

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

第三名

030110

利用密閉容器中氣體壓力變化測量易溶於水不規則形狀物質的體積

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者： 國二 徐爾彤 國二 龔云鍊 國二 廖瑋晨	指導老師： 張俊富 徐奇吉
---	-----------------------------

關鍵詞：波以耳定律、壓力、體積

摘 要

我們利用波以耳定律推演出的實驗，希望達到和排水法一樣的效果，測量易溶於水不規則形狀物質的體積。實驗主要是探討波以耳定律是否能夠同樣測量出易溶於水不規則形狀物質的體積，我們重複多次測量了不同質量的氯化鈉與蔗糖，透過觀察壓力的變化，並代入公式算出體積。實驗結果發現：這個方法可以取代傳統排水法來測量易溶於水不規則形狀物質的體積，是一個不浪費水又省時且不會汙染待測物的好方法。

壹、研究動機

在八年級上理化課時，我們學過測量易溶於水且不規則形狀物質的體積，例如：食鹽、方糖...等物質；如果以平時所使用的排水法(需先配置飽和溶液)，雖然實驗方法十分簡單且材料也非常好取得，但卻可能因為物質溶於水，使待測物改變了它的原狀。此外，因為排水法實驗不但會用掉太多水，造成水資源的浪費，再加上要等待溶液達到飽和狀態的時間，所以我們希望可以找到一個解決這些問題的方法。我們上網搜尋了許久，但是多數的實驗都是以排水法測量不規則形狀物質的體積，至於可以測量易溶於水且不規則形狀物質體積，又不會汙染待測物質的實驗方法似乎都沒有。

我們和老師討論後，覺得波以耳定律或許可能就是我們要的答案；而波以耳定律是指定溫下密閉容器內氣體的壓力與體積會成反比。

貳、研究目的

- 一. 利用不汙染物質的方法測量鹽、方糖這一類可溶於水的物質
- 二. 由實驗中瞭解波以耳定律
- 三. 利用波以耳定律，使用氣體測量鹽、方糖這一類可溶於水的物質

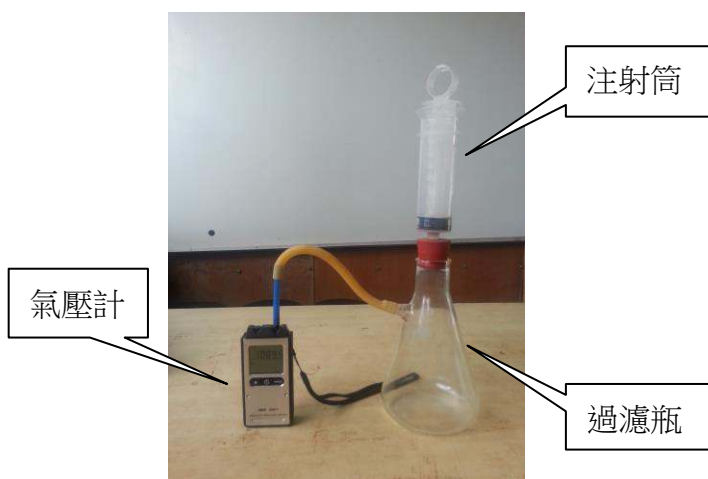
參、實驗儀器

- 一. 過濾瓶
- 二. 注射針筒（100mL）
- 三. 壓力計
- 四. 橡皮管
- 五. 電子天平
- 六. 食鹽一包
- 七. 方糖一包
- 八. 量筒（50mL、 100mL 各一）
- 九. 有側管之燒杯

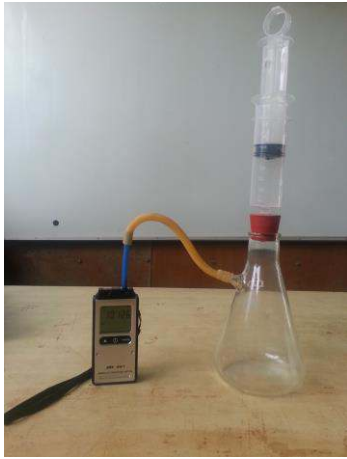
肆、研究方法

一、利用定溫下密閉容器內氣壓變化求物質體積

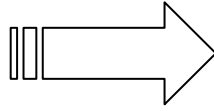
1. 利用一過濾瓶、注射針筒、氣壓計、橡皮管連接如下圖裝置



2. 射針筒活塞固定於 50mL（經量筒測量，實際體積為 46mL）處，測量



活塞固定於 50mL 處



活塞推到底（0mL 處）

(1) 此時空的過濾瓶內之壓力 P_0

(2) 再將活塞推到底（0mL 處），測量此時空過濾瓶內之壓力 P

由波以耳定律，可以推知

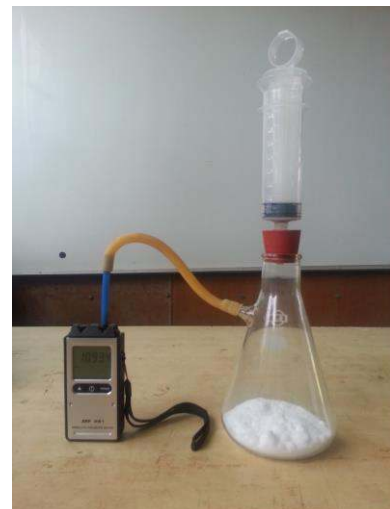
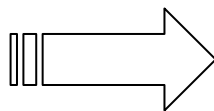
$$P_0 (V_0 + 46) = PV_0$$

利用此式可以計算出 V_0 （過濾瓶、橡皮管與注射針筒前端總體積）

3. 再將待測物將注射針筒活塞固定於 50mL 處（經量筒測量，實際體積為 46mL），置入不同質量的待測物，測量



活塞固定於 50mL 處



活塞推到底（0mL 處）

(1) 此時過濾瓶內之壓力 P_0

(2) 再將活塞推到底 (0mL 處)，測量此時過濾瓶內之壓力 P

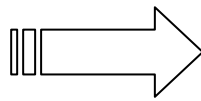
由波以耳定律，可以推知

$$P_0 (V_0 + 46 - V) = P (V_0 - V)$$

利用此式可以計算出 V (待測物體積)

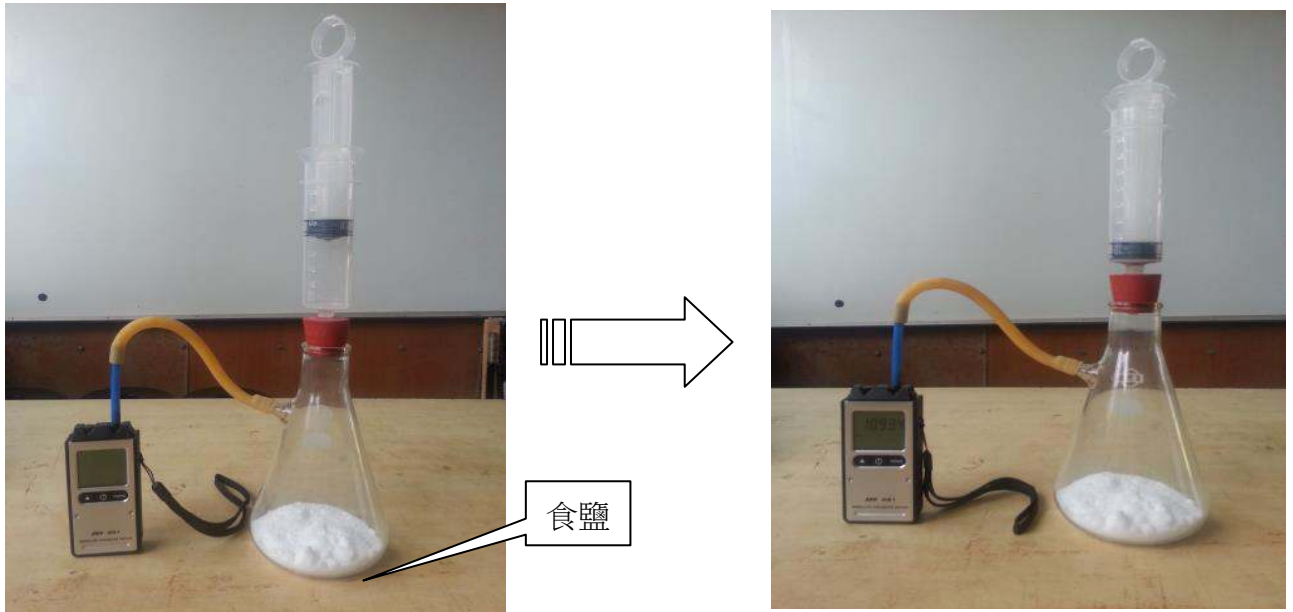
二、利用排水法求物質體積

1. 在有側管的燒杯中配置飽和食鹽水，並使飽和食鹽水面與側管紅線切齊
2. 加入待測食鹽，待測食鹽排開燒杯中之飽和鹽水，由側管流入小燒杯中
3. 小燒杯中之飽和食鹽水體積即為待測食鹽之真正體積
4. 以量筒測量小燒杯中之飽和食鹽水體積



伍、實驗數據

1. 測量食鹽體積



固定於 50mL 處

活塞推到底 (0mL 處)

(1) 測量空過濾瓶、橡皮管與注射針筒前端總體積 (V_0)

實驗	P_0 (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V_0 (cm ³)
1	962.1	1034.5	72.4	611.28
2	963.8	1035.6	71.8	617.48
3	962.2	1034.0	71.8	616.45
4	962.1	1034.3	72.2	612.97
5	962.4	1034.4	72.0	614.87
6	963.1	1034.6	71.5	619.62
7	962.7	1034.9	72.2	613.35
8	962.4	1034.6	72.2	613.16
9	962.8	1034.3	71.5	619.42
10	962.2	1034.2	72.0	614.74

V_0 平均值 $\approx 615.33\text{cm}^3$

(2) 置入食鹽 50g (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)



實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1020.7	1100.8	80.1	29.16
2	1021.4	1100.7	79.3	22.84
3	1021.6	1100.9	79.3	22.72
4	1022.4	1101.2	78.8	18.50
5	1023.1	1101.3	78.2	13.51
6	1022.7	1101.6	78.9	19.08
7	1023.4	1101.8	78.4	14.87
8	1022.1	1102.1	80.0	27.62
9	1022.8	1102.1	79.3	23.03
10	1022.9	1102.5	79.6	24.21

食鹽 50g 體積平均值 $\doteq 22.57 \text{ cm}^3$ ，食鹽密度 $\doteq 2.21 \text{ g/cm}^3$

(3) 置入食鹽 100g (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1017.6	1100.2	82.6	48.63
2	1018.0	1100.2	82.2	45.65
3	1017.9	1100.2	82.3	46.39
4	1018.0	1099.5	81.5	40.75
5	1017.3	1100.3	83.0	51.53
6	1017.7	1099.6	81.9	44.07
7	1017.2	1099.1	81.9	44.01
8	1017.7	1100.1	82.4	47.20
9	1017.2	1100.0	82.8	50.22
10	1018.3	1100.6	82.3	46.17

食鹽 100g 體積平均值 $\doteq 46.02 \text{ cm}^3$ ，食鹽密度 $\doteq 2.17 \text{ g/cm}^3$

(4) 置入食鹽 150g (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	940.2	1019.4	79.2	69.25
2	940.4	1016.4	79.0	67.76
3	940.2	1019.5	79.6	69.94
4	939.9	1019.2	79.3	72.17
5	940.4	1019.3	78.9	70.12
6	939.9	1019.2	79.3	67.06
7	940.0	1019.3	79.3	70.12
8	939.4	1019.5	80.1	70.06
9	939.9	1019.5	79.6	75.85
10	940.9	1019.1	78.2	61.86

食鹽 150g 體積平均值 $\approx 69.19\text{cm}^3$ ，食鹽密度 $\approx 2.17\text{g}/\text{cm}^3$

(5) 置入食鹽 200g (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	936.6	1020.1	83.5	99.36
2	937.3	1020.2	82.9	95.24
3	938.0	1020.0	82.0	89.13
4	938.4	1019.6	81.2	83.72
5	937.3	1019.0	81.7	87.60
6	936.9	1018.5	81.6	87.18
7	935.7	1019.0	83.3	98.62
8	936.8	1018.6	81.8	88.52
9	936.5	1018.7	82.2	91.25
10	936.2	1018.3	82.1	90.78

食鹽 200g 體積平均值 $\approx 89.08\text{cm}^3$ ，食鹽密度 $\approx 2.25\text{g}/\text{cm}^3$

(6) 置入食鹽 250g (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	936.4	1023.0	86.6	117.94
2	936.4	1022.8	86.4	116.88
3	935.4	1022.4	87.0	120.75
4	936.8	1022.0	85.2	109.57
5	935.6	1022.1	86.5	117.79
6	935.3	1022.4	87.1	121.37
7	935.9	1022.1	86.2	115.89
8	936.4	1021.9	85.5	111.54
9	935.7	1022.0	86.3	116.58
10	936.4	1022.7	86.3	116.21

食鹽 250g 體積平均值 $\doteq 117.87\text{cm}^3$ ，食鹽密度 $\doteq 2.12\text{g}/\text{cm}^3$

(7) 置入食鹽 300g (陰影數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1018.0	1116.0	98.0	137.49
2	1017.0	1114.7	97.7	136.50
3	1019.6	1119.4	99.8	145.37
4	1020.3	1119.2	98.9	140.77
5	1019.7	1119.3	99.6	144.38
6	1019.9	1119.7	99.8	145.24
7	1020.5	1119.2	98.7	139.72
8	1020.6	1119.2	98.6	139.19
9	1020.7	1119.5	98.8	140.11
10	1020.7	1119.0	98.3	137.69

食鹽 300g 體積平均值 $\doteq 140.65\text{cm}^3$ ，食鹽密度 $\doteq 2.13\text{g}/\text{cm}^3$

(8) 置入食鹽 350g (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

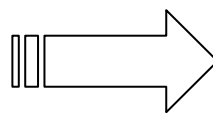
實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1019.7	1123.7	104.0	164.31
2	1019.6	1123.6	104.0	164.35
3	1018.8	1123.8	105.0	169.00
4	1019.0	1123.7	104.7	167.63
5	1019.1	1123.6	104.5	166.73
6	1017.9	1123.8	105.9	173.18
7	1018.8	1122.9	104.1	165.13
8	1019.2	1123.4	104.2	165.40
9	1019.1	1123.3	104.2	165.44
10	1018.0	1122.7	104.7	168.07

食鹽 350g 體積平均值 $\approx 166.23\text{cm}^3$ ，食鹽密度 $\approx 2.11\text{g}/\text{cm}^3$

2. 測量方糖體積



活塞固定於 50mL 處



活塞推到底 (0mL 處)

(1) 置入方糖 8 顆 (質量 = 29.79g) (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)



實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1016.8	1094.1	77.3	10.25
2	1016.9	1095.0	78.1	16.39
3	1016.5	1095.6	79.1	24.19
4	1017.6	1097.8	80.2	31.67
5	1017.4	1096.6	79.2	24.30
6	1016.8	1094.1	77.3	10.25
7	1017.2	1095.9	78.7	20.78
8	1016.8	1095.4	78.6	20.26
9	1015.0	1092.8	77.8	15.20
10	1017.6	1097.5	79.9	29.48

方
8 顆方糖體積平均值 $\approx 20.19\text{cm}^3$ ，密度 $\approx 1.48\text{g}/\text{cm}^3$

(2) 置入方糖 16 顆 (質量 = 60.01g) (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1019.0	1100.3	81.3	38.77
2	1019.0	1100.0	81.0	36.63
3	1018.6	1100.0	81.4	39.71
4	1018.4	1099.8	81.4	39.82
5	1018.1	1098.8	80.7	35.00
6	1018.3	1098.1	79.8	28.34
7	1018.2	1098.3	80.1	30.60
8	1018.0	1097.6	79.6	27.03
9	1018.6	1098.3	79.7	27.43
10	1018.6	1100.0	81.4	39.71

16 顆方糖體積平均值 $\approx 37.18\text{cm}^3$ ，密度 $\approx 1.64\text{g}/\text{cm}^3$

(3) 置入方糖 24 顆 (質量=89.97g) (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1016.6	1098.7	82.1	45.74
2	1015.3	1099.4	84.4	59.99
3	1014.7	1098.7	84.0	59.66
4	1013.7	1098.2	84.5	63.49
5	1015.0	1097.4	82.4	48.70
6	1014.3	1097.5	83.2	54.54
7	1015.1	1097.5	82.4	48.65
8	1014.9	1097.8	82.9	52.18
9	1014.6	1098.0	83.4	55.72
10	1014.7	1098.2	83.5	56.33

24 顆方糖方糖體積平均值 $\approx 56.40\text{cm}^3$ ，密度 $\approx 1.60\text{g}/\text{cm}^3$

(4) 置入方糖 32 顆 (質量=119.69g) (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1016.2	1101.0	84.8	64.09
2	1015.6	1102.8	87.2	79.58
3	1017.1	1104.7	87.6	81.25
4	1016.7	1104.8	88.1	84.48
5	1016.6	1104.8	88.2	85.13
6	1017.4	1104.7	86.8	76.15
7	1017.7	1104.6	86.9	76.62
8	1017.7	1104.8	87.1	77.85
9	1015.7	1104.8	89.1	90.95
10	1015.6	1102.3	86.7	76.49

32 顆方糖體積平均值 $\approx 79.69\text{cm}^3$ ，密度 $\approx 1.50\text{g}/\text{cm}^3$

(5) 置入方糖 40 顆 (質量 = 151.76g) (紅色數據為誤差太大，捨棄不用)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1016.1	1104.3	88.2	85.39
2	1015.5	1104.5	89.0	90.46
3	1015.0	1104.1	89.1	91.31
4	1013.7	1104.0	90.3	98.94
5	1014.6	1103.4	88.8	89.75
6	1013.0	1104.6	91.6	106.62
7	1016.0	1104.8	88.8	89.02
8	1014.6	1103.5	88.9	90.34
9	1015.1	1104.1	89.0	90.67
10	1015.3	1106.3	91.0	102.10

40 顆方糖體積平均值 $\approx 90.26\text{cm}^3$ ，密度 $\approx 1.68\text{g}/\text{cm}^3$

(6) 置入方糖 48 顆 (質量 = 181.76 g)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1018.2	1111.0	92.8	110.62
2	1017.8	1110.5	92.7	110.27
3	1018.0	1110.5	92.5	109.08
4	1017.9	1110.4	92.5	109.13
5	1019.1	1111.5	92.4	107.99
6	1017.9	1110.3	92.4	108.58
7	1017.6	1110.5	92.9	111.46
8	1018.9	1112.9	94.0	116.72
9	1018.4	1110.3	91.9	105.58
10	1018.0	1110.4	92.4	108.53

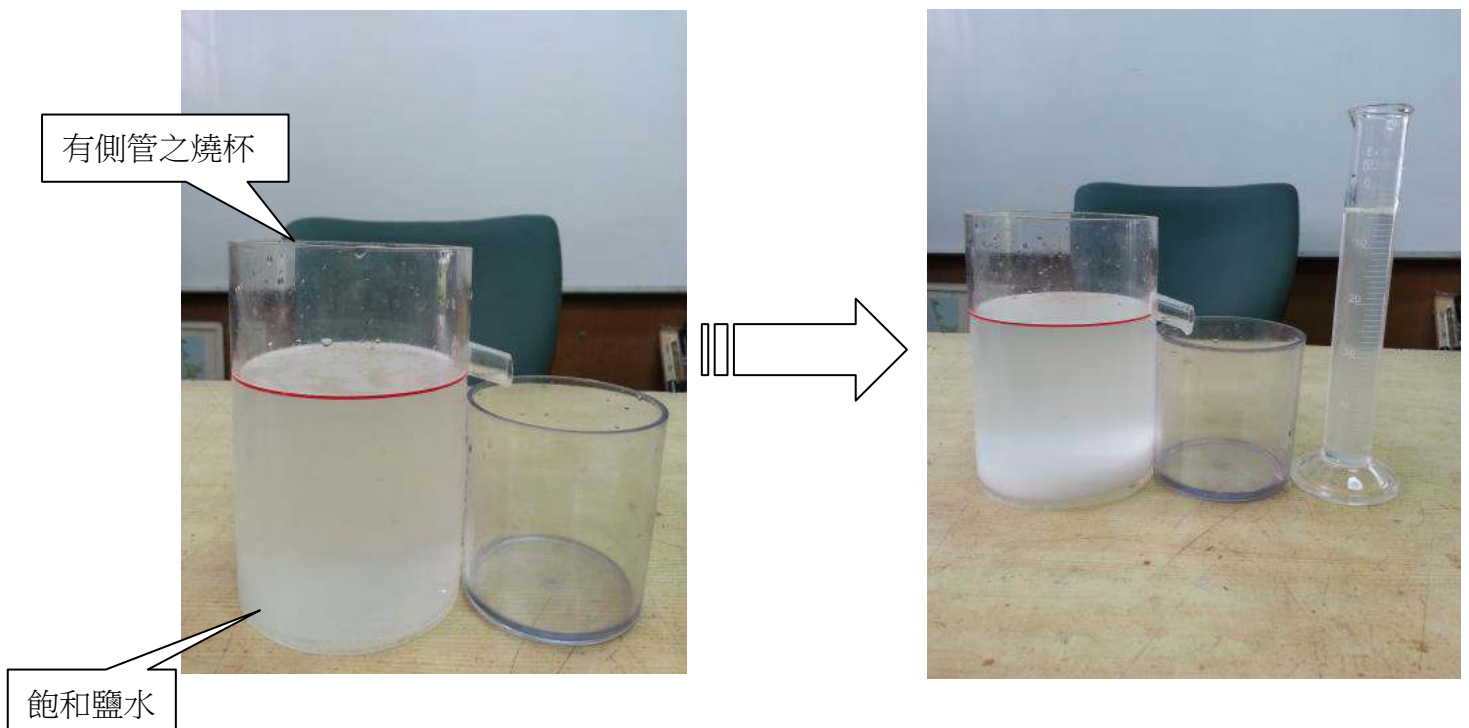
48 顆方糖體積平均值 $\approx 109.80\text{cm}^3$ ，密度 $\approx 1.66\text{g}/\text{cm}^3$

(7) 置入方糖 56 顆 (質量=212.10g)

實驗	P ₀ (hPa)	P (hPa)	$\Delta P = P - P_0$ (hPa)	V (cm ³)
1	1017.6	1115.0	97.4	134.74
2	1016.0	1113.2	97.2	134.51
3	1017.4	1115.2	97.8	136.80
4	1019.0	1116.1	97.1	132.59
5	1019.3	1116.6	97.3	133.44
6	1018.3	1115.3	97.0	132.42
7	1016.6	1113.5	96.9	132.73
8	1018.0	1114.0	96.0	127.54
9	1019.3	1116.8	97.5	134.43
10	1018.2	1115.4	97.2	133.47

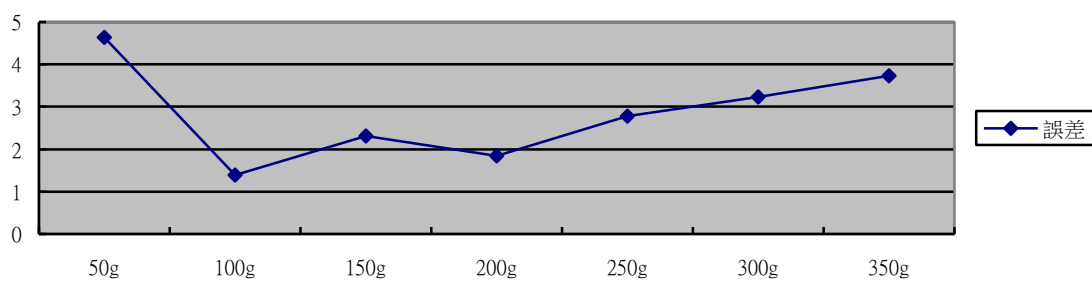
56 顆方糖體積平均值 $\approx 133.27\text{cm}^3$ ，密度 $\approx 1.59\text{g}/\text{cm}^3$

3. 利用排水法測量食鹽體積



利用排水法測體積

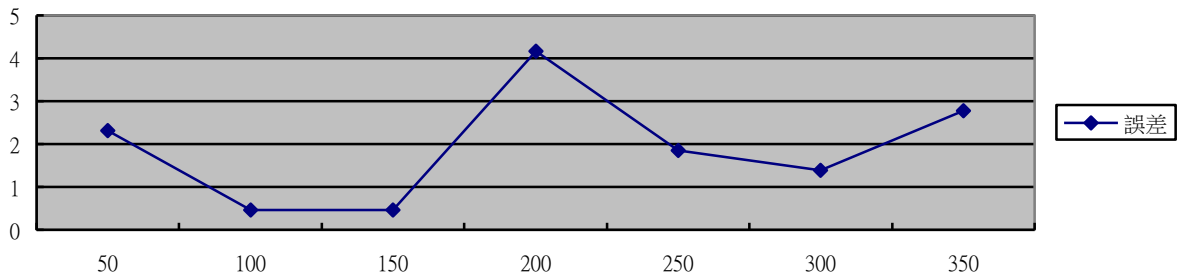
食鹽質量 (g)	測得體積 (cm ³)	測得密度 (g/cm ³)	密度誤差百分比 (%)
50	22.1	2.26	4.63
100	45.7	2.19	1.39
150	71.0	2.11	2.31
200	94.5	2.12	1.85
250	118.8	2.10	2.78
300	143.2	2.09	3.24
350	168.2	2.08	3.73



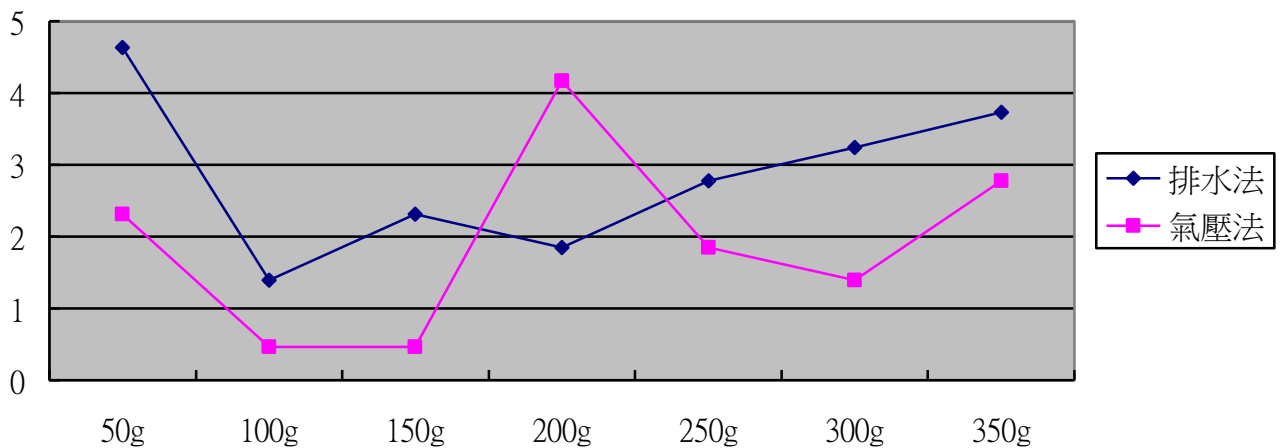
陸、數據分析與討論

1. 利用氣壓變化測得數據，比較食鹽密度公認值 = 2.16 g/cm³

食鹽質量 (g)	測得體積 (cm ³)	測得密度 (g/cm ³)	密度誤差百分比 (%)
50	22.57	2.21	2.31
100	46.02	2.17	0.46
150	69.19	2.17	0.46
200	89.06	2.25	4.17
250	117.87	2.12	1.85
300	140.65	2.13	1.39
350	166.23	2.11	2.78



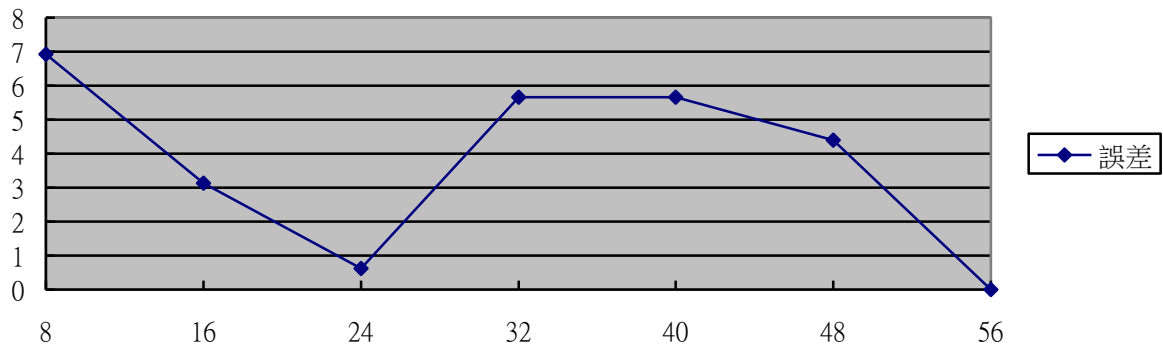
利用氣壓變化測體積



利用排水法、氣壓變化測食鹽體積誤差之比較

2. 比較氣壓變化測方糖（蔗糖）密度與公認值 1.59 g/cm^3 比較

方糖數 (顆)	方糖質量 (g)	測得體積 (cm^3)	測得密度 (g/cm^3)	密度誤差百分比 (%)
8	29.79	20.19	1.48	6.92
16	60.86	37.18	1.64	3.14
24	89.97	56.40	1.60	0.63
32	119.69	79.69	1.50	5.66
40	151.76	90.26	1.68	5.66
48	181.76	109.80	1.66	4.40
56	212.10	133.27	1.59	0.00



3. 由實驗數據的證實，利用密閉容器內因體積變化引起的壓力變化測量不規則物質的體積誤差甚小，與排水法測得的數據誤差比較相差無幾，意味著這種方法可以取代傳統的排水法來測量出易溶於水之不規則物質的體積；利用密閉容器內因體積變化引起的壓力變化測量不規則物質體積的測量法具有下列優點：

- (1) 可以取代傳統的排水法來測量不規則物質的體積
- (2) 不會汙染待測物質

4. 利用密閉容器內因體積變化引起的壓力變化測量不規則物質體積的測量法依據的是波以耳定律，而使用波以耳定律的兩大前提是

- (1) 密閉容器：氣體分子數不變
- (2) 固定溫度

故容器之密閉性與溫度之控制也是本實驗主要之誤差來源

5. 誤差探討

(1) 容器之密閉性

【1】實驗裝置中連接錐形瓶與壓力計間之橡皮軟管質軟，遇壓力變化時會發生形變，造成體積變化，間接影響壓力大小

【2】注射筒與橡皮塞接縫處可能有漏氣現象，影響密閉性，間接影響壓力大小

(2) 溫度之控制

基本上，每一個實驗都是在極短的時間（數分鐘）內完成，室溫變化並不大，造成之誤差應可忽略；若要使實驗更加精確，則必須要有恆溫設備！

柒、參考資料

1. 翰林版國中自然與生活科技（三）§ 1-2
2. 翰林版國中自然與生活科技（四）§ 6-4
3. 龍騰版高中選修物理（上）§ 1-6

【評語】 030110

1. 實驗內容很有趣，而且易懂。
2. 實驗內容可以再加溫度進行討論。
3. 實驗設計有關軟管裝置，可能會有一些偏差的問題。