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：	指導老師：
小五 薛靖寰	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，流速與摩擦力約爲平方關係。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

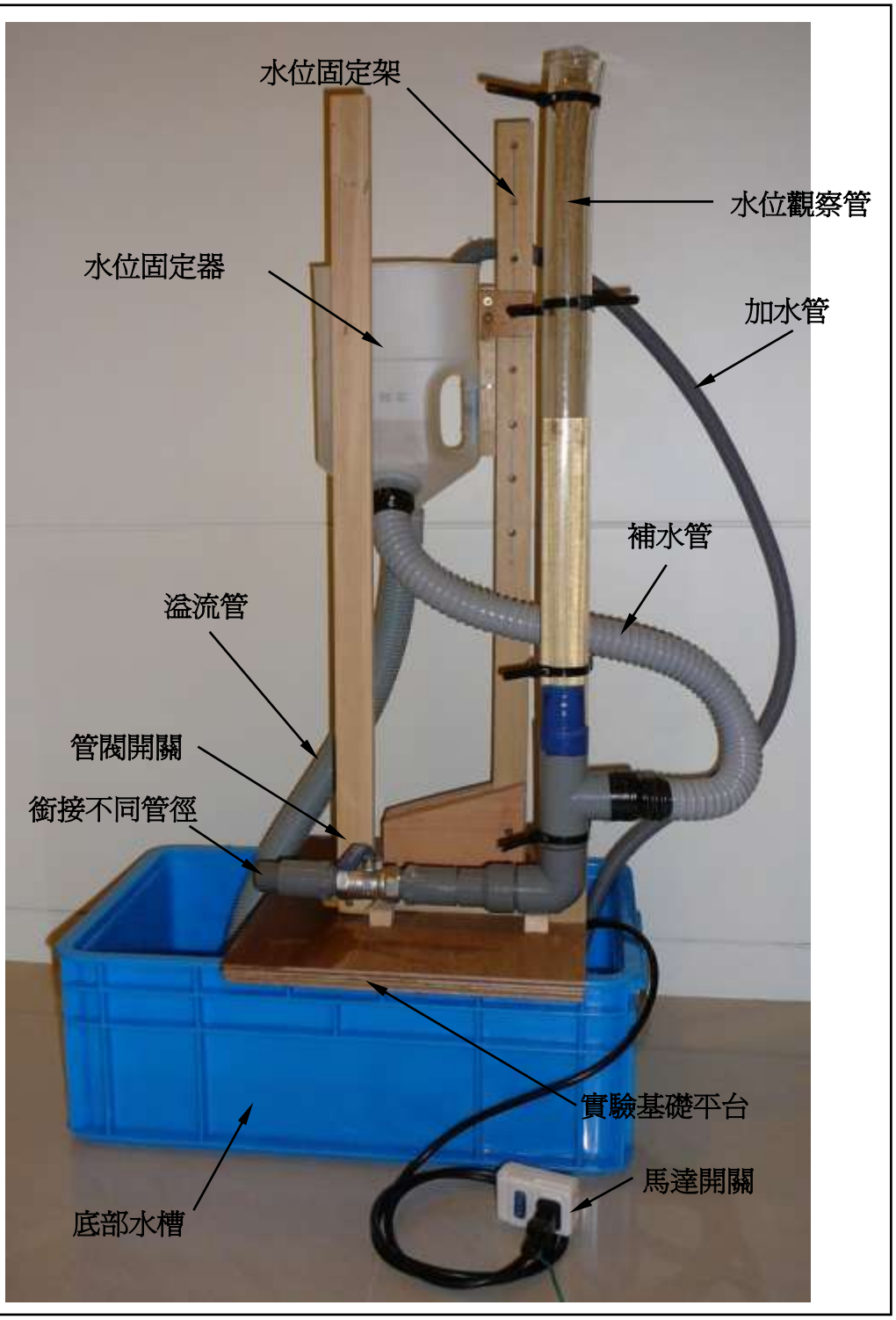

圖 4-2 整體實驗器正視圖

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

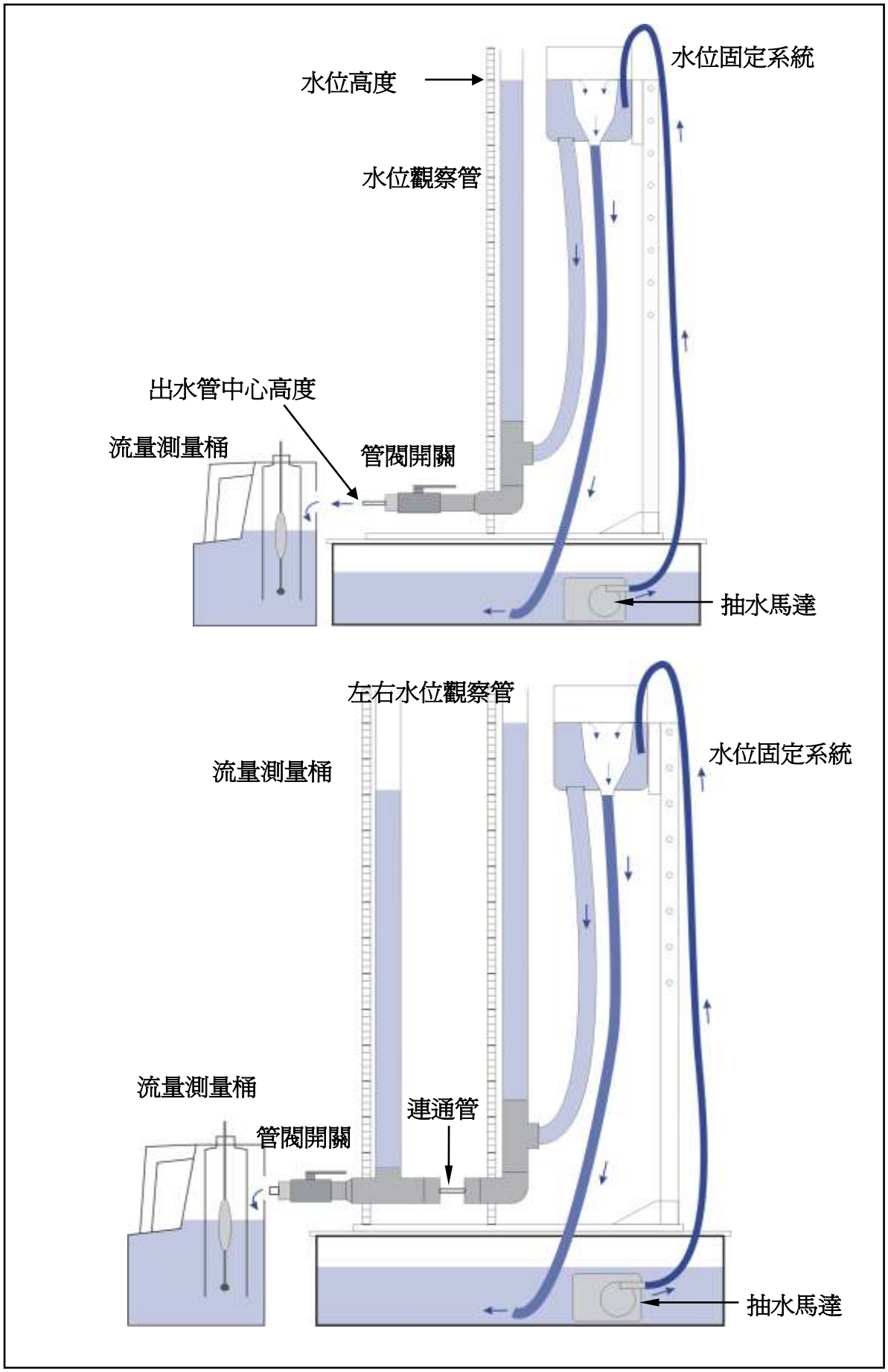

圖 4-6 實驗設備水流示意圖

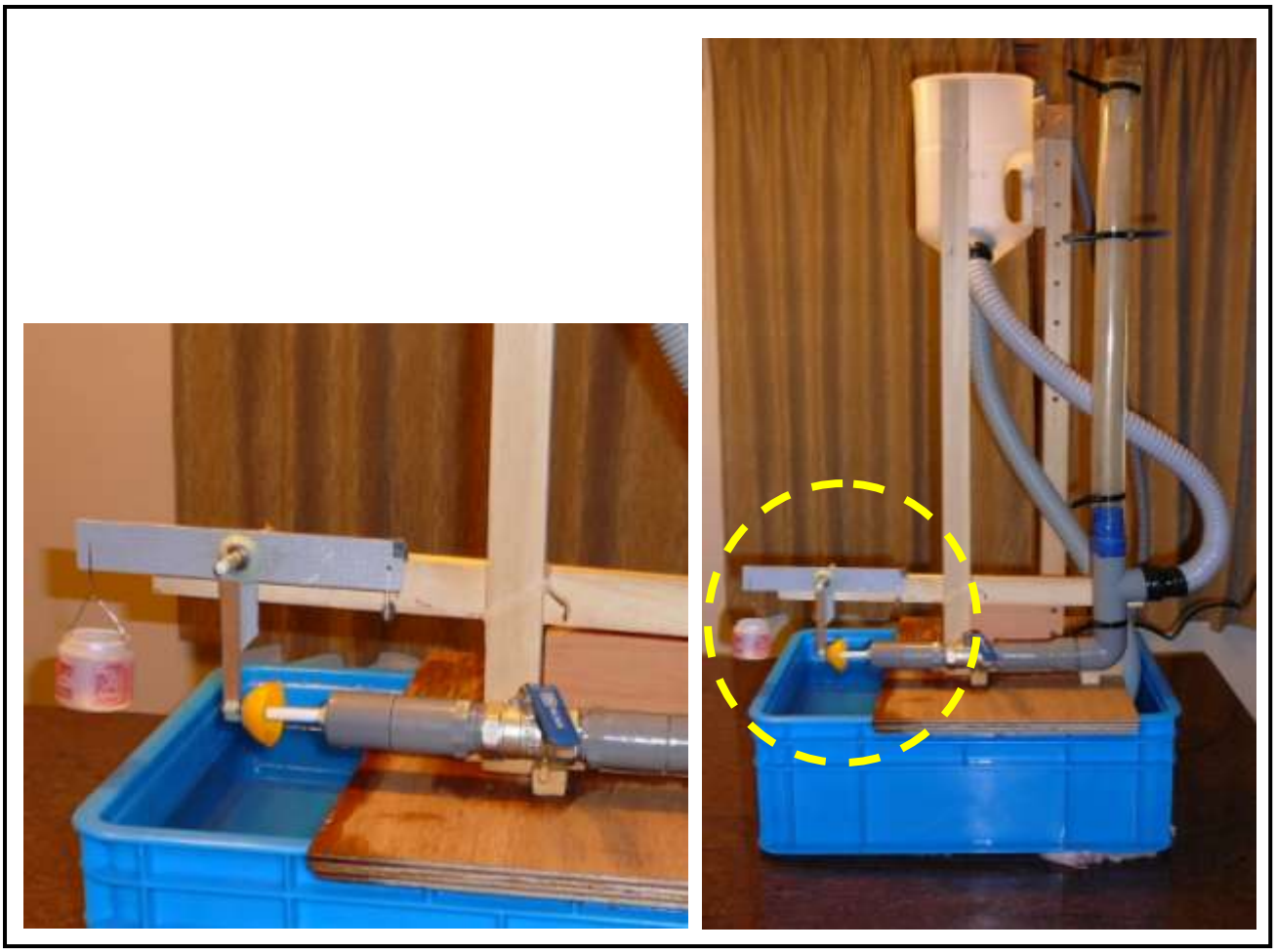

圖 4-7 水力測量天平設備圖

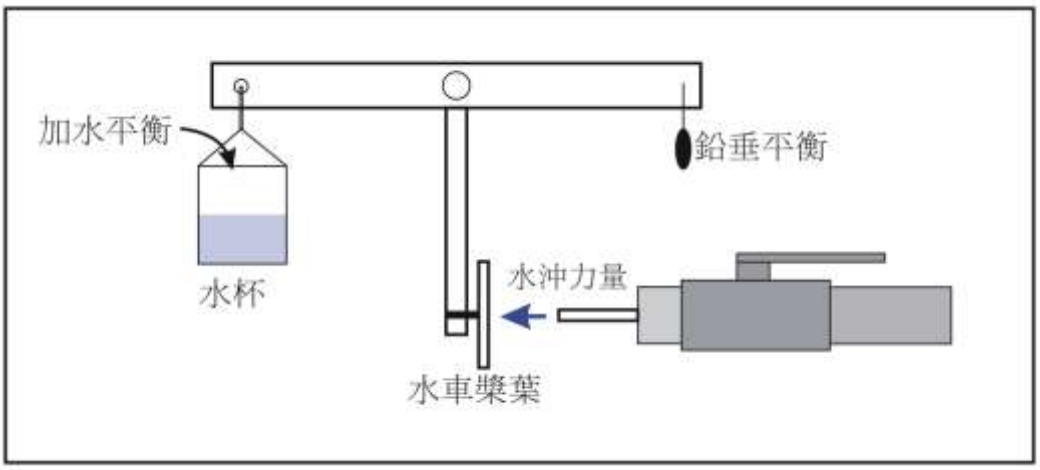

圖 4-8 水力測量天平示意圖

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

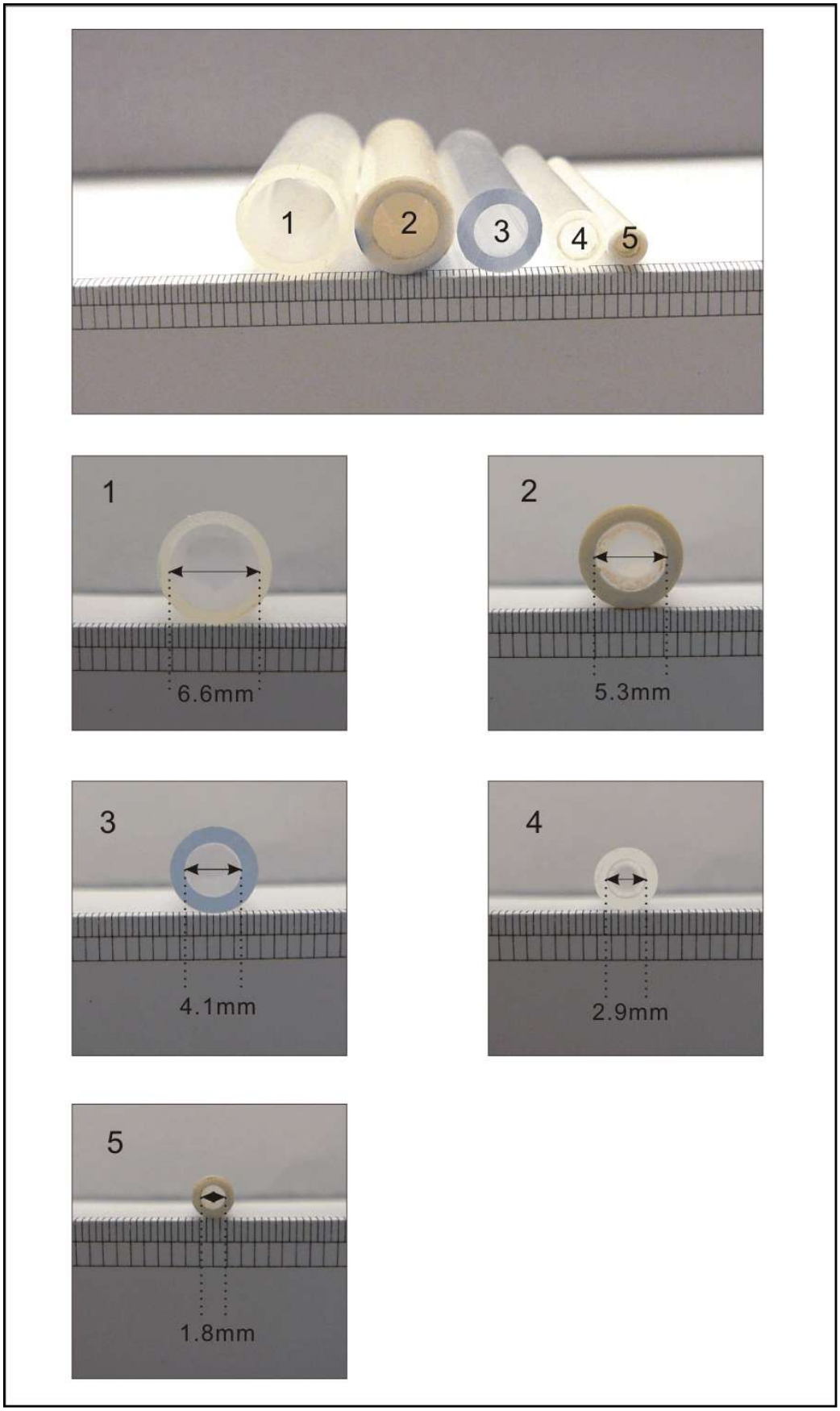

圖 5-3 各管徑測量結果

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，不會上下浮動爲止。

（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，使用卡榫設定於不同水位高度。

（二）裝設不同槳葉型式的水力測量天平，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，達成平衡爲止。

（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

未開水前天平平衡（平板槳葉）

未開水前天平平衡（球面槳葉）

加水抵消水的沖力（平板槳葉）

加水抵消水的沖力（球面槳葉）

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，因爲第 1 組實驗水柱高（59.9cm）約爲第 7 組實驗水柱高（29.9cm）的 2 倍，但是流量只增加約爲 1.4 倍（即 32.8/22.7）。

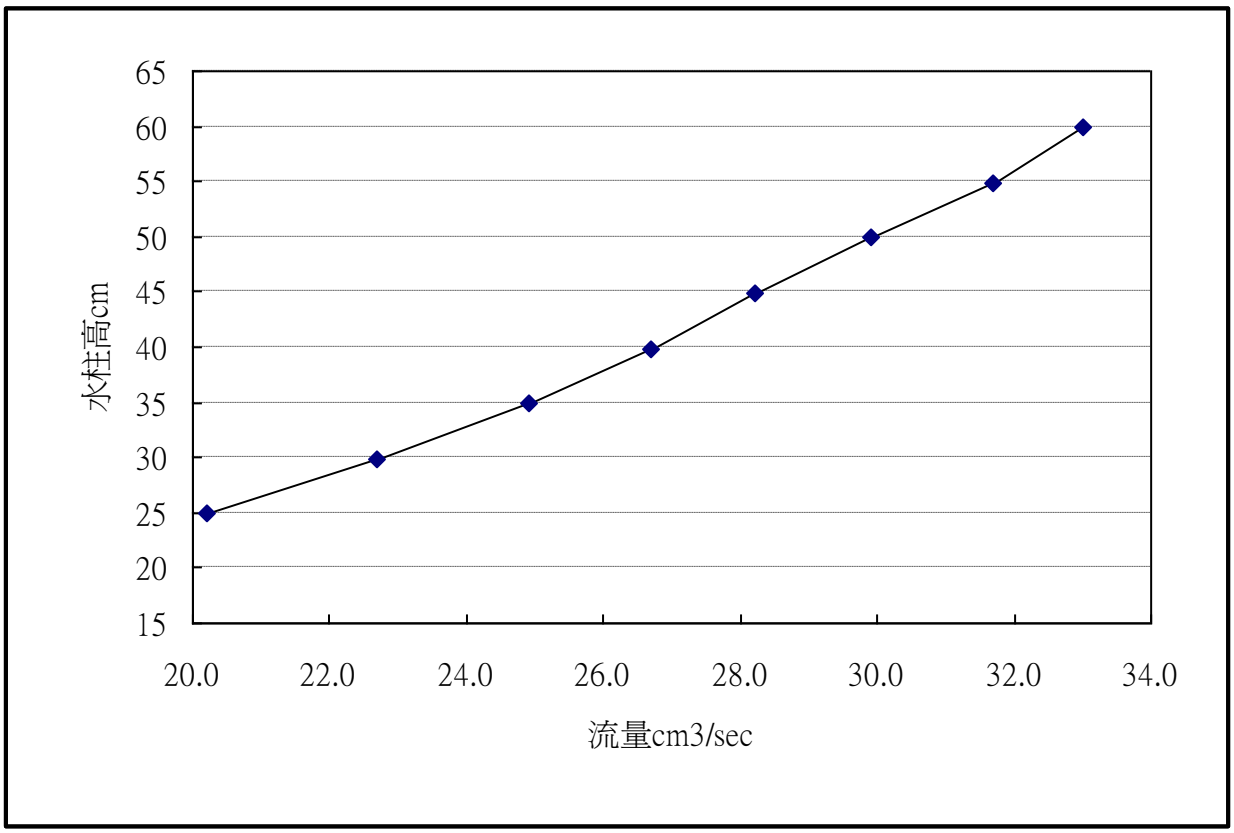

圖 6-1 水柱高度與水管中流量關係圖

(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爲線性關係，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

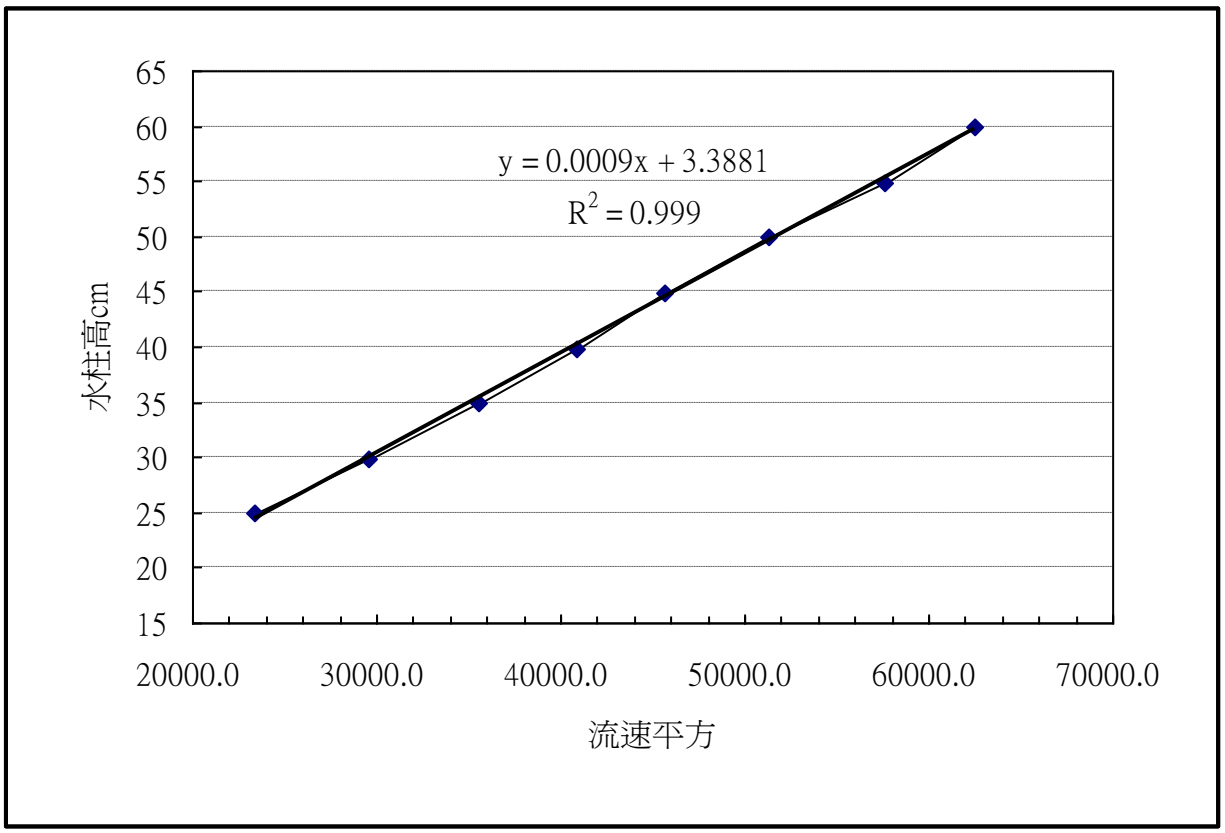

圖 6-2 流速平方與水柱高度關係圖

二、探討固定水位時，不同管徑大小的流速是否相同

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，並畫出管徑與實驗量測流量關係圖，如圖 6-3。可以明顯看出，在幾乎相同高度水位時，管徑愈大流量愈大。

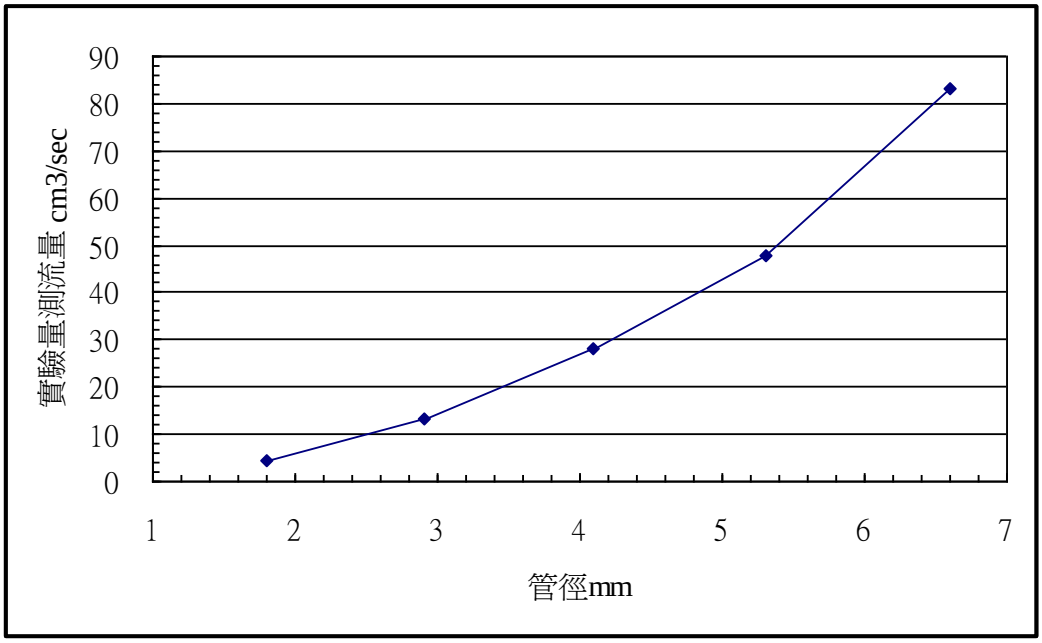

圖 6-3 管徑與流量關係圖

(二)另外以 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），換算出各出水管徑的流速，如表 6-2。

表 6-2 各管徑流速換算

水柱高(cm)	流量 (cm^3/sec)	管徑(mm)	水管截面積 (cm^2)	V流速 (cm/sec)
44.5	83.3	6.6	0.342	243.6
44.6	47.6	5.3	0.221	215.8
44.9	28.2	4.1	0.132	213.4
44.9	13.1	2.9	0.066	197.9
44.9	4.6	1.8	0.025	180.7

(二)使用 Excel 軟體畫出各管徑與流速關係圖。如圖 6-4。雖然各管徑的流量差別很大，但是管徑 5.3mm 和管徑 4.1mm 的流速卻很接近，其他不同管徑的流速差別也不大，所以流速應該與出水管徑大小較無相關，而與水位高低有較明顯的關係。但是有管徑愈小的流速也愈低的現象，可能是因爲水管變小時，摩擦力變大，因此使流速變的比較小。

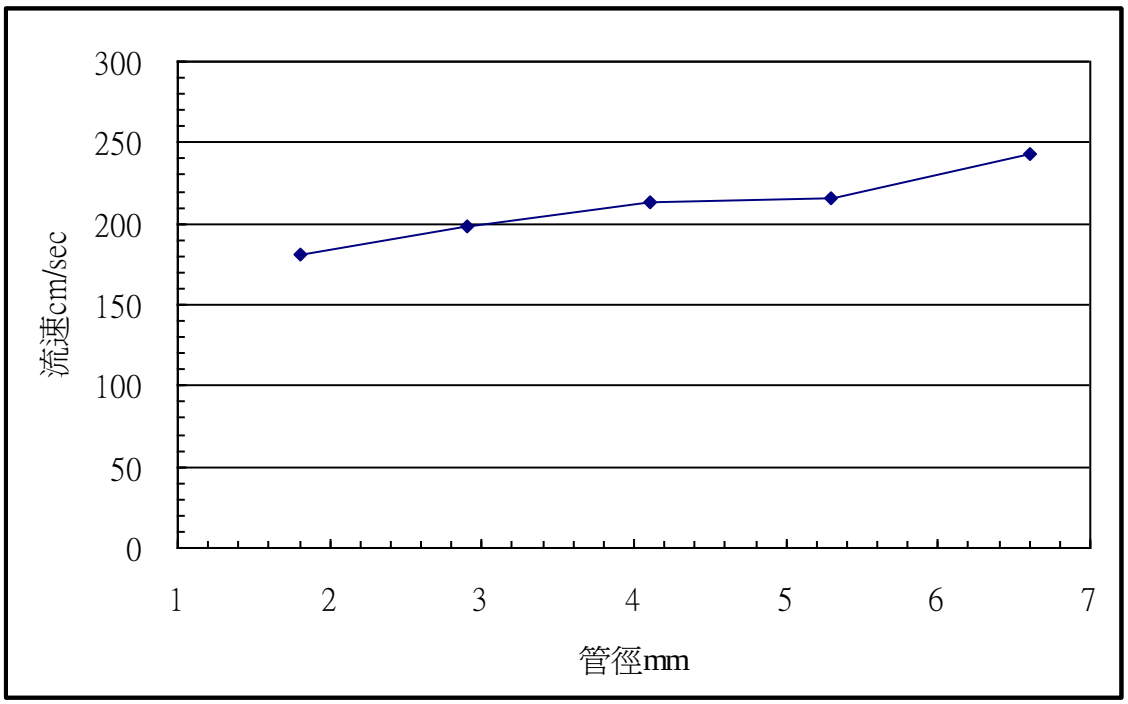

圖 6-4 各管徑與流速關係圖

三、實驗不同管線長度，探討摩擦力對流速發生的影響

(一)使用 Excel 軟體畫出不同管長、水柱高度與流量關係圖。如圖 6-5。

(二)由圖 6-5 可以看出，管線長度增加，因爲水管摩擦力，使流速變小，因此流量明顯減少。

(三)想要知道每增加 100cm 水管長度，要提高多少水位才能抵消水管摩擦力，而能夠維持相同的流量，所以利用圖 6-5，取相同流量 12 cm^3/sec 及 6cm^3/sec 時，查看不同水柱高的水管長度，探討差異變化，製作表 6-3。

(四)由表 6-3 得知，維持流量 12 cm^3/sec 時，每增加 100cm 水管長度，需要提高水柱 67cm，但是維持流量 6 cm^3/sec 時，每增加 100cm 水管長度，需要提高水柱 14cm。所以流量愈高，也就是流速愈快時，水管的摩擦力增大許多，需要提高更高的水柱，才能抵消水管摩擦力。而且算出流量增加 2 倍時，也就是流速增加 2 倍，摩擦力確增加了 4.8 倍，所以流速與摩擦力約爲平方關係。

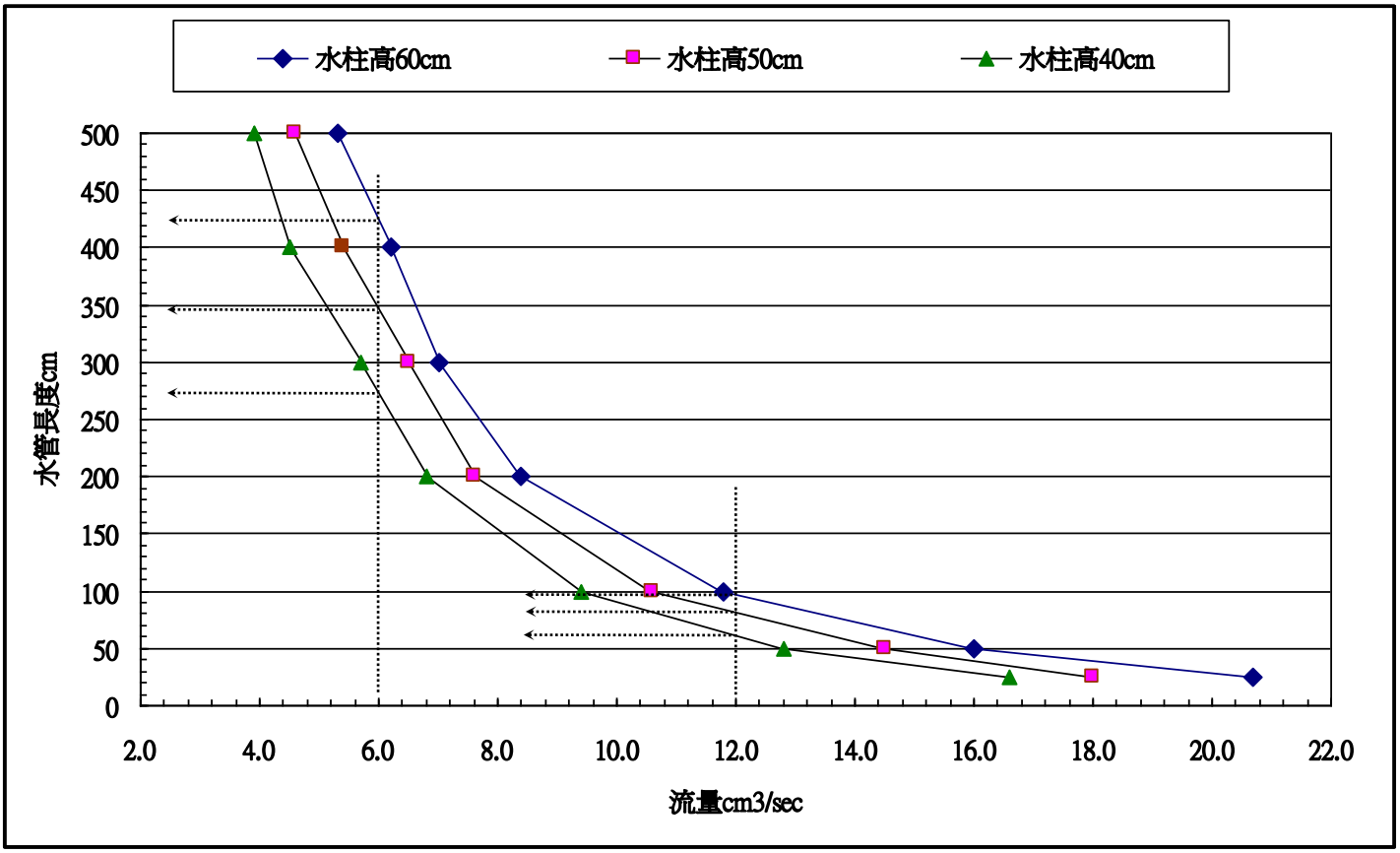

圖 6-5 不同水位與水管長度與流量關係圖

表 6-3 取相同流量 12 及 6 cm^3/sec 時長度差異與水柱高差異的關係

流量 (cm3/sec)	長度 (cm)	長度差異 (cm)	水柱高 (cm)	水柱高差異 (cm)	水柱高差異(cm)/長度差異(cm)
12	65	-	40	-	-
12	80	15	50	10	0.67
12	95	15	60	10	0.67
6	267	-	40	-	-
6	340	73	50	10	0.14
6	414	74	60	10	0.14

四、探討連通管中，水的傳輸與水位高低的關係

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，因爲左側出水口流出去的流量，會與在連通管中流動的流量相同，所以可以畫出左右水柱高度差與連通管水管中流量的關係圖，如圖 6-6。

(二)由圖 6-6 可看出，水柱高度差愈大，流量也愈大。另外由表 6-4 可以看出兩者並不是呈現線性關係，也就是並不是等比例關係，因爲水柱高度差由 2.1cm 變成 44.5cm，約增加 21 倍，但是流量由 5.2 cm^3/sec 變成 27.0 cm^3/sec 只約增加 5 倍。

(三)比較流速平方與水柱高度差的關係，呈現良好的線性關係。如圖 6-7。

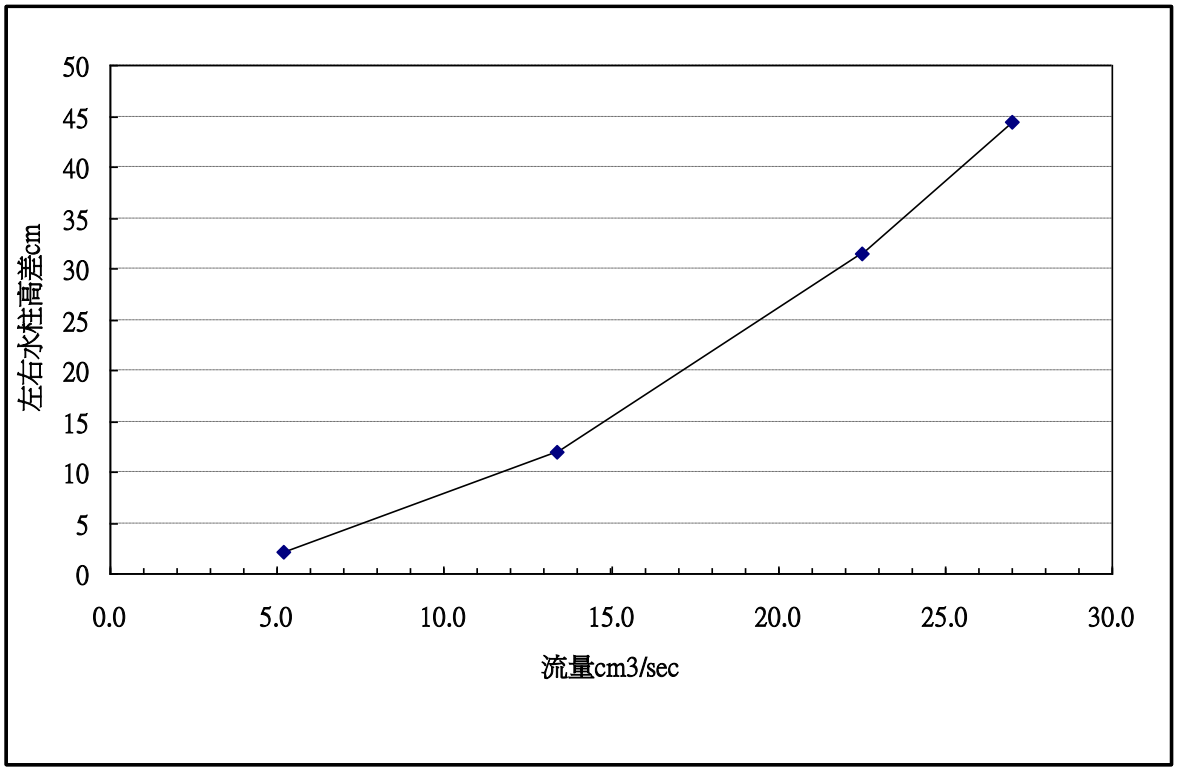

圖 6-6 不同水柱高度差與連通管流量關係圖

表 6-4 換算不同水柱高度差時連通管的流速

水柱 高度差(cm)	流量 (cm^3/sec)	連通管 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)
2.1	5.2	4.1	0.132	39.39	1551.3
12	13.4	4.1	0.132	101.50	10301.4
31.5	22.5	4.1	0.132	170.42	29043.6
44.5	27.0	4.1	0.132	204.51	41822.7

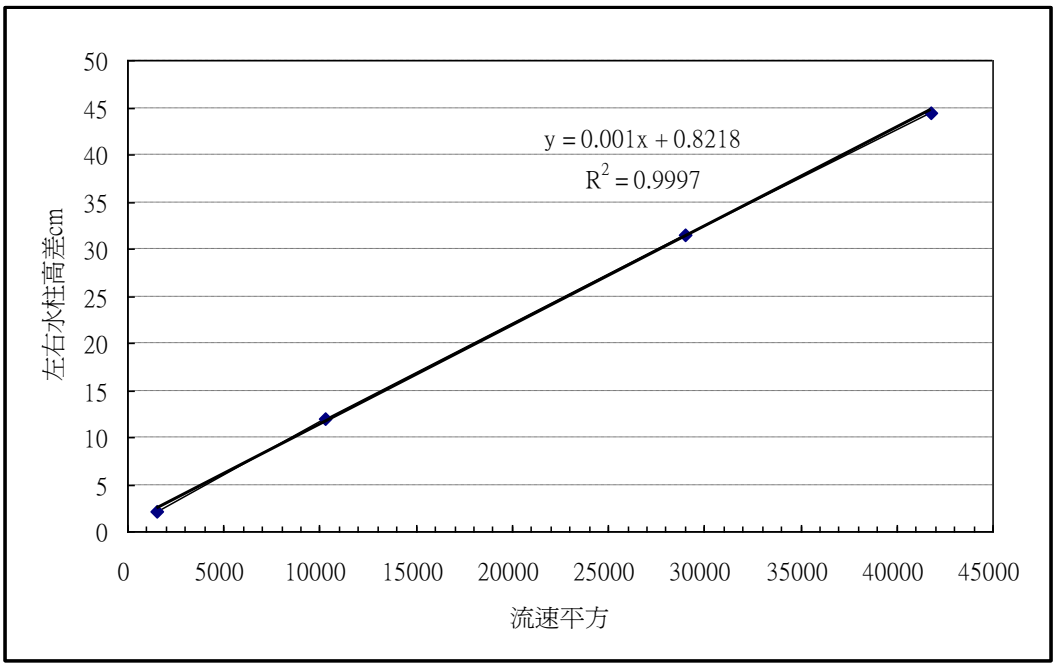

圖 6-7 不同水柱高度差與連通管流速平方關係圖

五、探討水推動水車的力量和槳葉型式的影響

(一)使用 Excel 軟體來整理實驗數據，因為水柱高度愈大水的沖力愈大，所以需要更多的水重來達到平衡，製作不同槳葉型式的水柱高度與加水體積的關係圖，如圖 6-8。

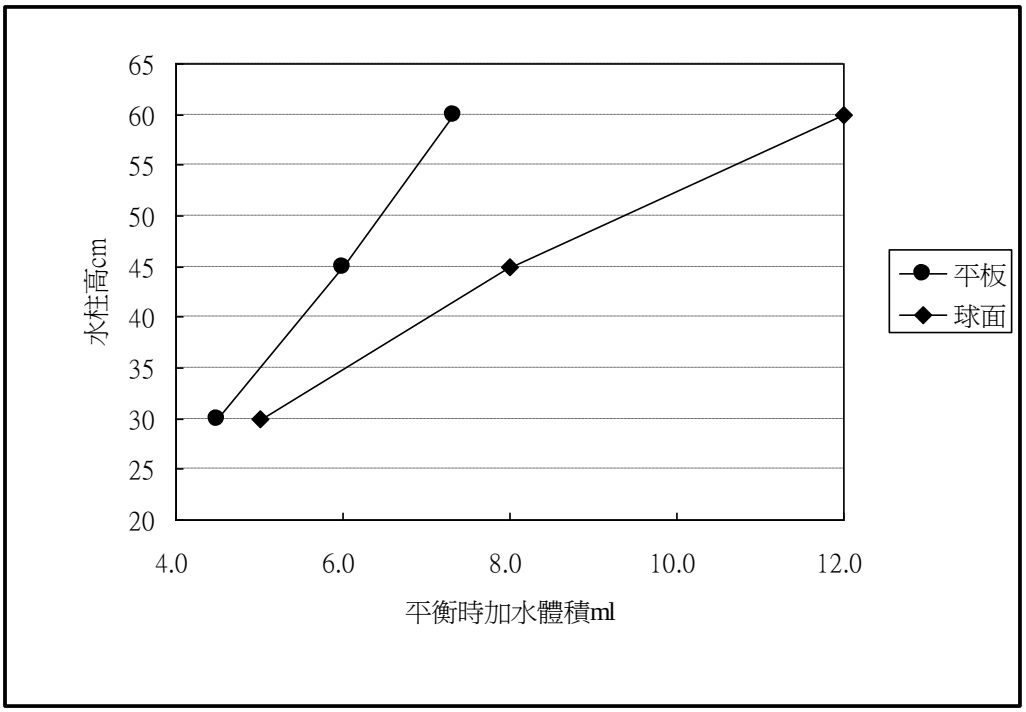

圖 6-8 不同槳葉型式的水柱高度與加水體積的關係圖

(二)由圖 6-8 可看出，水柱高度愈大，流速愈大，需要更多的水重來達到平衡，但是在相同

高度水柱，相同出水管徑下，也就是一樣的出水沖力下，球面槳葉表現出來的水力量效果，明顯比較好，而且水的流速愈大時效果差異愈大。

(三)原因探討，水沖向平板槳葉時，可以看見水往兩邊飛濺出去，還有一部分的水力量沒有用來推動天平，但是球面槳葉，可以看見水經過球面彎曲路線，往後噴出，水流動方向 180 度改變，有比較完整的力量用來推動天平，所以表現出來的水力量效果比較好。應用在推動水車時，球面槳葉將會有比較好的效果，如圖 6-9 表示。

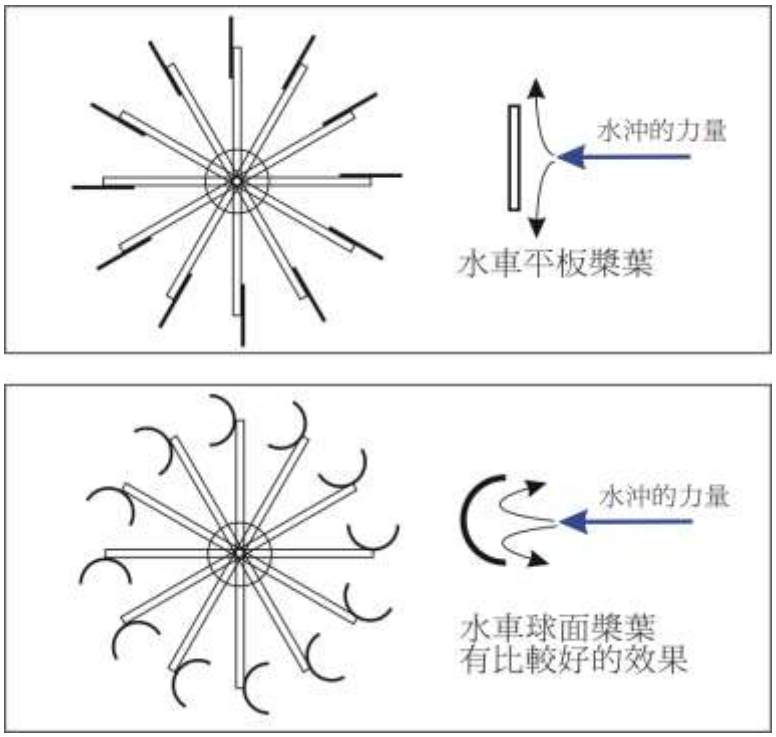

圖 6-9 水車槳葉型式差別與水力量應用效果示意圖

(四)在之前的實驗我們知道，相同水柱高度，出水流速是接近的，因為水位與流速關係密切，不同出水管徑 4.1mm 及 5.3mm，相同水柱高度時流速很相近，但是流量會因為管子截面積不同而愈大。整理實驗數據，如表 6-5，可以看出一個有趣現象，愈大的管子，水的沖力愈大，而且在相同流速時，流量愈大力量愈大，力量大小的變化與截面積比例幾乎相同，也就是單位時間的質量愈大力量愈大。

表 6-5 比較相同流速不同出水量時與水力量的關係

水柱高 (cm)	槳葉型式	出水管徑 (mm)	水管截面積 (cm^2)	平衡時加水體積 ml
59.9	球面	5.3	0.221	22.2
		4.1	0.132	12.0

(五)綜合水力量實驗結果，水的力量與單位時間沖水質量，以及沖水的流速有正相關性，這就是所謂的水的動量。

柒、結論

一、實驗觀察水位高低與流量的變化，探討有關水管中水流動的特性，實驗結果發現，雖然水柱高度愈大，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，而比較流速平方與水柱高度的關係，則呈現良好的線性關係。

二、出水管徑愈大，流量也愈大，雖然各管徑的流量差別很大，但是管徑 5.3mm 和管徑 4.1mm 的流速卻很接近，其他不同管徑的流速差別也不大，所以流速應該與出水管徑大小較無相關，而與水位高低有較明顯的關係。但是有管徑愈小流速也愈低的現象，可能是因為水管變小時，摩擦力變大，因此使流速變的比較小。

三、當管線長度增加時，因為水管摩擦力，使流速變小，因此流量也明顯的減少。想要知道每增加 100cm 水管長度，要提高多少水位才能抵消水管摩擦力，而能夠維持相同的流量，實驗計算結果，維持流量 12 cm^3/sec 時，每增加 100cm 水管長度，需要提高水柱 67cm，但是維持流量 6 cm^3/sec 時，每增加 100cm 水管長度，需要提高水柱 14cm。所以流量愈高，也就是流速愈快時，水管的摩擦力增大許多，需要提高更高的水柱，才能抵消水管摩擦力。而且算出流量增加 2 倍時，也就是流速增加 2 倍，摩擦力卻增加了 4.8 倍，所以流速與摩擦力約為平方關係。

四、由連通管實驗，觀察左右水位高度差與連通管流量的變化，實驗結果發現，雖然水柱高度差愈大，連通管流量也愈大，兩者並不是呈現線性關係，也就是並不是等比例關係，而比較流速平方與水柱高度差的關係，則呈現良好的線性關係，此現象與之前水位高差直接流出水量的實驗結果，特性相似。

五、水力量應用在推動水車時，球面槳葉比平板槳葉會有比較好的效果，而且流速愈大力量愈大，流量愈大，力量也愈大。

六、從實驗過程中，我們發現有些誤差，因此要多做幾次，來算出平均數值，才能得到正確的數據，本次實驗的主要誤差來源，可能是管線材質差異與流量量測操作所產生的。

捌、心得

日常生活中經常可以看到水往低處流的應用，雖然我小時候就知道了這個道理，但是在這次的實驗數據裡，發現了很多奧妙的關係，是我以前不知道的道理，在這次的實驗，有時因爲要使實驗更精準，尤其是在做管長實驗的時候，因爲流速很慢，要花很長的時間，只能得到一個實驗數據，有一次做到半夜四點多，好辛苦。

實驗設備材料是我們利用回收瓶罐以及去大賣場、水族館、水電材料行所買的，但有些材料並不符合我們當初的預期，原先構想的實驗設備修改了好幾次才製作完成，以後設計實驗設備時，要先了解有哪些材料可以買的到。

在實驗的過程中，相同的實驗要重複做幾次，雖然覺得辛苦，但是在分析實驗數據時，對數據就有信心了，當完成每一項實驗，從中分析討論得到一些新的結果、新的發現時，心中真的好快樂、好有成就感。

在實驗設備的製作和操作中，曾經有多次的結果並不理想，因爲誤差太大，無法看出微小的變化，因此要努力修正設備。後來我們仔細觀察，發現在做管長實驗時，如果只是隨便擺在桌上的話，實驗數據就會不穩定，後來我們用好長的架子把它架在跟出水口一樣高的地方，實驗數據就很穩定。以前重複實驗可能有 8 秒的差異，現在甚至做三次的秒數都一樣，由於整個實驗設備的精密度提高了許多，因此可以測量出水位、流量、流速和力量的相關性，才能深入探討本次實驗的結果，揭開水的神祕面紗。

感謝老師的指導與爸媽督促，使我能夠仔細的研究每一個細節，一步一步累積有關水力量的種種知識。

玖、參考資料

一、休伊特，觀念物理Ⅰ，初版，台北市，天下遠見出版股份有限公司，頁 155-181，民 95 年。

二、休伊特，觀念物理Ⅱ，初版，台北市，天下遠見出版股份有限公司，頁 99-126，民 95 年。

三、休伊特，觀念物理Ⅲ，初版，台北市，天下遠見出版股份有限公司，頁 155-180，民 95 年。

【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。