

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). Briefly explain the difference between inviscid and viscous flows. Show the region of the flows by providing an appropriate schematic diagram.

Terangkan secara ringkas perbezaan antara aliran tak likat dan aliran likat. Tunjukkan kawasan aliran dengan menyediakan gambar rajah skema yang bersesuaian.

(5 marks/markah)

- (b). What is the expression used for Reynolds number, Re ? What are the forces involved in the Reynolds number expression? Explain the significance of Reynolds number in fluid mechanics?

Apakah ungkapan yang digunakan untuk nombor Reynolds, Re ? Apakah daya-daya yang terlibat dalam ungkapan nombor Reynold? Terangkan kepentingan nombor Reynolds dalam mekanik bendalir?

(5 marks/markah)

- (c). Differentiate between steady state versus transient heat transfer. Also list the differential equations governing both conditions for slab system.

Nyatakan Perbezaan antara kekonduksian haba secara mantap dan pada keadaan sementara. Juga senaraikan persamaan kebezaan yang merangkumi sistem slab.

(10 marks/markah)

...3/-

PART B / BAHAGIAN B

- (2). (a). Prove the pressure decreases linearly with an increase in height for fluid under gravity by considering a vertical cylindrical element of fluid.

Buktikan tekanan menurun secara linear dengan peningkatan ketinggian untuk bendalir di bawah graviti dengan mempertimbangkan elemen bendalir silinder tegak.

(5 marks/markah)

- (b). Express the following equation in terms of the volume flow rate and the pipe diameter. If the pipe diameter is doubled at a constant pressure drop, what percentage change will occur in the flow rate?

Nyatakan persamaan berikut dari segi kadar aliran isipadu dan diameter paip. Jika diameter paip digandakan pada kejatuhan tekanan malar, berapa peratus perubahan yang akan berlaku dalam kadar aliran?

$$-\frac{dP}{dx} = \frac{8\mu v_{avg}}{R^2} = \frac{32\mu v_{avg}}{D^2}$$

(5 marks/markah)

- (c). Fluid flows between two parallel plates, at a distance of h apart. The upper plate moves at velocity v_0 ; the lower plate is stationary. At which value of pressure gradient will the shear stress at the lower wall be zero?

...4/-

Bendalir mengalir di antara dua plat selari, pada jarak terpisah h . Plat bahagian atas bergerak pada halaju v_0 ; plat bahagian bawah adalah pegun. Berapakah nilai kecerunan tekanan yang akan menyebabkan tegasan ricih pada dinding bawah akan menjadi sifar.

(10 marks/markah)

- (3). (a). The pressure difference between an oil pipe and water pipe is measured by a double-fluid manometer, as shown in Figure 1. For the given fluid heights and specific gravities, calculate the pressure difference $\Delta P = P_B - P_A$.

Perbezaan tekanan antara paip minyak dan paip air diukur dengan manometer bendalir ganda, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Untuk ketinggian bendalir dan graviti tentu yang diberikan, hitungkan perbezaan tekanan $\Delta P = P_B - P_A$.

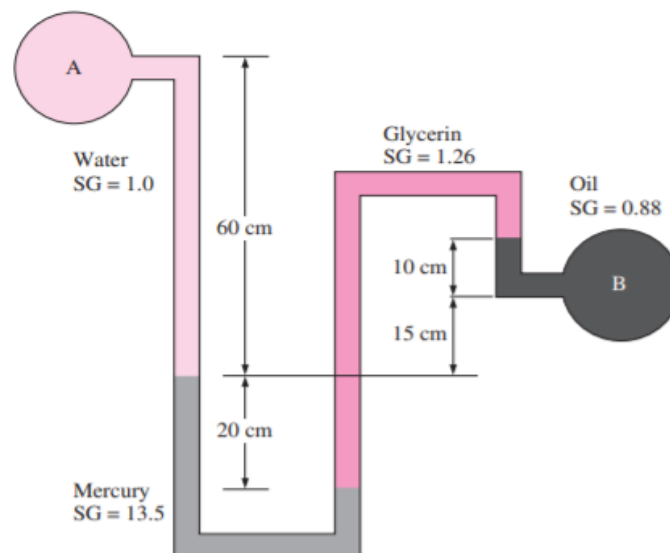


Figure 1 – A double-fluid manometer

Rajah 1 – Manometer bendalir ganda

(5 marks/markah)

...5/-

- (b). How does surface roughness affect the pressure drop in a pipe if the flow is turbulent? What would your response be if the flow were laminar?

Bagaimanakah kekasaran permukaan menjejaskan penurunan tekanan dalam paip jika aliran bergelora? Apakah maklum balas anda jika aliran itu adalah lamina?

(4 marks/markah)

- (c). Water enters a circular tube at a velocity of 20 ms^{-1} . If the pressure drops by 4 kPa after a distance of 2 km, what is the diameter of the tube?

Air memasuki tiub bulat dengan halaju 20 ms^{-1} . Sekiranya tekanan turun sebanyak 4 kPa setelah jarak 2 km, berapakah diameter tiub?

(5 marks/markah)

- (d). Briefly discuss the mechanism of boundary layer separation. Explain ONE example of the phenomenon.

Bincangkan secara ringkas mekanisma pemisahan lapisan sempadan. Terangkan SATU contoh fenomena ini

(6 marks/markah)

...6/-

- (4). (a). Briefly discuss the development of a fully developed flow using an appropriate diagram.

Bincangkan secara ringkas perkembangan aliran terbangun sepenuhnya dengan menggunakan gambar rajah yang bersesuaian.

(5 marks/markah)

- (b). The water in a swimming pool with 10 m-diameter and 2 m-high is to be emptied by unplugging a 3 cm-diameter, 25 m-long horizontal pipe attached to the bottom of the pool. Determine the maximum discharge rate of water through the pipe. Explain why the actual flow rate will be less than the calculated value.

Air di dalam kolam renang yang berdiameter 10 m dan 2 m tinggi akan dikosongkan dengan menanggalkan paip mendatar yang berdiameter 3 cm dan berkepanjangan 25 m yang disambungkan ke bahagian bawah kolam tersebut. Tentukan kadar pelepasan maksimum air melalui paip tersebut. Terangkan mengapa kadar aliran sebenar akan kurang daripada nilai yang dikira.

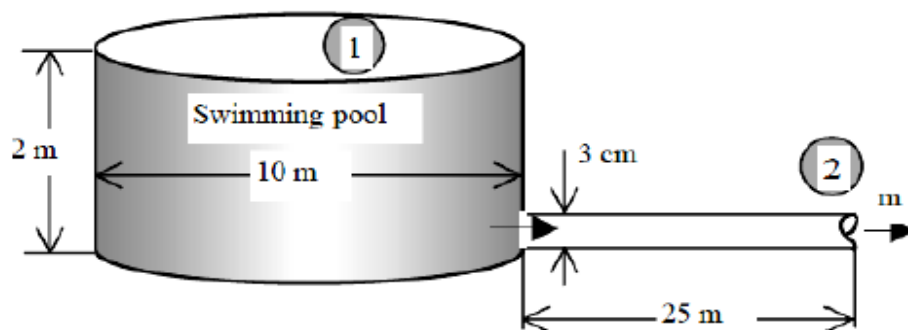


Figure 2 / Rajah 2

(5 marks/markah)

...7/-

- (c). A Newtonian fluid is confined between two parallel and vertical plates as shown in Figure 3. The surface on the left is stationary and the other is moving vertically at a constant velocity v_0 . Assuming that the flow is laminar, solve for the velocity profile.

Bendalir Newtonian dihadkan di antara dua plat selari dan menegak seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Permukaan di sebelah kiri adalah pegun dan satu lagi permukaan bergerak secara menegak pada halaju malar v_0 . Dengan mengandaikan aliran adalah lamina, selesaikan profil halaju.

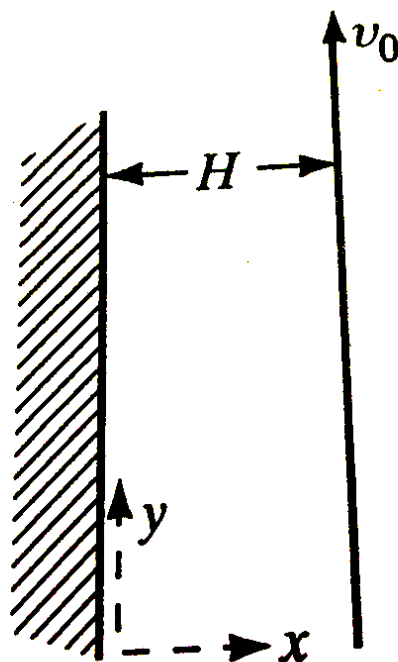


Figure 3 - Flow between vertical parallel plates

Rajah 3 - Aliran melalui plat selari menegak

(10 marks/markah)

...8/-

PART C / BAHAGIAN C

(5). (a). Explain the following items;

Terangkan perkara berikut;

(i). Diffusion through a stagnant film
Resapan melalui filem bertakung

(ii). Hydrodynamic theory
Teori hidrodinamik

(iii). Fourier's Law of Heat Conduction
Hukum konduksi terma Fourier

(iv). Prandtl number
Nombor Prandtl

(10 marks/markah)

(b). The wall of a furnace comprises of three layers as shown in Figure 4. The first layer is a refractory (whose maximum allowable temperature is 1300°C) while the second layer is an insulator (whose maximum allowable temperature is 1000°C). The third layer is a plate of steel with 3.0-mm thick [thermal conductivity = 35 W/(m K)]. Assume the layers are in a very good thermal contact. The temperature T_0 is 1250°C, while the temperature T_3 is 60°C. The heat loss through the furnace wall is expected to be 13,000 W/m². Determine the thickness of the refractory and insulator that would give a minimum thickness of total wall.

...9/-

Dinding suatu relau terdiri daripada tiga lapisan seperti ditunjukkan dalam Rajah 4. Lapisan pertama ialah refraktori (dengan suhu maksimum yang dibolehkan ialah 1300°C) manakala lapisan kedua ialah penebat (yang tahan pada suhu 1000°C). Lapisan ketiga ialah plat keluli setebal 5.0 mm [kekonduksian haba = $35\text{ W}/(\text{m K})$]. Anggap sentuhan haba pada lapisan-lapisan itu dalam keadaan sangat baik. Suhu T_0 dalam refraktori ialah 1250°C , manakala suhu T_3 di luar plat keluli ialah 60°C . Lesapan haba melalui dinding relau dijangkakan $13,000\text{ W}/\text{m}^2$. Tentukan ketebalan refraktori dan penebat yang sesuai untuk memberikan ketebalan dinding minimum keseluruhan.

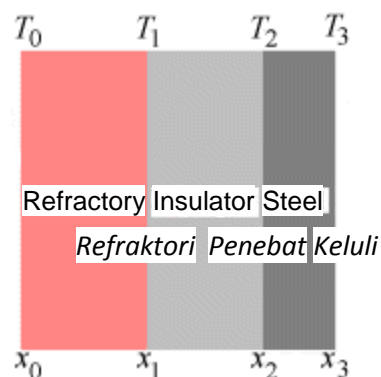


Figure 4 - Layers in a composite furnace wall

Rajah 4 - Lapisan-lapisan dalam komposit dinding relau

Given thermal conductivities in $\text{W}/(\text{m K})$:

Diberikan keberaliran haba dalam $\text{W}/(\text{m K})$:

Layer / Lapisan	k (60°C)	k (1000°C)	k (1250°C)
Refractory / Refraktori	2.5	4.53	5.5
Insulator / Penebat	1.03	2.00	-

(10 marks/markah)

...10/-

- (6). (a). A thick part made of cobalt (Co) is put into a room filled with helium (He) gas at 2.5 atmosphere and 150°C. Figure 5 are shown in. Determine the He concentration at a depth of 1.0-mm from the surface after 48 hours using Fick's second law of diffusion. The molar mass of He is $M = 4 \text{ kg/kmol}$. The solubility of He in Co at 150°C is $0.00301 \text{ kmol/m}^3\cdot\text{bar}$. The mass diffusivity of He in Co at 150°C is $D_{AB} = 1.5 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$. Use the error function table and equation given in appendix formula.

Bahagian tebal kobalt (Co) di masukkan ke dalam sebuah bilik yang dipenuhi dengan gas helium (He) pada 2.5 atmosfera dengan suhu 150°C. seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Tentukan kepekatan He pada kedalaman 1.0 mm daripada permukaan selepas 48 jam menggunakan hukum resapan Fick kedua. Jisim molekul He ialah $M=4 \text{ kg/kmol}$. Keterlarutan He ke dalam Co pada 150°C ialah $0.00301 \text{ kmol/m}^3\cdot\text{bar}$. Kemerresapan jisim He didalam Co pada suhu 150°C ialah $D_{AB} = 1.5 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$. Gunakan jadual fungsi ralat dan persamaan yang diberikan di dalam lampiran formula.

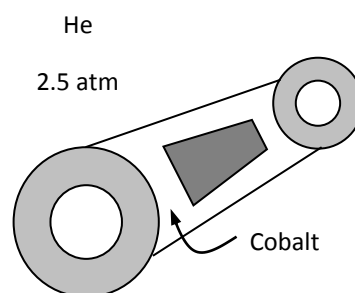


Figure 5: Helium diffusion in Cobalt

Rajah 5: Pembauran helium ke dalam kobalt

(15 marks/markah)

...11/-

- (b). Explain how processing using diffusion is done for case hardening.
Terangkan bagaimana proses resepan digunakan untuk pengerasan selongsong

(5 marks/markah)

- (7).. (a). From caption table, compute cD_{AB} for binary mixtures of H_2 and CO at $T=120^\circ C$ (1.5 atm). Calculate the Schmidt numbers for the above gases at H_2 pressure ratio of 0.0, 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 at $100^\circ C$ and 1.5 atm. Given the gas viscosity relationship is $\mu = 0.0046x^4 - 0.0056x^3 + 0.0012x^2 - 0.0022x + 6E-04$ where x = molar ratio of H_2 .

Daripada jadual, kirakan cD_{AB} campuran dedua H_2 dan CO pada $T=120^\circ C$ tekanan 1.5 atm. Kirakan nombor Schmidt untuk gas H_2 pada nisbah molar 0.0, 0.25, 0.50, 0.75 dan 1.00 pada suhu dan tekanan tersebut. Diberikan kelikatan gas ialah $\mu = 0.0046x^4 - 0.0056x^3 + 0.0012x^2 - 0.0022x + 6E-04$ di mana x = nisbah molar H_2 .

Species	M, g/mol	σ , angstrom	ϵ/k , K
H_2	2.00	1.90	58.00
CO	28.00	4.60	140.00

(8 marks/markah)

- (b) A small heating panel consists essentially of a flat, vertical, rectangular surface 25 cm high and 50 cm wide. Estimate the total rate of heat loss (q) from one side of this panel by free convection, if the panel surface is at $120^\circ C$, and the surrounding air is at $60^\circ C$ and 1 atm. Use the value of constant, $C = 0.548$ obtained by L. Lorenz (1881) in Eq. 7b and compare that to the value of C recommended by S. Whitaker (1977) in Table 1. The table is based on experimental measurements of heat loss with respect to

...12/-

various Prandtl number. By using both values of C , estimate the error in total rate of heat loss from the rectangular surface. It is given, the viscosity of air, $\mu = 1.923 \times 10^{-4} \text{ g.cm}^{-1}.\text{s}^{-1}$, heat capacity, $C_{p(\text{air})} = 1.007 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$ and thermal conductivity = $0.0276 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ at 60°C .

Sebuah panel kecil yang terdiri daripada permukaan rata dan tegak, berbentuk segi empat tepat dengan ukuran tinggi 25 cm dan lebarnya 50 cm. Anggarkan jumlah kadar kehilangan haba (q) dari satu permukaan panel yang bebas daripada perolakan sekiranya suhu panel 120°C dan suhu udara ialah 60°C dengan tekanan udara sebanyak 1 atmosfera. Dengan menggunakan pemalar $C = 0.548$ yang diperolehi daripada L. Lorenz (1881) yang dipaparkan dalam persamaan 7b, bandingkan dengan pemalar C yang disyorkan oleh S. Whitaker (1977) di dalam Jadual 1. Jadual tersebut ialah ukuran ujikaji kadar kehilangan haba terhadap nombor Prandtl. Dengan menggunakan dua nilai untuk pemalar C , anggarkan ralat dalam kiraan kadar kehilangan haba daripada permukaan segi empat tepat.

$$q = C * \frac{k}{H} (T_o - T_1) \left(\left(\frac{C_p \mu}{k} \right) \left(\frac{\bar{p}^2 g \bar{\beta} (T_o - T_1) H^3}{\mu^2} \right) \right)^{\frac{1}{4}} \quad \text{Eq. 7b}$$

Table 1 : Experimental measurement of Prandtl number with constant C in air by S. Whitaker (1977).

Jadual 1: Ukuran ujikaji untuk nombor Prandtl dengan pemalar C di udara yang diperolehi oleh S. Whitaker (1977)

Pr	0.73	1	10	100	1000	∞
C	0.518	0.535	0.620	0.653	0.665	0.670

(12 marks/markah)

—oooOooo —