

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，須詳列解答過程。

(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)如果您認為題目所給的條件不夠，請自行做合理的假設。您可能會需要以下的方程式，請參酌使用。

● 質量與能量守恆方程式：

$$\sum_{inlet} \dot{m} - \sum_{exit} \dot{m} = \frac{dm_{system}}{dt}$$

$$\dot{Q} - \dot{W} + \sum_{inlet} \dot{m}(h + e_k + e_p) - \sum_{exit} \dot{m}(h + e_k + e_p) = \frac{dE_{system}}{dt}$$

● 不可逆性 (Irreversibility) 方程式：

$$\dot{I} = T_0 \left(\frac{dS}{dt} \right)_{total} = T_0 \left(\sum_{exit} \dot{m}s - \sum_{inlet} \dot{m}s + \frac{dS_{system}}{dt} - \sum_k \frac{\dot{Q}_k}{T_k} \right)$$

● 其它可能用到的方程式：

$$ds = \left(\frac{\delta q}{T} \right)_{reversible} ; \quad Tds = dh - vdp ; \quad h = u + pv ; \quad dh = Cp dT + \frac{\partial h}{\partial p} dp$$

對理想氣體而言， $u = u(T)$ ， $pv = RT$

● 假設您有熱力性質表可以查

● 符號說明：

 \dot{m} ：質量流率； m ：質量； \dot{Q} ：總熱功率； q ：單位質量的熱量； \dot{W} ：功率； h ：焓 (enthalpy)； e_k ：單位質量的動能 (specific kinetic energy)； e_p ：單位質量的位能 (specific potential energy)； E ：總能量； t ：時間； p ：壓力； v ：比容； T ：溫度； R ：理想氣體常數； C_p ：定壓比熱； T_0 ：最低之環境溫度； T_k ：第 k 個熱源之溫度； \dot{Q}_k ：第 k 個熱源與系統之熱傳功率。

(請接第二頁)

類 科：核子工程
科 目：工程熱力學

- 一、請區分何謂「物理性質(physical property)」與「熱力性質(thermodynamic property)」？請分別給兩個性質。(12分)請問這兩類性質在一般核電廠的朗肯循環(Rankine cycle)應用中，何以物理性質的變化所造成的能量改變遠比不上熱力性質的變化所造成的能量改變？(8分)
- 二、一個剛硬(rigid)且完全隔熱(well-insulated)的節流閥(throttling valve)被應用來將工作流體由高壓轉換成低壓狀態。飽和液態水穩定地進入節流閥的溫度為 150°C ；離開節流閥時候的壓力為 100 kPa 。如果出入口的動能變化遠小於焓的變化忽略，能量守恆方程式可以簡化到怎樣的型式？請敘述方法如何決定內能的變化。(10分)請簡易繪出該過程於 $T-s$ 與 $p-v$ 圖上。(10分)[註：不必求得答案。]
- 三、某一動力引擎運轉於某熱源及某熱沉溫度之間；熱源溫度 $T_H = 1000^{\circ}\text{C}$ ，熱沉溫度 $T_L = T_0 = 0^{\circ}\text{C}$ 。請問：
- (一)如果該引擎為一簡單理想的布雷登循環(Brayton cycle)，它的壓縮比(compression ratio)為9，進入壓縮機的空氣壓力是 1 atm ，最高與最低的運轉溫度分別為 900°C 及 30°C 。假設空氣的比熱為常數， $C_p = 1.0\text{ kJ/kg-K}$ ，理想氣體常數 $R = 0.25 C_p$ 。請求得該循環的效率(thermal efficiency)與每單位質量的不可逆性。(18分)
- (二)請依以上的條件將卡諾循環(Carnot cycle)及布雷登循環繪於 $T-s$ 圖上，並請將不可逆性以陰影區標示於 $T-s$ 圖上。(12分)
- 四、 10 kg 的氧氣進行由下面三個過程所建構的循環：
- 1→2：等溫(isothermal)過程： $500\text{ K}, 300\text{ kPa} \rightarrow 100\text{ kPa}$
- 2→3：等壓過程
- 3→1：可逆且絕熱的壓縮過程
- (一)請繪出 $T-s$ 與 $p-v$ 圖，並將狀態1, 2, 3標示在圖上。(15分)
- (二)描述如何求出每一過程熵的變化量。(10分)[註：不必求得答案。]
- (三)描述如何求出過程1→2的作功量。(5分)[註：不必求得答案。]