
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2014/2015

June 2015

MSG 322 - Fluid Mechanics
[Mekanik Bendalir]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

Instructions: Answer **all five** [5] questions.

[Arahan: Jawab semua lima [5] soalan.]

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].

1. (a) Give an explanation for each of the following:
 - (i) streamtube,
 - (ii) non-Newtonian fluid,
 - (iii) cavitation,
 - (iv) Lagrangian description,
 - (v) Eulerian description.

- (b) A velocity distribution is given by $u = x, v = -y, w = 0$.
 - (i) Describe the flow with the velocity distribution above.
 - (ii) Obtain the equation for the streamlines.
 - (iii) Sketch the streamlines of the flow in all four quadrants.
 - (iv) Give possible interpretations of the pattern of the streamlines obtained.

[20 marks]

1. (a) Berikan penjelasan bagi setiap perkara berikut:

- (i) tiub strim,
- (ii) bendalir bukan Newtonan,
- (iii) peronggaan,
- (iv) perihalan Lagrangean,
- (v) perihalan Euleran.

- (b) Taburan halaju diberi oleh $u = x, v = -y, w = 0$.

- (i) Terangkan aliran dengan taburan halaju di atas.
- (ii) Dapatkan persamaan bagi garis strim.
- (iii) Lakarkan garis strim bagi aliran tersebut dalam keempat-empat sukuan.
- (iv) Berikan tafsiran yang bersesuaian bagi corak garis strim yang diperolehi.

[20 markah]

2. The Reynolds transport theorem for the rate of change of an extensive integral quantity is given by

$$\frac{DN_{\text{sys}}}{Dt} = \frac{d}{dt} \int_{c.v.} \eta \rho \, dV + \int_{c.s.} \eta \rho \hat{\mathbf{n}} \cdot \mathbf{V} \, dA$$

where N_{sys} represents an integral quantity, η is the property of the system per unit mass, ρ is the density of the fluid, dV is the volume occupied by the fluid particle, $\hat{\mathbf{n}}$ is a unit vector normal to the area element dA and \mathbf{V} is the velocity vector.

- (a) State the conservation of mass principle.
- (b) Based on the above equation, derive the continuity equation for an unsteady uniform flow through a device with one inlet and two outlets. State all the assumptions made.
- (c) A liquid flows uniformly in a 2 cm × 4 cm rectangular conduit, and flows out through a 4-cm-diameter pipe with a parabolic profile. The maximum velocity in the pipe is 2 m/s.
 - (i) Determine the expression for the flow velocity in the pipe.
 - (ii) What is the flow velocity in the rectangular conduit?

[25 marks]

2. *Teorem angkutan Reynolds bagi kadar perubahan kuantiti penting ekstensif diberi oleh*

$$\frac{DN_{\text{sys}}}{Dt} = \frac{d}{dt} \int_{c.v.} \eta \rho \, dV + \int_{c.s.} \eta \rho \hat{\mathbf{n}} \cdot \mathbf{V} \, dA$$

dengan N_{sys} mewakili kuantiti penting, η ialah cirian sistem per unit jisim, ρ ialah ketumpatan bendalir, dV ialah isipadu zarah bendalir, $\hat{\mathbf{n}}$ ialah vektor unit normal kepada unsur luas dA dan \mathbf{V} ialah vektor halaju.

- (a) *Nyatakan prinsip pengabadian jisim.*
- (b) *Terbitkan persamaan keselantaran berdasarkan persamaan di atas bagi suatu aliran seragam tak mantap melalui suatu peranti dengan satu salur masuk dan dua salur keluar. Nyatakan semua andaian yang dibuat.*
- (c) *Suatu bendalir mengalir secara seragam di dalam saluran berbentuk segi empat tepat 2 cm × 4 cm, dan keluar melalui paip yang berdiameter 4 cm dengan profil parabola. Halaju maksimum di dalam paip ialah 2 m/s.*
 - (i) *Dapatkan ungkapan bagi halaju aliran di dalam paip.*
 - (ii) *Apakah halaju aliran di dalam saluran berbentuk segi empat tepat?*

[25 markah]

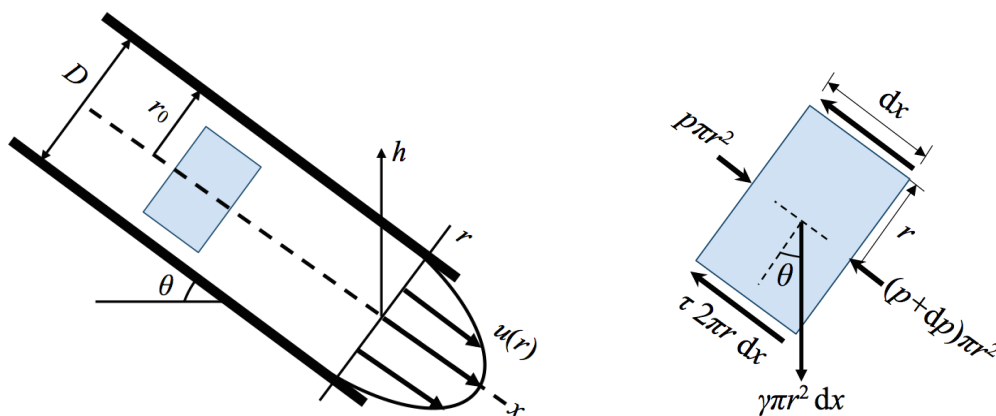
3. The velocity field of incompressible flow is given by $\mathbf{V} = -2xy\mathbf{i} + (y^2 - x^2)\mathbf{j}$. Gravity is neglected and viscosity is assumed to be constant.
- Does this flow satisfy conservation of mass?
 - Does this flow satisfy Navier-Stokes equation?
 - If part (b) is satisfied, find the pressure $p(x, y)$ if the pressure at the origin is p_a .

[15 marks]

3. Medan halaju bagi suatu aliran tak mampat diberi oleh $\mathbf{V} = -2xy\mathbf{i} + (y^2 - x^2)\mathbf{j}$. Graviti diabaikan dan kelikatan diandaikan malar.
- Adakah aliran ini memenuhi prinsip pengabadian jisim?
 - Adakah aliran ini memenuhi persamaan Navier-Stokes?
 - Jika bahagian (b) dipenuhi, cari tekanan $p(x, y)$ jika tekanan pada asalan ialah p_a .

[15 markah]

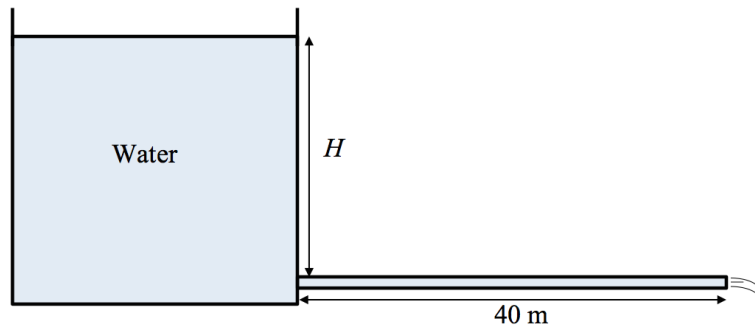
4. Consider a steady, incompressible, developed laminar flow in a circular pipe and its mass element as sketched, where τ is the shear stress and γ is the specific weight of the fluid.



- Derive the velocity distribution $u(r)$ using Newton's second law.
- Then, if the constant pressure gradient in (a) is expressed as $-\Delta p/L$, where $\Delta p (\geq 0)$ is the pressure drop over the length of pipe L , show that the average velocity of the flow in a horizontal pipe is $V = r_0^2 \Delta p / 8\mu L$.

...5/-

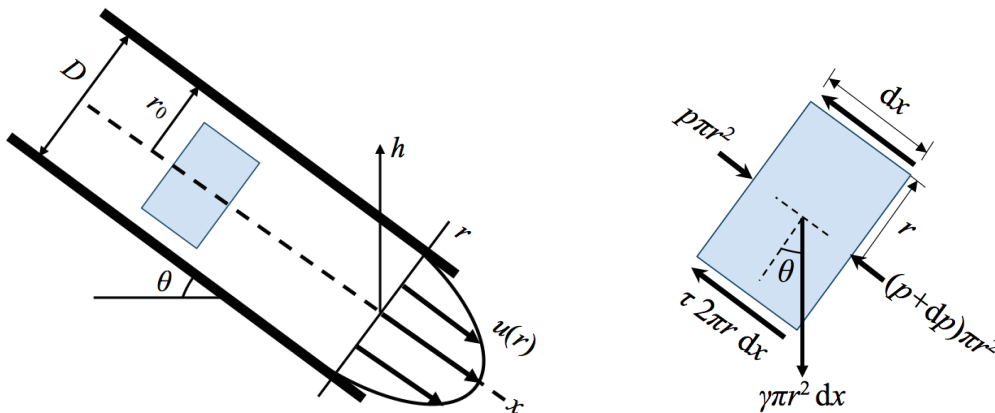
- (c) A horizontal pipe of 4 mm diameter and 40 m length is attached to the reservoir containing 20° C water. The average velocity of the flow in the pipe is 0.49 m/s.



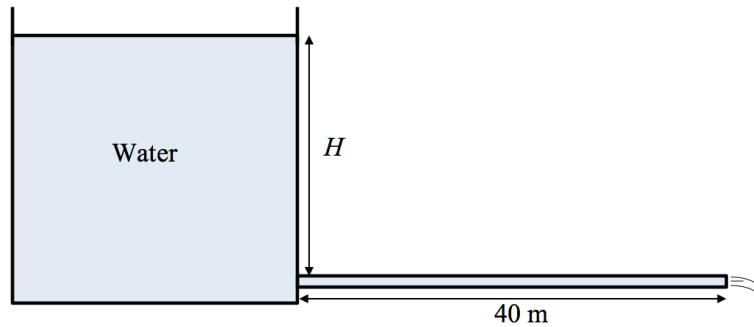
- (i) Show that the flow is laminar.
 (ii) What is the height H ?

[25 marks]

4. Pertimbangkan suatu aliran yang mantap, tak mampat, terbangun dan lamina di dalam paip bulat dan unsur jisimnya seperti yang dilakarkan, yang mana τ ialah tegasan ricih dan γ ialah berat tentu bendalir.



- (a) Terbitkan taburan halaju $u(r)$ menggunakan hukum Newton kedua.
 (b) Kemudian, sekiranya kecerunan tekanan yang malar dalam (a) diungkapkan sebagai $-\Delta p/L$, yang mana $\Delta p (\geq 0)$ ialah susutan tekanan terhadap panjang paip L , tunjukkan bahawa halaju purata bagi aliran di dalam paip mengufuk ialah $V = r_0^2 \Delta p / 8\mu L$.
 (c) Suatu paip yang mengufuk dengan diameter 4 mm dan panjang 40 m bersambung dengan suatu takung yang mengandungi air bersuhu 20° C. Halaju purata bagi aliran di dalam paip ialah 0.49 m/s.



- (i) Tunjukkan bahawa aliran tersebut ialah aliran lamina.
- (ii) Apakah ketinggian H ?

[25 markah]

5. (a) A flow is represented by the stream function $\psi = 10 \ln(x^2 + y^2) \text{ m}^2/\text{s}$.
- (i) Determine the velocity potential ϕ .
 - (ii) Assuming air to be flowing, determine the pressure along the negative x -axis if $p = 0$ at $x = -\infty$. Use $\rho_{\text{air}} = 1.23 \text{ kg/m}^3$.
- (b) A uniform flow parallel to the x -axis of 10 m/s is superimposed on a source at the origin of strength $10\pi \text{ m}^2/\text{s}$.
- (i) Write the velocity potential ϕ and stream function ψ .
 - (ii) Locate any stagnation points.

[15 marks]

5. (a) Suatu aliran diwakili oleh fungsi strim $\psi = 10 \ln(x^2 + y^2) \text{ m}^2/\text{s}$.
- (i) Dapatkan upaya halaju ϕ .
 - (ii) Dengan andaian udara akan mengalir, dapatkan tekanan di sepanjang paksi- x negatif jika $p = 0$ pada $x = -\infty$. Guna $\rho_{\text{udara}} = 1.23 \text{ kg/m}^3$.
- (b) Suatu aliran seragam dengan kelajuan 10 m/s selari dengan paksi x ditindih ke atas suatu sumber pada asalan yang berkekuatan $10\pi \text{ m}^2/\text{s}$.
- (i) Tuliskan upaya halaju ϕ dan fungsi strim ψ .
 - (ii) Dapatkan koordinat titik genangan.

[15 markah]