

108年專門職業及技術人員高等考試建築師、
25類科技師（含第二次食品技師）考試暨
普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

等 別：高等考試

類 科：化學工程技師

科 目：化工熱力學

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。

(三)本科目得以本國文字或英文作答。

氣體常數

$$R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol K}) = 8.314 \times 10^{-5} (\text{bar m}^3)/(\text{mol K}) = 83.14 (\text{bar cm}^3)/(\text{mol K})$$

一、丙烷（propane）的 P - V - T 性質可以凡德瓦爾（van der Waals）狀態方程

式（equation of state）表示，即 $P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$ ，其中參數 a 及 b 可以臨

界性質常數估算： $a = \frac{27R^2T_c^2}{64P_c}$ 及 $b = \frac{RT_c}{8P_c}$ 。丙烷的 $T_c = 369.8 \text{ K}$ 及

$P_c = 42.46 \text{ bar}$ 。請估算丙烷在溫度 600 K 及摩爾體積 $175 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 下的：

(一) $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ 之值。(7分)

(二) $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$ 之值。(7分)

(三) $C_P - C_V$ 之值，其中 $C_P - C_V = T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ 。(11分)

二、碳和水蒸氣在高溫反應時，系統中發現有下列氣體存在： $\text{C}(\text{s})$ 、 $\text{O}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 、 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{CO}(\text{g})$ 、 $\text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{CH}_4(\text{g})$ 及 $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ 。

(一)請寫出一組獨立化學反應式（an independent set of chemical reactions）代表此反應系統。(15分)

(二)請問此反應系統之自由度（degrees of freedom）為何？(10分)

三、一渦輪機 (turbine) 為絕熱恆穩態操作 (adiabatic, steady state operation) 係以高溫高壓水蒸氣來產生動力。若渦輪機入口為溫度 650°C 及壓力 800 kPa 之水蒸氣，而出口水蒸氣之壓力為 101.325 kPa，請問：

(一) 渦輪所可能作最大的軸功 (w_s , shaft work)。(13 分)

(二) 若渦輪的效率 (efficiency = 實際 w_s / 最大 w_s , reversible process) 僅為 0.75，請估算出口水蒸氣之溫度 (6 分) 及熵 (entropy)。(6 分)

可用水蒸氣數據如下：

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{kPa})$	$H, \text{kJ/kg}$	$S, \text{kJ}/(\text{kg K})$
650	800.0	3810.7	8.2579
300	101.325	3074.4	8.2105
350	101.325	3175.6	8.3797
400	101.325	3278.2	8.5381
450	101.325	3382.3	8.6873

四、有一雙成分系統的氣液平衡可由 $y_i P = x_i \gamma_i P_i^{\text{sat}}$ 關係式表示，其中 P_i^{sat} 為成分純物質蒸氣壓，可由安東尼方程式 (Antoine equation) 表示如下：

$$\ln P_1^{\text{sat}} = 16.59158 - \frac{3643.31}{T - 33.424} \quad \ln P_2^{\text{sat}} = 14.25326 - \frac{2665.54}{T - 53.424} \quad , \text{ 其中}$$

T 之單位為 K (Kelvin)，飽和蒸氣壓單位為 kPa；活性係數 (activity coefficients) 表示為 $\ln \gamma_1 = Ax_2^2$ $\ln \gamma_2 = Ax_1^2$ ， $A = 2.771 - 0.00523T$ ， T 之單位為 K。

(一) 在溫度 345 K 及液態濃度 $x_1 = 0.25$ ，請估算系統壓力及氣相 (vapor phase) 中的成分平衡摩爾分率。(13 分)

(二) 在溫度 375 K 及液態濃度 $x_1 = 0.75$ ，請估算系統壓力及氣相中的成分平衡摩爾分率。(12 分)