
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2012/2013

January 2013

EBB 333/3 – Transport Processes **[Proses-proses Pengangkutan]**

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains ELEVEN printed pages before you begin the examination.

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

This paper consists of SEVEN questions. FOUR questions in PART A and THREE questions in PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. EMPAT soalan di BAHAGIAN A dan TIGA soalan di BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer FIVE questions. Answer TWO questions from PART A, TWO questions from PART B and ONE question from any part. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab LIMA soalan. Jawab DUA soalan dari BAHAGIAN A, DUA soalan dari BAHAGIAN B dan SATU soalan dari mana-mana bahagian. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[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.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] A reservoir of water with a surface at 30 m above an outlet nozzle of a pipe with diameter of 15 mm. Calculate the (a) velocity, (b) the discharge out of the nozzle and (c) the mass flow rate (Neglect all friction in the nozzle and the pipe).

Takungan air mempunyai permukaan setinggi 30 m di atas muncung alur keluar satu paip dengan diameter 15 mm. Kira (a) halaju, (b) pelepasan dari muncung dan (c) kadar aliran jisim (Abaikan semua geseran dalam nozel dan paip).

(50 marks/markah)

- [b] Water circulates throughout the house in a hot-water heating system. If the water is pumped at a speed of 0.50 m/s through a 4.0 cm diameter pipe in the basement under a pressure of 3.0 atm [$1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$], what will be the flow speed and pressure in a 2.6 cm-diameter pipe on the second floor that is 5.0 m above basement.

Air mengalir keseluruh rumah dalam sistem pemanasan air-panas. Jika air dipam pada kelajuan 0.50 m/s melalui sebuah paip berdiameter 4.0 cm di bawah tanah pada tekanan 3.0 atm [$1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$], tentukan laju aliran dan tekanan dalam sebuah paip berdiameter 2.6 cm yang terdapat di tingkat kedua setinggi 5.0 m di atas aras bawah tanah.

(50 marks/markah)

2. Consider a fluid (of constant density ρ) in incompressible, laminar flow in a tube of circular cross section, inclined at an angle β to the vertical as shown in Figure 1. End effects may be neglected because the tube length L is relatively very large compared to the tube radius R . The fluid flows under influence of pressure difference (Δp) and gravity.

Pertimbangkan suatu bendalir (ketumpatan malar, ρ) tak boleh mampat, mengalami aliran lamina dalam suatu tiub keratan rentas bulat, yang condong membentuk sudut β seperti dalam Rajah 1. Kesan hujung boleh diabaikan kerana panjang tiub L jauh lebih besar berbanding jejari tiub R . Bendalir mengalir dibawah pengaruh perbezaan tekanan (Δp) dan graviti.

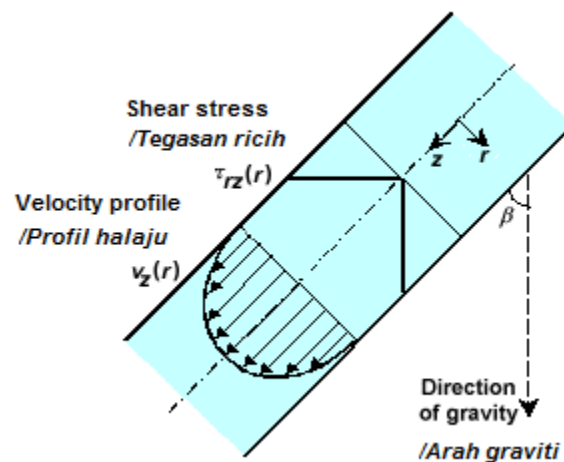


Figure 1 - Fluid flow in circular tube

Rajah 1 - Bendalir mengalir dalam tiub bulat

- (a) Using a differential shell momentum balance, determine expressions of the steady-state shear stress distribution and the velocity profile for a Newtonian fluid (of constant viscosity μ).

Dengan menggunakan pembezaan kelompangimbangan momentum, tentukan ungkapan bagi agihan tegasan ricih keadaan mantap dan profil halaju bagi bendalir Newtonian (dengan kelikatan malar μ).

(50 marks/markah)

- (b) Determine expressions for the maximum velocity, average velocity and mass flow rate of the pipe flow.

Dapatkan ungkapan bagi halaju maksimum, halaju purata dan kadar aliran jisim bagi aliran paip.

(25 marks/markah)

- (c) Find the force exerted by the fluid along the pipe wall.

Dapatkan daya yang dikenakan bendalir sepanjang dinding paip.

(25 marks/markah)

3. Steady, laminar flow occurs in the space between two fixed parallel, circular disks separated by a small gap $2b$. The fluid flows radially outward owing to a pressure difference $(P_1 - P_2)$ between the inner and outer radii r_1 and r_2 , respectively. See Figure 2. Neglect end effects and consider the region $r_1 \leq r \leq r_2$ only. Such a flow occurs when a lubricant flows in certain lubrication systems.

Aliran lamina mantap terjadi dalam ruang antara dua selari tetap, cakera bulat yang dipisahkan oleh jurang sempit $2b$. Bendalir mengalir secara jejarian keluar disebabkan oleh perbezaan tekanan $(P_1 - P_2)$ antara jejari dalaman r_1 dan luaran r_2 . Lihat Rajah 2. Abaikan kesan hujung dan pertimbangkan bahagian $r_1 \leq r \leq r_2$ sahaja. Aliran sedemikian terjadi apabila pelincir mengalir dalam sistem pelinciran tertentu.

- (a) Rewrite the equation of continuity to show that $r v_r = f$, where f is a function of only z .

Tulis semula persamaan kesinambungan untuk menunjukkan bahawa $r v_r = f$, dimana f ialah fungsi z sahaja.

(25 marks/markah)

- (b) Simplify the equation of motion for incompressible flow of a Newtonian fluid of viscosity μ and density ρ .

Ringkaskan persamaan gerakan bagi aliran tak boleh mampat suatu bendalir Newtonian dengan kelikatan μ dan ketumpatan ρ .

(35 marks/markah)

- (c) Determine the velocity profile assuming creeping flow.

Dapatkan profil halaju dengan menganggap aliran merayap.

(40 marks/markah)

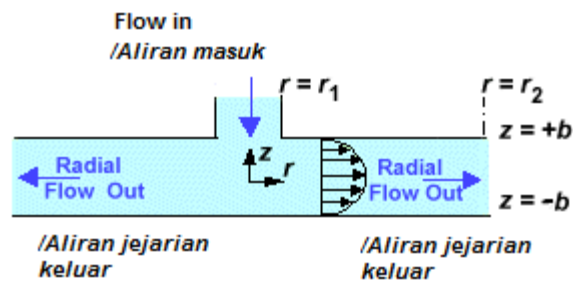


Figure 2 - Radial flow between two parallel disks

Rajah 2 - Aliran jejarian antara dua cakera selari

4. [a] The wall of a furnace comprises of three layers as shown in Figure 3. The first layer is a refractory (whose maximum allowable temperature is 1500°C) while the second layer is an insulator (whose maximum allowable temperature is 1100°C). The third layer is a plate of steel with 6.5-mm thick [thermal conductivity = $45 \text{ W}/(\text{m K})$]. Assume the layers are in a very good thermal contact. The temperature T_0 is 1450°C , while the temperature T_3 is 40°C . The heat loss through the furnace wall is expected to be $15800 \text{ W}/\text{m}^2$. Determine the thickness of the refractory and insulator that would give a minimum thickness of total wall.

Dinding suatu relau terdiri daripada tiga lapisan seperti ditunjukkan dalam Rajah 3. Lapisan pertama ialah refraktori (dengan suhu maksimum yang dibolehkan ialah 1500°C) manakala lapisan kedua ialah penebat (yang tahan pada suhu 1100°C). Lapisan ketiga ialah plat keluli setebal 6.5 mm [keberaliran haba = $45 \text{ W}/(\text{m K})$]. Anggap sentuhan haba pada lapisan-lapisan itu dalam keadaan sangat baik. Suhu T_0 dalam refraktori ialah 1450°C , manakala suhu T_3 di luar plat keluli ialah 40°C . Lesapan haba melalui dinding relau dijangkakan $15800 \text{ W}/\text{m}^2$. Tentukan ketebalan refraktori dan penebat yang sesuai untuk memberikan ketebalan dinding minimum keseluruhan.

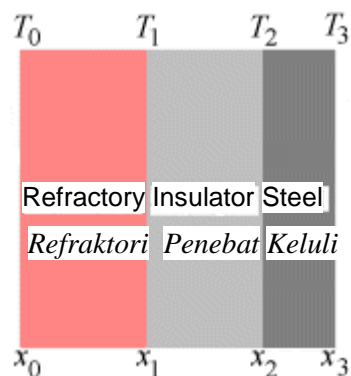


Figure 3 - Layers in a composite furnace wall
Rajah 3 - Lapisan-lapisan dalam komposit dinding relau

Given thermal conductivities in W/(m K):

Diberikan keberaliran haba dalam W/(m K):

Layer / Lapisan	k (40°C)	k (1100°C)	k (1450°C)
Refractory / Refraktori	3.12	6.23	7.1
Insulator / Penebat	1.56	3.12	-

(50 marks/markah)

- [b] An electric wire with radius r_0 of 0.50 mm is made of copper [electrical conductivity = $5.1 \times 10^7 \text{ ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$ and thermal conductivity = 380 W/(m K)]. It is insulated to an outer radius r_1 of 1.50 mm with plastic [thermal conductivity = 0.35 W/(m K)]. See Figure 4. The ambient air is at 30.0°C and the heat transfer coefficient from the outer insulated surface to the surrounding air is 8.5 W/(m² K). Determine the maximum current that can be flown at steady-state in the wire without any portion of the insulation getting heated above its maximum allowable temperature of 95.0°C.

Wayar elektrik dengan jejari r_0 ialah 0.50 mm diperbuat dari tembaga [kekondusian elektrik = $5.1 \times 10^7 \text{ ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$ dan kekondusian haba = 380 W/(m K)]. Ia dibalut dengan plastik sebagai penebat dengan jejari luaran r_1 ialah 1.50 mm [kekondusian haba = 0.35 W/(m K)]. Lihat Rajah 4. Suhu udara ialah 30.0°C dan pekali pemindahan haba dari permukaan terluar penebat ke persekitaran udara ialah 8.5 W/(m² K). Tentukan arus maksimum yang mengalir dalam wayar pada keadaan mantap tanpa ada bahagian penebat yang mengalami pemanasan melebihi suhu 95.0°C.

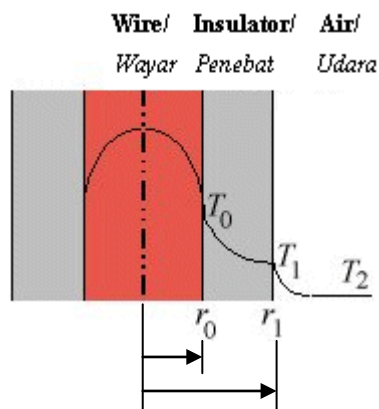


Figure 4 - Heating of an insulated electric wire

Rajah 4 - Pemanasan pada wayar elektrik tertebat

(50 marks/markah)

...8/-

PART B / BAHAGIAN B

5. [a] Explain the following items;
- (i) Gases at low density
 - (ii) Hydrodynamic theory
 - (iii) Theory of diffusion in binary liquids
 - (iv) Brownian motion

Terangkan perkara di bawah;

- (i) *Ketumpatan rendah pada gas*
- (ii) *Teori hydrodinamik*
- (iii) *Teori pembauran di dalam dua cecair*
- (iv) *Pergerakan "Brownian"*

(40 marks/markah)

- [b] Calculate the error in absorption rate for gases when individual error of concentration and diffusion is 1 and 3%, respectively.

Kirakan ralat untuk kadar penyerapan gas apabila ralat kepekatan dan pembauran ialah 1 dan 3%.

(60 marks/markah)

6. [a] Explain the assumptions for the following conditions:
- (i) Diffusion through a stagnant film
 - (ii) Diffusion through a stagnant liquid film
 - (iii) Gas absorption in a falling liquid film in a tube with a chemical reaction

Terangkan andaian mengenai keadaan di bawah:

- (i) *Pembauran melalui filem bertakung*
- (ii) *Pembauran melalui cecair filem yang bertakung*
- (iii) *Penyerapan gas kepada filem cecair yang jatuh di dalam tiub yang mempunyai tindak balas kimia*

(50 marks/markah)

- [b] Calculate the dehumidification of water in air by estimating the flux constant given below:

$$\frac{N_{Ay} \tilde{C}_{pA} \delta}{k}$$

Use the following parameters:

$P_{H_2O} = 0.178$ psi, $P_{air} = 14.7$ psi, Film temperature (T_F). $x_b = 1$, $k = 25.5E-5$ W.cm⁻¹.K⁻¹, $D_{(H_2O-air)} = 0.246$ cm².s⁻¹, $C_{p(H_2O)} = 8.00$ cal.g⁻¹.K⁻¹ and $\delta = 1$.

Kirakan penyahlembapan air di dalam udara dengan menganggar pemalar fluks yang diberikan:

$$\frac{N_{Ay} \tilde{C}_{pA} \delta}{k}$$

Gunakan parameter:

$P_{H_2O} = 0.178$ psi, $P_{air} = 14.7$ psi, Suhu Filem (T_F). $x_b = 1$, $k = 25.5E-5$ W.cm⁻¹.K⁻¹, $D_{(H_2O-udara)} = 0.246$ cm².s⁻¹, $C_{p(H_2O)} = 8.00$ cal.g⁻¹.K⁻¹ dan $\delta = 1$.

(50 marks/markah)

7. [a] 3 diffusion processes are unsteady-state nonflow, steady-state flow and steady-state nonflow. Give an application of each process.

Terdapat 3 proses peresapan iaitu pembauran tidak mantap dan mengalir, mantap dengan mengalir dan mantap tanpa mengalir. Berikan aplikasi setiap proses ini.

(30 marks/markah)

- [b] Compute the volume of ethyl through unsteady-state diffusion-evaporation at 2 hours. From Table 1 estimate the average $D_{(\text{ethyl-air})}$. The given parameters are $P_{\text{ethyl}} = 41.5$ psi, $P_{\text{air}} = 761.2$ psi, $S_{\text{ethyl}} = 1$ m³, ψ is given in Table 2. The measured data for $t^{0.5}$ with respect to $D_{(\text{ethyl-air})}$ is given in Table 1.

Kirakan isipadu etil yang menyejat melalui proses penyejatan-penyerapan tidak mantap pada 2 jam. Daripada Jadual 1, anggarkan $D_{(\text{etil-udara})}$ purata. Parameter yang diberikan ialah $P_{\text{etil}} = 41.5$ psi, $P_{\text{air}} = 761.2$ psi, $S_{\text{etil}} = 1$ m³ dan ψ diberikan di dalam Jadual 2. Data yang diukur untuk $t^{0.5}$ berdasarkan $D_{(\text{etil-udara})}$ diberikan dalam Jadual 1.

Table 1 - Relationship between time and diffusion for ethyl-air mixture

Jadual 1 - Hubungan antara masa dan pembauran untuk campuran etil-udara

\sqrt{t}	15.5	19.4	23.4	26.9	30.5	34.0	37.5	41.5
D_{AB}	1.2	0.0281	0.0278	0.0272	0.0273	0.0270	0.0273	0.0269

Table 2 - Table of $\phi(x_{\text{ethyl}})$ and $\psi(x_{\text{ethyl}})$

Jadual 2 - $\phi(x_{\text{ethyl}})$ dan $\psi(x_{\text{ethyl}})$

x_{ethyl}	ϕ	$\psi = \phi \sqrt{\pi / x_{\text{ethyl}}}$
0.00	0.0000	1.000
0.25	0.1562	1.108
0.50	0.3578	1.268
0.75	0.6618	1.564
1.00	∞	∞

(40 marks/markah)

- [c] For small value of D_{AB} , boundary layer calculations can be simplified. Discuss assumptions used for this calculation.

Untuk nilai D_{AB} yang kecil, kiraan lapisan sempadan dapat dipermudahkan. Bincangkan andaian yang dibuat untuk kiraan ini.

(30 marks/markah)

- oooOooo -
