

第 5 區複賽物理科實驗試題參考解

一. 實驗設計:

(一) 請量測三種尺寸之金屬球的體積與質量，分析金屬球之材質的密度:

$$\text{密度}(\rho) = \text{質量}(M) / \text{體積}(V) \rightarrow \text{質量}(M) = \text{密度}(\rho) \cdot \text{體積}(V)$$

由上式可知，做質量與體積之關係圖，其斜率即為密度(ρ)。

(二) 當物體在液體中自由落下時，受到浮力與液體阻力的影響，物體的加速度會逐漸減小，最後變成等速度運動，此速度稱為終端速度 v_T 。請利用提供之實驗器材設計實驗，測量三種尺寸之金屬球在甘油中的終端速度:

$$\text{速度}(v) = \text{位移}(x) / \text{時間}(t) \rightarrow \text{位移}(x) = \text{速度}(v) \cdot \text{時間}(t)$$

由上式可知，做位移與時間之關係圖，其斜率即為速度(v)。

(三) 藉由分析實驗二的數據，你認為終端速度 v_T 與金屬球半徑 r 之關係為何？

分別對終端速度 v_T 與金屬球半徑 r 取 \log 作圖，可得 $\log v_T = a \log r + b$ ，

等號兩邊同時去對數，則方程式為 $v_T = r^a * 10^b$ ，由此可知終端速度 v_T 正比於 r 的 a 次方。

二. 實驗步驟:

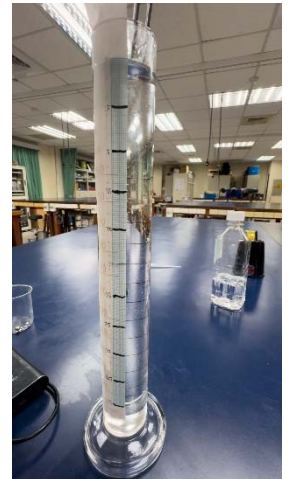
(一) 請量測三種尺寸之金屬球的體積與質量，分析金屬球之材質的密度:

1. 利用游標尺量測不同尺寸之金屬球直徑各三次。
2. 利用電子秤量測不同尺寸之金屬球質量。
3. 做質量與體積之關係圖。

(二) 當物體在液體中自由落下時，受到浮力與液體阻力的影響，物體的加速度會逐漸減小，最後變成等速度運動，此速度稱為終端速度 v_T 。

請利用提供之實驗器材設計實驗，測量三種尺寸之金屬球在甘油中的終端速度:

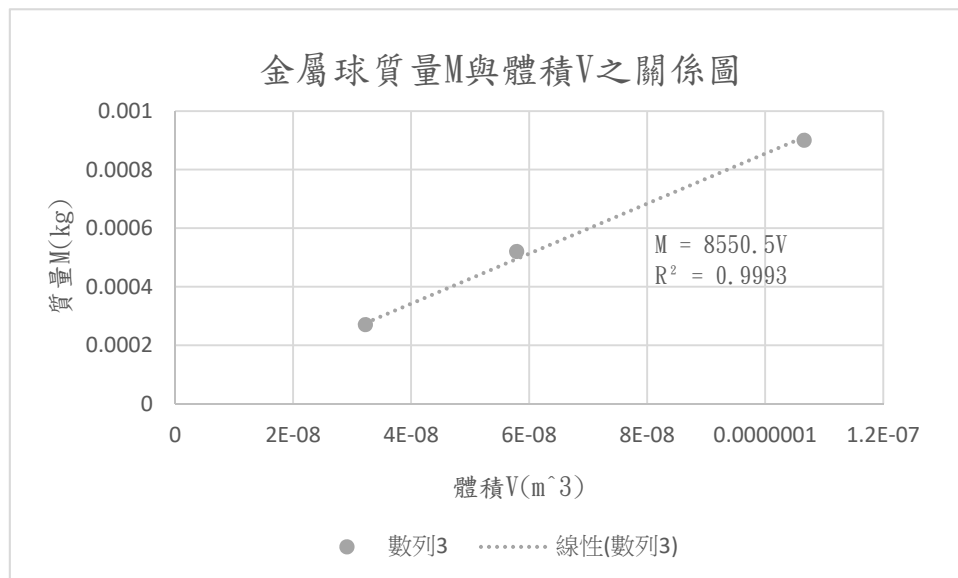
1. 將 1mm 方格紙剪一小段貼於量筒上。(如右圖所示)
2. 倒入甘油。
3. 於甘油液面與方格紙重疊處標示位置 0cm，並往下每 2.5cm 標示位置，標示至 25cm 處。
4. 用鑷子夾取球 1 放置甘油液面，放入球 1 時按下碼錶紀錄球 1 在各標示位置之時間。
5. 重覆操作步驟 4 兩次。
6. 更換測量金屬球並重覆步驟 4~5。
7. 由位移=速度·時間可知，當位移與時間作圖，其斜率即為速度。



三、數據分析：

(一) 請量測三種尺寸之金屬球的體積與質量，分析金屬球之材質的密度：

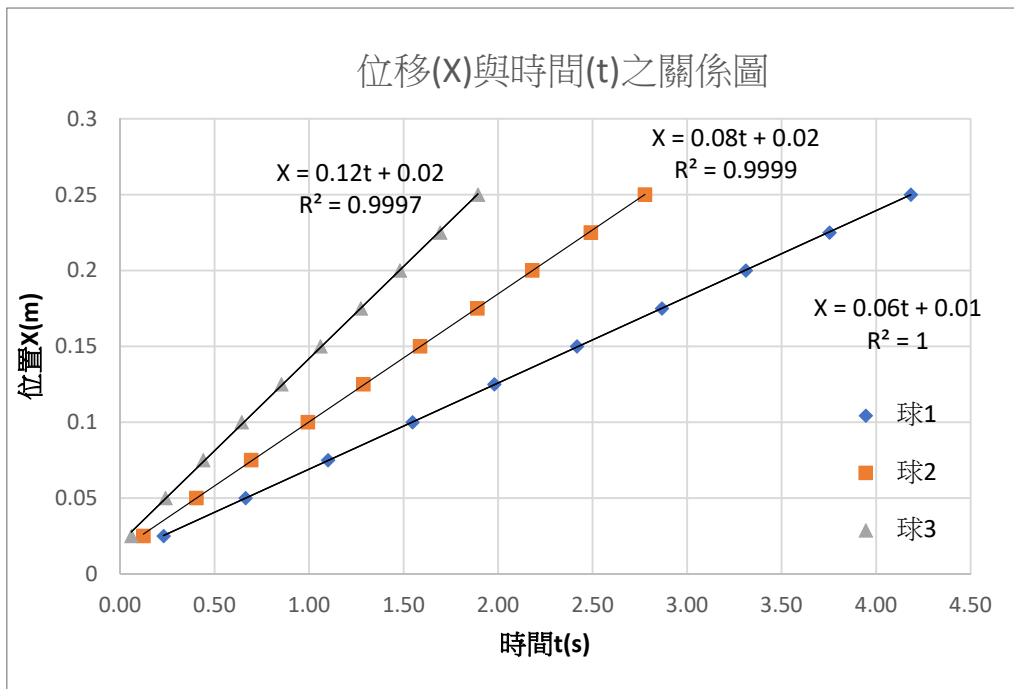
	直徑(m)			直徑平均(m)	體積 $V(m^3)$	質量 $M(kg)$
球 1	0.00395	0.00395	0.00395	0.00395	3.23E-08	0.00027
球 2	0.00480	0.00480	0.00480	0.00480	5.79E-08	0.00052
球 3	0.00585	0.00590	0.00590	0.00588	1.07E-07	0.00090



由金屬球質量 M 與體積 V 的關係圖可知金屬球斜率為 $8550.5 = 8.55 \cdot 10^3$ ，即密度為 $8.55 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 8.55 \text{ g/cm}^3$ 。

(二) 當物體在液體中自由落下時，受到浮力與液體阻力的影響，物體的加速度會逐漸減小，最後變成等速度運動，此速度稱為終端速度 v_T 。請利用提供之實驗器材設計實驗，測量三種尺寸之金屬球在甘油中的終端速度：

	下降距離(m)	時間(s)			時間平均(s)
球 1	0.025	0.25	0.24	0.20	0.23
	0.050	0.67	0.68	0.64	0.66
	0.075	1.10	1.11	1.09	1.10
	0.100	1.53	1.56	1.55	1.55
	0.125	1.96	1.99	1.99	1.98
	0.150	2.38	2.42	2.45	2.42
	0.175	2.81	2.87	2.92	2.87
	0.200	3.24	3.31	3.38	3.31
	0.225	3.67	3.75	3.84	3.75
	0.250	4.10	4.19	4.26	4.18
球 2	0.025	0.13	0.13	0.11	0.12
	0.050	0.41	0.41	0.39	0.40
	0.075	0.70	0.70	0.68	0.69
	0.100	1.00	1.01	0.97	0.99
	0.125	1.31	1.29	1.26	1.29
	0.150	1.61	1.59	1.56	1.59
	0.175	1.93	1.88	1.86	1.89
	0.200	2.22	2.17	2.15	2.18
	0.225	2.54	2.48	2.45	2.49
	0.250	2.84	2.76	2.73	2.78
球 3	0.025	0.06	0.06	0.06	0.06
	0.050	0.26	0.23	0.23	0.24
	0.075	0.46	0.43	0.43	0.44
	0.100	0.67	0.63	0.64	0.64
	0.125	0.88	0.84	0.84	0.85
	0.150	1.09	1.04	1.05	1.06
	0.175	1.30	1.26	1.26	1.27
	0.200	1.51	1.46	1.47	1.48
	0.225	1.73	1.67	1.68	1.69
	0.250	1.93	1.87	1.88	1.89



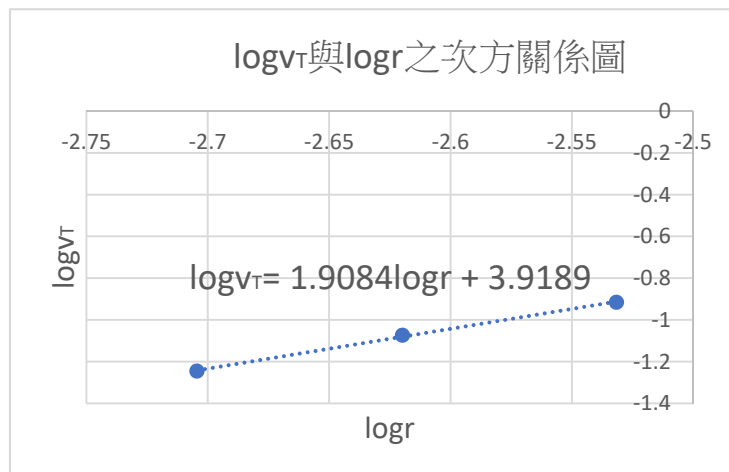
由位移與時間的關係圖可知，球 1、球 2、球 3 一放入甘油後，會在極短的時間達到終端速度，因此不需要再特別尋找各尺寸金屬球之終端速度。

故球 1、球 2、球 3 之終端速度分別為：0.06m/s、0.08m/s、0.12m/s。

(三) 藉由分析實驗二的數據，你認為終端速度 v_T 與金屬球半徑 r 之關係為何？

金屬球半徑 r (m)	終端速度 v_T (m/s)
0.001975	0.06
0.002400	0.08
0.002940	0.12

$\log r$	$\log v_T$
-2.7044329	-1.245651664
-2.619788758	-1.074172425
-2.53165267	-0.915781313



方程式為： $\log v_T = 1.9084 \log r + 3.9189$

等號左右邊同時去對數，則方程式為： $v_T = r^{1.9084} * 10^{3.9189}$

因為指數部分數值為 1.9084，相較於 1.5 而言更接近 2

故推測

$$v_T \propto r^2$$

四、實驗討論：

1. 因為數據只由三顆不同尺寸金屬球(三個點)分析終端速度與半徑之關係，就實驗數據分析的角度思考是不足以認定兩者的真實關係，應增加到至少 5 個點甚至 10 個點才有說服力證明兩者之關係。
2. 因受限於游標尺之最小刻度限制，無法更精準量測金屬球之直徑，因此可能造成數據分析時產生密度計算之誤差。
3. 由於方格紙的格線顏色偏淡不易觀察，因此可以在想量測之位置加粗線條方面觀察記錄時間。
4. 測量金屬球位移隨時間變化的過程中，由於金屬球於甘油液體下降的時間很短，三種尺寸金屬球最短花費時間不到 2 秒，最長花費時間也不到 5 秒，而正常人的反應時間約為 0.2~0.35 秒，因此可能因為反應時間不及造成量測位移隨時間變化產生誤差。
5. 每次重新填裝甘油時須注意回填之甘油，其液面是否有與自己所標示 0 之位置重疊，若有些許差異，需再適量填補。