

## 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 uma das regras abaixo anulará o 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. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s). Uma errada anula uma certa.

5

- A hipótese do contínuo se justifica pois distância entre as moléculas é pequena em comparação ao tamanho delas.
- Na difusão de Fick<sup>1</sup> o fluxo de massa vai na direção contrária do divergente da concentração.
- O argumento de que o comprimento típico associado ao deslocamento das partículas é muito maior que o espaço percorrido entre duas interações consecutivas justifica a hipótese do contínuo.
- Considere um copo d'água com um canudinho de plástico dentro. A diferença de pressão atmosférica dentro e fora do canudinho é equilibrada pela integral de linha da tensão superficial na interface ar-água-plástico.
- Considere um dado volume de 1 m<sup>3</sup> de água no oceano como um sistema termodinâmico. Para identificá-lo pintamos a água com corante vermelho. À medida que este volume se desloca notamos que ele se mantém com 1 m<sup>3</sup>, mas troca matéria com as águas em volta dele que estão na mesma temperatura. Este sistema pode ser considerado adiabático.

2. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s). Uma errada anula uma certa ( $M$ =massa,  $L$ =distância,  $T$ =tempo e  $\Theta$ =temperatura).

5

- A dimensão de energia é  $[ML^2T^{-2}]$ .
- A dimensão de torque é  $[ML^2T^{-2}]$ .
- A dimensão de tensão de cisalhamento é  $[MLT^{-2}]$ .
- A dimensão de viscosidade dinâmica é  $[ML^{-1}T^{-2}]$ .
- A dimensão de calor específico é  $[ML^2T^{-2}\Theta^{-1}]$ .

3. Uma medida Lagrangeana da posição é expressa em termos de quais variáveis independentes?

5

4. Vórtices de mesoescala são corpos d'água com forma aproximada de disco que giram em torno do eixo vertical e se mantêm coesos por períodos de semanas a anos. Eles podem ser descritos como sistemas termodinâmicos aproximadamente adiabáticos e fechados. Eles capturam e carregam água para oeste, portanto adicionam energia cinética de rotação e de translação ao

5

<sup>1</sup>Lembre,  $\vec{q} = -k\vec{\nabla}C$

referido sistema termodinâmico. Considerando a primeira lei da termodinâmica<sup>2</sup>, o valor de  $\Delta e$  muda? Justifique sua resposta.

---



---



---

5. Considere uma superfície  $A$  que envolve um volume  $V$ . Para que a salinidade se conserve, a taxa de aumento de sal dentro de  $V$  tem de ser igual ao fluxo de sal para dentro da área  $A$ , ou seja:

$$\int_V \frac{\partial S}{\partial t} dV = - \int_A S \vec{u} \cdot d\vec{A}.$$

10

A partir da equação acima obtenha a equação ao lado e responda: qual a interpretação física de  $\vec{u} \cdot d\vec{A}$ ?

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (S\vec{u}) = 0$$

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

6. A aranha pescadora (*Dolomedes tenebrosus*) anda sobre a água e se alimenta de insetos aquáticos e até de pequenos peixes. Suponha que cada perna da aranha causa uma pequena deformação na superfície da água, que era inicialmente plana e com o peso da aracnídea se curva com raio de curvatura de 6 mm e abrange uma área circular do mesmo raio. Sabendo que a

10

---

<sup>2</sup> $Q + W = \Delta e$  ou  $dQ = de + pdv$



temperatura induzida pela passagem do vórtice ( $\Delta T$ ).

---



---



---

- (b) Estime, também em  $W m^{-2}$ , o fluxo difusivo de calor ( $Q_m$ ) aplicando a lei de Fourier<sup>5</sup>. Use-a nessa mesma região de 50 m de espessura junto à termoclina, portanto a 150 m de profundidade, onde a temperatura varia de  $5^\circ C$ . Assuma um coeficiente de difusão térmica constante  $k_m = 0.58 W m^{-1} K^{-1}$ .

10

---



---



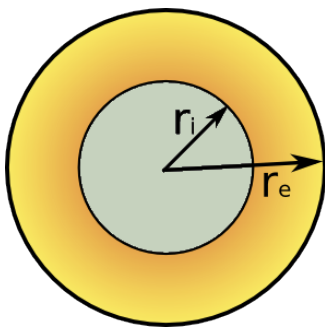
---

- (c) O que você conclui sobre o efeito da difusão molecular em relação ao da difusão turbulenta nesse caso específico?

5

---

9. Considere dois cilindros longos vistos de cima na figura abaixo. O externo, de raio  $r_e$  está parado e o interno, de raio  $r_i$  se move com velocidade constante  $\Phi$ . Considere o fluxo laminar e o coeficiente de viscosidade dinâmica  $\mu$  constante. Assuma a condição de contorno de não-escorregamento junto às paredes do cilindro. Esta é a versão mais simples desse problema que já foi tratado por:



- Newton,
- Taylor,
- Stokes,
- Couette,
- Chandrasekar e outros notáveis. Agora é a sua vez.

- (a) Obtenha o perfil de velocidades em função das variáveis conhecidas.

10

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

<sup>5</sup>Dica: Parece com a de Fick.

