

Informações:

- Duração de 2 horas.
- Pode comer e beber durante a prova.
- Pode fazer a prova à lápis.
- Pode usar calculadora (sem texto).
- A prova tem complexidade progressiva.

A tentativa de violação de qualquer regra abaixo anulará o teu exame.

- Não consulte material ou colegas.
- Sente virado/a para frente.
- Vá ao banheiro antes ou depois do exame.
- Rascunho apenas no verso da prova.
- Desligue e guarde o telefone.

1. Volume material se move acompanhando o fluxo e tem superfícies externas elásticas que encerram uma quantidade fixa de matéria. 5

- A. Certo
B. Errado

2. Num fluxo qualquer, a mudança de referencial não altera as linhas de corrente. 5

- A. Certo
B. Errado

3. Vírus é muito menor que bactéria. Considerando estes seres microscópicos aproximadamente esféricos e compostos 100% de água, a afirmação que a pressão dentro de um vírus é maior que dentro de uma bactéria está correta? Justifique sua resposta com base em seu conhecimento sobre tensão superficial. 5

4. Mostre que, se um fluxo bi-dimensional tem Laplaciano da função de corrente zero, então ele é obrigatoriamente irrotacional. (Dica: use a definição de função de corrente e aplique-a no Laplaciano) 10

5. Considere a equação de Cauchy:

$$\rho \frac{D\vec{u}}{Dt} = \rho \vec{g} + \vec{\nabla} \tau \quad (1)$$

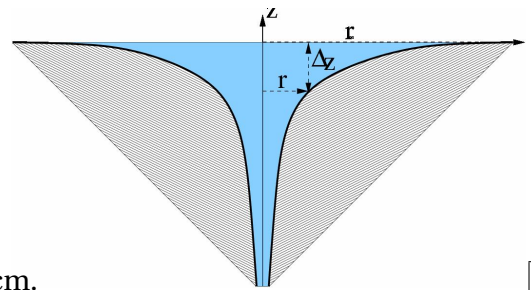
onde τ é o tensor das tensões.

(a) A equação 1 expressa, por unidade de volume, a conservação de que grandeza física? 5

- (b) Desenvolva o termo advectivo da equação 1 com todas as suas componentes em (x, y, z, u, v, w) e explique o significado físico deste termo. 10

- (c) Complete corretamente a afirmação: “A unidade SI de cada componente de $\vec{\nabla}\tau$ é ... “. 5

6. O redemoinho que se forma no ralo de uma piscina é essencialmente um vórtice irrotacional como ilustra a figura ao lado. A velocidade tangencial é $u_\theta = 30\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ para $r = 8\text{cm}$. (Lembrete: num vórtice irrotacional a velocidade tangencial é inversamente proporcional ao raio.)



- (a) Calcule a velocidade tangencial em $r = 2\text{mm}$ e $r = 40\text{cm}$. 10

- (b) Utilize a forma geral da equação de Bernoulli para fluxos irrotacionais, $\frac{1}{2}\rho u^2 + \rho g z + P = B$ e calcule a depressão $z(r)$ em $r = 25\text{ cm}$ e $r = .5\text{ cm}$. 10

7. Considere a **equação de Navier–Stokes** na notação usual e responda:

$$\rho \frac{D\vec{u}}{Dt} = -\vec{\nabla}p + \mu \nabla^2 \vec{u} + \rho \vec{g}. \tag{2}$$

(a) Considere um fluxo invíscido e linear e escreva a equação simplificada.

5

(b) Desmembre a equação anterior em termos das 3 componentes x, y e z e das respectivas velocidades u, v e w .

5

(c) Determine as componentes u, v e w sabendo que as mesmas dependem apenas do tempo e que $P = A(x + y) \cos(\omega t) + \rho g z$. Considere, ainda, ρ constante.

5

8. Durante o curso a segunda lei da termodinâmica e a equação da continuidade foram combinadas na dedução desta equação:

$$\rho \frac{DS}{Dt} = \vec{\nabla} \cdot \left(\frac{\vec{q}}{T} \right) - \frac{\vec{q}}{T^2} \cdot \vec{\nabla} T + \frac{\Phi}{T} \tag{10}$$

(a) Utilize a equação da difusão simples de calor (lei de Fourier) no segundo termo do lado direito de 10 e obtenha a **equação da produção de entropia**. Identifique nela os seguintes termos:

5

1. variação total da entropia,
2. convergência do fluxo de calor,
3. produção de entropia por condução e

