

類 科：核子工程
科 目：工程熱力學
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。

一、請回答下列問題：

(一) Principal of Corresponding States，請說明此原理 (principal) 的具體應用與應用的方式。(10 分)

(二)熱力學第零定律，請說明指出此定律所定義之物質熱力學性質 (thermodynamic property)。(5 分)

(三)熱力學第三定律。(5 分)

二、依據熱力學第二定律將能量由熱的形式轉換為功的形式時，一定要排除廢熱才能循環運作，很多人認為不可思議，廢熱也是「能源」，為什麼要浪費！但是人們可以接受能量（熱）只能從高溫的物質傳給低溫的物質，卻不能從低溫傳到高溫是一個真理。請證明前述兩個物理現象事實上是一體的兩面，亦即若接受一個為真理，另一個也是真理。(15 分)

三、請由熱力學能量使用的角度比較下面三個裝置的優劣。(15 分)

(一)熱機 (heat engine)：運轉高低溫度分別為 800°K 與 300°K 。熱機由高溫熱源 (high temperature reservoir) 接受 100 kJ 的熱，排放 50 kJ 的廢熱到低溫熱沉 (low temperature reservoir)。

(二)冷凍裝置 (refrigerator)：運轉於高低溫度分別為 -3°C 與 37°C 的區域。該裝置使用 50 kJ 的功 (work)，由低溫區抽取 100 kJ 的熱到高溫區。

(三)熱泵 (heat pump)：運轉於高低溫度分別為 -23°C 與 27°C 的區域。熱泵由低溫區抽取 100 kJ 的熱能，送出 150 kJ 的能量送到高溫區。

四、一個發明家設計了一個熱泵，宣稱可以用 2 kW 的功 (work)，自 -3°C 的室外環境移動 20 kW 的能量到 27°C 的室內，請用克勞希爾斯不等式 (Clausius Inequality) 驗證該發明家的說詞是否屬實。(10 分)

(請接背面)

類 科：核子工程
科 目：工程熱力學

- 五、(一)一個理想郎肯循環 (ideal Rankine Cycle) 汽渦輪機進口為 7 MPa 的飽和蒸汽，冷凝器的溫度 (汽機出口) 為 25°C，請計算熱效率。(5 分)
- (二)若汽渦輪機的效率(isentropic efficient)為 0.90，飼水泵浦的效率(isentropic efficient)為 0.95，其他條件維持不變，請計算熱效率。(10 分)
- (三)請說明如何更改該郎肯循環的設計參數以提昇熱效率。請用簡單的圖示法說明所提的變更，確實可以提升熱效率。(5 分)
- (四)在郎肯循環加入再熱器 (reheater) 與飼水加熱器 (feedwater heater) 可以提升熱效率。飼水加熱器有兩種形式，開放式與封閉式。請繪製一個同時具有再熱器 (reheater)，開放式飼水加熱器 (open feedwater heater) 與封閉式飼水加熱器 (closed feedwater heater) 之郎肯循環系統簡圖。請明確標明簡圖中的設備名稱。(6 分)
- (五)請說明為何飼水加熱器 (feedwater heater) 可以提升郎肯循環的熱效率？飼水加熱器對循環的運作是否有不利的影響。(4 分)
- (六)假設(二)中的鍋爐熱源 (thermal reservoir) 的溫度為 290°C，請計算鍋爐的熱力學第二定律熱效率 (Second Law Efficiency)。(5 分)
- (七)假設(二)中的鍋爐熱源 (thermal reservoir) 的溫度為 290°C，請計算該郎肯循環的熱力學第二定律熱效率 (Second Law Efficiency)。(5 分)

Properties of Saturated Water

Pressure (MPa)	Temp. (°C)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy(kJ/kg)		Entropy(kJ/kg °K)	
		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
0.003169	25	1.0029×10 ⁻³	43.36	104.89	2547.2	0.3674	8.5580
7	285.9	1.3513×10 ⁻³	0.02737	1267.0	2772.1	3.1211	5.8133

$$\text{Exergy : } x = \left(h - T_0 s + \frac{1}{2} V^2 + gZ \right) - (h_0 - T_0 s_0 + gZ_0)$$

$$x = (e + P_0 v - T_0 s) - (e_0 + P_0 v_0 - T_0 s_0)$$