



KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI

MEE 223 Thermodynamics

20 May 2013

Time: 9:00 am -12:00 pm

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. Wis-sanuruk Wechsato, Ph.D.

1. น้ำอุณหภูมิ 25°C ความดัน 100 kPa ถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยการผสมกับไอน้ำที่มีความดัน 100 kPa อุณหภูมิ 200°C ในอุปกรณ์ทำน้ำอุ่น (mixing chamber) ถ้าน้ำที่ผสมแล้วไหลออกที่ความดัน 100 kPa อุณหภูมิ 50°C อัตราการไหลเข้าของน้ำเย็นเท่ากับ 2 kg/s การสูญเสียความร้อนผ่านผนังอุปกรณ์ทำน้ำอุ่นไปสู่บรรยากาศ 400 kJ/min โดยอุณหภูมิ บรรยากาศเป็น 28°C ให้คำนวณหาอัตราการไหลเข้าของไอน้ำ และ entropy generation rate ในระหว่างกระบวนการผสม

(25 คะแนน)

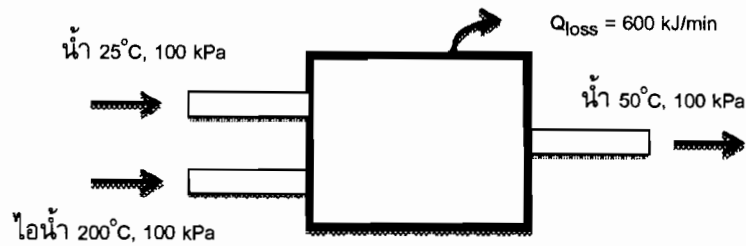


Table A-4 Saturated water – Temperature table

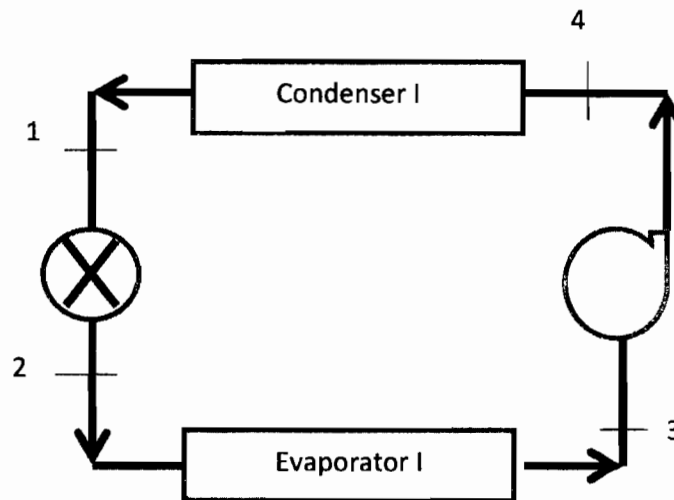
| Temp. T°C | Sat. Press., P _{sat} kPa | Sat. Liquid, h, kJ/kg | Sat. Vapor, h _g , kJ/kg | Sat. Liquid, s, kJ/kg K | Sat. Vapor, s _g , kJ/kg K |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---|
| 20 | 2.3392 | 83.915 | 2537.4 | 0.2965 | 8.6661 |
| 25 | 3.1698 | 104.83 | 2546.5 | 0.3672 | 8.5567 |
| 30 | 4.2469 | 125.74 | 2555.6 | 0.4368 | 8.4520 |
| 40 | 7.3851 | 167.53 | 2573.5 | 0.5724 | 8.2556 |
| 50 | 12.352 | 209.34 | 2591.3 | 0.7038 | 8.0748 |

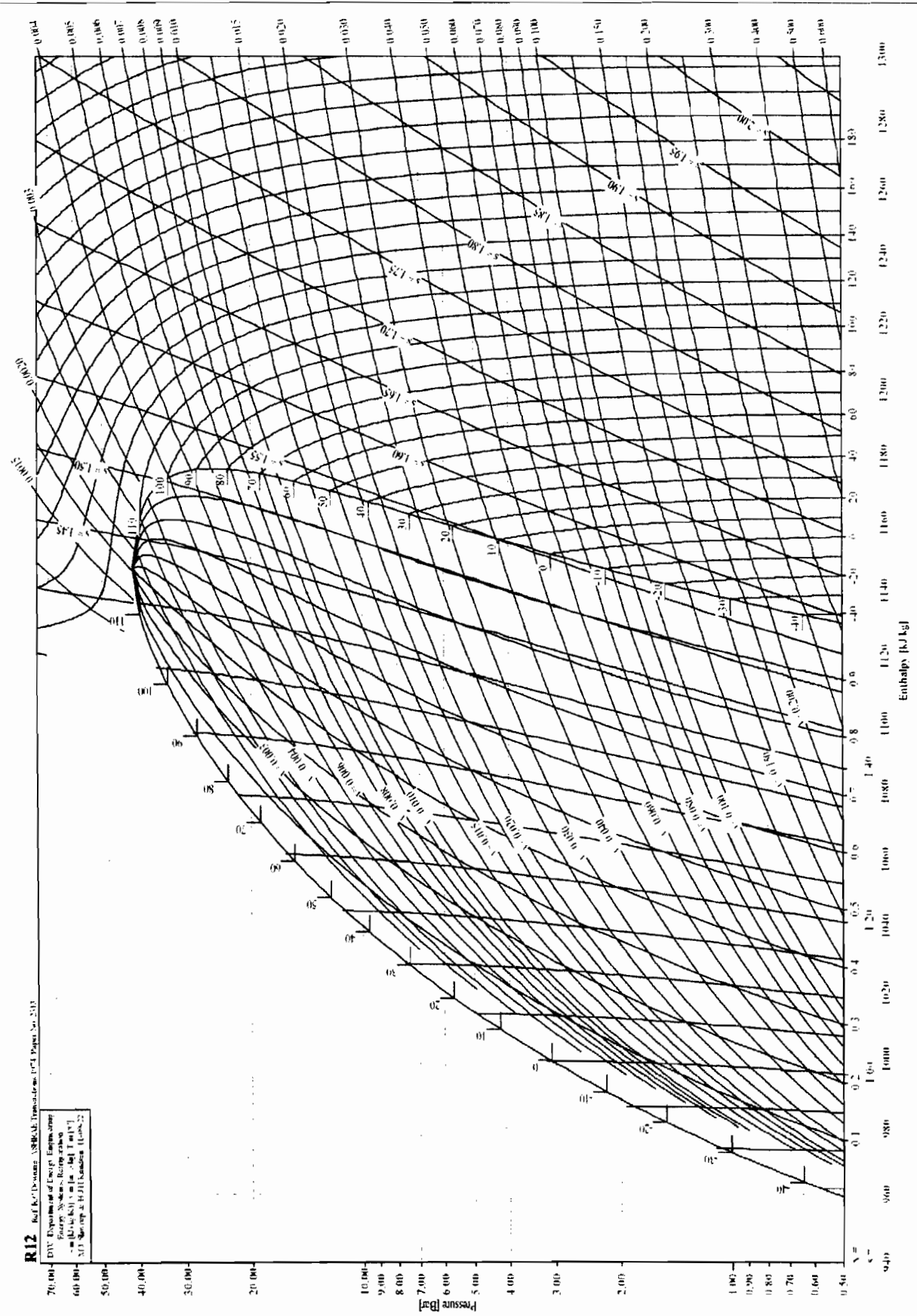
Table A-6 Superheated water

P = 0.10 MPa (99.61°C)

| T, °C | v, m ³ /kg | u, kJ/kg | h, kJ/kg | s, kJ/kg K |
|-------|-----------------------|----------|----------|------------|
| 100 | 1.6959 | 2506.2 | 2675.8 | 7.3611 |
| 200 | 2.1724 | 2658.2 | 2875.5 | 7.8356 |
| 300 | 2.6389 | 2810.7 | 3074.5 | 8.2172 |

2. จงเปรียบเทียบค่า COP และค่ากำลังของ compressor ของระบบทำความเย็นแบบ Ideal Vapor Compression Refrigeration ระหว่างระบบที่ใช้สารทำความเย็น R-12 เป็นสารทำงาน กับระบบที่ใช้ Ammonia (R-717) เป็นสารทำงาน โดยกำหนดให้ condensing temperature ของระบบทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส และ evaporating temperature ของระบบทั้งสอง เท่ากับ 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังกำหนดให้ภาระทำความเย็นของระบบทั้งสองเท่ากับ 10.5 กิโลวัตต์ จงแสดงการคำนวณพร้อมทั้งระบุวงจรการทำงานของระบบทั้งสองลงบน P-h diagram (25 คะแนน)





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

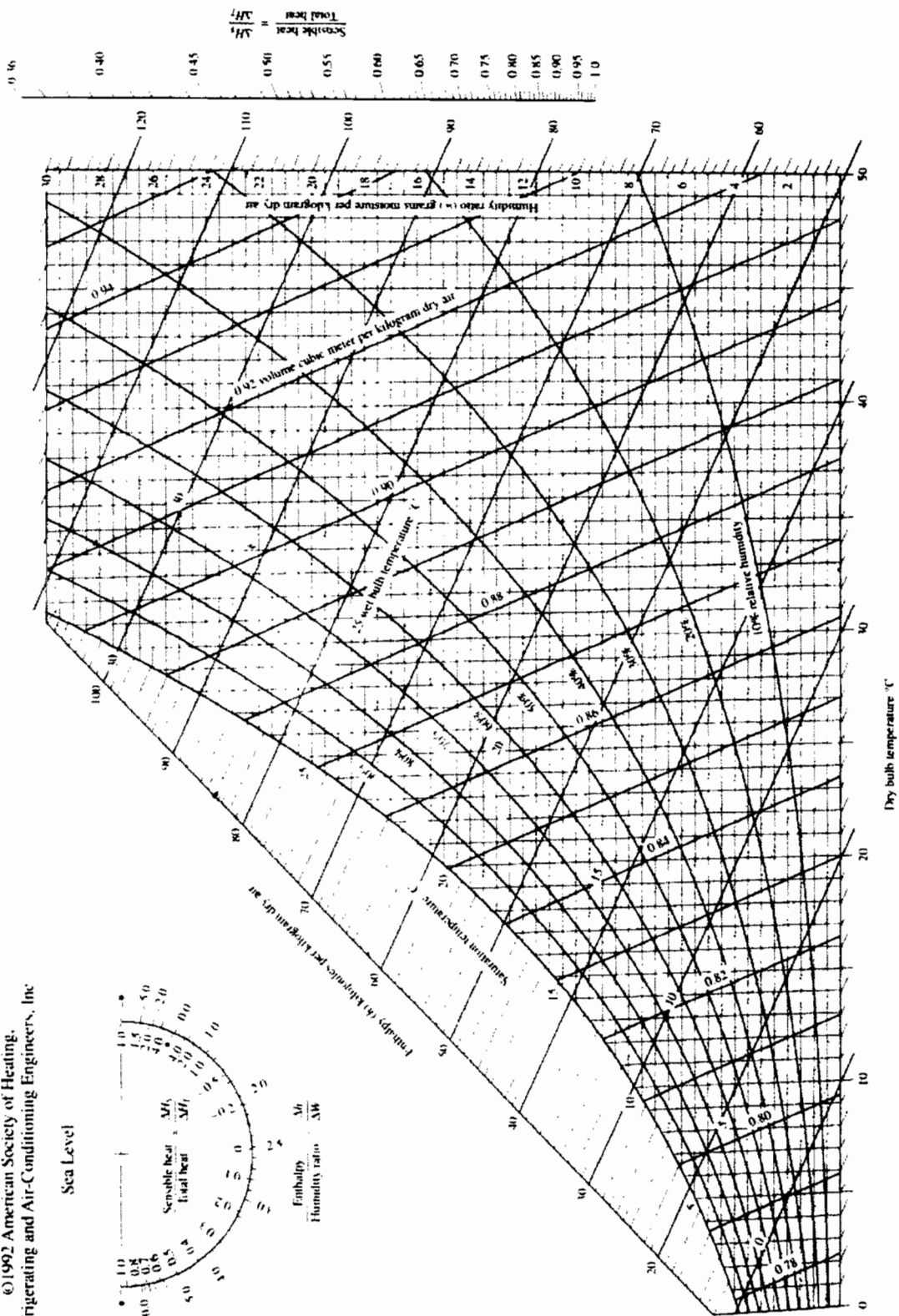
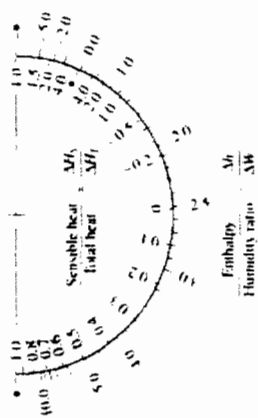
3. อากาศที่อุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ 60% ไหลเข้าสู่ไคร้เป่าผม ด้วยอัตราการไหลเท่ากับ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยที่อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกของไคร้เป่าผม มีค่าเท่ากับ 45°C จงหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางออกของไคร้เป่าผม และค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องการของไคร้เป่าผม เมื่อไม่ทำการพิจารณาความร้อนสูญเสีย พร้อมทั้งแสดงกระบวนการให้ความร้อนแก่อากาศของไคร้เป่าผมดังกล่าวลงบน psychometric chart (25 คะแนน)



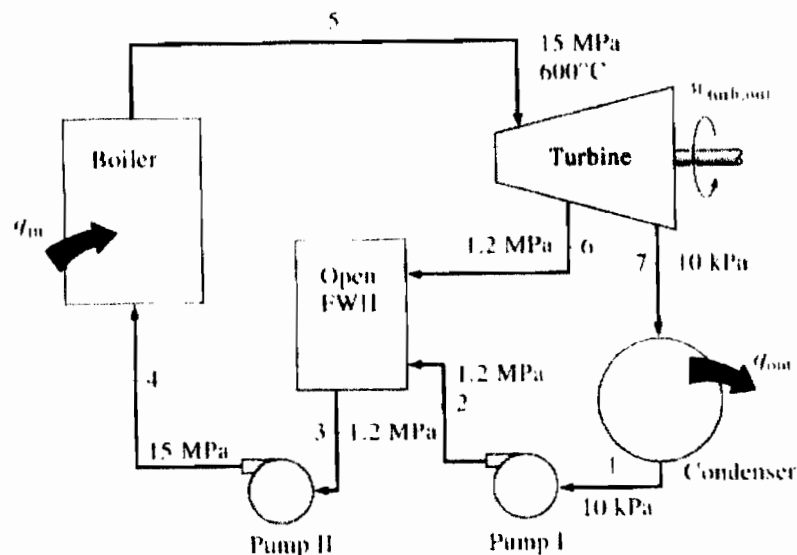
ASHRAE Psychrometric Chart No. 1
Normal Temperature
Barometric Pressure: 101.325 kPa

©1992 American Society of Heating,
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc

Sea Level



4. พิจารณาผังการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่มีทำงานแบบ Ideal Regenerative Rankine cycle โดยมีอุปกรณ์ feedwater heater จำนวน 1 ตัว ดังผังการทำงาน โดย steam turbine รับไอน้ำที่ 15 MPa และอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสจาก boiler ไอน้ำเกิดการขยายตัวใน steam turbine จนมีความดันเท่ากับ 10 kPa ก่อนถูกส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์เพื่อให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำภายในคอนเดนเซอร์ที่ความดัน 10 kPa ไอน้ำบางส่วนถูกแบ่งจาก steam turbine ที่ความดัน 1.2 MPa เพื่อส่งไปยัง feedwater heater ดังรูป จงพิจารณาอัตราส่วนของไอน้ำที่ถูกแบ่งที่ความดัน 1.2 MPa และประสิทธิภาพของระบบดังกล่าว รวมทั้งให้สเกต T-s diagram ที่ระบุสถานะของไอน้ำในระบบที่ตำแหน่งต่างๆ ดังรูป (25 คะแนน)



รูปที่ 1 ผังการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบ Ideal regenerative Rankine Cycle

ตารางที่ 1 Vapor Superheat Table

| T °C | v m ³ /kg | u kJ/kg | h kJ/kg | s kJ/kg · K | v m ³ /kg | u kJ/kg | h kJ/kg | s kJ/kg · K | v m ³ /kg | u kJ/kg | h kJ/kg | s kJ/kg · K | | |
|-------------------------|-------------------------|------------|------------|----------------|-------------------------|------------|------------|----------------|-------------------------|-------------------------|------------|----------------|--|--|
| P = 1.00 MPa (179.91°C) | | | | | P = 1.20 MPa (187.99°C) | | | | | P = 15.0 MPa (342.24°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 _{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 | 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 | 0.001000 | 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 | 2205.4 | 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 | 130.60 | 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 |