

## 實驗八 絕熱氣體定律實驗

### 一、目的：

了解熱力學第一定律(The first law of thermodynamics)和絕熱氣體定律(Adiabatic gas law)，並驗證  $PV^\gamma = \text{定值}$ ，再利用絕熱氣體儀器去測量空氣  $\gamma$ 。

### 二、原理：

在自然界中，能量守恆定律，一個系統中，其總能量必須守恆；能量不會無中生有，也不會平白消失。在熱力系統中，就是熱力學第一定律。熱力學第一定律可以定為： $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ ，其中  $Q$  為物體熱能變化， $U$  為物體內能， $W$  為外界作功。若考慮微小熱量變化可得

$$dQ = dU + dW \quad (1)$$

理想氣體是一種可以忽略氣體分子間作用力以及氣體分子大小的一種假想氣體，理想氣體可以寫成以下之理想氣體方程式

$$pV = nRT \quad (2)$$

在定溫過程中，外界做功可用下式表示

$$dW = pdV \quad (3)$$

在定體積以及定壓過程中，因為體積不變，即  $dV=0$ ，可得到  $dQ=dU$ ，這就表示輸入的熱量完全變成系統的內能，此時定義熱容量  $C$ ，為物體上升  $1^\circ\text{C}$  的時候所需要的熱量。若在定體積下，一莫耳氣體的熱容量稱為定容莫耳熱容量，以  $C_V$  表示；若在定壓下，一莫耳氣體的熱容量稱為定壓莫耳熱容量，以  $C_p$  表示。因此可定義

$$C_v = \left( \frac{dQ}{dT} \right)_v = \left( \frac{dU}{dT} \right)_v \quad (4)$$

又內能  $U$  只和溫度  $T$  有關，因此

$$C_v = \left( \frac{dU}{dT} \right)_v = \frac{dU}{dT} \Rightarrow C_v dT = dU \quad (5)$$

將(5)及(3)式代入(1)式可得

$$dQ = C_v dT + pdV \quad (6)$$

在 1 莫耳理想氣體中，可得理想氣體為  $pV=RT$ ，對兩邊微分為  $p dV=RdT-Vdp$ ，代入(6)式整理後可得

$$dQ = (C_v + R) \cdot dT - Vdp \quad (7)$$

若在定壓下， $dp=0$ ，(7)式可寫為

$$\left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = C_v + R = C_p \quad (8)$$

再考慮絕熱過程，因為沒有熱量的交換，所以  $dQ=0$ ，因此(6)式會變成

$$C_v dT + p dV = 0 \quad (9)$$

將理想氣體方程式： $pV=RT$  代入(9)式可得

$$\frac{dT}{T} + \frac{R}{C_v} \cdot \frac{dV}{V} = 0$$

再積分整理後可得

$$\begin{aligned} \text{const} &= \ln T + \ln V^{\frac{R}{C_v}} = \ln TV^{\frac{R}{C_v}} \\ \Rightarrow \text{const}' &= TV^{\frac{R}{C_v}} = \frac{pV}{R} V^{\frac{R}{C_v}} = \frac{p}{R} V^{\frac{C_v+R}{C_v}} = \frac{p}{R} V^{\frac{C_p}{C_v}} = \frac{p}{R} V^\gamma \\ \Rightarrow pV^\gamma &= \text{const}'' \end{aligned}$$

此時定義  $\gamma = \left(\frac{C_p}{C_v}\right)$ ，更進一步可得

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad (10)$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad (11)$$

又知空氣的  $C_v$ 、 $C_p$  值

$$C_v = \frac{5}{2}R$$

$$C_p = \frac{7}{2}R$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5} = 1.4$$

由此可知空氣的  $\gamma$  值為 1.4；理想氣體的  $\gamma$  值為 1。

三、儀器：

電腦一套、ScienceWorkshop 500 interface 一件、Adiabatic Gas Law Apparatus 一套。

**注意事項：**

1. 注意所有的接管處務必要使用凡世林密封，以免漏氣。

**四、 步驟：**

1. 實驗裝置圖一。



圖一 實驗裝置圖

2. 將 Adiabatic Gas Law Apparatus 上的管線，pressure、volume、temperature sensor 接到 ScienceWorkshop 500 interface。
3. 檢查所有接管處是接牢無漏氣，並適當使用凡世林。
4. 打開 ScienceWorkshop 500 interface 電源，再打開電腦電源，進入 PASCO 軟體，並定義所求物理量壓力、體積、溫度。
5. 打開氣閥，拔掉固定栓，上下活動幾次以便換掉空氣。
6. 校正溫度：定義室溫為恆溫。
7. 校正壓力：定義氣閥最高點為一大氣壓，氣閥最低點為壓力最高。
8. 校正體積：定義最高點為體積最大點，最低點為體積最小。
9. 按下軟體開始紀錄，再快速壓下活塞，並維持活塞在最低點約數秒。
10. 讀取數據，並重複實驗數次，利用(10)、(11)式計算  $\gamma$  值。

**五、 問題：**

1. 日常生活中有哪些現象是絕熱過程？

2. 理想氣體之  $C_p$ 、 $C_v$  之值是如何推導出來的？
3. 比較實驗出來的空氣  $\gamma$  值與理想之空氣  $\gamma$  值是否相同，如果不同，問題會出在哪？要如何使實驗更精準？

六、討論：

