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).
- 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. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s). Justifique as incorretas. 10

   A. A dimensão da tensão de cisalhamento é [$ML^{-1}T^{-2}$]

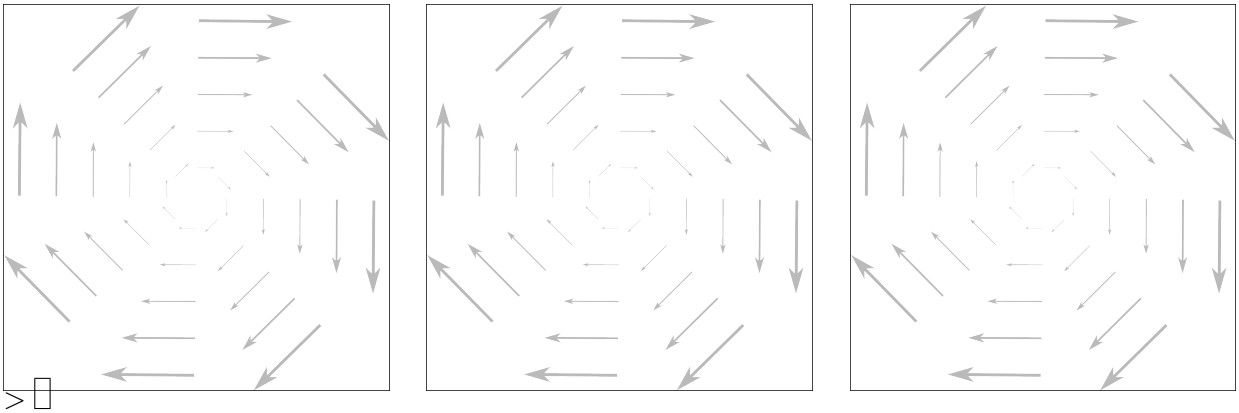
   B. A capacidade térmica dos primeiros ∼2,5m dos oceanos é equivalente à da troposfera. Isto se deve ao fato que o capacidade térmica específica da água (ρC_v) é ∼4000 maior que o do ar.

   C. O operador rotacional eleva a ordem de um tensor.

   D. Na derivada total o termo local é chamado de não-linear pois podemos usar a regra de derivadas do produto para colocar alguns termos na forma $\frac{1}{2}\frac{\partial u_i^2}{\partial x_i}$.

   E. Um *glider* funcionando corretamente é um instrumento Lagrangiano.

2. Observe o fluxo na figura da esquerda. Medite sobre $\vec{\nabla}\psi \cdot \vec{\nabla}\phi = 0$. Na figura do meio desenhe isolinhas representando a função de corrente ψ. Na figura da direita desenhe isolinhas representando o potencial de velocidade ϕ. Os valores representados devem ser igualmente espaçados, ou seja, de n em n unidades. 10



3. Considere um vórtice de Rankine onde o raio R separa a região interna da externa. O vento e as correntes são desprezíveis. Flutuadores Lagrangeanos coletaram amostras no vórtice, uma em $r_1 = 0.75\,R$ e outra em $r_2 = 1.25\,R$. Eles giraram em torno de si mesmos enquanto faziam as coletas? Responda claramente, provando matematicamente o teu argumento. 10

4. O aumento do nível dos oceanos tem sido utilizado como indicador de mudanças climáticas. O coeficiente de expansão térmica é dado por: 1.3×10^{-4} K^{-1}. Considere que na equação acima a pressão e a salinidade são constantes, que o oceano tem bordas verticais, profundidade média de 5000m e que ele tem massa constante. Se a temperatura média do oceano global aumentar 0.3 K por década, em quanto tempo o nível médio do mar aumentará de 3 metros? Explique as aproximações utilizadas. Dica: Pense em termos de colunas d'água e conservação de massa. 10

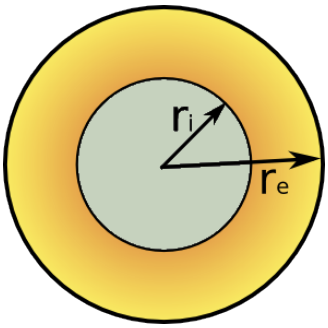
5. Considere que a boca de uma pluma hidrotérmica é circular e que a concentração de sulfeto de sódio $C[\mathrm{Na_2S}]$ é dada por: 20

$$C = \frac{A}{(z+B)^2}\, e^{-(R-r)^2}$$

R é o raio da boca, $B = |z(fundo)| + 1$ e A é a concentração máxima, tudo em unidades do SI, com z orientado para cima, $z = 0$ na superfície, portanto $z < 0$ abaixo dela. Use difusão de Fick para obter o vetor fluxo de massa ($\vec{q}$) de $\mathrm{Na_2S}$, dado o coeficiente de difusão k. Com base nas tuas contas dê a direção e o sentido de $\vec{q}$ para $r < R$ e para $r > R$.

6. Num Domingo sem vento e nem atrito, Joãozinho descia uma ladeira plana de skate, fazendo bolhas de sabão com um aro de raio R perpendicular ao seu deslocamento. Seu Edgar, pai de Joãzinho, tirou duas fotos separadas por t segundos. Na primeira, uma bolha tinha começado a se formar por causa da pressão dinâmica devido ao deslocamento de Joãozinho; nessa foto a bolha tinha curvatura $r = 2R$. Na segunda foto a bolha era uma casca hemisférica. Seu Edgar sabia que a relação entre a pressão dinâmica do ar e a velocidade é dada por $u = \sqrt{\frac{2\,p_d}{\rho_{ar}}}$, onde ρ é a densidade **do ar** e u a velocidade projetada na direção perpendicular à área. Ele considerou que a tensão superficial da mistura de água com sabão era σ e calculou a inclinação θ da ladeira. Que cálculo ele fez? 20

7. 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 Φ. 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 em função das variáveis conhecidas. 10

(b) Obtenha uma expressão para a força por unidade de comprimento aplicada pelo fluido na parte interior do cilindro externo. 10

Memória não–volátil:

A densidade da água pura é 1000 kg.m^{-3}. A do ar é 1 kg.m^{-3}.
O calor específico a volume constante da água é 4 J.g^{-1}K^{-1}. O do ar é 1 J.g^{-1}K^{-1}.
A pressão por causa da tensão superficial é $\Delta p = 2\sigma/R$.
A lei de Fourier é $\vec{q}_t = -k_t \vec{\nabla} T$ onde k_t é o coeficiente positivo de condutividade térmica.
$\alpha = -\frac{1}{\rho}(\frac{\partial \rho}{\partial T})_{pS}$.

Sistema de Coordenadas Cilíndrico ou Polar	
Gradiente é vetor!	$\vec{\nabla} E = \left(\frac{\partial E}{\partial r}\right)_{\hat{i}_r} + \left(\frac{1}{r}\frac{\partial E}{\partial \theta}\right)_{\hat{i}_\theta} + \left(\frac{\partial E}{\partial z}\right)_{\hat{i}_z}$
Divergente é escalar!	$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \frac{1}{r}\frac{\partial (r\, u_r)}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial u_z}{\partial z}$
Rotacional é vetor!	$\vec{\nabla} \times \vec{V} = \left(\frac{1}{r}\frac{\partial u_z}{\partial \theta} - \frac{\partial u_\theta}{\partial z}\right)_{\hat{i}_r} + \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{\partial u_z}{\partial r}\right)_{\hat{i}_\theta} + \left(\frac{1}{r}\frac{\partial (r\, u_\theta)}{\partial r} - \frac{1}{r}\frac{\partial u_r}{\partial \theta}\right)_{\hat{i}_z}$

Linhas de corrente:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y} \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$$

Potencial de velocidade:

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial \phi}{\partial y}.$$

4, 8, 15, 16, 23, 42.

♠

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