

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2010/2011 Academic Session

November 2010

**IEK 101 – CHEMICAL PROCESS CALCULATIONS**  
**[PENGHITUNGAN PROSES KIMIA]**

Duration: 3 hours  
*Masa: [3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of NINE pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions:** Answer FIVE questions. You may answer the questions either in Bahasa Malaysia or in English.

**Arahan:** Jawab LIMA soalan. Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

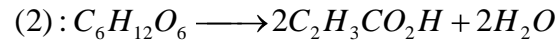
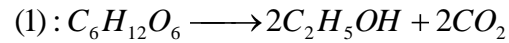
1. (a) 10.000 g of  $\text{CCl}_4$  is dissolved in 25.000 g of water to form an aqueous solution. The density of this solution at  $30^\circ\text{C} = 1.173 \text{ g/cm}^3$ . Calculate the concentration of  $\text{CCl}_4$  in:
- |                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| (i) Wt %                    | (2 marks) |
| (ii) Molarity (M)           | (2 marks) |
| (iii) Mole fraction (X)     | (2 marks) |
| (iv) Molality (m)           | (2 marks) |
| (v) Parts per million (ppm) | (2 marks) |

[Atomic weight of C = 12.01115; Cl = 35.453; H = 1.00797; O = 15.9994]

- (b) Convert the following to the desired units, given that  $\rho_{\text{air}} = 1.27 \text{ kg/m}^3$ ;  $MW_{\text{air}} = 29 \text{ g/gmol}$ ; the density of water at  $4^\circ\text{C}$  is  $1000 \text{ kg/m}^3$  and  $g = 32.174 \text{ ft/s}^2$ :
- |   |  |
|---|--|
| (i) $2.7 \text{ N/m}^2$ to $\text{lb}_f/\text{ft}^2$ (at the surface of the earth)                        |  |
| (ii) 1.52 J to Btu  |  |
| (iii) 24 g/L to $\text{lb}_m/\text{ft}^3$   |  |
| (iv) 30 gmol NaCl to lbmol  |  |
| (v) sp. gr. $\text{CH}_4$ (g) = 0.5537( $20^\circ\text{C}/4^\circ\text{C}$ ) to $\text{lb}_m/\text{ft}^3$ |  |
- (10 marks)

2. Water pollution in a river has claimed considerable attention, especially pollution from sewage outlets and industrial wastes. To determine accurately how much effluent enters the river is quite difficult because to collect and weigh the material is impossible. One suggestion that has been offered is to add a tracer of  $\text{Br}^-$  to a given sewage stream, let it mix well, and sample the sewage stream after it mixes. On one test of the proposal, you add 5  $\text{lb}_m$  of NaBr per hour for 24 hours to a sewage stream with initially no  $\text{Br}^-$  in it. Somewhat downstream of the introduction point a sampling of sewage stream shows 0.024% NaBr. What is the flow rate of the sewage in  $\text{lb}_m/\text{h}$ ?
- (20 marks)

3. In the anaerobic fermentation of grain, a type of yeast digests glucose from plants to form the products ethanol and propenoic acid by the following overall reactions:



In an open flow reactor, 3000 kg of a 10% glucose/water solution flow in. During fermentation, 150 kg of carbon dioxide are produced together with 100 kg of unreacted glucose.

- (a) Sketch the process using a block diagram with appropriate labels. (2 marks)
- (b) Choose a suitable basis. (2 marks)
- (c) Conduct a degree of freedom analysis. (4 marks)
- (d) Derive a material balance equation for each species involved. (8 marks)
- (e) Calculate the extent of reaction for each chemical reaction equation. (2 marks)
- (f) Determine the amount of each component of the output stream in kgmol. (2 marks)

Assume that none of the glucose is assimilated into the bacteria.

4. (a) What conclusion can you draw regarding its properties, if H<sub>2</sub>O is at critical point?  
(2 marks)
- (b) Complete this table for water. Re-draw this table in your answer script.  
(8 marks)

| Temp(°C) | Pressure (kPa) | h (kJ/kg) | x (quality) | Phase Description |
|----------|----------------|-----------|-------------|-------------------|
| 250      |                | 1500      |             |                   |
|          | 100            |           | 0           |                   |
| 300      |                | 3000      |             |                   |

- (c) A 0.5 m<sup>3</sup> rigid container initially contains water in a mixture of liquid-vapor at 100°C. Water is heated until it reaches critical condition. Determine the mass and volume of liquid water at the initial condition. Sketch this process with respect to saturation lines.  
(10 marks)
5. (a) Ten cubic feet of air (10 ft<sup>3</sup>) at 70°F and 1.0 atm is heated to 610°F and compressed to 2.5 atm. What volume (in cubic feet) does the gas occupy in its final state? Assume ideal gas behaviour.  
(4 marks)
- (b) Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) at 360°C and 3 atm absolute, flows into a reactor at a rate of 1100 kg/h. Calculate the volumetric flow rate (in m<sup>3</sup>/h) of this stream using conversion from standard conditions.  
(4 marks)
- (c) A gaseous mixture has the following composition ( in mole percent):
- |   |    |
|---|----|
| Methane CH <sub>4</sub>                 | 20 |
| Ethylene, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | 30 |
| Nitrogen N <sub>2</sub>                 | 50 |
- At 90 atm pressure and 100 °C. Compare the volume per mole using:
- (i) ideal gas law  
(4 marks)
- (ii) pseudoreduced technique (Kay's method)  
(8 marks)

6. In an experiment, a closed vessel with a volume of  $1.673 \text{ m}^3$  was filled with an aqueous water solution containing some chemicals. The temperature of the solution was  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . To obtain an essentially dry residue of chemicals, all of the water in the vessel (1 kg) was vaporized. Assume that the properties of water can be used as a substitute for the properties of the solution.
- (a) Is this system an open or closed system? (2 marks)
- (b) Sketch the process. (4 marks)
- (c) State the energy balance equation used. (2 marks)
- (d) Look up and state the internal energy,  $U$ , of water at  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  both at 1 atm in the steam tables. (4 marks)
- (e) How much heat has to be transferred to the vessel if 1 kg of saturated liquid water initially at  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  is completely vaporized to the final conditions of  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  and 1 atm? Use a basis of 1 kg of water. (8 marks)

1. (a) 10.000 g  $\text{CCl}_4$  dilarutkan dalam 25.000 g air untuk membentuk satu larutan akuas. Ketumpatan larutan ini pada  $30^\circ\text{C} = 1.173 \text{ g/cm}^3$ . Kirakan kepekatan  $\text{CCl}_4$  dalam:
- |                             |            |
|-----------------------------|------------|
| (i) Berat %                 | (2 markah) |
| (ii) Molariti (M)           | (2 markah) |
| (iii) Pecahan mol (X)       | (2 markah) |
| (iv) Molaliti (m)           | (2 markah) |
| (v) Bahagian per juta (ppm) | (2 markah) |

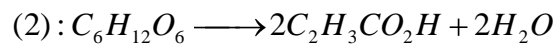
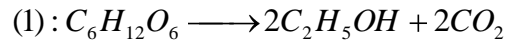
[Berat atom C = 12.01115; Cl = 35.453; H = 1.00797; O = 15.9994]

- (b) Tukar yang berikut di bawah kepada unit yang dikehendaki. Diberi bahawa  $\rho_{\text{udara}} = 1.27 \text{ kg/m}^3$ ;  $MW_{\text{udara}} = 29 \text{ g/gmol}$ ; ketumpatan air pada  $4^\circ\text{C}$  ialah  $1000 \text{ kg/m}^3$  dan  $g = 32.174 \text{ ft/s}^2$ :
- |   |  |
|---|--|
| (i) $2.7 \text{ N/m}^2$ ke $\text{lb}_f/\text{ft}^2$ (pada permukaan bumi)                                  |  |
| (ii) $1.52 \text{ J}$ ke $\text{Btu}$   |  |
| (iii) $24 \text{ g/L}$ ke $\text{lb}_m/\text{ft}^3$   |  |
| (iv) $30 \text{ gmol NaCl}$ ke $\text{lbmol}$   |  |
| (v) sp. gr. $\text{CH}_4(\text{g}) = 0.5537(20^\circ\text{C}/4^\circ\text{C})$ ke $\text{lb}_m/\text{ft}^3$ |  |
- (10 markah)

2. Isu pencemaran air di dalam suatu sungai telah mendapat banyak bantahan daripada penduduk tempatan terutamanya mengenai sumber-sumber dari effluen kumbahan dan sisa-sisa industri. Adalah sukar untuk menentukan berapa banyak effluen yang masuk ke dalam sungai kerana untuk menadah dan menimbang effluen tersebut adalah hampir mustahil. Satu idea untuk mendapatkan jumlah effluen yang masuk ke dalam sungai tersebut adalah dengan menambah sejenis pengesan  $\text{Br}^-$  ke dalam sungai dan biarkan ion tersebut bercampur dengan air sungai secara sekata. Pada satu ujian cadangan tersebut, kamu telah menambah  $5 \text{ lb}_m \text{ NaBr}$  setiap jam untuk 24 jam pada satu aliran effluen yang tidak mengandungi  $\text{Br}$ . Pada satu titik di dalam sungai itu anda telah mendapati bahawa  $\text{NaBr}$  ialah  $0.024\%$ . Apakah kadar alir effluen dalam unit  $\text{lb}_m/\text{h}$ ?

(20 markah)

3. Dalam satu penapaian bijiran secara anerobik, sejenis yis menguraikan glukosa daripada tumbuhan untuk membentuk etanol dan asid propenoik dengan mematuhi persamaan-persamaan kimia di bawah:



Larutan berjisim 3000 kg yang mengandungi 10% glukosa/air mengalir masuk ke dalam suatu reaktor aliran terbuka. Dalam proses penapaian tersebut, 150 kg gas karbon dioksida telah dibebaskan bersama dengan 100 kg glukosa yang tidak bertindakbalas.

- (a) Lakar dan labelkan satu gambarajah blok yang mewakili proses tersebut. (2 markah)
- (b) Pilih asas pengiraan yang sesuai. (2 markah)
- (c) Lakukan analisis darjah kebebasan. (4 markah)
- (d) Terbitkan persamaan-persamaan imbalan bahan untuk setiap spesies yang terlibat. (8 markah)
- (e) Kirakan had tindakbalas untuk setiap tindakbalas kimia. (2 markah)
- (f) Kirakan jumlah kgmol setiap komponen di dalam aliran keluar reaktor tersebut. (2 markah)

Anggap bahawa glukosa tidak diserap oleh bakteria.

4. (a) Apakah kesimpulan yang boleh dibuat mengenai sifatnya jika  $H_2O$  berada pada keadaan kritikal?

(2 markah)

- (b) Lengkapkan jadual berikut bagi air. Lukis semula jadual ini dalam kertas jawapan anda.

(8 markah)

| Suhu ( $^{\circ}C$ ) | Tekanan (kPa) | $h$ (kJ/kg) | $x$ (kualiti) | Penerangan Fasa |
|----------------------|---------------|-------------|---------------|-----------------|
| 250                  |               | 1500        |               |                 |
|                      | 100           |             | 0             |                 |
| 300                  |               | 3000        |               |                 |

- (c) Satu bekas tegar  $0.5m^3$  pada mulanya mengandungi campuran cecair-wap air pada  $100^{\circ}C$ . Air ini dipanaskan sehingga mencapai keadaan kritikal. Tentukan jisim cecair air dan isipadu cecair air pada keadaan mula. Lakarkan proses ini merujuk kepada garisan tepu.

(10 markah)

5. (a) Sepuluh kaki padu udara ( $10\text{ ft}^3$ ) pada  $70^{\circ}F$  dan  $1.0\text{ atm}$  dipanaskan kepada  $610^{\circ}F$  dan dimampatkan kepada  $2.5\text{ atm}$ . Apakah isipadu (dalam kaki padu) gas pada keadaan akhir? Anggap tabiat gas unggul.

(4 markah)

- (b) Butana ( $C_4H_{10}$ ) pada  $360^{\circ}C$  dan  $3\text{ atm}$  mutlak, mengalir ke dalam satu reaktor pada kadar  $1100\text{ kg/h}$ . Hitung kadar aliran isipadu (dalam  $m^3/\text{jam}$ ) bagi aliran ini menggunakan pertukaran berdasarkan keadaan piawai.

(4 markah)

- (c) Satu campuran gas mempunyai komposisi berikut (dalam peratusan mol):

|                 |    |
|-----------------|----|
| Metana $CH_4$   | 20 |
| Etana, $C_2H_6$ | 30 |
| Nitrogen $N_2$  | 50 |

pada tekanan  $90\text{ atm}$  dan  $100^{\circ}C$ . Bandingkan isipadu per mol menggunakan:

- (i) hukum gas unggul

(4 markah)

- (ii) teknik pseudoterturun atau Kaedah Kay

(8 markah)



6. Di dalam suatu eksperimen, satu bekas yang tertutup mempunyai isipadu  $1.673 \text{ m}^3$  dan diisi dengan larutan yang mengandungi sedikit bahan kimia. Suhu larutan tersebut ialah  $10^\circ\text{C}$ . Untuk mengasingkan bahan kimia daripada larutan tersebut, kesemua daripada air (1 kg) itu perlu disejatkan. Anggap bahawa ciri-ciri larutan tersebut adalah sama dengan ciri-ciri air tulen.
- (a) Adakah proses ini terbuka ataupun tertutup? (2 markah)
- (b) Lakarkan proses ini. (4 markah)
- (c) Nyatakan persamaan imbalan tenaga yang perlu digunakan. (2 markah)
- (d) Rujuk dan nyatakan tenaga dalaman,  $U$ , air pada  $10^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$  dan 1 atm pada jadual stim. (4 markah)
- (e) Berapakah jumlah tenaga yang perlu disalurkan ke bekas ini jika 1 kg air tepu pada suhu  $10^\circ\text{C}$  disejatkan sepenuhnya pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dan 1 atm? Gunakan asas 1 kg air. (8 markah)