

Toute documentation permise
Calculatrices: modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

14-BA-A4 Contrôle environnemental des bâtiments

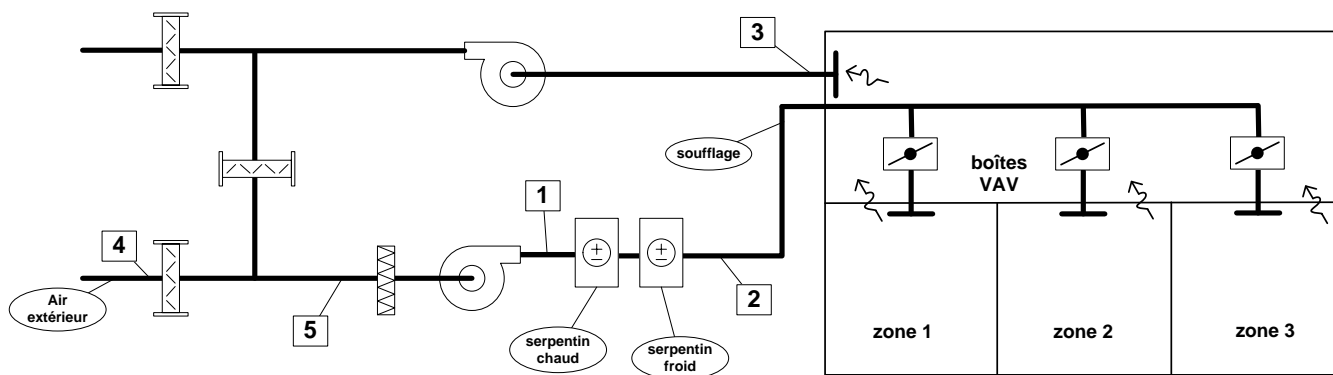
Problème n° 1 (30 points)

Le schéma d'un système de climatisation à volume variable VAV est présenté ci-dessous. Les débits d'air soufflé dans les zones dans leur condition de conception sont les suivants :

$$\text{Zone 1 } \dot{Q}_{z1,design} = 2.0 m^3 / s \quad \text{Zone 2 } \dot{Q}_{z2,design} = 1.5 m^3 / s \quad \text{Zone 3 } \dot{Q}_{z3,design} = 2.5 m^3 / s$$

$$\text{Le débit d'air de conception du ventilateur } \dot{Q}_{vent.,design} = 5.5 m^3 / s$$

$$\text{Le débit d'air extérieur minimum est de } 1.1 m^3 / s$$



Pour un jour donné lorsque les conditions d'opération du système sont hors des conditions de conception, les données sont les suivantes:

- | | | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------------|
| • Zone 1 | $t_{z,1} = 25^\circ\text{C}$ | $\phi = 60\%$ | $\dot{Q}_{z1} = 2.0 m^3 / s$ |
| • Zone 2 | $t_{z,2} = 25^\circ\text{C}$ | $\phi = 55\%$ | $\dot{Q}_{z2} = 1.2 m^3 / s$ |
| • Zone 3 | $t_{z,3} = 25^\circ\text{C}$ | $\phi = 50\%$ | $\dot{Q}_{z1} = 1.5 m^3 / s$ |
| • L'air soufflé (état 2) | | température | $t_s = t_2 = 15^\circ\text{C}$ |
| | | humidité absolue | $W_2 = 9.5 \text{ g/kg d'air sec}$ |

- L'air extérieur (état 4) température sèche $t_e = t_4 = 30^\circ\text{C}$
température humide $t_{wb} = 24^\circ\text{C}$
- le réchauffement de l'air dans le ventilateur de soufflage $\Delta t_v = 1^\circ\text{C}$
- le réchauffement de l'air dans le ventilateur de retour négligeable
- le réchauffement dans le faux-plafond $\Delta t_{fp} = 2^\circ\text{C}$

Représentez **sur le diagramme psychrométrique les états clés** de l'air (les points 1 à 5, Z_1 , Z_2 , et Z_3) (10 points). Déterminez :

- Les gains de chaleur *sensible et latente* dans chaque zone (en kW) (3 points);
- Le débit d'air extérieur soufflé à chaque zone (en m^3/s) (5 points);
- La température et l'humidité absolue de l'air aux états 3, 5 et 1 (3 points);
- La capacité frigorifique du serpentin froid (5 points);
- Le facteur de by-pass du serpentin froid (4 points).

Pour les calculs on admet les conditions de l'air standard c'est-à-dire : $\rho = 1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$
 $c_p = 1.005 \text{ kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$ et l'enthalpie de vaporisation $i_{fg} = 2500 \text{ kJ}/\text{kg}$

Problème n° 2 (15 points)

Un système de climatisation multizones à débit constant avec les serpentins de réchauffage dessert un bâtiment avec les débits d'air suivants :

Débit du ventilateur	$25 \text{ m}^3/\text{s}$
Débit d'air frais	$5 \text{ m}^3/\text{s}$

Les conditions de conception en hiver sont les suivantes :

Température des zones	22°C
Humidité des zones	30%
Température de l'air extérieur	-20°C
Humidité absolue de l'air extérieur	$0.0004 \text{ kg}/\text{kg}_{\text{d'air sec}}$
Enthalpie de l'air extérieur	$-19.84 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{d'air sec}}$
Gains latents des zones et du système	négligeable

Utilisez le diagramme psychrométrique et déterminez (en $\text{kg}_{\text{vapeur}}/\text{h}$) pour ces conditions de design

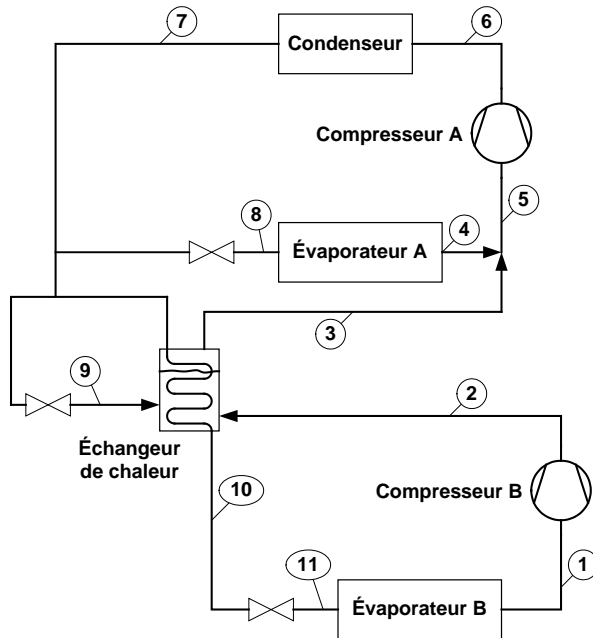
- Le débit de vapeur injectée par l'humidificateur dans un système sans un récupérateur de chaleur (6 points);
- Le débit de vapeur injectée par l'humidificateur dans un système avec une roue **enthalpique** dont l'efficacité est de $\varepsilon = 0.85$ (9 points).

La roue enthalpique assure la récupération d'énergie entre les mêmes débits volumiques de l'air évacué et de l'air extérieur.

Densités : l'air extérieur $1.39 \text{ kg}/\text{m}^3$ l'air évacué $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$

Problème n° 3 (30 points)

Le schéma d'une machine de réfrigération à compression de vapeur est présenté ci-dessous. Elle comporte deux évaporateurs, deux compresseurs et un échangeur de chaleur permettant de surrefroidir le fréon (l'état 10). Le réfrigérant utilisé est le fréon R134a. Les données suivantes sont disponibles:



- pression de condensation 1600 kPa;
- pression d'évaporation dans l'évaporateur A 280 kPa;
- pression d'évaporation dans l'évaporateur B 140 kPa;
- température à l'état 10 $T_{10} = 40^\circ\text{C}$;
- fréon aux états 1, 3, 4, et 7 est à l'état saturé (soit le liquide soit la vapeur);
- puissance frigorifique de l'évaporateur B 200 kW;
- puissance appelée du compresseur A ($\dot{W}_{C,A}$) 90 kW.

On admet que les compressions sont isentropiques et les pertes de pressions dans le condenseur et dans les évaporateurs sont négligeables. Présentez le cycle frigorifique sur le diagramme $p-h$ (8 points) ci-joint et déterminez :

- les débits du fréon R-134a dans l'évaporateur A (\dot{m}_A), dans l'évaporateur B (\dot{m}_B) et le débit \dot{m}_9 (12 points);
- la puissance frigorifique de l'évaporateur A en kW (4 points);
- le coefficient COP (6 points).

Problème n° 4 (10 points)

Pour un bâtiment commercial, les informations suivantes sont disponibles :

Le coefficient de perte de chaleur K_{tot}

$K_{cond} = 15000$	$Btu / hre^\circ F$	$K_{cond} = 7.91$	$kW / ^\circ C$
$\rho c_p \dot{V} = 12000$	$Btu / hre^\circ F$	$\rho c_p \dot{V} = 6.33$	$kW / ^\circ C$

La superficie des fenêtres	25 000 pi ²	2323.5 m ²
La résistance thermique des fenêtres	R=2 hrepi ² °F/Btu	RSI = 0.3522 m ² °C/W
La température intérieure du bâtiment	72 °F	22.22 °C
La température extérieure de design	-16 °F	-26.67°C
Les degrés-jours de chauffage (base de 64.4 °F 18°C)	8200 en °F	4555.55 en °C
Les gains de chaleur sont estimés à	511950 Btu/hre	150 kW
Le rendement saisonnier de chauffage	70 %	70 %

Déterminez :

- a) la consommation annuelle d'énergie par la méthode degrés-jours (2 points);
- b) la température d'équilibre du bâtiment (2 points);
- c) la consommation d'énergie pour la tranche de température extérieure de 20 °F (-6.67 °C) (N_{BIN} pour cette tranche est de 400 heures) (2 points).

Admettons que les fenêtres actuelles (**R2**, **RSI-0.3522**) ont été remplacées par les fenêtres avec la résistance thermique de **R4** (**RSI-0.7044**). Déterminez :

- d) la nouvelle valeur du coefficient K_{tot} (2 points);
- e) la nouvelle consommation annuelle d'énergie par la méthode de degrés-jours (2 points).

Problème n° 5 (15 points)

Le ventilateur présenté sur la figure à la page suivante (page 5) a été sélectionné pour un système VAV pour les conditions de conception suivantes :

Débit du ventilateur de design	26000 cfm (pcm)
Pression statique (<i>static pressure</i>)	3.9 po H ₂ O
Vitesse de rotation du ventilateur	936 rpm
Puissance du ventilateur (\dot{W})	23.5 BHP (17.53 kW)

Admettant que le ventilateur, pour assurer la variation du débit, peut fonctionner dans les deux cas suivants:

- Cas n° 1 le contrôle du débit du ventilateur est assuré par des volets d'étranglement;
- Cas n° 2 le contrôle du débit du ventilateur est assuré par un variateur de vitesse.

Il est proposé de réduire le débit d'air du ventilateur à 50% du débit de design. Déterminez pour les deux cas :

- a) la puissance demandée du ventilateur (\dot{W}) en BHP (ou en kW) (7.5 points);
- b) la pression statique du ventilateur en po H₂O (7.5 points).

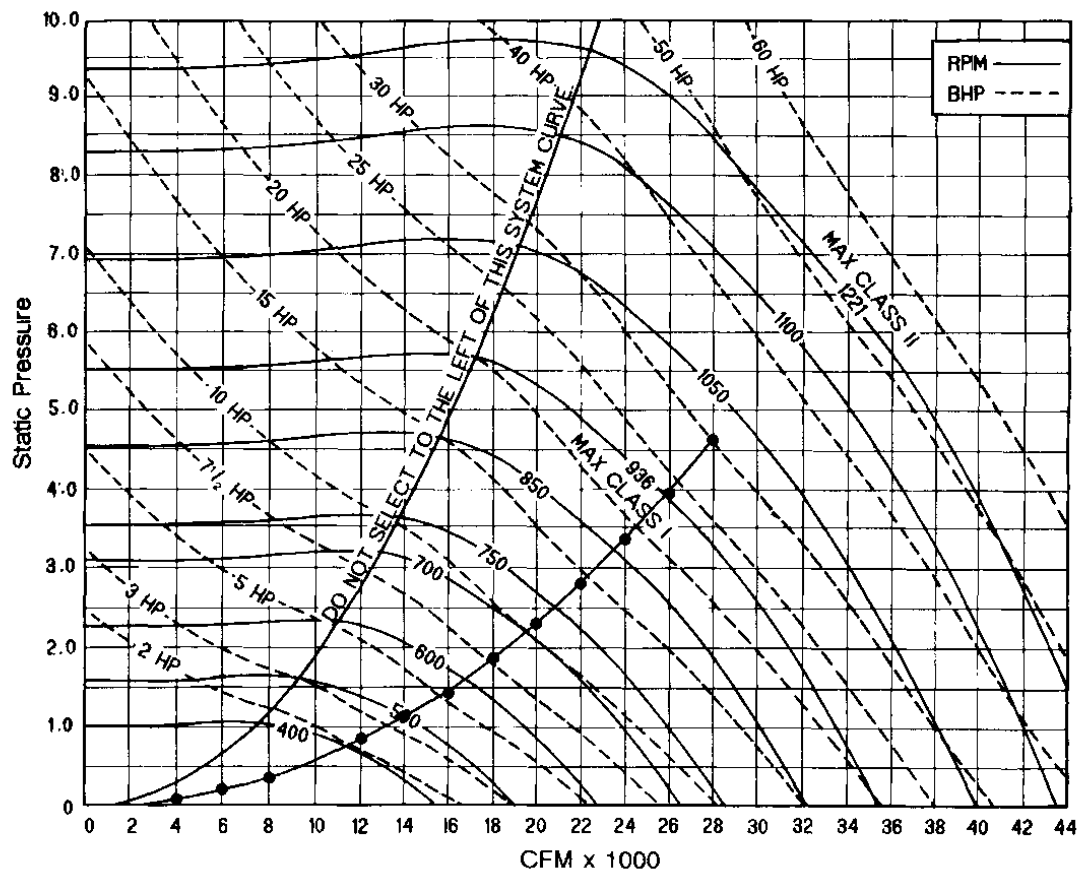
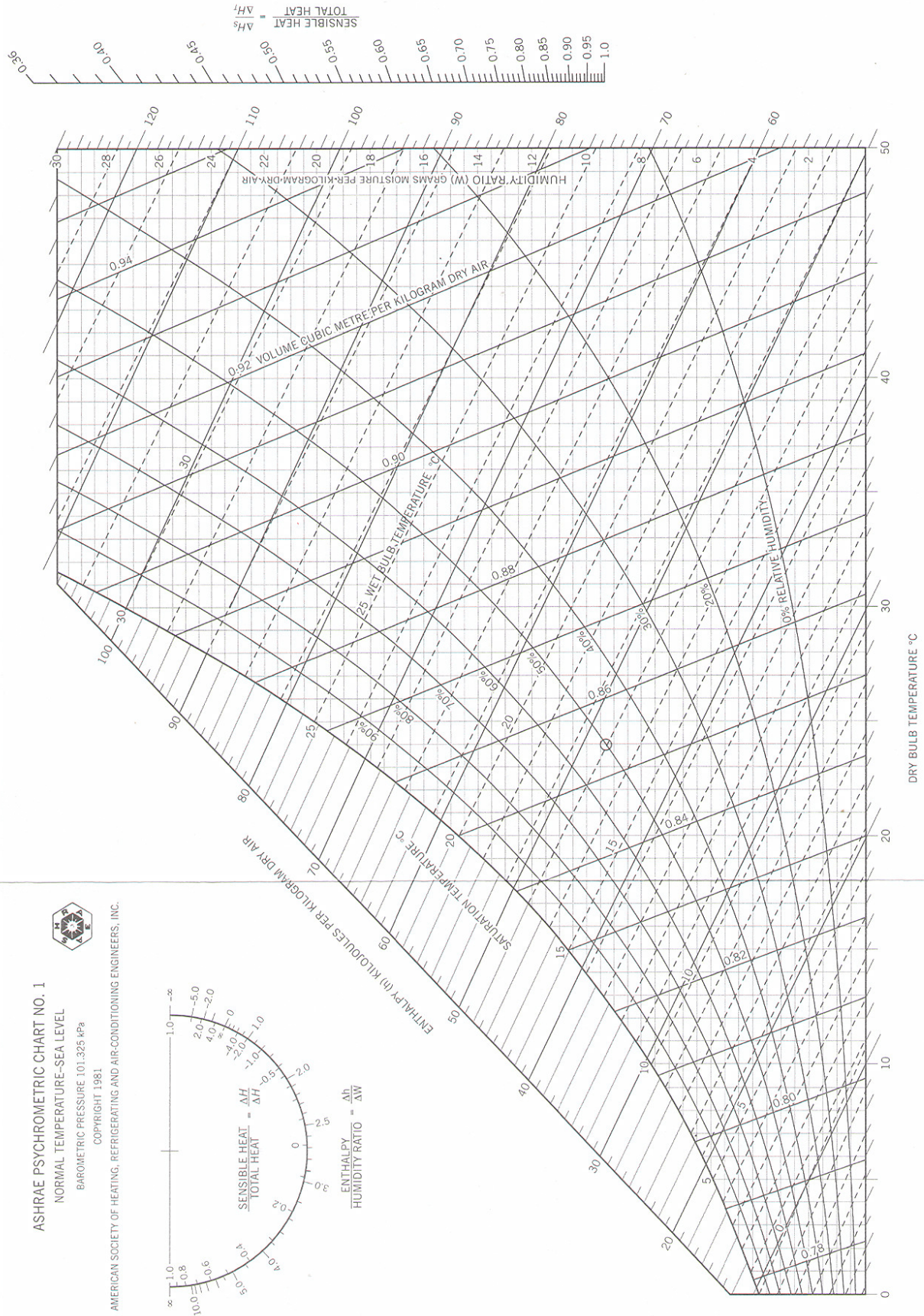


Chart 1b ASHRAE Psychrometric Chart No. 1 (SI) (Reprinted by permission of ASHRAE.)

ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1
 NORMAL TEMPERATURE-SEA LEVEL
 BAROMETRIC PRESSURE 101.325 kPa
 COPYRIGHT 1981
 AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.



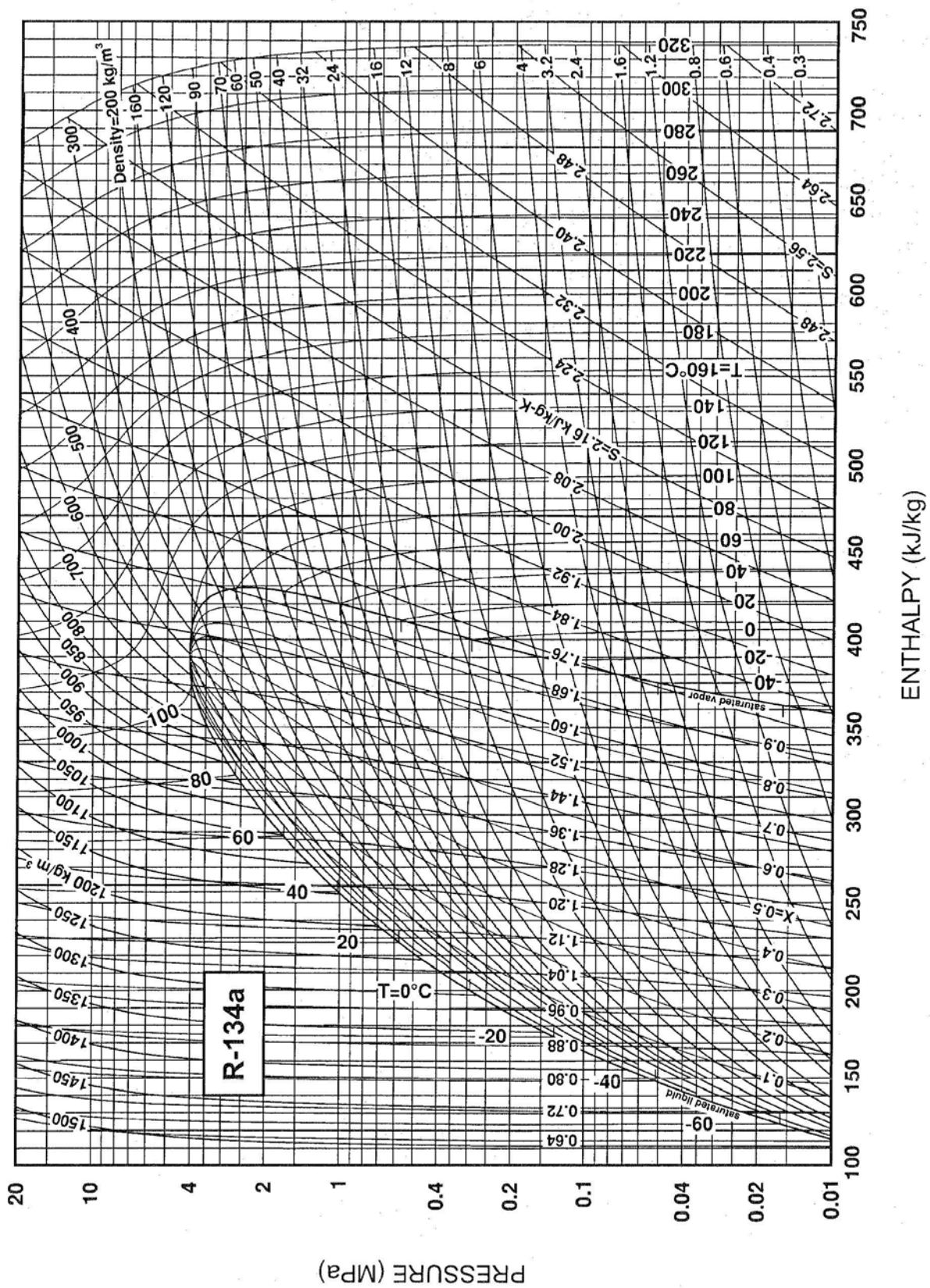


Fig. 8 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 134a

Refrigerant 134a (1,1,1,2-Tetrafluoroethane) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor

Temp.,* °C	Pres- sure, MPa	Density, kg/m ³ Liquid	Volume, m ³ /kg Vapor	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat c _p , kJ/(kg·K)			Velocity of Sound, m/s		Viscosity, μPa·s		Thermal Cond., mW/(m·K)		Surface Tension, mN/m	Temp., °C
				Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		
-103.30a	0.00039	1591.1	35.496	71.46	334.94	0.4126	1.9639	1.184	0.585	1.164	1120.	126.8	2175.	6.46	145.2	3.08	28.07	-103.30
-100.00	0.00056	1582.4	25.193	75.36	336.85	0.4354	1.9456	1.184	0.593	1.162	1103.	127.9	1893.	6.60	143.2	3.34	27.50	-100.00
-90.00	0.00152	1555.8	9.7698	87.23	342.76	0.5020	1.8972	1.189	0.617	1.156	1052.	131.0	1339.	7.03	137.3	4.15	25.79	-90.00
-80.00	0.00367	1529.0	4.2682	99.16	348.83	0.5654	1.8580	1.198	0.642	1.151	1002.	134.0	1018.	7.46	131.5	4.95	24.10	-80.00
-70.00	0.00798	1501.9	2.0590	111.20	355.02	0.6262	1.8264	1.210	0.667	1.148	952.	136.8	809.2	7.89	126.0	5.75	22.44	-70.00
-60.00	0.01591	1474.3	1.0790	123.36	361.31	0.6846	1.8010	1.223	0.692	1.146	903.	139.4	663.1	8.30	120.7	6.56	20.80	-60.00
-50.00	0.02945	1446.3	0.60620	135.67	367.65	0.7410	1.7806	1.238	0.720	1.146	855.	141.7	555.1	8.72	115.6	7.36	19.18	-50.00
-40.00	0.05121	1417.7	0.36108	148.14	374.00	0.7956	1.7643	1.255	0.749	1.148	807.	143.6	472.2	9.12	110.6	8.17	17.60	-40.00
-30.00	0.08438	1388.4	0.22594	160.79	380.32	0.8486	1.7515	1.273	0.781	1.152	760.	145.2	406.4	9.52	105.8	8.99	16.04	-30.00
-28.00	0.09270	1382.4	0.20680	163.34	381.57	0.8591	1.7492	1.277	0.788	1.153	751.	145.4	394.9	9.60	104.8	9.15	15.73	-28.00
-26.07b	0.10133	1376.7	0.19018	165.81	382.78	0.8690	1.7472	1.281	0.794	1.154	742.	145.7	384.2	9.68	103.9	9.31	15.44	-26.07
-26.00	0.10167	1376.5	0.18958	165.90	382.82	0.8694	1.7471	1.281	0.794	1.154	742.	145.7	383.8	9.68	103.9	9.32	15.43	-26.00
-24.00	0.11130	1370.4	0.17407	168.47	384.07	0.8798	1.7451	1.285	0.801	1.155	732.	145.9	373.1	9.77	102.9	9.48	15.12	-24.00
-22.00	0.12165	1364.4	0.16006	171.05	385.32	0.8900	1.7432	1.289	0.809	1.156	723.	146.1	362.9	9.85	102.0	9.65	14.82	-22.00
-20.00	0.13273	1358.3	0.14739	173.64	386.55	0.9002	1.7413	1.293	0.816	1.158	714.	146.3	353.0	9.92	101.1	9.82	14.51	-20.00
-18.00	0.14460	1352.1	0.13592	176.23	387.79	0.9104	1.7396	1.297	0.823	1.159	705.	146.4	343.5	10.01	100.1	9.98	14.21	-18.00
-16.00	0.15728	1345.9	0.12551	178.83	389.02	0.9205	1.7379	1.302	0.831	1.161	695.	146.6	334.3	10.09	99.2	10.15	13.91	-16.00
-14.00	0.17082	1339.7	0.11605	181.44	390.24	0.9306	1.7363	1.306	0.838	1.163	686.	146.7	325.4	10.17	98.3	10.32	13.61	-14.00
-12.00	0.18524	1333.4	0.10744	184.07	391.46	0.9407	1.7348	1.311	0.846	1.165	677.	146.8	316.9	10.25	97.4	10.49	13.32	-12.00
-10.00	0.20060	1327.1	0.09959	186.70	392.66	0.9506	1.7334	1.316	0.854	1.167	668.	146.9	308.6	10.33	96.5	10.66	13.02	-10.00
-8.00	0.21693	1320.8	0.09242	189.34	393.87	0.9606	1.7320	1.320	0.863	1.169	658.	146.9	300.6	10.41	95.6	10.83	12.72	-8.00
-6.00	0.23428	1314.3	0.08587	191.99	395.06	0.9705	1.7307	1.325	0.871	1.171	649.	147.0	292.9	10.49	94.7	11.00	12.43	-6.00
-4.00	0.25268	1307.9	0.07987	194.65	396.25	0.9804	1.7294	1.330	0.880	1.174	640.	147.0	285.4	10.57	93.8	11.17	12.14	-4.00
-2.00	0.27217	1301.4	0.07436	197.32	397.43	0.9902	1.7282	1.336	0.888	1.176	631.	147.0	278.1	10.65	92.9	11.34	11.85	-2.00
0.00	0.29280	1294.8	0.06931	200.00	398.60	1.0000	1.7271	1.341	0.897	1.179	622.	146.9	271.1	10.73	92.0	11.51	11.56	0.00
2.00	0.31462	1288.1	0.06466	202.69	399.77	1.0098	1.7260	1.347	0.906	1.182	612.	146.9	264.3	10.81	91.1	11.69	11.27	2.00
4.00	0.33766	1281.4	0.06039	205.40	400.92	1.0195	1.7250	1.352	0.916	1.185	603.	146.8	257.6	10.90	90.2	11.86	10.99	4.00
6.00	0.36198	1274.7	0.05644	208.11	402.06	1.0292	1.7240	1.358	0.925	1.189	594.	146.7	251.2	10.98	89.4	12.04	10.70	6.00
8.00	0.38761	1267.9	0.05280	210.84	403.20	1.0388	1.7230	1.364	0.935	1.192	585.	146.5	244.9	11.06	88.5	12.22	10.42	8.00
10.00	0.41461	1261.0	0.04944	213.58	404.32	1.0485	1.7221	1.370	0.945	1.196	576.	146.4	238.8	11.15	87.6	12.40	10.14	10.00
12.00	0.44301	1254.0	0.04633	216.33	405.43	1.0581	1.7212	1.377	0.956	1.200	566.	146.2	232.9	11.23	86.7	12.58	9.86	12.00
14.00	0.47288	1246.9	0.04345	219.09	406.53	1.0677	1.7204	1.383	0.967	1.204	557.	146.0	227.1	11.32	85.9	12.77	9.58	14.00
16.00	0.50425	1239.8	0.04078	221.87	407.61	1.0772	1.7196	1.390	0.978	1.209	548.	145.7	221.5	11.40	85.0	12.95	9.30	16.00
18.00	0.53718	1232.6	0.03830	224.66	408.69	1.0867	1.7188	1.397	0.989	1.214	539.	145.5	216.0	11.49	84.1	13.14	9.03	18.00
20.00	0.57171	1225.3	0.03600	227.47	409.75	1.0962	1.7180	1.405	1.001	1.219	530.	145.1	210.7	11.58	83.3	13.33	8.76	20.00
22.00	0.60789	1218.0	0.03385	230.29	410.79	1.1057	1.7173	1.413	1.013	1.224	520.	144.8	205.5	11.67	82.4	13.53	8.48	22.00
24.00	0.64578	1210.5	0.03186	233.12	411.82	1.1152	1.7166	1.421	1.025	1.230	511.	144.5	200.4	11.76	81.6	13.72	8.21	24.00
26.00	0.68543	1202.9	0.03000	235.97	412.84	1.1246	1.7159	1.429	1.038	1.236	502.	144.1	195.4	11.85	80.7	13.92	7.95	26.00
28.00	0.72688	1195.2	0.02826	238.84	413.84	1.1341	1.7152	1.437	1.052	1.243	493.	143.6	190.5	11.95	79.8	14.13	7.68	28.00
30.00	0.77020	1187.5	0.02664	241.72	414.82	1.1435	1.7145	1.446	1.065	1.249	483.	143.2	185.8	12.04	79.0	14.33	7.42	30.00
32.00	0.81543	1179.6	0.02513	244.62	415.78	1.1529	1.7138	1.456	1.080	1.257	474.	142.7	181.1	12.14	78.1	14.54	7.15	32.00
34.00	0.86263	1171.6	0.02371	247.54	416.72	1.1623	1.7131	1.466	1.095	1.265	465.	142.1	176.6	12.24	77.3	14.76	6.89	34.00
36.00	0.91185	1163.4	0.02238	250.48	417.65	1.1717	1.7124	1.476	1.111	1.273	455.	141.6	172.1	12.34	76.4	14.98	6.64	36.00
38.00	0.96315	1155.1	0.02113	253.43	418.55	1.1811	1.7118	1.487	1.127	1.282	446.	141.0	167.7	12.44	75.6	15.21	6.38	38.00
40.00	1.0166	1146.7	0.01997	256.41	419.43	1.1905	1.7111	1.498	1.145	1.292	436.	140.3	163.4	12.55	74.7	15.44	6.13	40.00
42.00	1.0722	1138.2	0.01887	259.41	420.28	1.1999	1.7103	1.510	1.163	1.303	427.	139.7	159.2	12.65	73.9	15.68	5.88	42.00
44.00	1.1301	1129.5	0.01784	262.43	421.11	1.2092	1.7096	1.523	1.182	1.314	418.	138.9	155.1	12.76	73.0	15.93	5.63	44.00
46.00	1.1903	1120.6	0.01687	265.47	421.92	1.2186	1.7089	1.537	1.202	1.326	408.	138.2	151.0	12.88	72.1	16.18	5.38	46.00
48.00	1.2529	1111.5	0.01595	268.53	422.69	1.2280	1.7081	1.551	1.223	1.339	399.	137.4	147.0	13.00	71.3	16.45	5.13	48.00
50.00	1.3179	1102.3	0.01509	271.62	423.44	1.2375	1.7072	1.566	1.246	1.354	389.	136.6	143.1	13.12	70.4	16.72	4.89	50.00
52.00	1.3854	1092.9	0.01428	274.74	424.15	1.2469	1.7064	1.582	1.270	1.369	379.	135.7	139.2	13.24	69.6	17.01	4.65	52.00
54.00	1.4555	1083.2	0.01351	277.89	424.83	1.2563	1.7055	1.600	1.296	1.386	370.	134.7	135.4	13.37	68.7	17.31	4.41	

Refrigerant 134a Properties of Superheated Vapor

Pressure = 0.101325 MPa Saturation temperature = -26.07°C					Pressure = 0.200 MPa Saturation temperature = -10.07°C					Pressure = 0.400 MPa Saturation temperature = 8.94°C				
Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s	Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s	Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s
Saturated					Saturated					Saturated				
Liquid	1374.34	166.07	0.8701	747.1	Liquid	1325.78	186.69	0.9506	672.8	Liquid	1263.84	212.08	1.0432	583.8
Vapor	5.26	382.90	1.7476	145.7	Vapor	10.01	392.71	1.7337	146.9	Vapor	19.52	403.80	1.7229	146.6
-20.00	5.11	387.68	1.7667	147.8										
-10.00	4.89	395.65	1.7976	151.0	-10.00	10.01	392.77	1.7339	147.0					
0.00	4.69	403.74	1.8278	154.2	0.00	9.54	401.21	1.7654	150.6					
10.00	4.50	411.97	1.8574	157.2	10.00	9.13	409.73	1.7961	154.0	10.00	19.41	404.78	1.7263	147.0
20.00	4.34	420.34	1.8864	160.1	20.00	8.76	418.35	1.8260	157.3	20.00	18.45	414.00	1.7583	151.2
30.00	4.18	428.85	1.9150	162.9	30.00	8.42	427.07	1.8552	160.4	30.00	17.61	423.21	1.7892	155.0
40.00	4.04	437.52	1.9431	165.7	40.00	8.12	435.90	1.8839	163.4	40.00	16.87	432.46	1.8192	158.6
50.00	3.91	446.33	1.9708	168.4	50.00	7.83	444.87	1.9121	166.3	50.00	16.20	441.76	1.8485	162.0
60.00	3.78	455.30	1.9981	171.0	60.00	7.57	453.97	1.9398	169.2	60.00	15.60	451.15	1.8771	165.3
70.00	3.67	464.43	2.0251	173.6	70.00	7.33	463.20	1.9671	171.9	70.00	15.05	460.63	1.9051	168.4
80.00	3.56	473.70	2.0518	176.1	80.00	7.11	472.57	1.9940	174.6	80.00	14.54	470.21	1.9326	171.4
90.00	3.46	483.13	2.0781	178.6	90.00	6.89	482.08	2.0206	177.2	90.00	14.08	479.91	1.9597	174.3
100.00	3.36	492.71	2.1041	181.0	100.00	6.70	491.74	2.0468	179.7	100.00	13.65	489.72	1.9864	177.1
110.00	3.27	502.44	2.1298	183.4	110.00	6.51	501.53	2.0727	182.2	110.00	13.24	499.65	2.0126	179.8
120.00	3.19	512.32	2.1553	185.7	120.00	6.34	511.47	2.0983	184.7	120.00	12.87	509.71	2.0386	182.4
130.00	3.11	522.35	2.1805	188.1	130.00	6.17	521.55	2.1236	187.1	130.00	12.51	519.90	2.0641	185.0
140.00	3.03	532.52	2.2054	190.3	140.00	6.01	531.76	2.1486	189.4	140.00	12.18	530.21	2.0894	187.5
150.00	2.96	542.83	2.2301	192.6	150.00	5.87	542.12	2.1734	191.7	150.00	11.87	540.66	2.1144	190.0
Pressure = 0.600 MPa Saturation temperature = 21.58°C					Pressure = 0.800 MPa Saturation temperature = 31.33°C					Pressure = 1.000 MPa Saturation temperature = 39.39°C				
Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s	Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s	Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s
Saturated					Saturated					Saturated				
Liquid	1219.08	229.62	1.1035	524.0	Liquid	1181.92	243.58	1.1495	477.4	Liquid	1149.06	255.44	1.1874	438.6
Vapor	29.13	410.67	1.7178	145.0	Vapor	38.99	415.58	1.7144	142.9	Vapor	49.16	419.31	1.7117	140.6
30.00	27.79	418.97	1.7455	149.0	40.00	36.98	424.61	1.7437	147.6	40.00	48.95	419.99	1.7139	141.0
40.00	26.41	428.72	1.7772	153.4	50.00	35.03	434.85	1.7758	152.4	50.00	45.86	430.91	1.7482	146.9
50.00	25.21	438.44	1.8077	157.4	60.00	33.36	444.98	1.8067	156.8	60.00	43.34	441.56	1.7807	152.0
60.00	24.16	448.16	1.8374	161.2	70.00	31.90	455.08	1.8366	160.8	70.00	41.21	452.05	1.8117	156.7
70.00	23.22	457.93	1.8662	164.7	80.00	30.62	465.17	1.8656	164.6	80.00	39.36	462.47	1.8416	160.9
80.00	22.37	467.75	1.8944	168.0	90.00	29.46	475.30	1.8939	168.1	90.00	37.74	472.86	1.8706	164.9
90.00	21.59	477.65	1.9221	171.2	100.00	28.41	485.49	1.9215	171.5	100.00	36.29	483.26	1.8989	168.6
100.00	20.88	487.64	1.9492	174.3	110.00	27.46	495.74	1.9486	174.7	110.00	34.99	493.69	1.9265	172.1
110.00	20.22	497.72	1.9759	177.3	120.00	26.58	506.07	1.9753	177.8	120.00	33.80	504.19	1.9535	175.4
120.00	19.61	507.92	2.0022	180.1	130.00	25.77	516.50	2.0015	180.8	130.00	32.71	514.75	1.9800	178.6
130.00	19.04	518.22	2.0280	182.9	140.00	25.01	527.03	2.0272	183.7	140.00	31.70	525.39	2.0061	181.7
140.00	18.51	528.63	2.0536	185.6	150.00	24.31	537.66	2.0527	186.4	150.00	30.76	536.12	2.0318	184.6
150.00	18.01	539.17	2.0787	188.2	160.00	23.65	548.40	2.0777	189.2	160.00	29.90	546.95	2.0571	187.5
160.00	17.54	549.82	2.1036	190.8	170.00	23.03	559.24	2.1025	191.8	170.00	29.08	557.88	2.0820	190.3
170.00	17.10	560.59	2.1282	193.3	180.00	22.45	570.20	2.1270	194.4	180.00	28.32	568.91	2.1066	193.0
180.00	16.68	571.48	2.1525	195.8	190.00	21.89	581.28	2.1511	196.9	190.00	27.60	580.05	2.1309	195.6
190.00	16.29	582.50	2.1766	198.2	200.00	21.37	592.46	2.1750	199.4	200.00	26.92	591.29	2.1550	198.2
200.00	15.91	593.63	2.2003	200.6										
Pressure = 1.200 MPa Saturation temperature = 46.32°C					Pressure = 1.400 MPa Saturation temperature = 52.43°C					Pressure = 1.600 MPa Saturation temperature = 57.91°C				
Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s	Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s	Temp.,* °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg	Entropy, kJ/(kg·K)	Vel. Sound, m/s
Saturated					Saturated					Saturated				
Liquid	1118.89	265.91	1.2200	405.0	Liquid	1090.50	275.38	1.2488	375.1	Liquid	1063.28	284.11	1.2748	348.1
Vapor	59.73	422.22	1.7092	138.2	Vapor	70.76	424.50	1.7068	135.6	Vapor	82.34	426.27	1.7042	132.9
50.00	58.09	426.51	1.7226	140.7	60.00	66.61	433.69	1.7347	141.2	60.00	80.74	428.99	1.7124	134.7
60.00	54.32	437.83	1.7571	146.9	70.00	62.25	445.31	1.7691	147.5	70.00	74.43	441.47	1.7493	142.3
70.00	51.26	448.81	1.7896	152.3	80.00	58.74	456.56	1.8014	153.0	80.00	69.61	453.30	1.7833	148.7
80.00	48.69	459.61	1.8206	157.1	90.00	55.79	467.60	1.8322	158.0	90.00	65.71	464.76	1.8153	154.2
90.00	46.49	470.30	1.8504	161.5	100.00	53.24	478.53	1.8619	162.5	100.00	62.43	476.01	1.8458	159.2
100.00	44.55	480.94	1.8794	165.6	110.00	51.03	489.39	1.8906	166.6	110.00	59.62	487.13	1.8753	163.8
110.00	42.83	491.58	1.9075	169.4	120.00	49.05	500.25	1.9186	170.5	120.00	57.14	498.19	1.9038	168.0
120.00	41.28	502.25	1.9350	173.0	130.00	47.28	511.11	1.9459	174.2	130.00	54.95	509.23	1.9315	171.9
130.00	39.87	512.95	1.9619	176.4	140.00	45.67	522.02	1.9726	177.7	140.00	52.98	520.28	1.9586	175.6
140.00	38.58	523.72	1.9882	179.7	150.00	44.19	532.97	1.9988	181.0	150.00	51.18	531.36	1.9851	179.1
150.00	37.39	534.56	2.0142	182.8	160.00	42.83	544.00	2.0246	184.2	160.00	49.54	542.49	2.0111	182.5
160.00	36.29	545.48	2.0397	185.8	170.00	41.57	555.10	2.0499	187.2	170.00	48.03	553.68	2.0366	185.7
170.00	35.26	556.50	2.0648	188.8	180.00	40.41	566.28	2.0748	190.2	180.00	46.63	564.94	2.0617	188.8
180.00	34.31	567.60	2.0896	191.6	190.00	39.31	577.55	2.0994	193.1	190.00	45.32	576.29	2.0865	191.8
190.00	33.40	578.80	2.1141	194.4	200.00	38.28	588.92	2.1237	195.9	200.00	44.10	587.71	2.1109	194.7
200.00	32.56	590.11	2.1382	197.1	210.00	37.32	600.38	2.1477	198.6	210.00	42.96	599.23	2.1350	197.6
210.00	31.76	601.51	2.1621	199.7	220.00	36.41	611.94	2.1714	201.3	220.00	41.88	610.84	2.1588	200.3
220.00	31.01	613.02	2.1856	202.3	230.00	35.55	623.60	2.1948	203.9	230.00	40.87	622.55	2.1823	203.0
230.00	30.29	624.64	2.2090	204.8	240.00	34.73	635.35	2.2179	206.4	240.00	39.91	634.35	2.2055	205.6
240.00	29.61	636.36	2.2320	207.2	250.00	33.96	647.22	2						