

洋菜活塞與氣體的P.V.n.T.及O₂、 呼出氣體、CO₂含量的探討

國中組化學科第三名

台南市立後甲國民中學

作者：洪菁吟、林夏愼

黃雅玲、許瓊元

指導教師：林麗華

一、研究動機

去年我們發現洋菜在理化實驗上有許多妙用，經過研究後，所提出的報告，「洋菜的妙用」獲得全國科展佳作獎，一年來我們又陸續發現洋菜製成的活塞還可以有很多廣泛的用途，所以今年我們的作品是「洋菜活塞與氣體的P.V.n.T.及O₂、呼出氣體、CO₂含量的探討」。

二、研究目的

第一單元：利用洋菜活塞找出氣體體積和壓力、溫度、莫耳數的關係。

第二單元：利用洋菜活塞測空氣中氧含量實驗的再改良。

第三單元：利用洋菜活塞測量定壓下O₂和CO₂的體積，進而探討呼出氣體中O₂和CO₂的含量及其意義。

三、研究器材設備

酒精燈、洋菜、試管、壓克力管、溫度計、玻棒、鋅片、鎂帶、鹽酸、小塑膠瓶、錐形瓶、量筒、天平、五倍子酚、漿糊、氫氧化鈉、氨水、氣體發生器、灰石、二氧化錳、雙氧水、蒸餾水。

四、研究方法

第一單元：利用洋菜活塞找出氣體體積和壓力、溫度、莫耳數的關係。

(實驗 1) 氣體體積和溫度的關係：

(一)問題：由第一冊理化課本 P. 130 的實驗，我們知道氣體的體積有熱脹冷縮的現象，但不知道氣體的體積與溫度有沒有成正比？

(二)設計實驗：

1. 控制的變因：氣體的壓力和莫耳數。

2. 操縱的變因：溫度。

3. 應變的變因：氣體的體積。

4. 裝置：如圖一。

5. 實驗步驟：

(1)如去年的方法在玻璃管中灌製洋菜活塞（參考資料 1）。

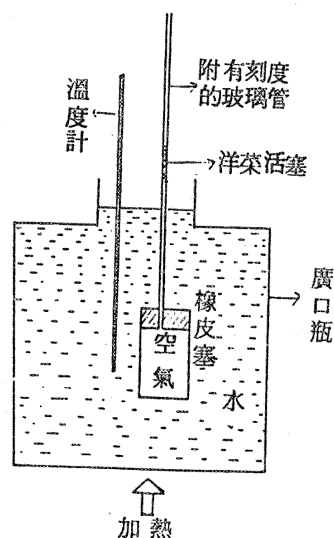
(2)把玻璃管插入橡皮塞，此橡皮塞塞緊一個空容器，並放入水中加熱，如圖一。

(3)記錄各種溫度時，洋菜活塞的位置，並用水測量當時氣體的體積。

(4)用不同的容器，不同的活塞起始位置，在不同的時間重覆上述(1)到(3)的步驟共做出 A，B，C，D 四組實驗數據。

6. 結果：(限於篇幅，只列出 A 組的數據。)

(1)原始數據

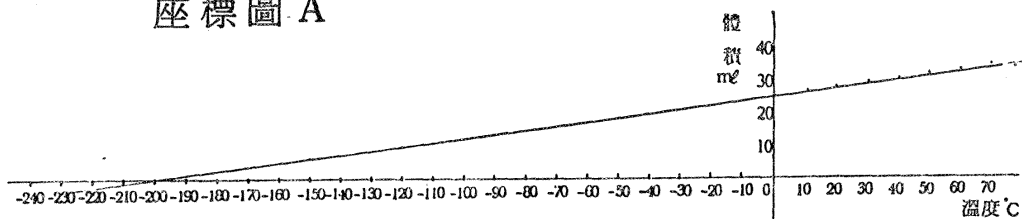


圖一 P 一定，n 一定時，氣體體積與溫度關係的實驗

溫度 $^{\circ}\text{C}$	1	10	20	30	40	50	60	70
刻度 cm	0.58	2.10	4.10	6.35	9.05	11.06	16.60	20.45
氣體體積 ml	26.30	26.85	27.35	30.20	30.90	32.05	34.50	35.80

- (2)氣體體積對溫度的座標圖：如座標圖 A、B、C、D。(B、C、D省略)

座標圖 A



- (3)把座標圖中的直線向左延長，得出氣體體積為零時的溫度為A— 201°C ，B— 204.5°C ，C— 203°C ，D— 202°C ，平均為 -202.6°C 。

- (4)令攝氏溫度+202.6為甲氏溫度(以校名中的一個字命名之)。

$$\text{甲氏溫度} = \text{攝氏溫度} + 202.6$$

故氣體體積與甲氏溫度成正比。

- (5)整理數數據：(B、C、D省略)

氣體體積 ml	26.30	26.85	27.35	30.20	30.90	32.05	34.50	35.80
甲氏溫度 °甲	203.6	212.6	222.6	232.6	242.6	252.6	262.6	272.6
氣體體積ml 甲氏溫度°甲	0.1292	0.1263	0.1229	0.1298	0.1274	0.1268	0.1314	0.1313

7. 討論：

- (1)A、B、C、D的氣體體積與甲氏溫度的比值都各為常數，表示氣體體積與甲氏溫度成正比。
- (2)因A、B、C、D各有各的氣體莫耳數及壓力，故A、B、C、D的氣體體積與甲氏溫度比值各不相同。
- (3)老師說理想氣體的體積和絕對溫度成正比，而絕對溫度 $^{\circ}\text{K} = \text{攝氏溫度} + 273$ ，因為我們所用的氣體是空氣，不是理想氣體，故當氣體體積為零時，不是 -273°C 而是

-202.6 °C，得出氣體的體積是和甲氏溫度成正比。

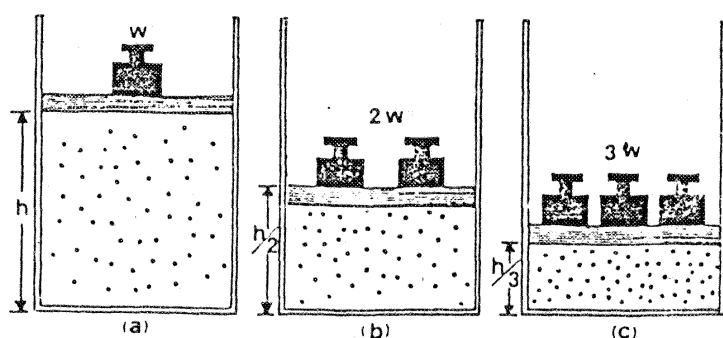
(實驗2) 氣體體積和壓力的關係：

(一)問題：第一冊理化課本 P. 79 圖 3-23 波以耳定律示意圖，如圖二。不知道能不能利用洋菜活塞，比照這個示意圖，證明出波以耳定律？

(二)設計實驗：

1. 控制的變因：氣體的莫耳數和溫度。

2. 操縱的變因：壓力。



圖二 第一冊理化課本上，波以耳定律示意圖

3. 應變的變因：氣體體積。

4. 裝置如圖三。

5. 實驗步驟：

(1)利用活栓卡住不能使用的滴定管，把活栓那頭鋸掉，變成長而有刻度的玻璃管。

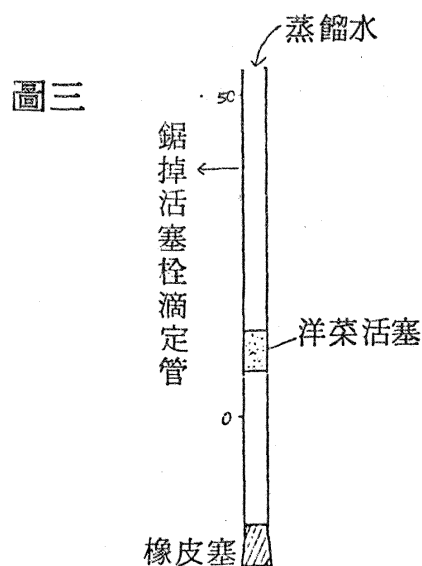
(2)在此玻璃管中，灌製洋菜活塞。

(3)把洋菜活塞移動到管中某處後，在其中一端塞緊橡皮塞。

(4)把此玻璃管放置水平及直立，分別讀出活塞所在的刻度。

(5)從上面加入蒸餾水，讀出活塞所在的刻度。

(6)拿出洋菜活塞，利用水測量橡皮塞到各刻度的體積，並秤出活塞重量。



n 一定， T 一定時，氣體體積與壓力關係的實驗

6. 結果：

(1)原始數據

	洋菜活塞 的刻度 cm	氣體體積 ml	洋菜活塞 的重 gw	玻管內 徑 cm	大氣壓力 gw/cm^2
平 放	3.70	16.5	15.70	1.16	1033.6
直 立	3.50	16.3	15.70	1.16	1033.6
共加水 10ml	3.30	16.1	15.70	1.16	1033.6
共加水 20ml	3.05	15.9	15.70	1.16	1033.6
共加水 31ml	2.95	15.8	15.70	1.16	1033.6

(2)整理數據

	玻管截 面 積 cm^2	洋菜活塞 的重量所 造成的壓 力 gw/cm^2	所加入 水的壓 力 gw/cm^2	總壓力 gw/cm^2 (大氣 壓力+水及 洋菜的壓力)	氣體體 積 ml	壓力與體 積的乘積 $p v$
平 放	1.057	0	0	1033.6	16.5	17054.4
直 立	1.057	14.85	0	1048.5	16.3	17089.8
共加水 10ml	1.057	14.85	9.46	1057.9	16.1	17032.2
共加水 20ml	1.057	14.85	18.92	1067.4	15.9	16971.7
共加水 31ml	1.057	14.85	29.33	1077.8	15.8	17029.2

(3) $P V$ 的乘積為常數，表示 P 和 V 成反比，即 P 和 $1/V$ 成正比，繪出 P 和 $1/V$ 的座標圖為一直線。

7. 討論：雖然空氣不是理想氣體，但因本實驗總壓力的變化不是很大，故 $P V = k$ 的誤差極小。

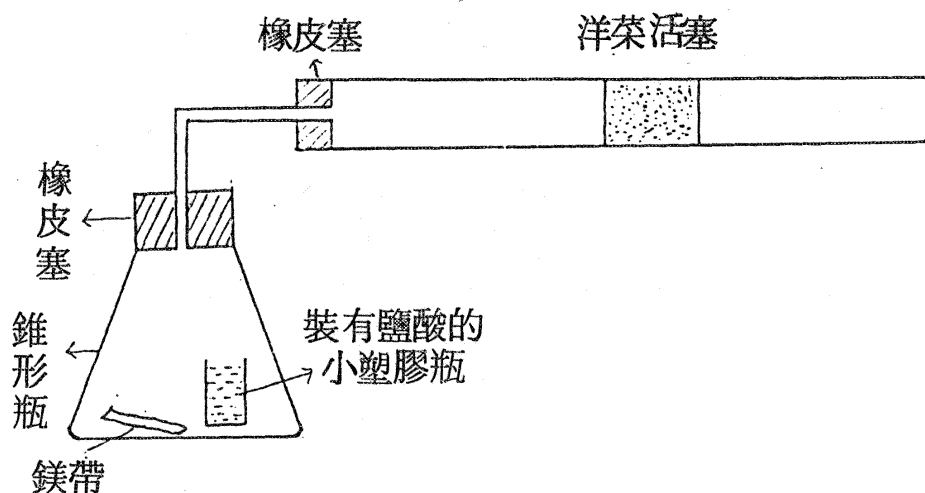
(實驗 3) 氣體體積和莫耳數的關係

(一)問題：(1)去年我們改良第一冊理化課本 P. 142 鎂與鹽酸反應的實驗所得結論是氫氣體積與鎂帶質量的比值為常數(請看參考資料 1 的 P.11) 那時候，我們還沒學到莫耳，現在已學了，我們想利用這些數據，找出氣體體積和莫耳數的關係。

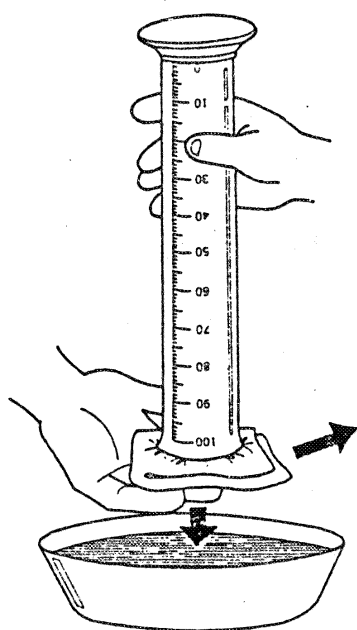
(2)課本 P. 142 鎂與鹽酸反應的實驗，因為有手會碰觸鹽酸等缺點，去年在全國科展中有我們和基隆中正國中加以改良(請看參考資料 1 和 2)，不知還能不能做更好的改良？

(二)設計實驗：

1. 控制的變因：氣體的溫度和壓力。
2. 操作的變因：氣體的莫耳數。
3. 應變的變因：氣體的體積。
4. 裝置：如圖四



圖四 課本實驗圖五的改良，安全、方便、快速、準確



圖五
第一冊理化課本
上的實驗，手會
浸觸到鹽酸

5. 實驗步驟：

- (1) 如參考資料 1 的 P. 11。
- (2) 如圖四，在錐形瓶中放入鎂帶，在小塑膠瓶中放入鹽酸，並配合洋菜活塞的裝置，記錄原來活塞的刻度，只要把錐形瓶傾斜，使小塑膠瓶中的鹽酸流出，即可反應，記錄後來活塞的刻度。

6. 結果：

(1) 原始數據

鎂帶質量 g	洋 菜 活 塞 原來位置 cm	洋 菜 活 塞 後來位置 cm	壓克力管 內 徑 cm
0.0090	7.95	9.55	2.6
0.0185	8.30	11.60	2.6
0.0285	8.00	13.10	2.6
0.0367	18.02	24.53	2.6
0.0475	7.91	16.56	2.6

(2) 整理數據

鎂的莫耳數 ($Mg = 24.31$)	反應所得氫 的莫耳數 $Mg + 2HCl \rightarrow H_2 + MgCl_2$	洋菜移 動長度 cm	壓克力 管截面 積 cm^2	所得氫的 體積 cm^3	氫氣體積 v 氫的莫耳數 n $l / mole$
0.0003702	0.0003702	1.60	5.31	8.496	22.950
0.0007610	0.0007610	3.30	5.31	17.523	23.026
0.0011723	0.0011723	5.10	5.31	27.081	23.101
0.0015096	0.0015096	6.51	5.31	34.568	22.899
0.0019537	0.0019539	8.65	5.31	45.932	23.508

(3) 氣體體積與莫耳數的比值是常數，表示氣體體積與莫耳數成正比。

7. 討論：

(1) 課本 P. 142 如圖五的實驗，去年我們用洋菜、竹皮改良之，基隆中正國中以注射筒、樹脂、膠水、指甲油改良之，上述兩類改良方法都不能避免反應前的緩衝時間，若改用圖四的裝置，在錐形瓶中放入鎂帶，在小塑膠瓶中放入鹽酸，並配合洋菜活塞，只要把錐形瓶傾斜，讓小塑膠瓶中的鹽酸流出，馬上可和鎂帶作用。即使 5 cm 長的鎂帶與 1.2 M 的鹽酸也能在 4 分鐘內完全反應，如此，則課本 P. 145 表 7-2 就可讓每組在一節課中獨立完成實驗，不必一組做一部分再交換數據，當然免去手碰觸鹽酸的煩惱及只需少量的鹽酸即可，也是本裝置的優點。

(2) 由實驗 1 得知氣體當壓力 P 、莫耳數 n 一定時，體積 v 與甲氏溫度 t 成正比。由實驗 2 得知氣體當溫度 t 、莫耳數 n 一定時，體積 v 與壓力 P 成反比。由實驗 3 得知氣體當壓力 P 、溫度 t 一定時，體積 v 與莫耳數 n 成正比。綜上所述，可

得 $pV = knt$ 的方程式，（ k 是比例常數， t 是甲氏溫度 = 攝氏溫度 + 202.6），老師說到高中時，我們將學到理想氣體方程式 $pV = nRT$ （ R 是比例常數， T 是絕對溫度 = 攝氏溫度 + 273）。我們很高興我們利用洋菜活塞推出的方程式與高中即將學到的知識有這麼密切的關連。

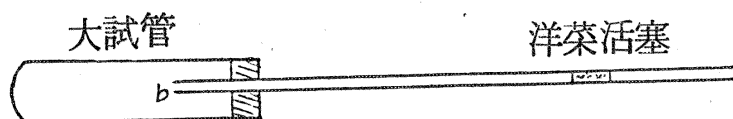
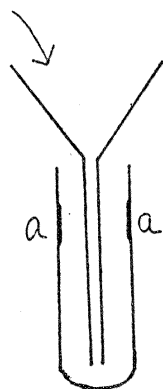
第二單元：利用洋菜活塞測定空氣中氧含量實驗的再改良

（實驗 4）空氣中氧含量的測定

（一）問題：

去年我們利用洋菜改良第一冊理化課本實驗 3 - 1.1，改良後優點很多（請看參考資料 1 的 P.12 ~ P.15），但利用鋅氧化需置放 4 ~ 5 天，不能在一節課中完成實驗，不知能否去掉這個缺點？有一天逛書店時，看到一本化學實驗的書，裏面寫著用五倍子酚和漿糊可作此實驗（請看參考資料 3 P.125），所以我們想試試看把洋菜活塞和這個方法配合使用，能不能把參考資料 3 的方法改良得更好？

3 ml NaOH 溶液



圖六 利用五倍子酚、漿糊、
氫氧化鈉測氧的含量

（二）設計實驗：

1 裝置如圖六

2 實驗步驟

- (1) 秤取 0.3 克的五倍子酚與少量稀澱粉質漿糊調成糊狀物，把它塗在大試管 a 處。
- (2) 量取 3 ml 6 M 的 NaOH 溶液，用漏斗倒入大試管中，小心別讓它碰觸 a 處藥品。

(3)把灌有洋菜活塞的玻璃管用橡皮塞塞緊大試管後，平放讓NaOH溶液與五倍子酚混合，則見五倍子酚變為褐色，同時洋菜活塞向內移動，至活塞不再移動時，記下刻度。

(4)用水量出原來刻度時的體積及後來刻度的體積。

(5)把NaOH溶液改為氨水重覆做實驗。

3. 結果：（限於篇幅，數據省略）

4. 討論：

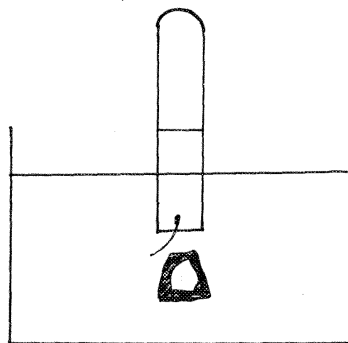
(1)第一冊理化課本 P. 57 告訴我們氧佔空氣體積的 20.94%，我們的實驗結果，與之比較誤差很小，且整個實驗可在一節課內完成。

(2)參考資料 3 中的方法，測定氣體體積，在水中拔去橡皮塞時（如圖七），手會碰觸藥品，而且測量氣體體積還需調整裏外水面等高，以保持定壓，而改用洋菜活塞後，手不會碰觸藥品，且自然保持定壓、安全、操作方便、結果準確，本方法值得推廣。

(3) b 處玻璃管若突出橡皮塞，可防止 NaOH 溶液流入玻管。

圖七

參考資料 3 中的實驗，拔開橡皮塞時，手會碰觸藥品，且不易保持定壓



第三單元：利用洋菜活塞測定壓下 O_2 、 CO_2 的體積，進而探討呼出氣體中 O_2 和 CO_2 的含量及減肥秘方。

（實驗 5） CO_2 含量的測定。（限於篇幅，只好全部省略）

（實驗 6）呼出氣體 O_2 與 CO_2 的含量測定。（限於篇幅，只好全部省略）

五、參考資料

1. 洋菜的妙用（去年全國科展說明書）。
2. 第廿六屆全國科展優勝作品專輯。
3. 化學實驗，王澄霞著，三民書局印行。
4. 肌肉運動生理學 PETER V. KARPOVICH WAYNE E. SINNING 合著，謝文福、曾應龍合譯。

評 語

依據去年的發現，繼續擴展研究洋菜活塞的用途，找出氣體的體積與溫度壓力、莫耳數的關係，並得到較佳的氣體含量測定法，富科學精神，觀察仔細思考能力佳好。且能應用所設計的方法由測人在運動前後呼出二氧化碳及氫的量，推算肝醣及脂肪的消耗量，具有創意。