

## 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 celular.



1. As afirmações a seguir são verdadeiras ou falsas? Justifique as falsas.

- (a) Volume material se move acompanhando o fluxo e tem superfícies externas elásticas que encerram uma quantidade fixa de matéria. A. Certo B. Errado 4

---



---

- (b) Num fluxo qualquer, a mudança de referencial não altera as linhas de corrente. A. Certo B. Errado 4

---



---

- (c) Num sistema de referência não-inercial a segunda lei de Newton se aplica. Neste caso é necessário apenas um ajuste independente da segunda lei, baseado na cinemática da rotação. A. Certo B. Errado 4

---



---

- (d) Vírus é muito menor que bactéria. Considere ambos aproximadamente esféricos e compostos 100% de água. A pressão dentro do vírus é menor que dentro da bactéria. A. Certo B. Errado 4

---



---

- (e) A unidade física de torque, potência e trabalho é a mesma. A. Certo B. Errado 4

---



---

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

$$\rho \frac{D\vec{u}}{Dt} = -\vec{\nabla}p + \mu \nabla^2 \vec{u} + \rho \vec{g} + \rho(\vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r})) - 2\rho \vec{\Omega} \times \vec{u}. \quad (1)$$

- (a) Em que latitudes a aceleração centrífuga tem magnitude igual à metade de seu valor no equador? 5

---

(b) Simplifique a equação 1 para o caso onde a velocidade é nula.

5

---

(c) Simplifique a equação 1 para um fluxo estratificado, linear e viscoso que ocorre sobre o equador de um planeta que gira rápido.

5

---

3. Considere a seguinte expansão da derivada total de  $\vec{u}$ . Ela está correta? Justifique a sua resposta.

10

$$\frac{D\vec{u}}{Dt} = \frac{\partial\vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot (\vec{\nabla} \cdot \vec{u}) = \frac{\partial\vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

$$\frac{D\vec{u}}{Dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial t} + w \frac{\partial w}{\partial z}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Se  $F_i$  representa as forças viscosas num fluxo qualquer, podemos deduzir que  $F_i = -\mu(\vec{\nabla} \times \vec{\omega})$  onde  $\mu$  é o coeficiente de viscosidade e  $\omega$  é a vorticidade. Podemos afirmar que se essa expressão for correta então a rotação implica na ação de forças associadas à viscosidade? Responda sim ou não e justifique matematicamente a sua resposta.

10

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Considere a equação de conservação da energia para um ponto, onde vemos explicitamente a conexão entre energia mecânica e energia térmica:

$$\rho \frac{D}{Dt} \underbrace{\left( e + \frac{1}{2} u_i^2 \right)}_A = \rho u_i g_i + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_j} (\tau_{ij} u_i)}_B - \frac{\partial q_i}{\partial x_i} \quad (2)$$

$e$  é a energia interna e  $q$  é o fluxo de calor pela superfície.

- (a) Indique se essa expressão se aplica a uma superfície de controle, a um volume de controle ou a um ponto qualquer do fluxo. 5

---

- (b) Quais as unidades dos termos dessa equação em termos de M,L e T (massa, comprimento e tempo). 5

---

- (c) Explique fisicamente o significado dos termos  $A$  e  $B$ . 10

---

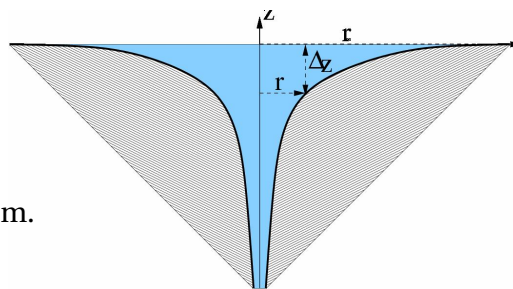


---



---

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  $r = 8\text{cm}$ .



- (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,  $\frac{1}{2}\rho u^2 + \rho gz + P = B$  e calcule a depressão  $z(r)$  em  $r = 25$  cm e  $r = .5$  cm.

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Questão	1	2	3	4	5	6	Total
Pontos	20	15	10	10	20	25	100
Nota							