

## มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำปีภาคการศึกษาที่ 2

ปีการศึกษา 2557

วันที่ 22 มีนาคม 2558

เวลา 13.30-16:30 น.

วิชา 215-342 กลศาสตร์ของไหล 2

ห้อง R200

=====

## คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารและเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบ
3. ให้เขียนชื่อ-สกุล รหัสนักศึกษา ลงในข้อสอบทุกหน้า
4. อนุญาตให้เขียนคำตอบด้านหลังกระดาษ และเขียนด้วยดินสอ
5. มีสมการที่จำเป็นในสองหน้าสุดท้าย

ทุจริตในการสอบโทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียนหนึ่งภาคการศึกษา

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	15	
2	15	
3	20	
4	25	
5	25	
รวม	100	

อาจารย์ ชยุด นันทดลิต

(ผู้ออกข้อสอบ)

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_ Section \_\_\_\_\_

ข้อที่ 1. จงตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 จงอธิบายเกี่ยวกับการศึกษาการไหลแบบ Lagrangian และ Eulerian ว่ามีหลักคิดต่างกันอย่างไร

1.2 Material derivative ต่างจาก derivative ทั่วไปอย่างไรในกลศาสตร์ของไหล สามารถเขียนสมการในรูป derivative ของสนามการไหลได้อย่างไร จงอธิบายความหมายแต่ละเทอมในสมการ

1.3 จงอธิบายเกี่ยวกับการไหลแบบขุ่นตัวได้ การไหลแบบไม่หมุนวน พร้อมทั้งยกตัวอย่างปรากฏการณ์การไหลแต่ละแบบ

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_ Section \_\_\_\_\_

ข้อที่ 2. จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 Tracer คืออะไร จงยกตัวอย่าง Tracer ในการศึกษาการไหลของน้ำและการไหลของอากาศ

2.2 Timelines คืออะไร มีประโยชน์อย่างไรในการศึกษาการไหล

2.3 จงอธิบายเกี่ยวกับ Streamlines, Pathlines และ Streaklines ที่ใช้ในการดูการไหลที่เกิดขึ้น แต่ละเส้นบ่งบอกถึงอะไร ที่เงื่อนไขใดเส้นทั้งสามจะซ้อนทับเป็นเส้นเดียวกัน

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_ Section \_\_\_\_\_

ข้อที่ 3. จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 การศึกษาการไหลด้วยวิธี Integrate analysis และ Differential analysis มีความแตกต่างกันอย่างไร

3.2 ของไหลแบบ Newtonian แตกต่างจากของไหลแบบ Non-Newtonian อย่างไร

3.3 สมการ Continuity และ Navier-Stokes สามารถในรูป Conservative และ Non-Conservative ทั้งสองสมการมี  
หลักคิดที่มาแตกต่างกันอย่างไร

3.4 จงอธิบายความหมายของแต่ละเทอมในสมการ Navier-Stokes

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_ Section \_\_\_\_\_

ข้อที่ 4. ถ้าการไหลแบบขุ่นตัวไม่ได้ 3 มิติ มีความเร็วในแนวแกน x เป็น  $u = ax^2 + by^2 + cz^2$  และความเร็วในแนวแกน z เป็น  $w = axz + byz^2$  ถ้ากำหนดให้ a, b และ c เป็นค่าคงที่

(ก) จงหาสมการความเร็วในแนวแกน y ถ้าที่  $y = 0$  ให้  $v = 0$

(ข) จงหาสนามความเร่งของการไหลนี้

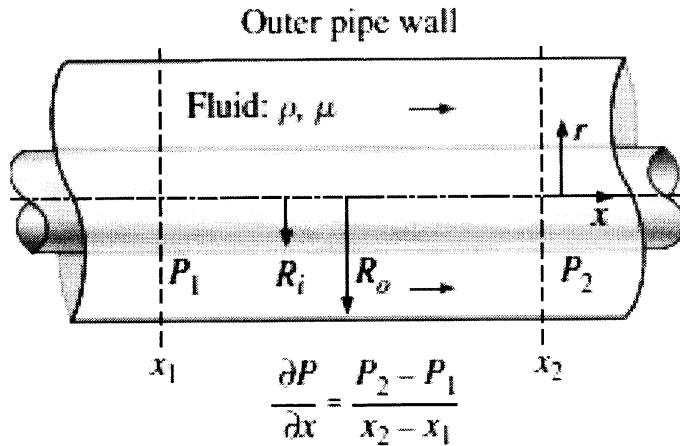
(ค) จงคำนวณ Vorticity รอบแนวแกนต่างๆ การไหลเป็นแบบ Rotational หรือแบบ Irrotational

(ง) จงคำนวณ Linear strain rate ในแนวแกนต่างๆ

(จ) จงคำนวณหา Shear strain rate แต่ละระนาบ

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_ Section \_\_\_\_\_

ข้อที่ 5 พิจารณาการไหลแบบคงตัว (Steady flow) การไหลแบบยุบตัวไม่ได้ (Incompressible flow) การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) ของของไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian fluid) ในท่อหน้าตัดรูปวงแหวนที่มีรัศมีภายใน  $R_i$  และรัศมีภายนอก  $R_o$  ดังแสดงในรูปข้างล่าง หากไม่พิจารณาผลของความเร่งโน้มถ่วง และกำหนดให้การไหลมี Pressure gradient เกิดขึ้นในแนวแกนท่อ (แกน  $x$ ) เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง จงหาสมการของความเร็วในท่อหน้าตัดรูปวงแหวนนี้



ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_ Section \_\_\_\_\_



$$\Omega_x = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right), \quad \Omega_y = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right), \quad \text{and} \quad \Omega_z = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

$$S = \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix}$$

*Incompressible continuity equation:*

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (9-61a)$$

*x-component of the incompressible Navier–Stokes equation:*

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (9-61b)$$

*y-component of the incompressible Navier–Stokes equation:*

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g_y + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (9-61c)$$

*z-component of the incompressible Navier–Stokes equation:*

$$\rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \rho g_z + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (9-61d)$$

*Incompressible continuity equation:* 
$$\frac{1}{r} \frac{\partial(ru_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial(u_\theta)}{\partial \theta} + \frac{\partial(u_z)}{\partial z} = 0 \quad (9-62a)$$

*r-component of the incompressible Navier–Stokes equation:*

$$\begin{aligned} \rho \left( \frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} - \frac{u_\theta^2}{r} + u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) \\ = -\frac{\partial P}{\partial r} + \rho g_r + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) - \frac{u_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (9-62b)$$

*\theta-component of the incompressible Navier–Stokes equation:*

$$\begin{aligned} \rho \left( \frac{\partial u_\theta}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_\theta}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{u_r u_\theta}{r} + u_z \frac{\partial u_\theta}{\partial z} \right) \\ = -\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \rho g_\theta + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial u_\theta}{\partial r} \right) - \frac{u_\theta}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (9-62c)$$

*z-component of the incompressible Navier–Stokes equation:*

$$\begin{aligned} \rho \left( \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \\ = -\frac{\partial P}{\partial z} + \rho g_z + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (9-62d)$$