

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 a tua prova.

- 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

- Seguindo um fluxo estacionário, linhas de corrente convergentes indicam aceleração negativa.
- O operador gradiente eleva a ordem de um tensor.
- A contração halina é causada pela dissolução de sal, uma substância 2,16 vezes mais densa que a água.
- Considere um copo d'água com um canudinho de plástico dentro. A tensão superficial na interface ar-água-plástico eleva a água dentro do canudinho.
- Considere um volume de 1 m^3 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^3 , troca calor sensível com as águas em volta dele e mantém exatamente o mesmo tom de vermelho. Este sistema pode ser considerado adiabático.

2. Use a expressão matemática da vorticidade para mostrar que uma canoa colocada fora do centro de um vórtice irrotacional não gira em torno de si mesma.

10

$$\vec{\omega} = \vec{\nabla} \times \vec{V} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} - \frac{\partial u_\theta}{\partial z} \right) \vec{i}_r + \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) \vec{i}_\theta + \left(\frac{1}{r} \frac{\partial(r u_\theta)}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} \right) \vec{i}_z$$

3. Considere a derivada total da temperatura:

$$\frac{DT}{Dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + u_i \frac{\partial T}{\partial x_i}.$$

(a) Como fica a expressão acima para o caso em que a velocidade não depende do tempo?

5

(b) Como fica a expressão acima para o caso em que a variação da temperatura é nula?

5

8. Considere uma seção zonal-vertical de temperatura (i.e. $T(x, z)$) no Pacífico tropical. Nessa região passam vórtices que duram ~ 55 dias e movem a termoclina para baixo ~ 40 m, causando um fluxo vertical de calor. A 120 m de profundidade a temperatura varia de 4°C por causa da passagem dos vórtices.

- (a) Estime, em W m^{-2} , esse fluxo de calor turbulento (Q_t) multiplicando a velocidade vertical por causa do vórtice (w) pela capacidade térmica¹ específica (ρC_p) e pela variação de temperatura induzida pela passagem do vórtice (ΔT).

10

- (b) Estime, também em W m^{-2} , o fluxo difusivo de calor (Q_m) aplicando a lei de Fourier². Use-a nessa mesma região de 40 m de espessura junto à termoclina, portanto a 120 m de profundidade, onde a temperatura varia de 4°C . Assuma um coeficiente de difusão térmica constante $k_m = 0.58 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

10

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

5



Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Pontos	5	10	10	10	20	10	10	25	100
Nota									

¹ $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $C_p = 4187 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

²Dica: Parece com a de Fick.