

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2008/2009

April/May 2009

KIT 252 – Operasi Unit
[Unit Operations]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

Instructions:

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

You may answer the questions 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.

Appendix: Factors For Unit Conversions.

...2/-

- 2 -

Answer **FIVE (5)** questions.

1. The density of a fluid is given by the empirical equation

$$\rho = 70.5 \exp(8.27 \times 10^{-7} P)$$

where ρ is density ($\text{lb}_m \text{ft}^{-3}$) and P is pressure ($\text{lb}_f \text{in.}^{-2}$).

- (i) What are the units for 70.5 and 8.27×10^{-7} ?
- (ii) Calculate the density in g cm^{-3} for a pressure of $9.00 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$.
- (iii) Derive a formula for ρ (g cm^{-3}) as a function of P (Nm^{-2}). Check your result using the solution of part (ii).

(20 marks)

2. Three hundred gallons of a mixture containing 75.0 wt% ethanol (ethyl alcohol) and 25% water (mixture specific gravity = 0.877) and a quantity of a 40.0 wt% ethanol – 60% water mixture (SG = 0.952) are blended to produce a mixture containing 60.0 wt% ethanol. The object of this problem is to determine V_{40} , the required volume of the 40% mixture.

- (i) Draw and label a flowchart of the mixing process.
- (ii) Calculate V_{40} .

(20 marks)

3. Fresh orange juice contains 12.0 wt% solids and the balance water, and concentrated orange juice contains 42.0 wt% solids. Originally a single evaporation process was used for the concentration, but volatile constituents of the juice escaped with the water, leaving the concentrate with a flat taste. The current process overcomes this problem by bypassing the evaporator with a fraction of the fresh juice. The juice that enters the evaporator is concentrated to 58 wt % solids, and the evaporator product stream is mixed with the bypassed fresh juice to achieve the desired final concentration.

- (i) Draw and label a flowchart of the current process.
- (ii) Calculate the amount of product (42% concentrate) produced per 100 kg fresh juice fed to the process and the fraction of the feed that bypasses the evaporator.

...3/-

- (iii) Most of the volatile ingredients that provide the taste of the concentrate are contained in the fresh juice that bypasses the evaporator. You could get more of these ingredients in the final product by evaporating to 90% solids instead of 58%; you could then bypass a greater fraction of the fresh juice in thereby obtain an even better tasting product. Suggest possible drawbacks to this proposal.

(20 marks)

4. A Pitot-static probe is used to measure the velocity of an aircraft flying at 3,000 m. If the differential pressure reading is 3 kPa, determine the velocity of the aircraft. Given that the density of the atmosphere at an elevation of 3,000 m is 0.909 kg m^{-3} .

(20 marks)

5. A glass window with an area of 0.557 m^2 is installed in the wooden outside wall of a room. The wall dimensions are $2.44 \text{ m} \times 3.05 \text{ m}$. The wood has a k of $0.1505 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ and is 25.4 mm thick. The glass is 3.18 mm thick and has a k of 0.692 . The inside room temperature is 299.9 K ($26.7 \text{ }^\circ\text{C}$) and the outside air temperature is 266.5 K . The convection coefficient h_i on the inside wall of the glass and the wood is estimated as $8.5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; the outside h_o is also estimated as 8.5 for both surfaces. Calculate the heat loss through the wooden wall, through the glass and the total.

(20 marks)

6. Ammonia is burned to form nitric oxide.

(i) Calculate the ratio of lb-mole O_2 react/lb-mole NO formed.

(ii) If ammonia is fed to a continuous reactor at a rate of $100.0 \text{ kmol NH}_3/\text{h}$, what oxygen feed rate (kmol/h) would correspond to 40.0% excess O_2 ?

(iii) If 50.0 kg of ammonia in 100.0 kg of oxygen are fed into a batch reactor, determine the limiting reactant, the percentage by which the other reactant is in excess, and the extent of reaction (mol) and mass of NO produced (kg) if the reaction proceeds to completion.

(20 marks)

...4/-

- 4 -

7. A gaseous fuel containing methane and ethane is burned with excess air. The fuel enters the furnace at 25 °C and 1 atm, and the air enters at 200 °C and 1 atm. The stack gas leaves the furnace at 800 °C and 1 atm and contains 5.32 mole% CO₂, 1.60% CO, 7.32% O₂, 12.24% H₂O, and the balance N₂.

Given that:

Substance	Standard Heat of Formation, kJ mol ⁻¹			
CH ₄	at 25 °C	- 74.85		
C ₂ H ₆	at 25 °C	- 84.67		
O ₂	at 200 °C	5.31	,	at 800 °C 25.35
N ₂	at 200 °C	5.13	,	at 800 °C 23.86
CO	at 25 °C	-110.523	,	at 800 °C -86.39
CO ₂	at 25 °C	-393.513	,	at 800 °C -356.1
H ₂ O	at 25 °C	285.840	,	at 800 °C -212.78

- (i) Calculate the molar percentages of methane and ethane in the fuel gas and the percentage excess air fed into the reactor.
- (ii) Calculate the heat (kJ) transferred from the reactor per cubic meter of fuel gas fed.

(20 marks)

...5/-

TERJEMAHAN

Arahan:

Jawab **LIMA** (5) soalan.

Anda dibenarkan menjawab soalan ini sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan, hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

...6/-

Jawab **LIMA (5)** soalan.

1. Diberi persamaan empirik suatu ketumpatan bendalir

$$\rho = 70.5 \exp(8.27 \times 10^{-7} P)$$

dengan ρ adalah ketumpatan ($\text{lb}_m \text{kaki}^{-3}$) dan P adalah tekanan ($\text{lb}_f \text{in.}^{-2}$).

- (i) Apakah unit bagi 70.5 dan 8.27×10^{-7} ?
- (ii) Kiralah ketumpatan dalam g cm^{-3} bagi suatu tekanan bernilai $9.00 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$.
- (iii) Terbitkan satu formula bagi ρ (g cm^{-3}) sebagai satu fungsi kepada P (Nm^{-2}). Semak jawapan anda menggunakan penyelesaian di bahagian (ii).

(20 markah)

2. Satu campuran sebanyak tiga ratus gelen mengandungi 75.0 wt% etanol (etil alkohol) dan 25% air (campuran graviti tentu = 0.877) serta suatu kuantiti campuran daripada 40.0 wt% etanol – 60% air (gravity tentu = 0.952) diadun untuk menghasilkan satu campuran yang mengandungi 60.0 wt% etanol. Tujuan soalan ini adalah untuk menentukan nilai V_{40} , iaitu isipadu 40% campuran yang diperlukan.

- (i) Lukis dan label satu carta alir bagi proses pencampuran ini
- (ii) Kiralah nilai V_{40} .

(20 markah)

3. Suatu jus oren mengandungi 12.0 wt% pepejal dan baki air serta pati oren pekat yang mengandungi 42.0 wt% pepejal. Pada awalnya, satu proses penyejatan tunggal digunakan untuk proses pemekatan, tetapi jujuk-jujuk yang mudah meruap hilang bersama-sama air, meninggalkan kepekatan yang mempunyai suatu rasa biasa. Proses semasa untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memintas penyejat dengan satu pecahan jus. Jus yang masuk ke dalam penyejat dipekatkan kepada 58 wt % pepejal, dan aliran produk penyejat dicampur dengan jus yang dipintas untuk mencapai kepekatan akhir yang dikehendaki.

- (i) Lukis dan label satu carta alir untuk proses semasa.
- (ii) Kiralah jumlah produk (berkepekatan 42%) yang dihasilkan per 100 kg jus yang disuapkan ke dalam proses dan pecahan suapan yang dipintas dengan penyejat.

...7/-

- (iii) Kebanyakan bahan yang mudah meruap memberikan rasa kepekatan yang terkandung dalam jus yang memintas penyejat. Anda boleh dapat lebih banyak bahan ini dalam produk akhir dengan menyejat jus kepada 90% pepejal daripada 58%; anda boleh memintas pecahan jus yang lebih baik, dengan cara ini anda akan perolehi satu produk yang mempunyai rasa yang biasa. Beri kelemahan terhadap cadangan ini.
- (20 markah)
4. Satu prob pitot-statik digunakan untuk mengukur halaju sebuah kapal terbang yang terbang pada 3,000 m. Jika perbezaan bacaan tekanan ialah 3 kPa, tentukan halaju kapal terbang. Diberi ketumpatan atmosfera pada ketinggian 3,000 m adalah 0.909 kg m^{-3} .
- (20 markah)
5. Satu tingkap kaca yang berkeluasan 0.557 m^2 telah dipasang di dalam kayu dinding luar sebuah bilik. Dimensi bagi dinding itu ialah $2.44 \text{ m} \times 3.05 \text{ m}$. Nilai k bagi kayu tersebut ialah $0.1505 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ dan ketebalannya ialah 25.4 mm . Ketebalan kaca pula adalah 3.18 mm dan nilai k bagi kaca tersebut ialah 0.692 . Suhu di dalam bilik ialah 299.9 K ($26.7 \text{ }^\circ\text{C}$) dan suhu udara luar ialah 266.5 K . Nilai pekali perolakan h_i pada dinding dalam kaca dan kayu dianggarkan $8.5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; nilai luar h_o dianggar 8.5 bagi kedua-dua permukaan. Kira kehilangan haba yang melalui dinding kayu, melalui kaca dan kehilangan haba keseluruhan.
- (20 markah)
6. Amonia dibakar untuk membentuk nitrik oksida.
- (i) Kiralah nisbah bg lb-mol O_2 bertindak balas/lb-mol NO terbentuk.
- (ii) Jika amonia dimasukkan ke dalam suatu reaktor berterusan pada kadar $100.0 \text{ kmol NH}_3/\text{j}$, apakah kadar suapan (kmol/j) yang selaras untuk menghasilkan 40.0% O_2 berlebihan.
- (iii) Jika 50.0 kg ammonia dalam 100.0 kg oksigen dimasukkan dalam suatu kelompok reaktor, tentukan reaktan penghad, peratus reaktan lain yang berlebihan, dan keluasan tindak balas (mol) dan jisim NO yang terhasil (kg) jika tindak balas dilanjutkan menjadi lengkap.
- (20 markah)

7. Suatu gas bahan api mengandungi metana dan etana dibakar dengan udara berlebihan. Bahan api memasuki relau pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm serta udara masuk pada suhu $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan 1 atm. Timbunan gas yang meninggalkan relau pada suhu $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm mengandungi 5.32 mol % CO_2 , 1.60% CO , 7.32% O_2 , 12.24% H_2O , dan bakinya adalah N_2 .

Diberi:

Sebatian	Haba Pembentukan Piawai, kJ mol^{-1}			
CH_4	pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	- 74.85		
C_2H_6	pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	- 84.67		
O_2	pada $200\text{ }^{\circ}\text{C}$	5.31	,	pada $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 25.35
N_2	pada $200\text{ }^{\circ}\text{C}$	5.13	,	pada $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 23.86
CO	pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	-110.523	,	pada $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ -86.39
CO_2	pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	-393.513	,	pada $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ -356.1
H_2O	pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	285.840	,	pada $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ -212.78

- (i) Kiralah peratusan molar metana dan etana dalam gas bahan api dan peratusan udara berlebihan yang dimasukkan ke dalam reaktor.
- (ii) Kira jumlah haba (kJ) berpindah dari reaktor per meter persegi gas bahan api yang di masukkan.

(20 markah)

...9/-

APPENDIX

FACTORS FOR UNIT CONVERSIONS

Quantity	Equivalent Values
Mass	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 0.001 \text{ metric ton} = 2.20462 \text{ lb}_m = 35.27392 \text{ oz}$ $1 \text{ lb}_m = 16 \text{ oz} = 5 \times 10^{-4} \text{ ton} = 453.593 \text{ g} = 0.453593 \text{ kg}$
Length	$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = 10^6 \text{ microns } (\mu\text{m}) = 10^{10} \text{ angstroms } (\text{Å})$ $= 39.37 \text{ in.} = 3.2808 \text{ ft} = 1.0936 \text{ yd} = 0.0006214 \text{ mile}$ $1 \text{ ft} = 12 \text{ in.} = 1/3 \text{ yd} = 0.3048 \text{ m} = 30.48 \text{ cm}$
Volume	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ mL}$ $= 35.3145 \text{ ft}^3 = 220.83 \text{ imperial gallons} = 264.17 \text{ gal}$ $= 1056.68 \text{ qt}$ $1 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in.}^3 = 7.4805 \text{ gal} = 0.028317 \text{ m}^3 = 28317 \text{ L}$ $= 28,317 \text{ cm}^3$
Force	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 10^5 \text{ dynes} = 10^5 \text{ g} \cdot \text{cm/s}^2 = 0.22481 \text{ lb}_f$ $1 \text{ lb}_f = 32.174 \text{ lb}_m \cdot \text{ft/s}^2 = 4.4482 \text{ N} = 4.4482 \times 10^5 \text{ dynes}$
Pressure	$1 \text{ atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 (\text{Pa}) = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bar}$ $= 1.01325 \times 10^6 \text{ dynes/cm}^2$ $= 760 \text{ mm Hg at } 0^\circ\text{C (torr)} = 10.333 \text{ m H}_2\text{O at } 4^\circ\text{C}$ $= 14.696 \text{ lb}_f/\text{in.}^2 (\text{psi}) = 33.9 \text{ ft H}_2\text{O at } 4^\circ\text{C}$ $= 29.921 \text{ in. Hg at } 0^\circ\text{C}$
Energy	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 10^7 \text{ ergs} = 10^7 \text{ dyne} \cdot \text{cm}$ $= 2.778 \times 10^{-7} \text{ kW} \cdot \text{h} = 0.23901 \text{ cal}$ $= 0.7376 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f = 9.486 \times 10^{-4} \text{ Btu}$
Power	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 0.23901 \text{ cal/s} = 0.7376 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{s} = 9.486 \times 10^{-4} \text{ Btu/s}$ $= 1.341 \times 10^{-3} \text{ hp}$

