

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2007/2008

April 2008

**KIT 252 – Unit Operations**  
**[Operasi Unit]**

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

---

Please check that this examination paper consists of **EIGHT** printed pages before you begin the examination.

**Instructions:**

Answer any **FIVE** (5) questions.

Answer to each question on a new page.

You may answer either in Bahasa Malaysia or in English.

If a candidate answers more than five questions, only the answers to the first five questions in the answer sheet will be graded.

...2/-

Answer any FIVE (5) questions.

1. One thousand kilograms per hour of a mixture containing equal parts by mass of methanol and water is distilled. Product streams leave the top and the bottom of the distillation column. The flow rate of the bottom stream is measured and found to be  $673 \text{ kg h}^{-1}$ , and the overhead stream is analyzed and found to contain 96.0 wt% methanol.
- (a) Draw and label a flowchart of the process (5 marks)
- (b) Calculate the mass and mole fractions of methanol and the molar flow rates of methanol and water in the bottom product stream. (12 marks)
- (c) Suppose the bottom product stream is analyzed and the mole fraction of methanol is found to be significantly higher than the value calculated in part (b). List as many possible reasons for the discrepancy that you can think of. (3 marks)
2. The reaction between ethylene, ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) and hydrogen bromide, (HBr) to form ethyl bromide is carried out in a continuous reactor. The product stream is analyzed and found to contain 51.7 mol %  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$  and 17.3 mol % HBr. The feed to the reactor contains only ethylene and hydrogen bromide.
- (a) Calculate the fractional conversion of the limiting reactant and the percentage by which the other reactant is in excess. (15 marks)
- (b) If the molar flow rate of the feed stream is  $165 \text{ mol s}^{-1}$ , what is the extent of reaction? (5 marks)

3. Air at 300 °C and 130 kPa flows through a horizontal 7-cm ID pipe at a velocity of 42.0 m s<sup>-1</sup>.
- (a) Assuming ideal gas behavior, calculate the power generated, ( $\dot{E}$ ) by the flow  
(9 marks)
- (b) If the air is heated to 400 °C at constant pressure, what is  $\Delta \dot{E} = \dot{E}(400\text{ °C}) - \dot{E}(300\text{ °C})$ ?  
(9 marks)
- (c) Why would it be incorrect to say that the rate of transfer of heat to the gas in part (b) must equal the rate of change of kinetic energy?  
(2 marks)

Given that: 1 kg = 2.20462 lb<sub>m</sub> and 1 mol of gas at STP = 22.4 L

4. A closed tank of fixed volume is used for the continuous mixing of two liquids which enter at A and B and are discharged completely mixed at C. The diameter of the inlet pipe at A is 150 mm and the liquid flows in at the rate of 56 dm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. The liquid has a specific gravity of 0.93. At B the inlet pipe is of 100 mm diameter, the flow rate is 30 dm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> and the liquid has a specific gravity of 0.87. If the diameter of the outlet pipe at C is 175 mm, what will be the mass flow rate, velocity and specific gravity of the mixture discharged?  
(20 marks)
5. (a) Using the concentric tube heat exchanger diagram, derive the overall heat transfer equation for this instrument. Give all assumptions that you used.  
(15 Marks)
- (b) A water pipe whose wall temperature is 300 K has a diameter of 150 mm and a length of 10 m. It is buried horizontally in the ground at a depth of 0.40 m measured to the centre line of the pipe. The ground surface temperature is 280 K and the conductivity is 0.85 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Calculate the loss of heat from the pipe.  
(5 Marks)

6. (a) Derive an equation for steady state heat transfer through a hollow sphere and also an equation which shows that the temperature varies hyperbolically with radius  $r$ . Give assumptions if any.

(8 Marks)

- (b) A cold storage room is constructed of an inner layer of 12.7 mm of pine, a middle layer of 101.6 mm of cork board, and an outer layer of 76.2 mm of concrete. The wall surface temperature is 255.4 K inside the cold room and 291.1 K at the outside surface of the concrete. Conductivities for pine  $0.151 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ; for cork board  $0.0433 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$  and for concrete  $0.762 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Calculate,

(i) the heat loss in W for  $1 \text{ m}^2$ , and

(ii) the temperature at the interface between the pine and cork board

If the cork board is replaced by glass with conductivity of  $0.692 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Calculate the glass thickness to obtain 20 % less heat transfer than the original value in (i).

(12 marks)

7. (a) Assume the price of gasoline in France is approximately 5 French francs per liter and the exchange rate is 5.22 francs per U.S. dollar. How much would you pay, in dollars, for 50.0 kg of gasoline in France, assuming gasoline has a specific gravity of 0.70? What would the same quantity of gasoline cost in the United States at a rate of \$1.20 per gallon? Given:  $1 \text{ gal} = 3.7854 \text{ L}$ .

(10 marks)

- (b) A thick-walled cylindrical tubing of hard rubber having an inside radius of 5 mm and an outside radius of 20 mm is being used as a temporary cooling coil in a bath. Ice water is flowing rapidly inside and the inside wall temperature is 274.9 K. The outside surface temperature is 297.1 K. The thermal conductivity of the tube is  $0.151 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . A total of 14.65 W must be removed from the bath by the cooling coil. How many meters of tubing are needed?

(10 Marks)

Jawab LIMA (5) soalan.

1. Seribu kilogram per jam campuran yang mengandungi metanol dan air pada jisim yang sama disulingkan. Aliran produk akan keluar dari bahagian atas dan bawah kolum penyulingan tersebut. Aliran produk di bahagian bawah kolum diukur dan didapati kadar alirannya  $673 \text{ kg j}^{-1}$ , dan aliran produk di bahagian atas dianalisis dan didapati mengandungi 96.0 wt% metanol.
  - (a) Lukis dan label carta alir proses tersebut (5 markah)
  - (b) Kiralah jisim dan pecahan mol bagi metanol dan kadar aliran molar bagi metanol dan air yang keluar pada bahagian bawah aliran produk. (12 markah)
  - (c) Andaikan produk yang keluar pada bahagian bawah kolum dianalisis dan didapati pecahan mol bagi metanol didapati sangat tinggi berbanding dengan nilai yang diperolehi pada bahagian (b). Senaraikan seberapa banyak sebab yang anda fikirkan kenapa berlakunya percanggahan ini. (3 markah)
  
2. Tindak balas antara etilena, ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) dan hidrogen bromida, (HBr) untuk penghasilan etil bromida dijalankan di dalam reaktor berterusan. Analisis ke atas produk mendapati ia mengandungi 51.7 mol %  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$  and 17.3 mol % HBr. Aliran suapan kepada reactor hanya mengandungi etilen dan hidrogen bromida.
  - (a) Kiralah pecahan pertukaran bagi reaktan yang terhad dan peratusan reaktan yang berlebihan. (15 markah)
  - (b) Jika kadar aliran molar suapan ialah  $165 \text{ mol s}^{-1}$ , berapakah nilai perluasan tindak balas? (5 markah)

3. Udara pada 300 °C dan 130 kPa mengalir melalui 7-cm ID paip pada kelajuan 42.0 m s<sup>-1</sup>.
- (a) Andaikan keadaan gas unggul, kiralah kuasa yang dihasilkan oleh aliran tersebut di atas, ( $\dot{E}$ ) (9 markah)
- (b) Jika udara dipanaskan kepada 400 °C pada tekanan malar, apakah nilai bagi  $\Delta \dot{E} = \dot{E} (400 \text{ °C}) - \dot{E} (300 \text{ °C})$ ? (9 markah)
- (c) Mengapakah tidak boleh menyatakan bahawa kadar pertukaran haba bagi suatu gas di bahagian (b) mesti sama dengan kadar pertukaran tenaga kinetik? (2 markah)

Diberi: 1 kg = 2.20462 lb<sub>m</sub> dan 1 mol gas pada STP = 22.4 L

4. Satu tangki yang tertutup dan berisipadu tetap digunakan untuk mencampurkan dua jenis cecair secara berterusan yang masuk pada A dan B dan bercampur dengan lengkap sebelum keluar di C. Diameter saluran paip A ialah 150 mm dan cecair mengalir melaluinya pada kadar 56 dm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. Cecair tersebut mempunyai nilai graviti tentu 0.93. Diameter paip pada B ialah 100 mm, manakala kadar alirannya ialah 30 dm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> dan graviti tentu bagi cecair yang melaluinya ialah 0.87. Jika diameter saluran paip C ialah 175 mm, berapakah kadar aliran jisim, halaju dan graviti tentu bagi campuran tersebut? (20 markah)
5. (a) Dengan menggunakan gambarajah Penukar Haba Tiub Sepusat yang sesuai, terbitkan persamaan keseluruhan kehilangan haba alatan ini. Nyatakan kesemua andaian-andaian yang anda digunakan. (15 markah)
- (b) Satu paip air dengan suhu dindingnya 300 K mempunyai diameter 150 mm dan 10 m panjang. Ia tertanam melintang di dalam tanah pada ke dalaman 0.40 m yang diukur daripada garisan tengah pada paip. Suhu permukaan tanah adalah 280 K dan mempunyai konduktiviti 0.85 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Kirakan kehilangan haba daripada paip tersebut. (5 markah)
- ...8/-

6. (a) Terbitkan persamaan pemindahan haba bagi sfera berongga dan juga persamaan yang menunjukkan suhu berubah secara hiperbolikal dengan jejari  $r$  pada keadaan mantap. Nyatakan andaian yang anda gunakan sekiranya ada.

(8 markah)

- (b) Satu bilik penyimpanan sejuk dibina dengan menggunakan kayu rhu sebagai lapisan dalaman berketebalan 12.7 mm, papan gabus sebagai lapisan tengah berketebalan 101.6 mm dan konkrit sebagai lapisan luaran berketebalan 76.2 mm. Suhu dalaman bilik penyejukan iaitu permukaan dinding dalam adalah 255.4 K dan suhu permukaan luaran adalah 291.1 K pada bahagian luaran permukaan konkrit. Konduktiviti-konduktiviti bagi setiap bahan diberikan iaitu kayu ru,  $0.151 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ; gabus,  $0.0433 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ; dan konkrit  $0.762 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Kirakan;

(i) kehilangan haba dalam W untuk  $1 \text{ m}^2$ , dan

(ii) suhu antara permukaan kayu ru dengan papan gabus

Sekiranya papan gabus diganti dengan kaca yang mempunyai konduktiviti  $0.692 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Kirakan ketebalan kaca yang diperlukan untuk mengurangkan kehilangan haba sebanyak 20 % daripada nilai yang asal pada (i).

(12 markah)

7. (a) Andaikan harga petrol di Perancis sekitar 5 French franc seliter dan kadar pertukaran wang ialah 5.22 franc setiap dolar Amerika. Berapa banyak yang anda harus bayar, dalam dolar Amerika, bagi 50.0 kg petrol di Perancis, andaikan bahawa petrol mempunyai 0.70 graviti tentu? Berapakah harga petrol pada kuantiti tersebut di Amerika Syarikat yang harga pasarannya \$1.20 per galen? Diberi: 1 gal = 3.7854 L.

(10 markah)

- (b) Suatu tiub silinder getah keras yang mempunyai dinding tebal berjejari dalaman 5 mm dan jejari luaran 20 mm digunakan untuk lingkaran penyejukan sementara pada kolah. Air ais mengalir secara rawak di dalamnya dan suhu dalaman dinding adalah 274.9 K. Suhu permukaan luaran adalah 297.1 K. Konduktiviti terma bagi tiub adalah  $0.151 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Sejumlah 14.65 W haba perlu dipindahkan daripada kolah dengan lingkaran penyejukan. Berapa meterkah tiub diperlukan?

(10 markah)