

空氣浮力對我們所產生的影響—兼談 各種氣體分子量的求法

國中組化學科第二名

花蓮縣花崗國中

作者：陳俊男·吳哲岱

指導教師：邱智宏

一、實驗動機

從上國中二年級開始，最喜歡的課程就是化學了。每次做實驗總是被各種奇異的化學現象深深吸引住，腦中不斷地想著爲什麼這樣，爲什麼那樣，心中也不停的尋找合理的解釋。雖然常常疑惑叢生，不知其所以然。但是最後經過老師的整理和解釋，都能茅塞頓開，了然於胸。由於從“做中學”每次實驗都能留下深刻的印象！

化學第一冊第六章開始，我們學習到利用亞佛加厥學說，來求各種氣體的分子量。但是課本上所設計的 6-3 實驗，其步驟和計算方法（註 1）卻使我們加入五里霧中，始終搞不清楚？爲什麼：（充滿二氧化碳的塑膠袋重）減去（塑膠袋的重），不等於二氧化碳的重？爲什麼還要加上（空氣的密度乘上塑膠袋充滿氣體的體積）所求出的重，才是真正二氧化碳的重量呢？雖然這些問題到了二年級下學期，開始學到阿基米得的浮力原理時，便都能迎刃而解。但是當時尚無此觀念，任憑老師說破了嘴，大家依然迷迷糊糊。現在二年級的學弟們馬上又要學到亞佛加厥學說了。爲了讓他們不再重蹈“疑陣”，我們幾個實驗室的工讀生，便興起研究一種可以讓學弟們容易接受的分子量求法，以及擺脫浮力對我們所產生的困擾。

6-3 的實驗，還談到實驗所用的氧氣、二氧化碳，必須使用鋼筒裝的。一般鄉下地區，根本買不到。況且學校也沒有這種經費。現在我們既然已經學過氧氣、氫氣、二氧化碳、氯化氫……等多種氣體的實驗室裝備方法，何不先收集一些氣體，讓學弟們可以順利的進行，方便而不昂貴的實驗。然而自行收集的氣體會不會比鋼筒裝的氣體，產生較大的誤差和不便？能不能克服呢？再者，課本只做氧氣和二

氧化碳的比較，能不能多做幾種？讓同學對亞佛加厥的學說能更加認識和了解。

6-3實驗的後面有一個“空氣的密度表”（註2）裏面的密度資料是怎樣跑出來的？以我們現有的知識設備，有沒有自己可以算出來的方法？以期更適合我們四週環境的壓力和溫度。以上種種的原因，使我們對一個原本平淡的小實驗，引起了無窮的興趣和迫不及待想著手探討的衝動！

二、實驗目的

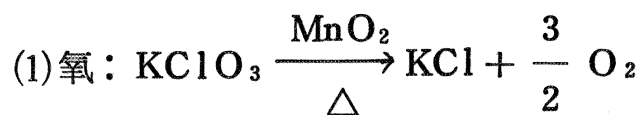
- (一) 探討另一種求氣體分子量的方法，並且擺脫浮力所造成的困擾
- (二) 尋求自製的氣體，藉以取代鋼瓶裝不易購買的氣體。
- (三) 除了二氧化碳和氧以外，多嚐試各種不同的氣體，是否也能得到令人信服的結果。
- (四) 尋找簡易可行，當地空氣密度的求法，而不只是不明所以的查表代公式而已。

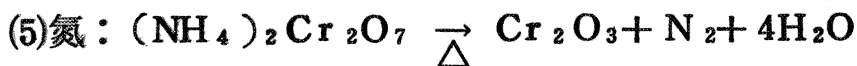
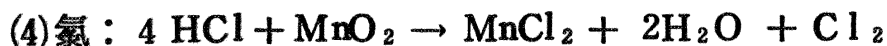
三、實驗器材、藥品

- (一) 1250 c.c 的汽水保特瓶數個、20c.c 和 500c.c 的塑膠針筒數個、錐形瓶、分液漏斗、大試管、鐵釘、酒精燈、微量天平、有效數字三位的實驗室天平。
- (二) 氯酸鉀、二氧化錳、鹽酸、氯化銨、氫氧化鈣、過錳酸鉀、重鉻酸銨。

四、實驗原理

(一) 各種氣體的製法：





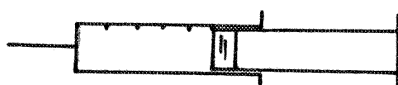
(二) 同溫、同壓下、同體積的各種氣體分子量的求法：

$$\text{某氣體的分子量} = \frac{\text{某氣體的重量}}{\text{氧氣的重量}} \times 32$$

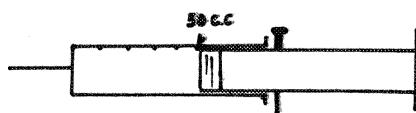
五、實驗設計、結果與討論

(一) 塑膠針筒的加工：

1 將針筒拉開：

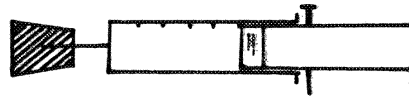
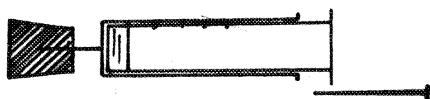


2 將鐵釘加熱後，插入活塞推桿中，使針筒內有 50c.c 或 60c.c 的體積。



3. 不裝氣體時

4. 抽入氣體 或拉成真空時



[圖一]

[圖二]

(二) 空氣浮力的實驗：

1 步驟：

(1) 將圖一的針筒加鐵釘稱重。

(2) 將拉成真空插入鐵釘的圖二針筒稱重。

(3) 將圖一的針筒加鐵釘浸入水中，和圖二拉成真空的針筒放入水中觀察。

2 結果：

(表一)

	稱重 (50 c.c)	稱重 (20c.c)	放入水中
注射筒關閉	50.3026	28.5441	下 沈
注射筒拉成真空	50.2475	28.5225	上 浮
重量差	0.0551	0.0216	

3. 討論：

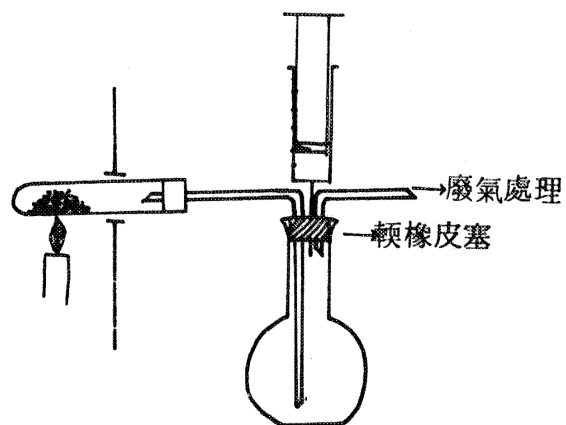
- (1) 塑膠針筒不拉成真空時，放在水中會下沉。當拉成真空時，卻能浮起。足以證明：同重的針筒，在體積不相同時，所受的浮力不相同。
- (2) 將大小兩枝針筒，分別在不拉成真空和拉成真空時稱重，針筒的重量均較輕。而且拉成 50c.c 真空時所受的浮力，較拉成 20c.c 的要大，約為 2.5 倍 ($\frac{0.0551}{0.0216} \doteq 2.5$)。
- (3) 既然針筒能拉成真空，而承受浮力。那麼裝有其他的氣體，必定也能承受浮力。無怪乎課本的實驗數據處理，要如下：(塑膠袋充滿二氧化碳的重) - (塑膠袋空重) + (浮力) = (二氧化碳的重)。因為塑膠袋無法裏面不裝空氣，而保有充滿二氧化碳時的體積，且承受相同的浮力。如果用塑膠針筒來做這實驗 (分子量的測定) 則裝不裝氣體，均可保持相同的體積，接受同樣的浮力。於是浮力的因素，可以互相抵消，而變成：(針筒充滿二氧化碳的重) - (針筒真空時重) = (二氧化碳的重)。於是有下列的實驗構想。

㊦ 針筒實驗一：

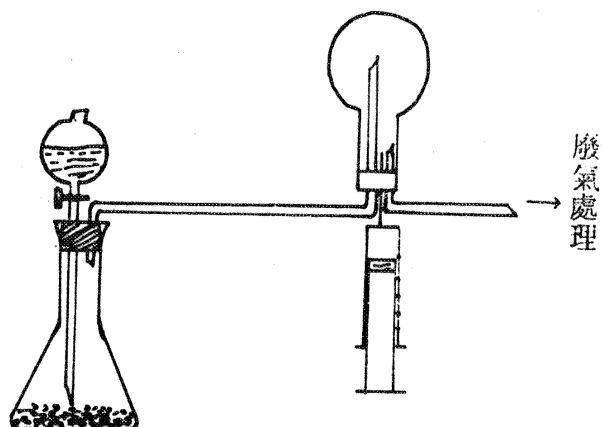
1 步驟：

- (1) 氣體均使用向上或向下排空氣法收集。
- (2) 當氣體充滿燒瓶時，將針筒插入橡皮塞內抽氣。
- (3) 先抽入大約 60 c.c 的氣體將鐵釘插入，然後拉出針頭插入橡皮塞中，如圖二。

- (4)等冷却一段時間後，拉出橡皮塞，將活塞桿推至鐵釘處（氣體保持同體積）。插回橡皮塞中。
- (5)將真空及裝滿各種氣體的針筒，分別稱重。



[圖三]



[圖四]

2. 結果：

針筒內體積 = 50ml

項 目 類	氣體 + 針筒重	真空 + 針筒重	氣體重	實 驗 值		理 論 值	
				氣體重 / 氧重	分子重	氣體重 / 氧重	分子重
O ₂	50.3108g		0.0706g	—	—	—	32
H ₂	50.2804g		0.0402g	0.57	18.24	0.063	2
CO ₂	50.4178g	50.2402g	0.1776g	2.52	80.64	1.38	44
Cl ₂	50.3666g		0.1264g	1.79	57.28	2.22	71
N ₂	50.2833g		0.0431g	0.61	19.52	0.88	28

(表二)

3. 討論：

(1)由表二發現所求的分子量，均較理論值相去太遠，深究其誤差原因，可能有下列因素：

(a)因為製造各種氣體時，均使用排空氣法收集，難免有些空氣無法排除完全。

(b)大多數氣體的製造均有水的產物，當溫度高時，大部份變成水蒸氣，而被吸入針筒中。

(c)如 CO_2 、 Cl_2 會溶於水，因此所吸入的水蒸氣的小顆粒中，可能會有大量的氣體溶入。

(d)在一邊製造氣體時，一邊抽氣，可能無法使針筒內的氣體壓力，保持和大氣壓力一樣。而且收集的氣體，溫度高體積膨脹。當針筒冷卻時，卻拔開塞皮塞，調整體積時，一定會造成空氣的進出。

(2)綜合以上誤差的原因，不外是水蒸氣、壓力和溫度等因素。如果能將圓底燒瓶，收集滿氣體後，塞上橡皮塞，使其冷卻。等多餘的水滴凝結出來後，再行抽氣，豈不是一切問題都能解決。但是燒瓶中的氣體，冷卻後壓力變小。此時針筒插入橡皮塞內抽氣，卻發覺非常的難抽，也無法使針筒內外壓力一致。由以上種種的缺失，想出下面的做法。

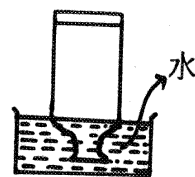
(四)針筒實驗二：

1 步驟：

(1) O_2 、 H_2 、 N_2 使用排水集氣法收集。但圓底燒瓶改成 1250c.c 的汽水“保特瓶”收集，收集滿後，插入 500c.c 裝水的大燒杯中（如圖五），靜置冷卻。

(2) CO_2 、 Cl_2 使用排水集氣法收集，收集滿後，將瓶蓋鎖緊，靜置冷卻。要使用時，才把瓶口插入裝水的燒杯中打開。

(3)氣體完全冷卻後，使用針筒抽氫氣



〔圖五〕

時，插入保特瓶上端的瓶壁，而 Cl_2 、 CO_2 ，則插入下端。
 抽氣時，水面會上升，並可藉此調整針筒內的壓力。
 (4) 抽氣後，調整氣體體積成定值（將活塞桿推至鐵釘處）。
 插入橡皮塞，如圖二後稱重。

2 結果：

10/9 針筒內體積 = 50c.c 使用微量天平 $T = 28^\circ\text{C}$

$P = 1013.7$ 毫巴

	氣體 + 針筒重	真空 + 針筒重	氣體重	氣體重 / 氧重	理論值
O_2	51.5982g		0.0658g	—	—
H_2	51.5358g		0.0034g	0.052*	0.062
CO_2	51.6239g	51.5324g	0.0915g	1.39	1.38
Cl_2	51.6811g		0.1487g	2.26	2.22
N_2	51.5889g		0.0565g	0.86	0.88

(表三)

針筒內體積= 60c.c 使用有效數字三位的實驗室天平

	氣體+針筒重	真空+針筒重	氣體重	氣體重/氧重	理論值
O ₂	51.679g		0.081g	—	—
H ₂	51.604g		0.006g	0.074*	0.062
CO ₂	51.709g	51.598g	0.111g	1.37	1.38
Cl ₂	51.781g		0.183g	2.26	2.22
N ₂	51.667g		0.069g	0.85	0.88

(表四)

3. 討論：

- (1)由表三及表四中，可以看出，除了氫氣的誤差很大之外，其他各種氣體的比值，均和理論值十分接近。
- (2)使用實驗室中一般有效數字三位的天平，亦能和微量天平一樣得到相同的結果。
- (3)難溶於水及微溶於水的氣體，都改用排水集氣法收集。一來可以使所收集的氣體純度較高，一來收集氣體完後的保特瓶，直接插入裝水的大燒杯中，易於冷卻及處理。
- (4)保特瓶內的氣體，即使因為冷卻或抽氣，而有體積的變化。但是由於燒杯和保特瓶內的水面調整成一致，仍能隨時保持瓶內、瓶外的壓力相同。
- (5)使用針筒抽氣時，若比空氣重的氣體，則插入保特瓶的下端瓶壁部份；若比空氣輕的氣體，則插入上端，以期能完全排除吸入空氣所產生的誤差。
- (6)當針筒從保特瓶中抽出後，針孔可速用凡士林封住。則所收集的氣體，可以連續使用數次。

(7)處理氫氣所產生的誤差，可能由於太輕，稱重時稍有不慎，便產生極大的誤差。再者由於使用排水集氣法，室溫下水蒸氣的重量，也會引起巨大的誤差（註3）。

(8)既然針筒能量出各種氣體的重，相同的也能秤出當時空氣的重量，如此一來空氣的密度，不是可以馬上求出來嗎？

(五)空氣密度的測定：

1 步驟：

(1)在不同氣溫的日子，以針筒抽取空氣分別稱重。

(2)將針筒關閉如圖一稱重。

2 結果：

針筒內體積 = 50c.c

日期	P	T	空氣+針筒重	真空+針筒重	空氣重	空氣密度 (d)	
10./ 9	1 01 3 毫巴	28°C	50.2975g	50.2440g	0.0535g	0.0011g/ml	1.07g/l
12./ 2	1 1 3 8 毫巴	19°C	50.5918g	50.5343g	0.0575g	0.0012g/ml	1.15g/l

(表五)

10 / 9 針筒內體積 = 50c.c d = 1.070 g/l

	氣體+針筒重	針筒關閉重	氣體視重	浮力 = $V \times d$	氣體實重	由表三所得數值
O ₂	51.5982g	51.5857g	0.0125g	0.0535g	0.0660	0.0658
CO ₂	51.6239g	51.5857g	0.0382g	0.0535g	0.0917	0.0915

(表六)

3 討論：

(1)由表五發現，在不同的壓力和溫度下，空氣的密度確實不同。而且溫度較高壓力較低時，密度較小，和課本的結果一致。

(2) (氣體+針筒重) - (針筒重) + 浮力 = (氣體實重)。

也就是表六中氣體視重) + (浮力) = (氣體實重) 和表三中 (氣體+針筒重) - (真空+針筒重) = (氣體實重) 所得的數據完全一致，亦即針筒所受的浮力，等於排開空氣的重 (亞基米德原理)，也就是課本上計算所根據的原理。

六、結 論

(一) 利用便宜 (或到醫院收集) 的塑膠針筒，來做測定分子量的實驗，可使學生擺脫浮力所產生的困擾，不必在還沒有學過亞基米得的浮力原理之前，來處理有關浮力的運算。

(二) 利用廢棄不能回收利用的汽水保特瓶，來收集氣體。並配合針筒使用，有下列好處：

1. 可大量收集各種氣體，並且易於保存 (只需將瓶蓋鎖緊，封上膠帶，可任意推擺，不怕有破裂、漏氣的顧慮)。
2. 使用時可打開並插於放滿水 (或油) 的大燒杯中，供全班同學使用。抽氣時，調整水面，可隨時保持針筒內外壓力一致。拉出針頭時，塗上凡士林，封住針孔，可連續使用 (玻璃儀器，則無此優點)。
3. 有毒的氣體，用針筒來處理，不虞有外洩的顧慮，安全可靠
4. 經冷卻靜置處理後的各種氣體，除了氫氣以外，在可容忍的誤差程度之下，均可取代昂貴的鋼筒氣體，而得到不錯的結果。

(三) 利用針筒我們能立即量出真正屬於當地的空氣密度，而不只是查表代公式的囫圇吞棗了。

七、附 註

(一)【實驗手續】

1. 先把乾燥的乳頭滴管插進橡皮塞的孔裏，再把塑膠袋的口，用橡皮筋 (或細線) 綁紮在橡皮塞的凹槽上。然後，稱出全部的重量，稱到 0.01g (注意：要把塑膠袋摺起來，以便盡

- 量擠出裏面的空氣。)
2. 移去乳頭滴管上的橡皮帽，用橡皮管連到氧氣筒上，讓氧氣充滿塑膠袋。然後，移去橡皮管。先讓袋裏多餘的氧氣跑一點出來，但不可用手擠它出來；再把橡皮帽套在滴管口上（這時袋裏氧氣的壓力和外界的大氣壓力大約相等）。
 3. 稱出塑膠袋的全部重量。這次稱重與上次稱重相差的數，就是袋中氧氣的視重量。
 4. 按照前面手續，稱出二氧化碳氣體的視重量。
 5. 測出塑膠袋的容積，再乘以當時空氣的密度，就等於空氣的浮力。
 6. 氧和二氧化碳的視重，各加上空氣的浮力，就等於它們的實重。

(二) 國民中學化學（第一冊）
空氣的密度（g/l）

溫度 壓力 (°C) (mm)	15	20	25	30
690	1.11	1.09	1.08	1.06
700	1.13	1.11	1.09	1.07
710	1.15	1.13	1.11	1.09
720	1.16	1.14	1.12	1.10
730	1.18	1.16	1.14	1.12
740	1.19	1.17	1.15	1.13
750	1.21	1.19	1.17	1.15
760	1.23	1.20	1.18	1.16
770	1.24	1.22	1.20	1.18

(三) 由於水在 28°C 的飽和蒸氣壓約為 28.6 mmHg，若以 60c.c 的針筒來算，水蒸氣在針筒中所產生的重量，可由下式算出大約值 $PV = \frac{W}{M} RT \Rightarrow 28.6 \times \frac{60}{1000} = \frac{W}{18} \times 62.4 \times 301 W = 0.0016g$ 再由表四的各種重量來看，除氫以外其所產生的誤差均小於 3%，但氫氣則可能造成 $0.0016/0.006 = 26\%$ 的誤差，所以讓學生做此實驗時，氫

氣最好剔除不做。(指導老師註)

語 評

從學習時困難考慮教材內容的改進，繼而推展到其他有關現象的探討，實驗工作仔細，考慮周詳，唯創見部份較少，評為第貳名