



國立中正大學

National Chung Cheng University



積極創新 修德澤人



實驗一、氮氣之莫耳體積

115.11.01 ~ 115.11.07 (預估操作時間：1.5 小時)

一、目的

利用化學反應及理想氣體定律求出氮氣之標準溫壓 (STP, standard temperature and pressure) 下的莫耳體積 (molar volume)。



二、原理

(一)、莫耳 (mole)

1. 所有一莫耳物質所含粒子數為 6.02×10^{23} 個。

例：1 mole $\text{H}_{2(\text{g})}$, 1 mole $\text{N}_{2(\text{g})}$ 皆有 6.02×10^{23} 個分子

2. 一莫耳物質所佔有的體積稱為莫耳體積 (molar volume, V_m) 。

(二)、標準溫壓下 (STP) 莫耳體積

1. 一般情況下氣體物質的分子間距離比較遠，因此可忽略分子間的作用力，且和容器相比，分子本身的體積太小所以可忽略不計。以氫氣和氮氣為例，其真實氣體在常溫常壓下接近理想氣體因此適用於理想氣體方程式 $PV = nRT$ 。
2. 標準溫壓定義是在溫度 0°C ， 1 atm 下。
3. 故標準溫壓下理想氣體之莫耳體積為 22.41 L 。

$$V_{STP} = 22.41\text{ (L)}$$

(三)、氮氣莫耳體積測量

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) 反應產生氮氣，如下列反應式：



利用所生成的氮氣莫耳數 (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})。

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

三、儀器與材料

儀器

各組器材櫃

250 mL 錐形瓶 (1個)

125 mL 錐形瓶 (1個)

橡膠軟管 (2個)

500 mL 燒杯 (1個)

L型玻璃管 (3個)

助教提供

鐵夾 (1個)

橡皮塞 (單雙孔各1個)

樣品瓶 (1個)

藥品

0.500 g 亞硝酸鈉 (NaNO_2) * * * *

0.500 g 胺基磺酸 ($\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$) * * * *

* : 腐蝕性 * : 氧化性 * : 刺激性

* : 易燃性 * : 毒性

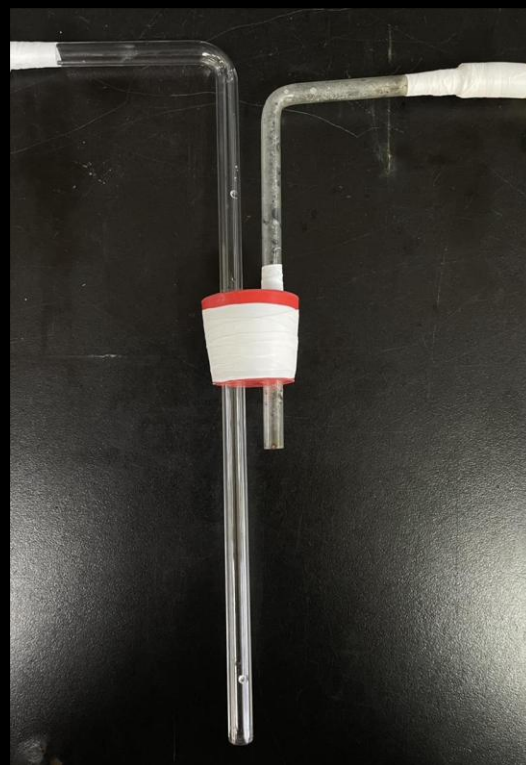
參考資料: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

四、實驗步驟

1. 架設實驗設備。



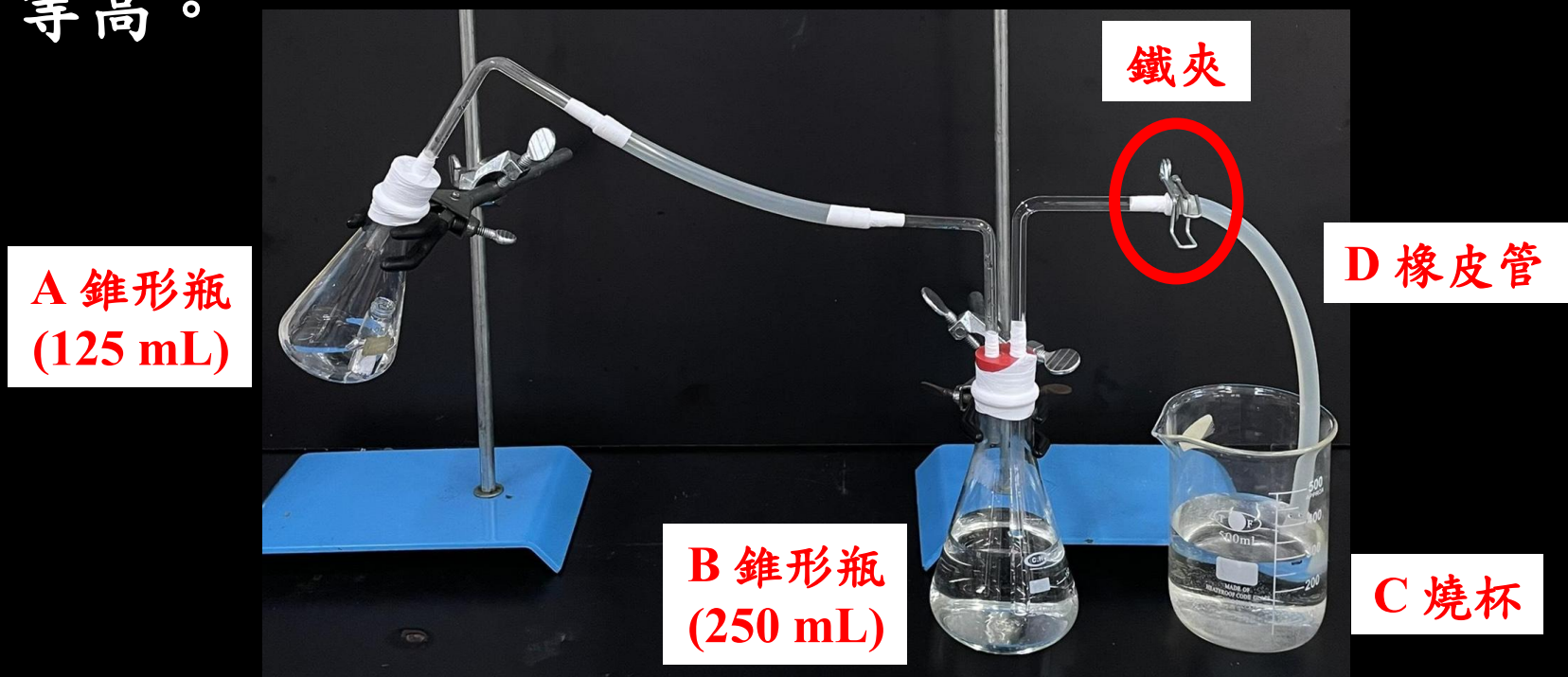
圖一、A 錐形瓶瓶塞裝置



圖二、B 錐形瓶瓶塞裝置

注意：調整玻璃管時務必使用抹布包覆，以旋轉的方式塞入。

2. 將裝置架設後，於 B 錐形瓶 (約 200 mL) 與 C 燒杯中裝水，D 管充滿水後調整 B 瓶與 C 杯水高度至等高。

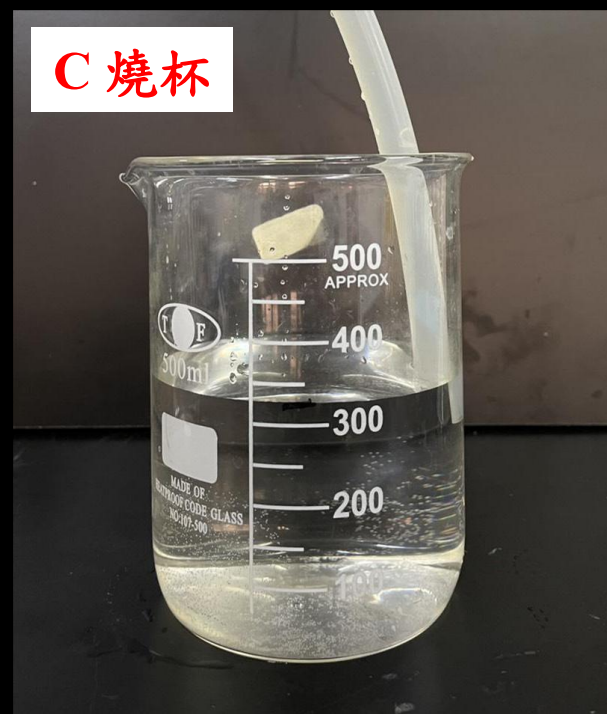


圖三、儀器實際裝置圖

3. 當系統內部壓力與外界壓力相等後，將鐵夾夾住 D 管量測 C 杯中的水體積量。

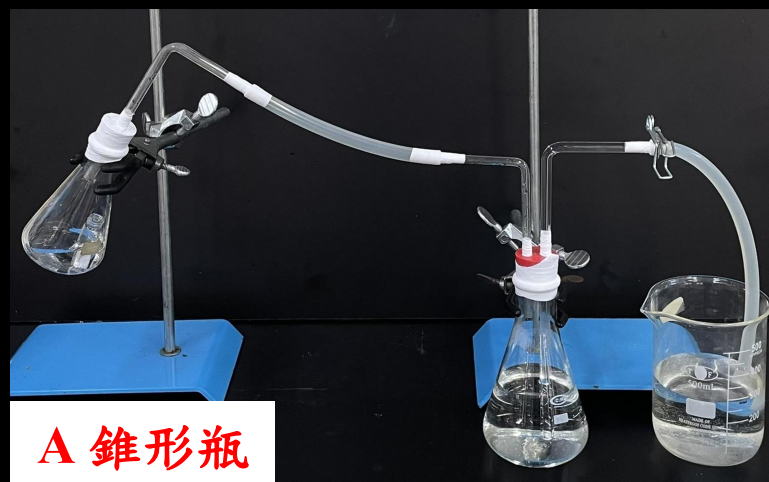


圖四、橡皮管夾上鐵夾裝置圖



圖五、C 燒杯填充水實際裝置圖

4. A 錐形瓶中加入
 0.500 g NaNO_2 與
 25 mL 水。



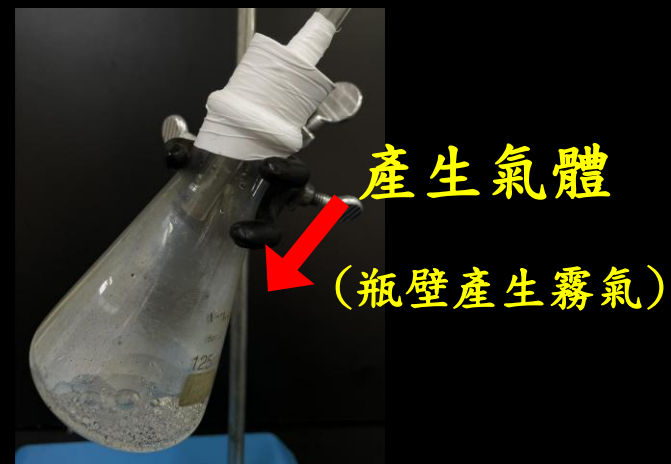
圖六、儀器實際裝置圖

5. 使用鑷子將裝有
 $0.500\text{ g HSO}_3\text{NH}_2$
的樣品瓶放置在
錐形瓶 A 中。



圖七、A 錐形瓶裝置圖

6. 將樣品瓶放入 A 錐形瓶中後，將橡皮塞塞緊，並避免小玻璃瓶傾倒。
注意：傾倒後反應立即開始，如有傾倒則必須重新配藥及秤取藥品。
7. 將鐵夾鬆開，並夾在玻璃彎管上，再搖晃 A 錐形瓶使 NaNO_2 與 HSO_3NH_2 充份反應產生氮氣。



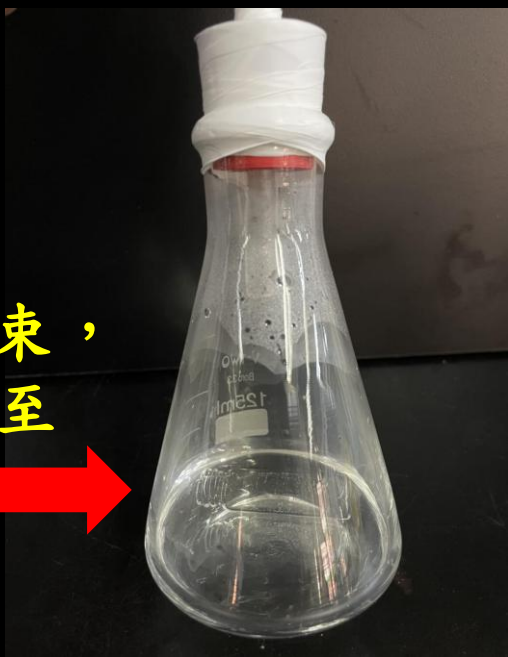
圖八、反應開始圖



圖九、反應開始之鐵夾位置圖

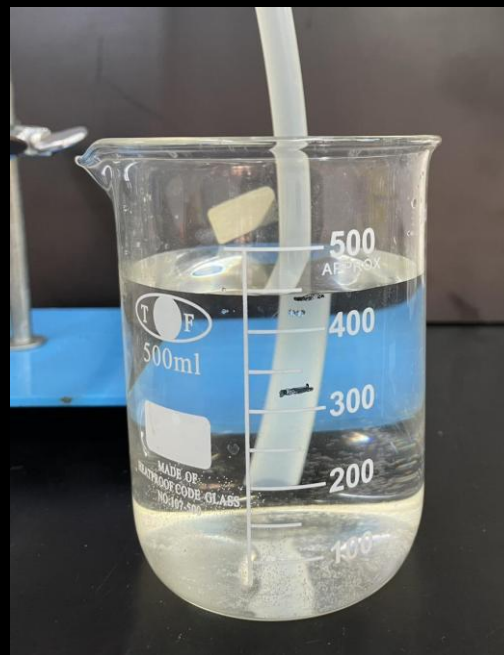
8. 等系統降至室溫利用量筒紀錄 C 燒杯排出的水量 (ΔV)。

反應結束，
溫度降至
室溫。
(沒氣泡)



A 錐形瓶

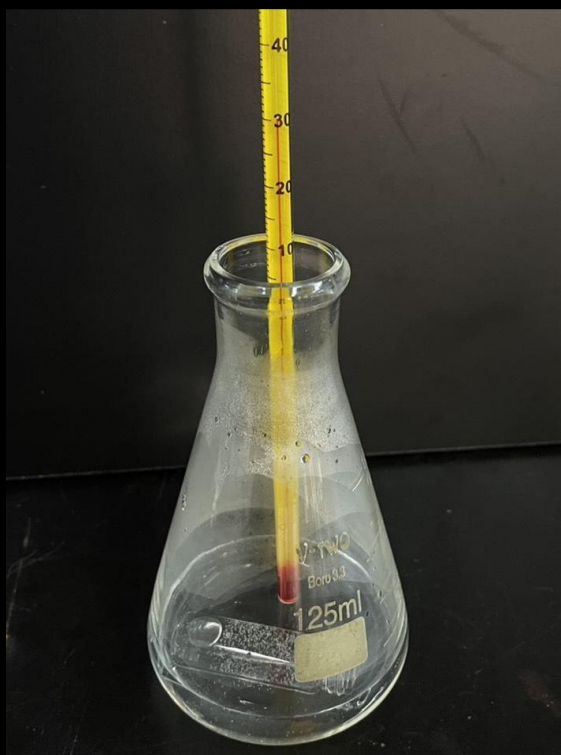
圖十、反應結束圖



C 燒杯

圖十一、反應結束測水體積變化之示意圖

9. 紀錄反應後的水溫和室溫及室壓。

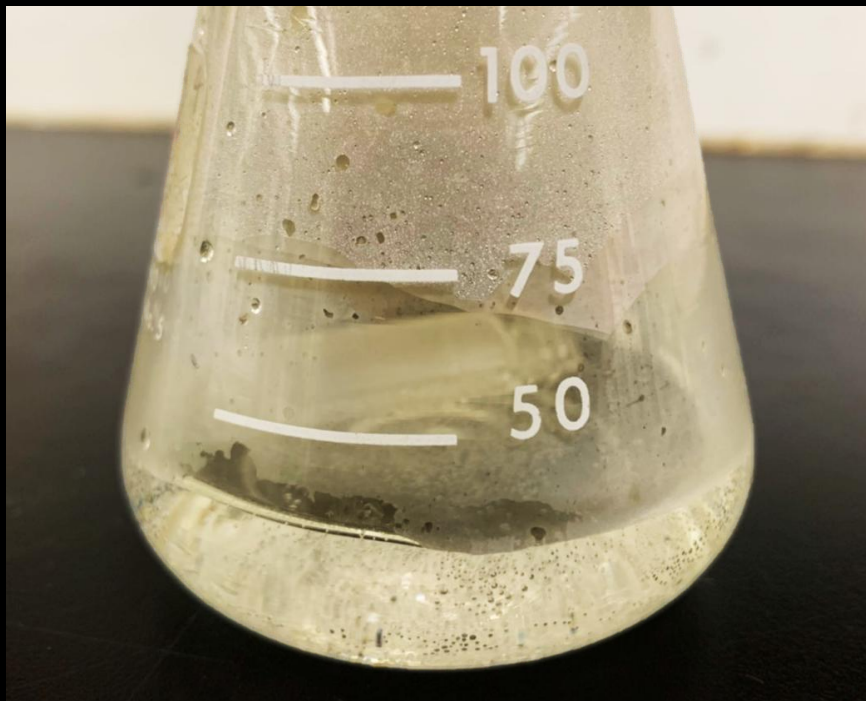


圖十二、量測 A 錐形瓶水溫



圖十三、紀錄室溫和室壓

10. 將反應液倒至廢液桶。

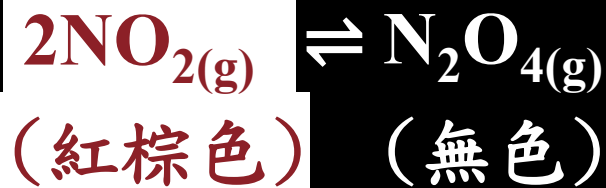


圖十四、副反應發生之實際圖

記得先將整組器材移至抽風櫃
再把橡皮塞拔開，進行抽氣。

注意：

本實驗中 NaNO_2 不能當限量試劑。因為 NaNO_2 在某些條件下會有複雜的副反應發生，如，可能會與水反應生成亞硝酸 HNO_2 ，進而分解成 NO 或 NO_2 氣體，而影響產物的定量。



五、注意事項

1. 調整 L 型玻璃管時，可用抹布包住旋轉調整，以免玻璃破裂割傷手。
2. 用鑷子將樣品瓶放入 A 錐形瓶中，可用空瓶多練習幾次再放。
3. 確認玻璃管、橡皮管、錐形瓶、及橡皮塞有**密封塞緊**，如果**漏氣則會造成實驗嚴重誤差**。
4. 待反應完全結束，才可移動實驗裝置。
5. 因為副反應產生 NO_2 ，所以結束後得讓 A、B 錐形瓶在抽氣櫃中抽氣 15 分鐘再將溶液倒至指定廢液桶中。

五、注意事項

6. 實驗進行中，務必要穿著實驗衣，並戴護目鏡、手套和口罩。
7. 本實驗中所有藥品皆具毒性及一定的危險性，因此在操作本實驗時請謹守實驗室安全規範及助教指示，以確保安全。
8. 所有藥品及實驗器具皆不能帶出實驗室。

六、實驗數據與結果

NaNO ₂ 重量	g
HSO ₃ NH ₂ 重量	g
室壓 (P _{atm})	mmHg
水溫	K (°C)
此溫度 (水溫) 下之水蒸氣壓 (P _{H₂O})	torr (mmHg)
N ₂ 的溫度 (室溫, T ₁)	K (°C)
排出之水量 (ΔV)	mL
NaNO ₂ 的莫耳數	mol
HSO ₃ NH ₂ 的莫耳數 (n ₁)	mol

$$\frac{1 \text{ (atm)} \times V_{STP} \text{ (L)}}{1 \text{ (mol)} \times 273.15 \text{ (K)}} = \frac{P_{N_2} \times (V + \Delta V)}{n_1 \times T_1} = \frac{(P_{\text{atm}} - P_{H_2O}) \times \Delta V}{n_1 \times T_1}$$

$$\text{誤差} = \left| \frac{V_{STP \text{ 理論値}} - V_{STP \text{ 實驗値}}}{V_{STP \text{ 理論値}}} \right| \times 100\%$$

$$V_{STP \text{ 理論値}} = 22.41 \text{ L}$$

$$V_{STP \text{ 實驗値}} = \quad \text{L}$$

$$\text{誤差} = \quad \%$$

七、問題與討論

1. 本實驗中反應為放熱反應還是吸熱反應？原因為何？

2. 本實驗所測得之氮氣在 STP 下的莫爾體積，相對於氮氣 (NH_3) 是否與理想氣體接近？為甚麼？若使用類似方法測定氮氣 (NH_3) 的莫爾體積是否適合？為甚麼？

3. 在本實驗測量氮氣體積時，為什麼必須考慮水的飽和蒸氣壓？若忽略飽和蒸氣壓，對氮氣莫耳體積的計算會造成什麼影響？

4. 假設實驗測量前，未將 B 錐形瓶與 C 燒杯兩側水面調整至等高。請說明兩側水面高度不同時，為什麼會造成 B 錐形瓶內氣體壓力與外界大氣壓力不同？

國立中正大學化學暨生物化學系

教材製作：饒祥程 助教

教材編修：陳珮毓 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：115.08.25