



25111 TEKNILLINEN TERMODYNAMIIKKA
TENTTI 17.3.2003

Kirjallisuuden käyttö sallittu

24

1. Höyrykattilan syöttövettä paineessa 100 bar esilämmitetään lämpötilasta 30 °C lämpötilaan turbiinista otettavalla väliottohöyryllä 15 bar/230 °C. Mikä on exergiahäviö kg:aa vettä kohti?
2. Propani virtaa putkessa paineessa 20 bar ja lämpötilassa 20 °C. Sen paine laskee venttiilissä 1,5 bar:iin. Lämpimääkö vai jäähtyykö kaasu?
3. Vesi jäähdyskoneiston lauhduttimesta tulee jäähdytystorniin lämpötilassa 40 °C, massavirta on 6 kg/s. Tornissa vesi jäähtyy lämpötilaan 25 °C. Ilma torniin tulee tilassa 23 °C/60% ja lähtee kylläisenä lämpötilassa 32 °C. Mikä on ilmavirta ja lisäveden tarve?
4. Yksinkertaisen Brayton-prosessin väliaine on ilma, joka tulee kompressoriin lämpötilassa 300 K ja turbiiniin lämpötilassa 1000 K. Painesuhde on 12. Mikä on tarvittava ilman massavirta, jos saatavan tehon pitää olla 1 MW. Kompressorin ja turbiinin isentrooppiset hyötysuhteet ovat 0,8.
5. Missä lämpötilassa hapesta 2% dissosioituu yksiatomiseksi hapeksi 20 bar paineessa? Hap-pimolekyylin muodostumisen entalpia on -249,19 MJ/kmol. Tasapainovakio voidaan app-roksimoida kaavalla

$$K = 10 - \exp(5.80 - 2.14\vartheta + 0.532\vartheta^2 - 0.0507\vartheta^3)$$

$$\vartheta = T/1000 \text{ K}$$

B. Tables of the Properties of Water and Steam

Tafel der Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf

Table 1. State of Saturation (Temperature Table)

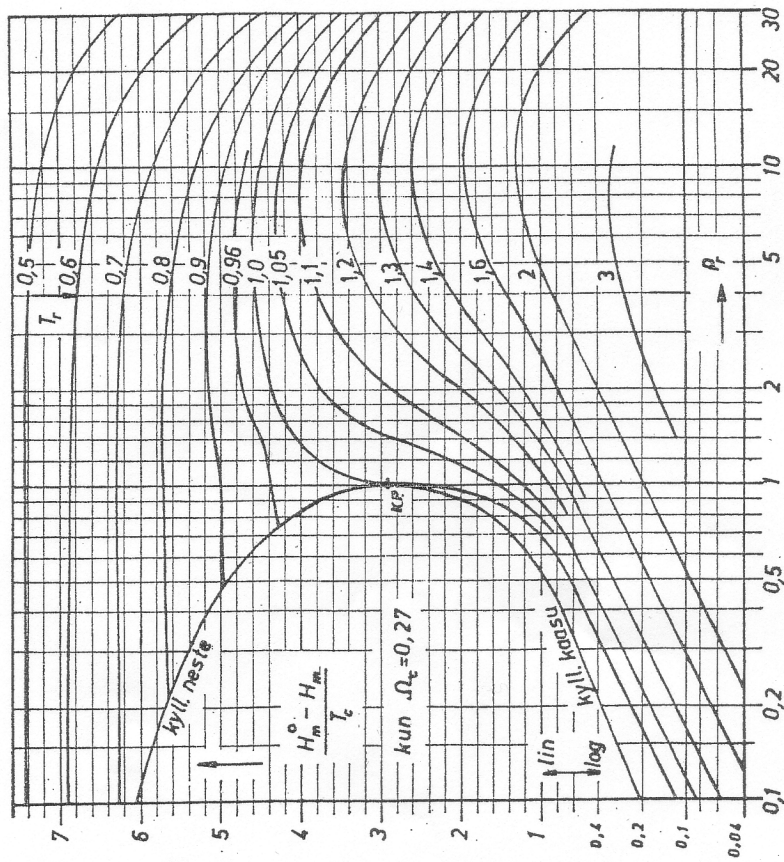
Table with 14 columns: t, T, P, w', w'', w, v', v'', v, p, r, s', s'', s, u', u'', u, h', h'', h, i', i'', i. Rows represent temperature from 0.00 to 378.15 °C.

Table 1. State of Saturation (Temperature Table) (Continuation)

Continuation of Table 1 with 14 columns: t, T, P, w', w'', w, v', v'', v, p, r, s', s'', s, u', u'', u. Rows represent temperature from 381.15 to 723.15 °C.

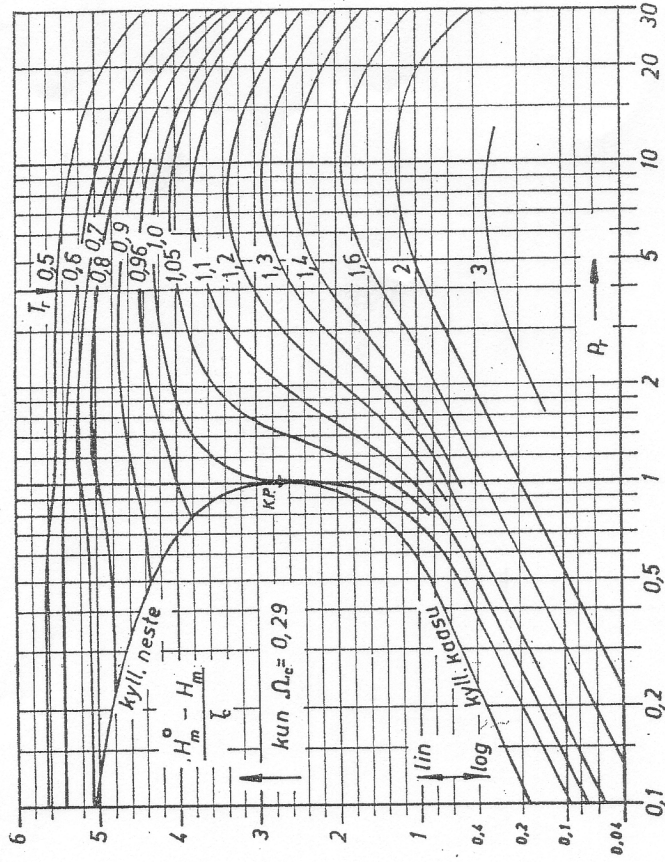
Aine		Mooli- massa	T_c K	T_c kJ/kmol	P_c MN/m ²	V_{mc} m ³ /kmol	Ω_c
Ammoniakki	NH ₃	17,03	405,5	3371	11,27	0,0724	0,242
Argon	Ar	39,944	151	1255	4,86	0,0749	0,290
Asetyleeni	C ₂ H ₂	26,02	309	2569	6,28	0,1130	0,276
Benseeni	C ₆ H ₆	78,11	562	4673	4,92	0,2604	0,274
Bromi	Br ₂	159,832	584	4856	10,33	0,1355	0,288
Butaani	C ₄ H ₁₀	58,120	425,2	3535	3,80	0,2547	0,274
Dekaani	C ₁₀ H ₂₂	142,17	619,4	5150	2,512	0,6113	0,298
Elohopea	Hg	200,59	1763	14660	151,0	0,036	0,376
Etaani	C ₂ H ₆	30,068	305,5	2540	4,88	0,1480	0,284
Etikkahappo	C ₂ H ₄ O ₂	60,03	594,8	4945	5,79	0,1711	0,200
Etanoli	C ₂ H ₆ O	46,07	516,0	4290	6,38	0,1673	0,249
Eteeni	C ₂ H ₄	28,052	282,4	2348	5,12	0,1243	0,271
Fluori	F ₂	38,00	144	1197	5,32	0,0710	0,316
Happi	O ₂	32,00	158,4	1317	5,08	0,0780	0,301
Heksaani	C ₆ H ₁₄	86,172	507,9	4223	3,03	0,3678	0,264
Heptaani	C ₇ H ₁₆	100,12	540,17	4491	2,735	0,4108	0,250
Helium	He	4,003	5,3	44	0,229	0,0578	0,300
Hiilidioksidi	CO ₂	44,01	304,2	2529	7,38	0,0943	0,275
Hiilimonoksidi	CO	28,01	133	1106	3,49	0,0930	0,294
Hiilitetrakloridi	CCl ₄	153,84	556,4	4626	4,56	0,2760	0,272
Kloori	Cl ₂	70,914	417	3467	7,71	0,1243	0,276
Litium	Li	6,940	3800	31600	97,0	0,0694	0,213
Metaani	CH ₄	16,042	191,1	1589	4,64	0,0993	0,290
Metanoli	CH ₄ O	32,04	513,2	4267	7,95	0,1180	0,220
Natrium	Na	22,991	2500	21000	37,0	0,128	0,225
Neon	Ne	20,183	44,5	370	2,72	0,0417	0,307
Nonaani	C ₉ H ₂₀	128,16	596	4955	2,316	0,5532	0,259
Oktaani	C ₈ H ₁₈	114,14	569,4	4734	2,498	0,4901	0,259
Pentaani	C ₅ H ₁₂	72,09	470,3	3910	3,347	0,3103	0,266
Propaani	C ₃ H ₈	44,094	370,0	3076	4,25	0,1998	0,276
Propeeni	C ₃ H ₆	42,078	365,0	3035	4,62	0,1811	0,276
Propanoli	C ₃ H ₈ O	60,097	537	4465	5,09	0,220	0,250
R11	CCl ₃ F	137,38	471,2	3918	4,38	0,2479	0,277
R12	CCl ₂ F ₂	120,92	384,7	3199	4,01	0,2179	0,273
R13	CClF ₃	104,46	302,0	2511	3,86	0,180	0,277
R21	CHCl ₂ F	102,93	451,7	3756	5,17	0,1973	0,272
R22	CHClF ₂	86,469	369,2	3070	4,94	0,165	0,266
Rikkidioksidi	SO ₂	64,06	430,7	3581	7,88	0,1218	0,268
Rikkitrioksidi	SO ₃	80,06	491,5	4086	8,47	0,1268	0,263
Tolueeni	C ₇ H ₈	92,06	593,8	4937	4,21	0,3153	0,269
Typpi	N ₂	28,016	126,2	1049	3,39	0,0899	0,291
Typpimonoksidi	NO	30,01	179	1488	6,58	0,0578	0,256
Dityppioksidi	N ₂ O	44,02	309,7	2575	7,26	0,0962	0,271
Typpidioksidi	NO ₂	46,006	431,1	3587	10,13	0,0837	0,236
Vesi	H ₂ O	18,016	647,3	5382	22,115	0,0562	0,231
Vety	H ₂	2,016	33,3	277	1,30	0,0649	0,305

Termodynamiikka



Kuva 26 b Molauarisen entalpian poikkeama ideaalikaasuavosta. Ordinaattia on dimensioton koska $R=1$ (kaava 11 s. 611). $\Omega_c=0,27$

Tilanyhtäöt



Kuva 26 c Molauarisen entalpian poikkeama ideaalikaasuavosta. Ordinaattia on dimensioton koska $R=1$ (kaava 11 s. 611). $\Omega_c=0,29$