



**KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI**

MEE 223 Thermodynamics

8 March 2013

Time: 9:00-12:00 am

---

**Instructions:**

1. There are 4 problems in this exam.
2. Write your answers clearly in the provided spaces.
3. Books and other documents including dictionaries are not allowed.
4. An authorized calculator is necessary to complete these exam questions

Asst. Prof. Wishsanuruk Wechsitol, Ph.D.

ชื่อ/นามสกุล.....รหัส.....เลขที่นั่งสอบ.....

1. จงคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนที่ต้องการในการต้มน้ำจำนวน 4 ลิตร ภายใต้สภาวะความดันคงที่ จากสภาวะเริ่มต้นที่มีสถานะเป็น saturated liquid ที่ความดัน 1 MPa จนกระทั่งน้ำปริมาณดังกล่าวมี อุณหภูมิเท่ากับ 400 องศาเซลเซียส จงแสดงสมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณให้ชัดเจน (25 คะแนน)

2. จงคำนวณหาพลังงานความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศ ภายใต้สภาวะความดันคงที่เท่ากับ 1 MPa ซึ่งบรรจุภายในกระบอกสูบที่มีขนาดปริมาตรเริ่มต้น 1 ลูกบาศก์เมตร โดยเพิ่มอุณหภูมิจากสภาวะอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส จนมีอุณหภูมิเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และการให้ความร้อนก่อให้เกิดการขยายตัวของกระบอกสูบที่ความดันคงที่ กำหนดให้ค่าคงที่ของก๊าซ (gas constant,  $R$ ) ของอากาศมีค่าเท่ากับ 0.2870 kJ/(kg-K) และค่าความจุความร้อนจำเพาะ  $c_v$  เท่ากับ 0.718 kJ/(kg-K) ในขณะที่  $c_p$  มีค่าเท่ากับ 1.005 kJ/(kg-K) จงแสดงสมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณอย่างชัดเจน (25 คะแนน)

3. จงคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างน้ำหล่อเย็นและอากาศของหม้อไอน์รถยนต์ และ จงคำนวณหาอัตราการไหลโดยมวลของอากาศ โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นโดยปริมาตร ที่ อุณหภูมิทางเข้าหม้อน้ำที่ 90 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 400 ลิตรต่อวินาที และน้ำหล่อเย็นไหลออกจากหม้อ น้ำที่อุณหภูมิเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ในขณะที่อากาศไหลเข้าสู่หม้อน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ อากาศไหลออกจากหม้อน้ำภายหลังแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กำหนดให้ ค่าคงที่ของก๊าซ (gas constant,  $R$ ) ของอากาศมีค่าเท่ากับ  $0.2870 \text{ kJ/(kg-K)}$  และค่าความจุความร้อนจำเพาะ  $c_v$  เท่ากับ  $0.718 \text{ kJ/(kg-K)}$  ในขณะที่  $c_p$  มีค่าเท่ากับ  $1.005 \text{ kJ/(kg-K)}$  จงแสดงสมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณ อย่างชัดเจน (25 คะแนน)

ชื่อ/นามสกุล.....รหัส.....เลขที่นั่งสอบ.....

4. จงพิจารณาอุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ไหลผ่านก๊อกน้ำภายในห้องพักของโรงแรมแห่งหนึ่ง ที่ได้จากการผสมของน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลโดยปริมาตร เท่ากับ 40 ลิตรต่อนาที และน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีอัตราการไหลโดยปริมาตร เท่ากับ 60 ลิตรต่อนาที กำหนดให้ความดันของ mixing chamber ที่ควบคุมการผสมของน้ำมีความดันคงที่เท่ากับ 2 bar (25 คะแนน)

ตารางที่ 1 Vapor Superheat Table

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K		
$P = 1.00 \text{ MPa (179.91}^{\circ}\text{C)}$					$P = 1.20 \text{ MPa (187.99}^{\circ}\text{C)}$					$P = 15.0 \text{ MPa (342.24}^{\circ}\text{C)}$				
Sat.	0.19444	2583.6	2778.1	6.5865	0.16333	2588.8	2784.8	6.5233	0.010337	2455.5	2610.5	5.3098		
200	0.2060	2621.9	2827.9	6.6940	0.16930	2612.8	2815.9	6.5898	0.011470	2520.4	2692.4	5.4421		
250	0.2327	2709.9	2942.6	6.9247	0.19234	2704.2	2935.0	6.8294	0.015649	2740.7	2975.5	5.8811		
300	0.2579	2793.2	3051.2	7.1229	0.2138	2789.2	3045.8	7.0317	0.018445	2879.5	3156.2	6.1404		
350	0.2825	2875.2	3157.7	7.3011	0.2345	2872.2	3153.6	7.2121	0.02080	2996.6	3308.6	6.3443		
400	0.3066	2957.3	3263.9	7.4651	0.2548	2954.9	3260.7	7.3774	0.02293	3104.7	3448.6	6.5199		
500	0.3541	3124.4	3478.5	7.7622	0.2946	3122.8	3476.3	7.6759	0.02491	3208.6	3582.3	6.6776		
600	0.4011	3296.8	3697.9	8.0290	0.3339	3295.6	3696.3	7.9435	0.02680	3310.3	3712.3	6.8224		
700	0.4478	3475.3	3923.1	8.2731	0.3729	3474.4	3922.0	8.1881	0.02861	3410.9	3840.1	6.9572		
800	0.4943	3660.4	4154.7	8.4996	0.4118	3659.7	4153.8	8.4148	0.03210	3610.9	4092.4	7.2040		
900	0.5407	3852.2	4392.9	8.7118	0.4505	3851.6	4392.2	8.6272	0.03546	3811.9	4343.8	7.4279		
1000	0.5871	4050.5	4637.6	8.9119	0.4892	4050.0	4637.0	8.8274	0.03875	4015.4	4596.6	7.6348		
1100	0.6335	4255.1	4888.6	9.1017	0.5278	4254.6	4888.0	9.0172	0.04200	4222.6	4852.6	7.8283		
1200	0.6798	4465.6	5145.4	9.2822	0.5665	4465.1	5144.9	9.1977	0.04523	4433.8	5112.3	8.0108		
1300	0.7261	4681.3	5407.4	9.4543	0.6051	4680.9	5407.0	9.3698	0.04845	4649.1	5376.0	8.1840		

ตารางที่ 2 Saturated water table

## Saturated water—Pressure table

Press., P kPa	Sat. temp., T <sub>sat</sub> °C	Specific volume, m <sup>3</sup> /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, v <sub>f</sub>	Sat. vapor, v <sub>g</sub>	Sat. liquid, u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Sat. vapor, u <sub>g</sub>	Sat. liquid, h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Sat. vapor, h <sub>g</sub>	Sat. liquid, s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Sat. vapor, s <sub>g</sub>
0.6113	0.01	0.001000	206.14	0.00	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	9.1562
1.0	6.98	0.001000	129.21	29.30	2355.7	2385.0	29.30	2484.9	2514.2	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	0.001001	87.98	54.71	2338.6	2393.3	54.71	2470.6	2525.3	0.1957	8.6322	8.8279
2.0	17.50	0.001001	67.00	73.48	2326.0	2399.5	73.48	2460.0	2533.5	0.2607	8.4629	8.7237
2.5	21.08	0.001002	54.25	88.48	2315.9	2404.4	88.49	2451.6	2540.0	0.3120	8.3311	8.6432
3.0	24.08	0.001003	45.67	101.04	2307.5	2408.5	101.05	2444.5	2545.5	0.3545	8.2231	8.5776
4.0	28.96	0.001004	34.80	121.45	2293.7	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	0.001005	28.19	137.81	2282.7	2420.5	137.82	2423.7	2561.5	0.4764	7.9187	8.3951
7.5	40.29	0.001008	19.24	168.78	2261.7	2430.5	168.79	2406.0	2574.8	0.5764	7.6750	8.2515
10	45.81	0.001010	14.67	191.82	2246.1	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	7.5009	8.1502
15	53.97	0.001014	10.02	225.92	2222.8	2448.7	225.94	2373.1	2599.1	0.7549	7.2536	8.0085
20	60.06	0.001017	7.649	251.38	2205.0	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.0766	7.9085
25	64.97	0.001020	6.204	271.90	2191.2	2463.1	271.93	2346.3	2618.2	0.8931	6.9383	7.8314
30	69.10	0.001022	5.229	289.20	2179.2	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	6.8247	7.7686
40	75.87	0.001027	3.993	317.53	2159.5	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	6.6441	7.6700
50	81.33	0.001030	3.240	340.44	2143.4	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	6.5029	7.5939
75	91.78	0.001037	2.217	384.31	2112.4	2496.7	384.39	2278.6	2663.0	1.2130	6.2434	7.4564
Press., MPa												
0.100	99.63	0.001043	1.6940	417.36	2088.7	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	6.0568	7.3594
0.125	105.99	0.001048	1.3749	444.19	2069.3	2513.5	444.32	2241.0	2685.4	1.3740	5.9104	7.2844
0.150	111.37	0.001053	1.1593	466.94	2052.7	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	5.7897	7.2233
0.175	116.06	0.001057	1.0036	486.80	2038.1	2524.9	486.99	2213.6	2700.6	1.4849	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001061	0.8857	504.49	2025.0	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001064	0.7933	520.47	2013.1	2533.6	520.72	2191.3	2712.1	1.5706	5.5173	7.0878
0.250	127.44	0.001067	0.7187	535.10	2002.1	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0527
0.275	130.50	0.001070	0.6573	548.59	1991.9	2540.5	548.89	2172.4	2721.3	1.6408	5.3801	7.0209
0.300	133.55	0.001073	0.6058	561.15	1982.4	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	5.3201	6.9919
0.325	136.30	0.001076	0.5620	572.90	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.7006	5.2646	6.9652
0.350	138.88	0.001079	0.5243	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	5.2130	6.9405
0.375	141.32	0.001081	0.4914	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.7528	5.1647	6.9175
0.40	143.63	0.001084	0.4625	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	5.1193	6.8959
0.45	147.93	0.001088	0.4140	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	5.0359	6.8565
0.50	151.86	0.001093	0.3749	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	4.9606	6.8213
0.55	155.48	0.001097	0.3427	655.32	1909.2	2564.5	665.93	2097.0	2753.0	1.8973	4.8920	6.7893
0.60	158.85	0.001101	0.3157	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	4.8288	6.7600
0.65	162.01	0.001104	0.2927	683.56	1886.5	2570.1	684.28	2076.0	2760.3	1.9627	4.7703	6.7331
0.70	164.97	0.001108	0.2729	696.44	1876.1	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	4.7158	6.7080
0.75	167.78	0.001112	0.2556	708.64	1866.1	2574.7	709.47	2057.0	2766.4	2.0200	4.6647	6.6847
0.80	170.43	0.001115	0.2404	720.22	1856.6	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	4.6166	6.6628
0.85	172.96	0.001118	0.2270	731.27	1847.4	2578.7	732.22	2039.4	2771.6	2.0710	4.5711	6.6421
0.90	175.38	0.001121	0.2150	741.83	1838.6	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	4.5280	6.6226
0.95	177.69	0.001124	0.2042	751.95	1830.2	2582.1	753.02	2023.1	2776.1	2.1172	4.4869	6.6041
1.00	179.91	0.001127	0.19444	761.68	1822.0	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	4.4478	6.5865
1.10	184.09	0.001133	0.17753	780.09	1806.3	2586.4	781.34	2000.4	2871.7	2.1792	4.3744	6.5536
1.20	187.99	0.001139	0.16333	797.29	1791.5	2588.8	798.65	1986.2	2784.8	2.2166	4.3067	6.5233
1.30	191.64	0.001144	0.15125	813.44	1777.5	2591.0	814.93	1972.7	2787.6	2.2515	4.2438	6.4953

ตารางที่ 3 Saturated water table

Saturated water—Temperature table

H <sub>2</sub> O	Saturated water - Temperature table												
		Specific volume, m <sup>3</sup> /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K			
	Temp., T °C	Sat. press., P <sub>sat</sub> kPa	Sat. liquid, v <sub>f</sub>	Sat. vapor, v <sub>g</sub>	Sat. liquid, u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Sat. vapor, u <sub>g</sub>	Sat. liquid, h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Sat. vapor, h <sub>g</sub>	Sat. liquid, s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Sat. vapor, s <sub>g</sub>
	0.01	0.6113	0.001000	206.14	0.0	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.000	9.1562	9.1562
	5	0.8721	0.001000	147.12	20.97	2361.3	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	8.9496	9.0257
	10	1.2276	0.001000	106.38	42.00	2347.2	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.7498	8.9008
	15	1.7051	0.001001	77.93	62.99	2333.1	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.5569	8.7814
	20	2.339	0.001002	57.79	83.95	2319.0	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.3706	8.6672
	25	3.169	0.001003	43.36	104.88	2304.9	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.1905	8.5580
	30	4.246	0.001004	32.89	125.78	2290.8	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.0164	8.4533
	35	5.628	0.001006	25.22	146.67	2276.7	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	7.8478	8.3531
	40	7.384	0.001008	19.52	167.56	2262.6	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	7.6845	8.2570
	45	9.593	0.001010	15.26	188.44	2248.4	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	7.5261	8.1648
	50	12.349	0.001012	12.03	209.32	2234.2	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	0.7038	7.3725	8.0763
	55	15.758	0.001015	9.568	230.21	2219.9	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	0.7679	7.2234	7.9913
	60	19.940	0.001017	7.671	251.11	2205.5	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	0.8312	7.0784	7.9096
	65	25.03	0.001020	6.197	272.02	2191.1	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	0.8935	6.9375	7.8310
	70	31.19	0.001023	5.042	292.95	2176.6	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	0.9549	6.8004	7.7553
	75	38.58	0.001026	4.131	313.90	2162.0	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	6.6669	7.6824
	80	47.39	0.001029	3.407	334.86	2147.4	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	6.5369	7.6122
	85	57.83	0.001033	2.828	355.84	2132.6	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	6.4102	7.5445
	90	70.14	0.001036	2.361	376.85	2117.7	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	6.2866	7.4791
	95	84.55	0.001040	1.982	397.88	2102.7	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4159
	Sat. press., MPa												
	100	0.10135	0.001044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	6.0480	7.3549
	105	0.12082	0.001048	1.4194	440.02	2072.3	2512.4	440.15	2243.7	2683.8	1.3630	5.9328	7.2958
	110	0.14327	0.001052	1.2102	461.14	2057.0	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	5.8202	7.2387
	115	0.16906	0.001056	1.0366	482.30	2041.4	2523.7	482.48	2216.5	2699.0	1.4734	5.7100	7.1833
	120	0.19853	0.001060	0.8919	503.50	2025.8	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	5.6020	7.1296
	125	0.2321	0.001065	0.7706	524.74	2009.9	2534.6	524.99	2188.5	2713.5	1.5813	5.4962	7.0775
	130	0.2701	0.001070	0.6685	546.02	1993.9	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	5.3925	7.0269
	135	0.3130	0.001075	0.5822	567.35	1977.7	2545.0	567.69	2159.6	2727.3	1.6870	5.2907	6.9777
	140	0.3613	0.001080	0.5089	588.74	1961.3	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	5.1908	6.9299
	145	0.4154	0.001085	0.4463	610.18	1944.7	2554.9	610.63	2129.6	2740.3	1.7907	5.0926	6.8833
	150	0.4758	0.001091	0.3928	631.68	1927.9	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	4.9960	6.8379
	155	0.5431	0.001096	0.3468	653.24	1910.8	2564.1	653.84	2098.6	2752.4	1.8925	4.9010	6.7935
	160	0.6178	0.001102	0.3071	674.87	1893.5	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	4.8075	6.7502
	165	0.7005	0.001108	0.2727	696.56	1876.0	2572.5	697.34	2066.2	2763.5	1.9925	4.7153	6.7078
	170	0.7917	0.001114	0.2428	718.33	1858.1	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	4.6244	6.6663
	175	0.8920	0.001121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0909	4.5347	6.6256
	180	1.0021	0.001127	0.19405	762.09	1821.6	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	4.4461	6.5857
	185	1.1227	0.001134	0.17409	784.10	1802.9	2587.0	785.37	1997.1	2782.4	2.1879	4.3586	6.5465
	190	1.2544	0.001141	0.15654	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	4.2720	6.5079
	195	1.3978	0.001149	0.14105	828.37	1764.4	2592.8	829.98	1960.0	2790.0	2.2835	4.1863	6.4698