

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1994/95

April 1995

IQK 204/3 - TERMODINAMIK KEJURUTERAAN KIMIA

Masa : [3 jam]

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi TIGABELAS (13) mukasurat (termasuk Lampiran) yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan. Sekurang-kurangnya satu (1) soalan mesti dijawab di dalam Bahasa Malaysia. Soalan-soalan lain boleh dijawab sama ada di dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

Semua soalan mengandungi "nilai" yang sama. Gunakan Jadual Wap dan gambarajah pendingin.

1. (a) Dengan menggunakan Hukum Pertama Termodinamik, tunjukkan bahawa 'Tenaga Dalaman' ialah ciri suatu sistem.

Using First Law of Thermodynamics, show that the "Internal Energy" is a property of the system.

(20 markah)

- (b) Terangkan kenapa ceruh garisan adiabatik lebih curam daripada ceruh garisan sesuhu pada mana-mana titik di gambarajah Suhu-Entropi.

Explain why the slope of an adiabatic line is steeper than the slope of an isothermal line at any point on the Temperature-Entropy diagram.

(30 markah)

- (c) Suatu turbin udara membentuk sebahagian daripada loji penyejukan pesawat udara. Tekanan udara 295 kPa dan suhu 58°C mengalir secara mantap ke dalam turbin dengan halaju 45 m/s. Udara keluar dari turbin dengan tekanan 115 kPa dan halaju 150 m/s. Penghantaran kerja aci oleh turbin ialah 54 kJ/kg udara. Abaikan perubahan penaikan, tentukan magnitud dan tanda pemindahan haba per unit jisim udara yang mengalir melalui turbin. Juga kirakan indek politropik 'n' semasa pengembangan. Ambil $C_p = 1.005$ kJ/kg, $p v = 0.287 T$, dan $h = C_p \cdot t$ bagi udara.

An air turbine forms part of aircraft refrigeration plant. Air at a pressure of 295 kPa and temperature of 58°C steadily flows into the turbine with a velocity of 45 m/s. The air leaves the turbine at a pressure of 115 kPa and velocity of 150 m/s. The shaft work delivered by the turbine is 54 kJ/kg of air. Neglecting the changes in elevation, determine the magnitude and sign of heat transfer per unit mass of air flowing through the turbine. Also calculate the polytropic index 'n' during the expansion. Take $C_p = 1.005$ kJ/kg, $p v = 0.287 T$, and $h = C_p \cdot t$ for air.

(50 markah)

2. (a) Nyatakan Hukum Ketiga Termodinamik Nernst-Simon. Bermula dari konsep skala suhu Kelvin. Buktikan kenyataan di atas.

State Nernst-Simon's Third Law of Thermodynamics. Starting from the concept of Kelvin temperature scale, prove the above statement.

(40 markah)

- (b) Di dalam aplikasi penyaman udara pada musim sejuk, suatu dandang menghasilkan haba dengan suhu malar 200°C , digunakan untuk memanaskan sebuah rumah. Suhu rumah itu dikekalkan pada 25°C . Suhu udara di luar rumah ialah 5°C . Suatu enjin haba boleh balik beroperasi antara suhu dandang dan suhu rumah supaya haba yang ditolak oleh enjin digunakan bagi memanaskan rumah. Juga suatu pam haba boleh balik digunakan bagi mengepam haba dari luar ke dalam rumah. Tenaga yang diperlukan oleh pam diterbitkan sepenuhnya daripada enjin haba boleh balik. Jika keperluan pemanasan bagi rumah itu ialah 10 kW, tentukan keupayaan dandang tersebut. Apakah penjimatan tenaga yang disebabkan oleh pemanasan secara tidak langsung?

In a winter air conditioning application, a boiler producing heat at a constant temperature 200°C , is used for heating a house. The temperature of the house is to be maintained at 25°C . The out door temperature of air is 5°C . A reversible heat engine is operated between the boiler temperature and the house temperature so that the heat rejected by the engine is used to heat the house. Also a reversible heat pump is used to pump heat from out door to the house. The energy required for the pump is fully derived from the above reversible heat engine. If the heating requirement for the house is 10 kW, determine the capacity of the boiler. What is the energy saving due to indirect heating?

(60 markah)

3. (a) Terangkan konsep penambahan entropi bagi suatu proses dan suatu kitar.

Explain the concept of increase of entropy for a process and a cycle.

(20 markah)

- (b) Tunjukkan bahawa kerja maksimum yang didapati dari dua jasad serbasama terhingga pada suhu-suhu T_1 dan T_2 ialah

$$W_{\max} = C_p \sqrt{(T_1 - T_2)^2}$$

C_p ialah keupayaan haba jasad-jasad tersebut.

Show that the maximum work obtainable from two identical finite bodies at temperatures T_1 and T_2 is

$$W_{\max} = C_p \sqrt{(T_1 - T_2)^2}$$

where C_p is the heat capacity of the bodies.

(30 markah)

- (c) Suatu bilik dengan dinding-dinding tegar mengandungi suatu gas yang mempunyai haba tentu $C_p = 1.968$ dan $C_v = 1.507$ kJ/kg-K. Isipadu bilik tersebut ialah 0.3m^3 dan mengandungi 2 kg gas pada 5°C . Haba dipindahkan kepada gas sehingga suhu ialah 200°C . Cari kerja yang dilakukan, pemindahan haba dan perubahan-perubahan tenaga dalaman, entalpi dan entropi.

A chamber with rigid walls containing a gas which has a specific heat $C_p = 1.968$ and $C_v = 1.507$ kJ/kg-K. The volume of the chamber is 0.3m^3 and contains 2 kg of gas at 5°C . Heat is transferred to the gas until the temperature is 200°C . Find the work done, the heat transferred and changes in internal energy, enthalpy and entropy.

(50 markah)

4. (a) Terangkan pengertian Titik genting dan Titik Ganda Tiga bagi suatu bahan tulen.

Explain the significance of Critical point and Triple point for a pure substance.

(20 markah)

- (b) Tunjukkan bahawa bagi suatu bahan tulen, cerun suatu garis tekanan malar pada gambarajah Mollier adalah sama dengan suhu mutlak.

Show that for a pure substance, the slope of a constant pressure line on a Mollier diagram is equal to the absolute temperature.

(20 markah)

- (c) Stim pada 8 bar, 250°C , dipendikit kepada 5 bar sebelum mengembang di dalam suatu enjin kepada tekanan 0.1 bar, 0.9 kering. Tentukan stim per kg:

- (i) suhu jatuh semasa melalui injap pendikit
- (ii) keluaran kerja bagi enjin
- (iii) perubahan entropi disebabkan oleh pendikitan
- (iv) perubahan entropi sewaktu melalui enjin.

Steam at 8 bar, 250°C, is throttled to 5 bar before expanding in an engine to pressure of 0.1 bar, 0.9 dry.

Determine per kg of steam:

- (i) *the temperature drop in passing through throttle valve*
- (ii) *the work output of the engine*
- (iii) *the entropy change due to throttling*
- (iv) *the entropy change while passing through the engine.*

(60 markah)

5. (a) Terangkan istilah-istilah 'Pekali Joule Kelvin' dan 'Suhu Penyongsangan' bagi gas.

Explain the terms 'Joule Kelvin Coefficient' and 'Inversion Temperature' for a gas.

(20 markah)

- (b) Tunjukkan bahawa bagi suatu gas unggul, cerun garisan isipadu malar pada gambarajah T-S adalah lebih daripada garisan tekanan malar pada mana-mana titik.

Show that for an ideal gas, the slope of a constant volume line on the T-S diagram is more than that of a constant pressure line at any point.

(30 markah)

- (c) Udara yang mempunyai jisim 0.5 kg, pada 25°C mulanya, dipanaskan kebolehbalikan dengan tekanan malar sehingga isipadu menjadi dua kali ganda, dan dipanaskan kebolehbalikan seterusnya pada isipadu malar sehingga tekanan berganda. Untuk jumlah laluan, cari pindahan kerja, pindahan suhu dan perubahan entropi.

Air having a mass of 0.5 kg, initially at 25°C is heated reversibly at constant pressure until the volume is doubled, and is then further heated reversibly at constant volume until the pressure is doubled. For the total path, find the work transfer, the heat transfer, and the change in entropy.

(50 markah)

6. (a) Terangkan prinsip kerja sebuah sistem "Peti Sejuk Mampatan Wap" mudah dengan bantuan gambarajah-gambarajah P-h dan T-S. Tunjukkan kuantiti-kuantiti kerja dan haba di dalam gambarajah ini dan bandingkan ia dengan sebuah peti sejuk Carnot dengan keadaan-keadaan yang sama.

Explain the principle of working of a simple 'Vapour Compression Refrigeration' System with the help of P-h and T-S diagrams. Show the work and heat quantities on this diagram and compare it with that of a Carnot refrigerator for the same conditions.

(40 markah)

(b) Sebuah sistem bahan pendingin mampatan wap 12 beroperasi pada suhu pemeluwap 40°C dan suhu penyejat -5°C membentuk 15 ton penyejukan. Andaikan suatu subdingin 5°C bagi cecair dan pemanasan lampau 10°C bagi wap. Dengan menggunakan gambarajah P-h bagi R-12, tentukan:

- (i) kadar alir jisim bagi edaran bahan pendingin
- (ii) kuasa secara teori yang diperlukan bagi memacu pemampat
- (iii) jumlah haba dikeluarkan di dalam pemeluwap
- (iv) pekali sebenar prestasi kitar tersebut

A refrigerant 12 vapour compression system operating at a condenser temperature of 40°C and an evaporator temperature of -5°C develops 15 tons of refrigeration. Assume a sub-cooling of 5°C for liquid and superheating of 10°C for vapour. Using P-h diagram for R-12, determine:

- (i) The mass flow rate of refrigerant circulated

- (ii) *The theoretical power required for driving the compressor*
- (iii) *Total heat rejected in the condenser*
- (iv) *Actual Coefficient of performance of the cycle.*

(60 markah)

7. (a) Tunjukkan kitar Brayton bagi perjanaan kuasa bagi pemanasan semula dan saling penyejukan pada gambarajah-gambarajah T-S dan p-V.

Show a Brayton Cycle for power generation with reheating and intercooling, on T-S and p-V diagrams.

(15 markah)

- (b) Dapatkan suatu ungkapan bagi kecekapan (η) kitar Brayton sebagai fungsi nisbah tekanan (r_p) dan indeks adiabatik (γ).

Obtain an expression for the efficiency (η) of a Brayton Cycle as a function of pressure ratio (r_p) and adiabatic index (γ).

(25 markah)

- (c) Di dalam sebuah turbin gas, udara pada 15° dimampatkan dari 1.01 bar dengan nisbah tekanan 6, setelah dipanaskan pada suhu 750°C kemudiannya ia dikembangkan pada tekanan atmosfera. Kirakan kitar kecekapan dan nisbah kerja. Andaikan seperti berikut:

Kecekapan isentropic pemampat	0.80
Kecekapan isentropic turbin	0.85
C_p bagi udara	1.005 kJ/kg-K
C_p bagi gas selepas pembakaran	1.130 kJ/kg-K
Kehilangan tekanan dalam bilik pembakaran	0.14 bar

In a gas turbine, air at 15°C is compressed from 1.01 bar through a pressure ratio of 6, after which it is heated to a temperature of 750°C. It is then expanded to atmospheric pressure. Calculate the cycle efficiency and work ratio. Assume the following:

<i>Isentropic efficiency of the compressor</i>	<i>0.80</i>
<i>Isentropic efficiency of the turbine</i>	<i>0.85</i>
<i>C_p for air</i>	<i>1.005 kJ/kg-K</i>
<i>C_p for gas after combustion</i>	<i>1.130 kJ/kg-K</i>
<i>Pressure loss in combustion chamber</i>	<i>0.14 bar</i>

(60 markah)

LAMPIRANi. Jadual untuk stim tepu

Tekanan p(kPa)	Suhu t(°C)	Enthalpi		Entropi	
		h_f	h_g	s_f	s_g
10	45.81	191.83	2392.8	0.6493	8.15

ii. Jadual untuk stim panas lampau

t°C	v(m ³ /kg)	h(kJ/kg)	s(kJ/kg-K)
<u>p = 0.5 MPa</u>			
200	0.4249	2855.4	7.0592
250	0.4744	2960.7	7.2709
<u>p = 0.8 MPa</u>			
sat	0.2404	2769.1	6.6628
250	0.2931	2950.0	7.0284

