

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำปีการศึกษาที่ 1
วันที่ 5 ตุลาคม 2550
วิชา 216-391 หลักมูลวิศวกรรมเครื่องกล

ประจำปีการศึกษา 2550
เวลา 09.00 -12.00 น.
ห้อง A 401

คำสั่ง

- ข้อสอบทั้งหมดมี 5 ข้อ แบ่งเป็น 2 ส่วน ให้ทำทุกข้อ
ส่วนที่ 1 (30%) มีทั้งหมด 4 ข้อ 9 หน้า ห้ามใช้ดินสอเขียน ให้ใช้ปากกาเท่านั้น
ส่วนที่ 2 (30%) มีทั้งหมด 1 ข้อ 3 หน้า ใช้ดินสอเขียนได้
- ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ
- ตารางเทอร์โมฯที่แนบมาให้ สามารถดึงออกมาใช้ได้และนำกลับออกไปได้
- อนุญาตให้ทำเครื่องคิดเลขและเครื่องมือช่วยการเขียน (ไมโครแคลคูลเตอร์, วงเวียน) เข้าห้องสอบได้
- ห้ามหยิบยืมเครื่องมืออุปกรณ์ซึ่งกันและกันในห้องสอบ
- ในส่วนที่ 2 จุด O_1 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของ absolute velocity vector และจุด O_2 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของ absolute acceleration vector ถูกกำหนดมาให้แล้วในข้อสอบ

อ. ประกิต หงส์หิรัญเรือง
ดร. สมชาย แซ่อึ้ง

ผู้ออกข้อสอบ

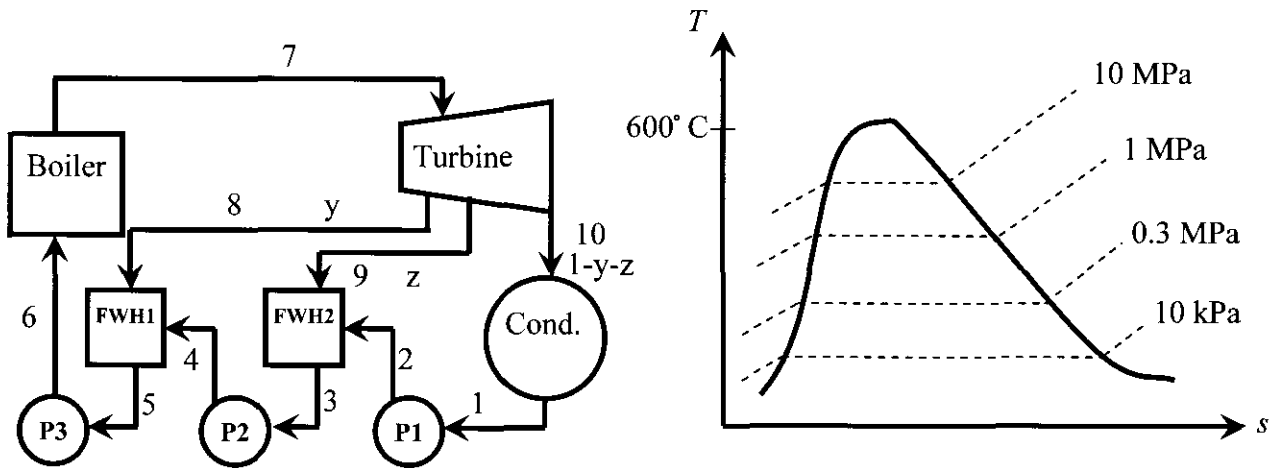
ทุจริตในการสอบโทษขั้นต่ำ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

ส่วนที่ 1
Part 1

1. โรงจักรไอน้ำทำงานในลักษณะวัฏจักรอุทกคคติ โดยมีเครื่องอุ่นน้ำเลี้ยงแบบเปิด (Open Feedwater Heater) 2 ตัว โดยไอน้ำที่ทางเข้ากังหันมีค่าความดัน 10 MPa และอุณหภูมิ 600°C และออกไปยังเครื่องควบแน่นที่ความดัน 10 kPa โดยไอน้ำส่วนหนึ่งถูกดึงจากกังหันที่ความดัน 1 MPa เพื่อป้อนให้กับเครื่องอุ่นน้ำเลี้ยงตัวที่ 1 (FWH1) และอีกส่วนหนึ่งถูกดึงจากกังหันที่ความดัน 0.3 MPa เพื่อป้อนให้กับเครื่องอุ่นน้ำเลี้ยงตัวที่ 2 (FWH2) โดยที่ทางออกของเครื่องอุ่นน้ำเลี้ยงทั้งสองและที่เครื่องควบแน่น น้ำจะมีสภาวะเป็นของเหลวอิ่มตัว จงเขียนวัฏจักรนี้ลงบนแผนภาพ T-s ที่ให้มา และจงคำนวณหา

- 1.1) สัดส่วนไอน้ำที่ทางเข้าของเครื่องอุ่นน้ำเลี้ยงทั้งสอง (ค่า y และ z)
- 1.2) งานสุทธิของวัฏจักร
- 1.3) อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำที่ไหลผ่านหม้อต้มเพื่อให้ได้กำลังสุทธิ 30 MW
- 1.4) ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของวัฏจักร

(35 คะแนน)



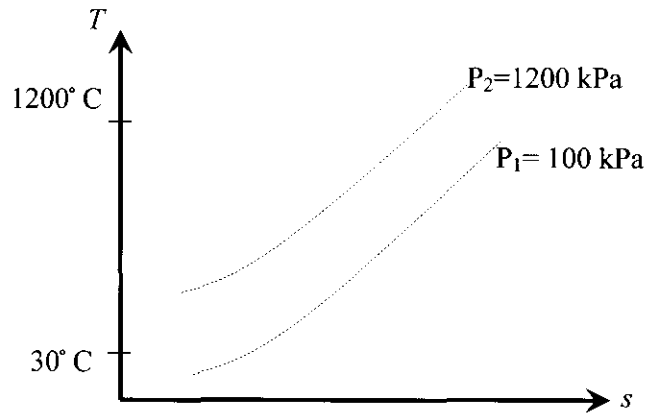
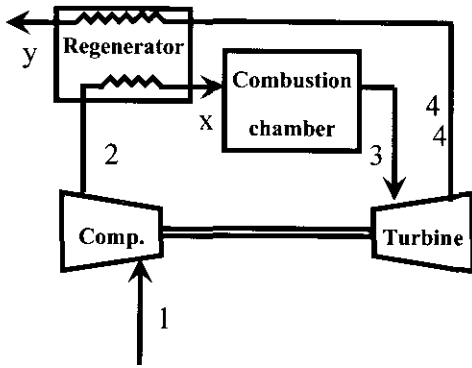
2. โรงจักรกังหันแก๊สทำงานในลักษณะวัฏจักร Brayton โดยมีอากาศเป็นสารทำงาน โดยความดันสูงสุดในวัฏจักรมีค่าเท่ากับ $P_2 = 1200 \text{ kPa}$ โดยที่ทางเข้าเครื่องอัดอากาศอยู่ที่อุณหภูมิห้อง 30°C และความดันบรรยากาศ $P_1 = 1 \text{ bar}$ ส่วนทางออกของกังหันมีอุณหภูมิ 1200°C โดยไอเสียที่ออกจากกังหันจะผ่านเข้ารีเจนเนอเรเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ 95% เพื่ออุ่นอากาศที่จะเข้าห้องเผาไหม้ ให้สมมติว่าเครื่องอัดอากาศและกังหันมีค่าประสิทธิภาพไอเซนโทรปิก 90% และ 80% ตามลำดับ จงเขียนแผนภาพ $T-s$ ของวัฏจักร และหา

- 2.1) งานสุทธิของวัฏจักร
 - 2.2) ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของวัฏจักร
- โดยกำหนดให้

ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศมีค่าคงที่ที่ 30°C เท่ากับ $C_p = 1.0035 \text{ kJ/kg.K}$

ค่า $k = 1.4$ และที่ อุณหภูมิ $T=0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

(25 คะแนน)



ชื่อ.....นามสกุล.....รหัส.....

3. วัฏจักรมาตรฐานอากาศของวัฏจักรดีเซล มีค่าอัตราส่วนการอัด r_v เท่ากับ 16 และค่า cutoff ration r_c เท่ากับ 2 โดยกำหนดให้จุดเริ่มต้นอากาศอยู่ที่อุณหภูมิห้อง 300 K และความดัน 100 kPa จงเขียนแผนภาพ $P-v$ ของวัฏจักรนี้ และหา

- 3.1) ค่าความดันสูงสุดของวัฏจักร
- 3.2) ค่าประสิทธิภาพของวัฏจักร
- 3.3) ค่าความดันโดยเฉลี่ยในกระบอกสูบ

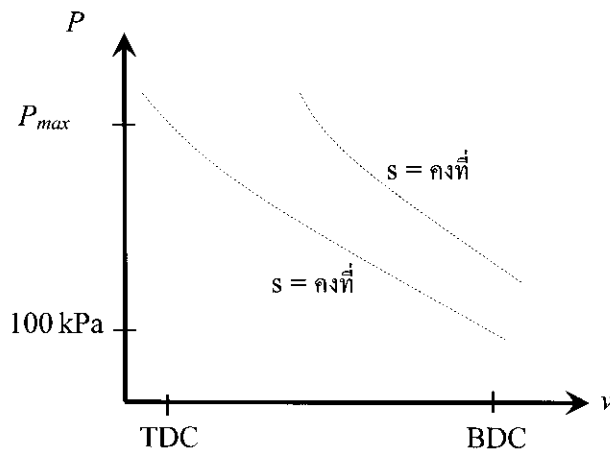
โดยกำหนดให้ค่าคุณสมบัติทางกายภาพของอากาศมีค่าคงที่ที่อุณหภูมิห้องโดย

$$C_p = 1.005 \text{ kJ/kg.K}$$

$$C_v = 0.718 \text{ kJ/kg.K}$$

$$R = 0.287 \text{ kJ/kg.K}$$

(20 คะแนน)



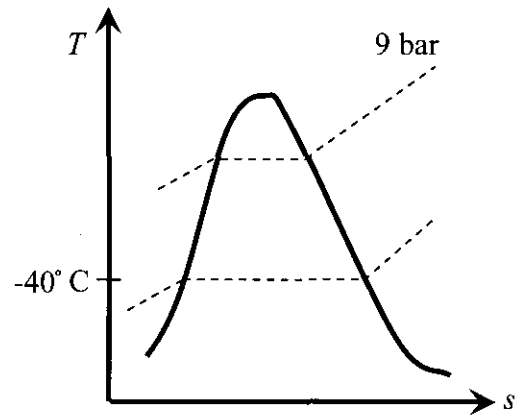
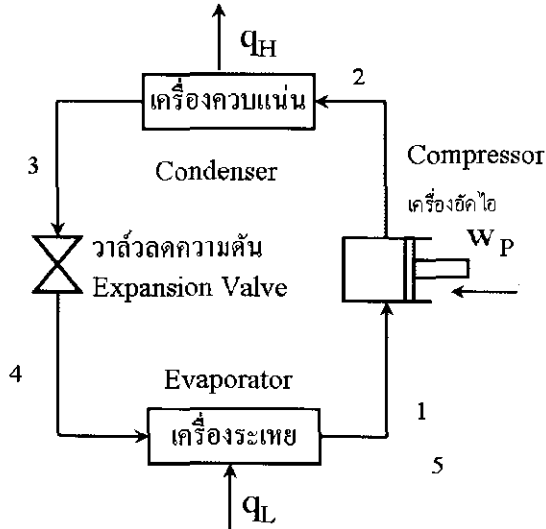
4. วัฏจักรทำความเย็นใช้ฟรียอน-134a (R-134a) เป็นสารทำความเย็น อุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องอัดไอ (Compressor) มีค่าเท่ากับ -40°C และก่อนเข้าวาล์วลดความดันมีความดันเท่ากับ 9 bar โดยกำหนดให้สถานะของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัดไอและวาล์วลดความดันอยู่ในสถานะอิ่มตัว โดยใช้เครื่องอัดไอที่มีกำลังเท่ากับ 3 kW จงเขียน $T-s$ diagram ของวัฏจักร และหา

4.1) อัตราการไหลโดยมวล (\dot{m}) ของสารทำความเย็นในวัฏจักร

4.2) กำลังในการทำความเย็นของวัฏจักรเป็น kW

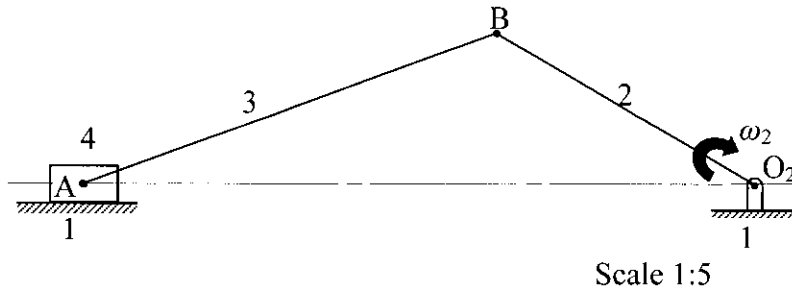
4.3) สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของวัฏจักร

(20 คะแนน)



ชื่อ.....นามสกุล.....รหัส.....

1. รูปข้างล่างเป็น Kinematic Diagram ของ Slider Crank Mechanism ข้อเหวี่ยง 2 มีความเร็วเชิงมุมคงที่เท่ากับ 40π rad/s ตามเข็มนาฬิกา ถ้า $O_2B = 200$ mm, $AB = 300$ mm จงหา $\vec{v}_A, \vec{\omega}_3, \vec{a}_A, \vec{\alpha}_3$ ให้ใช้ scale 1 cm : 5 m/s ในการเขียน velocity polygon และ 1 cm : 500 m/s² ในการเขียน acceleration polygon



$\cdot O_v$
Velocity Polygon

$\cdot O_a$

Acceleration Polygon

Tables in SI Units

Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Temperature Table

| Temp. °C | Press. bar | Specific Volume m ³ /kg | | Internal Energy kJ/kg | | Enthalpy kJ/kg | | | Entropy kJ/kg · K | | Temp. °C |
|-------------|---------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| | | Sat. Liquid $v_f \times 10^3$ | Sat. Vapor v_g | Sat. Liquid u_f | Sat. Vapor u_g | Sat. Liquid h_f | Evap. h_{fg} | Sat. Vapor h_g | Sat. Liquid s_f | Sat. Vapor s_g | |
| .01 | 0.00611 | 1.0002 | 206.136 | 0.00 | 2375.3 | 0.01 | 2501.3 | 2501.4 | 0.0000 | 9.1562 | .01 |
| 4 | 0.00813 | 1.0001 | 157.232 | 16.77 | 2380.9 | 16.78 | 2491.9 | 2508.7 | 0.0610 | 9.0514 | 4 |
| 5 | 0.00872 | 1.0001 | 147.120 | 20.97 | 2382.3 | 20.98 | 2489.6 | 2510.6 | 0.0761 | 9.0257 | 5 |
| 6 | 0.00935 | 1.0001 | 137.734 | 25.19 | 2383.6 | 25.20 | 2487.2 | 2512.4 | 0.0912 | 9.0003 | 6 |
| 8 | 0.01072 | 1.0002 | 120.917 | 33.59 | 2386.4 | 33.60 | 2482.5 | 2516.1 | 0.1212 | 8.9501 | 8 |
| 10 | 0.01228 | 1.0004 | 106.379 | 42.00 | 2389.2 | 42.01 | 2477.7 | 2519.8 | 0.1510 | 8.9008 | 10 |
| 11 | 0.01312 | 1.0004 | 99.857 | 46.20 | 2390.5 | 46.20 | 2475.4 | 2521.6 | 0.1658 | 8.8765 | 11 |
| 12 | 0.01402 | 1.0005 | 93.784 | 50.41 | 2391.9 | 50.41 | 2473.0 | 2523.4 | 0.1806 | 8.8524 | 12 |
| 13 | 0.01497 | 1.0007 | 88.124 | 54.60 | 2393.3 | 54.60 | 2470.7 | 2525.3 | 0.1953 | 8.8285 | 13 |
| 14 | 0.01598 | 1.0008 | 82.848 | 58.79 | 2394.7 | 58.80 | 2468.3 | 2527.1 | 0.2099 | 8.8048 | 14 |
| 15 | 0.01705 | 1.0009 | 77.926 | 62.99 | 2396.1 | 62.99 | 2465.9 | 2528.9 | 0.2245 | 8.7814 | 15 |
| 16 | 0.01818 | 1.0011 | 73.333 | 67.18 | 2397.4 | 67.19 | 2463.6 | 2530.8 | 0.2390 | 8.7582 | 16 |
| 17 | 0.01938 | 1.0012 | 69.044 | 71.38 | 2398.8 | 71.38 | 2461.2 | 2532.6 | 0.2535 | 8.7351 | 17 |
| 18 | 0.02064 | 1.0014 | 65.038 | 75.57 | 2400.2 | 75.58 | 2458.8 | 2534.4 | 0.2679 | 8.7123 | 18 |
| 19 | 0.02198 | 1.0016 | 61.293 | 79.76 | 2401.6 | 79.77 | 2456.5 | 2536.2 | 0.2823 | 8.6897 | 19 |
| 20 | 0.02339 | 1.0018 | 57.791 | 83.95 | 2402.9 | 83.96 | 2454.1 | 2538.1 | 0.2966 | 8.6672 | 20 |
| 21 | 0.02487 | 1.0020 | 54.514 | 88.14 | 2404.3 | 88.14 | 2451.8 | 2539.9 | 0.3109 | 8.6450 | 21 |
| 22 | 0.02645 | 1.0022 | 51.447 | 92.32 | 2405.7 | 92.33 | 2449.4 | 2541.7 | 0.3251 | 8.6229 | 22 |
| 23 | 0.02810 | 1.0024 | 48.574 | 96.51 | 2407.0 | 96.52 | 2447.0 | 2543.5 | 0.3393 | 8.6011 | 23 |
| 24 | 0.02985 | 1.0027 | 45.883 | 100.70 | 2408.4 | 100.70 | 2444.7 | 2545.4 | 0.3534 | 8.5794 | 24 |
| 25 | 0.03169 | 1.0029 | 43.360 | 104.88 | 2409.8 | 104.89 | 2442.3 | 2547.2 | 0.3674 | 8.5580 | 25 |
| 26 | 0.03363 | 1.0032 | 40.994 | 109.06 | 2411.1 | 109.07 | 2439.9 | 2549.0 | 0.3814 | 8.5367 | 26 |
| 27 | 0.03567 | 1.0035 | 38.774 | 113.25 | 2412.5 | 113.25 | 2437.6 | 2550.8 | 0.3954 | 8.5156 | 27 |
| 28 | 0.03782 | 1.0037 | 36.690 | 117.42 | 2413.9 | 117.43 | 2435.2 | 2552.6 | 0.4093 | 8.4946 | 28 |
| 29 | 0.04008 | 1.0040 | 34.733 | 121.60 | 2415.2 | 121.61 | 2432.8 | 2554.5 | 0.4231 | 8.4739 | 29 |
| 30 | 0.04246 | 1.0043 | 32.894 | 125.78 | 2416.6 | 125.79 | 2430.5 | 2556.3 | 0.4369 | 8.4533 | 30 |
| 31 | 0.04496 | 1.0046 | 31.165 | 129.96 | 2418.0 | 129.97 | 2428.1 | 2558.1 | 0.4507 | 8.4329 | 31 |
| 32 | 0.04759 | 1.0050 | 29.540 | 134.14 | 2419.3 | 134.15 | 2425.7 | 2559.9 | 0.4644 | 8.4127 | 32 |
| 33 | 0.05034 | 1.0053 | 28.011 | 138.32 | 2420.7 | 138.33 | 2423.4 | 2561.7 | 0.4781 | 8.3927 | 33 |
| 34 | 0.05324 | 1.0056 | 26.571 | 142.50 | 2422.0 | 142.50 | 2421.0 | 2563.5 | 0.4917 | 8.3728 | 34 |
| 35 | 0.05628 | 1.0060 | 25.216 | 146.67 | 2423.4 | 146.68 | 2418.6 | 2565.3 | 0.5053 | 8.3531 | 35 |
| 36 | 0.05947 | 1.0063 | 23.940 | 150.85 | 2424.7 | 150.86 | 2416.2 | 2567.1 | 0.5188 | 8.3336 | 36 |
| 38 | 0.06632 | 1.0071 | 21.602 | 159.20 | 2427.4 | 159.21 | 2411.5 | 2570.7 | 0.5458 | 8.2950 | 38 |
| 40 | 0.07384 | 1.0078 | 19.523 | 167.56 | 2430.1 | 167.57 | 2406.7 | 2574.3 | 0.5725 | 8.2570 | 40 |
| 45 | 0.09593 | 1.0099 | 15.258 | 188.44 | 2436.8 | 188.45 | 2394.8 | 2583.2 | 0.6387 | 8.1648 | 45 |

Tables in SI Units

Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Pressure Table

| Temp. °C | Press. bar | Specific Volume m ³ /kg | | Internal Energy kJ/kg | | Enthalpy kJ/kg | | | Entropy kJ/kg · K | | Temp. °C |
|-------------|---------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| | | Sat. Liquid $v_f \times 10^3$ | Sat. Vapor v_g | Sat. Liquid u_f | Sat. Vapor u_g | Sat. Liquid h_f | Evap. h_{fg} | Sat. Vapor h_g | Sat. Liquid s_f | Sat. Vapor s_g | |
| 0.04 | 28.96 | 1.0040 | 34.800 | 121.45 | 2415.2 | 121.46 | 2432.9 | 2554.4 | 0.4226 | 8.4746 | 0.04 |
| 0.06 | 36.16 | 1.0064 | 23.739 | 151.53 | 2425.0 | 151.53 | 2415.9 | 2567.4 | 0.5210 | 8.3304 | 0.06 |
| 0.08 | 41.51 | 1.0084 | 18.103 | 173.87 | 2432.2 | 173.88 | 2403.1 | 2577.0 | 0.5926 | 8.2287 | 0.08 |
| 0.10 | 45.81 | 1.0102 | 14.674 | 191.82 | 2437.9 | 191.83 | 2392.8 | 2584.7 | 0.6493 | 8.1502 | 0.10 |
| 0.20 | 60.06 | 1.0172 | 7.649 | 251.38 | 2456.7 | 251.40 | 2358.3 | 2609.7 | 0.8320 | 7.9085 | 0.20 |
| 0.30 | 69.10 | 1.0223 | 5.229 | 289.20 | 2468.4 | 289.23 | 2336.1 | 2625.3 | 0.9439 | 7.7686 | 0.30 |
| 0.40 | 75.87 | 1.0265 | 3.993 | 317.53 | 2477.0 | 317.58 | 2319.2 | 2636.8 | 1.0259 | 7.6700 | 0.40 |
| 0.50 | 81.33 | 1.0300 | 3.240 | 340.44 | 2483.9 | 340.49 | 2305.4 | 2645.9 | 1.0910 | 7.5939 | 0.50 |
| 0.60 | 85.94 | 1.0331 | 2.732 | 359.79 | 2489.6 | 359.86 | 2293.6 | 2653.5 | 1.1453 | 7.5320 | 0.60 |
| 0.70 | 89.95 | 1.0360 | 2.365 | 376.63 | 2494.5 | 376.70 | 2283.3 | 2660.0 | 1.1919 | 7.4797 | 0.70 |
| 0.80 | 93.50 | 1.0388 | 2.087 | 391.58 | 2498.8 | 391.66 | 2274.1 | 2665.8 | 1.2329 | 7.4346 | 0.80 |
| 0.90 | 96.71 | 1.0410 | 1.869 | 405.06 | 2502.6 | 405.15 | 2265.7 | 2670.9 | 1.2695 | 7.3949 | 0.90 |
| 1.00 | 99.63 | 1.0432 | 1.694 | 417.36 | 2506.1 | 417.46 | 2258.0 | 2675.5 | 1.3026 | 7.3594 | 1.00 |
| 1.50 | 111.4 | 1.0528 | 1.159 | 466.94 | 2519.7 | 467.11 | 2226.5 | 2693.6 | 1.4336 | 7.2233 | 1.50 |
| 2.00 | 120.2 | 1.0605 | 0.8857 | 504.49 | 2529.5 | 504.70 | 2201.9 | 2706.7 | 1.5301 | 7.1271 | 2.00 |
| 2.50 | 127.4 | 1.0672 | 0.7187 | 535.10 | 2537.2 | 535.37 | 2181.5 | 2716.9 | 1.6072 | 7.0527 | 2.50 |
| 3.00 | 133.6 | 1.0732 | 0.6058 | 561.15 | 2543.6 | 561.47 | 2163.8 | 2725.3 | 1.6718 | 6.9919 | 3.00 |
| 3.50 | 138.9 | 1.0786 | 0.5243 | 583.95 | 2546.9 | 584.33 | 2148.1 | 2732.4 | 1.7275 | 6.9405 | 3.50 |
| 4.00 | 143.6 | 1.0836 | 0.4625 | 604.31 | 2553.6 | 604.74 | 2133.8 | 2738.6 | 1.7766 | 6.8959 | 4.00 |
| 4.50 | 147.9 | 1.0882 | 0.4140 | 622.25 | 2557.6 | 623.25 | 2120.7 | 2743.9 | 1.8207 | 6.8565 | 4.50 |
| 5.00 | 151.9 | 1.0926 | 0.3749 | 639.68 | 2561.2 | 640.23 | 2108.5 | 2748.7 | 1.8607 | 6.8212 | 5.00 |
| 6.00 | 158.9 | 1.1006 | 0.3157 | 669.90 | 2567.4 | 670.56 | 2086.3 | 2756.8 | 1.9312 | 6.7600 | 6.00 |
| 7.00 | 165.0 | 1.1080 | 0.2729 | 696.44 | 2572.5 | 697.22 | 2066.3 | 2763.5 | 1.9922 | 6.7080 | 7.00 |
| 8.00 | 170.4 | 1.1148 | 0.2404 | 720.22 | 2576.8 | 721.11 | 2048.0 | 2769.1 | 2.0462 | 6.6628 | 8.00 |
| 9.00 | 175.4 | 1.1212 | 0.2150 | 741.83 | 2580.5 | 742.83 | 2031.1 | 2773.9 | 2.0946 | 6.6226 | 9.00 |
| 10.0 | 179.9 | 1.1273 | 0.1944 | 761.68 | 2583.6 | 762.81 | 2015.3 | 2778.1 | 2.1387 | 6.5863 | 10.0 |
| 15.0 | 198.3 | 1.1539 | 0.1318 | 843.16 | 2594.5 | 844.84 | 1947.3 | 2792.2 | 2.3150 | 6.4448 | 15.0 |
| 20.0 | 212.4 | 1.1767 | 0.09963 | 906.44 | 2600.3 | 908.79 | 1890.7 | 2799.5 | 2.4474 | 6.3409 | 20.0 |
| 25.0 | 224.0 | 1.1973 | 0.07998 | 959.11 | 2603.1 | 962.11 | 1841.0 | 2803.1 | 2.5547 | 6.2575 | 25.0 |
| 30.0 | 233.9 | 1.2165 | 0.06668 | 1004.8 | 2604.1 | 1008.4 | 1795.7 | 2804.2 | 2.6457 | 6.1869 | 30.0 |
| 35.0 | 242.6 | 1.2347 | 0.05707 | 1045.4 | 2603.7 | 1049.8 | 1753.7 | 2803.4 | 2.7253 | 6.1253 | 35.0 |
| 40.0 | 250.4 | 1.2522 | 0.04978 | 1082.3 | 2602.3 | 1087.3 | 1714.1 | 2801.4 | 2.7964 | 6.0701 | 40.0 |
| 45.0 | 257.5 | 1.2692 | 0.04406 | 1116.2 | 2600.1 | 1121.9 | 1676.4 | 2798.3 | 2.8610 | 6.0199 | 45.0 |
| 50.0 | 264.0 | 1.2859 | 0.03944 | 1147.8 | 2597.1 | 1154.2 | 1640.1 | 2794.3 | 2.9202 | 5.9734 | 50.0 |
| 60.0 | 275.6 | 1.3187 | 0.03244 | 1205.4 | 2589.7 | 1213.4 | 1571.0 | 2784.3 | 3.0267 | 5.8892 | 60.0 |
| 70.0 | 285.9 | 1.3513 | 0.02737 | 1257.6 | 2580.5 | 1267.0 | 1505.1 | 2772.1 | 3.1211 | 5.8133 | 70.0 |
| 80.0 | 295.1 | 1.3842 | 0.02352 | 1305.6 | 2569.8 | 1316.6 | 1441.3 | 2758.0 | 3.2068 | 5.7432 | 80.0 |
| 90.0 | 303.4 | 1.4178 | 0.02048 | 1350.5 | 2557.8 | 1363.3 | 1378.9 | 2742.1 | 3.2858 | 5.6772 | 90.0 |
| 100. | 311.1 | 1.4524 | 0.01803 | 1393.0 | 2544.4 | 1407.6 | 1317.1 | 2724.7 | 3.3596 | 5.6141 | 100. |
| 110. | 318.2 | 1.4886 | 0.01599 | 1433.7 | 2529.8 | 1450.1 | 1255.5 | 2705.6 | 3.4295 | 5.5527 | 110. |

Tables in SI Units

Properties of Superheated Water Vapor

| <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>p</i> = 0.06 bar = 0.006 MPa (<i>T</i> _{sat} = 36.16°C) | | | | | <i>p</i> = 0.35 bar = 0.035 MPa (<i>T</i> _{sat} = 72.69°C) | | | | |
| Sat. | 23.739 | 2425.0 | 2567.4 | 8.3304 | 4.526 | 2473.0 | 2631.4 | 7.7158 | |
| 80 | 27.132 | 2487.3 | 2650.1 | 8.5804 | 4.625 | 2483.7 | 2645.6 | 7.7564 | |
| 120 | 30.219 | 2544.7 | 2726.0 | 8.7840 | 5.163 | 2542.4 | 2723.1 | 7.9644 | |
| 160 | 33.302 | 2602.7 | 2802.5 | 8.9693 | 5.696 | 2601.2 | 2800.6 | 8.1519 | |
| 200 | 36.383 | 2661.4 | 2879.7 | 9.1398 | 6.228 | 2660.4 | 2878.4 | 8.3237 | |
| 240 | 39.462 | 2721.0 | 2957.8 | 9.2982 | 6.758 | 2720.3 | 2956.8 | 8.4828 | |
| 280 | 42.540 | 2781.5 | 3036.8 | 9.4464 | 7.287 | 2780.9 | 3036.0 | 8.6314 | |
| 320 | 45.618 | 2843.0 | 3116.7 | 9.5859 | 7.815 | 2842.5 | 3116.1 | 8.7712 | |
| 360 | 48.696 | 2905.5 | 3197.7 | 9.7180 | 8.344 | 2905.1 | 3197.1 | 8.9034 | |
| 400 | 51.774 | 2969.0 | 3279.6 | 9.8435 | 8.872 | 2968.6 | 3279.2 | 9.0291 | |
| 440 | 54.851 | 3033.5 | 3362.6 | 9.9633 | 9.400 | 3033.2 | 3362.2 | 9.1490 | |
| 500 | 59.467 | 3132.3 | 3489.1 | 10.1336 | 10.192 | 3132.1 | 3488.8 | 9.3194 | |
| <i>p</i> = 0.70 bar = 0.07 MPa (<i>T</i> _{sat} = 89.95°C) | | | | | <i>p</i> = 1.0 bar = 0.10 MPa (<i>T</i> _{sat} = 99.63°C) | | | | |
| Sat. | 2.365 | 2494.5 | 2660.0 | 7.4797 | 1.694 | 2506.1 | 2675.5 | 7.3594 | |
| 100 | 2.434 | 2509.7 | 2680.0 | 7.5341 | 1.696 | 2506.7 | 2676.2 | 7.3614 | |
| 120 | 2.571 | 2539.7 | 2719.6 | 7.6375 | 1.793 | 2537.3 | 2716.6 | 7.4668 | |
| 160 | 2.841 | 2599.4 | 2798.2 | 7.8279 | 1.984 | 2597.8 | 2796.2 | 7.6597 | |
| 200 | 3.108 | 2659.1 | 2876.7 | 8.0012 | 2.172 | 2658.1 | 2875.3 | 7.8343 | |
| 240 | 3.374 | 2719.3 | 2955.5 | 8.1611 | 2.359 | 2718.5 | 2954.5 | 7.9949 | |
| 280 | 3.640 | 2780.2 | 3035.0 | 8.3162 | 2.546 | 2779.6 | 3034.2 | 8.1445 | |
| 320 | 3.905 | 2842.0 | 3115.3 | 8.4504 | 2.732 | 2841.5 | 3114.6 | 8.2849 | |
| 360 | 4.170 | 2904.6 | 3196.5 | 8.5828 | 2.917 | 2904.2 | 3195.9 | 8.4175 | |
| 400 | 4.434 | 2968.2 | 3278.6 | 8.7086 | 3.103 | 2967.9 | 3278.2 | 8.5435 | |
| 440 | 4.698 | 3032.9 | 3361.8 | 8.8286 | 3.288 | 3032.6 | 3361.4 | 8.6636 | |
| 500 | 5.095 | 3131.8 | 3488.5 | 8.9991 | 3.565 | 3131.6 | 3488.1 | 8.8342 | |
| <i>p</i> = 1.5 bar = 0.15 MPa (<i>T</i> _{sat} = 111.37°C) | | | | | <i>p</i> = 3.0 bar = 0.30 MPa (<i>T</i> _{sat} = 133.55°C) | | | | |
| Sat. | 1.159 | 2519.7 | 2693.6 | 7.2233 | 0.606 | 2543.6 | 2725.3 | 6.9919 | |
| 120 | 1.188 | 2533.3 | 2711.4 | 7.2693 | | | | | |
| 160 | 1.317 | 2595.2 | 2792.8 | 7.4665 | 0.651 | 2587.1 | 2782.3 | 7.1276 | |
| 200 | 1.444 | 2656.2 | 2872.9 | 7.6433 | 0.716 | 2650.7 | 2865.5 | 7.3115 | |
| 240 | 1.570 | 2717.2 | 2952.7 | 7.8052 | 0.781 | 2713.1 | 2947.3 | 7.4774 | |
| 280 | 1.695 | 2778.6 | 3032.8 | 7.9555 | 0.844 | 2775.4 | 3028.6 | 7.6299 | |
| 320 | 1.819 | 2840.6 | 3113.5 | 8.0964 | 0.907 | 2838.1 | 3110.1 | 7.7722 | |
| 360 | 1.943 | 2903.5 | 3195.0 | 8.2293 | 0.969 | 2901.4 | 3192.2 | 7.9061 | |
| 400 | 2.067 | 2967.3 | 3277.4 | 8.3555 | 1.032 | 2965.6 | 3275.0 | 8.0330 | |
| 440 | 2.191 | 3032.1 | 3360.7 | 8.4757 | 1.094 | 3030.6 | 3358.7 | 8.1538 | |
| 500 | 2.376 | 3131.2 | 3487.6 | 8.6466 | 1.187 | 3130.0 | 3486.0 | 8.3251 | |
| 600 | 2.685 | 3301.7 | 3704.3 | 8.9101 | 1.341 | 3300.8 | 3703.2 | 8.5892 | |

H₂O

Tables in SI Units

(Continued)

| <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>p</i> = 5.0 bar = 0.50 MPa (<i>T</i> _{sat} = 151.86°C) | | | | | <i>p</i> = 7.0 bar = 0.70 MPa (<i>T</i> _{sat} = 164.97°C) | | | | |
| Sat. | 0.3749 | 2561.2 | 2748.7 | 6.8213 | 0.2729 | 2572.5 | 2763.5 | 6.7080 | |
| 180 | 0.4045 | 2609.7 | 2812.0 | 6.9656 | 0.2847 | 2599.8 | 2799.1 | 6.7880 | |
| 200 | 0.4249 | 2642.9 | 2855.4 | 7.0592 | 0.2999 | 2634.8 | 2844.8 | 6.8865 | |
| 240 | 0.4646 | 2707.6 | 2939.9 | 7.2307 | 0.3292 | 2701.8 | 2932.2 | 7.0641 | |
| 280 | 0.5034 | 2771.2 | 3022.9 | 7.3865 | 0.3574 | 2766.9 | 3017.1 | 7.2233 | |
| 320 | 0.5416 | 2834.7 | 3105.6 | 7.5308 | 0.3852 | 2831.3 | 3100.9 | 7.3697 | |
| 360 | 0.5796 | 2898.7 | 3188.4 | 7.6660 | 0.4126 | 2895.8 | 3184.7 | 7.5063 | |
| 400 | 0.6173 | 2963.2 | 3271.9 | 7.7938 | 0.4397 | 2960.9 | 3268.7 | 7.6350 | |
| 440 | 0.6548 | 3028.6 | 3356.0 | 7.9152 | 0.4667 | 3026.6 | 3353.3 | 7.7571 | |
| 500 | 0.7109 | 3128.4 | 3483.9 | 8.0873 | 0.5070 | 3126.8 | 3481.7 | 7.9299 | |
| 600 | 0.8041 | 3299.6 | 3701.7 | 8.3522 | 0.5738 | 3298.5 | 3700.2 | 8.1956 | |
| 700 | 0.8969 | 3477.5 | 3925.9 | 8.5952 | 0.6403 | 3476.6 | 3924.8 | 8.4391 | |
| <i>p</i> = 10.0 bar = 1.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 179.91°C) | | | | | <i>p</i> = 15.0 bar = 1.5 MPa (<i>T</i> _{sat} = 198.32°C) | | | | |
| Sat. | 0.1944 | 2583.6 | 2778.1 | 6.5865 | 0.1318 | 2594.5 | 2792.2 | 6.4448 | |
| 200 | 0.2060 | 2621.9 | 2827.9 | 6.6940 | 0.1325 | 2598.1 | 2796.8 | 6.4546 | |
| 240 | 0.2275 | 2692.9 | 2920.4 | 6.8817 | 0.1483 | 2676.9 | 2899.3 | 6.6628 | |
| 280 | 0.2480 | 2760.2 | 3008.2 | 7.0465 | 0.1627 | 2748.6 | 2992.7 | 6.8381 | |
| 320 | 0.2678 | 2826.1 | 3093.9 | 7.1962 | 0.1765 | 2817.1 | 3081.9 | 6.9938 | |
| 360 | 0.2873 | 2891.6 | 3178.9 | 7.3349 | 0.1899 | 2884.4 | 3169.2 | 7.1363 | |
| 400 | 0.3066 | 2957.3 | 3263.9 | 7.4651 | 0.2030 | 2951.3 | 3255.8 | 7.2690 | |
| 440 | 0.3257 | 3023.6 | 3349.3 | 7.5883 | 0.2160 | 3018.5 | 3342.5 | 7.3940 | |
| 500 | 0.3541 | 3124.4 | 3478.5 | 7.7622 | 0.2352 | 3120.3 | 3473.1 | 7.5698 | |
| 540 | 0.3729 | 3192.6 | 3565.6 | 7.8720 | 0.2478 | 3189.1 | 3560.9 | 7.6805 | |
| 600 | 0.4011 | 3296.8 | 3697.9 | 8.0290 | 0.2668 | 3293.9 | 3694.0 | 7.8385 | |
| 640 | 0.4198 | 3367.4 | 3787.2 | 8.1290 | 0.2793 | 3364.8 | 3783.8 | 7.9391 | |
| <i>p</i> = 20.0 bar = 2.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 212.42°C) | | | | | <i>p</i> = 30.0 bar = 3.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 233.90°C) | | | | |
| Sat. | 0.0996 | 2600.3 | 2799.5 | 6.3409 | 0.0667 | 2604.1 | 2804.2 | 6.1869 | |
| 240 | 0.1085 | 2659.6 | 2876.5 | 6.4952 | 0.0682 | 2619.7 | 2824.3 | 6.2265 | |
| 280 | 0.1200 | 2736.4 | 2976.4 | 6.6828 | 0.0771 | 2709.9 | 2941.3 | 6.4462 | |
| 320 | 0.1308 | 2807.9 | 3069.5 | 6.8452 | 0.0850 | 2788.4 | 3043.4 | 6.6245 | |
| 360 | 0.1411 | 2877.0 | 3159.3 | 6.9917 | 0.0923 | 2861.7 | 3138.7 | 6.7801 | |
| 400 | 0.1512 | 2945.2 | 3247.6 | 7.1271 | 0.0994 | 2932.8 | 3230.9 | 6.9212 | |
| 440 | 0.1611 | 3013.4 | 3335.5 | 7.2540 | 0.1062 | 3002.9 | 3321.5 | 7.0520 | |
| 500 | 0.1757 | 3116.2 | 3467.6 | 7.4317 | 0.1162 | 3108.0 | 3456.5 | 7.2338 | |
| 540 | 0.1853 | 3185.6 | 3556.1 | 7.5434 | 0.1227 | 3178.4 | 3546.6 | 7.3474 | |
| 600 | 0.1996 | 3290.9 | 3690.1 | 7.7024 | 0.1324 | 3285.0 | 3682.3 | 7.5085 | |
| 640 | 0.2091 | 3362.2 | 3780.4 | 7.8035 | 0.1388 | 3357.0 | 3773.5 | 7.6106 | |
| 700 | 0.2232 | 3470.9 | 3917.4 | 7.9487 | 0.1484 | 3466.5 | 3911.7 | 7.7571 | |

H₂O

Tables in SI Units

(Continued)

| 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 |
|--|-------------------------|------------|------------|--|-------------------------|------------|------------|--------------|
| <i>p</i> = 40 bar = 4.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 250.4°C) | | | | <i>p</i> = 60 bar = 6.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 275.64°C) | | | | |
| Sat. | 0.04978 | 2602.3 | 2801.4 | 6.0701 | 0.03244 | 2589.7 | 2784.3 | 5.8892 |
| 280 | 0.05546 | 2680.0 | 2901.8 | 6.2568 | 0.03317 | 2605.2 | 2804.2 | 5.9252 |
| 320 | 0.06199 | 2767.4 | 3015.4 | 6.4553 | 0.03876 | 2720.0 | 2952.6 | 6.1846 |
| 360 | 0.06788 | 2845.7 | 3117.2 | 6.6215 | 0.04331 | 2811.2 | 3071.1 | 6.3782 |
| 400 | 0.07341 | 2919.9 | 3213.6 | 6.7690 | 0.04739 | 2892.9 | 3177.2 | 6.5408 |
| 440 | 0.07872 | 2992.2 | 3307.1 | 6.9041 | 0.05122 | 2970.0 | 3277.3 | 6.6853 |
| 500 | 0.08643 | 3099.5 | 3445.3 | 7.0901 | 0.05665 | 3082.2 | 3422.2 | 6.8803 |
| 540 | 0.09145 | 3171.1 | 3536.9 | 7.2056 | 0.06015 | 3156.1 | 3517.0 | 6.9999 |
| 600 | 0.09885 | 3279.1 | 3674.4 | 7.3688 | 0.06525 | 3266.9 | 3658.4 | 7.1677 |
| 640 | 0.1037 | 3351.8 | 3766.6 | 7.4720 | 0.06859 | 3341.0 | 3752.6 | 7.2731 |
| 700 | 0.1110 | 3462.1 | 3905.9 | 7.6198 | 0.07352 | 3453.1 | 3894.1 | 7.4234 |
| 740 | 0.1157 | 3536.6 | 3999.6 | 7.7141 | 0.07677 | 3528.3 | 3989.2 | 7.5190 |
| <i>p</i> = 80 bar = 8.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 295.06°C) | | | | <i>p</i> = 100 bar = 10.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 311.06°C) | | | | |
| Sat. | 0.02352 | 2569.8 | 2758.0 | 5.7432 | 0.01803 | 2544.4 | 2724.7 | 5.6141 |
| 320 | 0.02682 | 2662.7 | 2877.2 | 5.9489 | 0.01925 | 2588.8 | 2781.3 | 5.7103 |
| 360 | 0.03089 | 2772.7 | 3019.8 | 6.1819 | 0.02331 | 2729.1 | 2962.1 | 6.0060 |
| 400 | 0.03432 | 2863.8 | 3138.3 | 6.3634 | 0.02641 | 2832.4 | 3096.5 | 6.2120 |
| 440 | 0.03742 | 2946.7 | 3246.1 | 6.5190 | 0.02911 | 2922.1 | 3213.2 | 6.3805 |
| 480 | 0.04034 | 3025.7 | 3348.4 | 6.6586 | 0.03160 | 3005.4 | 3321.4 | 6.5282 |
| 520 | 0.04313 | 3102.7 | 3447.7 | 6.7871 | 0.03394 | 3085.6 | 3425.1 | 6.6622 |
| 560 | 0.04582 | 3178.7 | 3545.3 | 6.9072 | 0.03619 | 3164.1 | 3526.0 | 6.7864 |
| 600 | 0.04845 | 3254.4 | 3642.0 | 7.0206 | 0.03837 | 3241.7 | 3625.3 | 6.9029 |
| 640 | 0.05102 | 3330.1 | 3738.3 | 7.1283 | 0.04048 | 3318.9 | 3723.7 | 7.0131 |
| 700 | 0.05481 | 3443.9 | 3882.4 | 7.2812 | 0.04358 | 3434.7 | 3870.5 | 7.1687 |
| 740 | 0.05729 | 3520.4 | 3978.7 | 7.3782 | 0.04560 | 3512.1 | 3968.1 | 7.2670 |
| <i>p</i> = 120 bar = 12.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 324.75°C) | | | | <i>p</i> = 140 bar = 14.0 MPa (<i>T</i> _{sat} = 336.75°C) | | | | |
| Sat. | 0.01426 | 2513.7 | 2684.9 | 5.4924 | 0.01149 | 2476.8 | 2637.6 | 5.3717 |
| 360 | 0.01811 | 2678.4 | 2895.7 | 5.8361 | 0.01422 | 2617.4 | 2816.5 | 5.6602 |
| 400 | 0.02108 | 2798.3 | 3051.3 | 6.0747 | 0.01722 | 2760.9 | 3001.9 | 5.9448 |
| 440 | 0.02355 | 2896.1 | 3178.7 | 6.2586 | 0.01954 | 2868.6 | 3142.2 | 6.1474 |
| 480 | 0.02576 | 2984.4 | 3293.5 | 6.4154 | 0.02157 | 2962.5 | 3264.5 | 6.3143 |
| 520 | 0.02781 | 3068.0 | 3401.8 | 6.5555 | 0.02343 | 3049.8 | 3377.8 | 6.4610 |
| 560 | 0.02977 | 3149.0 | 3506.2 | 6.6840 | 0.02517 | 3133.6 | 3486.0 | 6.5941 |
| 600 | 0.03164 | 3228.7 | 3608.3 | 6.8037 | 0.02683 | 3215.4 | 3591.1 | 6.7172 |
| 640 | 0.03345 | 3307.5 | 3709.0 | 6.9164 | 0.02843 | 3296.0 | 3694.1 | 6.8326 |
| 700 | 0.03610 | 3425.2 | 3858.4 | 7.0749 | 0.03075 | 3415.7 | 3846.2 | 6.9939 |
| 740 | 0.03781 | 3503.7 | 3957.4 | 7.1746 | 0.03225 | 3495.2 | 3946.7 | 7.0952 |

H₂O

Tables in SI Units

Properties of Saturated Refrigerant 134a (Liquid-Vapor): Temperature Table

| Temp. °C | Press. bar | Specific Volume m ³ /kg | | Internal Energy kJ/kg | | Enthalpy kJ/kg | | | Entropy kJ/kg·K | | Temp. °C |
|-------------|---------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| | | Sat. Liquid <i>v</i> _f × 10 ³ | Sat. Vapor <i>v</i> _g | Sat. Liquid <i>u</i> _f | Sat. Vapor <i>u</i> _g | Sat. Liquid <i>h</i> _f | Evap. <i>h</i> _{fg} | Sat. Vapor <i>h</i> _g | Sat. Liquid <i>s</i> _f | Sat. Vapor <i>s</i> _g | |
| -40 | 0.5164 | 0.7055 | 0.3569 | -0.04 | 204.45 | 0.00 | 222.88 | 222.88 | 0.0000 | 0.9560 | -40 |
| -36 | 0.6332 | 0.7113 | 0.2947 | 4.68 | 206.73 | 4.73 | 220.67 | 225.40 | 0.0201 | 0.9506 | -36 |
| -32 | 0.7704 | 0.7172 | 0.2451 | 9.47 | 209.01 | 9.52 | 218.37 | 227.90 | 0.0401 | 0.9456 | -32 |
| -28 | 0.9305 | 0.7233 | 0.2052 | 14.31 | 211.29 | 14.37 | 216.01 | 230.38 | 0.0600 | 0.9411 | -28 |
| -26 | 1.0199 | 0.7265 | 0.1882 | 16.75 | 212.43 | 16.82 | 214.80 | 231.62 | 0.0699 | 0.9390 | -26 |
| -24 | 1.1160 | 0.7296 | 0.1728 | 19.21 | 213.57 | 19.29 | 213.57 | 232.85 | 0.0798 | 0.9370 | -24 |
| -22 | 1.2192 | 0.7328 | 0.1590 | 21.68 | 214.70 | 21.77 | 212.32 | 234.08 | 0.0897 | 0.9351 | -22 |
| -20 | 1.3299 | 0.7361 | 0.1464 | 24.17 | 215.84 | 24.26 | 211.05 | 235.31 | 0.0996 | 0.9332 | -20 |
| -18 | 1.4483 | 0.7395 | 0.1350 | 26.67 | 216.97 | 26.77 | 209.76 | 236.53 | 0.1094 | 0.9315 | -18 |
| -16 | 1.5748 | 0.7428 | 0.1247 | 29.18 | 218.10 | 29.30 | 208.45 | 237.74 | 0.1192 | 0.9298 | -16 |
| -12 | 1.8540 | 0.7498 | 0.1068 | 34.25 | 220.36 | 34.39 | 205.77 | 240.15 | 0.1388 | 0.9267 | -12 |
| -8 | 2.1704 | 0.7569 | 0.0919 | 39.38 | 222.60 | 39.54 | 203.00 | 242.54 | 0.1583 | 0.9239 | -8 |
| -4 | 2.5274 | 0.7644 | 0.0794 | 44.56 | 224.84 | 44.75 | 200.15 | 244.90 | 0.1777 | 0.9213 | -4 |
| 0 | 2.9282 | 0.7721 | 0.0689 | 49.79 | 227.06 | 50.02 | 197.21 | 247.23 | 0.1970 | 0.9190 | 0 |
| 4 | 3.3765 | 0.7801 | 0.0600 | 55.08 | 229.27 | 55.35 | 194.19 | 249.53 | 0.2162 | 0.9169 | 4 |
| 8 | 3.8756 | 0.7884 | 0.0525 | 60.43 | 231.46 | 60.73 | 191.07 | 251.80 | 0.2354 | 0.9150 | 8 |
| 12 | 4.4294 | 0.7971 | 0.0460 | 65.83 | 233.63 | 66.18 | 187.85 | 254.03 | 0.2545 | 0.9132 | 12 |
| 16 | 5.0416 | 0.8062 | 0.0405 | 71.29 | 235.78 | 71.69 | 184.52 | 256.22 | 0.2735 | 0.9116 | 16 |
| 20 | 5.7160 | 0.8157 | 0.0358 | 76.80 | 237.91 | 77.26 | 181.09 | 258.36 | 0.2924 | 0.9102 | 20 |
| 24 | 6.4566 | 0.8257 | 0.0317 | 82.37 | 240.01 | 82.90 | 177.55 | 260.45 | 0.3113 | 0.9089 | 24 |
| 26 | 6.8530 | 0.8309 | 0.0298 | 85.18 | 241.05 | 85.75 | 175.73 | 261.48 | 0.3208 | 0.9082 | 26 |
| 28 | 7.2675 | 0.8362 | 0.0281 | 88.00 | 242.08 | 88.61 | 173.89 | 262.50 | 0.3302 | 0.9076 | 28 |
| 30 | 7.7006 | 0.8417 | 0.0265 | 90.84 | 243.10 | 91.49 | 172.00 | 263.50 | 0.3396 | 0.9070 | 30 |
| 32 | 8.1528 | 0.8473 | 0.0250 | 93.70 | 244.12 | 94.39 | 170.09 | 264.48 | 0.3490 | 0.9064 | 32 |
| 34 | 8.6247 | 0.8530 | 0.0236 | 96.58 | 245.12 | 97.31 | 168.14 | 265.45 | 0.3584 | 0.9058 | 34 |
| 36 | 9.1168 | 0.8590 | 0.0223 | 99.47 | 246.11 | 100.25 | 166.15 | 266.40 | 0.3678 | 0.9053 | 36 |
| 38 | 9.6298 | 0.8651 | 0.0210 | 102.38 | 247.09 | 103.21 | 164.12 | 267.33 | 0.3772 | 0.9047 | 38 |
| 40 | 10.164 | 0.8714 | 0.0199 | 105.30 | 248.06 | 106.19 | 162.05 | 268.24 | 0.3866 | 0.9041 | 40 |
| 42 | 10.720 | 0.8780 | 0.0188 | 108.25 | 249.02 | 109.19 | 159.94 | 269.14 | 0.3960 | 0.9035 | 42 |
| 44 | 11.299 | 0.8847 | 0.0177 | 111.22 | 249.96 | 112.22 | 157.79 | 270.01 | 0.4054 | 0.9030 | 44 |
| 48 | 12.526 | 0.8989 | 0.0159 | 117.22 | 251.79 | 118.35 | 153.33 | 271.68 | 0.4243 | 0.9017 | 48 |
| 52 | 13.851 | 0.9142 | 0.0142 | 123.31 | 253.55 | 124.58 | 148.66 | 273.24 | 0.4432 | 0.9004 | 52 |
| 56 | 15.278 | 0.9308 | 0.0127 | 129.51 | 255.23 | 130.93 | 143.75 | 274.68 | 0.4622 | 0.8990 | 56 |
| 60 | 16.813 | 0.9488 | 0.0114 | 135.82 | 256.81 | 137.42 | 138.57 | 275.99 | 0.4814 | 0.8973 | 60 |
| 70 | 21.162 | 1.0027 | 0.0086 | 152.22 | 260.15 | 154.34 | 124.08 | 278.43 | 0.5302 | 0.8918 | 70 |
| 80 | 26.324 | 1.0766 | 0.0064 | 169.88 | 262.14 | 172.71 | 106.41 | 279.12 | 0.5814 | 0.8827 | 80 |
| 90 | 32.435 | 1.1949 | 0.0046 | 189.82 | 261.34 | 193.69 | 82.63 | 276.32 | 0.6380 | 0.8655 | 90 |
| 100 | 39.742 | 1.5443 | 0.0027 | 218.60 | 248.49 | 224.74 | 34.40 | 259.13 | 0.7196 | 0.8117 | 100 |

Source: Tables A-10 through A-12 are calculated based on equations from D. P. Wilson and R. S. Basu, "Thermodynamic Properties of a New Stratospherically Safe Working Fluid—Refrigerant 134a," *ASHRAE Trans.*, Vol. 94, Pt. 2, 1988, pp. 2095-2118.

R-134a

Tables in SI Units

Properties of Saturated Refrigerant 134a (Liquid-Vapor): Pressure Table

| Press. bar | Temp. °C | Specific Volume m ³ /kg | | Internal Energy kJ/kg | | Enthalpy kJ/kg | | Entropy kJ/kg · K | | Press. bar | |
|------------|----------|------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------|------------------|
| | | Sat. Liquid $v_f \times 10^3$ | Sat. Vapor v_g | Sat. Liquid u_f | Sat. Vapor u_g | Sat. Liquid h_f | Evap. h_{fg} | Sat. Vapor h_g | Sat. Liquid s_f | | Sat. Vapor s_g |
| 0.6 | -37.07 | 0.7097 | 0.3100 | 3.41 | 206.12 | 3.46 | 221.27 | 224.72 | 0.0147 | 0.9520 | 0.6 |
| 0.8 | -31.21 | 0.7184 | 0.2366 | 10.41 | 209.46 | 10.47 | 217.92 | 228.39 | 0.0440 | 0.9447 | 0.8 |
| 1.0 | -26.43 | 0.7258 | 0.1917 | 16.22 | 212.18 | 16.29 | 215.06 | 231.35 | 0.0678 | 0.9395 | 1.0 |
| 1.2 | -22.36 | 0.7323 | 0.1614 | 21.23 | 214.50 | 21.32 | 212.54 | 233.86 | 0.0879 | 0.9354 | 1.2 |
| 1.4 | -18.80 | 0.7381 | 0.1395 | 25.66 | 216.52 | 25.77 | 210.27 | 236.04 | 0.1055 | 0.9322 | 1.4 |
| 1.6 | -15.62 | 0.7435 | 0.1229 | 29.66 | 218.32 | 29.78 | 208.19 | 237.97 | 0.1211 | 0.9295 | 1.6 |
| 1.8 | -12.73 | 0.7485 | 0.1098 | 33.31 | 219.94 | 33.45 | 206.26 | 239.71 | 0.1352 | 0.9273 | 1.8 |
| 2.0 | -10.09 | 0.7532 | 0.0993 | 36.69 | 221.43 | 36.84 | 204.46 | 241.30 | 0.1481 | 0.9253 | 2.0 |
| 2.4 | -5.37 | 0.7618 | 0.0834 | 42.77 | 224.07 | 42.95 | 201.14 | 244.09 | 0.1710 | 0.9222 | 2.4 |
| 2.8 | -1.23 | 0.7697 | 0.0719 | 48.18 | 226.38 | 48.39 | 198.13 | 246.52 | 0.1911 | 0.9197 | 2.8 |
| 3.2 | 2.48 | 0.7770 | 0.0632 | 53.06 | 228.43 | 53.31 | 195.35 | 248.66 | 0.2089 | 0.9177 | 3.2 |
| 3.6 | 5.84 | 0.7839 | 0.0564 | 57.54 | 230.28 | 57.82 | 192.76 | 250.58 | 0.2251 | 0.9160 | 3.6 |
| 4.0 | 8.93 | 0.7904 | 0.0509 | 61.69 | 231.97 | 62.00 | 190.32 | 252.32 | 0.2399 | 0.9145 | 4.0 |
| 5.0 | 15.74 | 0.8056 | 0.0409 | 70.93 | 235.64 | 71.33 | 184.74 | 256.07 | 0.2723 | 0.9117 | 5.0 |
| 6.0 | 21.58 | 0.8196 | 0.0341 | 78.99 | 238.74 | 79.48 | 179.71 | 259.19 | 0.2999 | 0.9097 | 6.0 |
| 7.0 | 26.72 | 0.8328 | 0.0292 | 86.19 | 241.42 | 86.78 | 175.07 | 261.85 | 0.3242 | 0.9080 | 7.0 |
| 8.0 | 31.33 | 0.8454 | 0.0255 | 92.75 | 243.78 | 93.42 | 170.73 | 264.15 | 0.3459 | 0.9066 | 8.0 |
| 9.0 | 35.53 | 0.8576 | 0.0226 | 98.79 | 245.88 | 99.56 | 166.62 | 266.18 | 0.3656 | 0.9054 | 9.0 |
| 10.0 | 39.39 | 0.8695 | 0.0202 | 104.42 | 247.77 | 105.29 | 162.68 | 267.97 | 0.3838 | 0.9043 | 10.0 |
| 12.0 | 46.32 | 0.8928 | 0.0166 | 114.69 | 251.03 | 115.76 | 155.23 | 270.99 | 0.4164 | 0.9023 | 12.0 |
| 14.0 | 52.43 | 0.9159 | 0.0140 | 123.98 | 253.74 | 125.26 | 148.14 | 273.40 | 0.4453 | 0.9003 | 14.0 |
| 16.0 | 57.92 | 0.9392 | 0.0121 | 132.52 | 256.00 | 134.02 | 141.31 | 275.33 | 0.4714 | 0.8982 | 16.0 |
| 18.0 | 62.91 | 0.9631 | 0.0105 | 140.49 | 257.88 | 142.22 | 134.60 | 276.83 | 0.4954 | 0.8959 | 18.0 |
| 20.0 | 67.49 | 0.9878 | 0.0093 | 148.02 | 259.41 | 149.99 | 127.95 | 277.94 | 0.5178 | 0.8934 | 20.0 |
| 25.0 | 77.59 | 1.0562 | 0.0069 | 165.48 | 261.84 | 168.12 | 111.06 | 279.17 | 0.5687 | 0.8854 | 25.0 |
| 30.0 | 86.22 | 1.1416 | 0.0053 | 181.88 | 262.16 | 185.30 | 92.71 | 278.01 | 0.6156 | 0.8735 | 30.0 |

R-134a

Properties of Superheated Refrigerant 134a Vapor (Continued)

| 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 |
|---|----------------------|---------|---------|---|----------------------|---------|---------|-------------|
| p = 8.0 bar = 0.80 MPa (T _{sat} = 31.33°C) | | | | p = 9.0 bar = 0.90 MPa (T _{sat} = 35.53°C) | | | | |
| Sat. | 0.02547 | 243.78 | 264.15 | 0.9066 | 0.02255 | 245.88 | 266.18 | 0.9054 |
| 40 | 0.02691 | 252.13 | 273.66 | 0.9374 | 0.02325 | 250.32 | 271.25 | 0.9217 |
| 50 | 0.02846 | 261.62 | 284.39 | 0.9711 | 0.02472 | 260.09 | 282.34 | 0.9566 |
| 60 | 0.02992 | 271.04 | 294.98 | 1.0034 | 0.02609 | 269.72 | 293.21 | 0.9897 |
| 70 | 0.03131 | 280.45 | 305.50 | 1.0345 | 0.02738 | 279.30 | 303.94 | 1.0214 |
| 80 | 0.03264 | 289.89 | 316.00 | 1.0647 | 0.02861 | 288.87 | 314.62 | 1.0521 |
| 90 | 0.03393 | 299.37 | 326.52 | 1.0940 | 0.02980 | 298.46 | 325.28 | 1.0819 |
| 100 | 0.03519 | 308.93 | 337.08 | 1.1227 | 0.03095 | 308.11 | 335.96 | 1.1109 |
| 110 | 0.03642 | 318.57 | 347.71 | 1.1508 | 0.03207 | 317.82 | 346.68 | 1.1392 |
| 120 | 0.03762 | 328.31 | 358.40 | 1.1784 | 0.03316 | 327.62 | 357.47 | 1.1670 |
| 130 | 0.03881 | 338.14 | 369.19 | 1.2055 | 0.03423 | 337.52 | 368.33 | 1.1943 |
| 140 | 0.03997 | 348.09 | 380.07 | 1.2321 | 0.03529 | 347.51 | 379.27 | 1.2211 |
| 150 | 0.04113 | 358.15 | 391.05 | 1.2584 | 0.03633 | 357.61 | 390.31 | 1.2475 |
| 160 | 0.04227 | 368.32 | 402.14 | 1.2843 | 0.03736 | 367.82 | 401.44 | 1.2735 |
| 170 | 0.04340 | 378.61 | 413.33 | 1.3098 | 0.03838 | 378.14 | 412.68 | 1.2992 |
| 180 | 0.04452 | 389.02 | 424.63 | 1.3351 | 0.03939 | 388.57 | 424.02 | 1.3245 |
| p = 10.0 bar = 1.00 MPa (T _{sat} = 39.39°C) | | | | p = 12.0 bar = 1.20 MPa (T _{sat} = 46.32°C) | | | | |
| Sat. | 0.02020 | 247.77 | 267.97 | 0.9043 | 0.01663 | 251.03 | 270.99 | 0.9023 |
| 40 | 0.02029 | 248.39 | 268.68 | 0.9066 | | | | |
| 50 | 0.02171 | 258.48 | 280.19 | 0.9428 | 0.01712 | 254.98 | 275.52 | 0.9164 |
| 60 | 0.02301 | 268.35 | 291.36 | 0.9768 | 0.01835 | 265.42 | 287.44 | 0.9527 |
| 70 | 0.02423 | 278.11 | 302.34 | 1.0093 | 0.01947 | 275.59 | 298.96 | 0.9868 |
| 80 | 0.02538 | 287.82 | 313.20 | 1.0405 | 0.02051 | 285.62 | 310.24 | 1.0192 |
| 90 | 0.02649 | 297.53 | 324.01 | 1.0707 | 0.02150 | 295.59 | 321.39 | 1.0503 |
| 100 | 0.02755 | 307.27 | 334.82 | 1.1000 | 0.02244 | 305.54 | 332.47 | 1.0804 |
| 110 | 0.02858 | 317.06 | 345.65 | 1.1286 | 0.02335 | 315.50 | 343.52 | 1.1096 |
| 120 | 0.02959 | 326.93 | 356.52 | 1.1567 | 0.02423 | 325.51 | 354.58 | 1.1381 |
| 130 | 0.03058 | 336.88 | 367.46 | 1.1841 | 0.02508 | 335.58 | 365.68 | 1.1660 |
| 140 | 0.03154 | 346.92 | 378.46 | 1.2111 | 0.02592 | 345.73 | 376.83 | 1.1933 |
| 150 | 0.03250 | 357.06 | 389.56 | 1.2376 | 0.02674 | 355.95 | 388.04 | 1.2201 |
| 160 | 0.03344 | 367.31 | 400.74 | 1.2638 | 0.02754 | 366.27 | 399.33 | 1.2465 |
| 170 | 0.03436 | 377.66 | 412.02 | 1.2895 | 0.02834 | 376.69 | 410.70 | 1.2724 |
| 180 | 0.03528 | 388.12 | 423.40 | 1.3149 | 0.02912 | 387.21 | 422.16 | 1.2980 |
| p = 14.0 bar = 1.40 MPa (T _{sat} = 52.43°C) | | | | p = 16.0 bar = 1.60 MPa (T _{sat} = 57.92°C) | | | | |
| Sat. | 0.01405 | 253.74 | 273.40 | 0.9003 | 0.01208 | 256.00 | 275.33 | 0.8982 |
| 60 | 0.01495 | 262.17 | 283.10 | 0.9297 | 0.01233 | 258.48 | 278.20 | 0.9069 |
| 70 | 0.01603 | 272.87 | 295.31 | 0.9658 | 0.01340 | 269.89 | 291.33 | 0.9457 |
| 80 | 0.01701 | 283.29 | 307.10 | 0.9997 | 0.01435 | 280.78 | 303.74 | 0.9813 |
| 90 | 0.01792 | 293.55 | 318.63 | 1.0319 | 0.01521 | 291.39 | 315.72 | 1.0148 |
| 100 | 0.01878 | 303.73 | 330.02 | 1.0628 | 0.01601 | 301.84 | 327.46 | 1.0467 |
| 110 | 0.01960 | 313.88 | 341.32 | 1.0927 | 0.01677 | 312.20 | 339.04 | 1.0773 |
| 120 | 0.02039 | 324.05 | 352.59 | 1.1218 | 0.01750 | 322.53 | 350.53 | 1.1069 |
| 130 | 0.02115 | 334.25 | 363.86 | 1.1501 | 0.01820 | 332.87 | 361.99 | 1.1357 |
| 140 | 0.02189 | 344.50 | 375.15 | 1.1777 | 0.01887 | 343.24 | 373.44 | 1.1638 |
| 150 | 0.02262 | 354.82 | 386.49 | 1.2048 | 0.01953 | 353.66 | 384.91 | 1.1912 |
| 160 | 0.02333 | 365.22 | 397.89 | 1.2315 | 0.02017 | 364.15 | 396.43 | 1.2181 |
| 170 | 0.02403 | 375.71 | 409.36 | 1.2576 | 0.02080 | 374.71 | 407.99 | 1.2445 |
| 180 | 0.02472 | 386.29 | 420.90 | 1.2834 | 0.02142 | 385.35 | 419.62 | 1.2704 |
| 190 | 0.02541 | 396.96 | 432.53 | 1.3088 | 0.02203 | 396.08 | 431.33 | 1.2960 |
| 200 | 0.02608 | 407.73 | 444.24 | 1.3338 | 0.02263 | 406.90 | 443.11 | 1.3212 |

R-134a