

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2005/2006

April/Mei 2006

**EKC 215 – Pemindahan Jisim**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak dan SATU muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

**Arahan:** Jawab EMPAT (4) soalan. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

Pelajar boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, pelajar hendaklah menjawab sekurang-kurangnya SATU soalan dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. Suatu turus pemindahan jisim digunakan untuk menyingkirkan  $\text{SO}_2$  di dalam fasa gas ke air. Pada suatu titik di dalam turus, gas tersebut mengandungi 10%  $\text{SO}_2$  (mengikut isipadu). Gas ini menyentuh 0.4% (peratusan berat  $\text{SO}_2$ ) di dalam air. Suhu dan tekanan operasi adalah  $50^\circ\text{C}$  dan 760 mm Hg. Pekali pemindahan jisim keseluruhan berdasarkan fasa gas adalah  $7.36 \times 10^{-5} \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$  (bar). Pekali pemindahan jisim saput cecair  $k_c$  adalah 0.75 kali pekali pemindahan jisim saput gas.

Data keseimbangan bagi  $\text{O}_2$  pada  $50^\circ\text{C}$  adalah:

kg $\text{SO}_2$ /100 kg air	0.2	0.3	0.5	0.7
Tekanan separa $\text{SO}_2$ mmHg	29	44.1	71.5	102.1

Andaikan : Berat atom : S = 32, O = 16, H = 1

Ketumpatan air pada  $50^\circ\text{C} = 988 \text{ kg/m}^3$

1 bar = 760 mmHg

Anggarkan:

- [a] Nilai pemalar Henry [3 markah]
- [b] Pekali pemindahan jisim keseluruhan bagi fasa cecair. [3 markah]
- [c] Pekali pemindahan jisim saput cecair [3 markah]
- [d] Pekali pemindahan jisim saput gas [3 markah]
- [e] Kepekatan  $\text{SO}_2$  di antara muka (sebelah cecair) [4 markah]
- [f] Tekanan separa  $\text{SO}_2$  di antara muka (sebelah gas) [4 markah]
- [g] Kadar pemindahan jisim dalam  $\text{kmol/s.m}^2$  [5 markah]

...3/-

1. A mass transfer column is used to remove  $\text{SO}_2$  in a gas phase to water. At a given point of the column, the gas contained 10% by volume of  $\text{SO}_2$  which was in contact with 0.4% (percentage by weight of  $\text{SO}_2$ ) in water. The operating temperature and pressure were  $50^\circ\text{C}$  and 760 mm Hg. The overall mass transfer coefficient based on the gas phase was  $7.36 \times 10^{-5} \text{ kmol/m}^2\cdot\text{s (bar)}$ . The liquid film mass transfer coefficient  $k_c$  is 0.75 times the gas film mass transfer coefficient.

Equilibrium data for  $\text{O}_2$  at  $50^\circ\text{C}$  are:

kg $\text{SO}_2/100$ kg water	0.2	0.3	0.5	0.7
Partial pressure of $\text{SO}_2$ mmHg	29	44.1	71.5	102.1

Assume: Atomic weights : S = 32, O = 16, H = 1

Density of water at  $50^\circ\text{C} = 988 \text{ kg/m}^3$

1 bar = 760 mmHg

Estimate:

- [a] The value of Henry's constant [3 marks]
- [b] The overall liquid phase mass transfer coefficient. [3 marks]
- [c] Liquid film mass transfer coefficient [3 marks]
- [d] Gas film mass transfer coefficient [3 marks]
- [e] Concentration of  $\text{SO}_2$  at the interface (liquid side) [4 marks]
- [f] Partial pressure of  $\text{SO}_2$  at the interface (gas side) [4 marks]
- [g] The rate of mass transfer in  $\text{kmoles/s.m}^2$  [5 marks]
- ...4/-

2. [a] Suatu minyak hidrokarbon yang tak meruap mengandungi 4.0% mol propana dan sedang melalui proses perlucutan dengan stim lampau panas di dalam turus plat perlucutan bagi mengurangkan kandungan propana kepada 0.2% mol. Suhu di dalam turus ditetapkan malar pada 422 K pada tekanan  $2.026 \times 10^5$  Pa dengan sistem pemanasan dalaman. Sejumlah 11.42 kg mol stim tulen digunakan bagi 300 kg mol jumlah cecair yang masuk. Data keseimbangan wap-cecair boleh diwakili oleh  $y = 25x$ , di mana  $y$  adalah pecahan mol propana di dalam stim dan  $x$  adalah pecahan mol propana di dalam minyak. Stim boleh dianggap sebagai gas lengai dan tidak akan memeluwap.

- [i] Plot garis keseimbangan dan operasi.  
[ii] Tentukan bilangan plat teoritikal yang diperlukan.

[13 markah]

- [b] Dalam bentuk peratus, anggarkan perubahan (peningkatan atau pengurangan) kadar penyerapan apabila jumlah tekanan ditingkatkan daripada 100 kepada  $200 \text{ kN/m}^2$  dalam situasi berikut:

- [i] Penyerapan ammonia daripada campuran ammonia dan udara yang mengandungi 10% (isipadu) ammonia dengan menggunakan air tulen sebagai pelarut. Anggap bahawa rintangan kepada pemindahan jisim berada dalam fasa gas.

[6 markah]

- [ii] Situasi yang sama dalam soalan 2 [b] [i], tetapi larutan penyerap mengenakan tekanan separa ammonia sebanyak  $5 \text{ kN/m}^2$ . Kemerapan boleh dianggap berkadaran songsang dengan tekanan mutlak.

[6 markah]

2. [a] *A relatively nonvolatile hydrocarbon oil contains 4.0 mol% propane and is being stripped by direct superheated steam in a stripping tray tower to reduce the propane content to 0.2 mol%. The temperature is held constant at 422 K by internal heating in the tower at  $2.026 \times 10^5$  Pa pressure. A total of 11.42 kg mol of pure steam is used for 300 kg mol of total entering liquid. The vapor-liquid equilibria can be represented by  $y = 25x$ , where  $y$  is mole fraction propane in the steam and  $x$  is mole fraction propane in oil. Steam can be considered as inert gas and will not condense.*

- [i] *Plot the operating and equilibrium lines*  
[ii] *Determine the number of theoretical trays required.*

[13 marks]

...5/-

[b] *In terms of percentage, estimate the changes (increase or decrease) in the rate of absorption by increasing the total pressure from 100 to 200 kN/m<sup>2</sup> in the following cases.*

[i] *The absorption of ammonia from a mixture of ammonia and air containing 10% of ammonia by volume, using pure water as solvent. Assume that all the resistance to mass transfer lies within the gas phase.*

[6 marks]

[ii] *The same conditions as in 2 [b] [i] but the absorbing solution exerts a partial vapour pressure of ammonia of 5 kN/m<sup>2</sup>. The diffusivity can be assumed to be inversely proportional to the absolute pressure.*

[6 marks]

3. [a] Terangkan penggunaan garisan-q di dalam penyulingan campuran binari.

[2 markah]

[b] Suatu turus penyulingan dulang digunakan untuk menyuling campuran air/metanol yang mengandungi 0.25 pecahan mol metanol. Campuran tersebut disuap pada suatu dulang di dalam turus. Cecair dan wap yang meninggalkan dulang suapan didapati mempunyai pecahan mol cecair dan wap sebanyak 0.15 dan 0.4. Pecahan mol metanol di dalam pengulang didih adalah 0.05.

Anggarkan:

[i] Bilangan plat teoritik di bahagian perlucutan turus.

[5 markah]

[ii] Bilangan plat teoritik di bahagian pembetulan turus.

[5 markah]

[iii] Nilai q suapan.

[5 markah]

[iv] Nisbah refluks yang digunakan.

[5 markah]

Jika suapan dengan komposisi yang sama dibekalkan sebagai cecair mendidih, anggarkan nisbah refluks jika komposisi produk atas adalah sama seperti tadi.

[Equilibrium Data is Provided]

[3 markah]

...6/-

3. [a] Explain the use of q-line in distillation of binary mixtures.

[2 marks]

[b] A tray distillation column is used to distil a mixture of water/methanol having 0.25 mole fraction of methanol. The mixture is introduced at a tray in the column. The liquid and vapour leaving the feed tray is found to have liquid and vapour mole fractions of 0.15 and 0.4, respectively. The mole fraction of methanol in the reboiler is 0.05.

Estimate:

[i] The theoretical number of plates in the stripping section of the column.

[5 marks]

[ii] The theoretical number of plates in the rectifying section of the column.

[5 marks]

[iii] The q value of the feed.

[5 marks]

[iv] The reflux ratio used.

[5 marks]

If the feed of the same composition is supplied as a boiling liquid, estimate the reflux ratio if the composition of the top product is the same as earlier.

**[Equilibrium Data is Provided]**

[3 marks]

4. [a] Larutan air 1000 kg/jam yang mempunyai 1.5 % berat komponen A di dalam air sedang melalui proses perlucutan dengan aliran minyak tanah 2000 kg/jam yang mengandung 0.05 % berat komponen A di dalam turus berperingkat berlawanan arus. Air yang keluar hanya boleh mengandungi 10% daripada komponen A asal, iaitu 90% disingkirkan. Air dan minyak tanah boleh dianggap tak boleh campur antara satu sama lain. Dengan menggunakan data keseimbangan yang diberikan di bawah, kirakan bilangan peringkat teoritikal yang diperlukan.

Pecahan berat komponen A di dalam larutan air (x)	Pecahan berat komponen A di dalam minyak tanah (y)
0.00101	0.000806
0.00246	0.001959
0.005	0.00454
0.00746	0.00682
0.00988	0.00904
0.0202	0.0185

[10 markah]

...7/-

[b] Minyak akan disarikan daripada 'hazelnut' dengan menggunakan eter di dalam proses penyarian berlawanan arus. Didapati bahawa bagi setiap 1 kg 'hazelnut' yang kontang, 0.4 kg larutan akan tersimpan. Dalam sistem panyarian tersebut, suapan bagi setiap peringkat adalah 100 kg, berasaskan 'hazelnut' yang kontang. 'Hazelnut' yang belum bertindak balas mengandungi 0.043 kg minyak per 1 kg bahan yang kontang. Perolehan 65% minyak adalah dikehendaki. Sari akhir haruslah mengandungi 0.65 kg minyak per kg sari. Eter yang disuapkan kepada sistem adalah bebas daripada minyak. Kirakan:

- [i] Jumlah eter yang diperlukan bagi setiap suapan 'hazelnut'.
- [ii] Bilangan peringkat yang diperlukan menggunakan kaedah gambarajah segitiga bersudut tepat.

[15 markah]

4. [a] *A water solution of 1000 kg/h containing 1.5 wt% component A in water is stripped with kerosene stream of 2000 kg/h containing 0.05 wt% component A in a countercurrent stage tower. The exit water is to contain only 10% of the original component A, that is 90% is removed. The water and kerosene are essentially immiscible in each other. Using the equilibrium data given below, calculate the number of theoretical stages needed.*

<i>Weight fraction of component A in the water solution (x)</i>	<i>Weight fraction of component A in the kerosene (y)</i>
0.00101	0.000806
0.00246	0.001959
0.005	0.00454
0.00746	0.00682
0.00988	0.00904
0.0202	0.0185

[10 marks]

[b] *Oil is to be extracted from hazelnut by means of ether in a countercurrent extraction battery. It was found that for every 1 kg of exhausted hazelnut, 0.4 kg of solution will be retained. In the extraction battery, the charge per stage is to be 100 kg, based on completely exhausted hazelnut. The un-reacted hazelnut contains 0.043 kg of oil per 1 kg of exhausted material. A 65% recovery of the oil is desired. The final extract is to contain 0.65 kg of oil per kg of extract. The ether fed to the system is oil-free. Calculate:*

- [i] *The amount of ether required per charge of hazelnut.*
- [ii] *The number of stages required using the right-angled triangular diagram.*

[15 marks]

...8/-

5. [a] Apakah campuran azeotropi? Terangkan.

[3 markah]

[b] Dengan menggunakan analogi Reynolds, anggarkan kadar perlarutan glukosa dari sebuah sfera glukosa bergaris pusat 0.45 sm yang diletakkan di dalam arus air tawar yang mengalir pada 0.32 m/s dan 30°C.

Diberi  $Nu = 2.0 + 0.6.Re^{0.5}.Pr^{0.33}$  bagi sebuah sfera

Kemerresapan glukosa di dalam air pada 30°C =  $0.72 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

Ketumpatan air pada 30°C =  $1000 \text{ kg/m}^3$

Kelikatan air pada 30°C =  $1 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$

Kepekatan glukosa di dalam air pada permukaan sfera =  $1500 \text{ kg/m}^3$

[10 markah]

[c] Aceton sedang melalui proses penyerapan oleh air di dalam turus terpadat yang mempunyai luas keratan-rintas  $0.186 \text{ m}^2$  pada 293 K dan 1 atm. Udara yang masuk mengandungi 2.6 mol % aseton dan udara yang keluar mengandungi 0.5 mol % aseton. Airan gas adalah 13.65 kg mol udara lengai/jam. Aliran air tulen yang masuk adalah 45.36 kg mol air/jam. Pekali saput bagi aliran di dalam turus adalah  $k'_{ya} = 3.78 \times 10^{-2} \text{ kg mol/s.m}^3$ . pecahan mol dan  $k'_{xa} = 6.16 \times 10^{-2} \text{ kg mol/s.m}^3$ . pecahan mol. Data keseimbangan diberikan di bawah.

[i] Kirakan ketinggian turus dengan menggunakan  $k'_{ya}$ . (Pekali pemindahan jisim saput).

[ii] Sekiranya ketinggian turus dikira dengan menggunakan  $k'_{xa}$ , anggarkan nilai yang anda akan perolehi. Komen jawapan anda.

Data keseimbangan Aseton-Air pada 20°C

Pecahan mol aseton dalam cecair ( $x_A$ )	Tekanan separa aseton dalam wap ( $p_A$ , mmHg)
0	0
0.0333	30.0
0.0720	62.8
0.117	85.4
0.171	103

[12 markah]

...9/-



5. [a] What is an azeotropic mixture? Explain.

[3 marks]

[b] Using Reynold's analogy, estimate the rate of dissolution of glucose from a glucose sphere of 0.45 cm diameter placed in a stream of fresh water flowing at 0.32 m/s at 30°C.

Given for a sphere  $Nu = 2.0 + 0.6.Re^{0.5}.Pr^{0.33}$

Diffusivity of glucose in water at 30°C =  $0.72 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

Density of water at 30°C =  $1000 \text{ kg/m}^3$

Viscosity of water at 30°C =  $1 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$

Concentration of glucose in water at the surface of the sphere =  $1500 \text{ kg/m}^3$

[10 marks]

[c] Acetone is being absorbed by water in a packed tower having a cross-sectional area of  $0.186 \text{ m}^2$  at 293 K and 1 atm. The inlet air contains 2.6 mol % acetone and airoutlet contains 0.5 mol % acetone. The gas flow is 13.65 kg mol inert air/h. The pure water inlet flow is 45.36 kg mol water/h. Film coefficients for the given flows in the tower are  $k'_y a = 3.78 \times 10^{-2} \text{ kg mol/s.m}^3$ . mol fraction and  $k'_x a = 6.16 \times 10^{-2} \text{ kg mol/s.m}^3$ .mol fraction. Equilibrium data are given below.

[i] Calculate the tower height using  $k'_y a$ . (Film mass transfer coefficient).

[ii] If the tower height was calculated using  $k'_x a$ , estimate the value you expected to obtain. Comment on your answer.

Equilibrium Data for Acetone-Water at 20°C

Mole fraction Acetone in Liquid ( $x_A$ )	Partial Pressure of Acetone in Vapor ( $p_A$ , mmHg)
0	0
0.0333	30.0
0.0720	62.8
0.117	85.4
0.171	103

[12 marks]

Lampiran

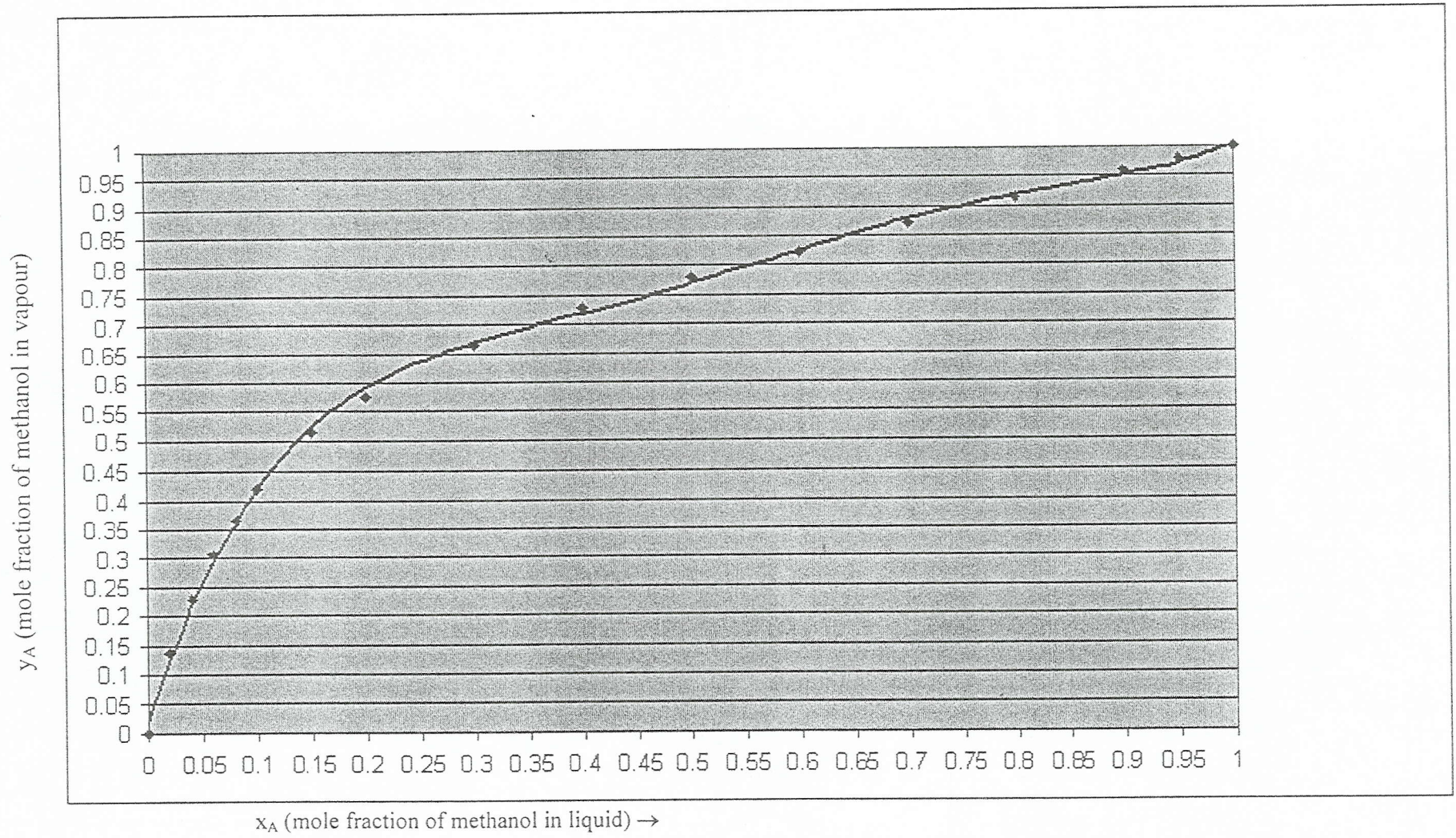


Figure Q. 3 : The Equilibrium Diagram