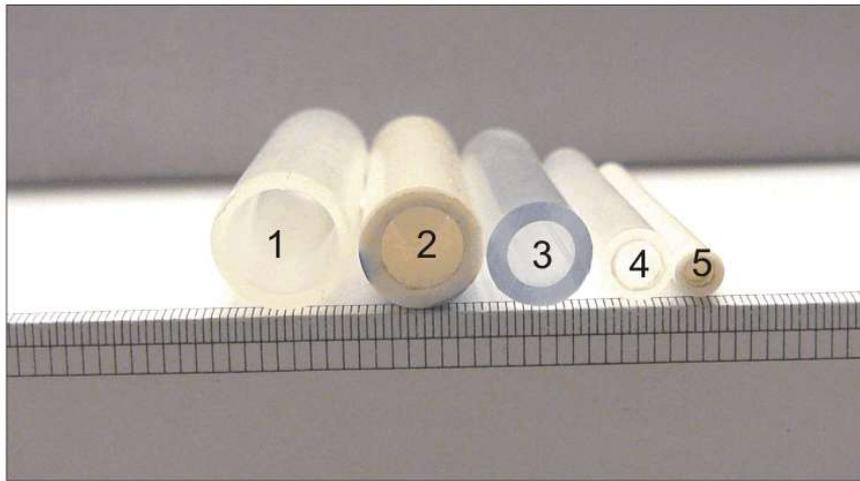


圖 5-3 各管徑測量結果

四、實驗不同管線長度，探討摩擦力對流速發生的影響

- (一) 將水位固定器，使用卡榫設定於不同水位高度。
- (二) 裝設不同長度的出水管。
- (三) 開啓管閥開關，讓水流約 20 秒，使水位達成平衡，不會上下浮動爲止。
- (四) 記錄水位高度。
- (五) 以流量測量桶，接水測流量，並開始計時，記錄達到 2000ml 時的秒數。
- (六) 分別進行 3 種不同水位高度實驗，每種水位使用 7 種不同長度管子進行實驗，每組實驗重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-3~表 5-5，實驗過程如圖 5-4。

表 5-3 不同水管長度的流量測量結果（60cm 水柱高度）

管徑 (mm)	水位 高度(cm)	出水管中心 高度(cm)	水柱高 (cm)	長度 (cm)	到達2000ml所需時間(sec)				流量 (cm ³ /sec)
					第一次	第二次	第三次	平均	
4.1	63.6	3.6	60	500	379	377	377	378	5.3
4.1	63.6	3.6	60	400	325	325	325	325	6.2
4.1	63.6	3.6	60	300	284	285	284	284	7.0
4.1	63.6	3.6	60	200	236	238	238	237	8.4
4.1	63.6	3.6	60	100	170	169	170	170	11.8
4.1	63.6	3.6	60	50	125	125	124	125	16.0
4.1	63.6	3.6	60	25	96	97	97	97	20.7

表 5-4 不同水管長度的流量測量結果（50cm 水柱高度）

管徑 (mm)	水位 高度(cm)	出水管中心 高度(cm)	水柱高 (cm)	長度 (cm)	到達2000ml所需時間(sec)				流量 (cm ³ /sec)
					第一次	第二次	第三次	平均	
4.1	53.6	3.6	50	500	433	432	433	433	4.6
4.1	53.6	3.6	50	400	372	372	373	372	5.4
4.1	53.6	3.6	50	300	309	309	310	309	6.5
4.1	53.6	3.6	50	200	265	264	265	265	7.6
4.1	53.6	3.6	50	100	188	187	189	188	10.6
4.1	53.6	3.6	50	50	138	138	138	138	14.5
4.1	53.6	3.6	50	25	111	111	111	111	18.0

表 5-5 不同水管長度的流量測量結果（40cm 水柱高度）

管徑 (mm)	水位 高度(cm)	出水管中心 高度(cm)	水柱高 (cm)	長度 (cm)	到達2000ml所需時間(sec)				流量 (cm ³ /sec)
					第一次	第二次	第三次	平均	
4.1	43.6	3.6	40	500	512	514	514	513	3.9
4.1	43.6	3.6	40	400	446	447	446	446	4.5
4.1	43.6	3.6	40	300	353	354	353	353	5.7
4.1	43.6	3.6	40	200	293	292	291	292	6.8
4.1	43.6	3.6	40	100	214	213	214	214	9.4
4.1	43.6	3.6	40	50	156	155	156	156	12.8
4.1	43.6	3.6	40	25	120	121	120	120	16.6



圖 5-4 不同管長流量實驗過程

五、探討連通管中，水的傳輸與水位高低的關係

- (一) 將水位固定器，使用卡榫設定於固定水位高度，使右水柱維持固定高度。
- (二) 裝設不同管徑出水口，改變不同的出水流量。
- (三) 開啓管閥開關，讓水流約 50 秒，使左水柱水位下降達成平衡穩定，不會上下浮動為止。
- (四) 記錄左水柱與右水柱水位高度。
- (五) 以流量測量桶，接水測流量，並開始計時，記錄達到 2000ml 時的秒數。
- (六) 分別進行 4 種不同出水流量實驗，每組實驗重複做 3 次，並且平均實驗結果，實驗紀錄整理如表 5-6。實驗過程如圖 5-5。

表 5-6 不同流量連通管水位高度差實驗結果

出水口管徑 (mm)	左水柱高(cm)	右水柱高(cm)	水柱 高度差(cm)	到達2000ml所需時間(sec)				流量 (cm ³ /sec)
				第一次	第二次	第三次	平均	
1.8	61.4	63.5	2.1	383	383	383	383	5.2
2.9	51.5	63.5	12	149	149	149	149	13.4
4.1	32.0	63.5	31.5	89	89	89	89	22.5
5.3	19.0	63.5	44.5	74	74	74	74	27.0

註：左右水柱連通管管徑 4.1mm



圖 5-5 不同流量連通管實驗過程

六、探討水推動水車的力量和槳葉型式的影響

- (一) 將水位固定器，使用卡樺設定於不同水位高度。
- (二) 裝設不同槳葉型式的的水力測量天平，平板槳葉是珍珠板做的，球面槳葉是用乒乓球切一半做的。
- (三) 確認未開水前，天平平衡。
- (四) 開啓管閥開關，使水位達成平衡，記錄水位高度。
- (五) 慢慢於天平左側加水，使水重等於水沖擊槳葉的力量，達成平衡為止。
- (六) 以量桶測量，加水體積。
- (七) 使用 4.1mm 出水管徑，分別進行 3 種不同水位高度實驗，每種水位使用 2 種不同槳葉，每組實驗重複做 3 次，並且平均實驗結果，另增加 5.3mm 出水管徑及球面槳葉於最高水位時的實驗，實驗紀錄整理如表 5-7，實驗過程如圖 5-6。

表 5-7 不同水位高度及槳葉型式的實驗結果

管徑 (mm)	槳葉型式	水位高度(cm)	出水管中心高度(cm)	水柱高 (cm)	平衡時加水體積ml			
					第一次	第二次	第三次	平均
4.1	平板	63.5	3.6	59.9	7.0	7.0	8.0	7.3
4.1		48.5	3.6	44.9	6.0	6.0	6.0	6.0
4.1		33.5	3.6	29.9	4.5	4.5	4.5	4.5
4.1	球面	63.5	3.6	59.9	12.0	12.0	12.0	12.0
4.1		48.5	3.6	44.9	8.0	8.0	8.0	8.0
4.1		33.5	3.6	29.9	5.0	5.0	5.0	5.0
5.3	球面	63.5	3.6	59.9	22.1	22.2	22.2	22.2

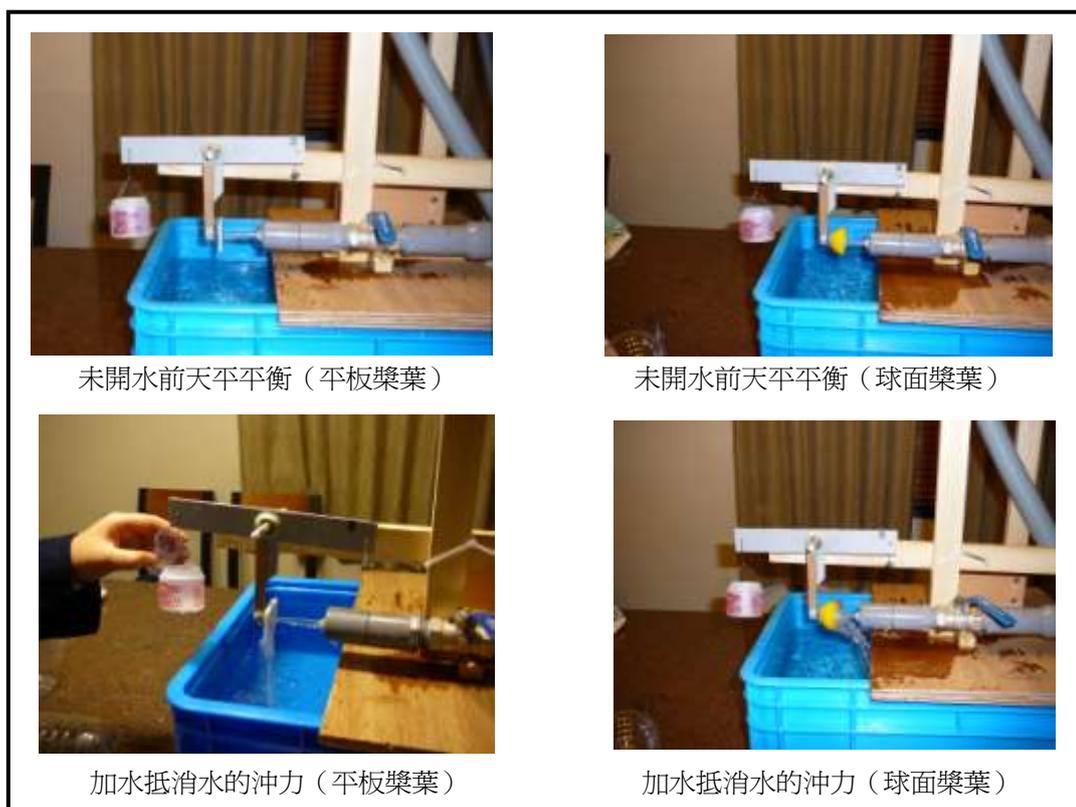


圖 5-6 水力量測量實驗過程

陸、討論

一、探討不同水位高度下，水管中流速如何改變

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，並畫出水柱高度與水管中流量的關係圖，如圖 6-1。

(二)由圖 6-1 可看出，水柱高度愈大，流量也愈大，兩者並不是呈現線性關係，也就是並不是等比例關係，因為第 1 組實驗水柱高（59.9cm）約為第 7 組實驗水柱高（29.9cm）的 2 倍，但是流量只增加約為 1.4 倍（即 32.8/22.7）。

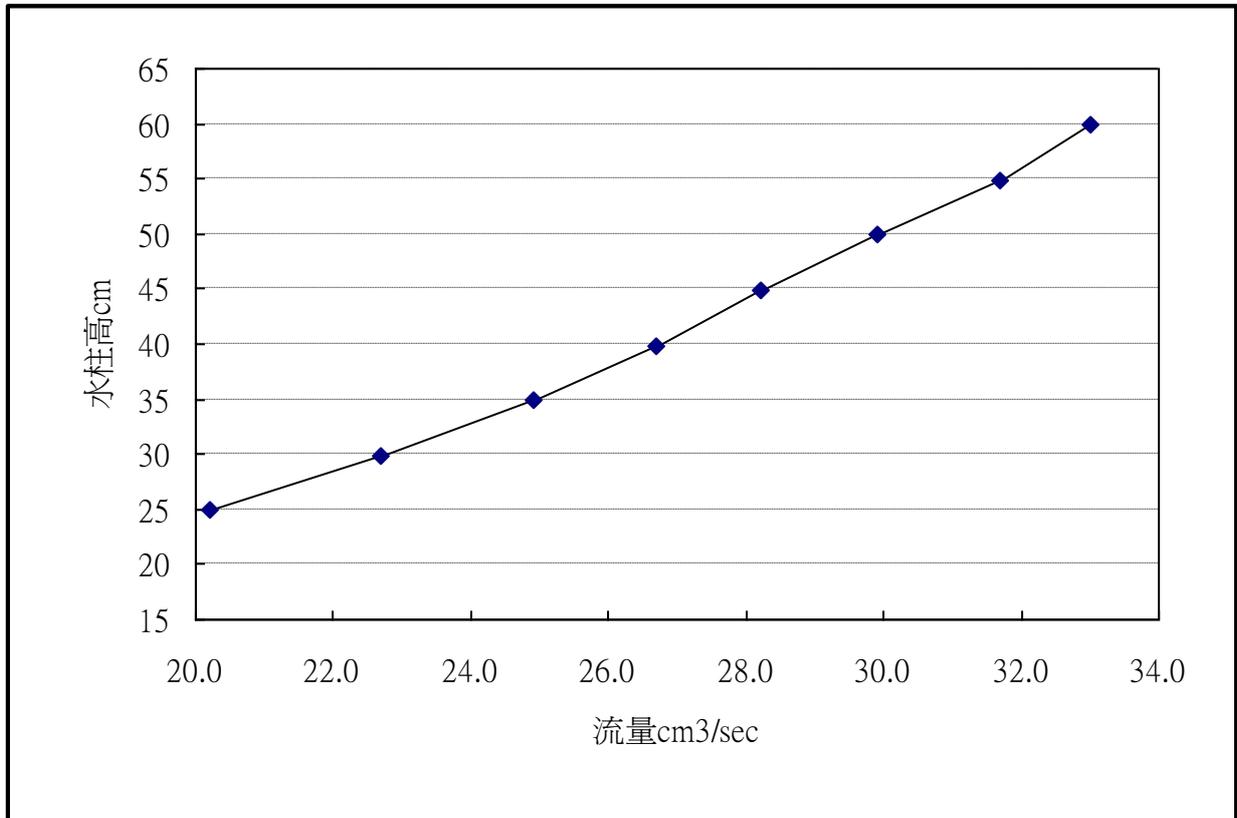


圖 6-1 水柱高度與水管中流量關係圖

(三)以 Q （流量）= A （通水截面積）* V （流速）的觀念，因此 V （流速）就等於 Q （流量）除以 A （通水截面積），換算出各水柱高度時的流速，如表 6-1。

(四)比較流速平方與水柱高度的關係，呈現良好的線性關係，這個現象與觀念物理書籍查到的托里拆利定律（ $H=(1/2g)*V^2$ ）；水柱高度與流速平方為線性關係，是相同的。

(五)使用 Excel 軟體的回歸分析工具，可以看出流速平方與水柱高度，有良好的線性關係。如圖 6-2。

表 6-1 換算各水柱高度時的流速

水柱高(cm)	流量 (cm ³ /sec)	管徑(mm)	水管截面積 (cm ²)	V流速 (cm/sec)	V ² 流速平方 (cm ² /sec ²)
59.9	33.0	4.1	0.132	249.95	62475.9
54.9	31.7	4.1	0.132	240.11	57650.5
49.9	29.9	4.1	0.132	226.47	51289.3
44.9	28.2	4.1	0.132	213.60	45622.9
39.9	26.7	4.1	0.132	202.23	40898.5
34.9	24.9	4.1	0.132	188.60	35570.0
29.9	22.7	4.1	0.132	171.94	29562.2
24.9	20.2	4.1	0.132	153.00	23409.3

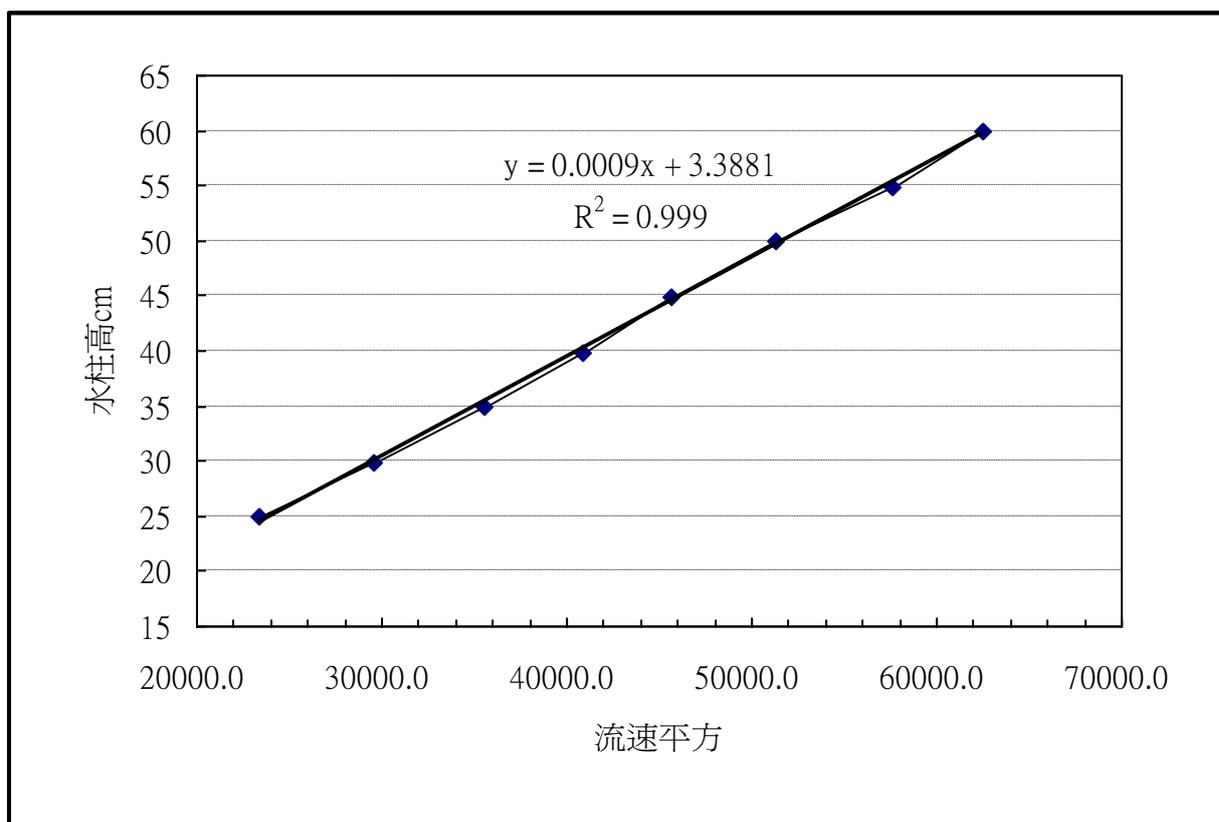


圖 6-2 流速平方與水柱高度關係圖

【評語】 081502 水的力量

- 1.實驗與傳達能力俱佳。
- 2.測量流速等實驗要有系統進行之。
- 3.內容及步驟完整，儀器建構亦頗用心，唯在問題探討變化及創意上，可再加強。