
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2006/2007

April 2007

KIT 252 – Unit Operation
[Operasi Unit]

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

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

Answer **FIVE** (5) questions. If a candidate answers more than five questions, only the answers to the first five questions will be graded. You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

...2/-

-2-

1. (a) 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 (lb_m/ft^3) and P is pressure (lb_f/in^2).

What are the units of 70.5 and 8.27×10^{-7} ?

(4 marks)

- (b) A cold storage room is to be constructed of an inner layer of 19.1 mm of pine wood, a middle layer of cork board, and an outer layer of 50.8 mm of concrete. The inside wall surface temperature is -17.8°C and the outside surface temperature is 29.4°C at the outer concrete surface. The mean conductivities are for pine, 0.151; cork, 0.0433; and concrete, $0.762 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. The total inside surface area of the room to be used in the calculation is approximately 39 m^2 (neglecting corner and end effects). What thickness of cork board is needed to keep the heat loss to 586 W?

(9 Marks)

- (c) In FIGURE 1, fluid A is water and fluid B is mercury (relative density is 13.6). If the pressure difference between C and D is 35 kN m^{-2} , $a = 1 \text{ m}$ and $b = 30 \text{ cm}$, what is the height of h ?

(7 marks)

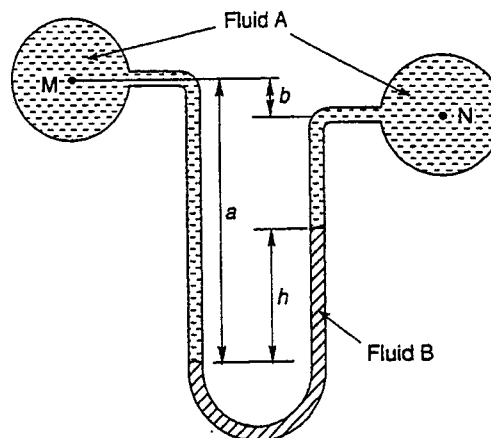
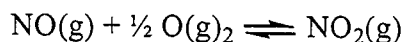


FIGURE 1

...3/-

-3-

2. The oxidation of nitric oxide



takes place in an isothermal batch reactor. The reactor is charged with a mixture containing 20.0 volume percent NO and the balance air at an initial pressure of 380 kPa (absolute).

- (a) Assuming ideal gas behavior, determine the composition of the mixture (mole fractions) and the final pressure (kPa) if the conversion of NO is 90 %.

(10 marks)

- (b) Suppose the pressure in the reactor eventually equilibrates at 360 kPa. What is the equilibrium percent conversion of NO? Calculate the reaction equilibrium constant at the prevailing temperature. $K_p[(\text{atm})^{-0.5}]$, is defined as

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})}{(P_{\text{NO}})(P_{\text{O}_2})^{0.5}}$$

where P (atm) is the partial pressure of the species at equilibrium.

(10 marks)

3. Air is heated from 25 °C to 150 °C prior to entering a combustion furnace. The change in specific enthalpy associated with this transition is 3,640 J mol⁻¹. The flow rate of air at the heater outlet is 1.25 m³min⁻¹ and the air pressure at this point is 122 kPa (absolute).

- (a) Calculate the heat requirement in kW, assuming ideal gas behavior and that kinetic and potential energy changes from the heater inlet to the outlet are negligible.

(14 marks)

- (b) Would the value of ΔE_k [which was neglected in part (a)] be positive or negative, or would you need more information to be able to tell? If the latter, what additional information would be needed?

(6 marks)

...4/-

-4-

4. (a) Derive an equation for steady state heat transfer through a cylinder with an inner radius, r_1 , outer radius, r_2 and L is the length of the cylinder. Give any assumptions used. (8 marks)
- (b) A glass window with an area of 0.557 m^2 is installed on the wooden outside wall of a room. The wall dimensions are $2.44 \times 3.05 \text{ m}$. The wood has a thermal conductivity, κ of $0.1505 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ and is 25.4 mm thick. The glass window is 3.18 mm thick and has a thermal conductivity, κ of $0.692 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. The inside room temperature is 299.9 K and the outside air temperature is 266.5 K . The convection coefficient, h_i on the inside wall of glass and the wood is estimated as $8.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ and the outside, h_o is also estimated as $8.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ for both surfaces. Calculate:
- The heat loss through the wooden wall,
 - The heat loss through the glass,
 - The total heat loss across the wooden wall through the glass.

(12 marks)

5. (a) In a Concentric Tube Heat Exchange instrument, the overall heat transfer from one point A to a point B is given by the equation,

$$Q_{\text{overall}} = UA \frac{\Delta T_B - \Delta T_A}{\ln \left(\frac{\Delta T_B}{\Delta T_A} \right)}$$

where Q is the rate of heat transfer, U is the overall heat coefficient, A is the heat transfer area, T_A is the temperature at point A and T_B is the temperature at point B in the Concentric Tube Heat Exchanger. Using a Concentric Tube Heat Exchanger diagram, show how this equation is derive. Give all assumptions used.

(14 marks)

- (b) Calculate the heat loss per m^2 of surface area for insulating wall of a food cold storage room where the outside temperature is 311.1 K and the inside temperature is 287.7 K . The wall is composed of 25.4 mm of cork board having a thermal conductivity, κ of $0.0433 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

(6 marks)

...5/-

-5-

6. (a) (i) An inclined venturi meter is used to measure the flow rate of a fluid. A U-tube type of gauge is used to measure the pressure difference. Show that the gauge reading for a given flow rate, Q , does not depend on the inclination of the meter.
(5 marks)
- (ii) A venturi meter with an entrance of 125 mm in diameter and a throat of 50 mm in diameter is used to measure the flow of oil of relative density 0.82. Pressure gauges are attached at the entrance and the throat of the meter. The throat is 300 mm above the entrance. If the coefficient of discharge for the meter is 0.97 and the pressure difference is 27.5 kN m^{-2} , calculate the flow rate.
(5 marks)
- (b) Water is discharged from a tank into the atmosphere through a pipe 39 m long. The entrance into the pipe with a diameter of 50 mm and 15 m long is sharp. The pipe then enlarges suddenly to 75 mm in diameter for the remainder of the length.
- (i) State two reasons for the loss of energy in a pipeline.
(2 marks)
- (ii) Taking into account the loss of head at the entrance and at the enlargement, calculate the difference of level between the surface of the tank and the pipe exit which will maintain a flow of $2.8 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$. The frictional coefficient, f is 0.0048 for the 50 mm pipe and 0.0058 for the 75 mm pipe.
(8 marks)
7. (a) A sharp-edged orifice of diameter 50 mm is placed 4.8 m below the surface of a fluid in a tank. The coefficient of contraction is 0.62 and the coefficient of velocity is 0.98. Define the coefficients for flow from orifices and determine :
- (i) The diameter of the jet.
(ii) The velocity of the jet at the vena contracta.
(iii) The discharge in $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$.
(8 marks)

...6/-

-6-

- (b) (i) State Newton's laws of motion that are applied to calculate the force exerted by a jet of fluid. (2 marks)
- (ii) A jet of water from a 50 mm diameter nozzle hits normally on a stationary plate with a velocity of 6.3 m s^{-1} . Calculate the force exerted by the water on the plate. (4 marks)
- (c) A U-tube manometer as shown in FIGURE 2 is used to measure the difference of water pressure between two points in a pipe. The top of the U-tube is filled with air. Calculate the difference in pressure between point A and B if $h_1 = 60 \text{ cm}$, $h = 45 \text{ cm}$ and $h_2 = 180 \text{ cm}$. (6 marks)

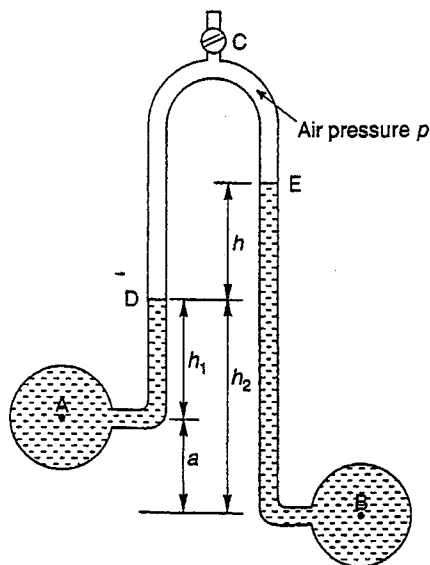


FIGURE 2

...7-

-8-

- 1 (a) Ketumpatan suatu cecair diberi oleh persamaan empirik berikut:

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

dengan ρ ialah ketumpatan (lb_m/ft^3) dan P ialah tekanan (lb_f/in^2).

Apakah unit-unit bagi 70.5 dan 8.27×10^{-7} ?

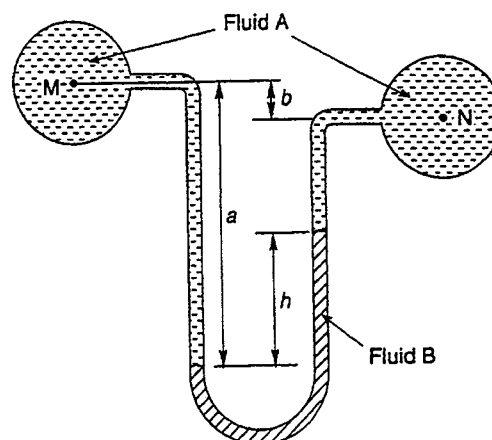
(4 markah)

- (b) Satu bilik penyimpanan sejuk yang akan dibina dengan menggunakan kayu rhu sebagai lapisan dalaman berketebalan 19.1 mm, papan gabus sebagai lapisan tengah dan konkrit sebagai lapisan luaran berketebalan 50.8 mm. Suhu dalaman permukaan dinding adalah -17.8°C dan suhu luaran adalah 29.4°C pada bahagian luaran permukaan konkrit. Purata konduktiviti-konduktiviti bagi setiap bahan diberikan iaitu kayu rhu, 0.151; gabus, 0.0433; dan konkrit $0.762 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Jumlah luas permukaan dalaman pada bilik tersebut yang perlu digunakan untuk pengiraan adalah 39 m^2 (kesan pada sudut dan hujung diabaikan). Berapakah ketebalan papan gabus yang diperlukan untuk menetapkan kehilangan haba sebanyak 586 W?

(9 markah)

- (c) Dalam RAJAH 1, bendalir A adalah air dan B adalah raksa (ketumpatan relatif adalah 13.6). Jika perbezaan tekanan antara C dan D adalah 35 kN m^{-2} , $a = 1 \text{ m}$ dan $b = 30 \text{ cm}$, berapakah ketinggian h ?

(7 markah)

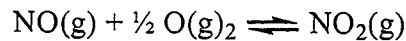


RAJAH 1

...9/-

-9-

2. Pengoksidaan nitrik oksida



berlaku di dalam reaktor kelompok isothermal. Reaktor tersebut mengandungi 20.0 peratus isipadu NO dan udara yang seimbang pada tekanan awal 380 kPa (mutlak).

- (a) Anggaphlah perlakuan gas unggul, tentukan komposisi campuran (pecahan mol) dan tekanan akhir (kPa) sekiranya peratus pertukaran NO ialah 90%.

(10 markah)

- (b) Andaikan tekanan reactor tersebut akhirnya mencapai keseimbangan pada 360 kPa. Apakah peratus pertukaran NO pada keseimbangan tersebut? Kiralah pemalar keseimbangan tindak balas terhadap suhu tersebut. $K_p[(\text{atm})^{-0.5}]$ adalah

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})}{(P_{\text{NO}})(P_{\text{O}_2})^{0.5}}$$

dengan P (atm) ialah tekanan separa bagi sepsis pada keseimbangan.

(10 markah)

3. Udara dipanaskan dari 25 °C ke 150 °C sebelum memasuki relau pembakaran. Perubahan dalam entalpi tentu berkaitan dengan perubahan ini ialah 3,640 J mol⁻¹. Kadar alir udara keluar dari pemanas tersebut ialah 1.25 m³min⁻¹ dan tekanan udara pada titik tersebut ialah 122 kPa (mutlak).

- (a) Kiralah haba yang diperlukan dalam kW, dengan mengangghap perlakuan gas unggul dan perubahan-perubahan tenaga kinetik dan keupayaan pada bahagian masuk dan bahagian keluar pemanas tersebut diabaikan.

(14 markah)

- (b) Adakah nilai ΔE_k [yang diabaikan dalam bahagian (a)] positif atau negatif, atau adakah anda memerlukan maklumat tambahan sebelum dapat membuat kesimpulan? Jika maklumat tambahan diperlukan, nyatakan apakah maklumat tersebut.

(6 markah)

...10/-

-10-

4. a) Terbitkan persamaan pemindahan haba bagi silinder pada keadaan mantap dengan r_1 adalah jejari dalaman, r_2 adalah jejari luaran dan L adalah panjang silinder tersebut. Nyatakan sebarang andaian yang anda gunakan.

(8 markah)

- b) Satu tingkap kaca dengan luas permukaan 0.557 m^2 dipasang pada sebelah luar dinding kayu pada sebuah bilik. Keluasan dinding kayu adalah $2.44 \times 3.05 \text{ m}$. Kayu tersebut mempunyai nilai konduktiviti terma κ , $0.1505 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ dan berketebalan 25.4 mm . Tingkap kaca berketebalan 0.318 mm mempunyai nilai konduktiviti terma, κ $0.692 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Suhu dalaman bilik tersebut adalah 299.9 K dan suhu udara luaran adalah 266.5 K . Pekali olakan, h_i pada bahagian dalaman antara kayu dengan kaca dianggarkan $8.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ dan h_o pada bahagian luaran juga dianggarkan $8.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ pada kedua-dua permukaan. Kirakan:

- (i) Kehilangan haba melalui dinding kayu.
 (ii) Kehilangan haba melalui kaca.
 (iii) Jumlah keseluruhan kehilangan haba merentasi dinding kayu dan kaca.

(12 markah)

5. (a) Persamaan keseluruhan pemindahan haba daripada satu titik A kepada titik B pada alatan Penukar Haba Tiub Sepusat diberikan sebagai,

$$Q_{\text{keseluruhan}} = UA \frac{\Delta T_B - \Delta T_A}{\ln \left(\frac{\Delta T_B}{\Delta T_A} \right)}$$

dengan Q adalah kadar pemindahan haba, U adalah pekali haba keseluruhan, A adalah luas permukaan pemindahan haba, T_A adalah suhu pada titik A dan T_B adalah suhu pada titik B dalam Penukar Haba Tiub Sepusat. Dengan menggunakan gambarajah Penukar Haba Tiub Sepusat, tunjukkan bagaimanakah persamaan ini diterbitkan? Nyatakan kesemua andaian yang digunakan.

(14 markah)

...11/-

-11-

- (b) Kirakan kehilangan haba per m^2 bagi kawasan permukaan dinding penebat pada bilik penyimpanan makanan sejuk jika suhu luaran adalah 311.1 K dan suhu dalaman adalah 287.7 K . Dinding penebat itu diperbuat daripada papan gabus berketebalan 25.4 mm dan mempunyai nilai konduktiviti termal, k iaitu $0.0433 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$.
(6 markah)
6. (a) (i) Satu meter venturi sendeng digunakan untuk mengukur kadar aliran suatu bendalir. Satu gaj berbentuk U digunakan untuk mengukur perbezaan tekanan. Tunjukkan bahawa bacaan gaj bagi sesuatu kadar aliran, Q , tidak bergantung pada darjah sendeng bagi meter tersebut.
(5 markah)
- (ii) Satu meter venturi dengan diameter masuk 125 mm dan diameter leher 50 mm digunakan untuk mengukur aliran minyak dengan ketumpatan relatif bernilai 0.82 . Gaj tekanan dipasang pada bahagian masuk dan leher meter. Bahagian leher berada pada ketinggian 300 mm diatas bahagian masuk meter venturi. Jika pekali discaj bagi meter adalah 0.97 dan perbezaan tekanan adalah 27.5 kN m^{-2} , hitung kadar aliran.
(5 markah)
- (b) Air dikeluarkan dari tangki ke atmosfera melalui satu paip yang panjangnya 39 m . Laluan masuk ke paip berdiameter 50 mm dan panjang 15 m adalah tajam. Diameter paip tersebut membesar secara mendadak kepada 75 mm bagi panjang selebihnya.
- (i) Nyatakan dua sebab bagi kehilangan tenaga dalam paip.
(2 markah)
- (ii) Dengan mengambil kira kehilangan tinggi pada laluan masuk dan pembesaran, hitung perbezaan paras di antara permukaan tangki dengan paip keluar bagi menampung aliran sebanyak $2.8 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$. Pekali geseran, f adalah 0.0048 bagi paip berdiameter 50 mm dan 0.0058 bagi paip berdiameter 75 mm .
(8 markah)

...12/-

-12-

7. (a) Sebuah orifis berbucu tajam dipasang 4.8 m dibawah permukaan satu bendalir dalam satu tangki. Pekali pengecutan adalah 0.62 dan pekali halaju adalah 0.98. Takrifkan pekali bagi aliran daripada orifis dan tentukan :

- (i) Diameter bagi jet.
 (ii) Halaju bagi jet pada 'vena contracta'.
 (iii) Discaj dalam $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.

(8 markah)

- (b) i. Nyatakan hukum gerakan Newton yang diaplikasikan untuk menghitung daya yang dikenakan oleh jet bendalir.

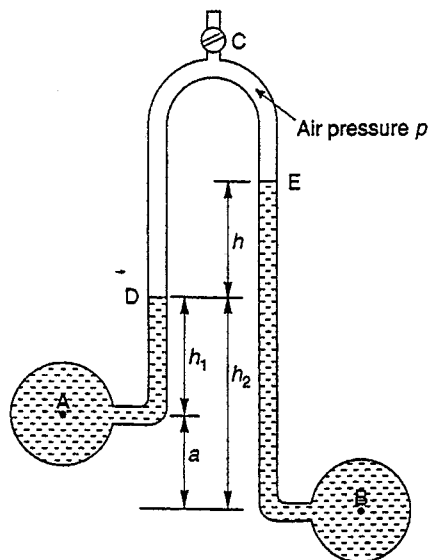
(2 markah)

- ii. Satu jet air daripada nozel berdiameter 50 mm menghentam satu plat pegun dengan halaju 6.3 m s^{-1} . Hitung daya yang dikenakan oleh air terhadap plat.

(4 markah)

- (c) Satu manometer tiub-U seperti dalam RAJAH 2 digunakan untuk mengukur perbezaan tekanan air antara dua titik dalam satu paip. Bahagian atas tiub- U tersebut diisi dengan udara. Hitung perbezaan tekanan antara titik A dan B jika $h_1 = 60 \text{ cm}$, $h = 45 \text{ cm}$ dan $h_2 = 180 \text{ cm}$.

(6 markah)



RAJAH 2

-oooOooo-