

TENTAMEN THERMODYNAMICA 1

Wb 4100

13 april 2011

9:00 - 12:00

Linksboven op elk blad vermelden: naam, studienummer en studierichting.

Puntentelling: het tentamen bestaat uit 14 meerkeuzevragen en twee open vragen. Voor de meerkeuzevragen kun je 44 punten halen (het aantal goede antwoorden -3) \times 4. Elke open vraag levert je 28 punten.

Het reglement:

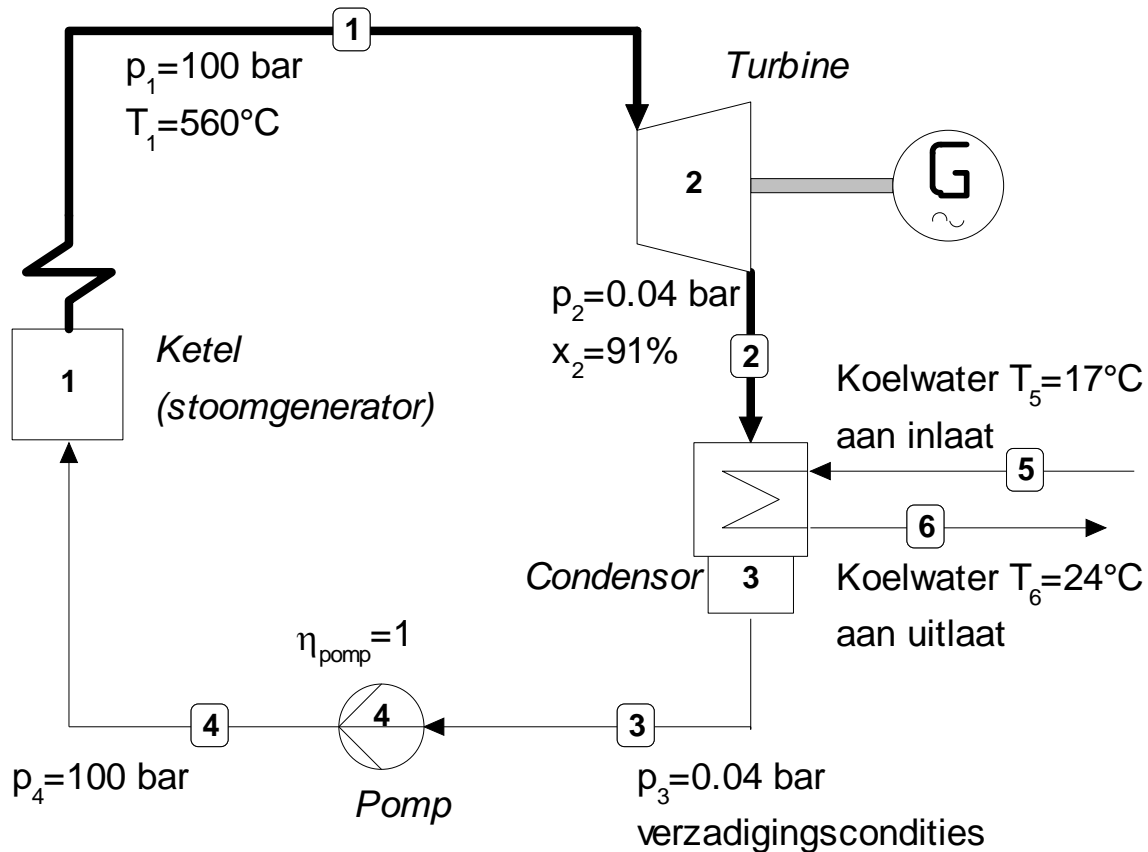
1. Het formuleblad en het overzicht kringprocessen mag je bij je hebben en het formuleblad mag bovendien volstaan met aantekeningen in je eigen handschrift.
2. Het is raadzaam met de 14 meerkeuzevragen te beginnen, omdat het antwoordformulier na ca. 2 uur wordt opgehaald.
3. Laat het antwoordformulier van andere tafels daar liggen. Je krijgt je eigen formulier.
4. Vul het hoofd van het antwoordformulier volledig in, ook het studienummer. Zet je studienummer op elk blad dat je inlevert.
5. Gebruik bij voorkeur een HB-potlood. Gum een fout antwoord goed uit.
6. Blauwe of zwarte pen kan ook maar correctie is dan niet mogelijk.
7. Per vraag mag slechts één hokje zwart gemaakt zijn, meer is fout.
8. Het is verstandig de keuze eerst op het vragenblaadje te maken (zorg ervoor dat het niet leesbaar is voor je omgeving, want dat is fraude) en later het antwoordformulier in te vullen.
9. Let op: op de formulieren staan a, b, c en d vaak niet in alfabetische volgorde.
10. Zet je telefoon uit en doe je eventuele koptelefoon en dergelijke in je tas

Het antwoordformulier voor de meerkeuzevragen is los van de bundel uitgereikt en wordt omstreeks 11.00 uur opgehaald.

Veel succes!!

Opgave 1

Bijgaande figuur geeft het processchema van een eenvoudige stoomkringloop. Het geeft de stationaire situatie (steady state) weer. De relevante gegevens staan in de figuur vermeld bij de componenten en de leidingen. Effecten van veranderingen in kinetische en potentiële energie mogen worden verwaarloosd. Warmteverliezen zijn verwaarloosbaar (dus pomp en turbine werken adiabatisch) evenals de mechanische (en elektrische) verliezen van de turbine en de pomp.

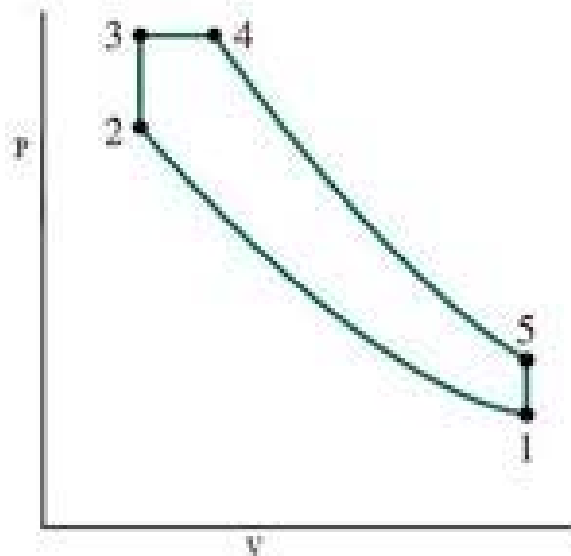


Veronderstel water (vloeistof) als incompressibel. De massastroom stoom is 80 kg/s. Maak waar nodig gebruik van de bijgevoegde tabellen.

- Geef de eerste hoofdwet voor een open systeem met stationaire doorstroming
- Schets het hele proces in een T-s diagram, en geef de relatie tot de condensatiecurve duidelijk aan. Verduidelijk het diagram met relevante lijnen, zoals isobaren en isothermen
- Berekenen aan de hand van de gegevens in de figuur het vermogen van de turbine.
- Bereken de warmte toevoer in de ketel, waarbij je ervan uit mag gaan dat $h_4 - h_3 = 10 \text{ kJ/kg}$
- Bereken het rendement van de cyclus met en zonder bijdrage van de pomp
- Bepaal de warmtestroom die moet worden afgevoerd in de condensor en de massastroom koelwater die daarvoor nodig is. Neem voor water $c_p = 4.18 \text{ kJ/kg K}$.

Opgave 2

Een viertakt motor wordt beschreven met behulp van een dual cycle. Beschouw een duale cycle met een drukverhouding $p_3/p_2=2.0$ en een cut-off ratio van (V_4/V_3) van 1.5. De druk en temperatuur op punt 1 zijn 1 bar en 300K. Verder is gegeven dat de compressie verhouding gelijk is aan 10 de molmassa van lucht 29 kg/kmol, $c_p = 1.0$ kJ/kgK en $c_v=0.714$ kJ/kgK.



- Schets het T-s diagram voor de duale cyclus.
- Bepaal de temperatuur in punt 2, zowel met de air-standard als wel met de cold-air standard.
Vanaf hier moet alles bepaald worden met de cold air standard benadering. Gebruik ook de temperatuur in punt 2 die je gevonden hebt met de cold air standard.
- Bepaal de temperaturen in de overige punten, uitgaande van de cold-air standard
- Bepaal de warmte toe/afvoer per eenheid van massa tijdens processtap 2→3 en 3→4.
- Bepaal de arbeid per eenheid van massa en het rendement van het systeem
- Als we met dit systeem 50kW bij een toerental van 3000 omw/min willen produceren hoe groot moet dan V_1 zijn.

MEERKEUZEVRAGEN WB 4100

Van de mogelijkheden (a), (b), (c) en (d) is er één juist.

MK 1

Een stalen kogel met een diameter van 1 cm en een temperatuur van 19 graden Celsius valt van een hoogte van 30 meter op een stalen plaat en stuitert terug. Direct na het terugstuiteren heeft de kogel een snelheid van 15 m/s. Hoe veel is de temperatuur van de kogel toegenomen? (Gegeven dat de dichtheid en soortelijke warmte van staal gelijk zijn aan 7900kg/m^3 en 444J/kgK)

- (a) 0.86 graden
- (b) 0.42 graden
- (c) 1.22 graden
- (d) 0.56 graden

MK 2

De volgende uitspraken worden gedaan over door een systeem geleverde arbeid

1. $\delta W = p \cdot dV$ voor een gesloten systeem
 2. Arbeid kan volledig omgezet worden in warmte
 3. In een kringproces kan gesteld worden dat de warmte die toegevoerd wordt aan het systeem gelijk is aan de arbeid
 4. $W_{12} = \int \delta W \neq W_2 - W_1$, want W is geen toestandsgrootheid
- (a) 1 en 4 zijn waar, 2 en 3 niet.
 - (b) 1 en 3 zijn waar; 2 en 4 niet.
 - (c) 2 en 3 zijn waar; 1 en 4 niet.
 - (d) 3 is niet waar, 1 2 en 4 zijn waar.

MK 3

Helium (molmassa 4 g/mol, $\kappa=5/3$) wordt isentroop gecomprimeerd van een toestand (1) waarvoor geldt dat de druk is 2 bar en het volume 1 liter naar een toestand met een druk van 10 bar en een volume V_2 . Als de compressie isentroop is, wat is dan het volume V_2

- (a) 0.52 liter
- (b) 0.38 liter
- (c) 0.66 liter
- (d) 0.72 liter

MK 4

Een reversibele koelmachine wordt gebruikt om een ruimte op -18°C te houden. De omgevingstemperatuur is 25°C . Er moet 20kW aan warmte onttrokken worden uit de ruimte. De netto benodigde vermogen is:

- (a) 1.81kW
- (b) 2.45kW
- (c) 11.5kW
- (d) 3.37kW

MK 5

Een constructeur probeert het vermogen van een benzinemotor te vergroten door meer warmte toe te voeren aan de cylinders. Geeft dit een verbetering van het rendement van motor?

- (a) Ja want de gemiddelde temperatuur van de warmte toevoer gaat omhoog
- (b) Ja want het vermogen gaat omhoog
- (c) Nee want de compressieverhouding blijft gelijk
- (d) Ja want het toerental gaat omhoog en dus het vermogen

MK 6

Verzadigde stoom wordt geëxpandeerd van 50 bar naar 1 bar. Wat is de stoomkwaliteit na isentropische expansie?

- (a) 0.77
- (b) 0.81
- (c) 0.87
- (d) 0.90

MK 7

Een uitvinder heeft een nieuw type motor bedacht om restwarmte om te zetten in arbeid. Hij wil het principe van de motor niet prijs geven maar hij geeft wel aan dat het temperatuurverschil over de motor maar 100^0 C is. Volgens de uitvinder is het rendement van de motor gelijk aan 28%

- (a) Dit kan niet
- (b) Dit kan mits de omgevingstemperatuur hoger is dan 300 K
- (c) Dit kan mits de omgevingstemperatuur lager is dan 250K
- (d) Er zijn onvoldoende gegevens om een uitspraak te doen

MK 8

Voor een ideaal gas is de molaire gasconstante $\bar{R} = 8,314$ kJ/(kmol K). De molmassa van waterstof is 2,02 kg/kmol. Hoe groot is het volume van 2 kg waterstof bij een temperatuur van 300 K en een druk van 1 bar?.

- (a) 24,7 liter
- (b) 2,47 m³
- (c) 12,3 m³
- (d) Andere waarde

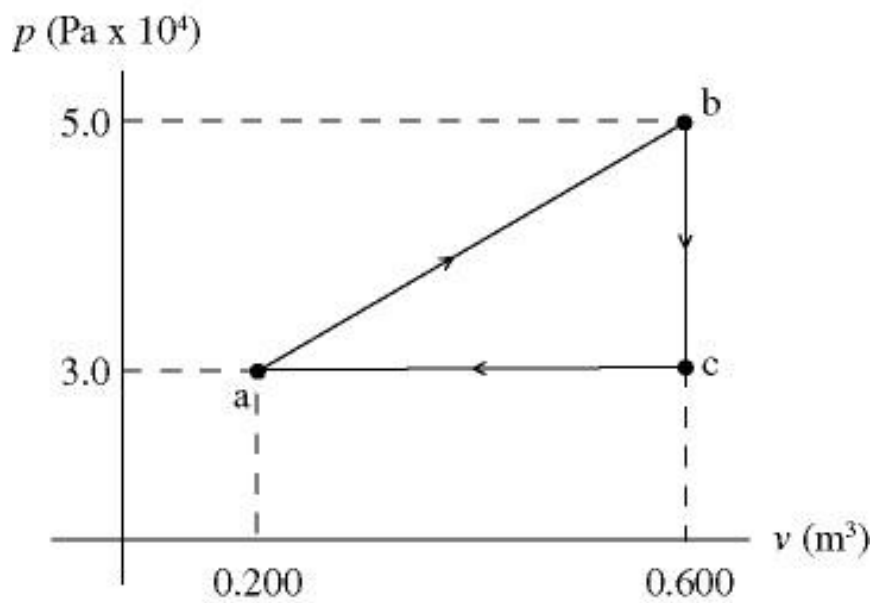
MK 9

De wet van Bernoulli mag je

- a) Altijd gebruiken.
- b) Alleen gebruiken als er geen verschil in potentiële energie is.
- c) Soms gebruiken als er geen productie of verlies van arbeid is.
- d) Alleen gebruiken als ook de eerste hoofdwet gebruikt mag worden.

MK 10

Een proces doorloopt het volgende omkeerbaar kring proces.



De geleverde arbeid is gelijk aan

- (a) 4kJ
- (b) 8kJ
- (c) 12kJ
- (d) 3kJ

MK 11

Een kringproces bestaat uit drie deelprocessen: $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$ en $3 \rightarrow 1$.

$1 \rightarrow 2$: onttrokken warmte is 75 kJ, op systeem verrichte arbeid is 75 kJ;

$2 \rightarrow 3$: onttrokken warmte 0 kJ, op systeem verrichte arbeid 200 kJ;

$3 \rightarrow 1$: toegevoerde warmte 125 kJ, de door het systeem verrichte arbeid tijdens deze stap is

- (a) $W = -275 \text{ kJ}$
- (b) $W = 50 \text{ kJ}$
- (c) $W = 325 \text{ kJ}$
- (d) andere waarde

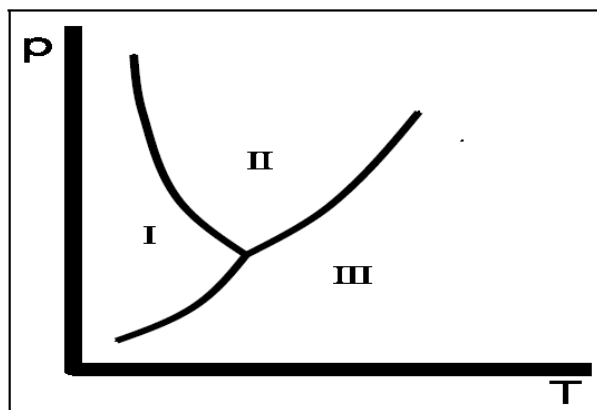
MK 12

Een ideaal gas wordt isotherm gecompriemd van een toestand 1 naar een toestand 2. Er geldt het volgende

- a) De entropie neemt af en het systeem levert warmte
- b) De entropie neemt toe en het systeem levert warmte
- c) De entropie verandert niet en de druk in het systeem neemt toe
- d) De enthalpie neemt toe en er is geen warmteoverdracht

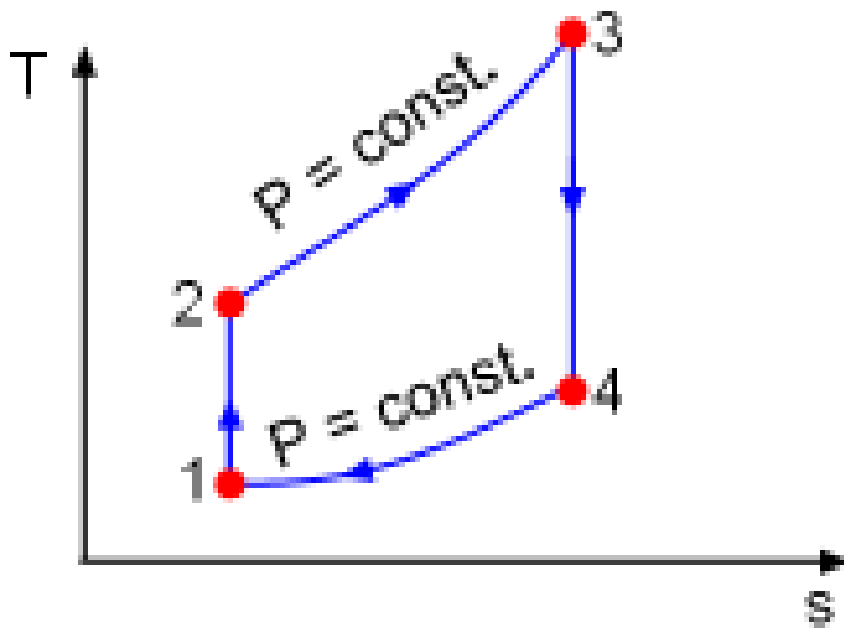
MK 13

Gegeven het volgende diagram



- (a) I = vaste stof, II = gas, III = vloeistof
- (b) I = vaste stof, II = vloeistof, III = gas
- (c) I = vloeistof, II = vaste stof, III = gas
- (d) I = vloeistof, II = gas, III = vaste stof

MK 14



Gasturbines worden geanalyseerd aan de hand van de Brayton cycle. De cycle bestaat uit twee isobaren en twee isentropen. Het rendement van dit systeem wordt geven door:

- a) $1 - |Q_{14}/Q_{23}|$
- b) $1 - |Q_{34}/Q_{23}|$
- c) $1 - |(Q_{34} + Q_{14})/Q_{23}|$
- d) $|W_{23}/Q_{23}|$

TABLE A-3 Properties of Saturated Water (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	
0.04	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	1.0380	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.

TABLE A-4 (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
$p = 40 \text{ bar} = 4.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 250.4^\circ\text{C}$)					$p = 60 \text{ bar} = 6.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 275.64^\circ\text{C}$)			
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
$p = 80 \text{ bar} = 8.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 295.06^\circ\text{C}$)					$p = 100 \text{ bar} = 10.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 311.06^\circ\text{C}$)			
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
$p = 120 \text{ bar} = 12.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 324.75^\circ\text{C}$)					$p = 140 \text{ bar} = 14.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 336.75^\circ\text{C}$)			
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

TABLE A-22 Ideal Gas Properties of Air

T(K), <i>h</i> and <i>u</i> (kJ/kg), <i>s</i> ^o (kJ/kg · K)											
<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> ^o	when Δ <i>s</i> = 0 ¹		<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> ^o	when Δ <i>s</i> = 0	
				<i>p_r</i>	<i>v_r</i>					<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
200	199.97	142.56	1.29559	0.3363	1707.	450	451.80	322.62	2.11161	5.775	223.6
210	209.97	149.69	1.34444	0.3987	1512.	460	462.02	329.97	2.13407	6.245	211.4
220	219.97	156.82	1.39105	0.4690	1346.	470	472.24	337.32	2.15604	6.742	200.1
230	230.02	164.00	1.43557	0.5477	1205.	480	482.49	344.70	2.17760	7.268	189.5
240	240.02	171.13	1.47824	0.6355	1084.	490	492.74	352.08	2.19876	7.824	179.7
250	250.05	178.28	1.51917	0.7329	979.	500	503.02	359.49	2.21952	8.411	170.6
260	260.09	185.45	1.55848	0.8405	887.8	510	513.32	366.92	2.23993	9.031	162.1
270	270.11	192.60	1.59634	0.9590	808.0	520	523.63	374.36	2.25997	9.684	154.1
280	280.13	199.75	1.63279	1.0889	738.0	530	533.98	381.84	2.27967	10.37	146.7
285	285.14	203.33	1.65055	1.1584	706.1	540	544.35	389.34	2.29906	11.10	139.7
290	290.16	206.91	1.66802	1.2311	676.1	550	554.74	396.86	2.31809	11.86	133.1
295	295.17	210.49	1.68515	1.3068	647.9	560	565.17	404.42	2.33685	12.66	127.0
300	300.19	214.07	1.70203	1.3860	621.2	570	575.59	411.97	2.35531	13.50	121.2
305	305.22	217.67	1.71865	1.4686	596.0	580	586.04	419.55	2.37348	14.38	115.7
310	310.24	221.25	1.73498	1.5546	572.3	590	596.52	427.15	2.39140	15.31	110.6
315	315.27	224.85	1.75106	1.6442	549.8	600	607.02	434.78	2.40902	16.28	105.8
320	320.29	228.42	1.76690	1.7375	528.6	610	617.53	442.42	2.42644	17.30	101.2
325	325.31	232.02	1.78249	1.8345	508.4	620	628.07	450.09	2.44356	18.36	96.92
330	330.34	235.61	1.79783	1.9352	489.4	630	638.63	457.78	2.46048	19.84	92.84
340	340.42	242.82	1.82790	2.149	454.1	640	649.22	465.50	2.47716	20.64	88.99
350	350.49	250.02	1.85708	2.379	422.2	650	659.84	473.25	2.49364	21.86	85.34
360	360.58	257.24	1.88543	2.626	393.4	660	670.47	481.01	2.50985	23.13	81.89
370	370.67	264.46	1.91313	2.892	367.2	670	681.14	488.81	2.52589	24.46	78.61
380	380.77	271.69	1.94001	3.176	343.4	680	691.82	496.62	2.54175	25.85	75.50
390	390.88	278.93	1.96633	3.481	321.5	690	702.52	504.45	2.55731	27.29	72.56
400	400.98	286.16	1.99194	3.806	301.6	700	713.27	512.33	2.57277	28.80	69.76
410	411.12	293.43	2.01699	4.153	283.3	710	724.04	520.23	2.58810	30.38	67.07
420	421.26	300.69	2.04142	4.522	266.6	720	734.82	528.14	2.60319	32.02	64.53
430	431.43	307.99	2.06533	4.915	251.1	730	745.62	536.07	2.61803	33.72	62.13
440	441.61	315.30	2.08870	5.332	236.8	740	756.44	544.02	2.63280	35.50	59.82

1. *p_r* and *v_r* data for use with Eqs. 6.43 and 6.44, respectively.

TABLE A-22 (Continued)

T(K), <i>h</i> and <i>u</i> (kJ/kg), <i>s</i> ^o (kJ/kg · K)											
<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> ^o	when Δ <i>s</i> = 0 ¹		<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> ^o	when Δ <i>s</i> = 0	
				<i>p_r</i>	<i>v_r</i>					<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
750	767.29	551.99	2.64737	37.35	57.63	1300	1395.97	1022.82	3.27345	330.9	11.275
760	778.18	560.01	2.66176	39.27	55.54	1320	1419.76	1040.88	3.29160	352.5	10.747
770	789.11	568.07	2.67595	41.31	53.39	1340	1443.60	1058.94	3.30959	375.3	10.247
780	800.03	576.12	2.69013	43.35	51.64	1360	1467.49	1077.10	3.32724	399.1	9.780
790	810.99	584.21	2.70400	45.55	49.86	1380	1491.44	1095.26	3.34474	424.2	9.337
800	821.95	592.30	2.71787	47.75	48.08	1400	1515.42	1113.52	3.36200	450.5	8.919
820	843.98	608.59	2.74504	52.59	44.84	1420	1539.44	1131.77	3.37901	478.0	8.526
840	866.08	624.95	2.77170	57.60	41.85	1440	1563.51	1150.13	3.39586	506.9	8.153
860	888.27	641.40	2.79783	63.09	39.12	1460	1587.63	1168.49	3.41247	537.1	7.801
880	910.56	657.95	2.82344	68.98	36.61	1480	1611.79	1186.95	3.42892	568.8	7.468
900	932.93	674.58	2.84856	75.29	34.31	1500	1635.97	1205.41	3.44516	601.9	7.152
920	955.38	691.28	2.87324	82.05	32.18	1520	1660.23	1223.87	3.46120	636.5	6.854
940	977.92	708.08	2.89748	89.28	30.22	1540	1684.51	1242.43	3.47712	672.8	6.569
960	1000.55	725.02	2.92128	97.00	28.40	1560	1708.82	1260.99	3.49276	710.5	6.301
980	1023.25	741.98	2.94468	105.2	26.73	1580	1733.17	1279.65	3.50829	750.0	6.046
1000	1046.04	758.94	2.96770	114.0	25.17	1600	1757.57	1298.30	3.52364	791.2	5.804
1020	1068.89	776.10	2.99034	123.4	23.72	1620	1782.00	1316.96	3.53879	834.1	5.574
1040	1091.85	793.36	3.01260	133.3	22.39	1640	1806.46	1335.72	3.55381	878.9	5.355
1060	1114.86	810.62	3.03449	143.9	21.14	1660	1830.96	1354.48	3.56867	925.6	5.147
1080	1137.89	827.88	3.05608	155.2	19.98	1680	1855.50	1373.24	3.58335	974.2	4.949
1100	1161.07	845.33	3.07732	167.1	18.896	1700	1880.1	1392.7	3.5979	1025	4.761
1120	1184.28	862.79	3.09825	179.7	17.886	1750	1941.6	1439.8	3.6336	1161	4.328
1140	1207.57	880.35	3.11883	193.1	16.946	1800	2003.3	1487.2	3.6684	1310	3.944
1160	1230.92	897.91	3.13916	207.2	16.064	1850	2065.3	1534.9	3.7023	1475	3.601
1180	1254.34	915.57	3.15916	222.2	15.241	1900	2127.4	1582.6	3.7354	1655	3.295
1200	1277.79	933.33	3.17888	238.0	14.470	1950	2189.7	1630.6	3.7677	1852	3.022
1220	1301.31	951.09	3.19834	254.7	13.747	2000	2252.1	1678.7	3.7994	2068	2.776
1240	1324.93	968.95	3.21751	272.3	13.069	2050	2314.6	1726.8	3.8303	2303	2.555
1260	1348.55	986.90	3.23638	290.8	12.435	2100	2377.4	1775.3	3.8605	2559	2.356
1280	1372.24	1004.76	3.25510	310.4	11.835	2150	2440.3	1823.8	3.8901	2837	2.175
						2200	2503.2	1872.4	3.9191	3138	2.012
						2250	2566.4	1921.3	3.9474	3464	1.864

Source: Tables A-22 are based on J. H. Keenan and J. Kaye, *Gas Tables*, Wiley, New York, 1945.