IOF221 - Oceanografia Dinâmica I **Prova I** Nome:_____

Informações:

- Duração de 2 horas.
- Pode comer e beber durante a prova.
- Pode fazer a prova à lápis.
- Pode usar calculadora (sem texto), celular não pode.
- 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 celular.

♠

1. Dê as dimensões (M=massa, L=distância, T=tempo e Θ=temperatura).
   (a) A dimensão de energia é: 1
   (b) A dimensão de torque é: 1
   (c) A dimensão de tensão de cisalhamento é: 1
   (d) A dimensão de viscosidade dinâmica é: 1
   (e) A dimensão de calor específico é: 1

2. Considerando o tensor $e_{ij} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$, dê a expressão matemática e responda o que representam fisicamente as componentes diagonais e não–diagonais. 5

3. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s). Uma errada anula uma certa. 10

   A. A derivada total da temperatura T é dada por:

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

   B. Considere um fluxo $\vec{q} = q_{\hat{i}} + q_{\hat{j}}$ onde $q_{\hat{i}} = A\sin(kx - \omega t + \phi_1)$ e $q_{\hat{j}} = B\cos(mx - 2\omega t + \phi_2)$, com A, B, k, m, ω, ϕ_1 e ϕ_2 constantes. Para que as linhas de corrente e as trajetórias coincidam basta que $\omega = 0$.

   C. O aumento de densidade causado pela adição de sal se deve ao fato que o sal (NaCl) é uma substância 2,16 vezes mais densa que a água.

   D. Considere um copo d'água com um canudinho de plástico dentro. A tensão superficial na interface ar–água eleva a água dentro do canudinho.

   E. Para aquecermos um volume de 1 m^3 de água gastamos 4000 vezes mais calorias que para aquecer igual volume de ar. Isso ocorre principalmente porque a densidade da água é 1000 vezes maior que a do ar. O calor específico da água é apenas 4 vezes maior que o do ar.

4. Mostre que uma parcela de água fora do centro de um vórtice irrotacional não gira em torno de si mesma. Use o sistema de referência que está parado em relação ao fluxo longe do vórtice. 10

5. O aumento do nível dos oceanos tem sido utilizado como indicador de mudanças climáticas. O coeficiente de contração halina é dado por: 7.3×10^{-4}. Considere que na equação acima a pressão e a temperatura são constantes, que o oceano tem bordas verticais, profundidade média de 5000m e que ele tem massa constante. De quanto a salinidade média do oceano tem de variar para que o nível médio suba 1 metro? Explique as aproximações utilizadas. Dica: Pense em termos de colunas d'água. 15

6. Esboce as linhas de corrente para um vórtice em rotação de corpo sólido com vorticidade Ω em relação a um sistema de referência (a) parado em relação ao campo distante e (b) girando com velocidade angular $\Omega/2$ cuja origem está no centro do vórtice. 10

7. A partir de

$$\int_A (S\vec{u}) \cdot d\vec{A} = \int_V \vec{\nabla} \cdot (S\vec{u}) dV \text{ é possível chegar a } \frac{\partial S}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (S\vec{u}) = 0.$$

(a) O que garante a veracidade da afirmação acima? 5

(b) Considere uma região do oceano onde a velocidade $\vec{U}$ e a salinidade S inicial são dadas por: 10

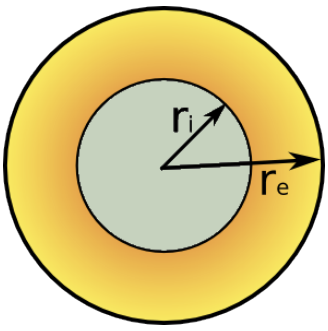
$$\vec{U}(x,y,z,t) = A\cos(kz+\phi_1)_{\hat{i}} + 0_{\hat{j}} + B\sin(kx+\phi_2)_{\hat{k}} \quad (1)$$
$$S(x,y,z,t=0) = S_0 + Cz \quad (2)$$

A, B, C, S_0, k, ϕ_1 e ϕ_2 são constantes e $(\hat{i},\hat{j},\hat{k})$ são versores tri–ortogonais.

Obtenha uma expressão matemática para a taxa de variação da salinidade substituindo S apenas no termo advectivo da equação da conservação de salinidade.

(c) Para descrever em palavras o resultado dessa perturbação no campo de salinidade, complete a sentença: A componente _____ da corrente perturbou o campo _____ constante de salinidade, formando sucessivos _____ e _____ orientados _____. 5

8. Considere dois cilindros vistos de cima na figura abaixo. O interno, de raio r_i está parado e o externo, de raio r_e se move no sentido anti–horário com velocidade angular Ω. Considere o fluxo laminar e o coeficiente de viscosidade dinâmica μ 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 $u_\theta(r)$ em função das variáveis conhecidas. 10

(b) Obtenha a tensão de cisalhamento em qualquer ponto do fluido em função das variáveis conhecidas. 5

(c) Esboçe o perfil de velocidades. 10

Estas fórmulas podem ajudar:
Em coordenadas cilíndricas, para $\vec{V} = (u_r, u_\theta, u_Z)$:

$$\vec{\nabla} \times \vec{V} = \left(\frac{1}{r}\frac{\partial u_z}{\partial \theta} - \frac{\partial u_\theta}{\partial z}\right)_{\vec{i_r}} + \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{\partial u_z}{\partial r}\right)_{\vec{i_\theta}} + \left(\frac{1}{r}\frac{\partial (r\ u_\theta)}{\partial r} - \frac{1}{r}\frac{\partial u_r}{\partial \theta}\right)_{\vec{i_z}.}$$

Coeficientes de expansão térmica e contração halina:

$$\alpha = -\frac{1}{\rho}(\frac{\partial \rho}{\partial T})_{pS} \quad \text{e} \quad \beta = \frac{1}{\rho}(\frac{\partial \rho}{\partial S})_{pT}.$$

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Pontos	5	5	10	10	15	10	20	25	100
Nota									