

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 高職組-環工

科 別：化工衛工及環工科  
組 別：高職組  
作品名稱：開管壓力計在化學上的應用研究  
關 鍵 詞：三路活栓、單向閥、亨利定律  
編 號：091101

---

**學校名稱：**

國立嘉義高級工業職業學校

**作者姓名：**

郭皇志、楊皓宇、劉嘉達、吳怡萱

**指導老師：**

黃旭村、蔡榮政



# 開管壓力計在化學上的應用研究

## 摘 要

### 1.應用開管壓力計測量反應速率

優點：在短時間內，可重複地做，節省時間及藥品。

### 2.應用開管壓力計驗證亨利定律

優點：有關亨利定律方面的實驗，高工基礎化學實驗中都沒有殊為遺憾，本實驗設計可提供理論與實際的結合。

### 3.應用開管壓力計測量液體的密度

優點：本實驗設計，和比重計一樣，可直接讀出密度，不必再經計算。

### 4.應用開管壓力計探討壓力與分子數關係

優點：利用簡單設計，即能顯示實驗結果且材料取得容易。

### 5.應用開管壓力計驗證氫比空氣擴散更快

優點：利用廢棄的塑膠瓶，來做多孔罐，即能由壓力計兩端的壓力差看出氫比空氣擴散更快。

### 6.應用開管壓力計測量氣體擴散速率

優點：設計簡便，且可精確的看出氣體擴散開始和結束，因此可準確量出擴散的時間。本實驗可取代課本利用氨和氯化氫的擴散來測量擴散速率。因氨和氯化氫都有毒，且時間掌握不易往往誤差很大。

## 壹、研究動機

化學上有關液體或氣體壓力的問題，都可用開管壓力計設計成簡單的裝置實驗出來，我們在課餘之暇，由老師的指導，以實驗中最容易取得的器材，配合生活中使用的材料，設計成一系列有關液體和氣體壓力的實驗裝置。

## 貳、研究目的

- 一、 應用開管壓力計測量反應速率。
- 二、 應用開管壓力計驗證亨利定律。
- 三、 應用開管壓力計測量液體的密度。
- 四、 應用開管壓力計探討壓力與分子數關係。
- 五、 應用開管壓力計驗證氫比空氣擴散更快。
- 六、 應用開管壓力計測量氣體擴散速率。

## 參、研究設備器材

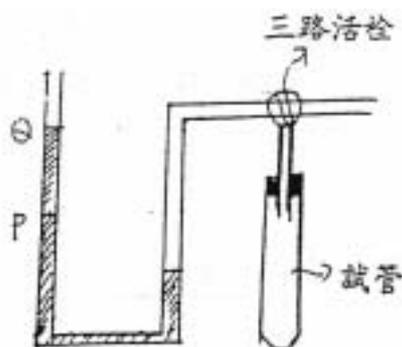
開管壓力計、三路活栓、注射筒、塑膠軟管、塑膠單向閥、碳酸鈣、鹽酸、硬試管、橡皮塞。

## 肆、研究過程

### 一、 應用開管壓力計測量反應速率：

#### (一) 實驗設計原理：

如圖(一)當三路活栓與外界成通路時，U型管中之水柱，因兩邊大氣壓相同，故等高，當三路活栓與試管成通路時，反應所生之氣體通過導管，測定水位經 P 上升 Q 所需的時間即可求出反應速率，或測量固定時間液位所上升的高度，也可求反應速率。



圖一

(二) 操作方法：

- (1) 鹽酸裝好後，將貝殼投入試管內，將導管連於試管後開始計時。
- (2) 當水位至 Q 點時，打開三路活栓使水位降回 P 點，再重覆水位由 P 至 Q 之時間多次。
- (3) 用不同濃度，固定時間，測量液位所上升的高度。

(三) 結論與討論：

1. 本方法最大優點是在短時間內可重複地做，節省時間及藥品。
2. 凡是有氣體產生的反應皆可使用此方法。
3. 本方法，在各種不同濃度，不同溫度，不同顆粒大小重覆操作，記錄不同時間，即可測出反應速率與濃度、溫度、顆粒大小的關係。
4. 各貝殼間，成分不一樣，因此數據可能不同。
5. 顆粒大小的實驗，主要是以重量相同為主，顆粒形狀大小很難完全相同，實驗誤差較大。
6. 表(一)數據，祇是求各濃度的平均速率，沒法表示單位時間，濃度的變化，因此我們再做表(二)、圖(二)。

7.由圖(二)可知， $t = 4.0$  時，曲線上之切線以 1.5cm 上升的高度，

$$\text{對 4 秒間隔：即 } \text{CO}_2 \text{ 產生率} = \frac{1.5\text{cm}}{4\text{秒}} = 0.375(\text{cm}/\text{s})$$

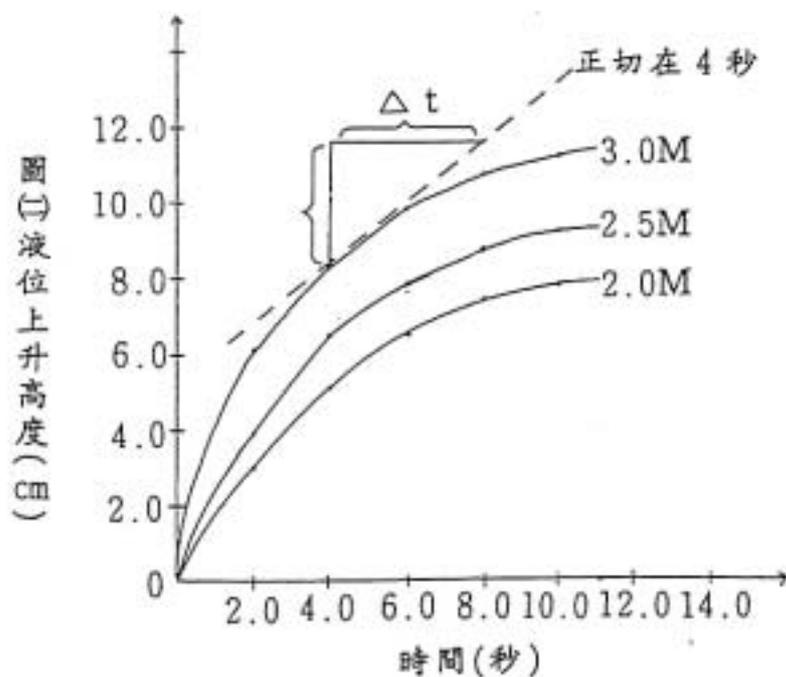
8.由表(三)、圖(三)粗略可知，反應提高 10，速率不祇增加一倍。

表(一) 改良實驗方法之反應速率與濃度的關係

實驗次數 反應時間 秒 濃度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 值	時間 倒 數	備 註
3.0M	3.7	3.1	3.2	3.8	3.2	3.6	3.7	3.6	3.4	3.1	3.4	0.29	本實驗取 10ml 各 種濃度的 HCl 加 2 塊貝殼 (共 1g) 反應至左 管升高 7cm 為止
2.5M	5.1	5.2	4.9	4.8	5.3	4.7	5.0	5.2	4.8	4.9	4.9	0.21	
2.0M	7.6	8.2	7.8	7.5	7.6	8.2	7.8	7.9	8.3	7.8	7.8	0.13	
1.5M	14.4	14.0	14.2	13.9	14.8	13.8	14.3	14.2	13.7	13.9	14.1	0.07	
1.0M	30.2	28.2	29.6	31.0	28.8	29.8	30.1	29.6	30.6	30.8	29.8	0.03	
0.75M	55.5	54.8	56.0	57.3	58.0	56.6	55.6	54.8	57.0	56.2	56.1	0.02	

表(二) 改良實驗方法之反應速率與濃度的關係

濃度	時間						備註
	液位上升高度(cm)	2.0 秒	4.0 秒	6.0 秒	8.0 秒	10.0 秒	
3.0M		6.1	8.3	9.8	10.7	11.2	本實驗取 10ml 各種濃度的鹽酸加 2 塊貝殼(共 1 克), 測量固定時間, 液位所上升的高度。
2.5M		3.9	6.5	7.8	8.4	9.2	
2.0M		3.0	5.1	6.5	7.4	7.8	

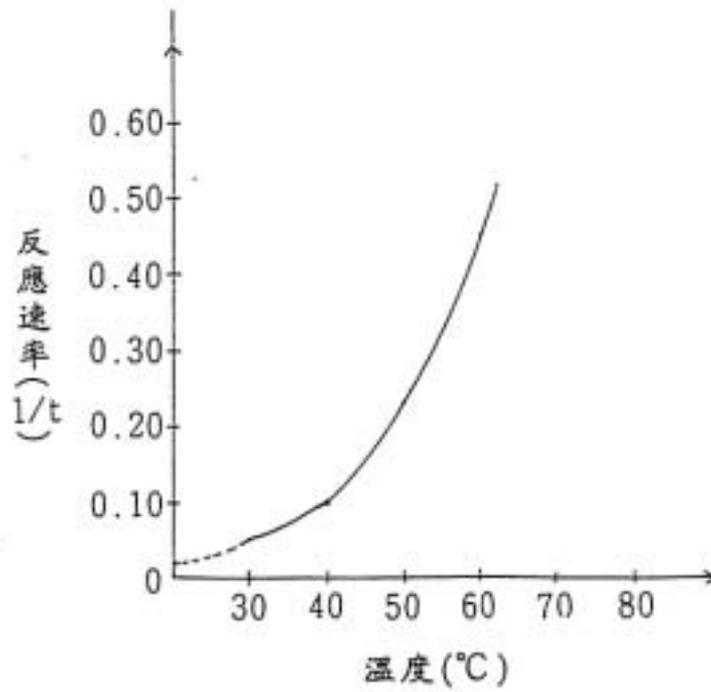


圖(二) 液位上升高度(cm)

表(三) 溫度實驗結果

本實驗用  $3M HCl$   $5m\lambda$  加入  $0.76MN_{a_2S_2O_3}$  反應至左管升高  $5cm$  為止

溫度	次數				平均數	時間倒數
	1	2	3	4		
30	20.1	20.2	20.6	20.0	20.2	0.05
40	9.8	9.6	9.5	9.4	9.6	0.10
50	4.8	5.0	5.0	4.8	4.9	0.21
60	2.3	2.4	2.3	2.2	2.3	0.43



圖(三)

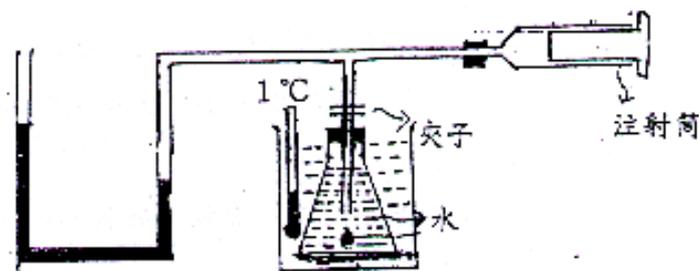
表(四) 顆粒大小實驗結果：反應至左管升高 7cm 為止的時間

反應 時間 秒 濃度	次數										平 均 值	時 間 倒 數	備 註
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1 塊	6.8	6.7	7.0	6.9	6.8	7.2	7.1	6.9	6.8	6.8	7.0	0.14	本實驗用 2.5M HCl 加入質量 一樣顆粒 大小不一 樣的貝殼 (1.2g)。
2 塊	4.6	4.3	4.2	4.2	4.3	4.6	4.5	4.8	5.0	4.6	4.5	0.22	
4 塊	3.9	3.6	3.2	3.4	3.7	3.6	3.7	3.8	3.3	3.3	3.5	0.29	
8 塊	2.1	2.6	2.2	2.6	2.4	2.6	2.2	2.2	2.6	2.5	2.4	0.42	

## 二、應用開管壓力計驗證亨利定律

### (一) 實驗設計原理：

如圖(四)，實驗設計原理是根據波以耳定律即注射管壓縮後的 PV 值應保持常數，但因一部分 CO<sub>2</sub> 溶於水了，壓力減小即 PV 值發生改變了，為了保持壓力不便，須壓縮 CO<sub>2</sub> 的體積，注射筒減少體積，即為 CO<sub>2</sub> 溶於水的體積，代入  $PV = nRT$  即可求出溶於水中的 CO<sub>2</sub> 克數。



圖(四)

(二) 操作方法：

- 1.以排水集氣法，用注射筒收集 100mL CO<sub>2</sub>。
- 2.分別壓縮注射管 20cm<sup>3</sup> 30cm<sup>3</sup> 40cm<sup>3</sup> 50cm<sup>3</sup>，使用密閉容器的壓力增大，分別為 5/4 atm，10/7 atm，5/3 atm，6/3 atm。
- 3.壓縮 CO<sub>2</sub> 體積，使壓力保持固定。
- 4.記錄 CO<sub>2</sub> 減少的體積，即為溶於水中的 CO<sub>2</sub> 體積。
- 5.用鋼筒裝的氮氣重覆做以上實驗。

(三) 結果與討論：

1.計算溶於水中 CO<sub>2</sub> 體積的範例

壓縮前 CO<sub>2</sub> 體積：30cm<sup>3</sup>

壓縮前管內壓力：95cmHg

壓縮後 CO<sub>2</sub> 體積：50cm<sup>3</sup>

壓縮後管內壓力：95cmHg

則溶於水中的 CO<sub>2</sub> 體積為 30cm<sup>3</sup>

$$\text{代入 } PV = nRT ; \frac{95}{76} \times 0.03 = \frac{W}{44} \times 0.082 \times 297$$

$$W = 0.088 \text{ 克}$$

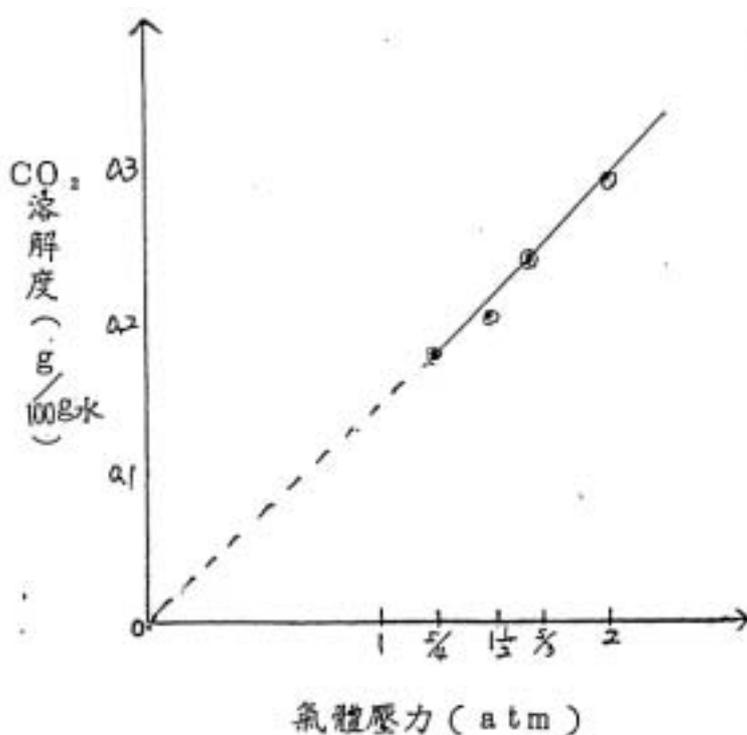
- 2.除注射管裝 100mL CO<sub>2</sub> 外，其餘約 2mL 的細玻璃管，實驗前，須用 CO<sub>2</sub> 將細玻璃管內的空氣排出。
- 3.亨利定律適用於該氣體不與溶劑發生反應的稀薄溶液，而 CO<sub>2</sub> 只有輕度的游離，在水溶液中主要以水合 CO<sub>2</sub> 分子存在，因此可用來做此實驗。
- 4.用難溶於水的氮氣重覆做以上實驗，若將氮的壓力加倍，則其溶解度，比較趨近於 2 倍。
- 5.亨利定律在國中理化第一冊第 156 頁有談到，在高工基礎化學(一)

也有提起，只是都沒有實驗驗證。殊為遺憾，本實驗設計可提供理論與實際的結合。

6.本實驗  $\text{CO}_2$  由大理石與鹽酸製得，因所發生之  $\text{CO}_2$  含有鹽酸蒸氣，故有一些誤差。

表(五)  $\text{CO}_2$  在不同壓力下的溶解度 1

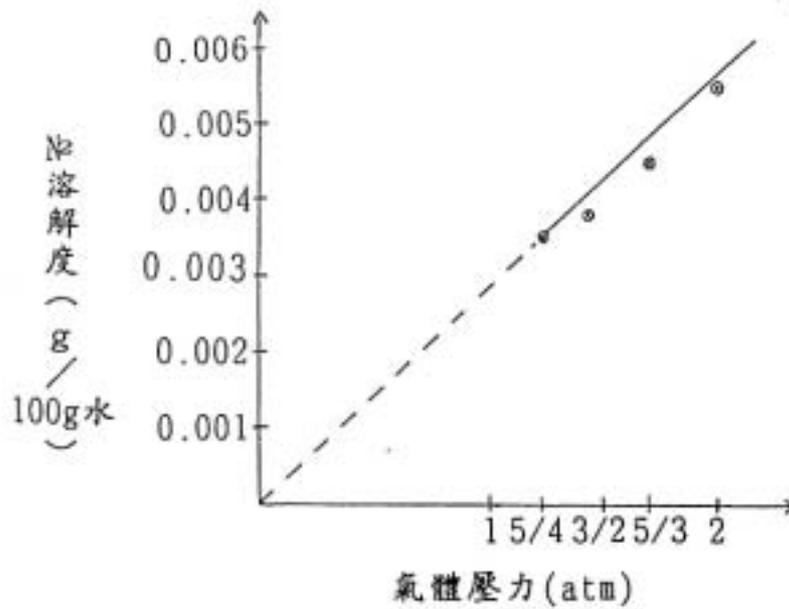
溶解度 g/100g 水 壓力	實 驗 次 數				平均值	備 註
	1	2	3	4		
5/4 atm	0.176	0.169	0.172	0.168	0.172	溫度 1
10/7 atm	0.201	0.210	0.209	0.208	0.207	
5/3 atm	0.235	0.230	0.240	0.238	0.236	
6/3 atm	0.282	0.284	0.280	0.282	0.282	



圖(五)

表(六) N<sub>2</sub>在不同壓力下的溶解度

溶解度 g/100g 水 壓力	實 驗 次 數				平 均 值	備 註
	1	2	3	4		
5/4 atm	$3.52 \times 10^{-3}$	$3.28 \times 10^{-3}$	$3.47 \times 10^{-3}$	$3.36 \times 10^{-3}$	$3.40 \times 10^{-3}$	溫度 1
10/7 atm	$3.89 \times 10^{-3}$	$3.92 \times 10^{-3}$	$3.79 \times 10^{-3}$	$3.88 \times 10^{-3}$	$3.87 \times 10^{-3}$	
5/3 atm	$4.53 \times 10^{-3}$	$4.46 \times 10^{-3}$	$4.55 \times 10^{-3}$	$4.49 \times 10^{-3}$	$4.50 \times 10^{-3}$	
6/3 atm	$5.44 \times 10^{-3}$	$5.38 \times 10^{-3}$	$5.40 \times 10^{-3}$	$5.42 \times 10^{-3}$	$5.41 \times 10^{-3}$	

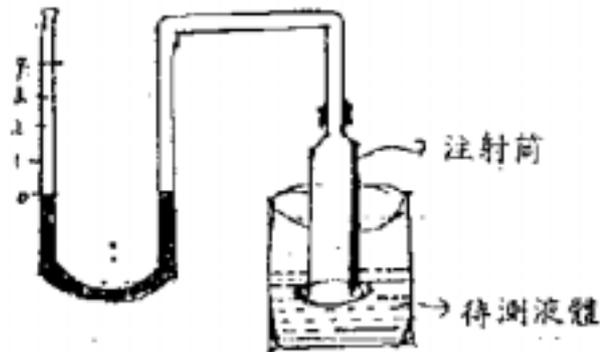


圖(六)

### 三、應用開管壓力計測量液體的密度

#### (一) 實驗設計原理：

如圖(七)，由靜止液體的壓力為  $P = h \times d$ ，當  $h$  固定時則  $P$  與  $d$  成正比，故可用  $P$  表示  $d$  的大小。



圖(七)

#### (二) 操作方法：

1. 將注射筒底部置入裝水的燒杯內 1cm 的深度，由開管壓計左端的水位當做 1 做刻度。
2. 將注射筒底部置入裝待測液的燒杯內 1cm 深度，由壓力計讀出的刻度，即為液體的密度。

#### (三) 結果與討論：

1. 本設計之實驗操作簡便，精密度可隨意整調，如欲更精準，則注射筒底部置入的深度可加深，即刻度 1 到刻度 2 的距離加大，則刻度可更細。
2. 本設計實驗，密度的讀數可直接讀出，不必再經計算。

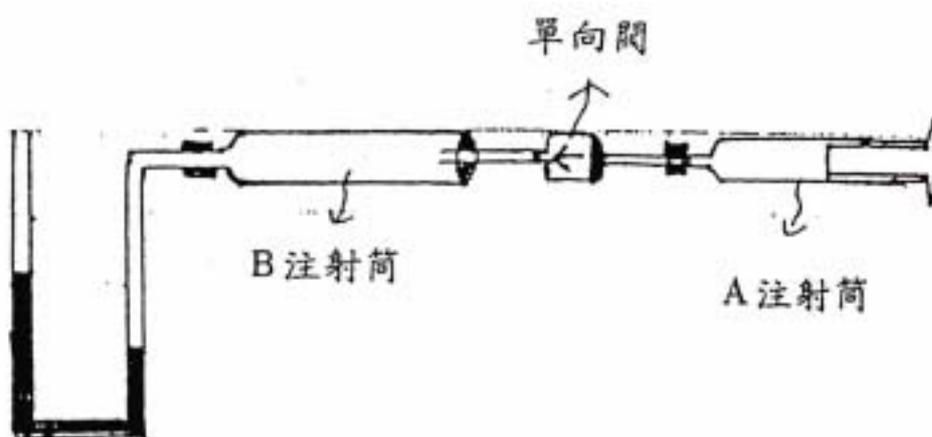
表(七)

物質密度(g/cm <sup>3</sup> )			物質密度(g/cm <sup>3</sup> )		
開管壓力計測得的密度	HCl	1.2	HCl	1.19	
	HNO <sub>3</sub>	1.4	HNO <sub>3</sub>	1.38	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.9	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.86	
	NH <sub>4</sub> OH	0.9	NH <sub>4</sub> OH	0.90	
	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	0.8	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	0.79	
	汽油	0.8	汽油	0.75	
	H <sub>2</sub> O	1.0	H <sub>2</sub> O	1.00	

#### 四、 應用開管壓力計探討壓力與分子數關係

##### (一) 實驗設計原理：

如圖(八)用有活塞的注射管，經由單向閥，對無活塞注射管推入或抽出空氣，使管內空氣增大或減小而使壓力發生變化，經由定量實驗以測量壓力和分子數的關係。



圖(八)

(二) 操作方法：

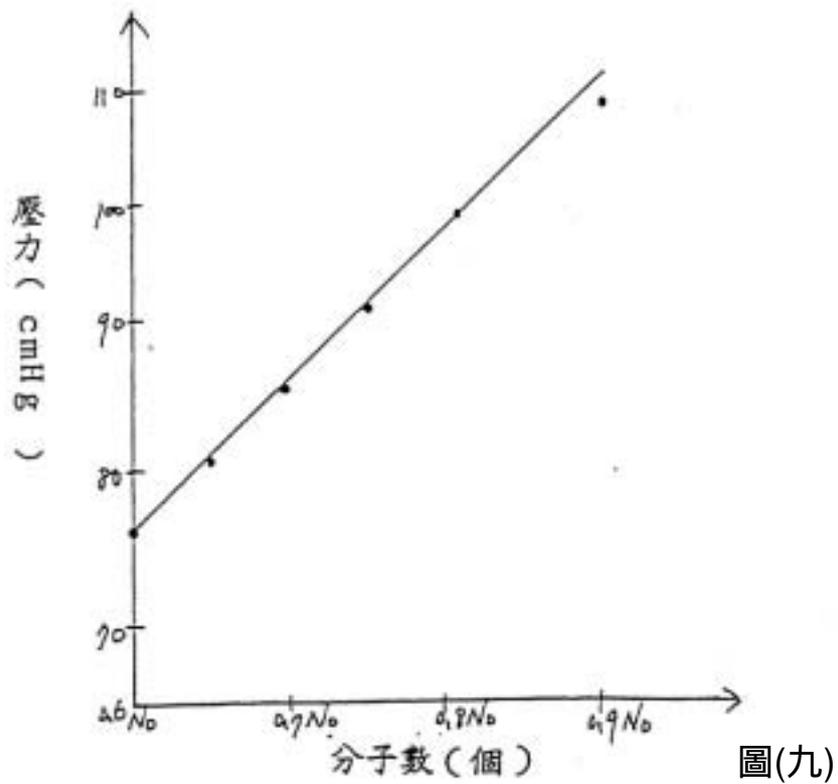
- 1.將活塞置於 A 注射管內一定位置處，記錄 A、B 兩支注射筒內空氣的體積。
- 2.將注射管 A 活塞分別推入  $5\text{cm}^3$ 、 $10\text{cm}^3$ 、 $15\text{cm}^3$  的體積，在每次推入後，記錄壓力。
- 3.由每次活塞推入後，A、B 兩支注射管內空氣的體積，計算 B 注射管內空氣的分子數。
- 4.比較壓力和分子數的關係。

(三) 結果與討論：

- 1.設 A、B 兩管內空氣分子數共  $N_0$ ，B 注射筒的體積為固定  $45\text{cm}^3$ ，A 注射筒分別用活塞把空氣壓入 B 注射筒，則 B 注射筒內，單位體積的空氣分子數增加，由壓力計讀出壓力可知，固定體積下，壓力與分子數成正比關係。
- 2.單向閥市面上有賣塑膠單向閥，也可以從機車舊內胎，把進氣門剪下，裝於橡皮塞中，就具有這種功效。

表(八)

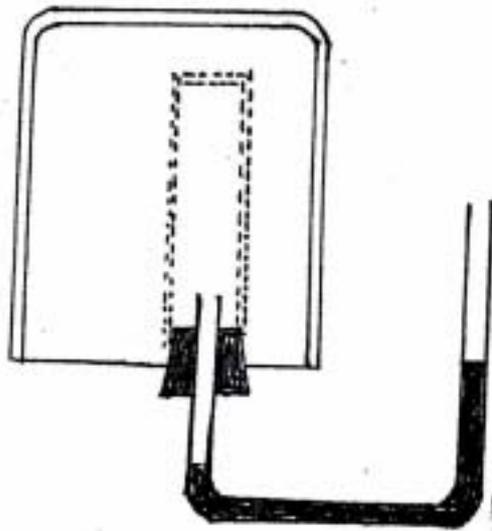
推入次數	A 管內空氣體積 ( $\text{cm}^3$ )	B 管內空氣體積 ( $\text{cm}^3$ )	B 管內空氣分子數 $\frac{V_b}{V_a + V_b} \times N_0$	B 管內空氣壓力 cmHg	備註
1	30	45	$45/75 N_0$	76.0	A、B 兩管內空氣分子數共 $N_0$
2	25	45	$45/70 N_0$	80.5	
3	20	45	$45/65 N_0$	85.6	
4	15	45	$45/60 N_0$	91.5	
5	10	45	$45/55 N_0$	99.3	
6	5	45	$45/50 N_0$	107.6	



## 五、應用開管壓力計驗證氫比空氣擴散更快

### (一) 實驗設計原理：

由圖(十)可知， $H_2$ 可由孔中通過進入罐內，同時罐內之空氣也會由小孔逸出，因 $H_2$ 較輕，且較小，它移動較空氣快，增加罐內壓力，使水位下降。



圖(十)

(二) 操作方法：

多孔罐中裝一橡皮塞並連一開管壓力計，管內裝一些水，靜置數分鐘直到壓力計二端之水等高，這表示罐內外之壓力相同，將一大燒杯內充滿  $H_2$  並倒蓋在多孔罐上，幾分鐘後，連接在多孔罐一端的 U 型玻璃管內之水位較他端為低。

(三) 討論：

本實驗的結果，現象明顯，可說明分子量愈小，擴散速率愈快。

## 六、 應用開管壓力計測量氣體擴散速率

(一) 實驗設計原理：如圖(十一)

將三叉管與開管壓力計連接，由三叉管注入 10 毫升空氣至壓力計，再使壓力計中的空氣由三叉管的薄膜孔隙擴散至外界，利用碼錶記左方水銀柱開始下降至兩邊水銀柱平衡所需時間，即為擴散時間。



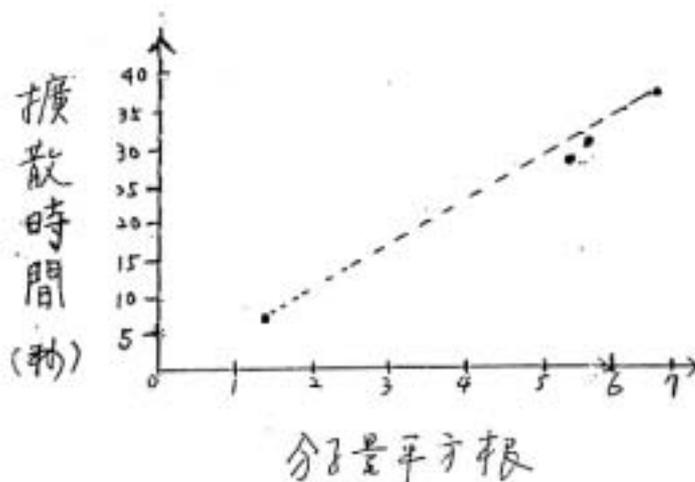
圖(十一)

(二) 操作方法：

- 1.將吸管與開管壓力計連接，儘量使壓力計成水平，以免水壓影響擴散速率。
- 2.由注射管注入空氣至壓力計固定刻度處。
- 3.用細針刺吸管，使壓力計的空氣由吸管的孔隙擴散至外界。
- 4.利用碼錶記左方水銀柱開始下降至兩邊水銀柱平衡所需時間，即為擴散時間。
- 5.同理可做 H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 擴散所需的時間。

表(九)

數據 名稱	項目	擴散時間(秒)	擴散速率( $\frac{1}{\text{秒}}$ )	分子量平方根
	空氣	29.2	0.034	5.36
	H <sub>2</sub>	7.3	0.137	1.41
	CO <sub>2</sub>	35.5	0.028	6.63
	O <sub>2</sub>	31.3	0.032	5.62



圖(十二)

### (三) 討論：

- 1.利用開管壓力計做氣體擴散實驗，可準確的看出氣體擴散開始和結束，因此實驗結果也較客觀，可做定量實驗。
- 2.本實驗吸管的材質，且針孔大小，必須保持不變。

## 伍、結 論

- 一、 測量反應速率方法很多，但以開管壓力計的方法為最省時，省藥品，因為此方可反覆操作。
- 二、 利用靜止液體壓力的原理，來測量液體的密度，簡單準確，值得介紹給大家知道。
- 三、 壓力與氣體溶解度的關係，課本中一個實驗都沒有，此自製實驗，可加深同學們的概念。
- 四、 自製壓力與分子數的關係實驗，可利用廢棄內胎的進氣門與打氣筒的認知密閉容器內壓力與分子數成正比的關係。
- 五、 應用開管壓力計設計簡單的實驗驗證氫比空氣擴散更快，效果明顯，可做為氣體擴散速率的定性實驗。
- 六、 應用開管壓力計做氣體擴散實驗，可精確的看出氣體擴散開始和結束，因此可準確量出擴散的時間，可做定量實驗。

## 陸、參考資料

- 一、 國立師大科教中心編印高中化學教師手冊第一冊，p.112。
- 二、 曾國輝編著「化學」上冊 P.405、 P.406、 P.407、 P.414。
- 三、 曹簡禹、黃定加編著「物理化學實驗學」P.26、 P.33，正中書局。
- 四、 國中理化第一冊 P.165、 第三冊 P.90、 P.91。







**(佳作)**

實驗方向正確，立意可取，有實用價值，實驗設計粗糙，控制變因不足，取樣數據太少，支柱、支架水平概念應建立，但在本土教學上可實際應用，故仍給予推薦。