

「道爾頓分壓定律」實驗的探討

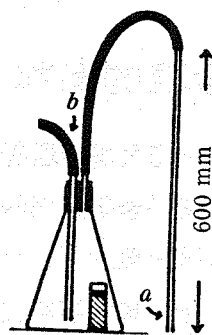
劉英玫、王澄霞

國立臺灣師範大學化學系

一個已經充滿一種氣體的容器中，如果再充入另一種不會和前一種氣體發生化學反應的第二種氣體，則各種氣體在同一容器內的性質和各單獨存在該容器內的性質，並沒有顯著的改變。因此，這個容器中的氣體總壓力必恰好等於這兩種氣體各原有壓力的總和，這就是道爾頓的分壓定律。

如果一空氣試樣中所含的二氧化碳可以用適當的藥劑加以吸收，則此空氣樣品中的二氧化碳含量就可以應用道爾頓分壓定律求得。著者根據高級中學科學課程實驗教材“基礎理化”¹實驗手冊上冊第二次修訂本實驗六做討論，其步驟如下：

- (1) 預先將錐形瓶洗淨烘乾，置於乾燥箱中待用。又將橡皮塞穿兩孔，插入 5 公分及 15 公分的玻璃管，並使長玻璃管之一端距錐形瓶底約 1 公分。
- (2) 把橡皮管和 60 公分玻璃管連接如右圖。
- (3) 在一支小試管中傾入約 5 毫升 10% NaOH，再於溶液上層滴入約 3 滴 # 30 機油。
- (4) 取出錐形瓶，用鑷子將小試管直立置入錐形瓶內，然後塞上橡皮塞之裝置，如圖一。
- (5) 在燒杯中傾入約半滿的水，把 60 公分長玻璃管的開口端（如圖一之 *a* 端）置入燒杯中。
- (6) 當 *a* 端之玻璃管內外水柱面平齊之後，隨即用橡皮管夾夾緊短橡皮管（如圖一之 *b* 端）。
- (7) 把錐形瓶內的平底試管傾倒，使溶液流佈在瓶底，並觀察 *a* 端玻璃管內的水柱高度是否變化，如圖二。



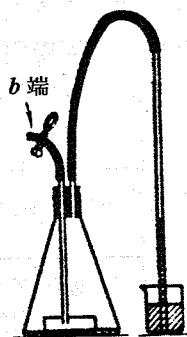
圖一

(8) 當 a 端玻管內的水柱不再繼續上升時，記錄玻管內外的水面高度差值。則當時空氣中的二氧化碳之分壓為

$$P_{\text{CO}_2}(\text{空氣中}) = \frac{\text{水柱高度 (mm)}}{\text{水銀的比重 (13.6)}} \cdot \text{mm Hg}$$

(9) 重新取另一個乾燥的錐形瓶，重覆步驟(3)、(4)。

(10) 深吸入空氣並閉氣約 10 秒，隨即自 b 端徐徐吹入由肺部呼出之廢氣。吹氣停止之後，將 a 端再置入含半滿水之燒杯內，並用橡皮管夾夾住 b 端。



圖二

(11) 傾倒錐形瓶內的試管溶液。最後記錄圖二中玻管內的水柱高度。則你的呼氣中所含二氧化碳之分壓為

$$P_{\text{CO}_2}(\text{呼氣中}) = \frac{\text{水柱高度 (mm)}}{\text{水銀的比重 (13.6)}} \cdot \text{mm Hg}$$

又此二氧化碳之佔呼出空氣的壓力百分率為

$$\frac{P_{\text{CO}_2}}{\text{大氣壓力 (mm Hg)}} \times 100\%$$

結果與討論

表一．以普通的方法配製的 10% NaOH 吸收空氣中之二氧化碳，產生甲管內外水柱差（圖二）（甲管內徑 5 mm）

次 數	1	2	3
當時大氣壓	768mmHg	767.5mmHg	772.5mmHg
甲管內外水柱高度差	0	0	0
P_{CO_2}	0	0	0
CO_2 佔空氣中的壓力百分比	0	0	0

表二. 以普通的方法配製的 10% NaOH 吸收呼氣中之二氧化碳, 產生甲管內外水柱差 (圖二) (甲管內徑 5 mm)

次 數	1	2	3
當時大氣壓	768mmHg	767.5mmHg	772.5mmHg
甲管內外水柱高度差	118mm	206mm	170mm
P_{CO_2}	8.68mmHg	15.1mmHg	12.5mmHg
CO ₂ 佔呼氣中的壓力百分比	1.13%	1.97%	1.62%

表三. 以自配不含碳酸根之 NaOH 溶液吸收空氣中的二氧化碳, 產生甲管內外水柱差 (圖二) (甲管內徑 5 mm)

次 數	1	2	3
當時大氣壓	768mmHg	767.5mmHg	772.5mmHg
甲管內外水柱高度差	64mm	63mm	56mm
P_{CO_2}	4.7mmHg	4.6mmHg	4.1mmHg
CO ₂ 佔空氣中的壓力百分比	0.61%	0.60%	0.53%

表四. 以自配不含碳酸根之 NaOH 溶液吸收呼氣中之二氧化碳, 產生甲管內外水柱差 (圖二) (甲管內徑 5 mm)

次 數	1	2	3
當時大氣壓	768mmHg	767.5mmHg	772.5mmHg
甲管內外水柱高度差	318mm	363mm	309mm
P_{CO_2}	23.4mmHg	26.7mmHg	22.7mmHg
CO ₂ 佔呼氣中的壓力百分比	3.05%	3.48%	2.94%

表五．條件與表三相同，將 5 mm 的甲管改爲 10 mm。

次 數	1	2	3
當時大氣壓	766mmHg	768mmHg	768mmHg
甲管內外水柱高度差	15mm	17mm	18mm
P_{CO_2}	1.1mmHg	1.3mmHg	1.4mmHg
CO ₂ 佔空氣中的壓力百分比	0.14%	0.17%	0.18%

表六．條件與表四相同，將 5 mm 的甲管改爲 10 mm。

次 數	1	2	3
當時大氣壓	766mmHg	768mmHg	768mmHg
甲管內外水柱高度差	103mm	113mm	109mm
P_{CO_2}	7.6mmHg	8.3mmHg	8.0mmHg
CO ₂ 佔呼氣中的壓力百分比	0.99%	1.08%	1.04%

1. 表一列出使用以普通的方法配製的 10% NaOH 吸收空氣中之二氧化碳，圖二中甲管內外水柱沒有什麼明顯的變化，而呼氣則有明顯的變化，這可能是因為空氣中二氧化碳的含量不夠多，用普通方法配製 10% 的 NaOH 溶液無法吸收。因為 10% NaOH 中即已含有 CO_2 。因此不能使用普通方法配製的 10% NaOH 溶液。

2. 改用不含碳酸根的 NaOH 來吸收空氣中的 CO_2 ，其結果如表三與表四。比較表一和表三，發現以不含碳酸根的 NaOH 吸收二氧化碳，其甲管的內外水柱差增加很多，以普通方法配製的 10% NaOH 吸收空氣中的二氧化碳，水柱根本沒有變化。用同樣方法但用不含碳酸根的 NaOH 溶液，則水柱高度差約有 60 mm 之多。由表二和表四比較，由著者實驗結果，發現水柱高度差以不含碳酸根的 NaOH 吸收的增加大約 150 mm 左右，由此可見不含碳酸根的 NaOH 效果較好。

3. 比較表三與表五，表四與表六，發現實驗條件相同，只有甲管的內徑不同，實驗結果有明顯差別。內徑為 5 mm 的玻璃管因有毛細現象，所得結果的水柱高度差較大，而內徑為 10 mm 的玻璃管，沒有毛細現象，其所得水柱高度差較小。以沒有毛細現象的玻璃管測得的結果較接近事實，因此玻管不要太細（內徑 8 mm 以下的均有毛細現象）最好用 10 mm 的玻璃管。

4. 不含碳酸根的 NaOH 溶液原本是澄清的，吸收二氧化碳後，可明顯的看出有混濁現象，也就是有碳酸鈉沉澱的產生，尤其是呼氣的時候，可明顯的看出有顆粒產生。

5. 甲管玻璃管很長，根據實驗經驗，用鐵架及廣用夾固定較易進行。

6. 在做實驗前，最好先試看看裝置會不會漏氣，方法是將橡皮管夾先夾住圖二中 *b* 的橡皮管，將甲玻璃管 *a* 端放入燒杯的水中，然後把塞子塞到錐形瓶上（錐形瓶內不放任何試劑），因此時錐形瓶內的壓力較大氣壓力大，*a* 玻璃管內的水柱會較管外低，觀察幾分鐘，若甲管水柱的高度沒有變化，依然比管內低，表示沒有漏氣，否則表示有漏氣，重新檢查裝置。

7. 把置有不含 CO_2 的 NaOH 的小試管傾倒後，等水柱上升的期間，常搖動錐形瓶，可使水柱上升較快。從傾倒到水柱不再上升，使用空氣時約需 10 分鐘，使用呼氣時約需 20 分鐘。

8. 同是做空氣的實驗，若連續做時，使用同一個玻璃管，發現第二次比第一次上升的少，因為第一次做完後，玻璃管內已沒有 CO_2 的存在，只有錐形瓶內有，而第一次做時，玻璃管內的空氣有 CO_2 的存在。所以若要連續做二次，最好準備二套儀器，結果才不會相差太遠。

9. 吹氣時，若每次閉氣的時間和呼出的時間不同，測得的結果就會不一定相同，爲了要得到較接近的結果，應先吸一口氣，閉氣一固定時間，然後將氣全部吐出。

10. 測空氣時，結果常因當時環境的空氣狀況而有不同。也就是說在不同時間，不同地點測得的結果並不一定會相等，完全視空氣中所含 CO_2 的量而定。

11. 錐形瓶可以不用烘乾，只要不含太多的水即可。若要烘乾，從烘箱取出後，應放置一段時間，使錐形瓶的溫度達室溫，這樣方可避免因溫度不同所造成的誤差。

12. 不含碳酸根之 NaOH 溶液製法² 如下：

在錐形瓶中置入 100 ml 的蒸餾水，然後放入 100 g 的 NaOH ，使之溶解。因含碳酸鈉溶液呈混濁狀，後慢慢沉到瓶底。靜置兩個星期，碳酸鈉就能完全沉澱下來。將澄清的溶液用滴管小心的吸取，放入事先塗有蠟的瓶子中，將瓶子蓋好，即可。瓶子塗蠟是爲了避免玻璃被鹼腐蝕，若以塑膠來製備和儲存，即可不用塗蠟。

參考文獻

1. “基礎理化實驗手冊”上册，第二次修訂本，高級中學科學課程試用教材，國立台灣師範大學科學教育中心編印，民國七十二年，實驗六，42～45 頁。

2. Kolthoff, I.M. and Sandell, E.B., Textbook of Quantitative Inorganic Analysis, 3rd. Edition, 1955 Mac Millan Company, New York, N.Y., P527.