

## 實驗一： 氣體的熱容比

實驗目的：找出等壓熱容 ( $C_p$ ) 和等容 (等體積) 熱容 ( $C_v$ ) 的比值：絕熱指數 ( $\gamma$ )

實驗原理：

熱容量：物體溫度上升  $1^\circ\text{C}$  時所需的熱量

(1) 定容莫耳熱容量 ( $C_v$ )：一莫耳氣體定體積上升  $1^\circ\text{C}$  時所需熱量。

當體積固定 ( $dV=0$ )，則  $dW=PdV=0$ ；輸入的熱量，完全用於增加內能，

$$C_v = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V = \left(\frac{dU}{dT}\right)_V = \frac{dU}{dT}$$

(2) 定壓莫耳熱容量 ( $C_p$ )：一莫耳氣體定壓力上升  $1^\circ\text{C}$  時所需熱量

當壓力固定時，(1) 式和理想氣體微分  $d(PV)=d(RT)$ ，帶入熱力學第一定律，

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

理論值可由古典統計力學算出，由古典統計力學可知每一個自由度的平均能量為  $1/2RT$ 。空氣雙原子分子，質心的移動有 3 個自由度，轉動有 2 個自由度，而其振動自由度在常溫下可忽略，故空氣分子共有 5 個自由度。因此，一莫耳空氣的內能為  $2/5RT$ ，即  $C_v=5/2R$ 。由此可推得  $C_p=7/2R$ ，故理論值為 1.40。

	$C_{V,m}$	$C_{p,m}$	$\kappa = \frac{C_{p,m}}{C_{V,m}}$
單原子氣體	$\frac{3}{2} \cdot R$	$\frac{5}{2} \cdot R$	$\frac{5}{3} = 1,6$
雙原子氣體	$\frac{5}{2} \cdot R$	$\frac{7}{2} \cdot R$	$\frac{7}{5} = 1,4$
三原子氣體	$\frac{6}{2} \cdot R$	$\frac{8}{2} \cdot R$	$\frac{4}{3} = 1,3$

公式推導

$$d\bar{U} = -P d\bar{V} \quad (1)$$

$$P = \frac{RT}{\bar{V}} \quad (2)$$

$$d\bar{U} = \bar{C}_v dT \quad (3)$$

$$\bar{C}_v \ln \frac{T_2}{T_1} = -R \ln \frac{\bar{V}_2}{\bar{V}_1} \quad (4)$$

$$A(P_1, \bar{V}_1, T_1) \longrightarrow A(P_2, \bar{V}_2, T_2) \quad (5)$$

$$A(P_2, \bar{V}_2, T_2) \longrightarrow A(P_3, \bar{V}_2, T_1) \quad (6)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 \bar{V}_2}{P_1 \bar{V}_1} \quad (7)$$

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{(\bar{C}_V + R)}{\bar{C}_V} \ln \frac{\bar{V}_2}{\bar{V}_1} = -\frac{\bar{C}_P}{\bar{C}_V} \ln \frac{\bar{V}_2}{\bar{V}_1} \quad (8)$$

$$\bar{C}_P = \bar{C}_V + R \quad (9)$$

$$\frac{\bar{V}_2}{\bar{V}_1} = \frac{P_1}{P_3} \quad (10)$$

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{\bar{C}_P}{\bar{C}_V} \ln \frac{P_1}{P_3} \quad (11)$$

$$\frac{\bar{C}_P}{\bar{C}_V} = \frac{\log P_1 - \log P_2}{\log P_1 - \log P_3} = \frac{\log(P_1/P_2)}{\log(P_1/P_3)} \quad (12)$$



實驗步驟:

1. 先將 B 關閉，打開 A 後；

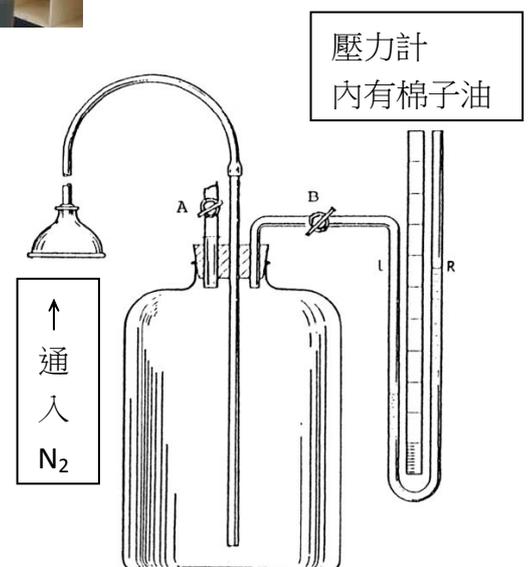
通入  $N_2$  持續 5 分鐘。

(順時針關、逆時針開)

2. 將  $N_2$  調小 (壓瓶上有壓力計)，A 微關，B 微開

(小心不要讓棉子油噴出)，等壓力計相差 60cm，

迅速將  $N_2$  及 A 關閉(先關  $N_2$  再關 A)。



3. 靜置 15 分鐘(恆溫)，記錄壓力計左右高度

$$(h_L, h_R); (h_R - h_L = P_1)$$

4. 迅速將 A 打開(全開)再關上(此時壓力會改變)，

靜置 1 分鐘後，再次記錄( $h_L, h_R$ )； ( $h_R - h_L = P_2$ )

5. 再次靜置 15 分鐘(恆溫)，記錄壓力計左右高度

$$(h_L, h_R); (h_R - h_L = P_3)$$

6. 步驟 4.5 再次重複 3 次，分別再次記錄  $P_2$ 、 $P_3$

(表格  $Run_1 P_3 = Run_2 P_1$  ;  $Run_2 P_3 = Run_3 P_1$ )

實驗數據：

Room Pressure=		(mmHg)
<b>d</b> 棉籽油=	0.918	(g/cm <sup>3</sup> )
<b>d</b> 水銀=	13.55	(g/cm <sup>3</sup> )

(1) 60cm

	Run1				Run2			
	$h_L/cm$	$h_R/cm$	$\Delta h/cm$	總壓(mmHg)	$h_L/cm$	$h_R/cm$	$\Delta h/cm$	總壓(mmHg)
<b>P<sub>1</sub></b>					A	B		
<b>P<sub>2</sub></b>								
<b>P<sub>3</sub></b>	A	B			C	D		

(2) 40cm

	Run3				Run4			
	$h_L/cm$	$h_R/cm$	$\Delta h/cm$	總壓(mmHg)	$h_L/cm$	$h_R/cm$	$\Delta h/cm$	總壓(mmHg)
<b>P<sub>1</sub></b>	C	D			E	F		
<b>P<sub>2</sub></b>								
<b>P<sub>3</sub></b>	E	F						

實驗計算：

1. 棉籽油的密度為  $0.918g/cm^3$ 。對於  $N_2$  上的四次運行中的每一次，使用方程式(12)計算  $C_P/C_V$ 。

2. 計算具有和不具有振動的  $C_P/C_V$  的理論值。