
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2004/2005

Mac 2005

EKC 215 – Pemindahan Jisim

Masa : 3 jam

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

Arahan: Kertas soalan ini mempunyai **LIMA (5)** soalan. Jawab mana-mana **EMPAT (4)** soalan.

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.

Jawab mana-mana EMPAT soalan.

Answer any FOUR questions.

1. [a] Bagi satu sistem perduaan yang mengandungi komponen A & B, tunjukkan bahawa jumlah fluks molar bagi komponen A (dengan mengambil kira kesan resapan dan olakan) boleh diwakili oleh persamaan berikut:

$$N_A = -cD_{AB} \frac{dx_A}{dz} + \frac{c_A}{c} (N_A + N_B)$$

Nota: Takrifkan semua simbol yang digunakan dalam terbitan persamaan tersebut.

[10 markah]

- [b] Satu mangkuk yang terbuka, dengan garispusat 0.3 m, mengandungi air pada suhu 350 K yang sedang menyejat ke dalam atmosfera. Sekiranya kekuatan arus udara adalah memadai untuk menyingkirkan wap air sebaik sahaja ia dibentuk dan sekiranya rintangan kepada pemindahan jisim bagi proses penyejatan tersebut adalah setara dengan lapisan 1 mm dalam resapan molekul,

- [i] Kira kadar penyejatan wap air.

[10 markah]

- [ii] Seandainya air di dalam mangkuk tersebut dikacau dengan sebatan kuantiti air di dalam mangkuk tersebut adalah 10 kg, kira kadar penyejukan yang disebabkan oleh penyejatan wap air tersebut.

[5 markah]

Data yang diberi:

Kemeresapan wap air di dalam udara = 0.20 cm²/s

Haba pendam pengewapan = 2,318 kJ/kg

Muatan haba air = 4.187 kJ/kg.K

[Tekanan wap bagi air diberikan di Lampiran]

1. [a] For a binary system consisting of component A & B, show that the total molar flux of component A (taking into account the diffusion and convection effect) can be represented by :

$$N_A = -cD_{AB} \frac{dx_A}{dz} + \frac{c_A}{c} (N_A + N_B)$$

NOTE : Define all symbols used in your derivation.

[10 marks]

...3/-

[b] An open bowl, 0.3 m in diameter, contains water at 350 K evaporating into the atmosphere. If the air currents are sufficiently strong to remove the water vapor as it is formed and if the resistance to its mass transfer in air is equivalent to that of a 1 mm layer for conditions of molecular diffusion,

[i] Calculate the rate of evaporation of the water vapor.

[10 marks]

[ii] Considering that the water in the bowl is well mixed and the amount of water in the bowl is 10 kg, calculate the rate of cooling due to the evaporation of water vapor.

[5 marks]

Given data :

Diffusivity of water vapor in air = 0.20 cm²/s

Latent heat of vaporization = 2,318 kJ/kg

Specific heat of water = 4.187 kJ/kg.K

[Vapor Pressure of water given in Appendix]

2. [a] Berikan DUA kelebihan dan DUA kelemahan penyarian pelarut berbanding penyulingan.

[4 markah]

[b] Satu salur masuk larutan air 100 kg/jam mengandungi 0.010 pecahan berat nikotin dalam air akan dilucutkan dengan menggunakan satu aliran minyak tanah 200 kg/jam yang mengandungi 0.0005 pecahan berat nikotin di dalam turus berperingkat berlawanan arus. Air dan minyak tanah adalah tak boleh campur di antara satu sama yang lain. Tujuan proses ini adalah untuk mengurangkan kepekatan salur keluar air kepada 0.001 pecahan berat nikotin. Data keseimbangan adalah diberikan seperti di bawah.

Pecahan berat nikotin di dalam larutan air (x)	Pecahan berat nikotin 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

[i] Plotkan data keseimbangan dan tentukan bilangan peringkat secara teori yang diperlukan secara graf.

[12 markah]

[ii] Dengan menggunakan persamaan Kremser, tentukan bilangan peringkat secara teori yang diperlukan dan komen jawapan anda berbanding dengan jawapan yang didapati dalam soalan 2 [b] [i].

[9 markah]

2. [a] Give TWO advantages and TWO disadvantages of solvent extraction as compared to distillation.

[4 marks]

[b] An inlet water solution of 100 kg/h containing 0.010 wt fraction nicotine in water is stripped with a kerosene stream of 200 kg/h containing 0.0005 wt fraction nicotine in a countercurrent-stage tower. The water and kerosene are essentially immiscible in each other. It is desired to reduce the concentration of the exit water to 0.001 wt fraction nicotine. The equilibrium data are given below.

Weight fraction of nicotine in the water solution (x)	Weight fraction of nicotine in the kerosene (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

[i] Plot the equilibrium data and graphically determine the number of the theoretical stages required.

[12 marks]

[ii] Using the Kremser equation, determine the number of the theoretical stages required and comment on the answer as compared to the answer obtained in question 2 [b] [i].

[9 marks]

3. [a] Bijih kuprum yang mengandungi kuprum dalam bentuk CuSO_4 hendak disarikan di dalam penyarian berperingkat berlawanan arus. Setiap jam, satu suapan yang mengandungi 10 tan pepejal lengai, 1.2 tan kuprum sulfat dan 0.5 tan air hendak diproses. Komposisi larutan pekat yang dihasilkan haruslah mengandungi 90% H_2O dan 10% CuSO_4 pecahan berat. Perolehan CuSO_4 haruslah 98% daripada jumlah yang terdapat di dalam bijih. Air tulen akan digunakan sebagai pelarut baru. Selepas setiap peringkat, 1 tan pepejal lengai akan menahan 2 tan air dan juga kuprum sulfat yang larut di dalam air tersebut. Keseimbangan dicapai di dalam setiap peringkat. Dengan menggunakan kaedah pengiraan, kirakan bilangan peringkat yang diperlukan. [Asaskan pengiraan kamu berdasarkan pada 10 tan pepejal lengai]

[12 markah]

- [b] Aliran gas daripada sebuah reaktor kimia mengandungi 25 % mol ammonia dan selebihnya gas lengai. Aliran berjumlah 181.4 kgmol/j memasuki turus penyerapan pada 303 K dan tekanan 1.013×10^5 Pa, di mana air yang mengandungi 0.005 pecahan mol ammonia digunakan sebagai cecair pelarut. Kepekatan gas keluaran adalah 2 % mol ammonia. Apakah aliran cecair pelarut minima (L_{smin}) yang mungkin? Dengan menggunakan 1.5 kali kadar aliran cecair minima, cari kepekatan ammonia di dalam aliran cecair yang keluar dari turus. **[Data keseimbangan diberi di Lampiran]**
- [13 markah]
3. [a] *Roasted copper ore containing the copper as $CuSO_4$ is to be extracted in a countercurrent stage extractor. Each hour a charge consisting of 10 tons of inert solids, 1.2 tons of copper sulfate, and 0.5 ton of water is to be treated. The strong solution produced is to consist of 90% H_2O and 10% $CuSO_4$ by weight. The recovery of $CuSO_4$ is to be 98% of that in the ore. Pure water is to be used as the fresh solvent. After each stage, 1 ton of inert solids retains 2 tons of water plus the copper sulfate dissolved in that water. Equilibrium is attained in each stage. Using the calculation method and on the basis of 10 tons inert solid, determine the number of stages required.*
- [12 marks]
- [b] *A gas stream from a chemical reactor contains 25 mol % ammonia and the rest inert gases. The total flow of 181.4 kgmol/h enters the absorption tower at 303 K and 1.013×10^5 Pa pressure, where water containing 0.005 mol fraction ammonia is the scrubbing liquid. The outlet gas concentration is to be 2 mol % ammonia. What is the minimum scrubbing liquid flow (L_{smin}) possible? Using 1.5 times the minimum liquid flow rate, find the concentration of ammonia in the liquid stream leaving the tower.*
[Equilibrium data provided in Appendix]
- [13 marks]
4. [a] Bagi penyerapan cecair-gas di dalam turus terpadat, tulis nota ringkas bagi yang berikut:-
- [i] Pemanjiran
 - [ii] HETP
 - [iii] Faktor Penyerapan
- [6 markah]
- [b] Sebuah turus penyerapan terpadat digunakan untuk mengurangkan kepekatan ammonia dari 4 %mol ke 0.5 %mol pada 293 K dan 1.103×10^5 Pa. Aliran masuk air tulen adalah 68 kgmol/j dan jumlah aliran masuk gas ialah 57.8 kg mol/j. Garis pusat turus ialah 0.747 m. Pekali pemindahan jisim sapat adalah $k'_y a = 0.0739$ kg mol/s m^3 . pecahan mol dan $k'_x a = 0.169$ kg mol/s m^3 . pecahan mol. Kira ketinggian turus menggunakan $k'_y a$ dengan kaedah rekabentuk untuk campuran gas cair. **[Data keseimbangan diberi di Lampiran]**
- [19 markah]

4. [a] *In gas-liquid absorption in packed column, write a short note of the following:-*

[i] *Flooding*

[ii] *HETP*

[iii] *Absorption Factor*

[6 marks]

[b] *A packed absorption tower is utilized to reduce the ammonia concentration from 4 mol % to 0.5 mol % at 293 K and 1.103×10^5 Pa. The inlet pure water flow is 68 kgmol/h and the total inlet gas flow is 57.8 kg mol/h. The tower diameter is 0.747 m. The film mass transfer coefficients are $k'_y a = 0.0739$ kg mol/s m^3 .mol frac and $k'_x a = 0.169$ kg mol/s m^3 .mol frac. Calculate the tower height using $k'_y a$ using the design method for dilute gas mixtures. [Equilibrium data is provided in Appendix]*

[19 marks]

5. [a] *Tulis nota ringkas bagi*

[i] *Kecekapan dulang keseluruhan*

[ii] *Kecekapan dulang Muphree*

[5 markah]

[b] *Suapan berjumlah 200 mol/j yang terdiri daripada 42% mol heptana dan 58% mol etil benzena perlu melalui pemeringkatan pada tekanan 101.3 kPa untuk menghasilkan sulingan dengan 97% mol heptana dan hasil bawah dengan 1.1% mol heptana. Suapan memasuki turus pada keadaan separa terwap di mana cecair membentuk sebanyak 40% mol dan wap 60% mol. Kira yang berikut,*

[i] *mol per jam sulingan dan hasil bawahan.*

[ii] *nisbah refluks minima, R_m*

[iii] *bilangan dulang teori yang diperlukan untuk refluks penuh.*

[iv] *bilangan dulang teori yang diperlukan untuk pengendalian nisbah refluks $2 \frac{1}{2} : 1$*

[Data Keseimbangan diberi di Lampiran]

[20 markah]

...7/-

5. [a] Write a short note on

[i] Overall tray efficiency

[ii] Murphree tray efficiency

[5 marks]

[b] A total feed of 200 mol/h having an overall composition of 42 mol % heptane and 58 mol % ethyl benzene is to be fractionated at 101.3 kPa pressure to give a distillate containing 97 mol % heptane and bottoms containing 1.1 mol % heptane. The feed enters the tower partially vaporized so that 40 mol % is liquid and 60 mol % vapor. Calculate the following.

[i] moles per hour of distillate and bottoms.

[ii] minimum reflux ratio, R_m

[iii] number of theoretical trays required at total reflux

[iv] number of theoretical trays required for an operating reflux ratio of $2 \frac{1}{2} : 1$

[Equilibrium data is provided in Appendix]

[20 marks]

Lampiran

VAPOR PRESSURE OF WATER

Temperature		Vapor Pressure	
K	°C	kPa	mm Hg
273.15	0	0.611	4.58
283.15	10	1.228	9.21
293.15	20	2.338	17.54
298.15	25	3.168	23.76
303.15	30	4.242	31.82
313.15	40	7.375	55.32
323.15	50	12.333	92.51
333.15	60	19.92	149.4
343.15	70	31.16	233.7
353.15	80	47.34	355.1
363.15	90	70.10	525.8
373.15	100	101.325	760.0

VAPOR-LIQUID EQUILIBRIUM DATA FOR AMMONIA-WATER SYSTEM

Mole fraction of Ammonia in Liquid, x_a	Partial Pressure of ammonia in vapor, p_a (mm Hg)	
	293 K	303 K
0	0	0
0.0126	-	11.5
0.0167	-	15.3
0.0208	12.0	19.3
0.0258	15.0	24.4
0.0309	18.2	29.6
0.0405	24.9	40.1
0.0503	31.7	51.0
0.0737	50.0	79.7
0.0960	69.6	110
0.137	114	179
0.175	166	260
0.210	227	352
0.241	298	454
0.297	470	719

VAPOR-LIQUID EQUILIBRIUM DATA FOR HEPTANE-ETHYLE BENZENE SYSTEM

Temperature		x_h	y_h
K	C		
409.3	136.1	0	0
402.6	129.4	0.08	0.230
392.6	119.4	0.250	0.514
383.8	110.6	0.485	0.730
376.0	102.8	0.790	0.904
371.5	98.3	1.000	1.000