

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อสอบกลางภาคที่ 1

ปีการศึกษา 2550

วิชา MEE233 Thermodynamics

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันศุกร์ที่ 10 สิงหาคม 2550

เวลา 13:00-16:00 น.

ข้อกำหนด

1. ข้อสอบทั้งหมดมีจำนวน 4 ข้อ 4 ข้อ ห้ามแก้ไขข้อสอบ! *ห้ามแก้ไขข้อสอบ!*
2. ให้ทำข้อสอบลงในกระดาษคำตอบ
3. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ
4. มีตารางคุณสมบัติแนบมากับข้อสอบ 4 หน้า

ดร. สำเริง จักรใจ

อ. เลิศศักดิ์ เหมยากร

อ. สุเทพ แก้วนัย

ดร. สมชาย จันทร์ขาวนา

ผู้ออกข้อสอบ

หมวด ๗

ข้อที่ 1.1 จงตอบคำถามต่อไปนี้สั้นๆ แต่ได้สาระสำคัญ (10 คะแนน)

a) จงอธิบายนิยามของ Thermodynamics (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

b) Zeroth law of thermodynamics กล่าวไว้เช่นไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

c) Thermodynamic temperature scale คืออะไร เช่นอะไรบ้าง (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

d) Working fluid คืออะไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

e) Enthalpy คืออะไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อ 1.2 จาก $T-v$ diagram ข้อมูล และตารางไอน้ำที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ จงเติมค่าสมบัติต่างๆ ในกรอบสี่เหลี่ยมใน $T-v$ diagram ให้สมบูรณ์ (15 คะแนน)

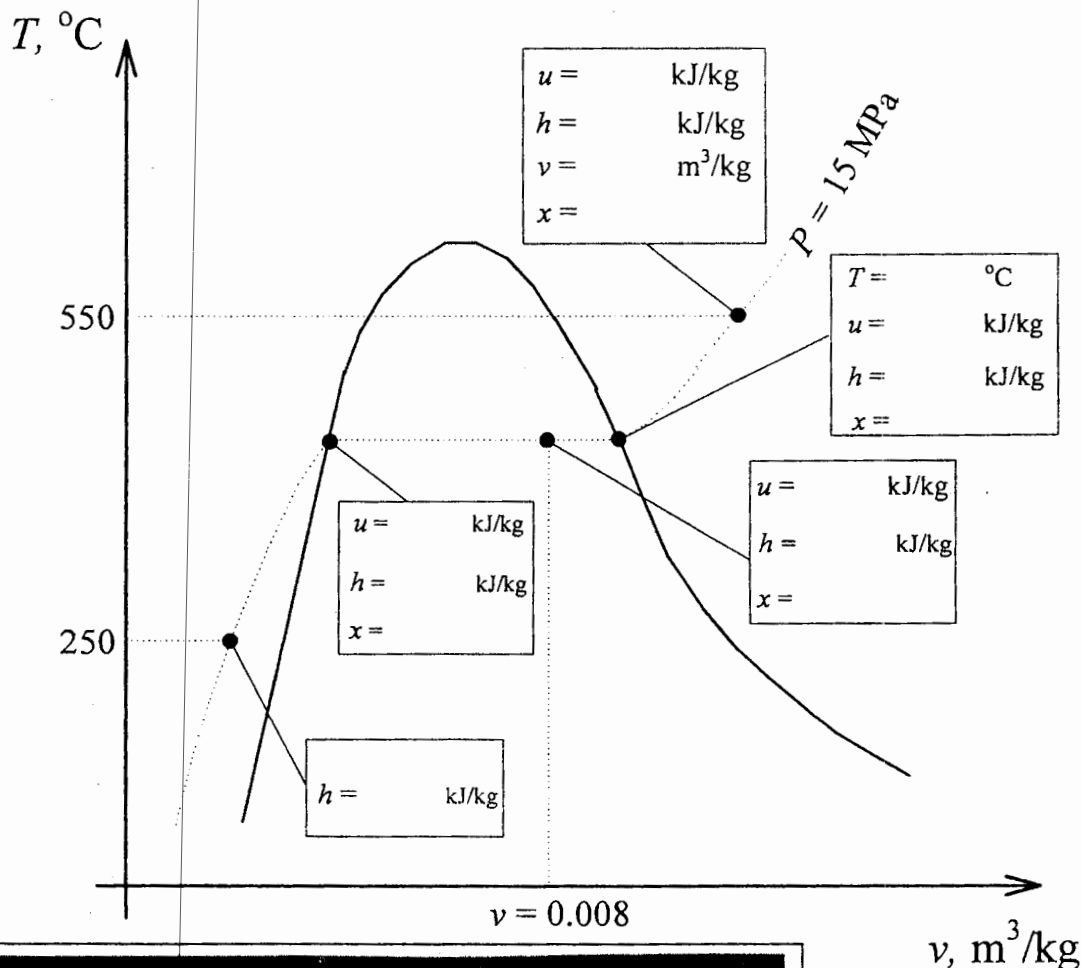


TABLE A-5
Saturated water—Pressure table (Concluded)

Press., MPa	Sat. temp., T_{sat} , °C	Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg · K	
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Sat. vapor, s_g
1.40	195.07	0.001149	0.14034	828.70	1754.1	2592.8	830.30	1957.7	2790.0
1.50	198.32	0.001134	0.13177	843.16	1761.3	2694.5	845.89	1977.3	2702.2
1.75	205.76	0.001166	0.11349	876.46	1721.4	2997.8	876.50	1917.9	2396.4
2.00	212.42	0.001177	0.09963	906.44	1698.8	3000.3	906.79	1890.7	2399.5
2.25	218.45	0.001187	0.08875	933.83	1668.2	3002.0	936.49	1865.2	2301.7
2.5	223.99	0.001197	0.07998	959.11	1644.0	3003.1	962.11	1841.0	2205.1
3.0	233.90	0.001217	0.06468	1004.78	1598.3	3004.1	1005.42	1795.7	2004.2
3.5	242.60	0.001235	0.05707	1045.42	1558.3	3003.7	1049.76	1753.7	2003.4
4	250.49	0.001252	0.05079	1082.31	1520.0	3002.9	1087.31	1714.1	2001.4
5	263.99	0.001288	0.03944	1147.81	1449.3	2997.1	1154.23	1640.1	2394.3
6	275.84	0.001319	0.03244	1205.44	1394.3	2989.7	1213.85	1571.0	2384.3
7	285.98	0.001351	0.02737	1257.58	1323.0	2980.5	1267.00	1505.1	2372.1
8	295.06	0.001384	0.02362	1305.57	1254.2	2969.6	1316.64	1441.3	2358.0
9	303.40	0.001418	0.02048	1350.81	1207.3	2957.8	1363.26	1378.9	2342.1
10	311.06	0.001452	0.01802	1393.04	1161.4	2944.4	1407.56	1317.1	2324.7
11	318.15	0.001488	0.01587	1433.7	1096.0	2929.8	1450.1	1255.5	2305.6
12	324.75	0.001527	0.01423	1473.0	1040.7	2913.7	1491.3	1193.3	2284.9
13	330.93	0.001567	0.01270	1511.1	985.0	2896.1	1531.5	1130.7	2262.2
14	336.75	0.001611	0.01148	1548.6	928.2	2876.8	1571.1	1068.5	2237.6
15	342.24	0.001658	0.01053	1585.6	869.8	2855.5	1610.5	1000.0	2210.5
16	347.44	0.001711	0.00980	1622.7	809.0	2831.7	1650.1	930.6	2180.6
17	352.37	0.001770	0.00924	1659.2	746.4	2805.0	1690.3	859.9	2147.2
18	357.06	0.001840	0.00874	1695.9	675.4	2774.3	1732.0	777.1	2109.1
19	361.54	0.001924	0.00837	1733.9	598.1	2739.1	1776.5	688.0	2064.5
20	365.81	0.002036	0.00814	1785.6	507.6	2693.0	1826.3	588.4	2009.7
21	369.89	0.002207	0.00802	1842.1	398.5	2639.6	1884.4	466.2	2034.6
22	373.80	0.002442	0.00806	1911.9	255.2	2567.1	1922.2	343.4	2165.6
23	377.44	0.002755	0.00815	2029.6	0	2029.6	2029.6	0	2099.3

TABLE A-6
Superheated water (Concluded)

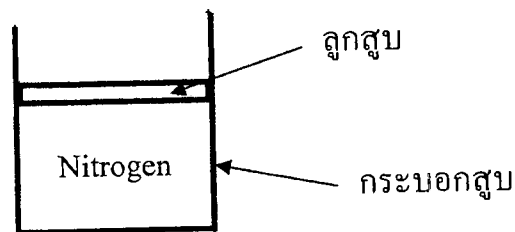
T, °C	v, m³/kg	u, kJ/kg	h, kJ/kg	s, kJ/kg · K
P = 15.0 MPa (342.24°C)				
Sat.	0.010337	2455.5	2510.5	5.3098
350	0.011470	2520.4	2692.4	5.4421
400	0.015649	2740.7	2975.5	5.8811
450	0.018445	2879.5	3156.2	6.1404
500	0.02080	2996.6	3308.6	6.3443
550	0.02293	3104.7	3448.6	6.5199
600	0.02491	3208.6	3582.3	6.6776
650	0.02680	3310.3	3712.3	6.8224
700	0.02861	3410.9	3840.1	6.9572
800	0.03210	3610.9	4092.4	7.2040
900	0.03546	3811.9	4343.8	7.4279
1000	0.03875	4015.4	4596.6	7.6348
1100	0.04200	4222.6	4852.6	7.8283
1200	0.04523	4433.8	5112.3	8.0108
1300	0.04845	4649.1	5376.0	8.1840

หมวด 9.

2.1 ระบบลูกสูบและกระบอกสูบ ที่ไม่คำนึงถึงความฝืดตามรูปข้างล่าง ภายในระบบบรรจุก๊าซไนโตรเจนมวล 2 kg ที่ความดัน 100 kPa, 300 K ก๊าซไนโตรเจนถูกอัดอย่างช้า ๆ ตามความสัมพันธ์ $PV^{1.4} = \text{Constant}$ จนกระทั่งอุณหภูมิสุดท้ายของก๊าซไนโตรเจนเป็น 360 K ให้คำนวณหา (a) เขียนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดัน บน P-V diagram, (b) งานที่ใช้ในการอัดก๊าซไนโตรเจน

กำหนดให้ ค่า Gas constant of Nitrogen, $R_{N_2} = 0.2969 \text{ kJ/(kg-K)}$

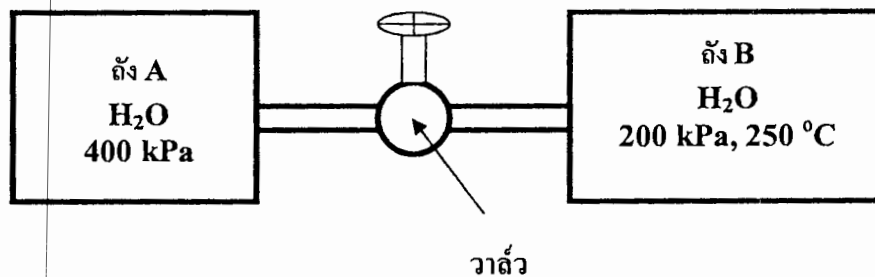
(10 คะแนน)



2.2 ถังเกร็ง (Rigid tank) สองใบเชื่อมต่อกันด้วยท่อ ตรงกึ่งกลางของท่อติดตั้งวาล์ว ปิดเปิด ดังรูปข้างล่าง ถัง A มีปริมาตร 0.2 m^3 บรรจุด้วยน้ำ ที่สภาวะเริ่มต้นน้ำในถัง A มีความดัน 400 kPa และมีค่าความแห้ง (dryness fraction) $x = 0.8$ ถัง B มีปริมาตร 0.5 m^3 บรรจุด้วยไอน้ำ ที่สภาวะเริ่มต้นไอน้ำในถัง B มีความดัน 200 kPa อุณหภูมิ 250°C ในเวลาต่อมาวาล์วถูกเปิดออกทำให้ไอน้ำในถัง A และถัง B ต่อเชื่อมถึงกัน ในที่สุดไอน้ำในถังทั้งสองมีสภาวะเดียวกัน และมีการถ่ายเทความร้อนออกจากถังไปยังสิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิไอน้ำในถังอยู่ในสมดุลกับสิ่งแวดล้อมที่ 30°C จงคำนวณ

- มวลน้ำในถัง A และมวลน้ำในถัง B ที่สภาวะเริ่มต้น
- ปริมาตรจำเพาะและความดันของน้ำที่สภาวะสุดท้าย
- ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากน้ำไปสู่สิ่งแวดล้อม เป็น kJ

(15 คะแนน)



ชื่อ.....นามสกุล.....รหัสนักศึกษา.....ภาควิชา.....

หมวด ค.

3. อากาศถูกอัดจากความดัน 101.325 kPa อุณหภูมิ 17 °C ที่ทางเข้าของ Compressor ความดันที่ทางออกเท่ากับ 1000 kPa ปริมาณความร้อนที่ระบายออกโดยน้ำหล่อเย็น เท่ากับ 25 kJ/kg อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ทางเข้าของ Compressor เท่ากับ 142 m³/min กำลังที่ให้แก่ Compressor เท่ากับ 522 kW ให้คำนวณหา

a) อัตราการไหลมวลของอากาศ, kg/s

b) อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกของ Compressor, K

(กำหนดให้: ค่า gas constant ของอากาศ, $R_{\text{air}} = 0.2870 \text{ kJ/(kg-K)}$ และมี Table A-17

ประกอบการคำนวณหาคำตอบ)

(25 คะแนน)

๒๕๖๑ ๑

4. จงแสดงการคำนวณและตอบคำถาม ของโจทย์ข้อ 4.1 และ 4.2

4.1 นักประดิษฐ์ผู้หนึ่งอ้างว่าสามารถสร้างเครื่องยนต์ความร้อน (heat engine) ที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 50 % เมื่อทำงานอยู่ระหว่างแหล่งความร้อนอุณหภูมิ 457°C และ 27°C คำกล่าวอ้างนี้เป็นจริงหรือไม่ เพราะอะไร ?

(12 คะแนน)

4.2 ตู้เย็นที่ใช้สำหรับแช่เย็นอาหาร จะต้องระบายความร้อนออกจากตู้เย็นในอัตรา 300 kJ/min เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในตู้เย็นไว้ที่ -3°C ถ้าสิ่งแวดล้อมรอบตู้เย็นมีอุณหภูมิ 37°C จงคำนวณหาว่า กำลังงานที่น้อยที่สุดที่ตู้เย็นนี้ต้องการ เป็นเท่าไร ?

(13 คะแนน)

TABLE A-4

Saturated water—Temperature table

Temp. °C T	Sat. press. kPa P _{sat}	Specific volume m ³ /kg		Internal energy kJ/kg			Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/(kg·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
0.01	0.6113	0.001 000	206.14	0.00	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	9.1562
5	0.8721	0.001 000	147.12	20.97	2361.3	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001 000	106.38	42.00	2347.2	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.7498	8.9008
15	1.7051	0.001 001	77.93	62.99	2333.1	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.5569	8.7814
20	2.339	0.001 002	57.79	83.95	2319.0	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.3706	8.6672
25	3.169	0.001 003	43.36	104.88	2304.9	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.1905	8.5580
30	4.246	0.001 004	32.89	125.78	2290.8	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.0164	8.4533
35	5.628	0.001 006	25.22	146.67	2276.7	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001 008	19.52	167.56	2262.6	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	7.6845	8.2570
45	9.593	0.001 010	15.26	188.44	2248.4	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	7.5261	8.1648
50	12.349	0.001 012	12.03	209.32	2234.2	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	0.7038	7.3725	8.0763
55	15.758	0.001 015	9.568	230.21	2219.9	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	0.7679	7.2234	7.9913
60	19.940	0.001 017	7.671	251.11	2205.5	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	0.8312	7.0784	7.9096
65	25.03	0.001 020	6.197	272.02	2191.1	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	0.8935	6.9375	7.8310
70	31.19	0.001 023	5.042	292.95	2176.6	2569.6	292.98	2333.8	2626.8	0.9549	6.8004	7.7553
75	38.58	0.001 026	4.131	313.90	2162.0	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	6.6669	7.6824
80	47.39	0.001 029	3.407	334.86	2147.4	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001 033	2.828	355.84	2132.6	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	6.4102	7.5445
90	70.14	0.001 036	2.361	376.85	2117.7	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	6.2866	7.4791
95	84.55	0.001 040	1.982	397.88	2102.7	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4159
Sat. press. MPa P_{sat}												
100	0.101 35	0.001 044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	6.0480	7.3549
105	0.120 82	0.001 048	1.4194	440.02	2072.3	2512.4	440.15	2243.7	2683.8	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.143 27	0.001 052	1.2102	461.14	2057.0	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	5.8202	7.2387
115	0.169 06	0.001 056	1.0366	482.30	2041.4	2523.7	482.48	2216.5	2699.0	1.4734	5.7100	7.1833
120	0.198 53	0.001 060	0.8919	503.50	2025.8	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	5.6020	7.1296
125	0.2321	0.001 065	0.7706	524.74	2009.9	2534.6	524.99	2188.5	2713.5	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001 070	0.6685	546.02	1993.9	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	5.3925	7.0269
135	0.3130	0.001 075	0.5822	567.35	1977.7	2545.0	567.69	2159.6	2727.3	1.6870	5.2907	6.9777
140	0.3613	0.001 080	0.5089	588.74	1961.3	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	5.1908	6.9299
145	0.4154	0.001 085	0.4463	610.18	1944.7	2554.9	610.63	2129.6	2740.3	1.7907	5.0926	6.8833
150	0.4758	0.001 091	0.3928	631.68	1927.9	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	4.9960	6.8379
155	0.5431	0.001 096	0.3468	653.24	1910.8	2564.1	653.84	2098.6	2752.4	1.8925	4.9010	6.7935
160	0.6178	0.001 102	0.3071	674.87	1893.5	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	4.8075	6.7502
165	0.7005	0.001 108	0.2727	696.56	1876.0	2572.5	697.34	2066.2	2763.5	1.9925	4.7153	6.7078
170	0.7917	0.001 114	0.2428	718.33	1858.1	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	4.6244	6.6663
175	0.8920	0.001 121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0909	4.5347	6.6256
180	1.0021	0.001 127	0.194 05	762.09	1821.6	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	4.4461	6.5857
185	1.1227	0.001 134	0.174 09	784.10	1802.9	2587.0	785.37	1997.1	2782.4	2.1879	4.3586	6.5465
190	1.2544	0.001 141	0.156 54	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	4.2720	6.5079
195	1.3978	0.001 149	0.141 05	828.37	1764.4	2592.8	829.98	1960.0	2790.0	2.2835	4.1863	6.4698
200	1.5538	0.001 157	0.127 36	850.65	1744.7	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	4.1014	6.4323
205	1.7230	0.001 164	0.115 21	873.04	1724.5	2597.5	875.04	1921.0	2796.0	2.3780	4.0172	6.3952
210	1.9062	0.001 173	0.104 41	895.53	1703.9	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	3.9337	6.3585
215	2.104	0.001 181	0.094 79	918.14	1682.9	2601.1	920.62	1879.9	2800.5	2.4714	3.8507	6.3221
220	2.318	0.001 190	0.086 19	940.87	1661.5	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	3.7683	6.2861
225	2.548	0.001 199	0.078 49	963.73	1639.6	2603.3	966.78	1836.5	2803.3	2.5639	3.6863	6.2503

TABLE A-5

Saturated water—Pressure table

Press. kPa P	Sat. Temp. °C T _{sat}	Specific volume m ³ /kg		Internal energy kJ/kg			Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/(kg·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
0.6113	0.01	0.001 000	206.14	0.00	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	9.1562
1.0	6.98	0.001 000	129.21	29.30	2355.7	2385.0	29.30	2484.9	2514.2	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	0.001 001	87.98	54.71	2338.6	2393.3	54.71	2470.6	2525.3	0.1957	8.6322	8.8279
2.0	17.50	0.001 001	67.00	73.48	2326.0	2399.5	73.48	2460.0	2533.5	0.2607	8.4629	8.7237
2.5	21.08	0.001 002	54.25	88.48	2315.9	2404.4	88.49	2451.6	2540.0	0.3120	8.3311	8.6432
3.0	24.08	0.001 003	45.67	101.04	2307.5	2408.5	101.05	2444.5	2545.5	0.3545	8.2231	8.5776
4.0	28.96	0.001 004	34.80	121.45	2293.7	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	0.001 005	28.19	137.81	2282.7	2420.5	137.82	2423.7	2561.5	0.4764	7.9187	8.3951
7.5	40.29	0.001 008	19.24	168.78	2261.7	2430.5	168.79	2406.0	2574.8	0.5764	7.6750	8.2515
10	45.81	0.001 010	14.67	191.82	2246.1	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	7.5009	8.1502
15	53.97	0.001 014	10.02	225.92	2222.8	2448.7	225.94	2373.1	2599.1	0.7549	7.2536	8.0085
20	60.06	0.001 017	7.649	251.38	2205.4	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.0766	7.9085
25	64.97	0.001 020	6.204	271.90	2191.2	2463.1	271.93	2346.3	2618.2	0.8931	6.9383	7.8314
30	69.10	0.001 022	5.229	289.20	2179.2	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	6.8247	7.7686
40	75.87	0.001 027	3.993	317.53	2159.5	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	6.6441	7.6700
50	81.33	0.001 030	3.240	340.44	2143.4	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	6.5029	7.5939
75	91.78	0.001 037	2.217	384.31	2112.4	2496.7	384.39	2278.6	2663.0	1.2130	6.2434	7.4564
Press. MPa P												
0.100	99.63	0.001 043	1.6940	417.36	2088.7	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	6.0568	7.3594
0.125	105.99	0.001 048	1.3749	444.19	2069.3	2513.5	444.32	2241.0	2685.4	1.3740	5.9104	7.2844
0.150	111.37	0.001 053	1.1593	466.94	2052.7	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	5.7897	7.2233
0.175	116.06	0.001 057	1.0036	486.80	2038.1	2524.9	486.99	2213.6	2700.6	1.4849	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001 061	0.8857	504.49	2025.0	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001 064	0.7933	520.47	2013.1	2533.6	520.72	2191.3	2712.1	1.5706	5.5173	7.0878
0.250	127.44	0.001 067	0.7187	535.10	2002.1	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0527
0.275	130.60	0.001 070	0.6573	548.59	1991.9	2540.5	548.89	2172.4	2721.3	1.6408	5.3801	7.0209
0.300	133.55	0.001 073	0.6058	561.15	1982.4	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	5.3201	6.9919
0.325	136.30	0.001 076	0.5620	572.90	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.7006	5.2646	6.9652
0.350	138.88	0.001 079	0.5243	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	5.2130	6.9405
0.375	141.32	0.001 081	0.4914	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.7528	5.1647	6.9175
0.40	143.63	0.001 084	0.4625	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	5.1193	6.8959
0.45	147.93	0.001 088	0.4140	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	5.0359	6.8565
0.50	151.86	0.001 093	0.3749	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	4.9606	6.8213
0.55	155.48	0.001 097	0.3427	655.32	1909.2	2564.5	655.93	2097.0	2753.0	1.8973	4.8920	6.7893
0.60	158.85	0.001 101	0.3157	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	4.8288	6.7600
0.65	162.01	0.001 104	0.2927	683.56	1886.5	2570.1	684.28	2076.0	2760.3	1.9627	4.7703	6.7331
0.70	164.97	0.001 108	0.2729	696.44	1876.1	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	4.7158	6.7080
0.75	167.78	0.001 112	0.2556	708.64	1866.1	2574.7	709.47	2057.0	2766.4	2.0200	4.6647	6.6847
0.80	170.43	0.001 115	0.2404	720.22	1856.6	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	4.6166	6.6628
0.85	172.96	0.001 118	0.2270	731.27	1847.4	2578.7	732.22	2039.4	2771.6	2.0710	4.5711	6.6421
0.90	175.38	0.001 121	0.2150	741.83	1838.6	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	4.5280	6.6226
0.95	177.69	0.001 124	0.2042	751.95	1830.2	2582.1	753.02	2023.1	2776.1	2.1172	4.4869	6.6041
1.00	179.91	0.001 127	0.194 44	761.68	1822.0	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	4.4478	6.5865
1.10	184.09	0.001 133	0.177 53	780.09	1806.3	2586.4	781.34	2000.4	2781.7	2.1792	4.3744	6.5536
1.20	187.99	0.001 139	0.163 33	797.29	1791.5	2588.8	798.65	1986.2	2784.8	2.2166	4.3067	6.5233
1.30	191.64	0.001 144	0.151 25	813.44	1777.5	2591.0	814.93	1972.7	2787.6	2.2515	4.2438	6.4953

TABLE A-6
Superheated water

<i>T</i> °C	<i>v</i> m ³ /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/(kg·K)	<i>v</i> m ³ /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/(kg·K)	<i>v</i> m ³ /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/(kg·K)
<i>P</i> = 0.01 MPa (45.81°C)					<i>P</i> = 0.05 MPa (81.33°C)				<i>P</i> = 0.10 MPa (99.63°C)			
Sat.	14.674	2437.9	2584.7	8.1502	3.240	2483.9	2645.9	7.5939	1.6940	2506.1	2675.5	7.3594
50	14.869	2443.9	2592.6	8.1749								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4479	3.418	2511.6	2682.5	7.6947	1.6958	2506.7	2676.2	7.3614
150	19.512	2587.9	2783.0	8.6882	3.889	2585.6	2780.1	7.9401	1.9364	2582.8	2776.4	7.6134
200	21.825	2661.3	2879.5	8.9038	4.356	2659.9	2877.7	8.1580	2.172	2658.1	2875.3	7.8343
250	24.136	2736.0	2977.3	9.1002	4.820	2735.0	2976.0	8.3556	2.406	2733.7	2974.3	8.0333
300	26.445	2812.1	3076.5	9.2813	5.284	2811.3	3075.5	8.5373	2.639	2810.4	3074.3	8.2158
400	31.063	2968.9	3279.6	9.6077	6.209	2968.5	3278.9	8.8642	3.103	2967.9	3278.2	8.5435
500	35.679	3132.3	3489.1	9.8978	7.134	3132.0	3488.7	9.1546	3.565	3131.6	3488.1	8.8342
600	40.295	3302.5	3705.4	10.1608	8.057	3302.2	3705.1	9.4178	4.028	3301.9	3704.4	9.0976
700	44.911	3479.6	3928.7	10.4028	8.981	3479.4	3928.5	9.6599	4.490	3479.2	3928.2	9.3398
800	49.526	3663.8	4159.0	10.6281	9.904	3663.6	4158.9	9.8852	4.952	3663.5	4158.6	9.5652
900	54.141	3855.0	4396.4	10.8396	10.828	3854.9	4396.3	10.0967	5.414	3854.8	4396.1	9.7767
1000	58.757	4053.0	4640.6	11.0393	11.751	4052.9	4640.5	10.2964	5.875	4052.8	4640.3	9.9764
1100	63.372	4257.5	4891.2	11.2287	12.674	4257.4	4891.1	10.4859	6.337	4257.3	4891.0	10.1659
1200	67.987	4467.9	5147.8	11.4091	13.597	4467.8	5147.7	10.6662	6.799	4467.7	5147.6	10.3463
1300	72.602	4683.7	5409.7	11.5811	14.521	4683.6	5409.6	10.8382	7.260	4683.5	5409.5	10.5183
<i>P</i> = 0.20 MPa (120.23°C)					<i>P</i> = 0.30 MPa (133.55°C)				<i>P</i> = 0.40 MPa (143.63°C)			
Sat.	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
<i>P</i> = 0.50 MPa (151.86°C)					<i>P</i> = 0.60 MPa (158.85°C)				<i>P</i> = 0.80 MPa (170.43°C)			
Sat.	0.3749	2561.2	2748.7	6.8213	0.3157	2567.4	2756.8	6.7600	0.2404	2576.8	2769.1	6.6628
200	0.4249	2642.9	2855.4	7.0592	0.3520	2638.9	2850.1	6.9665	0.2608	2630.6	2839.3	6.8158
250	0.4744	2723.5	2960.7	7.2709	0.3938	2720.9	2957.2	7.1816	0.2931	2715.5	2950.0	7.0384
300	0.5226	2802.9	3064.2	7.4599	0.4344	2801.0	3061.6	7.3724	0.3241	2797.2	3056.5	7.2328
350	0.5701	2882.6	3167.7	7.6329	0.4742	2881.2	3165.7	7.5464	0.3544	2878.2	3161.7	7.4089
400	0.6173	2963.2	3271.9	7.7938	0.5137	2962.1	3270.3	7.7079	0.3843	2959.7	3267.1	7.5716
500	0.7109	3128.4	3483.9	8.0873	0.5920	3127.6	3482.8	8.0021	0.4433	3126.0	3480.6	7.8673
600	0.8041	3299.6	3701.7	8.3522	0.6697	3299.1	3700.9	8.2674	0.5018	3297.9	3699.4	8.1333
700	0.8969	3477.5	3925.9	8.5952	0.7472	3477.0	3925.3	8.5107	0.5601	3476.2	3924.2	8.3770
800	0.9896	3662.1	4156.9	8.8211	0.8245	3661.8	4156.5	8.7367	0.6181	3661.1	4155.6	8.6033
900	1.0822	3853.6	4394.7	9.0329	0.9017	3853.4	4394.4	8.9486	0.6761	3852.8	4393.7	8.8153
1000	1.1747	4051.8	4639.1	9.2328	0.9788	4051.5	4638.8	9.1485	0.7340	4051.0	4638.2	9.0153
1100	1.2672	4256.3	4889.9	9.4224	1.0559	4256.1	4889.6	9.3381	0.7919	4255.6	4889.1	9.2050
1200	1.3596	4466.8	5146.6	9.6029	1.1330	4466.5	5146.3	9.5185	0.8497	4466.1	5145.9	9.3855
1300	1.4521	4682.5	5408.6	9.7749	1.2101	4682.3	5408.3	9.6906	0.9076	4681.8	5407.9	9.5575

TABLE A-17

Ideal-gas properties of air

T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K	T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17	2.96770
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72	2.99034
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1040	1091.85	133.3	793.36	22.29	3.01260
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14	3.03449
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98	3.05608
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896	3.07732
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886	3.09825
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946	3.11883
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064	3.13916
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1180	1254.34	222.2	915.57	15.241	3.15916
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1200	1277.79	238.0	933.33	14.470	3.17888
550	555.74	11.86	396.86	133.1	2.31809	1220	1301.31	254.7	951.09	13.747	3.19834
560	565.17	12.66	404.42	127.0	2.33685	1240	1324.93	272.3	968.95	13.069	3.21751
570	575.59	13.50	411.97	121.2	2.35531						