

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1996/97

Oktober/November 1996

EKC 125/225 - Termodinamik Kejuruteraan Kimia

Masa: [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **LIMA (5)** mukasurat dan **LIMA (5)** lampiran bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

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

Bahagian A: Jawab **SEMUA** soalan.

Bahagian B: Jawab hanya **TIGA (3)** soalan.

Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

Maklumat:

$$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$$

$$= 82.06 \text{ cm}^3 \text{ atm mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$$

BAHAGIAN A: JAWAB SEMUA SOALAN

1. Satu mol gas mempunyai $C_v = \frac{3}{2}R$ mengembang secara berbalik dari 24.6 L dan 300 K kepada 49.2 L. Kirakan tekanan terakhir dan suhu terakhir jika pengembangan berlaku secara:

- [a] isoterma
- [b] adiabatik
- [c] Lakarkan kedua-dua proses ini di gambarajah P - V.

(Anggapkan gas itu bersifat unggul)

(10 markah)

2. [a] Satu mol gas yang mematuhi persamaan keadaan van der Waals melalui perubahan isipadu secara isoterma berbalik daripada V_1 kepada V_2 . Terbitkan persamaan untuk kerja, W.

(5 markah)

- [b] Gunakan keputusan 2[a] untuk mencari nilai W untuk 1.0 mol N_2 yang mengembang secara isoterma berbalik dari 0.4 L ke 0.8 L pada 300 K. Untuk N_2 , nilai $a = 1.35 \times 10^6 \text{ cm}^6 \text{ atm mol}^{-2}$ dan $b = 38.6 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$. (dalam persamaan van der Waals).

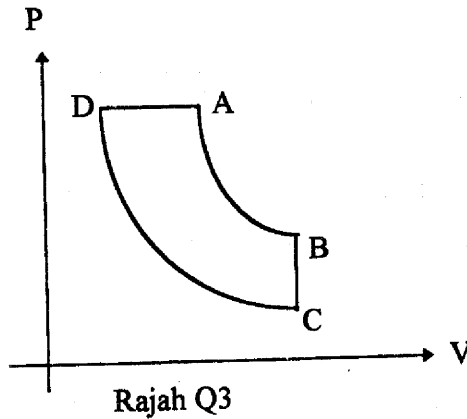
(5 markah)

- [c] Bandingkan keputusan 2[b] dengan keputusan yang didapati jika N_2 dianggap sebagai satu gas unggul.

(5 markah)

BAHAGIAN B: JAWAB TIGA SOALAN SAHAJA.

3.



- [a] Rajah Q3 menunjukkan gambarajah P - V untuk satu kitaran enjin. Nyatakan kitaran enjin ini dan terangkan proses-proses dalam langkah-langkah AB, BC, CD dan DA.

(5 markah)

- [b] Terbitkan kecekapan haba kitaran ini berhubung dengan nisbah pemampatan, r dan nisbah pengembangan, r_e .

(10 markah)

- [c] Tekanan dan suhu pada permulaan langkah pengembangan adalah 1 bar dan 20°C dan tekanan pada akhir langkah pengembangan adalah 5 bar. Anggapkan udara sebagai gas unggul dimana $C_p = \left(\frac{7}{2}\right)R$ dan $C_v = \left(\frac{5}{2}\right)R$, kirakan nilai r dan r_e .

Diberi:-

$$\begin{aligned} Q_{DA} &= 1500 \text{ Jmol}^{-1} \\ r &= V_C/V_D \\ r_e &= V_B/V_A \\ \gamma &= 1.4 \end{aligned}$$

(10 markah)

4. Untuk tindakbalas pemecahan,



penukaran propana pada keadaan keseimbangan boleh diabaikan pada 300K tetapi ia menjadi ketara pada suhu 500K ke atas.

- [a] Kirakan haba pembentukan piawai (ΔH_{298}°), tenaga pembentukan Gibbs piawai (ΔG_{298}°) dan pemalar keseimbangan, K pada 298K.

(4 markah)

- [b] Tentukan pecahan penukaran untuk propana pada 600K.

(8 markah)

- [c] Kirakan suhu di mana pecahan penukaran propana adalah 80 peratus.

Diberi:-

$$\text{Pemalar } J = 79,724$$

$$I = 5$$

(8 markah)

- [d] Apakah yang akan terjadi kepada pecahan penukaran propana jika suhu dinaikkan kepada 800K.

(5 markah)

5. [a] Berikan dua kenyataan yang paling penting mengenai hukum kedua termodinamik.

(5 markah)

- [b] Satu mol gas unggul dimampatkan secara isoterma tetapi tidak berbalik pada 127°C daripada 3 bar kepada 7 bar di dalam alat piston/silinder. Kerja yang diperlukan adalah 35% lebih besar dari kerja mampatan isoterma berbalik. Haba yang dipindahkan dari gas semasa pemampatan mengalir ke penakung haba pada 27°C . Kirakan

- [i] Perubahan entropi gas.

(7 markah)

- [ii] Haba yang diserap oleh penakung haba

(8 markah)

- [iii] ΔS_{total}

(5 markah)

6. Kadar pengaliran stim kepada turbin untuk pengeluaran berubah adalah dikawal oleh injap pendikit di saluran masuk. Stim dibekalkan ke injap pendikit pada 1650 kPa dan 230°C . Semasa ujian percubaan, tekanan pada saluran masuk ke turbin adalah 1100 kPa, stim yang dikeluarkan pada 7 kPa mempunyai kualiti 0.95, kadar pengaliran stim ialah 1 kg/s dan kuasa pengeluaran turbin ialah 400 kW.

Kirakan:

- [a] Apakah jumlah haba yang hilang dari pada turbin?

(13 markah)

- [b] Apakah pengeluaran kuasa jika stim yang dibekalkan ke injap pendikit dikembangkan secara seentropi ke tekanan terakhir?

(12 markah)

(Jadual stim dibekalkan).

LAMPIRAN

Heat capacities of gases in the ideal-gas state.

Constants for the equation $C_p^{ig}/R = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$ T(kelvins) from 298 K to T_{max}

Chemical species		T_{max}	A	10^3B	10^6C	$10^{-5}D$
Paraffins:						
Methane	CH ₄	1,500	1.702	9.081	-2.164	
Ethane	C ₂ H ₆	1,500	1.131	19.225	-5.561	
Propane	C ₃ H ₈	1,500	1.213	28.785	-8.824	
n-Butane	C ₄ H ₁₀	1,500	1.935	36.915	-11.402	
iso-Butane	C ₄ H ₁₀	1,500	1.677	37.853	-11.945	
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	1,500	2.464	45.351	-14.111	
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	1,500	3.025	53.722	-16.791	
n-Heptane	C ₇ H ₁₆	1,500	3.570	62.127	-19.486	
n-Octane	C ₈ H ₁₈	1,500	8.163	70.567	-22.208	
I-Alkenes:						
Ethylene	C ₂ H ₄	1,500	1.424	14.394	-4.392	
Propylene	C ₃ H ₆	1,500	1.637	22.706	-6.915	
1-Butene	C ₄ H ₈	1,500	1.967	31.630	-9.873	
1-Pentene	C ₅ H ₁₀	1,500	2.691	39.753	-12.447	
1-Hexene	C ₆ H ₁₂	1,500	3.220	48.189	-15.157	
1-Heptene	C ₇ H ₁₄	1,500	3.768	56.588	-17.847	
1-Octene	C ₈ H ₁₆	1,500	4.324	64.960	-20.521	
Miscellaneous organics:						
Acetaldehyde	C ₂ H ₄ O	1,000	1.693	17.978	-6.158	
Acetylene	C ₂ H ₂	1,500	6.132	1.952	.....	-1.299
Benzene	C ₆ H ₆	1,500	-0.206	39.064	-13.301	
1,3-Butadiene	C ₄ H ₆	1,500	2.734	26.786	-8.882	
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	1,500	-3.876	63.249	-20.928	
Ethanol	C ₂ H ₆ O	1,500	3.518	20.001	-6.002	
Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	1,500	1.124	55.380	-18.476	
Ethylene oxide	C ₂ H ₄ O	1,000	-0.385	23.463	-9.296	
Formaldehyde	CH ₂ O	1,500	2.264	7.022	-1.877	
Methanol	CH ₄ O	1,500	2.211	12.216	-3.450	
Toluene	C ₇ H ₈	1,500	0.290	47.052	-15.716	
Styrene	C ₈ H ₈	1,500	2.050	50.192	-16.662	
Miscellaneous inorganics						
Air		2,000	3.355	0.575	.....	-0.016
Ammonia	NH ₃	1,800	3.578	3.020	.....	-0.186
Bromine	Br ₂	3,000	4.493	0.056	.....	-0.154
Carbon monoxide	CO	2,500	3.376	0.557	.....	-0.031
Carbon dioxide	CO ₂	2,000	5.457	1.045	.....	-1.157
Carbon disulfide	CS ₂	1,800	6.311	0.805	.....	-0.906
Chlorine	Cl ₂	3,000	4.442	0.089	.....	-0.344
Hydrogen	H ₂	3,000	3.249	0.422	.....	0.083
Hydrogen sulfide	H ₂ S	2,300	3.931	1.490	.....	-0.232
Hydrogen chloride	HCl	2,000	3.156	0.623	.....	0.151
Hydrogen cyanide	HCN	2,500	4.736	1.359	.....	-0.725
Nitrogen	N ₂	2,000	3.280	0.593	.....	0.040
Dinitrogen oxide	N ₂ O	2,000	5.328	1.214	.....	-0.928
Nitric oxide	NO	2,000	3.387	0.629	.....	0.014
Nitrogen dioxide	NO ₂	2,000	4.982	1.195	.....	-0.792
Dinitrogen tetroxide	N ₂ O ₄	2,000	11.660	2.257	.....	-2.787
Oxygen	O ₂	2,000	3.639	0.506	.....	-0.227
Sulfur dioxide	SO ₂	2,000	5.699	0.801	.....	-1.015
Sulfur trioxide	SO ₃	2,000	8.060	1.056	.....	-2.028
Water	H ₂ O	2,000	3.470	1.450	.....	0.121

Standard heats of formation at 25°C

Joules per mole of substance formed

Chemical species		State	ΔH_{298}°
Paraffins:			
Methane	CH ₄	g	-74,520
Ethane	C ₂ H ₆	g	-83,820
Propane	C ₃ H ₈	g	-104,680
<i>n</i> -Butane	C ₄ H ₁₀	g	-125,790
<i>n</i> -Pentane	C ₅ H ₁₂	g	-146,760
<i>n</i> -Hexane	C ₆ H ₁₄	g	-166,920
<i>n</i> -Heptane	C ₇ H ₁₆	g	-187,780
<i>n</i> -Octane	C ₈ H ₁₈	g	-208,750
I-Alkenes:			
Ethylene	C ₂ H ₄	g	52,510
Propylene	C ₃ H ₆	g	19,710
I-Butene	C ₄ H ₈	g	-540
I-Pentene	C ₅ H ₁₀	g	-21,280
I-Hexene	C ₆ H ₁₂	g	-41,950
I-Heptene	C ₇ H ₁₄	g	-62,760
Miscellaneous organics:			
Acetaldehyde	C ₂ H ₄ O	g	-166,190
Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	l	-484,500
Acetylene	C ₂ H ₂	g	227,480
Benzene	C ₆ H ₆	g	82,930
Benzene	C ₆ H ₆	l	49,080
1,3-Butadiene	C ₄ H ₆	g	109,240
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	g	-123,140
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	l	-156,230
1,2-Ethanediol	C ₂ H ₆ O ₂	l	-454,800
Ethanol	C ₂ H ₆ O	g	-235,100
Ethanol	C ₂ H ₆ O	l	-277,690
Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	g	29,920
Ethylene oxide	C ₂ H ₄ O	g	-52,630
Formaldehyde	CH ₂ O	g	-108,570
Methanol	CH ₄ O	g	-200,660
Methanol	CH ₄ O	l	-238,660
Methylcyclohexane	C ₇ H ₁₄	g	-154,770
Methylcyclohexane	C ₇ H ₁₄	l	-190,160
Styrene	C ₈ H ₈	g	147,360
Toluene	C ₇ H ₈	g	50,170
Toluene	C ₇ H ₈	l	12,180

Standard Gibbs energies of formation at 298.15 K

(25°C)

Joules per mole of the substance formed

Chemical species	State (Note 2)	ΔG_f° ₂₉₈
Paraffins:		
Methane	g	-50,460
Ethane	g	-31,855
Propane	g	-24,290
<i>n</i> -Butane	g	-16,570
<i>n</i> -Pentane	g	-8,650
<i>n</i> -Hexane	g	150
<i>n</i> -Heptane	g	8,260
<i>n</i> -Octane	g	16,260
I-Alkenes:		
Ethylene	g	68,460
Propylene	g	62,205
I-Butene	g	70,340
I-Pentene	g	78,410
I-Hexene	g	86,830
Miscellaneous organics:		
Acetaldehyde	g	-128,860
Acetic acid	l	-389,900
Acetylene	g	209,970
Benzene	g	129,665
Benzene	l	124,520
1,3-Butadiene	g	149,795
Cyclohexane	g	31,920
Cyclohexane	l	26,850
1,2-Ethanedione	l	-323,080
Ethanol	g	-168,490
Ethanol	l	-174,780
Ethylbenzene	g	130,890
Ethylene oxide	g	-13,010
Formaldehyde	g	-102,530
Methanol	g	-161,960
Methanol	l	-166,270
Methylcyclohexane	g	27,480
Methylcyclohexane	l	20,560
Styrene	g	213,900
Toluene	g	122,050
Toluene	l	113,630

TABLE SUPERHEATED STEAM SI UNITS

ABS PRESS (SAT TEMP) KPA DEG C	SAT WATER	SAT STEAM	TEMPERATURE, DEG C (TEMPERATURE, K)	
			75	100
10 (45.83)	Y	1.010	16030	17190
	H	191.822	2479.7	2515.6
	S	0.6483	2640.0	2687.8
20 (60.09)	Y	1.017	16000	17180
	H	251.432	2478.4	2514.6
	S	0.8321	2638.8	2686.6
30 (69.12)	Y	1.022	15932	17170
	H	289.271	2477.1	2513.6
	S	0.9441	2636.8	2685.6
40 (76.89)	Y	1.027	15864	17160
	H	317.609	2476.0	2512.6
	S	1.0261	2635.9	2684.6
50 (81.35)	Y	1.030	15800	17150
	H	340.513	2475.0	2511.7
	S	1.0912	2635.0	2683.6
75 (91.79)	Y	1.037	15732	17140
	H	384.374	2474.0	2510.8
	S	1.2131	2634.0	2682.6
100 (99.63)	Y	1.043	15664	17130
	H	417.406	2473.0	2509.9
	S	1.3027	2633.0	2681.6

ABS PRESS (SAT TEMP) KPA DEG C	SAT WATER	SAT STEAM	TEMPERATURE, DEG C (TEMPERATURE, K)	
			125	150
10 (45.83)	Y	1.010	18350	19510
	H	191.822	2551.6	2588.0
	S	0.6483	2735.2	2783.1
20 (60.09)	Y	1.017	18320	19500
	H	251.432	2550.9	2587.4
	S	0.8321	2734.3	2782.3
30 (69.12)	Y	1.022	18252	19493
	H	289.271	2549.4	2586.8
	S	0.9441	2733.3	2781.6
40 (76.89)	Y	1.027	18184	19486
	H	317.609	2548.6	2586.2
	S	1.0261	2732.3	2780.7
50 (81.35)	Y	1.030	18120	19480
	H	340.513	2547.7	2585.6
	S	1.0912	2731.4	2779.8
75 (91.79)	Y	1.037	18052	19473
	H	384.374	2546.8	2585.0
	S	1.2131	2730.4	2778.9
100 (99.63)	Y	1.043	17984	19466
	H	417.406	2545.9	2584.4
	S	1.3027	2729.4	2778.0

ABS PRESS (SAT TEMP) KPA DEG C	SAT WATER	SAT STEAM	TEMPERATURE, DEG C (TEMPERATURE, K)	
			175	200
10 (45.83)	Y	1.010	20660	21820
	H	191.822	2624.5	2661.4
	S	0.6483	2831.2	2879.6
20 (60.09)	Y	1.017	20630	21810
	H	251.432	2623.8	2660.7
	S	0.8321	2830.5	2878.9
30 (69.12)	Y	1.022	20564	21800
	H	289.271	2623.1	2659.9
	S	0.9441	2829.8	2878.2
40 (76.89)	Y	1.027	20500	21793
	H	317.609	2622.4	2659.2
	S	1.0261	2828.9	2877.5
50 (81.35)	Y	1.030	20432	21786
	H	340.513	2621.7	2658.5
	S	1.0912	2828.0	2876.8
75 (91.79)	Y	1.037	20364	21779
	H	384.374	2621.0	2657.8
	S	1.2131	2827.1	2876.1
100 (99.63)	Y	1.043	20300	21772
	H	417.406	2620.3	2657.1
	S	1.3027	2826.2	2875.4

ABS PRESS (SAT TEMP) KPA DEG C	SAT WATER	SAT STEAM	TEMPERATURE, DEG C (TEMPERATURE, K)	
			225	250
10 (45.83)	Y	1.010	22980	24130
	H	191.822	2698.6	2735.1
	S	0.6483	2928.9	2977.4
20 (60.09)	Y	1.017	22950	24120
	H	251.432	2697.9	2734.4
	S	0.8321	2928.0	2976.7
30 (69.12)	Y	1.022	22884	24110
	H	289.271	2697.2	2733.7
	S	0.9441	2927.1	2976.0
40 (76.89)	Y	1.027	22820	24103
	H	317.609	2696.5	2733.0
	S	1.0261	2926.2	2975.3
50 (81.35)	Y	1.030	22752	24096
	H	340.513	2695.8	2732.3
	S	1.0912	2925.3	2974.6
75 (91.79)	Y	1.037	22684	24089
	H	384.374	2695.1	2731.6
	S	1.2131	2924.4	2973.9
100 (99.63)	Y	1.043	22620	24082
	H	417.406	2694.4	2730.9
	S	1.3027	2923.5	2973.2

TABLE SUPERHEATED STEAM SI UNITS

ABS PRESS (SAT TEMP) DEG C	SAT WATER	SAT STEAM	TEMPERATURE, DEG C (TEMPERATURE, K)											
			200 (473.15)	225 (498.15)	250 (523.15)	275 (548.15)	300 (573.15)	325 (598.15)	350 (623.15)	375 (648.15)				
1350 (193.35)	Y	1 146	145 74	148 79	159 70	169 96	179 79	189 33	198 66	207 85	216 93	226 5	235 4	
	U	820 944	2599 9	2603 9	2653 6	2700 1	2744 4	2787 4	2829 5	2871 1	2912 5	2954 4	2996 0	
	H	822 491	2786 6	2804 7	2869 2	2929 5	2987 7	3043 0	3097 7	3151 7	3206 4	3260 4	3314 0	
1400 (195.04)	Y	1 149	140 72	142 94	153 57	163 55	173 08	182 32	191 35	200 24	209 02	218 5	227 5	
	U	828 465	2590 8	2601 3	2651 7	2698 6	2743 2	2786 4	2828 6	2870 4	2911 9	2953 5	2995 1	
	H	830 074	2787 8	2801 4	2866 7	2927 6	2985 5	3041 5	3096 5	3150 7	3204 5	3258 5	3312 3	
1450 (196.69)	Y	1 151	136 04	137 48	147 86	157 57	166 83	175 79	184 54	193 15	201 65	210 3	218 8	
	U	835 791	2591 6	2598 7	2649 7	2697 1	2742 0	2785 4	2827 8	2869 7	2911 3	2953 6	2995 6	
	H	837 460	2788 9	2798 1	2864 1	2925 5	2983 3	3040 3	3095 4	3149 7	3203 5	3257 5	3311 3	
1500 (198.29)	Y	1 154	131 66	132 38	142 53	151 99	161 00	169 70	178 19	186 53	194 77	203 0	211 5	
	U	842 933	2592 4	2596 1	2647 7	2695 5	2740 8	2784 4	2826 9	2868 9	2910 6	2952 8	2994 8	
	H	844 653	2789 9	2794 7	2861 5	2923 5	2982 3	3038 9	3094 2	3148 7	3202 8	3256 8	3310 6	
1550 (199.85)	Y	1 156	127 55	127 61	137 54	146 77	155 54	164 00	172 25	180 34	188 33	196 5	204 5	
	U	849 901	2593 2	2593 5	2645 8	2694 0	2739 5	2783 4	2826 1	2868 2	2910 0	2951 9	2993 3	
	H	851 694	2790 8	2791 5	2858 9	2921 5	2980 6	3037 6	3093 1	3147 7	3201 9	3255 9	3309 3	
1600 (201.37)	Y	1 159	123 69	132 85	141 87	150 42	158 86	166 68	174 54	182 30	190 30	198 3	206 3	
	U	856 707	2593 8	2643 7	2692 4	2738 3	2782 4	2825 2	2867 5	2909 3	2950 3	2991 0	3031 0	
	H	858 561	2791 7	2856 3	2919 4	2978 0	3036 2	3093 9	3146 7	3198 5	3250 1	3301 0	3352 0	
1650 (202.86)	Y	1 161	120 05	128 45	137 27	145 61	153 64	161 44	169 09	176 63	184 30	192 0	199 6	
	U	863 359	2594 5	2641 7	2690 9	2737 1	2781 3	2824 4	2866 7	2908 7	2949 7	2990 1	3030 1	
	H	865 275	2792 6	2853 6	2919 4	2977 3	3034 8	3091 8	3145 8	3197 7	3249 1	3300 1	3351 1	
1700 (204.31)	Y	1 163	116 62	124 31	132 94	141 09	148 91	156 51	163 96	171 30	178 63	186 0	193 30	
	U	869 866	2595 1	2639 6	2689 3	2738 8	2783 0	2825 8	2867 5	2908 7	2949 0	2989 0	3029 0	
	H	871 643	2793 4	2851 0	2915 3	2975 8	3033 2	3090 2	3144 7	3196 7	3247 2	3297 2	3347 2	