

112 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：農業機械、機械工程

科 目：熱力學

李函老師解題

一、 有一 400m^3 之儲存槽儲存液態天然氣。天然氣之主要成分為甲烷。儲存槽內之甲烷壓力為 100kPa ，液態及氣態之體積占比分別為 98% 及 2% 。請問儲存槽內甲烷之質量為何？甲烷之乾度為何？（10 分）

在燃氣發電中，需先將液態天然氣汽化，釋放之能量稱為冷能。請問 之天然氣汽化至 100kPa 之飽和蒸汽釋放之冷能。（10 分）

給予數據：甲烷 100kPa ， $v_f=0.002366\text{m}^3/\text{kg}$ ， $v_g=0.55665\text{m}^3/\text{kg}$ ， $h_f=-286.5\text{kJ}/\text{kg}$ ， $h_g=223.83\text{kJ}/\text{kg}$ 。

【解題關鍵】

《考題難易》★

《破題關鍵》質量、乾度及氣化潛熱之定義。

《使用法條》or《使用學說》純物質的性質。

【擬答】

$$m_f = \frac{V_f}{v_f} = 165680.47\text{kg} \quad , \quad m_g = \frac{V_g}{v_g} = 14.37\text{kg}$$

$$m = m_f + m_g = 165694.84\text{kg}$$

$$x = \frac{m_g}{m} = 8.67 \times 10^{-5}$$

$$h_{fg} = h_g - h_f = 510.33\text{kJ}/\text{kg} \quad \circ$$

公職王歷屆試題 (112年高三級)

二、 100kPa, 150°C 的水在可逆過程下被加入熱量 75 kJ/kg, 加熱過程可為等溫、等容或等壓。

請問在何種過程熵改變量最大? 試以 T-S 圖解釋之。(10分)

液態物質在可逆絕熱過程時, 溫度之改變為何?(5分)

理想氣體在可逆絕熱過程時, 溫度與壓力關係為何?(5分)

【解題關鍵】

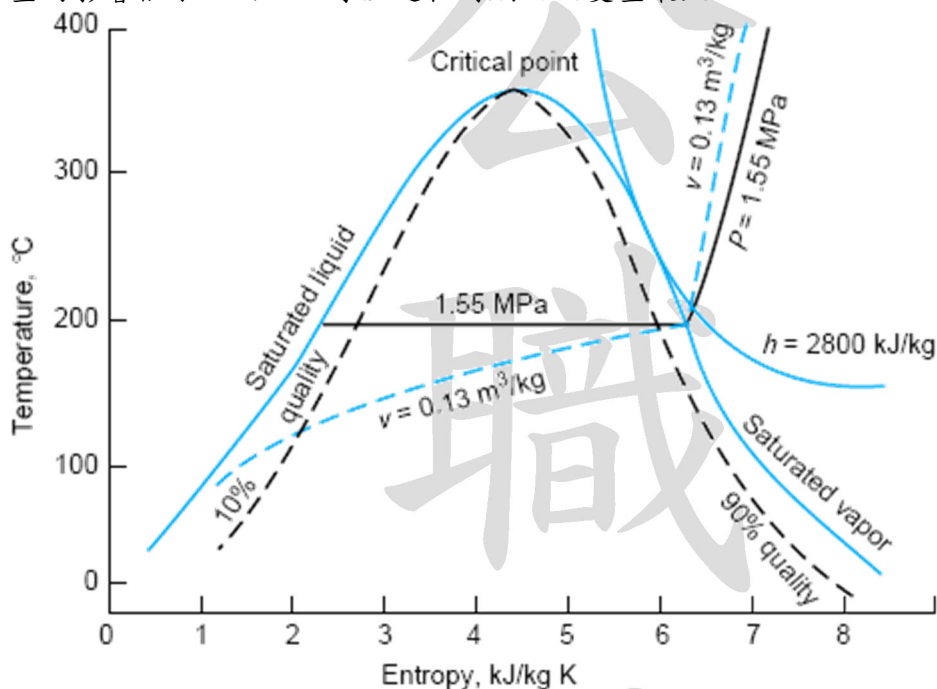
《考題難易》★★★★

《破題關鍵》熵之定義、溫熵圖(T-S 圖)之應用、液體及理想氣體之熵變化關係式。

《使用法條》or 《使用學說》熵與可用性。

【擬答】

如下圖所示為水蒸汽之 T-S 圖, 由圖中可知在過熱蒸汽區之等容線斜率比等壓線斜率大(較陡), 且兩者皆為正斜率, 即隨著溫度升高(加熱過程)而增加, 但溫度升高之變化對熵改變量的影響很小。因此, 等溫過程對熵之改變量最大。



液態物質在可逆絕熱(等熵)過程時, 若假設比熱為定值, 則

$$\Delta s = s_2 - s_1 = C \ln \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow 0 = C \ln \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = T_1, \text{ 可知此過程亦為等溫過程。}$$

理想氣體在可逆絕熱(等熵)過程時, 若假設比熱為定值, 則溫度與壓力關係為 $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$,

式中 k 為比熱比, 其定義為 $k = \frac{C_p}{C_v}$ 。

公職王歷屆試題 (112年 高考三級)

三、空氣進入一絕熱穩流渦輪機之壓力為 1200kPa，溫度為 1500 K，出口壓力為 200kPa。渦輪機之等熵效率為 78%。在等壓比熱為常數且值為 1.004 kJ/kg·K 之假設下，求出渦輪機出口溫度及熱力學第二效率。(20 分)

【解題關鍵】

《考題難易》★★

《破題關鍵》熱力學第一定律、可逆功、第二定律效率。

《使用法條》or《使用學說》熱力學第一定律、熵與可用性。

【擬答】

$$1 \rightarrow 2s : q_{12s} - w_{12s} = \Delta h_{12s} = h_{2s} - h_1 = C_p(T_{2s} - T_1), \text{ 其中 } \begin{cases} q_{12s} = 0 \\ w_{12s} = w_{out,s} = w_{T,s} \end{cases}$$

$$\therefore w_{out,s} = w_{T,s} = C_p(T_1 - T_{2s}), \text{ 其中 } \frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \Rightarrow T_{2s} = 900K$$

故 $w_{out,s} = w_{T,s} = 602.4kJ/kg$

$$\eta_T = \frac{w_{out,a}}{w_{out,s}} \Rightarrow w_{out,a} = 469.87kJ/kg$$

$$1 \rightarrow 2 : q_{12} - w_{12} = \Delta h_{12} = h_2 - h_1 = C_p(T_2 - T_1), \text{ 其中 } \begin{cases} q_{12} = 0 \\ w_{12} = w_{out,a} = w_{T,a} \end{cases}$$

$$\therefore w_{out,a} = w_{T,a} = C_p(T_1 - T_2) \Rightarrow T_2 = 1032K = 759^\circ C$$

$$w_{out,rev} = \psi_1 - \psi_2 = (h_1 - h_2) - T_0(s_1 - s_2) = w_{out,a} - T_0(s_1 - s_2)$$

假設 $T_0 = T_1 = 1500K$ ，且 $s_2 - s_1 = C_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 0.1387kJ/kg$

$$\therefore w_{out,rev} = w_{out,a} - T_0(s_1 - s_2) = 677.92kJ/kg$$

故 $\eta_{II} = \frac{w_{out,a}}{w_{out,rev}} = 69.3\%$



志光 保成 學儒 陪你

站上工科巔峰

電力工程

電子工程

機械工程

資訊處理

<p>【全國狀元】 111 高 考 電子工程 洪○銓</p> <p>【全國榜眼】 111 普 考 資訊處理 羅○昌</p> <p>【台北市榜眼】 111 地特三等 電子工程 郭○瑞</p> <p>【台北市榜眼】 111 地特四等 電力工程 張○境</p> <p>【金門縣榜眼】 111 地特三等 資訊處理 李○杰</p> <p>【台北市探花】 111 地特四等 電子工程 楊○榮</p> <p>【高雄市探花】 111 地特四等 電子工程 何○宇</p> <p>【全國第五】 112初 等 考 電子工程 陳○豪</p>	<p>【台北市第五】 111 地特三等 電子工程 薛○文</p> <p>【全國第七】 111 普 考 電子工程 卓○倫</p> <p>【全國第八】 111 高 考 機械工程 江○禾</p> <p>【全國第八】 111 普 考 電力工程 陳○璋</p> <p>【全國第八】 111 普 考 電子工程 李○穎</p> <p>【台北市第八】 111 地特四等 資訊處理 吳○進</p> <p>【全國第九】 111 普 考 機械工程 施○佑</p>
--	---

各 類 考 試 優 秀 考 取

高考電力工程 丁○翔; 高考電力工程 陳○璋; 普考電力工程 梁○豐; 普考機械工程 金○璋; 普考資訊處理 陳○廷; 普考資訊處理 吳○翰; 普考資訊處理 褚○華 高考電力工程 王○甯; 高考電力工程 曾○倫; 高考電子工程 王○程; 高考資訊處理 于○; 高考資訊處理 陳○明; 普考資訊處理 李○庭; 普考資訊處理 劉○廷 高考電力工程 吳○哲; 高考電力工程 葛○宇; 高考電子工程 卓○倫; 高考資訊處理 李○庭; 高考資訊處理 曾○璋; 普考資訊處理 張○偉; 普考資訊處理 劉○銘 高考電力工程 吳○瑋; 高考電力工程 蔡○昇; 高考電子工程 莊○雪; 高考資訊處理 胡○紘; 高考資訊處理 黃○迪; 普考資訊處理 張○慧; 普考資訊處理 鄭○然 高考電力工程 吳○聰; 高考電力工程 蔡○鎮; 普考電子工程 馮○恩; 高考資訊處理 張○偉; 高考資訊處理 廖○仲; 普考資訊處理 陳○明; 普考資訊處理 賴○全 高考電力工程 李○源; 高考電力工程 鄧○駿; 普考電子工程 蔣○霖; 高考資訊處理 許○傑; 高考資訊處理 劉○廷; 普考資訊處理 陳○堂; 地特三等 資訊處理 龍○穎 高考電力工程 席○榮; 普考電力工程 吳○哲; 高考機械工程 黃○榮; 高考資訊處理 郭○哲; 高考資訊處理 賴○全; 普考資訊處理 曾○璋; 初 等 考 電子工程 楊○榮 高考電力工程 梁○豐; 普考電力工程 吳○璋; 普考機械工程 江○禾; 高考資訊處理 郭○楷; 高考資訊處理 羅○昌; 普考資訊處理 黃○迪; 初 等 考 電子工程 楊○文
--

版面有限 無法一一刊登

公職王歷屆試題 (112年 高考三級)

四、將大氣等壓或等容冷卻，何者之露點溫度 (dew point temperature) 較低？請以 T-S 圖解釋。(5分)

將大氣溫度由 35°C 降至 20°C，絕對濕度由 0.0175 降至 0.01，相對濕度由 50% 提高至 70%，請問需加濕或除濕？請將此過程顯示於濕氣圖上。(5分)

大氣自 20°C，100kPa，相對濕度 60% 壓縮至 600kPa，並冷卻至 20°C，將水分移除。若乾空氣流量為 0.5 kg/s，請問水移除流量及冷卻後之相對濕度。(10分)

【解題關鍵】

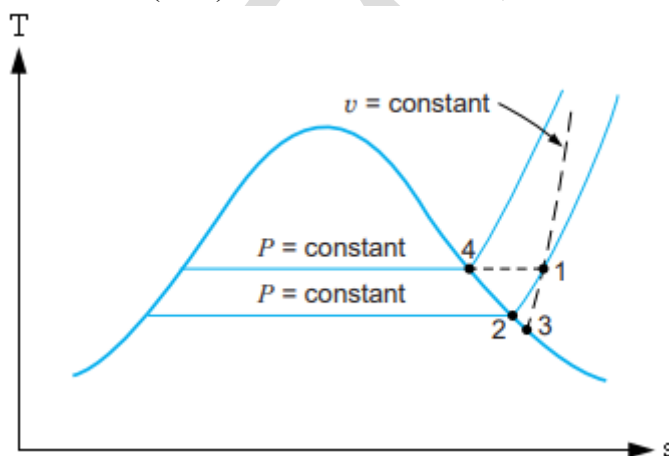
《考題難易》★★★★

《破題關鍵》露點之定義、濕空氣之特性、空氣線圖(濕氣圖)之應用。

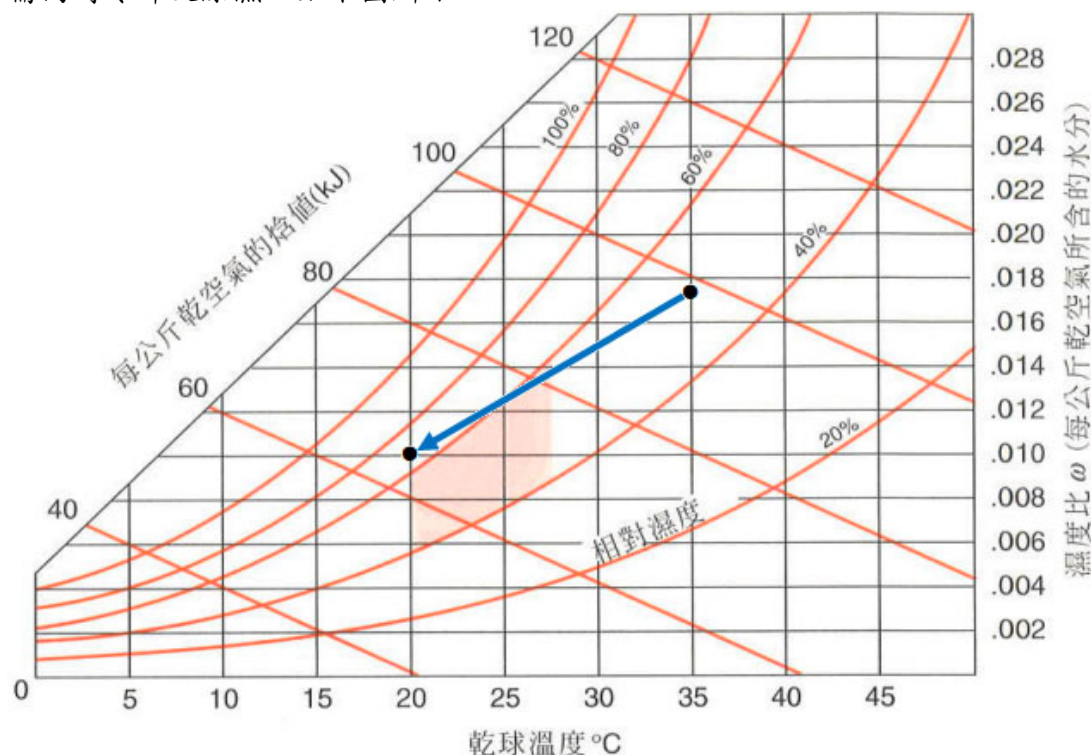
《使用法條》or 《使用學說》濕空氣與空氣調節。

【擬答】

如下 T-s 圖中顯示蒸汽之露點，若混合物在定壓下冷卻(圖中線段 1-2)，則點 2 之溫度即為露點溫度。若混合物在等容下冷卻(圖中線段 1-3)，則凝結會於點 3 發生(此點即為等容下冷卻之露點溫度)，而此溫度(點 3)會略低於定壓下冷卻之露點溫度(點 2)。



需同時冷卻及除濕，如下圖所示。



條件不足。

公職王歷屆試題 (112 年高考三級)

五、一鋼瓶內有 2 kmol 的碳 (carbon, C) 及 2 kmol 的氧 (oxygen, O₂)，溫度為 25°C，壓力為 200 kPa。在燃燒後產生 1 kmol 二氧化碳 (carbon dioxide, CO₂)，1 kmol 一氧化碳 (carbon monoxide, CO) 以及過剩的氧。燃燒後溫度為 1000 K。請問鋼瓶最後壓力以及此燃燒過程之熱傳量為何？(20 分) 給予數據：

	CO ₂	CO	O ₂	C
形成和焓(enthalpy of formation) (kJ/kmol)	-393522	-110527	0	0
等壓比熱 (kJ/kg/K)	0.842	1.041	0.922	
分子量 (kg/kmol)	44	28	32	12

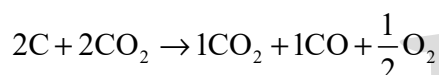
【解題關鍵】

《考題難易》★★★★★

《破題關鍵》燃燒反應、形成焓、具化學反應之熱力學第一定律。

《使用法條》or《使用學說》基本燃燒反應、熱化學。

【擬答】



反應物(gas)： $n_{r(gas)} = 2$ 。產物(gas)： $n_{p(gas)} = 2.5$

若假設反應物及產物均為理想氣體，則由理想氣體狀態方程式可得

$$\begin{cases} P_r V = n_r R_u T_r \\ P_p V = n_p R_u T_p \end{cases} \Rightarrow P_p = \frac{n_p T_p}{n_r T_r} P_r = 838.93 \text{ kPa}, \text{ 其中鋼瓶為等容過程}$$

上式之結果為產物之壓力，亦即鋼瓶最後之壓力。

假設此過程忽略動位能之變化，故由具化學反應之封閉系統熱力學第一定律可得

$$Q - W = \Delta U = U_p - U_r, \text{ 其中此過程不作功，即 } W = 0$$

$$\therefore Q = U_p - U_r, \text{ 其中 } H = U + PV \Rightarrow U = H - PV$$

$$\text{故 } Q = (H - PV)_p - (H - PV)_r = (H - nR_u T)_p - (H - nR_u T)_r$$

$$\therefore Q = (H_p - H_r) - R_u (n_p T_p - n_r T_r)$$

$$\text{其中 } H_r = \sum n_r (\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_r = 0$$

$$H_p = \sum n_p (\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_p = -502404 \text{ kJ}$$

$$\text{故 } Q = -518234 \text{ kJ}$$