

等 別：三等考試
類 科：機械工程
科 目：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)本科得以本國文字或英文作答。

一、卡車上載一輛 1,500 公斤 (kg) 的故障轎車，如忽略摩擦力、空氣阻力和滾動摩擦，請考量下列行駛情形，分別計算運載此轎車後，卡車所增加之功率需求 (extra power required)：(每小題 5 分，共 15 分)

(一)以等速度 (constant velocity) 在水平的路上行駛。

(二)以時速 60 公里/時 (60 km/h)，在與水平面成 30 度夾角之上坡路上行駛。

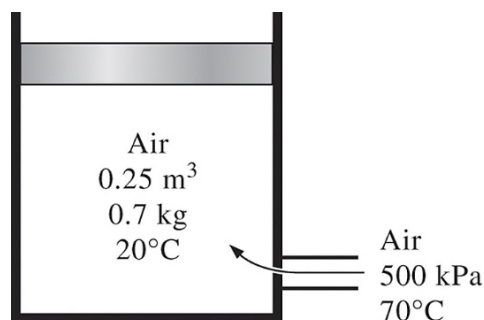
(三)在水平的路上，於 10 秒鐘由靜止加速到 100 公里/時。

二、如圖所示為一體積 0.25 m^3 的絕熱活塞汽缸裝置 (adiabatic piston-cylinder device)，開始時其內部有 0.7 kg 的 20°C 空氣，且活塞可自由移動 (free move)；令壓縮空氣 (壓力和溫度固定為 500 kPa 與 70°C) 進入此活塞系統，直到這系統之體積增加 50%，且溫度達到 35°C 。假設定壓比熱 ($c_p = 1.005 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$) 為定值且空氣之氣體常數 $R_{\text{air}} = 0.287 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，請計算下列問題：

(一)進入此活塞系統的質量。(5 分)

(二)活塞汽缸系統所做的功。(5 分)

(三)此過程中熵的變化量。(10 分)



三、熱力性質關係中的交互或相互關係 (reciprocity relations)，常被應用來連結量熱狀態方程 [caloric equation of state, $u = u(v, T)$ 或 $h = h(p, T)$] 與熱狀態方程 [thermal equation of state, $p = p(v, T)$]，針對內能 (internal energy) 和焓 (enthalpy) 此關係有兩個形式：

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - p \quad \text{與} \quad \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = v - T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$$

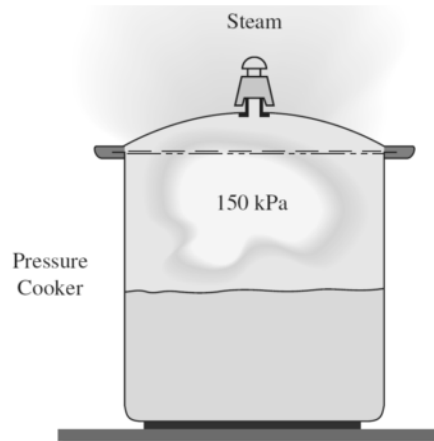
- (一)請利用內能表示為體積與溫度之函數 [$u = u(v, T)$]，以及 Tds 關係或稱為吉布斯方程 (Gibbs equation) 推導出 $\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - p$ 。(10 分)
- (二)請利用理想氣體方程與上述交互關係式，證明理想氣體之內能和焓僅是溫度函數。(10 分)

四、回答下列各小題：(每小題 5 分，共 25 分)

- (一)請寫出提升朗肯循環 (Rankine cycle) 效率之任何兩種方法，並用溫度-熵 ($T-s$) 圖說明這些對蒸汽乾度 (quality) 的影響。
- (二)請寫出為何卡諾循環 (Carnot cycle) 不適合用來分析實際蒸汽發電廠 (steam power plant) 的理由，並用溫度-熵 ($T-s$) 圖說明之。
- (三)何謂複合式循環 (combined power cycle) 之發電系統 (power plant)？請用溫度-熵 ($T-s$) 圖說明之，並寫出其特性和設計目的。
- (四)何謂回熱 (regeneration) 與汽電共生 (cogeneration)？試說明兩者之不同點。
- (五)何謂級聯合冷凍系統 (cascade refrigeration system)？試說明其優點與缺點。

五、如圖所示之 6 公升的壓力鍋，鍋裡剛開始時有 1.5 公斤的水，於達到操作壓力 150 kPa 後，持續 30 分鐘加入 600 瓦熱量於壓力鍋中，假設大氣壓力為 100 kPa，請參考所附飽和水 (saturated water) 性質表，回答下列問題：(每小題 5 分，共 20 分)

- (一) 壓力鍋達到操作狀態時，鍋內的操作溫度、乾度 (quality, x_1) 與內能 (u_1)。
- (二) 寫出加熱 30 分鐘後之剩餘水質量 (m_2) 與乾度 (quality, x_2) 的關係式。
- (三) 寫出加熱 30 分鐘後之剩餘水的內能 (u_2) 與乾度 (quality, x_2) 之關係式。
- (四) 於能量守恆式帶入(二)與(三)之關係，並簡化其表示式。



Saturated water—Pressure table

Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, $kJ/kg \cdot K$		
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207