CAPÍTULO 1 PROBLEMAS

1.1 O livre percurso médio de um gás, ℓ, é definido como a distância média percorrida pelas moléculas entre colisões. De acordo com a teoria cinética, o livre percurso médio de um gás ideal é dado por

$$\ell = 1{,}26\,\frac{\mu}{\rho}(RT)^{-1/2}$$

em que R é a constante do gás, μ é o coeficiente de viscosidade (kg $m^{-1}s^{-1}$), ρ a massa volúmica e T a temperatura absoluta. Verifique se a constante 1,26 é adimensional.

1.2 A fórmula de Stokes-Oseen para a força de arrasto, F, numa esfera de diâmetro D, num escoamento de baixa velocidade v, é

$$F = 3\pi\mu Dv + \frac{9\pi}{16}\rho v^2 D^2 \,.$$

Verifique se esta fórmula é dimensionalmente consistente.

1.3 A chamada equação de Bernoulli permite calcular a relação entre pressão (P), velocidade (v) e cota (z) em escoamentos com determinadas características

$$P_0 = P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z$$

sendo

P_0 = pressão de estagnação;
P = pressão do fluido em movimento;
g = aceleração da gravidade.

Mostre que a equação satisfaz o princípio da homogeneidade dimensional, o qual estabelece que todos os termos aditivos numa equação física têm de ter as mesmas unidades.

1.4 Dado o campo de velocidades

$$\vec{v} = 3t\,\vec{i} + xz\,\vec{j} + ty^2\vec{k}\,.$$

Determine a aceleração de uma partícula que nele esteja contida.

1.5 O escoamento através de um convergente pode ser aproximado por uma distribuição de velocidades uni-dimensional $v_x = v_x(x)$.

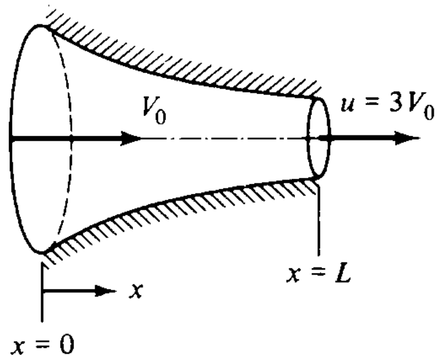

Figura P1.5

Assumindo que, no convergente da figura P1.5, a velocidade varia linearmente de $v_x = v_0$ à entrada até $v_x = 3v_0$ à saída

$$v_x(x) = v_0\left(1 + \frac{2x}{L}\right) \qquad\qquad \frac{\partial v_x}{\partial x} = \frac{2v_0}{L}.$$

a) Calcular a aceleração $\frac{dv_x}{dt}$ como uma função geral de x.

b) Calcular $\frac{dv_x}{dt}$ à entrada e à saída se $v_0 = 10$ ft s^{-1} e L = 1 ft.

1.6 Um campo de velocidades é dado por $v_x = 3y^2$; $v_y = 2x$ e $v_z = 0$, em unidades arbitrárias. Este escoamento é estacionário ou não estacionário? Bi ou tri-dimensional?

Para (x,y,z) = (2,1,0), calcular:

a) velocidade;
b) aceleração local;
c) aceleração convectiva.

1.7 Um campo de velocidades é dado pela fórmula

$$\vec{v} = 3tx\vec{i} - t^2y\vec{j} + 2xz\vec{k}$$

Este escoamento é estacionário ou não estacionário? Bi ou tri-dimensional? No ponto (x,y,z) = (1,-1,0), calcular:

a) o vector aceleração total;
b) o vector unitário perpendicular à aceleração.

1.8 Um campo de velocidades bi-dimensional é dado por:

$$\vec{v} = (x^2 - y^2 + x)\vec{i} - (2xy + y)\vec{j}$$

Para (x,y) = (2,1), calcular:

a) as acelerações a_x e a_y;
b) a componente da velocidade na direcção $\theta = 30º$;
c) as direcções da aceleração e velocidade na direcção do escoamento principal.

1.9 Usando o vector velocidade de P1.4, determine o caudal volúmico e a velocidade média através da superfície quadrada cujos vértices são (0,1,0), (0,1,2), (2,1,2) e (2,1,0), da figura P1.9.

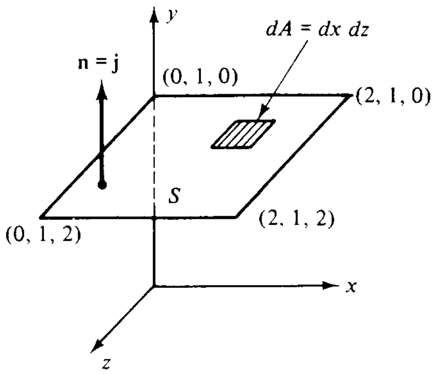

Figura P1.9

1.10 A baixas velocidades, o escoamento através de um tubo circular longo, tem uma distribuição de velocidades do tipo parabólico

$$v = v_{max}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

em que R é o raio do tubo e v_{max} é a velocidade máxima, que ocorre no eixo do tubo.

a) Determine uma expressão geral para o caudal volúmico e velocidade média no tubo;
b) calcular o caudal volúmico se R = 3 cm e v_{max} = 8 m s^{-1};
c) calcular o caudal mássico se ρ = 1000 kg m^{-3}.

1.11 O perfil de velocidades num vertedouro inclinado (figura P1.11) é dado aproximadamente por

$$v = v_0\left(\frac{y}{n}\right)^{1/7}$$

em que y = 0 indica a base e a profundidade é h. Se v_0 = 1,5 m s^{-1}, h = 2 m e a largura é 20 m, quantas horas são necessárias para descarregar nesta secção 10^6 m^3 de água?

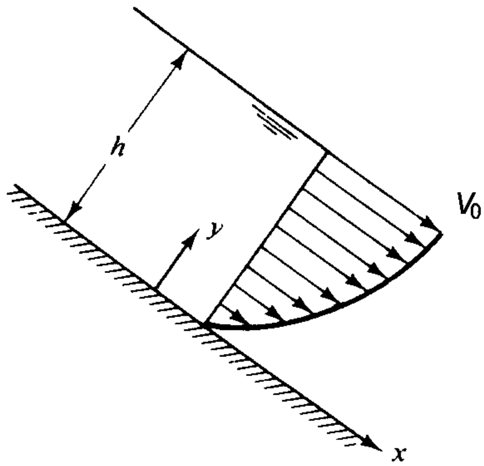

Figura P1.11

1.12 Supor que uma partícula se move à volta de um percurso circular $x^2 + y^2 = 4\ m^2$, a uma velocidade tangencial uniforme de 3 m s^{-1}. Expressar este movimento em termos das componentes v_x e v_y. Calcular as acelerações tangencial e radial no ponto (x,y) = (2,0).

1.13 Num difusor, tem-se

$$v_x = v_0 e^{-2x/L}$$
$$\rho = \rho_0 e^{-x/L}$$

Calcular a taxa de variação da massa volúmica para x = L.

1.14 Determinar se o campo de velocidades do P1.4 é incompressível, irrotacional, ambos ou nenhum?

1.15 Dada a distribuição de velocidades

$$v_x = kx \qquad v_y = -ky \qquad v_z = 0$$

com k = constante, calcular e representar graficamente as linhas de corrente do escoamento, incluindo direcções, e dar algumas possíveis interpretações à configuração encontrada.

1.16 Um campo de velocidades é dado por $v_x = v \cos\theta$, $v_y = v \operatorname{sen}\theta$ e $v_z = 0$, em que v e θ são constantes. Determinar uma expressão para as linhas de corrente deste escoamento.

1.17 Um campo de velocidades bi-dimensional e não estacionário é dado por

$$v_x = x\,(1+2t) \qquad v_y = y$$

Determine a equação das linhas de corrente em função do tempo, as quais passam todas no ponto (x_0, y_0) no tempo t. Representar algumas.

1.18 Repetir o P1.17 para determinar a equação da trajectória que passa por (x_0,y_0), no tempo t = 0 e representá-la graficamente.

1.19 Determinar o gradiente de temperatura no ponto (a,b), sendo a temperatura dada pela seguinte expressão

$$T = T_0 e^{-\alpha t / 4L^2} \operatorname{sen}\frac{x}{a} \cosh\frac{y}{b}$$

$$t = \frac{4L^2}{\alpha}$$

T_0, α, a e b são constantes.

1.20 Para um fluido de massa volúmica ρ, no qual estão uniformemente dispersas partículas sólidas de massa volúmica ρ_s, mostrar que se x for a fracção mássica de sólido na mistura, a massa volúmica da mistura é dada por

$$\rho_{mist} = \frac{\rho_s \rho}{\rho x + \rho_s (1 - x)} .$$

1.21 Um líquido tem uma viscosidade de 0,005 kg m^{-1} s^{-1} e uma densidade de 0,850. Calcule:

a) A viscosidade cinemática no SI;
b) A viscosidade cinemática no sistema de unidades americano;
c) A viscosidade no sistema de unidades americano (slug ft^{-1} s^{-1}).

1.22 Determinar a viscosidade absoluta do mercúrio em lb_f ft^{-2} se a viscosidade em poises é 0,0158.