UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1995/96

Oktober/November

EKC 225 - Termodinamik Kejuruteraan Kimia

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** muka surat dan **EMPAT (4)** lampiran bercetak sebelum anda mula menjawab soalan.

Kertas ini mengandungi **ENAM (6)** soalan.

Jawap mana-mana **EMPAT (4)** soalan.

Anda dimestilah menjawab **SATU** soalan dalam Bahasa Malaysia dan anda dibenarkan menjawab soalan-soalan lain dalam Bahasa Inggeris.

Soalan terjemahan Bahasa Inggeris ditaip dalam bentuk tulisan Italic.

1. [a] Terbitkan persamaan di bawah bagi kerja adiabatik yang boleh balik.

Derive the following expression for the reversible adiabatic work:

$$W = \frac{RT_1}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]$$

(7 markah)

[b] Satu mol gas unggul, **C_p = (7/2)R, C_v = (5/2)R** dimampatkan melalui proses adiabatik di dalam sebuah peranti omboh/silinder dari 1 bar dan 40°C ke 4 bar. Proses tersebut adalah proses tidak boleh balik dan memerlukan 30 peratus kerja yang lebih jika dibandingkan dengan proses yang boleh balik dan mampatan adiabatik dari keadaan mula yang sama hingga ke tekanan akhir yang sama. Apakah perubahan entropi pada gas tersebut?

*One mole of ideal gas, **C_p = (7/2)R, C_v = (5/2)R** is compressed adiabatically in a piston/cylinder device from 1 bar and 40°C to 4 bar. The process is irreversible and requires 30 percent more work than a reversible, adiabatic compression from the same initial state to the same final pressure. What is the entropy change of the gas?.*

(14 markah)

[c] Apakah perubahan entropi pada gas dalam soalan [b] jika proses tersebut adalah adiabatik dan boleh balik.

What is the entropy change of the gas in (b) if the process is reversible and adiabatic.

(4 markah)

2. [a] Bincangkan perbezaan-perbezaan antara kitar Carnot dan Kitar Rankine.

Discuss the differences between Carnot Cycle and Rankine Cycle.

(7 markah)

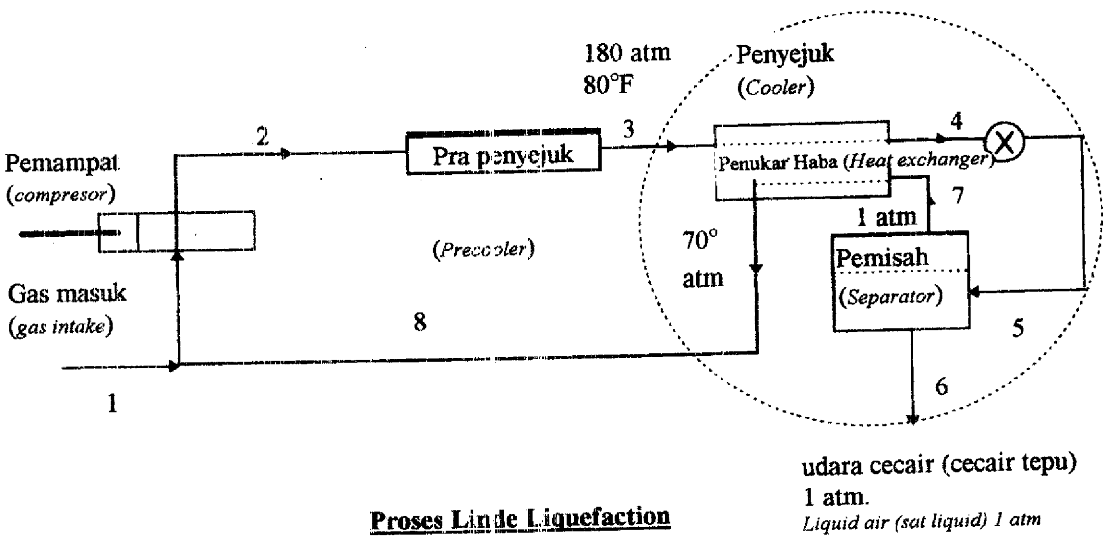
[b] Di dalam Kitar Rankine, stim meninggalkan dandang dan memasuki turbin pada 4 MPa dan 400°C. Tekanan pada pemeluwap ialah 10 kPa. Kirakan kecekapan kitar tersebut.

In a Rankine Cycle, steam leaves the boiler and enters the turbine at 4 MPa and 400°C. The condenser pressure is 10 kPa. Determine the cycle efficiency.

(18 markah)

3. Udara kering mungkin boleh dicairkan dengan menggunakan proses 'Linde Liquefaction' seperti yang ditunjukkan di bawah:

Dry air may be liquified using the Linde Liquefaction process shown below:



Proses Linde Liquefaction

Keadaan operasi tersebut ditunjukkan pada gambarajah.
The conditions of operation are shown on the diagram.

[a] Apakah pecahan maksimum udara yang meninggalkan pemampat yang boleh dicecairkan.
What is the maximum fraction of the air leaving the compressor that can be liquified?

(18 markah)

[b] Tunjukkan kitar yang lengkap dengan menempatkan titik-titik dari 3 hingga 8 pada T-S diagram yang diberikan. Andaikan beban haba penyejuk tersebut adalah 96 Btu/Ibm udara.

Show the complete cycle by locating the points, from 3 to 8 on the T-S diagram provided. Assume the heat load of the cooler is 96 Btu/Ibm of air.

(7 markah)

4. [a] Plot pada gambarajah P - V Kitar Otto standard udara.

Plot on a P - V diagram the Air Standard Otto Cycle.

[b] Tunjukkan bahawa kecekapan haba bagi kitar tersebut bertambah dengan bertambahnya nisbah mampatan enjin tersebut, r.

Show that the thermal efficiency of the Cycle increases with the increase in the compression ratio of the engine, r.

(25 markah)

5. Tindakbalas sintesis bagi Ammonia adalah:

For the Ammonia synthesis reaction,

$$\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) \rightarrow NH_3(g)$$

Pertukaran keseimbangan kepada ammonia amat tinggi pada 25°C, tetapi menurun dengan cepatnya apabila suhu dinaikkan. Walau bagaimanapun, kadar tindakbalas hanya boleh dihargai pada suhu yang tinggi sahaja. Bagi campuran suapan hydrogen dan nitrogen di dalam pembahagian stoikiometri;

the equilibrium conversion to Ammonia is very large at 25°C, but decreases rapidly with increasing temperature. However, reaction rate becomes appreciable only at higher temperature. For a feed mixture of hydrogen and nitrogen in the stoichiometric proportion;

[a] Tentukan pecahan mol ammonia di dalam campuran seimbang pada 1 bar dan 25°C.

Determine the mole fraction of Ammonia in the equilibrium mixture at 1 bar and 25°C.

(8 markah)

[b] Pada suhu berapakah pecahan mol seimbang ammonia turun kepada 0.5 bagi tekanan 100 bar dengan mengandaikan campuran keseimbangan sebagai gas unggul.

At what temperature does the equilibrium mole fraction of Ammonia decrease to 0.5 for a pressure of 100 bar, assuming the equilibrium mixture an ideal gas.

(5 markah)

[c] Ulang [b] jika campuran keseimbangan boleh diandaikan sebagai larutan unggul dan bukannya gas unggul. Andaikan suhu pada percubaan pertama adalah 600K. Tidak perlu percubaan kedua.

Repeat (b) if the equilibrium mixture can be assumed an ideal solution of gas and not an ideal gas. You may assume a temperature of 600 K as initial trial. No need for a second trial.

(12 markah)

Nota (notes):

[1] Untuk memudahkan pengiraan, anda boleh menganggap bahawa haba pembentukan ammonia tidak banyak berubah dengan suhu:

To simplify the calculation you may assume the heat of formation of NH_3 does not change appreciably with temperature:

$\Delta H^{\circ}_{298} = -46110 J / mole$, $\Delta G^{\circ}_{298} = -16,450 J / mole$

[2] Persamaan dibawah mungkin boleh digunakan untuk mengira fugasiti.

The following equations may be used to calculate the fugacities:

$$\ln\phi = \frac{Pr}{Tr}(B^{\circ}+\omega B')$$

$$B^{\circ} = 0.083 - \frac{0.422}{T_r^{1.6}}$$

$$B' = 0.139 - \frac{0.172}{T_r^{4.2}}$$

6. Gas unggul dengan haba muatan malar (Cp = 30 kJ/kmol/K) pada 10 bar dan 295 K memasuki sebuah tiub vorteks ditebat dari keadaan sekitar. Tiub vorteks itu memisahkan gas tersebut kepada dua aliran yang sama kadar aliran tetapi pada suhu 335K dan 235K.

An ideal gas of constant heat capacity (C_P = 30 kJ/kmol K) at 10 bar and 295 K enter a vortex tube which is thermally insulated from the surroundings. The vortex tube split the gas into two streams of equal flowrates both at 1 bar but with temperatures of 335K and 235K.

[a] Tunjukkan bahawa peranti tersebut tidak melanggar syarat Hukum Termodinamik yang Pertama dan Kedua.

Show that the device does not violate the first and second Law of Thermodynamics.

(15 markah)

[b] Tafsirkan pembahagian suhu maksimum teori, iaitu perbezaan maksimum antara suhu panas dan suhu sejuk yang keluar.

Evalute the theoretical maximum temperature spread, ie: maximum difference between the hot and cold outlet temperatures.

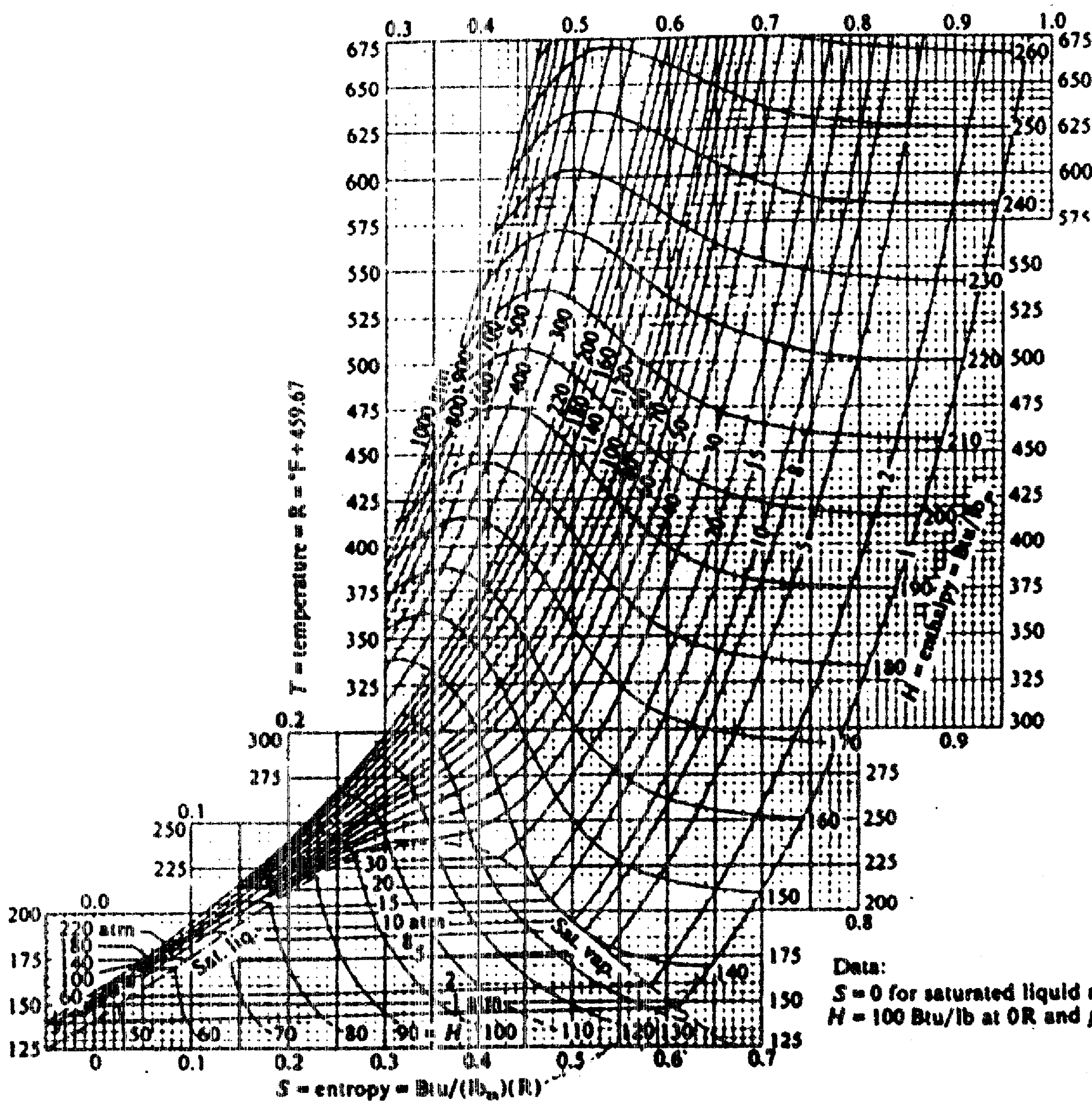
(10 markah)

-oooOooo-

ABS PRESS KPA (SAT TEMP) DEG C		SAT WATER	SAT STEAM	TEMPERATURE, DEG C (TEMPERATURE, K) 75 (348.15)	100 (373.15)	125 (398.15)	150 (423.15)	175 (448.15)	200 (473.15)	225 (498.15)	250 (523.15)
1 (6.98)	V	1.000	129200	160640	172180	183720	195270	206810	218350	229890	241430
	U	29.334	2385.2	2480.8	2516.4	2552.3	2588.5	2624.9	2661.7	2698.8	2736.3
	H	29.335	2514.4	2641.5	2688.6	2736.0	2783.7	2831.7	2880.1	2928.7	2977.7
	S	0.1060	8.9767	9.3828	9.5136	9.6365	9.7527	9.8629	9.9679	10.0681	10.1641
10 (45.83)	V	1.010	14670	16030	17190	18350	19510	20660	21820	22980	24130
	U	191.822	2438.0	2479.7	2515.6	2551.6	2588.0	2624.5	2661.4	2698.5	2736.1
	H	191.832	2584.8	2640.0	2687.5	2736.2	2783.1	2831.2	2879.6	2928.4	2977.4
	S	0.6493	8.1511	8.3168	8.4486	8.6722	8.6888	8.7994	8.9045	9.0049	9.1010
20 (60.09)	V	1.017	7649.8	8000.0	8584.7	9167.1	9748.0	10320	10900	11480	12060
	U	251.432	2456.9	2478.4	2514.6	2550.9	2587.4	2624.1	2661.0	2698.3	2735.8
	H	251.453	2609.9	2638.4	2686.3	2734.2	2782.3	2830.6	2879.2	2928.0	2977.1
	S	0.8321	7.9094	7.9933	8.1261	8.2504	8.3676	8.4786	8.5839	8.6844	8.7806
30 (69.12)	V	1.022	5229.3	5322.0	5714.4	6104.6	6493.2	6880.8	7257.5	7653.8	8039.7
	U	289.271	2468.6	2477.1	2513.6	2550.2	2586.8	2623.6	2660.7	2698.0	2735.6
	H	289.302	2625.4	2636.9	2685.1	2733.3	2781.6	2830.0	2878.7	2927.6	2976.8
	S	0.9441	7.7695	7.8024	7.9363	8.0614	8.1791	8.2903	8.3960	8.4957	8.5930
40 (75.89)	V	1.027	3993.4	...	4279.2	4573.3	4866.8	5157.2	5447.8	5738.0	6027.7
	U	317.609	2477.1	...	2512.6	2549.4	2586.2	2623.2	2660.3	2697.7	2735.4
	H	317.650	2636.9	...	2683.8	2732.3	2780.9	2829.6	2878.2	2927.2	2976.5
	S	1.0261	7.6709	...	7.8009	7.9268	8.0450	8.1566	8.2624	8.3633	8.4598
50 (81.35)	V	1.030	3240.2	...	3418.1	3654.5	3889.3	4123.0	4356.0	4588.5	4820.5
	U	340.513	2484.0	...	2511.7	2548.6	2585.6	2622.7	2659.9	2697.4	2735.1
	H	340.564	2646.0	...	2682.6	2731.4	2780.1	2828.9	2877.7	2926.8	2976.1
	S	1.0912	7.5947	...	7.6953	7.8219	7.9406	8.0526	8.1587	8.2598	8.3564
75 (91.79)	V	1.037	2216.9	...	2269.8	2429.4	2587.3	2744.2	2900.2	3055.8	3210.9
	U	384.374	2496.7	...	2509.2	2546.7	2584.2	2621.6	2659.0	2696.7	2734.5
	H	384.451	2663.0	...	2679.4	2728.9	2778.2	2827.4	2876.6	2925.8	2975.3
	S	1.2131	7.4570	...	7.5014	7.6300	7.7500	7.8629	7.9697	8.0712	8.1681
100 (99.63)	V	1.043	1693.7	...	1695.5	1816.7	1936.3	2064.7	2172.3	2289.4	2406.1
	U	417.406	2506.1	...	2506.6	2544.8	2582.7	2620.4	2658.1	2695.9	2733.9
	H	417.511	2675.4	...	2676.2	2726.5	2776.3	2825.9	2875.4	2924.9	2974.5
	S	1.3027	7.3598	...	7.3618	7.4923	7.6137	7.7275	7.8349	7.9369	8.0342

3200 (237 45)	V	1 224	62 439	65 380	70 721	75 693	80 158	84 513	88 723	92.829
	U	1021 5	2602 5	2635 2	2693 9	2746 8	2796 0	2842 7	2887 9	2932 1
	H	1025 4	2802 3	2844 4	2920 2	2988 7	3052 5	3113 2	3171 8	3229.2
	S	2 6786	6 1585	6 2398	6 3815	6 5037	6 6127	6 7120	6 8043	6.8912
3300 (239 18)	V	1 227	60 529	63 021	68 282	73 061	77 526	81 778	85 883	89.883
	U	1029 7	2602 5	2631 1	2690 8	2744 4	2794 0	2841 1	2886 5	2930.9
	H	1033 7	2802 3	2839 0	2916 1	2985 5	3049 9	3110 9	3169 9	3227.5
	S	2 6945	6 1463	6 2173	6 3614	6 4851	6 5951	6 6952	6 7879	6 8752
3400 (240 88)	V	1 231	58 728	60 796	66 982	70 875	75 048	79 204	83 210	87 110
	U	1037 6	2602 5	2626 9	2687 7	2741 9	2792 0	2839 4	2885 1	2929 7
	H	1041 8	2802 1	2833 6	2912 0	2982 2	3047 2	3108 7	3168 0	3225 9
	S	2 7101	6 1344	6 1951	6 3416	6 4669	6 5779	6 6787	6 7719	6 8595
3500 (242 54)	V	1 235	57 025	58 693	63 812	68 424	72 710	76 776	80 689	84 494
	U	1045 4	2602 4	2622 7	2684 6	2739 5	2790 0	2837 8	2883 7	2928 4
	H	1049 8	2802 0	2828 1	2907 8	2979 0	3044 5	3106 5	3166 1	3224 2
	S	2 7253	6 1228	6 1732	6 3221	6 4491	6 5611	6 6626	6 7563	6 8443
3600 (244 16)	V	1 238	55 415	56 702	61 769	66 297	70 601	74 482	78 308	82 024
	U	1053 1	2602 2	2618 4	2681 3	2737 0	2788 0	2836 1	2882 3	2927 2
	H	1057 6	2801 7	2822 5	2903 6	2975 6	3041 8	3104 2	3164 2	3222.6
	S	2 7401	6 1115	6 1514	6 3030	6 4315	6.5446	6 6468	6 7411	6.8294
3700 (245 76)	V	1.242	53 888	54 812	59 814	64 282	68 410	72 311	76 066	79.687
	U	1060 6	2602 1	2614 0	2678 0	2734 4	2786.0	2834 4	2880 8	2926.0
	H	1065 2	2801 4	2816 8	2899 3	2972 3	3039 1	3102 0	3162 2	3220.8
	S	2 7647	6 1004	6 1299	6 2841	6 4143	6 5284	6 6314	6 7262	6.8149
3800 (247 31)	V	1 245	52 438	53 017	57 968	62 372	66 429	70.254	73 920	77 473
	U	1068 0	2601 9	2609 5	2674 7	2731 9	2783 9	2832 7	2879 4	2924 7
	H	1072 7	2801 1	2811 0	2895 0	2968 9	3036 4	3099 7	3160 3	3219 1
	S	2 7689	6 0896	6 1085	6 2664	6 3973	6 5126	6 6163	6 7117	6 8007
3900 (248 84)	V	1 249	51 061	51 308	56 215	60 568	64 647	68 302	71 894	75 372
	U	1075 3	2601 6	2605 0	2671 4	2729 3	2781 9	2831 0	2877 9	2923 5
	H	1080 1	2800 8	2805 1	2890 6	2966 6	3033 6	3097 4	3158 3	3217 4
	S	2 7828	6 0789	6 0872	6 2470	6 3806	6 4970	6 6016	6 6974	6.7868
4000 (250 33)	V	1 252	49 749		54 646	58 833	62 759	66 446	69 969	73 376
	U	1082 4	2601 3		2668 0	2726 7	2779 8	2829 3	2876 5	2922 2
	H	1087 4	2800 3		2886 1	2962 0	3030 8	3096 1	3166 4	3216 7
	S	2 7965	6 0685		6 2288	6 3642	6 4817	6 5870	6 6834	6 7733

	T_c/K	P_c/bar	$V_c/10^{-6}\ m^3\ mol^{-1}$	Z_c	ω
1,3-Butadiene	425.0	43.3	221.	0.270	0.195
Chlorobenzene	632.4	45.2	308.	0.265	0.249
Cyclohexane	553.4	40.7	308.	0.273	0.213
Dichlorodifluoromethane (Freon-12)	385.0	41.2	217.	0.280	0.176
Diethyl ether	466.7	36.4	280.	0.262	0.281
Ethanol	516.2	63.8	167.	0.248	0.635
Ethylene oxide	469.	71.9	140.	0.258	0.200
Methanol	512.6	81.0	118.	0.224	0.559
Methyl chloride	416.3	66.8	139.	0.268	0.156
Methyl ethyl ketone	535.6	41.5	267.	0.249	0.329
Toluene	591.7	41.1	316.	0.264	0.257
Trichlorofluoromethane (Freon-11)	471.2	44.1	248.	0.279	0.188
Trichlorotrifluoroethane (Freon-113)	487.2	34.1	304.	0.256	0.252
Elementary gases:					
Argon	150.8	48.7	74.9	0.291	0.0
Bromine	584.	103.	127.	0.270	0.132
Chlorine	417.	77.	124.	0.275	0.073
Helium 4	5.2	2.27	57.3	0.301	−0.387
Hydrogen	33.2	13.0	65.0	0.305	−0.22
Krypton	209.4	55.0	91.2	0.288	0.0
Neon	44.4	27.6	41.7	0.311	0.0
Nitrogen	126.2	33.9	89.5	0.290	0.040
Oxygen	154.6	50.5	73.4	0.288	0.021
Xenon	289.7	58.4	118.	0.286	0.0
Miscellaneous inorganic compounds:					
Ammonia	405.6	112.8	72.5	0.242	0.250
Carbon dioxide	304.2	73.8	94.0	0.274	0.225
Carbon disulfide	552.	79.	170.	0.293	0.115
Carbon monoxide	132.9	35.0	93.1	0.295	0.049
Carbon tetrachloride	556.4	45.6	276.	0.272	0.194
Chloroform	536.4	55.	239.	0.293	0.216
Hydrazine	653.	147.	96.1	0.260	0.328
Hydrogen chloride	324.6	83.	81.	0.249	0.12
Hydrogen cyanide	456.8	53.9	139.	0.197	0.407
Hydrogen sulfide	373.2	89.4	98.5	0.284	0.100
Nitric oxide (NO)	180.	65.	58.	0.25	0.607
Nitrous oxide (N_2O)	309.6	72.4	97.4	0.274	0.160
Sulfur dioxide	430.8	78.8	122.	0.268	0.251
Sulfur trioxide	491.0	82.	130.	0.26	0.41
Water	647.3	220.5	56.	0.229	0.344



Data:
$S = 0$ for saturated liquid at 1
$H = 100$ Btu/lb at 0R and $p = 0$