

氮氣之莫耳體積

- 國立臺灣大學化學系，大學普通化學實驗第 16 版，國立臺灣大學化學系：台北，民國 113 年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組梁瑜玲助教（2007.02）、林哲仁助教（2011.07）、張馨云助教（2016.09）、余瑞琳講師（2024.09）。

一、目的：利用化學反應及理想氣體定律求出氮氣在標準溫壓（STP，standard temperature and pressure）下的莫耳體積。

二、實驗技能：學習藥品稱量，體積、壓力及溫度量測等實驗技能。

三、原理：

理想氣體在 0 °C、1 atm 之標準溫壓下莫耳體積為 22.414 升。

本實驗，取限量的胺基磺酸（ $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ ）與過量的亞硝酸鈉（ NaNO_2 ）作用，產生氮氣：



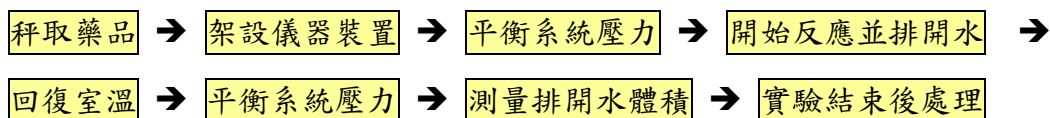
利用所生成氮氣的莫耳數（ n_1 ）、溫度（ T_1 ）、壓力（ P_1 ）和體積（ V_1 ），及理想氣體定律（ideal gas law），可求得氮氣在 STP 下之莫耳體積（ V_{STP} ）。

$$\frac{1(\text{atm}) \times V_{\text{STP}}(\text{L})}{1(\text{mol}) \times 273.15(\text{K})} = \frac{P_{\text{N}_2} \times (V + \Delta V)}{n_1 \times T_1} = \frac{(P_{\text{atm}} - P_{\text{H}_2\text{O}}) \times \Delta V}{n_1 \times T_1} \quad (2)$$







四、儀器與材料：錐形瓶（250 mL）、燒杯（400 mL）、小玻璃試管（2 支，7.5 cm × 1.2 cm）、量筒（50 mL）、平底燒瓶（500 mL）、橡皮塞與玻璃連接管、鑷子、溫度計、電子天平、分析天平。

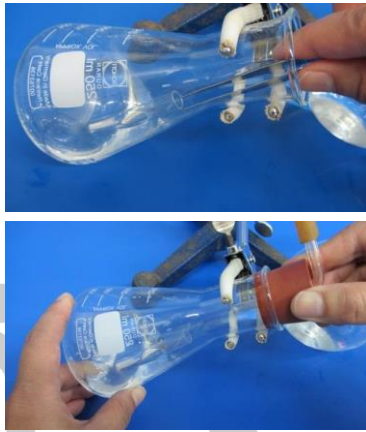
五、藥品：胺基磺酸（sulfamic acid, $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ ）、亞硝酸鈉（sodium nitrite, NaNO_2 ）。





六、實驗流程：



七、實驗步驟：

步驟	圖例
1. 洗淨、烘乾 2 支小玻璃試管，冷卻後，稱量、記錄其中一支精確重量。	
2. 於小玻璃試管中加入約 1~1.1 g 的 $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ 固體，再次稱、記其精確重量，以扣重法求得試管中所含 $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ 重。	
3. (1) 稱取約 1~1.1 g 的 NaNO_2 固體，記錄其精確重量後，倒入 250 mL 錐形瓶中。 (2) 以量筒量取約 50 mL 去離子水，加入錐形瓶中將之溶解。	
4. (1) 在平底燒瓶與 400 mL 燒杯中裝水，水面高度須如圖所示。 (2) 自玻璃彎管管口灌水，使 C 橡皮管充滿水，當水從橡皮管管口流出後，用鐵夾夾緊橡皮管，水即不會流出。 (3) 參考圖 1，架設儀器裝置。小心地用抹布包裹住玻璃管，再以旋轉的方式調整平底燒瓶中玻璃管高度，使長玻璃管端接近瓶底。	 
5. 鬆開鐵夾，固定在玻璃彎管上，上下移動燒杯，檢查橡皮管是否完全充滿水，確定水能在平底燒瓶與燒杯間自由流動且玻璃管內完全沒有氣泡後，再以鐵夾夾緊橡皮管。	

6.	<p>(1) 參考圖 1，以三叉夾固定錐形瓶並以約 30 度斜角貼放於桌面。利用鑷子之協助，將小玻璃試管順著瓶壁滑放置於錐形瓶底部，使試管斜靠於瓶壁不致傾倒。</p> <p>(2) 小試管放妥後，以橡皮塞將錐形瓶塞緊，再連接平底燒瓶及燒杯等裝置。</p> <p>注意：一旦小試管傾倒，NaNO_2 立即與 $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ 反應，應馬上以大量水沖洗後再重做。</p>	
7.	<p>鬆開鐵夾，固定在玻璃彎管上，調節燒杯的高度，使燒杯與平底燒瓶的水面等高（表示反應密閉系統中的壓力與大氣壓力相同），靜置 3 分鐘使裝置內外壓平衡，再將橡皮管夾緊，倒掉燒杯中的水，稱量燒杯空重。</p> <p>註 1：需先檢查每一個橡皮塞（塞緊後再旋轉約 15 度）已接合緊密，以免反應時氣體洩漏。 註 2：實驗過程中保持橡皮管不扭曲，以免阻礙氣體通路。</p>	
8.	<p>(1) 鬆開三叉夾，將錐形瓶直立，傾倒小玻璃試管，讓錐形瓶中的 NaNO_2 溶液進入試管中與 $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ 混合反應。</p> <p>(2) 觀察到氣體產生後，再迅速將橡皮管上鐵夾鬆開，夾在玻璃彎管上，讓水順利排出至燒杯中。</p> <p>註：剛開始混合產生反應時，不要劇烈搖晃錐形瓶，以免氣體產生太快而衝開橡皮塞。</p>	
9.	<p>繼續輕搖錐形瓶至反應完全，不再有氣體產生。</p> <p>註 1：保持橡皮管出口在排開的水中，維持充滿水的狀態。 註 2：本實驗副反應產生紅棕色 NO_2 有毒氣體。</p>	
10.	<p>以 1 L 塑膠燒杯裝水進行水浴，讓錐形瓶溫度下降至室溫。</p>	

11.	<p>調整燒杯或平底燒瓶的高度使兩者水面等高，讓反應系統回復到室溫及室壓，將鐵夾夾緊。</p> <p>註：本實驗之結果計算，是以反應前、後維持同溫同壓為前提，故務必待系統溫度回復室溫後，才可調整壓力。</p>	
12.	<p>稱量燒杯與排開水之總重量，以計算排開水之體積。</p>	
13.	<p>讀取並記錄室溫及室壓。</p>	
14.	<p>(1) 完成實驗、清洗器材時，先打開自來水，再打開錐形瓶塞、儘快將錐形瓶內反應液迅速倒入水槽中，讓溶於水中的 NO_2 隨之排放、避免釋出。</p> <p>(2) 刷洗玻璃器皿、整理實驗桌，完成實驗。</p>	

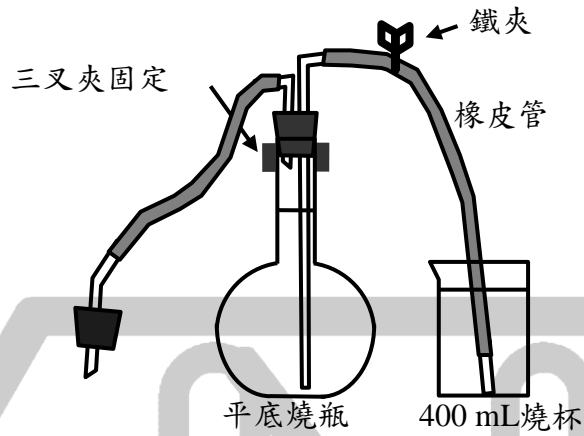
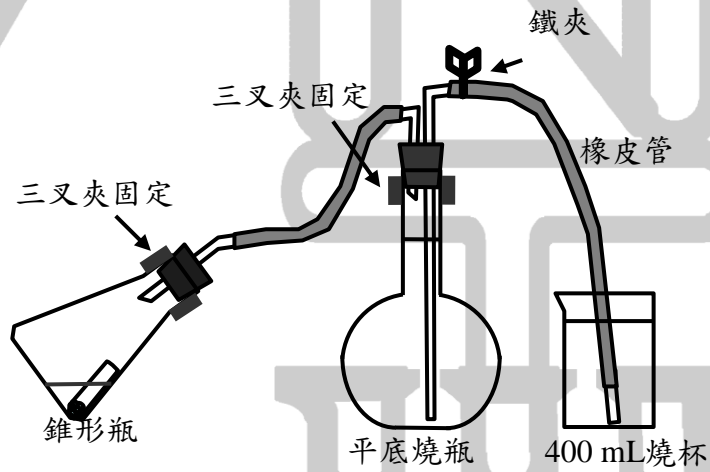
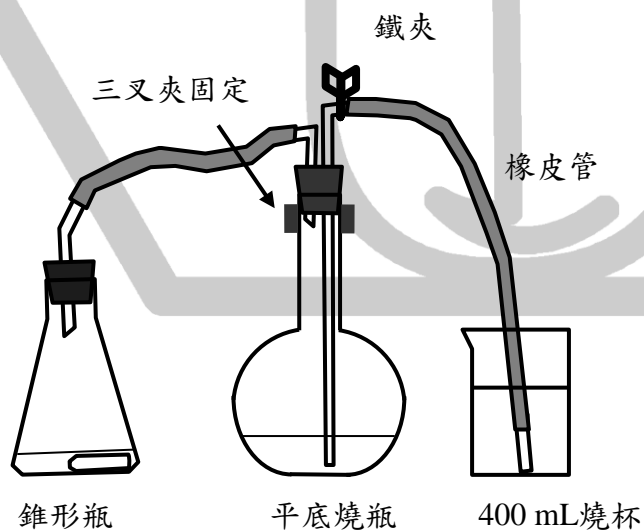


圖 1 連接平底燒瓶與燒杯，測試橡皮管中水之流動



反應前系統內：
 氣體體積 = V
 氣體溫度 = T_1
 氣體壓力 = P_{atm}
 $P_{\text{atm}} = P_{\text{air}} + P_{\text{H}_2\text{O}}$

圖 2 架設反應裝置



反應後系統內：
 氣體體積 = $V + \Delta V$
 氣體溫度 = T_1
 氣體壓力 = P_{atm}
 $P_{\text{atm}} = P_{\text{N}_2} + P'_{\text{air}} + P_{\text{H}_2\text{O}}$

圖 3 反應完成後需再次調整系統溫度與壓力