

110 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
第五區複賽物理科實驗第二題參考解

實驗器材：

| 器材名稱 | 規格 | 數量 |
|-------|----------------|----|
| 待測物 | 冰糖 | 四顆 |
| 膠帶 | 7*5cm | 一段 |
| 棉繩 | 一般 | 一卷 |
| 醫用注射器 | 20ml | 一支 |
| 彈簧秤 | 1kg | 一支 |
| 剪刀 | 一般 | 一支 |
| 矽膠 | 一般用 | 一支 |
| 支架 | 高度至少 30 公分 | 一座 |
| 橫桿 | 搭配支架 | 一個 |
| 方格紙 | 全對數 | 一張 |
| 方格紙 | A4 大小，最小刻度 1mm | 兩張 |
| 計算機 | 一般工程用 | 一台 |

實驗步驟：

題目一：測量體積變化-外力變化關係

1. 利用方格紙增加針筒可用刻度。
2. 測量針筒接觸面積、針筒體積。
3. 假設針筒內氣體為理想氣體，利用理想氣體方程式：

$$PV = nRT \dots\dots\dots(1-1)$$

P: 壓力，V: 體積，R: 波茲曼常數，T: 絕對溫度，n: 氣體分子莫耳數

並假設實驗為等溫環境因此：

$$P_{10}V_{10} = P_{11}V_{11} \dots\dots\dots(1-2)$$

V_{10} : 原空氣體積； P_{10} : 原空氣壓力

V_{11} : 壓縮後空氣體積； P_{11} : 壓縮後空氣壓力

由此可知

$$\frac{P_{10}V_{10}}{V_{11}} = P_{11} \dots\dots\dots(1-3)$$

又利用壓力之定義

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow \Delta P_1 = \frac{\Delta F}{A} \dots\dots\dots(1-4)$$

其中 $\Delta F \equiv F_{11} - F_{10}$ ； F_{11} : 壓縮所需外力； F_{10} : 原外力；

A 針筒面積；

$$\Delta P_1 \equiv P_{11} - P_{10}$$

利用理想氣體公式可知

$$nRT \left(\frac{1}{V_{11}} - \frac{1}{V_{10}} \right) = \frac{\Delta F}{A} \rightarrow \frac{1}{V_{11}} = \frac{\Delta F}{AnRT} + \frac{1}{V_{10}} \dots\dots\dots(1-5)$$

110 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽 第五區複賽物理科實驗第二題參考解

4. 紀錄體積倒數與外力變化之關係並作圖。

題目二: 利用針筒測量砂糖密度

1. 測量冰糖之重量。
2. 利用不同外力以計算不同壓力下之體積。
3. 將冰糖裝入針筒測量其體積。

$$P_{20}V_{20} = P_{21}V_{21} \dots\dots\dots(2-1)$$

V_{20} : 裝入冰糖後之空氣體積; V_{21} : 裝入冰糖並壓縮後之空氣體積

$$P_{10} = P_{20}; P_{11} = P_{21} \dots\dots\dots(2-2)$$

∴ 所使用外力相同

由 $\frac{(1-1)}{(2-1)}$, 並由(2-2)式已知 $P_{10} = P_{20}; P_{11} = P_{21}$ 可得

$$\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{V_{11}}{V_{21}} \rightarrow \frac{V_{21}}{V_{20}} = \frac{V_{11}}{V_{10}}$$

利用合分比可得

$$\frac{V_{21} - V_{20}}{V_{20}} = \frac{V_{11} - V_{10}}{V_{10}} \rightarrow \frac{V_{21} - V_{20}}{V_{11} - V_{10}} \cdot V_{10} = V_{20}$$

Hint:

1. 壓力與外力程比例關係
2. 若 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ 則 $\frac{a-b}{b} = \frac{c-d}{d}$

數據分析:

題目一

表格一:

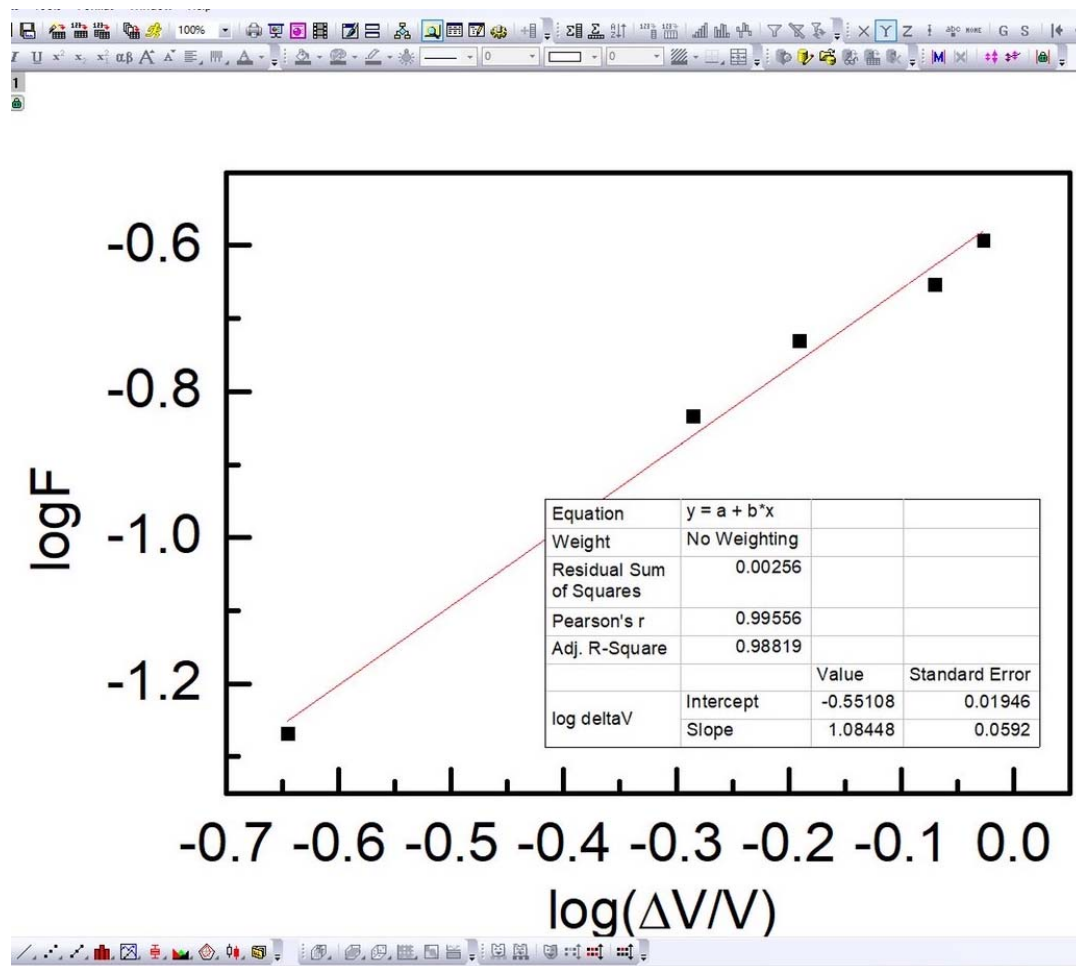
針筒重量: 15; 彈簧秤初始值: 20g; 體積初始值 V_{10} : 10ml

| V(cm^3) | F(kg) |
|-------------|-------|
| 10.57 | 0.226 |
| 11.14 | 0.417 |
| 11.72 | 0.519 |
| 12.29 | 0.645 |
| 12.86 | 0.850 |
| 13.43 | 0.940 |

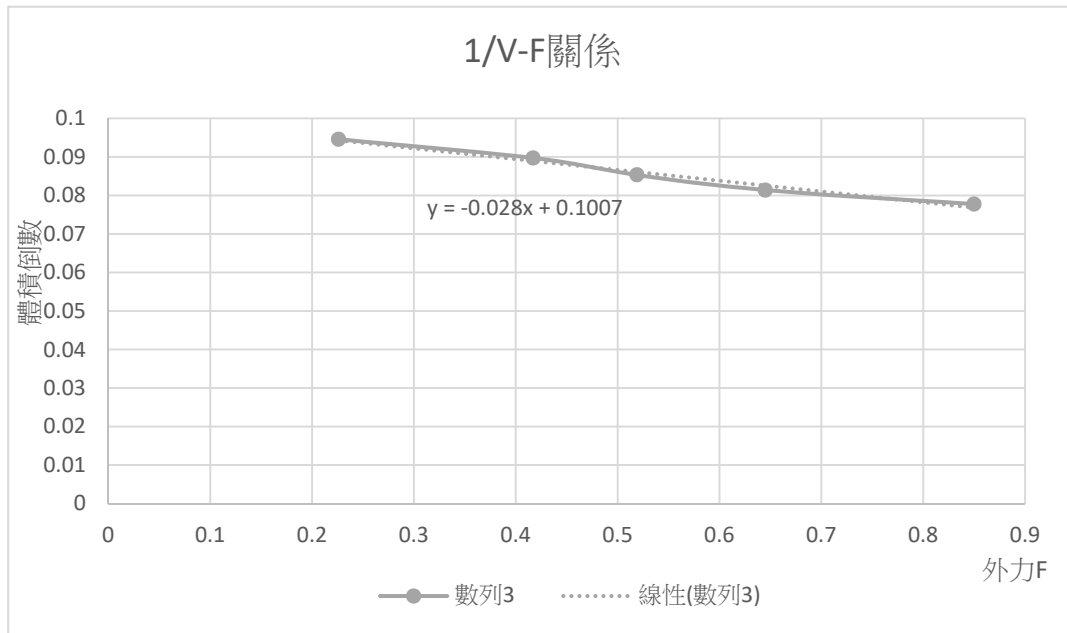
體積與外力次方關係為 0.167, 但根據理想氣體關係得知壓力與外力應成倒數關係因此修正為

110 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
第五區複賽物理科實驗第二題參考解

$$V^{-1} \propto F$$



110 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
第五區複賽物理科實驗第二題參考解



$$\frac{1}{V} = -0.028F + 0.1007; \text{ 相關係數 } r = -0.993512$$

其中: V 為壓縮後空氣總體積(ml); F 外力(g)對比式(1-5)可知

$$\frac{1}{AnRT} = -0.028; \text{ 係數與活塞接觸面積成倒數關係}$$

$$\frac{1}{V_{10}} = 0.1007; \text{ 為初始氣體體積質之倒數}$$

由上圖可知兩者變數呈線性關係

題目二:

表格二:

針筒重量:15; 彈簧秤初始值:20g; 冰糖重:6g

| $V_{10}(cm^3)$ | $V_{11}(cm^3)$ | $V_{20}(cm^3)$ | $V_{21}(cm^3)$ | 冰糖體積 $V(cm^3)$ | 密度 $\rho(g/cm^3)$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| 10.00 | 10.57 | 10.00 | 10.82 | 4.34 | 1.38 |
| 10.00 | 11.14 | 10.00 | 11.69 | 4.77 | 1.26 |
| 10.00 | 11.72 | 10.00 | 12.56 | 4.92 | 1.21 |
| 10.00 | 12.29 | 10.00 | 13.28 | 4.34 | 1.38 |
| 10.00 | 12.86 | | | | |

冰糖密度利用密度公式:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

110 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
第五區複賽物理科實驗第二題參考解

$$\rho = \frac{1.38 + 1.26 + 1.21 + 1.38}{4} = 1.31 \pm 0.08(\text{g}/\text{cm}^3)$$

Hint:

標準差公式: 窠

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

其中 x_i : 數據點 \bar{x} : 平均值 N : 數據數量

實驗討論：

1. 冰糖的體積應大於針筒孔徑。
2. 由於體積的誤差較大，冰糖的量應盡量填滿針筒空間。
3. 實際操作時要注意外力應用於計算體積應此在前項實驗中應盡可能將實驗精確。
4. 當冰糖量較多時，務必注意勿使冰糖體積超過針筒範圍。
5. 應注意密封的完整性，不可多次插拔矽膠以避免裂縫。