

106 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
臺灣省第 6 區複賽物理科實驗試題第二題參考解

一、 實驗設計原理：

利用水位差來測量位能損失，位能損失即為阻力做功，進而求得阻力大小。

(1) 計算位能損失

$$\text{初位能 } U_i = mg \frac{h}{2} = \rho A g h \left(\frac{h}{2} \right) = \frac{1}{2} \rho A g h^2$$

$$\text{末位能 } U_f = \rho A g (\Delta h) \left(\frac{\Delta h}{2} \right) + \rho A g (h - \Delta h) \left(\frac{h - \Delta h}{2} \right)$$

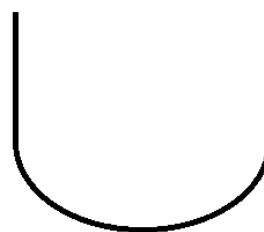
$$\text{位能損失 } \Delta U = U_i - U_f = \rho A g (\Delta h) (h - \Delta h)$$

(2) 計算阻力 f

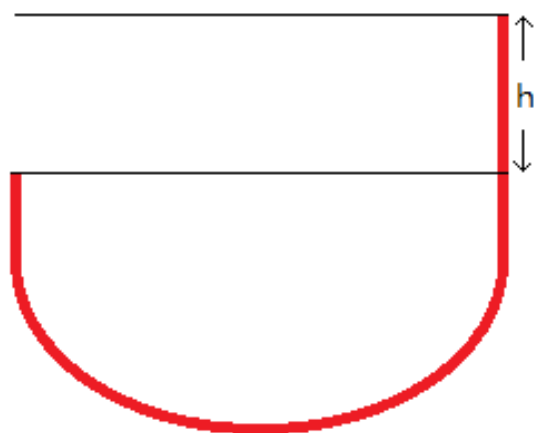
$$f = \frac{\Delta U}{h - \Delta h}, \text{ 即位能的損失為阻力做功。}$$

二、 實驗步驟：

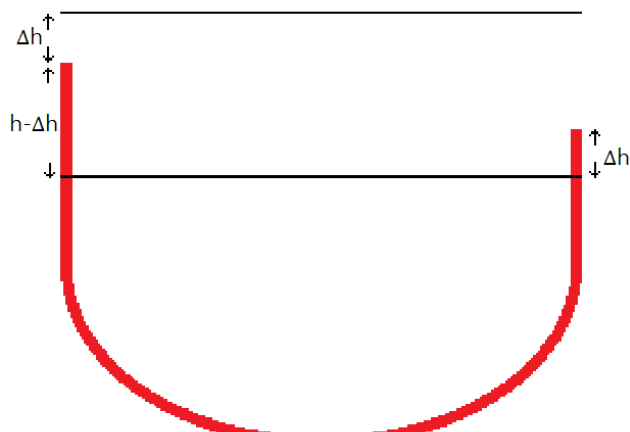
1. 將 PVC 水管架設如圖一。
2. 將水注入水管，並以墨汁染色(以紅色代表水柱)。
3. 使一邊水柱高於平衡點如圖二。
4. 放開使水柱擺盪至水管另一側如圖三。
5. 紀錄起始高度 h ，與末位置高度 $(h - \Delta h)$ 。
6. 計算位能損失 ΔU ，且作 ΔU 對 h 之數據圖。
7. 計算阻力 f ，且作 f 對 h 之數據圖。



圖一



圖二



圖三

三、 數據紀錄與作圖

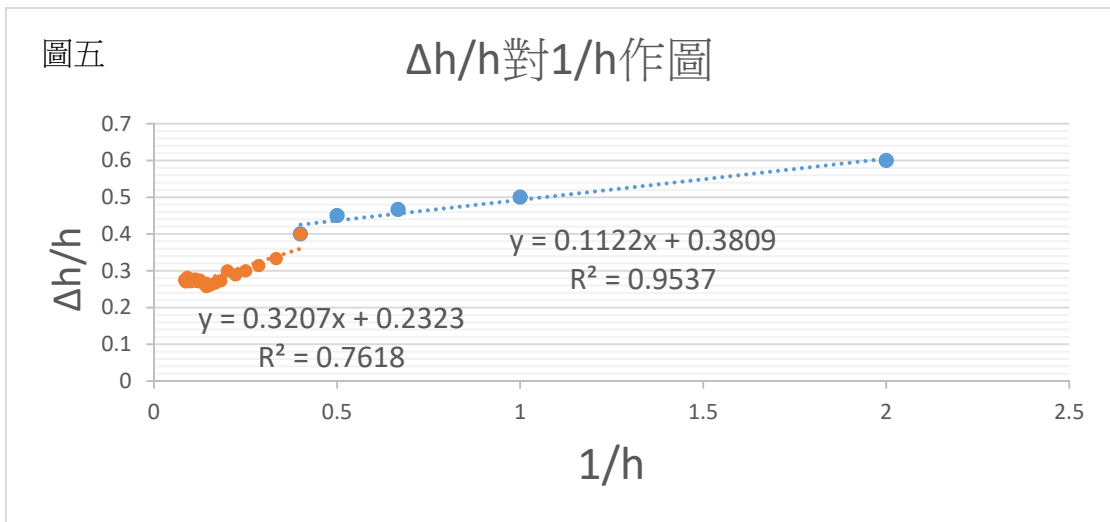
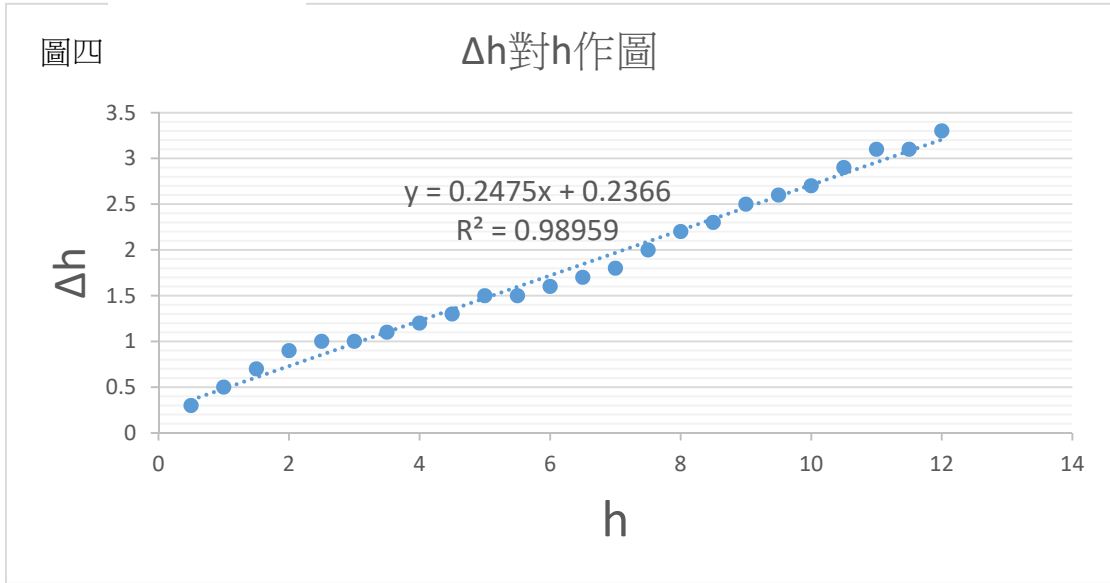
h	Δh	$\Delta h / h$	1/h	h- Δh
0.5	0.3	0.6	2	0.2
1	0.5	0.5	1	0.5
1.5	0.7	0.466667	0.666667	0.8
2	0.9	0.45	0.5	1.1
2.5	1	0.4	0.4	1.5
3	1	0.333333	0.333333	2
3.5	1.1	0.314286	0.285714	2.4
4	1.2	0.3	0.25	2.8
4.5	1.3	0.288889	0.222222	3.2
5	1.5	0.3	0.2	3.5
5.5	1.5	0.272727	0.181818	4
6	1.6	0.266667	0.166667	4.4
6.5	1.7	0.261538	0.153846	4.8
7	1.8	0.257143	0.142857	5.2
7.5	2	0.266667	0.133333	5.5
8	2.2	0.275	0.125	5.8
8.5	2.3	0.270588	0.117647	6.2
9	2.5	0.277778	0.111111	6.5
9.5	2.6	0.273684	0.105263	6.9
10	2.7	0.27	0.1	7.3
10.5	2.9	0.27619	0.095238	7.6
11	3.1	0.281818	0.090909	7.9
11.5	3.1	0.269565	0.086957	8.4
12	3.3	0.275	0.083333	8.7

(表 一)

Δh	h- Δh	ΔU	f
0.3	0.2	0.03738	0.1869
0.5	0.5	0.15575	0.3115
0.7	0.8	0.34888	0.4361
0.9	1.1	0.61677	0.5607

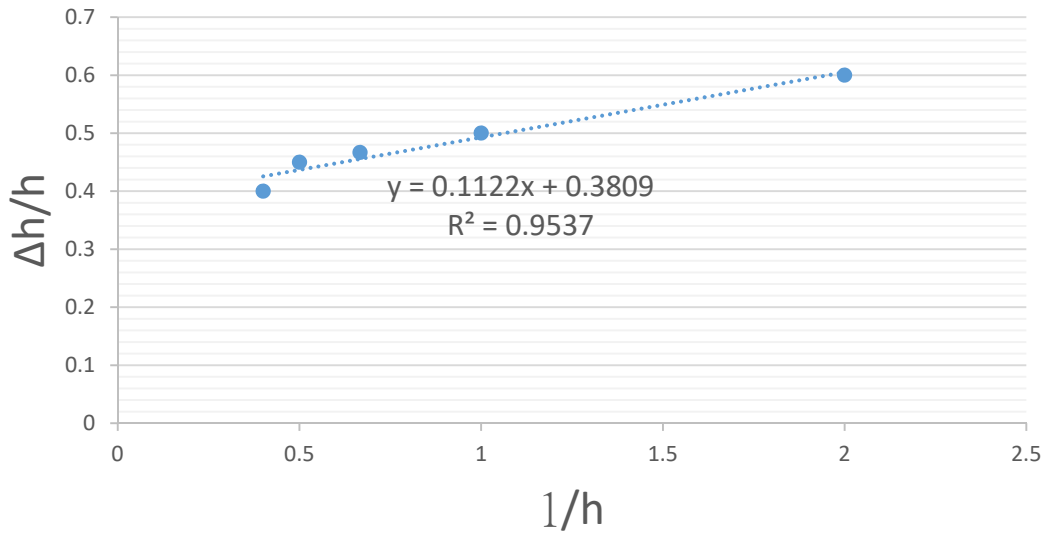
1	1.5	0.9345	0.623
---	-----	--------	-------

(表 二)



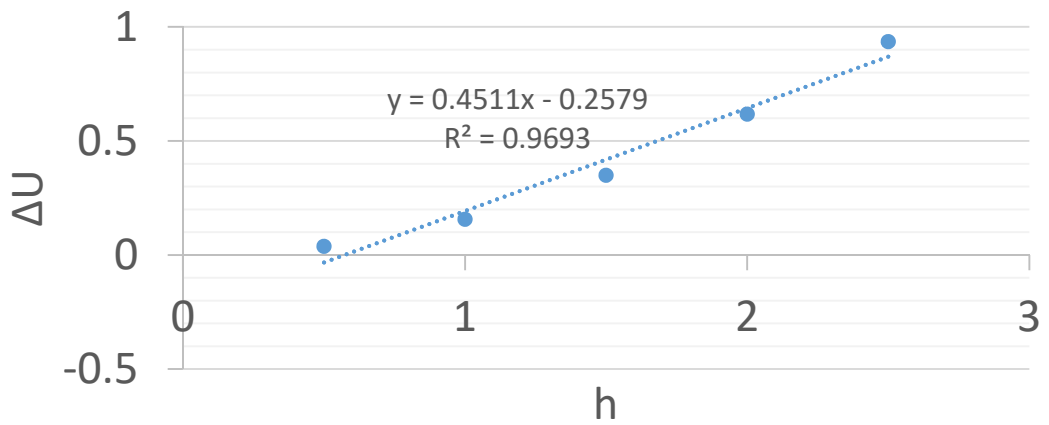
圖六

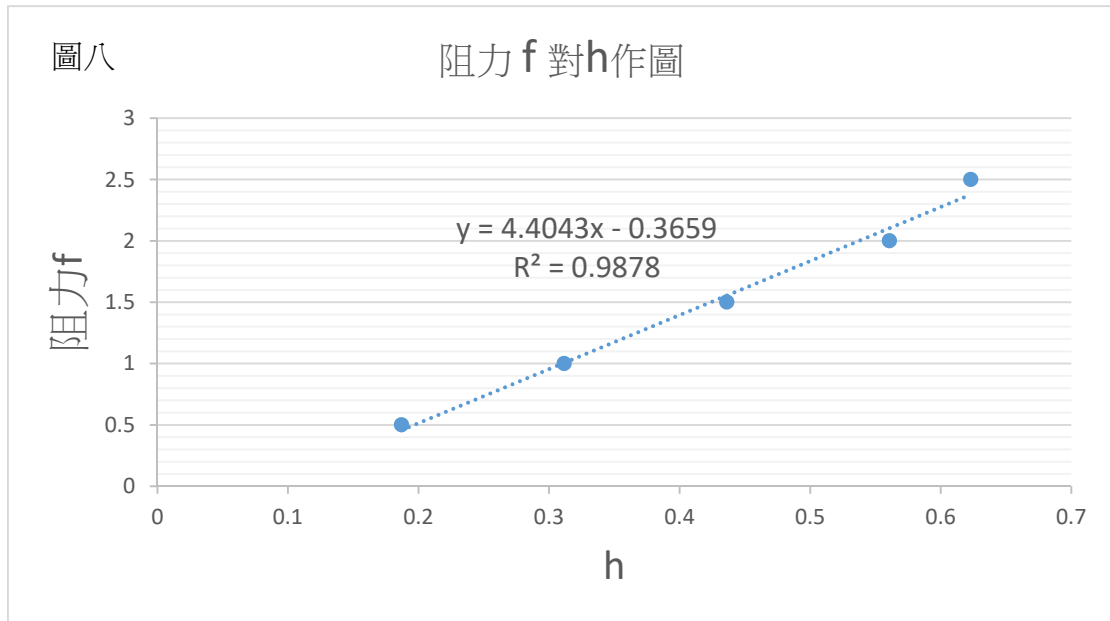
$\Delta h/h$ 對 $1/h$ 作圖



圖七

ΔU 對 h 作圖





四、 實驗結果與分析

1. 測量起始高度 h ，與末位置高度 $(h-\Delta h)$ ，得表一。
2. 將 Δh 對 h 作圖，得圖四，可發現隨著 h 越大， Δh 也越大。
3. 假設此系統為線性方程式，兩軸同除 h ，在圖五中發現，有兩段明顯不同的斜率，將藍色點數據取出得圖六。
4. 將藍色數據點的 ΔU 算出(表二)，再將 ΔU 對 h 作圖得圖七。
5. 將 ΔU 除以 $(h-\Delta h)$ 即為阻力 f (表二)，將 f 對 h 作圖得圖八。
6. 由圖三與圖八可看出，隨著起始高度 h 越高，所受阻力越大。因為高於零位面水的質量增加，所以水在流動時與管壁之正向力也越大，故受阻力也越大。

五、 實驗討論

1. 圖五中可以看出有兩段斜率，此為小振幅的震盪與大振幅的震盪差異。
2. 小振幅震盪可對應水的層流狀態，大振幅時水可能有紊流產生，為簡化討論範圍，將不討論紊流狀態，故取小振幅數據討論。
3. 由圖七可以看出隨高度 h 增加，所損耗的位能越大，圖八可看出 h 越大，所對應的阻力也越大。
4. 實驗裝置圖中有圓弧段水管與直線段水管，應分開討論其所受正向力，但在此實驗將討論總體阻力效應即可，以總位能的損耗來討論管子中所受的總阻力。