

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1994/95

April 1995

EKC 231 - UNIT OPERASI II

Masa: [3 Jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH** (10) muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas ini mengandungi **TUJUH** (7) soalan.

Jawab mana-mana **LIMA** (5) soalan.

Soalan No. 7 **MESTI** dijawab dalam Bahasa Malaysia. Anda dibolehkan menjawab soalan-soalan lain dalam Bahasa Inggeris.

Soalan terjemahan Bahasa Inggeris ditaip dalam bentuk tulisan **Italic**.

..2/-

1. [a] Terbitkan persamaan untuk pemindahan haba melalui radiasi di antara dua jasad kelabu.

Derive the expression for heat transfer by radiation between two gray bodies.

(5 markah)

- [b] Tukarkan hubungan di atas untuk pemindahan haba melalui radiasi di antara dua jasad hitam (jasad kedua dilitupi oleh jasad pertama).

Transform the above relationship for heat transfer by radiation between two blackbodies (second one is completely enclosed by the first one).

(5 markah)

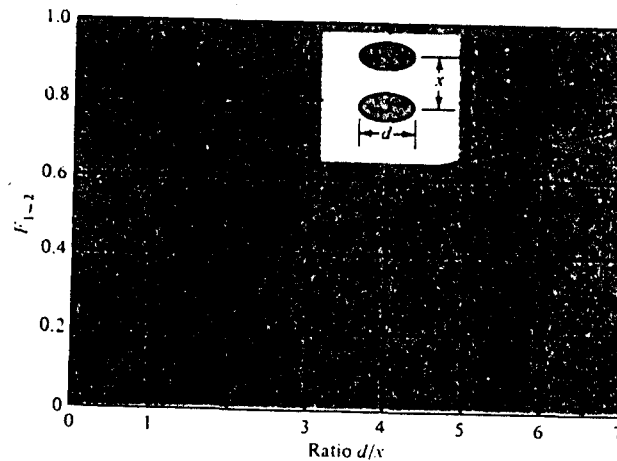
- [c] Dua buah cakera selari berukuran 1 m garispusat dijarakkan 0.5m diantara satu sama lain. Sebuah cakera bersuhu 1000°K dan sebuah lagi pada 500°K. Keberpancaran cakera pertama ialah 0.5 dan cakera kedua ialah 0.6. Cakera-cakera tersebut diletakkan dalam sebuah bilik yang luas dengan dinding yang bersuhu 303°K. Cakera-cakera tersebut saling bertukar haba diantara satu sama lain dan juga dengan bilik tersebut.

Two parallel disc 1 m dia spaced 0.5 m apart. One disc is maintained at 1000 K and the other one at 500 K. The emissivities of the disc are 0.5 and 0.6 respectively. The discs are located in a large room, the walls of which are maintained at 303 K. The disc exchange heat with each other and with the room.

- [i] Lukiskan rangkaian pertukaran haba yang berlaku.
Draw the heat exchange network
- [ii] Terbitkan persamaan nod untuk pemindahan haba tersebut.
Derive the node equations for heat transfer
- [iii] Berapakah jumlah haba yang diterima oleh bilik tersebut melalui proses radiasi yang berlaku.
The total heat received by the room by radiation

(10 markah)

..3/-



Rajah 1 [Figure 1]

2. [a] Tunjukkan pemindahan jisim untuk sistem penduaan.
Show that for binary mass transfer

$$D_{AB} \frac{dC_A}{dZ} = -D_{BA} \frac{dC_B}{dZ}$$

(5 markah)

- [b] Bermula daripada persamaan fluks jisim
Starting from mass flux equation

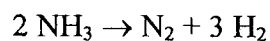
$$N_A = (N_A + N_B) \frac{C_A}{C} - \frac{D_{AB}}{C} \frac{dC_A}{dZ}$$

Tunjukkan untuk sistem gas bagi resapan A melalui B yang tidak meresap.
Show that for gaseous system for diffusion of A through nondiffusing B is given by:

$$N_A = K_G (\bar{P}_{A1} - \bar{P}_{A2})$$

(5 markah)

- [c] Ammonia dihuraikan di atas satu mangkin pejal seperti berikut:-
Ammonia is being cracked on a solid catalyst according to the reaction



..4/-

Pada satu bahagian dalam alat tersebut, dimana tekanan 1 atm dan suhu 200°C, analisa gas ialah 33.33% NH₃ (A), 16.67% N₂(B) dan 50.00% H₂ (C). NH₃ meresap daripada aliran gas ke permukaan mangkin dan hasil tindakbalas diresap semula (penyerapan molikul) menembusi lapisan gas di dalam aliran laminar 1 mm tebal. Anggarkan kadar penguraian setempat kg NH₃/(m².s), dengan mengandaikan kepekatan NH₃ dipermukaan mangkin ialah sifar. Kemerresapan efektif NH₃ dengan gas-gas lain boleh diambil sebagai 4.0 x 10⁻⁵ m²/s. Pemalar gas, R = 8314 N.m/(kmol.K).

At one place in the apparatus, where the pressure is 1 atm and the temperature 200°C, the analysis of the bulk gas is 33.33% NH₃ (A), 16.67% N₂(B) and 50.00% H₂ (C) by volume. The circumstances are such that NH₃ diffuses from the bulk-gas stream to the catalyst surface, and the products of the reaction diffuse back, as if by molecular diffusion through a gas film in laminar flow 1 mm thick. Estimate the local rate of cracking, kg NH₃/(m².s), assuming the concentration of NH₃ at the catalyst surface equal to zero. Effective diffusivity for NH₃ with other gases may be taken as 4.0 x 10⁻⁵ m²/s. Gas constant, R = 8314 N.m/(kmol.K)

(10 markah)

3. Satu campuran cecair mengandungi 50 mol% n-heptana (A) dan 50 mol% n-oktana (B) pada suhu 30°C di sejut kilat secara berterusan pada 1 atm tekanan untuk mengewapkan 60% daripada suapan. Data keseimbangan seperti yang berikut:

A liquid mixture containing 50 mol% n-heptane (A) and 50 mol% n-octane (B), at 30°C, is to be continuously flash-vaporized at 1 std atm pressure to vaporize 60 mol % of the feed. The following equilibrium data are available:

T°C	P _A , mm Hg	P _B , mm Hg
98.4	760	333
105	940	417
110	1050	484
115	1200	561
120	1350	650
125.6	1540	760

..5/-

Gunakan Hukum Raoult's untuk mengira x dan y^*
*Use Raoult's law to calculate x and y^**

$$X = \frac{P_t - P_B}{P_A - P_B}; y^* = \frac{P_A x}{P_t}$$

- [a] Lukiskan lengkung keseimbangan.
Draw the equilibrium curve (5 markah)
- [b] Tentukan kandungan wap dan cecair
Determine the composition of vapor and liquid (5 markah)
- [c] Tentukan suhu di dalam pemisah
Determine the temperature in the separator (5 markah)
- [d] Terangkan bagaimana pengiraan kilat boleh digunakan untuk sistem berbilang komponen.
Explain how the flash calculation can be extended for multicomponent system (5 markah)
4. Satu turus penapisan berterusan direka untuk memisahkan 30000 kg/hr satu campuran yang terdiri daripada 60% toluena dan 40% benzena ke dalam satu hasil atas yang mengandungi 97% benzena dan hasil bawah dengan kandungan 98% toluena. Peratusan tersebut dikira mengikut berat. Nisbah refluks 3.5 mol kepada 1 mol hasil digunakan. Molal haba pendam bagi benzena dan toluena adalah 7360 dan 7960 cal/g-mol. Benzena dan toluena membentuk satu sistem yang unggul dengan kemaruapan nisbi 2.5. Suapan mempunyai takat didih 95°C pada tekanan 1 atm.
- A continuous fractionating column is to be designed to separate 30000 kg/hr of a mixture of 60% toluene and 40% benzene into an overhead product containing 97% benzene and a bottom product containing 98% toluene. These percentages are by weight. A reflux ratio of 3.5 mol to 1 mol of product is to be used. The molal latent heats of benzene and toluene are 7360 and 7960 cal/g-mol, respectively. Benzene and toluene form an ideal system with a relative volatility of 2.5. The feed has a boiling point of 95°C at a pressure of 1 atm.*

..6/-

- [a] Kirakan bilangan plat dan kedudukan plat suap jika suapan adalah cecair pada takat didihnya.

Calculate the number of ideal plates and the position of the feed plate if the feed is liquid and at its boiling point.

(10 markah)

- [b] Jika stim pada 137.8 kPa digunakan untuk memanaskan, berapa banyak stim diperlukan sejam dengan andaian refluks ialah cecair tepu.

If steam at 137.8 kPa gauge is used for heating, how much steam is required per hour, assuming the reflux is a saturated liquid?

(5 markah)

- [c] Jika air sejuk masuk ke dalam pemeluwapan pada suhu 25°C dan keluar pada suhu 40°C, berapa banyak air diperlukan, di dalam meter padu sejam untuk pemeluwapan.

If cooling water enters the condenser at 25°C and leaves at 40°C, how much cooling water is required, in cubic meters per hour?

Gunakan $y^* = \frac{\alpha x}{1 + x(\alpha - 1)}$ untuk hasilkan data keseimbangan.

Berat molikul Benzena: 78

Berat molikul Toluena: 92

Haba pendam molal bagi benzena dan toluena adalah 7360 cal/g-mol dan 7960 cal/g-mol.

Haba daripada 1 gm stim pada 137.8 kPa ialah 522 cal/g.

Use $y^* = \frac{\alpha x}{1 + x(\alpha - 1)}$ to generate equilibrium data

The molecular weight of Benzene: 78

The molecular weight of Toluene: 92

The molal latent heats of benzene and toluene are 7360 and 7960 cal/g-mol

The heat from 1 gm of steam at 137.8 kPa gauge is 522 cal/g.

(5 markah)

..7/-

5. Benzena dipisahkan daripada satu gas dengan menggunakan minyak sebagai bahan penyerap. Benzena akan dihasilkan semula dari minyak tersebut dengan menggunakan stim. Keadaan yang berlaku adalah seperti berikut:-

A coal gas is to be freed of its benzene by scrubbing with wash oil as an absorbent and the benzene recovered by stripping the solution with steam. The circumstances are as follows:

Penyerap: Gas masuk, $0.250 \text{ m}^3/\text{s}$ pada 26°C , $P_t = 1.07 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ mengandungi 2% isipadu wap benzena. 95% pemindahan benzena diperlukan. Minyak akan masuk pada suhu 26°C , mengandungi 0.005 mol benzena dan purata mol wt. 260. Kadar edaran minyak $1.787 \times 10^3 \text{ kmol/s}$. Larutan minyak-benzena adalah ideal. Suhu ditetapkan pada 26°C .

Absorber: *Gas in, $0.250 \text{ m}^3/\text{s}$ at 26°C , $P_t = 1.07 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ containing 2% by volume of benzene vapor. A 95% removal of benzene is required. The wash oil is to enter at 26°C , containing 0.005 mole fraction benzene, and has an average mol wt. 260. An oil circulation rate of $1.787 \times 10^3 \text{ kmol/s}$ is to be used. Wash oil-benzene solutions are ideal. The temperature will be constant at 26°C .*

Pelucut: Larutan daripada penyerap dipanaskan pada 122°C dan masuk ke dalam pelucut pada tekanan 1 atm. Pelucut stim kepada takat tekanan atmosfera dan suhu 122°C . Kadar stim digunakan ialah $6.79 \times 10^4 \text{ kmol/s}$. Minyak yang tidak mempunyai benzena (0.005 pecahan mol benzena) disejukkan dan dihantar semula ke penyerap.

Stripper: *The solution from the absorber is to be heated to 122°C and will enter the stripper at 1 atm pressure. Stripping steam will be at standard atmospheric pressure, superheated to 122°C . A steam rate of $6.79 \times 10^4 \text{ kmol/s}$ is used. The debenzonized oil 0.005 mole fraction benzene is cooled and returned to the absorber.*

- [a] Kirakan secara teori bilangan tray yang diperlukan oleh penyerap (untuk aliran bertentangan).

Compute the number of theoretical trays required for the absorber (counter current).

(10 markah)

- [b] Kirakan secara teori bilangan tray yang diperlukan oleh pelucut.

Compute the number of theoretical trays required for the stripper

(10 markah)

Gunakan Hukum Raoult's untuk hasilkan lengkung seimbang bagi kedua-dua penyerap dan pelucut.

Use Raoult's law to generate equilibrium curves both for absorber and stripper.

$$\bar{P}^* = P_x \quad ; \quad y^* = \frac{\bar{P}^*}{P_t}$$

Andaikan fasa gas bertindak secara unggul.

Tekanan wap benzena pada suhu 26°C = 13330 N/m².

Tekanan wap benzena pada suhu 122°C = 319.9 kN/m²

Assume the gas phases behave ideally.

Vapor pressure of benzene at 26°C = 13330 N/m²

Vapor pressure of benzene at 122°C = 319.9 kN/m²

6. 8000 kg/h asid asitik (C) di dalam larutan air (A) mengandungi 30% asid, campuran ini dipisahkan dengan menggunakan isopropyl ether (B) untuk mengurangkan kepekatan asid kepada 2%. Data-data berikut diberikan:

If 8000 kg/h of an acetic acid (C) -water (A) solution, containing 30% acid, is to be countercurrently extracted with isopropyl ether (B) to reduce the acid concentration to 2% in the solvent-free raffinate product. The following equilibrium data are available.

..9/-

Water Layer			Isopropyl ether layer		
wt % acetic acid, 100x	Water	Isopropyl ether	Acetic acid 100y*	Water	Isopropyl ether
0.69	98.1	1.2	0.18	0.5	99.3
1.41	97.1	1.5	0.37	0.7	98.9
2.89	95.5	1.6	0.79	0.8	98.4
6.42	91.7	1.9	1.93	1.0	97.1
13.30	84.4	2.3	4.82	1.9	93.3
25.50	71.1	3.4	11.40	3.9	84.7
36.70	58.9	4.4	21.60	6.9	71.5
44.30	45.1	10.6	31.10	10.8	58.1
46.40	37.1	16.5	36.20	15.1	48.7

- [a] Lukiskan data-data kesimbangan tersebut di atas satu segitiga sama dengan asid asitik dipuncak tiga segi tersebut.

Draw the equilibrium data on an equilateral triangle with acetic acid at the apex of the triangle.

(5 markah)

- [b] Tentukan bilangan peringkat jika 20000 kg/h daripada bahan larut digunakan

Determine the number of theoretical stages if 20000 kg/h of solvent is used.

(15 markah)

7. Satu larutan akues mengandungi pepejal bernilai, diwarnakan oleh kotoran. Bahan kotoran tersebut dikeluarkan dengan cara penjerapan carbon yang menyerap sejumlah pepejal. Data-data keseimbangan diberikan seperti berikut:-

An aqueous solution containing a valuable solute is colored by small amounts of an impurity. The impurity is to be removed by adsorption on a decolorizing carbon which adsorbs only insignificant amounts of the principal solute. The following equilibrium data are available:

..10/-

kg carbon/kg soln.	0	0.001	0.004	0.008	0.02	0.04
Equilibrium color	9.6	8.1	6.3	4.3	1.7	0.7

Kepekatan warna diukur pada skala rambang, berkadar terus dengan kepekatan bahan pewarna, warna perlu dikurangkan kepada 10% daripada isipadu asas, 9.6. Tentukan kuantiti karbon segar yang diperlukan bagi setiap 1000 kg larutan.

The color intensity was measured on an arbitrary scale, proportional to the concentration of the colored substance. It is desired to reduce the color to 10% its original volume, 9.6.

Determine the quantity of fresh carbon required per 1000 kg of solution.

- [a] bagi operasi satu peringkat
for a single-stage operation (10 markah)
- [b] bagi operasi aliran berlawanan dua peringkat
for a two-stage counter current operation (10 markah)

Persamaan Freundlich diberikan seperti berikut:
The Freundlich equation for this case is given by:

$$Y^* = 8.91 \times 10^{-5} X^{1.66}$$

Dimana Y^* = warna kesimbangan unit/kg.soln.
 X = kepekatan bahan yang dijerap

Where Y^* = equilibrium color units/kg.soln.
 X = adsorbate concentration units/kg - carbon

ooo0ooo