

109 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試
類 科：機械工程
科 目：熱力學

甲、申論題部分

一、焦耳-湯姆森係數 (Joule-Thomson coefficient, μ) 為等焓節流過程中，當壓力下降所導致溫度變化之量化指標，其定義為 $\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h$ 。試回答下列問題：

(一)說明 $\mu > 0$ 、 $\mu < 0$ 分別代表之物理意義；冷凍空調系統選用之冷媒 μ 值應為前述何者？(10 分)

(二)試由焦耳-湯姆森係數證明理想氣體無法藉由節流過程達到冷卻之目的。(10 分)

註：焓之熱力關係式為 $dh = c_p dT + \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dP$

【解題關鍵】

- 1.《考題難易》★★。
- 2.《破題關鍵》焦耳-湯姆森係數之定義、特性及關係式。
- 3.《使用學說》熱力性質關係式。

【擬答】

(一) $\mu < 0 \Rightarrow$ 表示溫度增加， $\mu > 0 \Rightarrow$ 表示溫度降低。冷媒 μ 值為後者 (即 $\mu > 0$)。

(二) $dh = c_p dT + \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dP$ ，其中等焓過程之 $dh=0$

$$\therefore -\frac{1}{c_p} \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h = \mu$$

將理想氣體狀態方程式 $v = \frac{RT}{P}$ 代入上式可得 $\mu = -\frac{1}{c_p} \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] = 0$

故理想氣體進行一節流過程 ($h=\text{常數}$) 時，在 T-P 圖上之等焓線為一水平線，即在此節流過程中之溫度為定值，故理想氣體之節流過程是無法用來降低溫度的。

志光·學儒·保成

公職工科+國營事業

1+1 更有力

準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就上榜！

110年上榜路徑大公開！一起準備最聰明，一年超過8次上榜機會，等你工頂！

初等考	關務特考	鐵路特考	高普考	調查局特考
1月	4月	6月	7月	8月
● 最容易上手的公職考試	● 考科少於同職等考試	● 佐級錄取率最高	● 一次準備，四次上榜機會	● 三等月薪76,000起

地方特考	自來水評價人員	台電考試	中油僱員	國營事業職員級
12月	不定期 選聘	不定期 選聘	不定期 選聘	不定期 選聘
● 考科同高普考	● 只考選擇題	● 考科少、好準備 ● 110年預計5月考試	● 只考2科，多為選擇題	● 國營退休潮，缺額多，限工科報考競爭者少

錄取率高 109年工科錄取率最高達**19.42%**

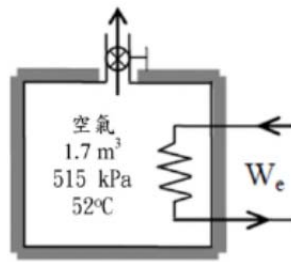
電力工程	電子工程	機械工程	資訊工程
高考 19.42% 普考 17.33%	高考 9.04% 普考 9.39%	高考 18.27% 普考 13.70%	高考 12.92% 普考 10.47%

公職王歷屆試題 (109 地方特考)

二、有一體積為 1.7 m^3 之絕熱剛性容器，裝有 515 kPa 、 52°C 之空氣，容器接有一閥用以控制空氣之進出。現將閥打開使空氣溢出直至內部壓力降至 206 kPa 。過程中以置於容器內的電加熱器將空氣溫度維持固定。假設空氣為理想氣體，其氣體常數為 $0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ ，試計算：

(一)由剛性容器內溢出之氣體質量 (kg)。(7 分)

(二)電加熱器之加熱量 (kJ)。(8 分)



空氣性質表

T (K)	h (kJ/kg)	u (kJ/kg)
315	315.27	224.85
325	325.31	232.02
330	330.34	235.61
340	340.42	242.82

【解題關鍵】

- 1.《考題難易》★★。
- 2.《破題關鍵》開放系統非穩流(或暫態流)過程之應用。
- 3.《使用學說》熱力學第一定律。

【擬答】

(一)由質量守恆可得 $m_e = m_1 - m_2$

$$\text{其中 } m_1 = \frac{P_1 V}{RT_1} = 9.386 (\text{kg}), m_2 = \frac{P_2 V}{RT_2} = 3.755 (\text{kg})$$

$$\therefore m_e = 5.631 (\text{kg})$$

(二)此過程無入口且假設動位能變化可忽略，則由開放系統非穩流過程之熱力第一定律可得

$$Q - W = m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1$$

其中

$$1. Q = 0$$

$$2. W = -W_e = -W_{in}$$

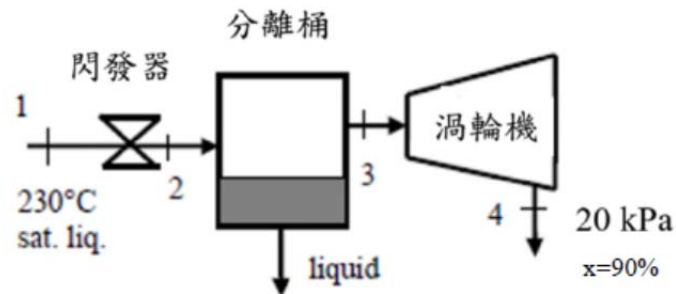
$$3. T_e = 325 (\text{K}) \Rightarrow h_e = 325.31 (\text{kJ/kg})$$

$$4. T_1 = 325 (\text{K}) \Rightarrow u_1 = 232.02 (\text{kJ/kg})$$

$$5. T_2 = 325 (\text{K}) \Rightarrow u_2 = 232.02 (\text{kJ/kg})$$

$$\therefore W_e = 525.32 (\text{kJ})$$

- 三、某單閃式地熱發電廠，地熱水進入閃發器（由節流閥構成）之條件為 230°C 的飽和液體，流量 50 kg/s 。經過閃發過程降壓至 1002.8 kPa 後，再利用分離桶使兩相混合之流體分離，並將水蒸汽用以推動渦輪機，已知離開渦輪機時之流體狀態為壓力 20 kPa 、乾度 $x=90\%$ ，試計算：
- (一) 點 3 之水蒸汽質量流率 (kg/s)。(10 分)
- (二) 渦輪機之輸出功 (kW)。(10 分)



飽和水與飽和水蒸汽性質表

$T_{\text{sat}} (^{\circ}\text{C})$	$P_{\text{sat}} (\text{kPa})$	$h_f (\text{kJ/kg})$	$h_g (\text{kJ/kg})$
60	19.947	251.18	2608.8
65	25.043	272.12	2617.5
180	1002.8	763.05	2777.2
230	2797.1	990.14	2802.9

【解題關鍵】

- 《考題難易》★★★★★。
- 《破題關鍵》地熱能之應用。
- 《使用學說》再生能源。

【擬答】

$$\begin{cases} T_1 = 230^{\circ}\text{C} \\ x_1 = 0 (\text{飽和液體}) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = P_{\text{sat}} = 2797.1 (\text{kPa}) \\ h_1 = h_f = 990.14 (\text{kJ/kg}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_2 = 1002.8 (\text{kPa}) \\ h_2 = h_1 = 990.14 (\text{kJ/kg}) \end{cases} \Rightarrow T_2 = 180 (^{\circ}\text{C})$$

$$\begin{cases} P_3 = P_2 = 1002.8 \text{ kPa} \\ x_3 = 1 (\text{飽和汽體}) \end{cases} \Rightarrow h_3 = h_g = 2777.2 (\text{kJ/kg})$$

$$\begin{cases} P_4 = 20 \text{ kPa} \\ x_4 = 0.9 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_f = 251.18 (\text{kJ/kg}) \\ h_g = 2608.8 (\text{kJ/kg}) \end{cases} \Rightarrow h_4 = h_f + x_4 h_{fg} = 2373.04 (\text{kJ/kg})$$

$$(一) \text{狀態 2 之水的乾度為 } h_2 = h_{2f} + x_2 h_{2fg} \Rightarrow x_2 = \frac{h_2 - h_{f@P_2}}{h_{fg@P_2}} = 0.1127$$

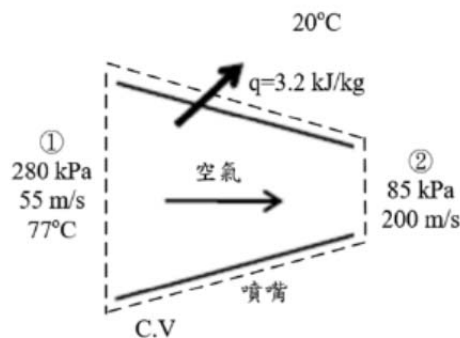
故點 3 (渦輪機入口處) 之水蒸汽質量流率為 $m_3 = x_2 m_1 = 5.64 (\text{kg/s})$

$$(二) \text{渦輪機之輸出功為 } W_{\text{out}} = m_3 (h_3 - h_4) = 2279.46 (\text{kW})$$

四、空氣在 280 kPa 與 77 °C，以 55 m/s 的速度穩定流入一噴嘴，並以 85 kPa、200 m/s 流出噴嘴。從噴嘴傳至 20 °C 外界的熱損失為 3.2 kJ/kg。空氣之氣體常數為 0.287 kJ/kg · K，試計算：

(一)流出噴嘴之空氣溫度 (K)。(10 分)

(二)此過程之總熵變化量 (kJ/kg · K)。(15 分)



空氣性質表

T (K)	h (kJ/kg)	s° (kJ/kg · K)
325	325.31	1.78249
330	330.34	1.79783
340	340.42	1.82790
350	350.49	1.85708

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★。
2. 《破題關鍵》開放系統穩流過程熱力學第一定律及熵增加原理之應用。
3. 《使用學說》熱力學第一定律、熵。

【擬答】

(一)此過程為穩流、單一進出口，假設忽略位能變化，則由單位質量型式之開放系統熱力學第一定律可得 $q - w = (h_2 - h_1) + \frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2)$

其中

1. $q = -q_{out} = -3.2 \text{ (kJ/kg)}$

2. $w = 0$

3. $T_1 = 350 \text{ K} \Rightarrow h_1 = 350.49 \text{ (kJ/kg)}$

$\therefore h_2 = 328.8 \text{ (kJ/kg)}$ ，查表並配合內插法可得 $\begin{cases} T_2 = 328.47 \text{ (K)} \\ S_2^0 = 1.79313 \text{ (kJ/kg} \cdot \text{K)} \end{cases}$

(二)對穩流且單一進出口之開放系統熵增加原理為

$$S_{gen} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} = S_2^0 - S_1^0 - R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) + \frac{q_{out}}{T_0}$$

其中 1. $T_1 = 350 \text{ K} \Rightarrow S_1^0 = 1.85708 \text{ (kJ/kg} \cdot \text{K)}$

2. $S_2^0 = 1.79313 \text{ (kJ/kg} \cdot \text{K)}$

3. $\frac{q_{out}}{T_0} = \frac{3.2}{20 + 273} = 0.01092 \text{ (kJ/kg} \cdot \text{K)}$

$\therefore S_{gen} = 0.28911 \text{ (kJ/kg} \cdot \text{K)}$

志光.學儒.保成 規劃了豐富完整的課程

精心安排專屬**工科人**的學習規劃，最完整的上榜課程

工科考試所需要的準備，我們通通幫你安排好了

法科架構班

學校沒教的，我們教給你！名師精解法科知識，結合實務例子，助你建構法科概念。

扎實正規班

完整堂數規劃，循序漸進學習，讓您深度修習工科各專業學科知識。

作文實戰班

作文再也不是理工人的痛！透過專業老師的輔導，快速強化您的寫作架構、邏輯概念。

主題題庫班

主題式教學，搭配各類試題演練，進行考點分析及破題要點訓練，讓您短時間各科實力倍增。

時事議題修法要點

自己沒時間彙整最新資訊沒關係！完整時事補充，修法即時解析，考前重點全面補遺。

考前提要關懷講座

名師考前最終提點，穩定你累積許久的實力，讓你的觀念更加清晰。

全國全真模擬考

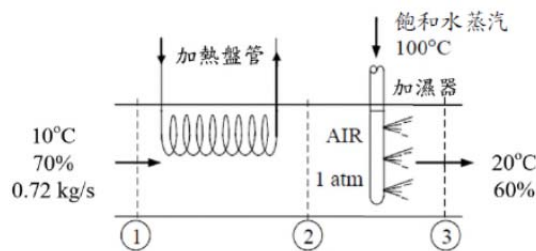
檢視應考實力、訓練臨場反應、掌握最新考題趨勢，全程比照考試時程，模擬考場實戰氛圍，讓您能以平常心應考！

精華總複習

考前重點總複習，精準掌握重要考點，讓您考前實力突飛猛進。



- 五、有一空調系統由一加熱盤管與一個供給 100°C 之飽和水蒸汽的加濕器構成。空氣以 10°C 、相對濕度 70% 且質量流率 0.72 kg/s 進入加熱盤管；以 20°C 、相對濕度 60% 離開加濕器。已知此空調系統工作於 1 大氣壓 (101.325 kPa) 之環境。乾空氣之定壓比熱 $c_{pa}=1.005\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，試計算：
- (一) 加熱盤管之熱傳率 (kW)。(10 分)
- (二) 加濕器之加濕率 (kg/s)。(10 分)



飽和水與飽和水蒸汽性質表

$T_{\text{sat}} (^{\circ}\text{C})$	$P_{\text{sat}} (\text{kPa})$	$h_f (\text{kJ/kg})$	$h_g (\text{kJ/kg})$
10	1.2281	42.022	2519.2
20	2.3392	83.915	2537.4
100	101.325	419.06	2675.6

【解題關鍵】

- 《考題難易》★★★★★。
- 《破題關鍵》濕空氣之特性、空氣調節過程之應用。
- 《使用學說》濕空氣、空氣調節。

【擬答】

$$\omega_1 = 0.622 \frac{\phi_1 P_g}{P - \phi_1 P_g}, \text{ 其中 } P_g = P_{sat} @ T_1 = 1.2281 (kPa)$$

$$\therefore \omega_1 = 0.00532 (kg-H_2O/kg-dry air) = \omega_2$$

$$h_1 = h_a + \omega_1 h_g = C_{pa} T_1 + \omega_1 h_g = 23.45 (kJ/kg-dry air)$$

$$\omega_3 = 0.622 \frac{\phi_3 P_g}{P - \phi_3 P_g}, \text{ 其中 } P_g = P_{sat} @ T_3 = 2.3392 (kPa)$$

$$\therefore \omega_3 = 0.00874 (kg-H_2O/kg-dry air)$$

$$h_3 = h_a + \omega_3 h_g = C_{pa} T_3 + \omega_3 h_g = 42.28 (kJ/kg-dry air)$$

(一) 由②與③間之開放系統熱力學第一定律可得

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + gz_e \right) - \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{1}{2} V_i^2 + gz_i \right)$$

其中 $\dot{Q} = 0$ 、 $\dot{W} = 0$ ，且忽略動位能變化

$$\therefore \sum \dot{m}_i h_i = \sum \dot{m}_e h_e \Rightarrow \dot{m}_w h_w + \dot{m}_{a2} h_2 = \dot{m}_{a3} h_3$$

其中由質量守恆可得
$$\begin{cases} \dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a3} = \dot{m}_a \\ \dot{m}_w = \dot{m}_{v3} - \dot{m}_{v2} \end{cases}$$

$$\text{故 } (\omega_3 - \omega_2) h_w + h_2 = h_3 \Rightarrow h_2 = h_3 - (\omega_3 - \omega_2) h_{g@100^\circ C} = 33.13 (kJ/kg)$$

由①與②間之開放系統熱力學第一定律可得

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}_e \left(h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + gz_e \right) - \dot{m}_i \left(h_i + \frac{1}{2} V_i^2 + gz_i \right)$$

其中 $\dot{Q} = \dot{Q}_{in}$ 、 $\dot{W} = 0$ ，且忽略動位能變化

$$\therefore \dot{Q}_{in} = \dot{m}_e h_e - \dot{m}_i h_i = \dot{m}_a (h_2 - h_1) = 6.97 (kW)$$

$$(二) \dot{m}_w = \dot{m}_{v3} - \dot{m}_{v2} = \dot{m}_a (\omega_3 - \omega_2) = 0.0025 (kg/s)$$



我們專屬設計的學習模式， 讓你聰明學習輕鬆投考！

我們都在志光·學儒·保成 成功找到工科人的工頂人生

學習模式



面授學習

直接，有效

- 實際面對面教學，現場解決您的疑惑。
- 優質專業名師，幫您統整、分析考試重點資訊。
- 定期的大小測驗，您可隨時檢視學習效果。



雲端函授

自主，彈性

- 不用煩惱通網問題，課程教材直接送到家。
- 反覆聽課，不怕觀念聽不懂。
- 完全自由，可自主安排學習進度。



視訊學習

便利，專注

- 安靜舒適的上課環境，提高您的專注力。
- 看課時間能自由預約，無須擔心時間衝突。
- 可依需求暫停、倒轉或快轉，深度學習超簡單。

中年失業報考公職

求職APP裡都是已讀不回，轉個念，重拾課本念書，靠自己努力去爭取一分穩定工作，贏回自己未來的人生；也為了自己的家庭、小孩繼續的打拼下去。

8個月考取 地方特考 四等機械工程 盧○偉



期望大學畢業後即就業

透過老師傾囊相授以及課程安排，很快地便對各考科有一定的程度。並從模擬考中得知是否有不熟、不懂的地方，使我更加針對不足之處加強，一次又一次成績大幅提升使人信心大增！

1年考取/應屆考取 鐵路特考 佐級機械工程 陳○謙



資源豐富幫助我很多

在朋友推薦和試聽後發現也蠻不錯的，且距離家也近，補習班有良好的讀書環境，剛開始我完全不知道該如何準備，就去問補習班的櫃台小姐，他們都很熱心的提供各種方式及管道。

高普雙榜 高普考 電力工程 蔡○霖

