

等 別：高等考試
類 科：冷凍空調工程技師
科 目：熱力學與熱傳學
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。

一、名詞解釋：（每小題 5 分，共 20 分）

(一)熱力學第二定律。

(二)何謂 Exergy。

(三)塊狀熱容分析法（Lumped heat capacity method）意義與適用條件。

(四)普朗特數（Prandtl number）之定義[標明各子參數意義與單位]、物理意義與應用場合。

二、質量流率 2.5 kg/s、狀態 300 kPa、25°C 的液體水，與狀態 300 kPa（abs）、400°C 過熱水蒸汽在混合室（mixing chamber）均勻混合後，以 300 kPa（abs）、78°C 狀態離開。已估計出有 12 kW 的熱從混合室損失至 25°C 的外界空氣。試求：（必要時請查附表）（每小題 10 分，共 20 分）

(一)過熱水蒸汽的體積流率，L/min。

(二)此混合過程中熵增生率，kW/K；並解釋熵增生的原因。

三、有一卡諾熱機（Carnot heat engine）自 727°C 處接受熱，並將廢熱排放至 27°C 之環境。此熱機所作的功全部用以驅動一部卡諾冷凍機（Carnot refrigerator），使其在 -13°C 處吸取 455 kJ/min 的熱，並將熱排至 27°C 的環境。試求：（每小題 10 分，共 20 分）

(一)熱機所需的最小熱傳率，kJ/min。

(二)兩部機械排至環境的熱傳率總和，kJ/min。

四、一個外壁直徑 0.5 m 的球形不鏽鋼容器（壁厚 1 cm， $k_{\text{stus}}=14 \text{ W/(m}^2\cdot\text{C)}^{\circ}$ ），裝有 40 kg 的水與 15 kg 的冰，為了防止外表面結露，使用 NBR/PVC 保溫泡棉（ $k_c=0.0375 \text{ W/(m}^2\cdot\text{C)}^{\circ}$ ）包覆於表面。環境大氣設計條件定為乾球溫度 35°C，相對濕度 71.223%，熱傳係數 $h_o=10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{C)}^{\circ}$ 。已知冰的融解熱 333.54 kJ/kg。假定容器不鏽鋼壁與內部冰水溫度相近。試求：（必要時請查附表）（每小題 10 分，共 20 分）

(一)若包覆後外表溫度恰高於露點溫度 1°C，則包覆厚度應取多少 cm？

(二)在此包覆厚度下，容器內的冰完全融解需多少時間（hr）？

五、有一廢熱回收系統，採用鰭管橫向流式（fin-tube, cross flow）兩流體皆未混合（unmixed）之熱交換器，廢熱氣在 320°C 狀態進入，離開時為 120°C，其熱量用以加熱壓力維持約在 350 kPa、流率 0.8 kg/s、溫度 30°C 的水，使其出口溫度提升至 130°C；水側係為 8 支 15A，schedule 40（外直徑 21.34 mm、壁厚 2.77 mm）不鏽鋼管。若廢熱氣的比熱近似於 1000 J/(kg·C)，且以廢熱氣側表面積值為基準的總熱傳係數是 $U_h=55 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}^{\circ}$ 。試求：（必要時請查附表）（每小題 10 分，共 20 分）

(一)廢熱氣側表面積值， m^2 。

(二)若每支水管流率相同，並已完全發展（fully developed），試估算管內對流熱傳係數， $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}^{\circ}$ 。

（請接第二頁）

等 別：高等考試
類 科：冷凍空調工程技師
科 目：熱力學與熱傳學

附表一

飽和水-溫度表

Temp. $t, ^\circ\text{C}$	Absolute Pressure, kPa p	Specific Volume, m^3/kg		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	
		Sat. Liquid v_f	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid h_f	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g
20	2.3388	0.001002	57.773	83.90	2537.38	0.2964	8.6658
21	2.4877	0.001002	54.500	88.08	2539.20	0.3107	8.6436
22	2.6448	0.001002	51.434	92.27	2541.02	0.3249	8.6215
23	2.8104	0.001003	48.563	96.45	2542.84	0.3390	8.5996
24	2.9851	0.001003	45.873	100.63	2544.65	0.3531	8.5780
25	3.1692	0.001003	43.351	104.81	2546.47	0.3672	8.5565
26	3.3631	0.001003	40.986	108.99	2548.28	0.3812	8.5352
27	3.5673	0.001004	38.767	113.18	2550.09	0.3951	8.5141
28	3.7822	0.001004	36.683	117.36	2551.90	0.4090	8.4932
29	4.0083	0.001004	34.727	121.54	2553.71	0.4229	8.4724
30	4.2460	0.001004	32.889	125.72	2555.52	0.4367	8.4519
31	4.4959	0.001005	31.161	129.90	2557.32	0.4505	8.4315
32	4.7585	0.001005	29.536	134.08	2559.13	0.4642	8.4112
33	5.0343	0.001005	28.007	138.26	2560.93	0.4779	8.3912
34	5.3239	0.001006	26.568	142.44	2562.73	0.4915	8.3713
35	5.6278	0.001006	25.213	146.62	2564.53	0.5051	8.3516
36	5.9466	0.001006	23.936	150.80	2566.33	0.5186	8.3320
37	6.2810	0.001007	22.734	154.98	2568.12	0.5321	8.3127
38	6.6315	0.001007	21.600	159.16	2569.91	0.5456	8.2934
39	6.9987	0.001008	20.530	163.34	2571.71	0.5590	8.2744
70	31.198	0.001023	5.0402	293.06	2626.04	0.9551	7.7537
71	32.572	0.001023	4.8407	297.25	2627.75	0.9673	7.7389
72	33.997	0.001024	4.6502	301.44	2629.45	0.9795	7.7242
73	35.475	0.001025	4.4685	305.63	2631.15	0.9916	7.7097
74	37.006	0.001025	4.2951	309.83	2632.84	1.0037	7.6952
75	38.592	0.001026	4.1294	314.02	2634.53	1.0157	7.6809
76	40.236	0.001026	3.9712	318.22	2636.22	1.0278	7.6666
77	41.938	0.001027	3.8201	322.41	2637.90	1.0398	7.6525
78	43.700	0.001028	3.6756	326.61	2639.58	1.0517	7.6384
79	45.524	0.001028	3.5375	330.81	2641.26	1.0636	7.6245
120	198.685	0.001060	0.8913	503.81	2705.83	1.5279	7.1286
122	211.601	0.001062	0.8402	512.31	2706.73	1.5494	7.1076
124	225.194	0.001064	0.7927	520.82	2711.60	1.5709	7.0869
126	239.490	0.001066	0.7483	529.33	2714.44	1.5922	7.0664
128	254.515	0.001068	0.7068	537.86	2717.26	1.6135	7.0461
130	270.298	0.001070	0.6681	546.39	2720.05	1.6347	7.0261
132	286.866	0.001072	0.6318	554.93	2722.80	1.6557	7.0063
134	304.247	0.001074	0.5979	563.48	2725.53	1.6767	6.9867
136	322.470	0.001076	0.5662	572.04	2728.22	1.6977	6.9673
138	341.566	0.001078	0.5364	580.60	2730.88	1.7185	6.9481

過熱水蒸汽表

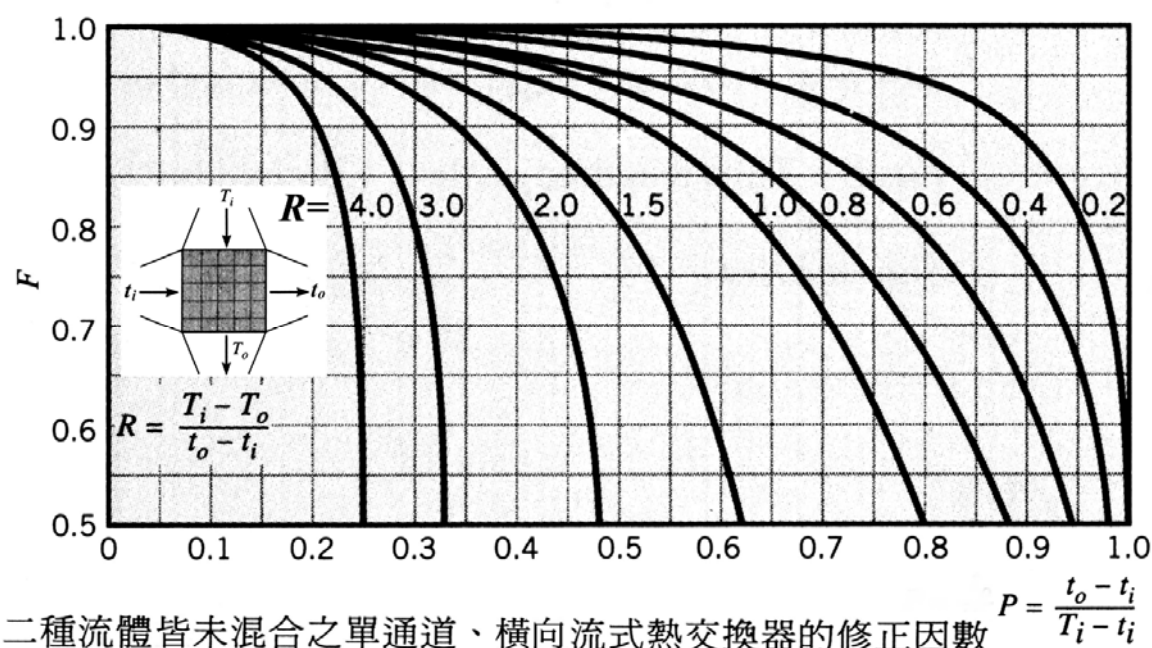
* 括弧內的溫度為在指定壓力的飽和溫度。
在指定壓力之飽和汽體的性質。

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg·K)
	$P = 200 \text{ kPa } (120.23^\circ\text{C})^*$				$P = 300 \text{ kPa } (133.55^\circ\text{C})$				$P = 400 \text{ kPa } (143.63^\circ\text{C})$			
飽和 #	0.8857	2529.5	2706.7	7.1272	0.6058	2543.6	2725.3	6.9919	0.4625	2553.6	2738.6	6.8959
150	0.9596	2576.9	2768.8	7.2795	0.6339	2570.8	2761.0	7.0778	0.4708	2564.5	2752.8	6.9299
200	1.0803	2654.4	2870.5	7.5066	0.7163	2650.7	2865.6	7.3115	0.5342	2646.8	2860.5	7.1706
250	1.1988	2731.2	2971.0	7.7086	0.7964	2728.7	2967.6	7.5166	0.5951	2726.1	2964.2	7.3789
300	1.3162	2808.6	3071.8	7.8926	0.8753	2806.7	3069.3	7.7022	0.6548	2804.8	3066.8	7.5662
400	1.5493	2966.7	3276.6	8.2218	1.0315	2965.6	3275.0	8.0330	0.7726	2964.4	3273.4	7.8985
500	1.7814	3130.8	3487.1	8.5133	1.1867	3130.0	3486.0	8.3251	0.8893	3129.2	3484.9	8.1913
600	2.013	3301.4	3704.0	8.7770	1.3414	3300.8	3703.2	8.5892	1.0055	3300.2	3702.4	8.4558
700	2.244	3478.8	3927.6	9.0194	1.4957	3478.4	3927.1	8.8319	1.1215	3477.9	3926.5	8.6987
800	2.475	3663.1	4158.2	9.2449	1.6499	3662.9	4157.8	9.0576	1.2372	3662.4	4157.3	8.9244
900	2.705	3854.5	4395.8	9.4566	1.8041	3854.2	4395.4	9.2692	1.3529	3853.9	4395.1	9.1362
1000	2.937	4052.5	4640.0	9.6563	1.9581	4052.3	4639.7	9.4690	1.4685	4052.0	4639.4	9.3360
1100	3.168	4257.0	4890.7	9.8458	2.1121	4256.8	4890.4	9.6585	1.5840	4256.5	4890.2	9.5256
1200	3.399	4467.5	5147.5	10.0262	2.2661	4467.2	5147.1	9.8389	1.6996	4467.0	5146.8	9.7060
1300	3.630	4683.2	5409.3	10.1982	2.4201	4683.0	5409.0	10.0110	1.8151	4682.8	5408.8	9.8780

(請接第三頁)

等 別：高等考試
類 科：冷凍空調工程技師
科 目：熱力學與熱傳學

附表二



管內流動熱傳關係式

管內層流 等壁溫 $Nu_d = 3.657$; 等熱通量 $Nu_d = 4.364$			
管內紊流（完全發展）			
光滑管	$Nu_d = 0.023 Re_d^{0.8} Pr^n$ 參數性質：基於容積溫度	流體被加熱	$n=0.4$
		流體被冷卻	$n=0.3$

水的物理性質表（SI制）

溫度 °C	密度, ρ kg/m ³	比熱, C_p J/(kg·°C)	動力黏度, μ kg/(m·s)	熱膨脹係數, β 1/K	熱傳導係數, k W/(m·°C)	普朗特數, Pr
30	996.0	4178	7.98×10^{-4}	0.294×10^{-3}	0.615	5.42
35	994.0	4178	7.20×10^{-4}	0.337×10^{-3}	0.623	4.83
45	990.1	4180	5.96×10^{-4}	0.415×10^{-3}	0.637	3.91
50	988.1	4181	5.47×10^{-4}	0.451×10^{-3}	0.644	3.55
55	985.2	4183	5.04×10^{-4}	0.484×10^{-3}	0.649	3.25
60	983.3	4185	4.67×10^{-4}	0.517×10^{-3}	0.654	2.99
65	980.4	4187	4.33×10^{-4}	0.548×10^{-3}	0.659	2.75
70	977.5	4190	4.04×10^{-4}	0.578×10^{-3}	0.663	2.55
75	974.7	4193	3.78×10^{-4}	0.607×10^{-3}	0.667	2.38
80	971.8	4197	3.55×10^{-4}	0.653×10^{-3}	0.670	2.22
85	968.1	4201	3.33×10^{-4}	0.670×10^{-3}	0.673	2.08
120	943.4	4244	2.32×10^{-4}	0.858×10^{-3}	0.683	1.44
130	934.6	4263	2.13×10^{-4}	0.913×10^{-3}	0.684	1.33