

TENTAMEN THERMODYNAMICA 1

Wb 4100

24 juni 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.

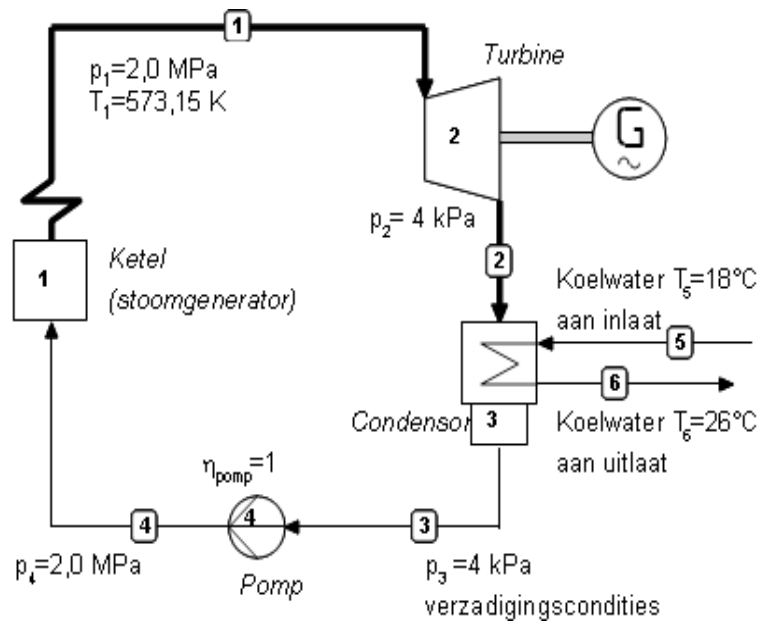
Het reglement:

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.

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 50 kg/s. Maak waar nodig gebruik van de bijgevoegde tabellen.



- Geef de eerste hoofdwet voor een open systeem met stationaire doorstroming
- Bereken de kwaliteit van de stoom aan de uitlaat van de turbine (x_2), ga er hierbij van uit dat de entropie (s) gelijk blijft tijdens de processtap 1→2.
- Berekenen aan de hand van de gegevens in de figuur het vermogen van de turbine.
- Schets het hele proces in een T-s diagram, en geef de relatie tot de tweefasengebied duidelijk aan. Verduidelijk het diagram met relevante lijnen, zoals isobaren en isothermen
- Bereken de warmtetoevoer in de ketel, waarbij je ervan uit mag gaan dat $h_4 - h_3 = 2,0 \text{ kJ/kg}$
- Bereken het rendement van de cyclus met en zonder bijdrage van de pomp
- Bepaal de warmtestroom die moet worden afgevoerd in de condensator 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 cyclus met een temperatuurverhouding $T_3/T_2=1.8$ en een cut-off ratio (V_4/V_3) van 1.5. De druk en temperatuur op punt 1 (punt met laagste druk) zijn 1 bar en 280K. Verder is gegeven dat de compressieverhouding gelijk is aan 9, de molmassa van lucht 29 kg/kmol, $c_p = 1.0$ kJ/kgK en $c_v=0.714$ kJ/kgK.

- a) Schets het p-v en T-s diagram voor de duale cyclus.
- b) 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'.

- c) Bepaal de temperaturen in de overige punten, uitgaande van de cold-air standard
- d) bepaal de warmte toe/afvoer per eenheid van massa tijdens processtap $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$, $4 \rightarrow 5$ en $5 \rightarrow 1$.
- e) Bepaal de arbeid (per cyclus) per eenheid van massa en het rendement van het systeem

Als we met dit systeem 80 kW 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 kringproces dat in het T-s diagram met de klok mee wordt doorlopen:

- (a) levert netto arbeid en ontvangt netto warmte
- (b) ontvangt netto arbeid en levert netto warmte
- (c) ontvangt netto arbeid en ontvangt netto warmte
- (d) levert netto arbeid en levert netto warmte

MK2

Een cilinder bevat 3.0 kg water en waterdamp onder verzadigingscondities bij een druk van 500 kN/m^2 . Het volume van de cilinder is 1.0 m^3 . Wat is de massa van de vloeibare waterfractie?

- a) 0.0 kg
- b) 0.33 kg
- c) 2.7 kg
- d) 3.0 kg

MK3

De kritische druk (p_c) van een bepaald gas is 7.38 MPa en de kritieke temperatuur (T_c) is 31.1°C . De molmassa is 44 kg/kmol . $\bar{R} = 8.314 \text{ J/(mol.K)}$. Bereken de dichtheid van dit gas bij een gereduceerde druk (p_R) van 0.60 en een gereduceerde temperatuur (T_R) van 1.40, je mag dus aannemen dat $Z=0.8$

- a) 160 kg/m^3
- b) 128 kg/m^3
- c) 68.8 kg/m^3
- d) 55.0 kg/m^3

MK4

Een cilinder met een wrijvingsloze zuiger bevat $0,05 \text{ m}^3$ gas onder een druk van 60 kPa . Een veer houdt de zuiger in haar positie. Nu wordt de cilinder verwarmd en daarbij neemt het volume van het gas tot $0,2 \text{ m}^3$ en de druk stijgt tot 180 kPa . Aannemend dat er geen verliezen optreden in het systeem en dat de kracht op de veer lineair varieert met de lengte, wat is dan de arbeid door het gas verricht?

- a) 9 kJ
- b) 15 kJ
- c) 18 kJ
- d) Geen van bovenstaande antwoorden is juist

MK5

Een groep van 15 wetenschappers komt samen in een vergaderzaal met dimensies: 3m hoogte, 6 m breedte en 6 m lengte. Neem aan dat iedere persoon afzonderlijk een volume

heeft van 67.5 liter en in een hectische vergadering 110 W warmtestroom afgeeft aan de omgeving. Bereken de temperatuuroptename van de lucht in de ruimte na 15 minuten. Gegeven dat voor lucht de dichtheid gelijk is aan 1.2 kg/m^3 en $c_v=0.72 \text{ kJ/(kg.K)}$.

- a) 0.3 K
- b) 3.0 K
- c) 1.6 K
- d) 16 K

MK6

Een reversibel adiabatich werkende compressor in een cyclus met lucht heeft een inlaattemperatuur van $25 \text{ }^\circ\text{C}$ bij een druk van 103 kPa. De uitlaatdruk is 517 kPa. Gegeven: $c_p/c_v=1.4$.

Wat is de uitlaattemperatuur van de compressor?

- a) $199.6 \text{ }^\circ\text{C}$
- b) $472.7 \text{ }^\circ\text{C}$
- c) $676.6 \text{ }^\circ\text{C}$
- d) $1232.7 \text{ }^\circ\text{C}$

MK 7

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

- (a) 2.98 kW
- (b) 3.42 kW
- (c) 11.5 kW
- (d) 1.49 kW

MK8

Een meteoriet met een gewicht van 100 kg komt de atmosfeer binnen met snelheid V en een temperatuur van -160°C . Door de wrijving met de dampkring warmt de meteoriet op tot 1200°C en neemt de snelheid van de meteoriet af tot 100 m/s. Als gegeven is dat de soortelijke warmte van de meteoriet gelijk is aan 0.44 kJ/kgK wat was dan de oorspronkelijke snelheid V (verwaarloos de verandering in potentiële energie en de warmteoverdracht naar de lucht).

- a) 1093 m/s
- b) 774 m/s
- c) 1099 m/s
- d) 1982 m/s

MK 9

De Kelvin-Planck formulering van de tweede hoofdwet van de thermodynamica zegt dat:

- (a) Warmte omgezet kan worden in arbeid
- (b) Er bij het genereren van arbeid altijd restwarmte moet worden afgegeven
- (c) Het rendement nooit hoger kan zijn dan het Carnotrendement

(d) Er geen warmte van een reservoir met een lage temperatuur naar een reservoir met een hoge temperatuur getransporteerd kan worden zonder de toevoer van arbeid
MK 10

Een constructeur probeert het vermogen van een benzinemotor te vergroten door meer warmte toe te voeren aan de cilinders. Geeft dit een toename in het vermogen van de motor?

- (a) Ja want meer warmte geeft meer arbeid
- (b) Ja maar alleen als ook de temperatuur van de motor omhoog gaat
- (c) Nee want de compressieverhouding blijft gelijk
- (d) Nee want het toerental van de motor blijft gelijk

MK 11

Verzadigde stoom wordt geëxpandeerd van 10 bar naar 1 bar. Wat is de stoomkwaliteit na isentropische expansie?

- (a) 0.75
- (b) 0.81
- (c) 0.87
- (d) 0.90

MK 12

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

- (a) $24,7 \text{ m}^3$
- (b) $2,47 \text{ m}^3$
- (c) $12,3 \text{ m}^3$
- (d) Andere waarde

MK 13

Voor differentiële warmte δQ en de integrale warmte $\Delta_{12}Q$ geldt, respectievelijk:

a) $\delta Q = TdS$, maar alleen voor intern reversibele processen (quasi-evenwicht).

b) $\delta Q = TdS$ voor alle processen.

c) $\Delta_{12}Q = \int_1^2 \delta Q \neq Q_2 - Q_1$ want Q is een toestandsgrootheid

d) $\Delta_{12}Q = \int_1^2 \delta Q = Q_2 - Q_1$, want Q is een toestandsgrootheid

MK14

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 100 kJ , op systeem verrichte arbeid 200 kJ ;

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

- (a) $W = -275 \text{ kJ}$

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

722 Tables in SI Units

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
$p = 5.0 \text{ bar} = 0.50 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 151.86^\circ\text{C}$)					$p = 7.0 \text{ bar} = 0.70 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 164.97^\circ\text{C}$)			
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
$p = 10.0 \text{ bar} = 1.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 179.91^\circ\text{C}$)					$p = 15.0 \text{ bar} = 1.5 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 198.32^\circ\text{C}$)			
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
$p = 20.0 \text{ bar} = 2.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 212.42^\circ\text{C}$)					$p = 30.0 \text{ bar} = 3.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 233.90^\circ\text{C}$)			
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

TABLE A-22 Ideal Gas Properties of Air

T(K), h and u (kJ/kg), s° (kJ/kg · K)											
T	h	u	s°	when $\Delta s = 0^1$		T	h	u	s°	when $\Delta s = 0$	
				p_r	v_r					p_r	v_r
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), h and u(kJ/kg), s° (kJ/kg · K)											
T	h	u	s°	when Δs = 0 ¹		T	h	u	s°	when Δs = 0	
				p _r	v _r					p _r	v _r
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.