

101年公務人員高等考試三級考試試題

代號：35720  
35820

全一頁

類 科：機械工程、汽車工程

科 目：熱力學

考試時間：2小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

一、兩個具有絕熱之剛體桶 (rigid tank)，內裝一氧化碳之理想氣體，兩桶中間聯結一閥來聯通。當閥關閉時，其中一桶內裝 3 公斤、0.5 bar、100°C，另一桶內裝 5 公斤、1 bar、25°C，當閥打開時兩桶達成平衡後，將一氧化碳其定容比熱視為常數，其值為 0.745 kJ/kg°C，氣體常數 0.297 kJ/kg°C，試求下列結果：

(一)平衡溫度 (°C) = ? (10 分)

(二)平衡壓力 (bar) = ? (10 分)

(三)試求出此過程熵 (entropy) 之變化量？並說明過程之可行性。(5 分)

二、(一)試導出熱力學關係式  $(\partial C_p / \partial P)_T = -T(\partial^2 v / \partial T^2)_P$ ，其中  $C_p$  為定壓比熱、 $P$  為壓力、 $T$  為溫度、 $v$  為比容。(15 分)

(二)某液體在 1atm、40°C 時，其等壓膨脹係數  $\beta_p = 2.0 \times 10^{-4} (^\circ\text{C})^{-1}$  與  $(\partial \beta_p / \partial T)_P = 9.0 \times 10^{-6} (^\circ\text{C})^{-2}$ ，且比容  $v = 1.0 \text{ cm}^3 / \text{g}$ ，試求出  $(\partial C_p / \partial P)_T = ?$  (10 分)

三、標準空氣汽油機奧圖循環 (Otto Cycle)，壓縮比為 10，壓縮初始溫度 300°K，初始壓力 1bar，最高溫為 1800°K，試求下列結果：

(一)循環中各過程之溫度 (°K) 與壓力 (bar) 之值？(15 分)

(二)平均有效壓力 (mean effective pressure) (bar) = ? (5 分)

(三)熱效率 = ? (5 分)

註：空氣定容比熱 0.7176 kJ/kg°C、氣體常數 0.287 kJ/kg°C

四、一未知碳氫化合物燃料  $C_xH_y$ ，經與空氣化學反應後之產物，其歐薩 (Orsat) 氣體分析之結果為  $\text{CO}_2(12.1\%)$ ， $\text{O}_2(3.8\%)$ ， $\text{CO}(0.9\%)$ ，試求下列結果：

(一)寫出不含水份之乾產物為 100 莫耳之化學反應式與未知碳氫化合物燃料之化學式 = ?  
 $x = ?$ 、 $y = ?$  (15 分)

(二)寫出空燃比 (kg 空氣/kg 燃料) = ? (5 分)

(三)此反應為過剩空氣或不足空氣？其過剩或不足量為何？(5 分)

## 申論題解答

$C_v = 0.745 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$   
 $R = 0.297 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$

$$V_1 = \frac{m_1 R T_1}{P_1} = \frac{3 \times 0.297 \times (100 + 273)}{0.5 \times 100} = 6.65 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{m_2 R T_2}{P_2} = \frac{5 \times 0.297 \times (25 + 273)}{1 \times 100} = 4.43 \text{ m}^3$$

$$Q_{in} - W_{out} = \Delta U \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$m_1 C_v (T_m - T_1) + m_2 C_v (T_m - T_2) = 0$$

$$3 \times C_v (T_m - 100) + 5 C_v (T_m - 25) = 0$$

$$T_m = 21.9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_m = \frac{M' m R T_m}{V_m} = \frac{(3+5) \times 0.297 \times (21.9 + 273)}{(6.65 + 4.43)} = 63.24 \text{ (kPa)}$$

$$\Delta S = 3 \times \left[ 0.745 \ln \frac{21.9 + 273}{100 + 273} + 0.297 \ln \frac{11.08}{6.65} \right]$$

$$+ 5 \left[ 0.745 \ln \frac{21.9 + 273}{25 + 273} + 0.297 \ln \frac{11.08}{4.43} \right]$$

$$= 0.22 \text{ (kJ/K)}$$

$\Delta S = S_{gen} > 0$  表示此過程不可逆。

$$\text{由 } ds = \frac{C_p}{T} dT - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dp \text{ 為正合微分式}$$

$$\text{則 } \frac{\partial}{\partial p} \left(\frac{C_p}{T}\right)_{T=c} = \frac{\partial}{\partial T} \left[-\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p\right]_p$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial C_p}{\partial p}\right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p \quad *$$

$$\text{(二)} \quad \beta_p = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$$

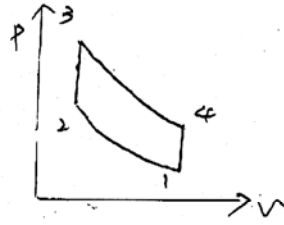
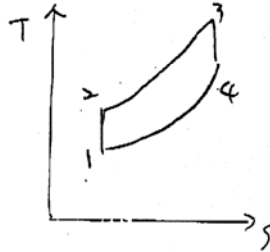
$$\left(\frac{\partial \beta_p}{\partial T}\right)_p = \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p$$

$$= \frac{-1}{vT} \left(\frac{\partial C_p}{\partial p}\right)_T$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial C_p}{\partial p}\right)_T = -vT \left(\frac{\partial \beta_p}{\partial T}\right)_p$$

$$= 1.0 \cdot \frac{(10^{-2} \text{ m})^3}{(10^{-3} \text{ kg})} \times 40^\circ \text{ C} \times 9.0 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ \text{ C}^2}$$

$$= 0.36 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{ C}}$$



$$V = \frac{V_1}{V_2} = 10 = \frac{V_4}{V_3}$$

題意：  $T_1 = 300 \text{ K}$   $P_1 = 1 \text{ bar}$   $T_3 = 1800 \text{ K}$

Sol

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = 300 \times 10^{0.4} = 753.6 \text{ K}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow P_2 = \frac{V_1}{V_2} \frac{T_2}{T_1} P_1 = (9.5) \left( \frac{753.6}{300} \right) (1 \text{ bar})$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} = \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 23.86 \text{ (bar)}$$

$$T_4 = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} = 1800 \times \left( \frac{1}{10} \right)^{0.4} = 716.6 \text{ K}$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_3 = \frac{T_3}{T_2} P_2 = \frac{1800}{753.6} \times 23.86 = 57 \text{ bar}$$

$$P_4 = P_1 \left( \frac{T_4}{T_1} \right) = 1 \times \frac{716.6}{300} = 2.39 \text{ (bar)}$$

$$q_{in} = c_v(T_3 - T_2) = 0.718(1800 - 753.6)$$

$$= 751.3 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$q_{out} = c_v(T_4 - T_1) = 0.718(716.6 - 300)$$

$$= 299.1 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$W_{net} = q_{in} - q_{out} = 452.2 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{q_{in}} = 0.6 = 60\%$$

$$MEP = \frac{W_{net}}{V_1 - V_2} = \frac{W_{net}}{V_1(1 - 1/r)} = \frac{452.2}{0.861(1 - \frac{1}{10})} = 583.56$$

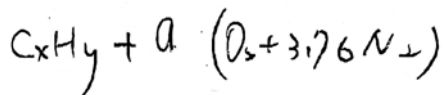
$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.287 \times 300}{100} = 0.861$$

(kPa)

12.

體積百分比即莫耳比

$$N_2 = 100 - 12.1 - 3.8 - 0.9 = 83.2$$



$$\rightarrow 12.1CO_2 + 3.8O_2 + 0.9CO + 83.2N_2 + bH_2O$$

$$C = x = 12.1 + 0.9 = 13$$

$$O_2 = 2 \times a = 12.1 \times 2 + 2 \times 3.8 + 0.9 + b$$

$$N_2 = 3.76a = 83.2$$

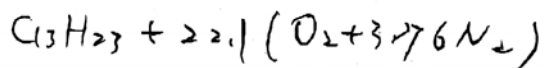
$$H = y = 2b$$

$$\Rightarrow a = 22.1$$

$$b = 11.5$$

$$y = 23$$

化學式



$$\rightarrow 12.1CO_2 + 3.8O_2 + 0.9CO + 83.2N_2 + 11.5H_2O$$

$$AF = \frac{m_{air}}{m_{fuel}} = \frac{22.1 \times 4.76 \times 29}{1 \times (12 \times 13 + 1 \times 23)} = 17.04 \frac{air}{kg \text{ fuel}}$$

6

101年〔地方特考〕

102年〔初等鐵路特考〕

應考  
要領

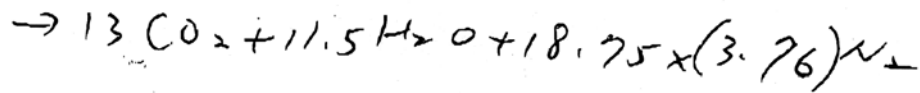
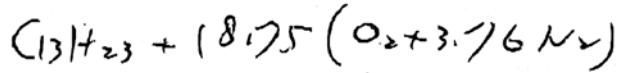
# 鼎文公職 解題

線上解題：<http://www.ezexam.com.tw>

優秀師資提供優良課程

服務電話：2331-6611

$C_{13}H_{23}$  理論燃燒式



$$\text{空氣百分比} = \frac{22.1 \times 4.76}{18.75 \times 4.76} = 118\%$$

過剩 18%