

## มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำปีการศึกษาที่ 1

ปีการศึกษา 2552

วันที่ 31 กรกฎาคม 2552

เวลา 13.30 – 16.30 น.

วิชา 215-342, 216-342 Mechanics of Fluids II

ห้องสอบ ห้องหัวหุ่น

## คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลข และเอกสารทุกชนิดเข้าห้องสอบได้
3. ให้เขียนชื่อ-สกุล, รหัสนักศึกษา และ section ลงในข้อสอบทุกหน้า
4. ห้ามยืมอุปกรณ์ทุกชนิดในห้องสอบ

ทูลจรรยาบรรณในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้น และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	10	
2	10	
3	10	
4	25	
รวม	55(40%)	

ดร. กิตตินันท์ มลิวรรณ  
(ผู้ออกข้อสอบ)

1) Consider a sphere of radius  $R$  immersed in a uniform stream  $U_0$ . The fluid velocity along streamline  $AB$  is given by

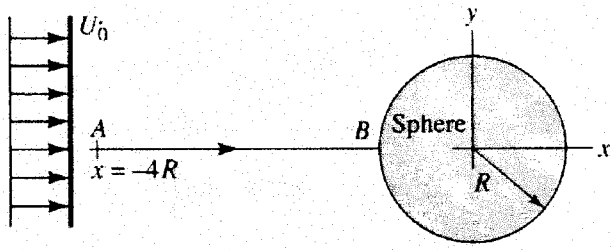
$$V = u\mathbf{i} = U_0 \left( 1 + \frac{R^3}{x^3} \right) \mathbf{i}$$

Find

(a) the position of maximum fluid acceleration along  $AB$ . (5 points)

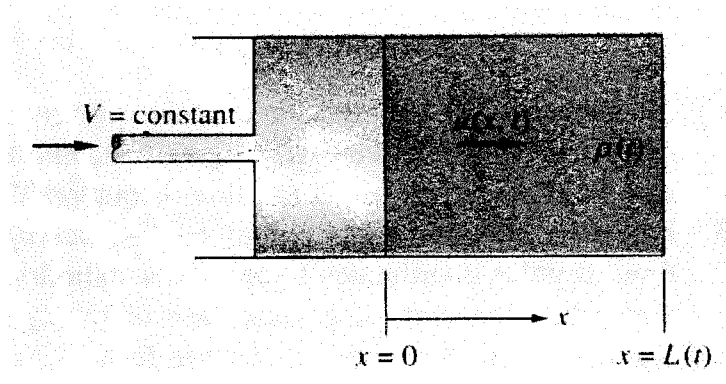
(b) the time required for a fluid particle to travel from  $A$  to  $B$ . (5 points)

(Hint:  $\int \frac{dx}{1 + R^3/x^3} = x - \frac{R}{6} \ln \frac{(x+R)^2}{x^2 - Rx + R^2} + \frac{R}{\sqrt{3}} \tan^{-1} \left( \frac{2x-R}{R\sqrt{3}} \right) + C$  )



2) A piston compresses gas in a cylinder by moving at constant speed  $V$ . Let the gas density and length at  $t = 0$  be  $\rho_0$  and  $L_0$ , respectively. Let the gas velocity vary linearly from  $u = V$  at the piston face to  $u = 0$  at  $x = L$ . If the gas density varies only with time, find an expression for  $\rho(t)$ . (10 points)

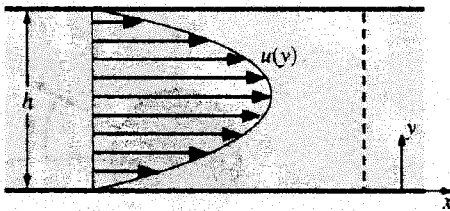
(Hint:  $L(t) = L_0 - Vt$ )



3) Consider fully developed, two-dimensional channel flow -- flow between two infinite parallel plates separated by distance  $h$ , with both the top plate and bottom plate stationary, and a forced pressure gradient  $dP/dx$  driving the flow. ( $dP/dx$  is constant and negative.) The flow is steady, incompressible, and two-dimensional in the  $xy$ -plane. The velocity components are given by  $u = (1/2\mu)(dP/dx)(y^2 - hy)$  and  $v = 0$ , where  $\mu$  is the fluid's viscosity.

(a) Generate an expression for stream function  $\psi$  along the vertical dashed line in Figure. For convenience, let  $\psi = 0$  along the bottom wall of the channel. (5 points)

(b) What is the value of  $\psi$  along the top wall? (5 points)



- 4) Consider a modified form of Couette flow in which there are two immiscible fluids sandwiched between two infinitely long and wide, parallel flat plates. The flow is steady, incompressible, parallel, and laminar. The top plate moves at velocity  $V$  to the right, and the bottom plate is stationary. Gravity acts in the  $z$ -direction (downward). There is no forced pressure gradient pushing the fluids through the channel-the flow is set up solely by viscous effects created by the moving upper plate. You may ignore surface tension effects and assume that the interface is horizontal. The pressure at the bottom of the flow ( $z = 0$ ) is equal to  $P_0$ .
- (a) List all the appropriate boundary conditions on both velocity and pressure. (Hint: There are six required boundary conditions.) (6 points)
- (b) Solve for the velocity field. (Hint: Split up the solution into two portions, one for each fluid. Generate expressions for  $u_1$  as a function of  $z$  and  $u_2$  as a function of  $z$ .) (8 points)
- (c) Solve for the pressure field. (Hint: Again split up the solution. Solve for  $P_1$  and  $P_2$ .) (8 points)
- (d) Let fluid 1 be water and let fluid 2 be unused engine oil, both at  $80^\circ\text{C}$  ( $\mu_{\text{water}} = 0.355 \times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ ,  $\mu_{\text{engine oil}} = 0.03232 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ ). Also let  $h_1 = 5.0 \text{ mm}$ ,  $h_2 = 8.0 \text{ mm}$ , and  $V = 10.0 \text{ m/s}$ . Plot  $u$  as a function of  $z$  across the entire channel. Discuss the results. (3 points)

