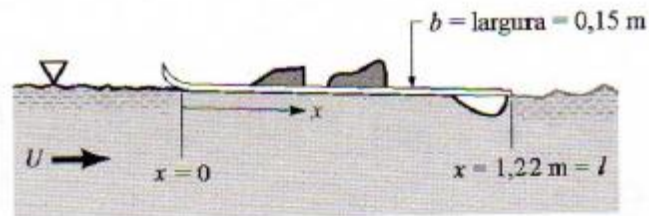


MEC 2355- Período 2016.2- Turbulência

Prof. Angela O. Nieckele - Lista de Exercícios 1 - data de entrega: 12 de setembro de 2016

1. Deseja-se bombear água a 20 C [$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 0,001 \text{ Pa s}$] em um tubo anular liso. O diâmetro interno é $D_i = 3 \text{ cm}$ e o externo é $D_e = 6 \text{ cm}$. A tubo possui $L = 20 \text{ m}$ de comprimento. Deseja-se uma vazão de $\dot{m} = 0,5 \text{ kg/s}$. Qual a potência de bombeamento necessária?
2. Considere um tubo de diâmetro igual a $D=2\text{cm}$ e comprimento igual a 50 m . Um fluido escoar ao longo do duto liso, sendo o número de Reynolds ($Re = \rho u_m D/\mu = 2000$). Uma rugosidade ε é introduzida na superfície da tubulação ($\varepsilon/D=0,002$), e o surgimento do regime turbulento é antecipado. Qual o aumento na perda de carga, $\Delta p/(\rho g)$, se a massa específica $\rho = 890 \text{ kg/m}^3$ e a viscosidade é igual a $\mu=0,089 \text{ Pa s}$?
3. Explique porque a bola de golfe é rugosa. Explique o fenômeno físico.
4. O esqui aquático mostrado na figura movimenta-se pela água a 20°C com velocidade $U=0,5 \text{ m/s}$. Estime a tensão cisalhante que atua na quilha com 20 cm de comprimento se a mesma está localizada na extremidade do esqui.



5. Deseja-se rebocar uma chata plana na água [$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ kg/(m s)}$], com velocidade de 5 km/hr. A prancha possui dimensão igual a 2 m por 5 m, e pequena espessura. Uma camada limite se forma na superfície inferior da mesma. (i) Determine qual a melhor configuração que deve ser utilizada para rebocar a prancha, informando qual a força mínima necessária para rebocá-la. Explique porque a força que atua na placa depende da posição da mesma. Na configuração ótima de reboque, determine a espessura da camada limite no final da prancha





6. Um petroleiro possui comprimento $L = 300$ m, largura $b = 80$ m e calado (profundidade) $H = 25$ m. O mesmo viaja a uma velocidade de 25 km/h. A densidade da água do mar é $\rho = 1025$ kg/m³ e a viscosidade absoluta é $\mu = 1,08 \times 10^{-3}$ kg/(m s). Estime: (i) o arrasto total devido ao atrito superficial que atua sobre o navio (ii) qual a região da superfície do navio precisará de tratamento especial para evitar a formação de craca, sabendo-se que a craca só é formada se a tensão superficial for inferior a 30 Pa.
7. Qual o significado físico de cada um dos termos das equações de conservação de:
(i) massa (ii) quantidade de movimento linear
8. Escrever a equação de Navier – Stokes considerando propriedades variáveis (massa específica e viscosidade molecular). Simplificar para o caso de massa específica constante.
9. Derive a equação da vorticidade $\frac{D\vec{\zeta}}{Dt} = \nu \nabla^2 \vec{\zeta} + \vec{\zeta} \cdot \nabla \mathbf{U}$

a partir da equação de Navier-Stokes. Dica: utilize notação indicial

10. Mostre que o quadrado da vorticidade (ou *enstrofia* - $\xi^2 = \xi \cdot \xi$) pode ser obtido de

$$\frac{D\xi^2}{Dt} = \nu \nabla^2 \xi^2 + 2 \xi_i \xi_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - 2\nu \frac{\partial \xi_i}{\partial x_j} \frac{\partial \xi_i}{\partial x_j}$$