

TENTAMEN THERMODYNAMICA 1

Wb 4100

25 juni 2010

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.

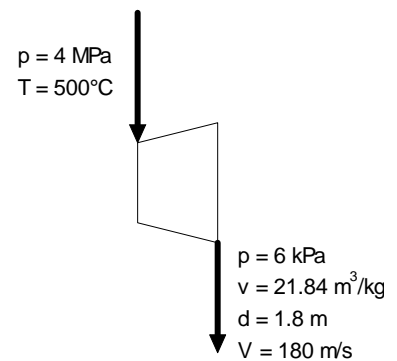
Het reglement:

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

Beschouw een goed geïsoleerde stoomturbine onder stationaire condities. De stoom stroomt met een zeer lage snelheid de turbine in, bij een druk van 4 MPa en een temperatuur van 500°C. In de turbine expandeert de stoom en verlaat de turbine bij een druk van 6 kPa, een specifiek volume van 21.840 m³/kg en een snelheid van 180 m/s. De diameter van de ronde uitlaat is 1.8 m. Veranderingen in potentiële energie mogen worden verwaarloosd. Maak waar nodig gebruik van de bijgevoegde tabellen. (Pas op met Joule en kiloJoule bij de kinetische energie)



- Wat is het specifiek volume van de stoom aan inlaat van de turbine? [1]
- Bepaal de massastroom (in kg/s) door de turbine [3]
- Bepaal de dampfractie (quality) aan de uitlaat. Wat is de temperatuur van het uitstromende damp-vloeistof-mengsel? [5]
- Bereken het geleverde vermogen (in MW) van de turbine [8]
- Teken het proces in een p,v - en T,v -diagram, en geef de relatie tot de condensatiecurve duidelijk aan. Verduidelijk het diagram met relevante lijnen, zoals isobaren en isothermen [6]
- Hoe groot zijn de verliezen door veranderingen in kinetische energie, ten opzichte van het geleverde vermogen? Zijn in dit geval veranderingen in kinetische energie verwaarloosbaar? [3]
- Welke diameter moet de inlaat hebben om de inlaatsnelheid tot 20 m/s te beperken? [2]

Opgave 2



Voor het opwekken van elektriciteit wordt vaak gebruik gemaakt van grote gasmotoren, dergelijke motoren werken met dezelfde cyclus als benzine (Otto) motoren. We willen een gasmotor gebruiken om 3MW elektriciteit op te wekken. De compressie verhouding van de gasmotor is 12 en het cilinder volume aan het begin van de arbeidsslag is 2 liter. Er is gegeven dat $C_p = 1.0 \text{ kJ/kgK}$ en $C_v = 0.707 \text{ kJ/kgK}$

- Schets het $p-v$ en $T-s$ diagram voor de Otto cyclus. Nummer de hoekpunten met de klok mee, waarbij het punt met de laagste temperatuur punt 1 is. [6]

- b) Bepaal het volume V_1 , (de arbeidslag begint bij punt 2). als gegeven is dat $T_1=300\text{K}$ bepaal dan T_2 , voor een cold air standard (geen tabel gebruiken) en een air standard model (met tabel).[6]

Vanaf hier kun je verder alles doen met **de cold air standard** benadering.

- c) Tijdens het proces $2 \rightarrow 3$ wordt gas verbrand en neemt de druk in de motor toe met een factor 2.5. Hoe groot zijn dan T_3 en T_4 ?[4]
 d) Bepaal de warmte toe en afvoer aan het systeem Q_{23} en Q_{41} [4]
 e) Bepaal de geleverde arbeid en het rendement van de motor.[4]
 f) Als het systeem 12 cilinders heeft wat is dan het benodigde toerental om 3MW op te wekken als het rendement van de generator 95% is?[4]

MEERKEUZEVRAGEN WB 4100

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

MK 1

Een loden bol met een diameter van 5 cm en een temperatuur van 25 graden Celsius valt van een hoogte van 30 meter naar beneden. Nadat de bol tot rust is gekomen op de grond wordt de temperatuur van de bol gemeten, hoe veel is de temperatuur veranderd? (Gegeven dat de dichtheid en soortelijke warmte van lood gelijk zijn aan 13400kg/m^3 , 130KJ/kgK)

- (a) + 4.52K
 (b) + 2.26K
 (c) - 3.81K
 (d) +1.18K

MK 2

De volgende uitspraken worden gedaan over arbeid

- $\delta W = p \cdot dV$ voor alle systemen (open en gesloten)
- In principe kan warmte volledig omgezet worden in arbeid
- $\Delta_{12}W = \int \delta W \neq W_2 - W_1$, want W is geen toestandgrootheid
- $\Delta_{12}W = \int \delta W = W_2 - W_1$, want W is een toestandgrootheid

- (a) 1 is waar; 2, 3 en 4 niet.
 (b) 1 en 3 zijn waar; 2 en 4 niet.
 (c) 2 en 3 zijn waar; 1 en 4 niet.
 (d) 3 is waar; 1,2 en 4 niet.

MK 3

Een medium wordt geëxpandeerd over een smoorklep (throttling device). Er geldt dat

- (a) De entropy S neemt toe en druk neemt af.
 (b) De enthalpy H en de druk p nemen af.
 (c) De kinetische energie en temperatuur nemen toe.
 (d) De druk en de enthalpy H blijven constant.

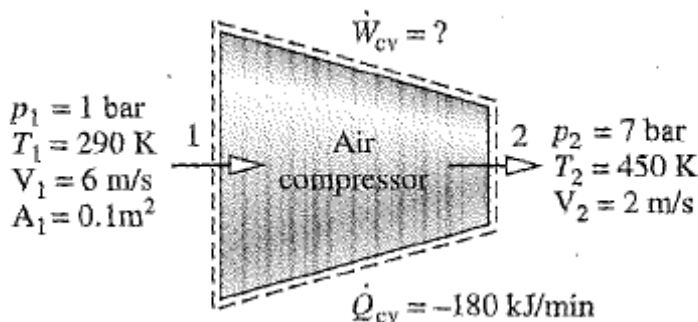
MK 4

Helium (molmassa 4 g/mol, $\kappa=5/3$) wordt isentroop gecompriemd van een toestand (1) waarvoor geldt dat de druk is 10 bar en het volume 1 liter naar een toestand met een druk van 30 bar en een volume V_2 . Als de compressie isentroop is, wat is dan het volume V_2

- (a) 0.52 liter
- (b) 0.82 liter
- (c) 0.66 liter
- (d) 0.72 liter

MK 5

Beschouw de compressor in de onderstaande figuur en bepaald de benodigde arbeid (kinetische en potentiële energie mogen verwaarloosd worden).



- (a) $\dot{W}_{cv} = -101 \text{ kW}$
- (b) $\dot{W}_{cv} = -119 \text{ kW}$
- (c) $\dot{W}_{cv} = -188 \text{ kW}$
- (d) $\dot{W}_{cv} = +143 \text{ kW}$

MK 6

Een tuinder gebruikt aardwarmte voor het verwarmen van zijn kas. Hij laat daarvoor een put boren die honderd meter diep is. Op deze diepte is de temperatuur 18°C . Hij wil deze warmte gebruiken om zijn kassen te verwarmen tot 22°C . Als hij 100 kW warmtevraag heeft wat is dan het minimaal benodigde compressorvermogen voor het systeem? ?

- (a) 4.76 kW
- (b) 0.34 kW
- (c) 3.42 kW
- (d) 1.37 kW

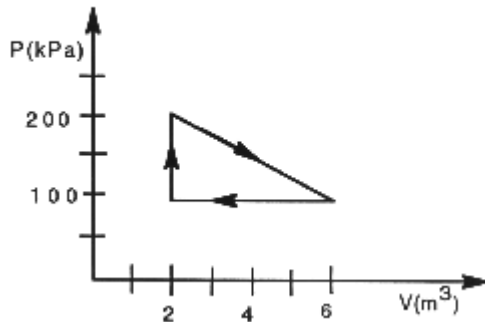
MK 7

We beschouwen een reversibele expansie van een ideaal gas in een stationair doorstroomde turbine met vaste inlaatdruk en uitlaatdruk en gelijke inlaat temperatuur. De absolute waarde van de expansiearbeid is

- (a) kleiner voor een isotherm proces dan voor een adiabaat proces.
- (b) de zelfde expansiearbeid voor een isotherm proces en een adiabaat proces.
- (c) groter voor een isotherm proces dan voor een adiabaat proces.
- (d) arbeid is een toestandsgrrootheid en geen procesgrrootheid. Daarom is geen uitspraak mogelijk.
- (e)

MK 8

Een ideaal gas doorloopt het volgende p-v diagram



De warmtetoevoer Q naar het systeem is gelijk 600 kJ, hoe groot is de geleverde reversibele arbeid

- (a) $W = 800 \text{ kJ}$
- (b) $W = -400 \text{ kJ}$
- (c) $W = 200 \text{ kJ}$
- (d) $W = 600 \text{ kJ}$

MK 9

Spontane processen zijn:

- (a) reversibel
- (b) onmogelijke processen
- (c) omkeerbaar zonder ingreep van buitenaf
- (d) omkeerbaar met ingreep van buitenaf

MK 10

Een consequentie van de Clausius formulering van de tweede hoofdwet is:

- (a) Dat het mogelijk is dat warmte van een kouder naar een warmer reservoir wordt getransporteerd zonder toevoer van arbeid.
- (b) Dat het onmogelijk is warmte volledig om te zetten in arbeid.
- (c) Voor het transport van warmte van een reservoir met een lage temperatuur naar een reservoir met een hogere temperatuur is altijd arbeid nodig.
- (d) Dat het rendement van een systeem is gelijk aan $1 - T_L / T_H$ waarbij T_L de temperatuur van het lage temperatuur reservoir en T_H de temperatuur van het hoge temperatuur reservoir.

MK 11

Een reversibele koelmachine wordt gebruikt om een ruimte op -18°C te houden. De omgevingstemperatuur is 20°C . Er moet 10 kW aan warmte onttrokken worden uit de ruimte. De netto benodigde arbeid is:

- (a) 1.81 kW
- (b) 3.42 kW
- (c) 11.5 kW
- (d) 1.49 kW

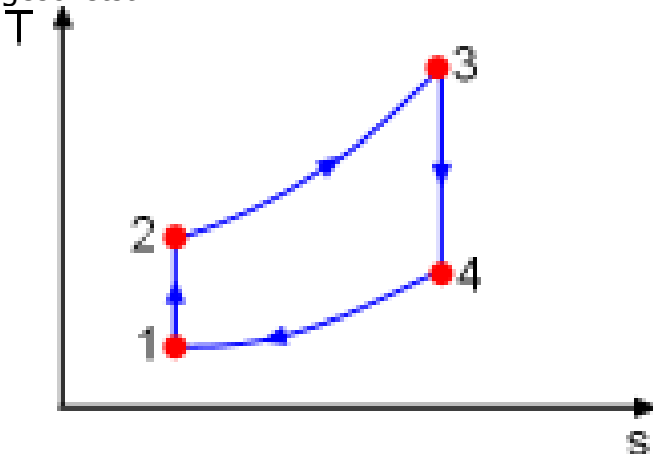
MK 12

Gegeven een benzine en diesel motor met identieke compressie verhouding. Welke bewering is juist

- (a) Het rendement van de diesel motor is groter omdat de druk in de motor hoger is.
- (b) Het rendement van de benzine motor is hoger.
- (c) Het rendement van beide motor is identiek, omdat het rendement alleen maar van de compressieverhouding afhangt.
- (d) Een diesel motor heeft een hoger rendement omdat een benzine motor gaat "kloppen" (engels knocking).

MK 13

In de onderstaande figuur is een T-s diagram van de cold air standard Otto cycle geschetst.



De volgende statements worden gemaakt

- 1) Er is warmte toevoer van punt 1 naar punt 2.
 - 2) Er is warmte afvoer van punt 3 naar punt 4
 - 3) De arbeid die geleverd wordt door de cyclus is gelijk het oppervlak omsloten door de curve 1-2-3-4
 - 4) $T_4/T_3 = T_1/T_2$
- (a) Alle beweringen zijn waar.
 - (b) 1, 2 en 3 zijn waar, en 4 niet.
 - (c) 1 en 2 zijn waar, 3 en 4 niet.
 - (d) 3 en 4 zijn waar en 1 en 2 niet.

MK 14

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

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 Properties of Superheated Water Vapor

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
$p = 0.06 \text{ bar} = 0.006 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 36.16^\circ\text{C}$)					$p = 0.35 \text{ bar} = 0.035 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 72.69^\circ\text{C}$)			
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

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

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), 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.