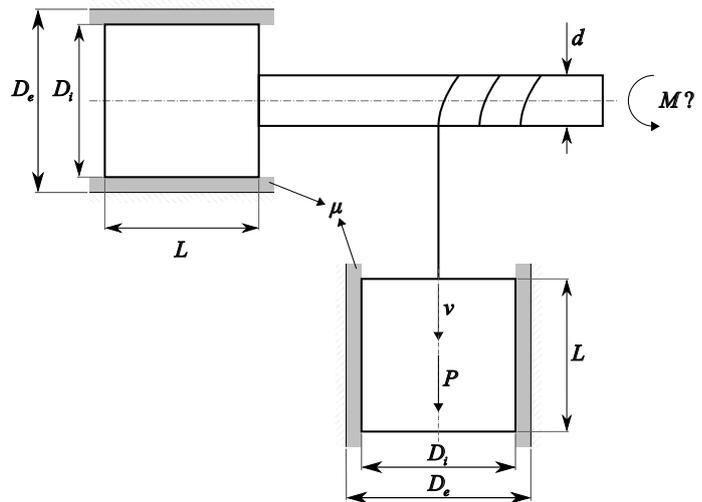


Duração: 120 minutos

**1ª Questão (3,0 pontos)**

No sistema da figura, o corpo cilíndrico de peso  $P$  desce com velocidade constante  $v$ , fazendo girar o eixo acoplado ao mancal cilíndrico. Considerando que os perfis de velocidade no fluido são lineares, determine:



(a) A expressão analítica do momento externo  $M$  aplicado no eixo em função de  $v$ , da viscosidade dinâmica do fluido  $\mu$ , do peso  $P$  e dos comprimentos indicados na figura. (2,0 pontos)

(b) O valor numérico do momento externo  $M$  quando  $v = 2$  m/s,  $\mu = 10^{-3}$  N·s/m<sup>2</sup>,  $P = 50$  N e as dimensões  $L = 500$  mm,  $D_e = 502$  mm,  $D_i = 500$  mm,  $d = 100$  mm. Este momento é motor ou resistente? Qual a potência gasta? (1,0 ponto)

**2ª Questão (3,0 pontos)**

Um aspersor de jardim oscilatório gera um campo de velocidades no plano horizontal  $(x, y)$  dado por  $\vec{V} = u_0 \hat{i} + v_0 \sin[\omega(t - x/u_0)] \hat{j}$ , onde  $u_0 = 10$  m/s,  $v_0 = 2$  m/s,  $\omega = 2\pi$  rad/s,  $t$  é o tempo e o aspersor está localizado na origem  $(0, 0)$ .

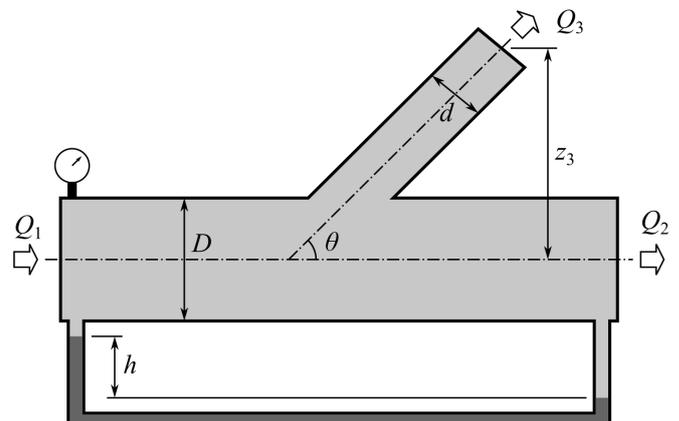
(a) Determine o campo de aceleração. (1,0 ponto)

(b) Obtenha a equação literal das linhas de corrente instantâneas (isto é, em função do tempo  $t$ ) que passam pela origem e faça um esboço da linha de corrente que passa pela origem em  $t = 1$  s. (1,0 ponto)

(c) Obtenha a equação literal das trajetórias das partículas que passam pela origem e esboce as trajetórias das partículas que deixam o aspersor nos instantes  $t = 0$  s,  $0,25$  s e  $0,75$  s. (1,0 ponto)

**3ª Questão (4,0 pontos)**

A figura mostra um trecho de tubulação com derivação em ângulo de  $\theta = 45^\circ$ . O diâmetro interno da tubulação principal é  $D = 40$  mm e da derivação é  $d = 20$  mm. Na tubulação escoava água ( $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>), que entra no trecho com uma vazão  $Q_1 = 3$  L/s. Nas seções extremas da tubulação principal do trecho ilustrado está acoplado um manômetro em U, cujo fluido manométrico é mercúrio ( $\rho_{Hg} = 13600$  kg/m<sup>3</sup>), que na condição considerada apresenta um desnível de  $h = 15$  mm. Há também um manômetro metálico medindo a pressão na seção de entrada, cuja leitura é de 100 kPa. A distância vertical do centro da seção da derivação ilustrada até o centro da tubulação vertical é  $z_3 = 0,2$  m. Sabe-se que a aceleração da gravidade no local vale  $9,8$  m/s<sup>2</sup> e que o peso do conjunto tubo + manômetro + fluidos é  $W = 50$  N. Desprezando efeitos viscosos e considerando propriedades e velocidades uniformes nas seções de entrada e saída, determine:



(a) As vazões  $Q_2$  e  $Q_3$ . (1,5 ponto)

(b) A força de vínculo necessária para manter este trecho fixo. (2,5 pontos)

### Formulário geral

$$\tau = \mu \frac{du}{dn}$$

$$p + \frac{\rho V^2}{2} + \rho g z = \text{constante}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\forall C} \rho d\forall + \int_{SC} \rho \vec{V}_r \cdot \vec{n} dA = 0$$

$$p_1 = \gamma h + p_2$$

$$\frac{Df}{Dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) f$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$$

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v}$$

$$\frac{dx}{dt} = u(x, y, t)$$

$$\frac{dy}{dt} = v(x, y, t)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\forall C} \vec{V} \rho d\forall + \int_{SC} \vec{V} \rho \vec{V}_r \cdot \vec{n} dA = \sum \vec{F}_{\text{ext}}$$