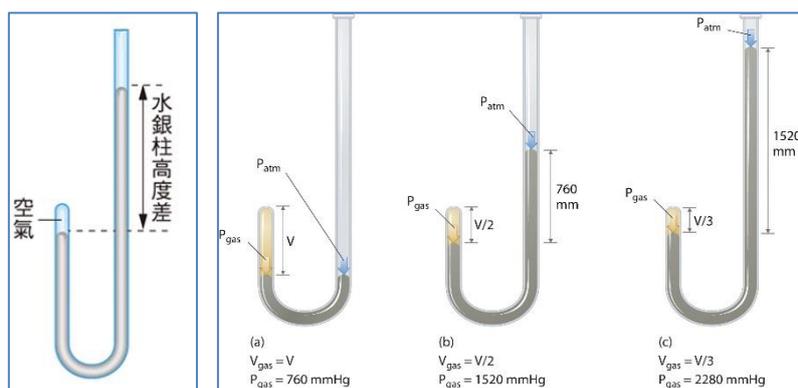


波以耳定律的微量實驗

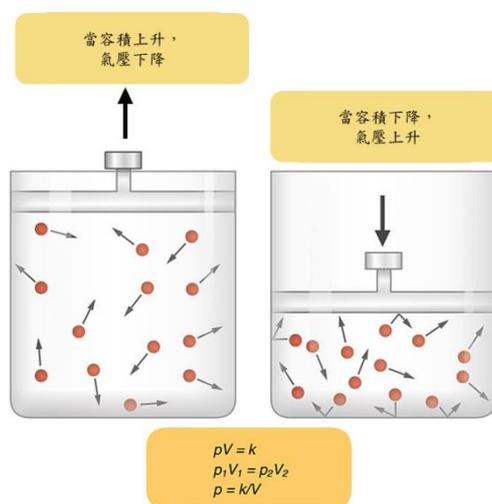
■ 原理和概念

波以耳定律 (Boyle's law) 是由英國科學家羅伯特·波以耳 (Robert Boyle, 1627~1691) 在 1662 年根據實驗結果發現：「在密閉容器中的定量氣體，在恆溫下，氣體的壓力與體積成反比關係。」這是人類歷史上第一個發現的定律。馬略特 (Mariotte) 在 1676 年發表在《氣體的本性》論文中提到：「一定質量的氣體在溫度不變時其體積與壓力成反比」。波以耳和馬略特是各自分別獨立確立此定律，因此在英語國家，這一定律被稱為波以耳定律，而在歐洲大陸則被稱為馬略特定律^[1]。波以耳定律的實驗裝置，如圖一所示。波以耳定律的氣體動力論的微觀說明，如圖二所示。



圖一：波以耳實驗裝置圖

(圖片來源：The Gas Laws, <http://goo.gl/VUYyn0>)



圖二：波以耳定律的氣體動力論的微觀說明

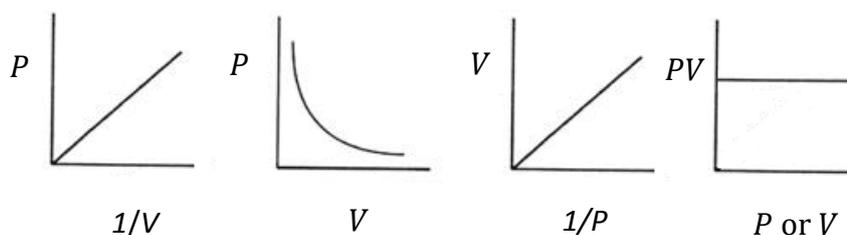
(圖片來源：The Gas Laws, <https://goo.gl/uP8a4c>)

波以耳定律描述為在定溫時，定量氣體的壓力 (P) 與其體積 (V) 成反比關係，可用公式[1]或[2]表示：

$$PV = K \text{ (定值)} \quad [1]$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \quad [2]$$

根據波以耳定律的實驗結果，可以用四種函數表示，如圖三所示：



圖三：四種函數表示波以耳定律

【實驗一：波以耳定律的定性微量實驗】

■ 藥品與器材

氣球 (小型氣球) 二個、注射針筒 (50 mL，不必注射針頭) 一支。

■ 實驗步驟

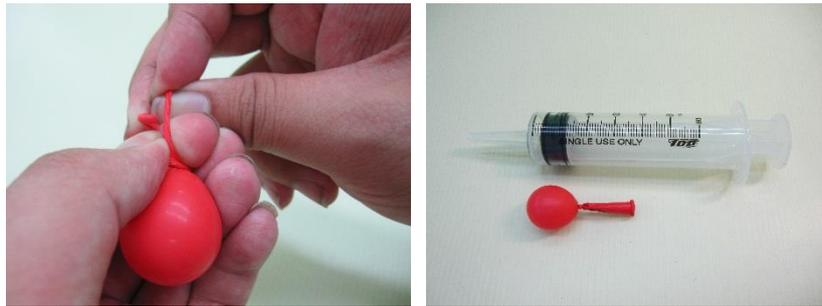
1. 取一個小氣球，套住一支 50 mL 的注射針筒的開口，用一支手的手指捏著，用另一手打氣，使小氣球膨脹，如圖七左所示。取下膨脹的小氣球，用手擠壓氣球使其局部膨脹，如圖七右所示，以致降低氣球的張力，以利後續氣球的膨脹。



圖七：用注射針筒充氣小氣球 (左)；用手擠壓氣球使其局部膨脹 (右)

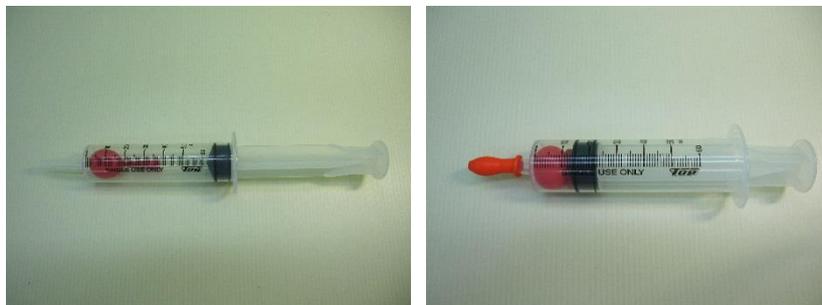
2. 使用注射針筒充氣此氣球，充氣成一個約 5~10 元硬幣大小的小氣球。以旋轉方式，使小氣球緊縮成一個小圓形狀，然後打死結，如圖八左所示。形成一個小圓形狀的小氣球，

如圖八右所示。



圖八：小氣球打死結（左）；形成一個小圓形狀的小氣球（右）

3. 放入此小氣球到針筒內部，如圖九左所示。盡可能地移動推拉桿到針筒的前端，再用一個小氣球套住針筒前端的開口，作為封口之用，如圖九右所示。



圖八：放入小氣球到針筒內部（左）；用一個小氣球套住針筒的開口（右）

3. 移動推拉桿至不同的體積刻度處，觀察氣球體積的變化，如圖九所示。



圖九：移動推拉桿，觀察氣球體積的變化

■ 結果與討論

（插入實驗結果的照片並描述實驗結果的討論）

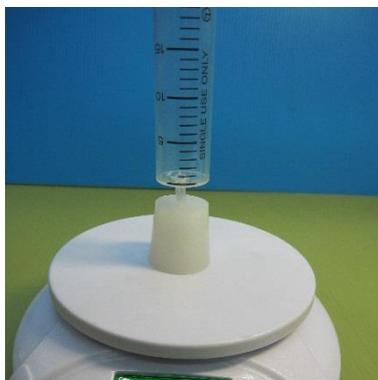
【實驗二：波以耳定律的微量定量實驗】

■ 藥品與器材

注射針筒 (25 mL) 一支、矽膠橡皮塞 一個、廚房用料理秤 (最大稱重為 7000 g , 精確度至 1 g)。

■ 實驗步驟

1. 取一個矽膠橡皮塞，放置在廚房用料理秤的稱盤中間位置。
2. 取一支 25 mL 的注射針筒，移動推拉桿使其恰好在 25 mL 的刻度線。
3. 用一支手的手掌，輕輕地壓著針筒的推拉桿，使針筒的開口端頂住橡皮塞的中央位置，此時不對料理秤施力，如圖十一所示。



圖十一：針筒的開口端頂住橡皮塞的中央位置

4. 在不對料理秤施力的情況下，此時針筒的刻度線恰好在 25 mL 的位置。扣除毛重 (按「去皮」鈕) 矽膠橡皮塞和注射針筒。此時針筒的內部的氣壓為 P_{atm} (可視為 1 atm)。
5. 用手掌輕輕地對料理秤施力，當針筒的體積每次改變 2 ~ 3 mL 時，紀錄施加的重量，如圖十二所示。



圖十二：用手掌輕輕地對料理秤施力

6. 在施力方面，剛開始的前半段，輕輕地對料理秤施力即可。在後半段，對料理秤的施力需要越來越大，如圖十三所示。(註：必要時，用兩支手的手掌對料理秤施力。)



圖十三：由左而右，對料理秤的施力需要越來越大

■ 廢棄物處理和安全注意事項

- 本實驗未使用化學藥品，無藥品的危險性問題，唯使用過後的吹氣氣球不建議再利用。
- 使用過後的注射針筒可以重複使用，不可丟棄，應該妥善儲存。
- 本實驗不使用注射針頭，針頭必須集中妥善保管，避免不當適用或不慎刺傷自己或他人。

■ 結果與討論

日期：_____；時間：_____；組別：_____；學號：_____；姓名：_____

針筒直徑 ($2r$): _____ cm · 針筒內部 ($A = \pi r^2$): _____ cm^2 ; 大氣壓力 P_{atm} : _____ (atm)

(一) 波以耳定律微量定量實驗的原始數據和數據處理，如表一所示。

表一：波以耳定律微量定量實驗的原始數據和數據處理

編號	1	2	3	4	5	6
針筒內部氣體體積 V_{gas} (mL)						
施壓於針筒的重量 W (g)						
往下施壓的壓力 P_d (atm)						
針筒內部氣體壓力 P_{gas} (atm)						
$P_{gas} \times V_{gas}$ (atm·mL)						
編號	7	8	9	10	11	12
針筒內部氣體體積 V_{gas} (mL)						
施壓於針筒的重量 W (g)						
往下施壓的壓力 P_d (atm)						
針筒內部氣體壓力 P_{gas} (atm)						
$P_{gas} \times V_{gas}$ (atm·mL)						

(二) 施加針筒之重量 (W) 對針筒內部氣體體積 (V_{gas}) 作圖，如圖十四所示。



圖十四：施加針筒的重量對針筒內部氣體體積作圖

(此處描述實驗討論)

(三) 針筒內部的氣體壓力 (P_{gas}) 對氣體體積 (V_{gas}) 的作圖，如圖十五所示。



圖十五：氣體壓力對氣體體積作圖

(此處描述實驗討論)

(四) 針筒內部的氣體壓力乘以體積 ($P_{\text{gas}} \times V_{\text{gas}}$) 對氣體壓力 (V_{gas}) 作圖，如圖十六所示。



圖十六：氣體的壓力乘以體積對氣體的體積作圖

(此處描述實驗討論)

(五) 計算針筒內部的氣體壓力 (實驗值)，以編號 3 為例計算之。

(六) 計算針筒內部的壓力 (理論值) 並計算實驗的誤差百分比。

實驗設計：李錡峰、楊水平，國立彰化師範大學化學系

資料來源：《臺灣化學教育》(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)，第十四期。