Departamento de Física
Universidade de Aveiro

Termodinâmica e Dinâmica de Fluidos

1º Semestre – Ano Lectivo 2023/24

Problemas: 9ª série

1. A distribuição de velocidade de um escoamento estacionário laminar, num tubo de raio R, é dada por $u = C\,(R^2 - r^2)$, onde $r \leq R$ e C é uma constante. Calcule o caudal, Q, do escoamento.

2. Água a $20\,°\mathrm{C}$ escoa através de um tubo liso de 12.7 cm de diâmetro com um número de Reynolds muito grande (escoamento turbulento), sendo o campo de velocidade dado $u = U_0\,(y/R)^{1/8}$, ondeU_0 é a velocidade ao longo do eixo do tubo, R é o raio do tubo e y é a distância da parede medida ao longo do raio. Se $U_0 = 7.62\,\mathrm{m/s}$, estime o caudal em litros por minuto.

3. Um tanque cilíndrico encontra-se cheio de água até uma altura h, e tem um orifício com diâmetro D_0, no fundo. A água flui com velocidade média V_0 através do orifício. Use o teorema do transporte de Reynolds para encontrar uma expressão para a taxa instantânea de decréscimo profundidade $-\mathrm{d}h/\mathrm{d}t$.

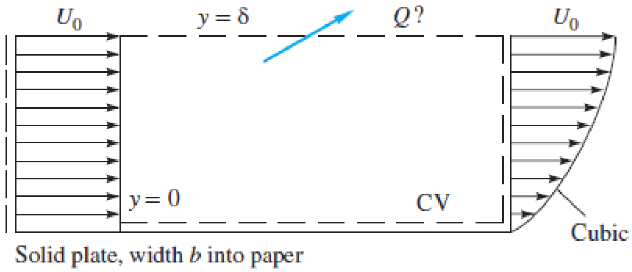
4. Um tanque esférico, cm 35 cm de diâmetro, está perdendo ar através de um orifício com 5 mm de diâmetro. O ar sai através do orifício com velocidade de 360 m/s e com densidade de 2.5 kg/m^3. Supondo que a densidade se mantém uniforme dentro do tanque,

a) encontre uma fórmula para a taxa de variação da densidade média no tanque;

b) calcule o valor de $\mathrm{d}\rho/\mathrm{d}t$ para os dados fornecidos.

5. Um tanque de testes num laboratório contém água do mar com salinidade S e densidade ρ. A água entra no tanque com salinidade S_1 e densidade ρ_1 através de um tubo de diâmetro D_1 com velocidade V_1, e presume-se que se mistura homogénea e quase instantaneamente com a água já existente no tanque. A água sai por um outro tubo de diâmetro D_2 com velocidade V_2. Se o sal for uma propriedade que se conserva (nem é criada nem destruída), use o teorema do transporte de Reynolds para encontrar uma expressão para a taxa de variação da massa de sal M_{sal} dentro do tanque.

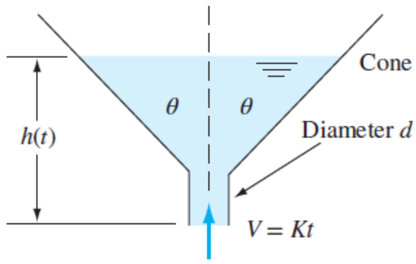
6. Um fluido incompressível flui sobre uma placa plana, rígida e fixa. Imediatamente antes da placa, o escoamento é uniforme com velocidade $u = U_0$, e, ao sair da placa, a velocidade do escoamento tem um perfil polinomial cúbico



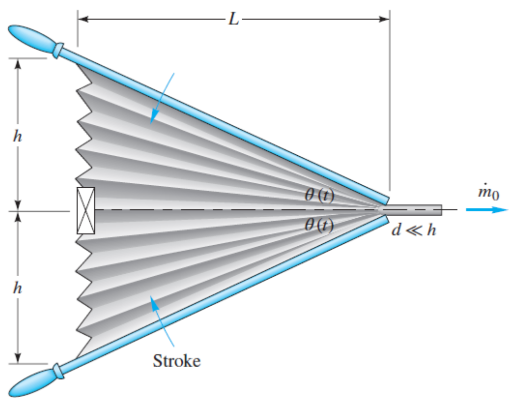
$$u \approx U_0 \left(\frac{3\eta - \eta^3}{2} \right) \qquad \text{onde } \eta = \frac{y}{\delta}.$$

Calcule o caudal Q através da superfície superior do volume de controlo.

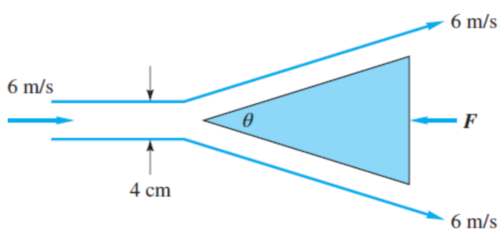
7. Água entra na parte inferior do cone representado na Figura, com uma velocidade média uniformemente e crescente no tempo, $V = Kt$. Se o diâmetro d for muito pequeno, derive uma fórmula analítica para a altura da superfície da água $h(t)$, assumindo $h = 0$ no instante inicial, e o fluxo incompressível.



8. Um fole pode ser modelado como um volume deformável em forma de cunha, como mostrado na Figura. A válvula de retenção na extremidade esquerda fecha-se fechada durante a compressão. Sendo b a largura do fole para dentro da figura, derive uma expressão para o fluxo de massa $\dot{m}_0$ em função do ângulo $\theta(t)$.

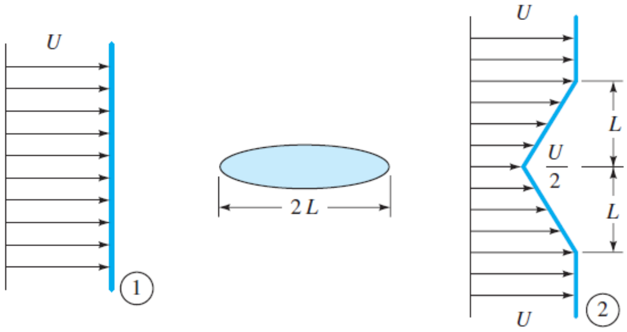


9. Uma cunha separa uma corrente de água a 20 °C, como mostrado na Figura. Tanto a corrente como a cunha tem uma dimensão trans-

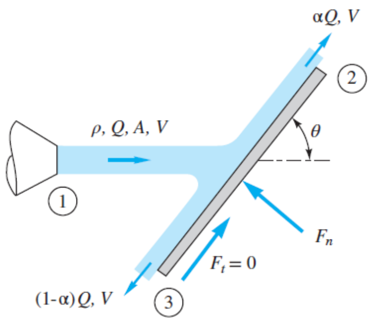


versal, b, (para dentro da folha de papel) muito grande. Se a força por unidade de comprimento necessária para manter a cunha estacionária for $F/b = 124\,\mathrm{N/m}$, qual será o ângulo θ da cunha?

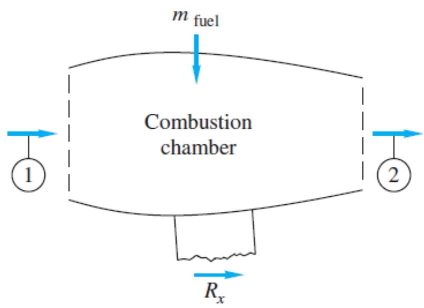
10*. Quando uma corrente uniforme passa por um cilindro comprido imerso, com superfície elíptica, uma ampla esteira de baixa velocidade é criada a jusante, idealizada em forma de V na Figura. As pressões p_1 e p_2 são aproximadamente iguais. Se a corrente for bidimensional e incompressível, e o comprimento do cilindro for b, derive uma fórmula para a força de arrasto F no cilindro. Reescreva seu resultado na forma de um coeficiente de arrasto adimensional baseado no comprimento do corpo $C_D = F/\left(\rho U^2 bL\right)$. Considere que a separação entre a linhas de corrente que delimitam a camada limite, no escoamento a montante tem uma separação $H = 3L/4$.



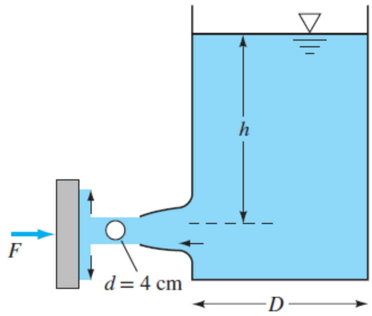
11. Quando um jacto, com caudal Q, atinge uma placa fixa inclinada, representada na Figura, separa-se em dois jactos com a mesma velocidade do jacto incidente, $V = V_{\text{jacto}}$, mas com caudais diferentes, αQ em 2 e $(1-\alpha)Q$ em 3, sendo α uma fracção. Sabendo que o jacto não exerce qualquer força tangencial na placa, determine a fracção α função do ângulo θ.



12. Um motor a jacto numa bancada de testes (ver Figura) admite ar à temperatura de $20\,^\circ\mathrm{C}$, pressão de 1 atm e com velocidade $V_1 = 250\,\mathrm{m/s}$ da secção 1 com área $A_1 = 0.5\,\mathrm{m}^2$. A proporção combustível:ar é de 1:30. O ar sai à pressão atmosférica e temperatura mais elevada, com velocidade $V_2 = 900\,\mathrm{m/s}$ pela secção $A_2 = 0,4\,\mathrm{m}^2$. Calcule a reacção R_x da bancada de teste horizontal necessária para manter o motor fixo.



13. Um tanque alto descarrega água através de um orifício circular, como se representa na Figura. Considerando o atrito desprezável, estime a velocidade de saída.



a) Se, num dado instante, a força F necessária para segurar a placa, que se encontra à frente do jacto, é de 40 N, qual é a altura h da superfície da água?

b) Se, no mesmo instante da alínea a), a superfície do tanque estiver a baixar a uma taxa de 2,5 cm/s, qual é o diâmetro D do tanque?

Soluções

1. $Q = \frac{\pi}{2} C R^4$

2. $Q \approx 4835\,\mathrm{l/min}$

3. $-\mathrm{d}h/\mathrm{d}t = \pi D_0^2 V_0/(4A)$, onde A é a área da superfície livre do tanque.

4. b) $\mathrm{d}\rho/\mathrm{d}t = -0.79\,\mathrm{kg \cdot m^{-3}/s}$

5. $\left[\frac{\mathrm{d}M_{\mathrm{sal}}}{\mathrm{d}t}\right]_{\mathrm{CV}} = \frac{\pi}{4}\,(\rho_1\, S_1\, D_1^2 V_1 - \rho\, S\, D_2^2 V_2)$

6. $Q = \frac{3}{8} U_0 b \delta$

7. $h(t) = \left[\frac{3}{8} K t^2 d^2 \cot^2\theta\right]^{1/3}$

8. $\dot{m}_0 = -\rho b L^2 \sec^2\theta\,(\mathrm{d}\theta/\mathrm{d}t)$

9. $\theta = 48°$

10. $F_{\mathrm{drag}} = \rho U^2 L b/3, \qquad C_D = 1/3$

11. $\alpha = (1 + \cos\theta)/2$

12. $R_x = 102\,\mathrm{kN}$

13. $h = 1.63\,\mathrm{m} \qquad D = 0.60\,\mathrm{m}$