

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 1993/94

April 1994

**IQK 204/3 - TERMODINAMIK KEJURUTERAAN KIMIA**

Masa : [3 jam]

-----  
Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN (9) mukasurat (termasuk lampiran) yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan. Semua soalan mesti dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Semua soalan membawa markah yang sama.

Anda dibenar menggunakan Steam Table dan rajah Mollier.

1. (a) Dengan mengenakan Hukum Pertama Termodinamik kepada satu sistem tertutup yang mengalami perubahan keadaan (change of state), tunjukkan bahawa "tenaga dalaman" (internal energy) sistem ini merupakan salah satu sifatnya.

(20 markah)

- (b) Tuliskan satu persamaan umum bagi aliran tenaga tak mantap (unsteady energy flow) melalui satu sistem dan tunjukkan bahawa persamaan ini sah juga digunakan bagi satu sistem yang tertutup.

(35 markah)

- (c) Satu campuran udara dan wap gasoline (gasoline vapour), dalam nisbah 14:1 mengikut jisim, memasuki sebuah enjin gasoline pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan meninggalkan enjin ini sebagai hasil pembakaran (combustion products) pada suhu  $790^{\circ}\text{C}$ . Enjin ini menggunakan bahan api pada kadar  $0.3 \text{ kg/kW hr}$ . Kadar pemindahan haba daripada campuran udara-bahanapi kepada air pendingin di jaket dan kepada persekitaran ialah  $35 \text{ kW}$ . Kuasa aci yang dikeluarkan oleh enjin ialah  $26 \text{ kW}$ . Kirakan peningkatan dalam enthalpi spesifik (specific enthalpy) bagi campuran udara-bahanapi, dengan andaian bahawa perubahan dalam tenaga kinetik dan ketinggian (elevation) boleh diabaikan.

(45 markah)

2. (a) Sebutkan kenyataan Clausius bagi Hukum Kedua Termodinamik.

(15 markah)

- (b) Buktikan bahawa koefisien prestasi (coefficient of performance, COP) sebuah penyejuk boleh diterbalikkan (reversible refrigerator) yang beroperasi di antara dua suhu tertentu adalah maksimum.

(35 markah)

- (c) Dua enjin Carnot A dan B disambung bersiri di antara dua takungan termal (thermal reservoir) yang masing-masing dikekalkan pada suhu  $1000^{\circ}\text{K}$  dan  $100^{\circ}\text{K}$ . Enjin A menerima  $1680\text{kJ}$  haba dari takungan suhu tinggi dan menyingkirkan haba kepada enjin Carnot B. Enjin B menerima haba yang disingkirkan oleh enjin A dan menyingkirkan haba kepada takungan suhu rendah. Jika kedua-dua enjin A dan B mempunyai kecekapan termal yang sama, tentukan:

- (i) haba yang disingkirkan oleh enjin B,
- (ii) suhu di mana haba disingkirkan oleh enjin A, dan
- (iii) kerja yang dilakukan oleh enjin A dan enjin B masing-masing dalam proses ini.

(50 markah)

3. (a) Huraikan Ketaksamaan Clausius dengan merujuk kepada prinsip peningkatan entropi dalam sesuatu sistem.

(20 markah)

- (b) Dua jasad yang serupa yang mempunyai muatan haba malar berada pada suhu asal yang sama  $T_i$ . Sebuah penyejuk (refrigerator) beroperasi di antara kedua-dua jasad ini sehingga salah satu jasad ini didinginkan ke suhu  $T_2$ . Jika kedua-dua jasad kekal pada tekanan malar dan tidak mengalami apa-apa perubahan fasa, tunjukkan bahawa kerja minimum yang diperlukan untuk tujuan ini ialah

$$W_{\min} = C_p \left[ \frac{T_i^2}{T_2} + T_2 - 2T_i \right]$$

(55 markah)

- (c) Dua kg air pada suhu  $80^\circ\text{C}$  dicampur secara adiabatik dengan 3 kg air pada  $30^\circ\text{C}$  dalam satu proses tekanan malar pada 1 atmosfera. Cari peningkatan dalam nilai entropi bagi jumlah jisim air ini disebabkan oleh campuran tadi.

(25 markah)

4. (a) Huraikan mengapa "dry ice" wujud dalam bentuk fasa pepejal pada keadaan atmosferik biasa.

(15 markah)

4. (b) Huraikan prinsip "separating and throttling calorimeter" dengan bantuan rajah skematik dan rajah h-s.

(50 markah)

- (c) Wap (steam) pada keadaan asal 0.3 MPa, 250°C didinginkan pada isipadu malar

(i) Pada suhu apakah wap (steam) ini akan menjadi wap tepu (saturated vapour)?

(ii) Apakah kualiti wap pada 80°C?

(35 markah)

5. (a) Sebutkan persamaan Clausius-Clapeyron dan tunjukkan bagaimana persamaan ini boleh digunakan untuk mencari haba terpendam sublimasi (latent heat of sublimation) dengan bantuan graf Log p melawan 1/T bagi sebarang bahan.

(40 markah)

- (b) 0.5 kg udara dimampatkan secara boleh diterbalikkan dan secara adiabatik (compressed reversibly and adiabatically) daripada 80 kPa, 60°C kepada 0.4 MPa, dan kemudian dikembangkan pada tekanan malar kembali ke isipadunya yang asal. Lakarkan proses-proses ini di atas satah p - v dan satah T-s. Kira pemindahan haba dan pemindahan kerja bagi keseluruhan laluan ini.

(60 markah)

6. (a) Takrifkan kadar wap (steam rate) seperti yang diaplikasikan kepada kitar kuasa wap (vapour power cycle).

(15 markah)

- (b) Huraikan kelebihan memanaskan semula (reheating) dalam kitar Rankine (Rankine cycle).

(20 markah)

- (c) Sebuah tarbin wap (steam turbine) mendapat bekalan wap pada 70 bar dan  $450^{\circ}\text{C}$ . Setelah mengembang kepada 25 bar dalam peringkat-peringkat tekanan tinggi, ia dipanaskan semula kepada  $420^{\circ}\text{C}$  pada tekanan malar. Kemudian ia dikembangkan dalam peringkat tekanan perantaraan (intermediate pressure stage) kepada tekanan minimum yang sesuai supaya bahagian wap yang dikeluarkan (bled) pada tekanan ini memanaskan air suapan (feed water) kepada suhu  $180^{\circ}\text{C}$ . Wap baki yang tinggal mengembang daripada tekanan ini kepada tekanan kondenser 0.075 bar dalam satu peringkat tekanan rendah. Kecekapan isentropik peringkat tekanan tinggi ialah 78.5% sementara kecekapan isentropik bagi peringkat tekanan perantaraan dan peringkat tekanan rendah adalah 83% tiap-tiap satu. Dari data ini

6. (c) (i) tentukan kecekapan kitar (cycle efficiency).  
Abaikan kerja pam.

(ii) Lukis satu rajah garis (line diagram) kilang ini dan rajah T-S.

(65 markah)

7. (a) Tunjukkan kitar stirling di atas rajah Suhu-Entropy (T.S. diagram) dan rajah tekanan-isipadu (p-V diagram). Tunjukkan bahawa kecekapan enjin stirling adalah sama dengan kecekapan enjin Carnot.

(40 markah)

(b) Dalam sebuah kilang tarbin gas (gas turbine plant) yang berdasarkan kitar Brayton, udara pada masukan (inlet) ialah pada  $27^{\circ}\text{C}$ , 0.1 MPa. Nisbah tekanan ialah 6.25 dan suhu maksimum ialah  $800^{\circ}\text{C}$ . Kecekapan tarbin dan pemampat adalah 80% tiap-tiap satu. Cari

(i) kerja pemampat bagi setiap kg udara

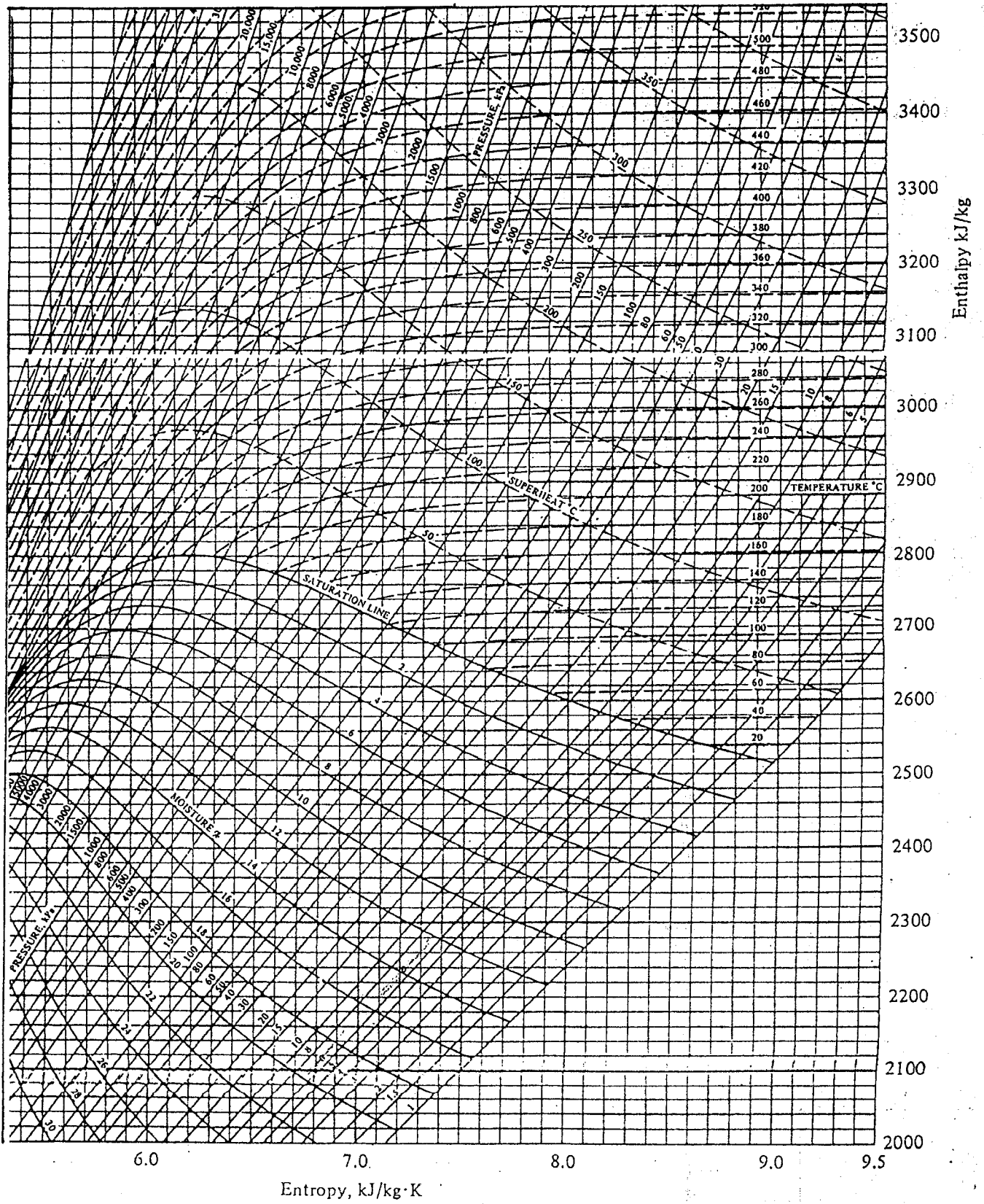
(ii) kerja tarbin bagi setiap kg udara

(iii) haba yang dibekalkan bagi setiap kg udara

(iv) kecekapan kitar (cycle efficiency)

(60 markah)

ooooo00000ooooo



MOLLIER DIAGRAM FOR STEAM



1. JADUAL UNTUK AIR TEPU DAN STIM TEPU

$t(^{\circ}\text{C})$	$p$ (MPa)	$v_f$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$v_g$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg-K)	$s_g$ (kJ/kg-K)	
80	0.0474	1.029	3.407	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	7.6122
120	0.19853	1.060	0.8919	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	7.1296
125	0.2321	1.065	0.7706	524.99	2188.5	2713.5	1.5813	7.0775
40.29	0.0075	1.008	19.24	168.79	2406.0	2574.8	0.5764	8.2515
133.5	0.3	1.073	0.6058	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919
180.0	1.0	1.127	0.1944	762.0	2015.3	2778.1	2.1387	6.5865
223.99	2.5	1.197	0.07998	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575
285.88	7.0	1.351	0.02737	1267.00	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133

2. JADUAL UNTUK STIM PANAS LAMPAU

$t$	$p = 0.3 \text{ MPa } (t_{\text{sat}} = 133.55^{\circ}\text{C})$		
	$v$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	$h$ (kJ/kg)	$s$ (kJ/kg-K)
$t = 250^{\circ}\text{C}$	0.7964	2967.6	7.5166