

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA
SELETIVA 2 / 2019
14 DE DEZEMBRO DE 2019



INSTRUÇÕES

1. A prova é composta por sete questões. Confira seu caderno. Ele deve conter um **total de 11 páginas**, identificadas de 1 a 11. Em caso contrário, peça sua substituição.
2. **Todas as respostas devem ser justificadas**, ou seja, o **desenvolvimento** das resoluções, composto pela principais etapas que levam às respostas, devem ser apresentados.
3. Após um enunciado há uma **área de desenvolvimento** delimitada por um retângulo onde deve ser apresentado o desenvolvimento da respectiva resolução.
4. Na extremidade inferior direita da **área de desenvolvimento** há um **campo de resposta**, onde deve(m) ser escrita(s) a(s) resposta(s) do respectivo enunciado.
5. Use os versos das folhas como rascunho. Transcreva para a área de desenvolvimento apenas as etapas relevantes. Se esta área lhe parecer demasiadamente pequena, seja mais seletivo nas etapas da resolução que apresenta. **Desenvolvimentos e respostas fora das áreas especificadas não serão considerados.**
6. É permitido apenas o uso de caneta cor **azul ou preta**, **régua e calculadora não programável**. O uso do lápis e da borracha é permitido apenas no rascunho e no auxílio para a construção de gráficos.
7. A duração da prova é de **quatro horas**, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
8. Se necessário e salvo indicação em contrário, use símbolos, e seus respectivos valores em problemas numéricos, para as grandezas: constante de Coulomb $k = 9,00 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{C}^2/\text{m}^2$; permeabilidade magnética no vácuo $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$; densidade da água líquida $\rho_a = 1,00 \text{ g/cm}^3$; calor específico da água líquida $c_a = 1,00 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$; calor latente de fusão do gelo $L_g = 80,0 \text{ cal/g}$; índice de refração do ar $n = 1,00$; aceleração da gravidade $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.
9. Se necessário e salvo indicação em contrário, use os os seguintes fatores de conversão: $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$; $1 \text{ atm} = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$.

IDENTIFICAÇÃO

Nome:		Série:
Nº de identificação:	Tipo de documento apresentado:	
Nome da Escola:		
Cidade:		UF:
E-mail:		
Assinatura:		

1. No modelo de Van der Waals para um gás não ideal a equação de estado é dada por

$$\left(P - \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT,$$

onde P é a pressão do gás, V é o volume total do gás, T é a temperatura, e a e b são constantes. A constante b está relacionada ao fato de que, no gás não ideal, as moléculas tem um volume não desprezível, e o volume ocupado por elas deve ser subtraído do volume total disponível. O diagrama P vs V mostrado na figura ilustra a forma geral da curva representada por uma isoterma. Fisicamente, porém, Maxwell mostrou que a isoterma real para $T < T_c$, sendo T_c uma temperatura crítica, é obtida substituindo-se por uma linha reta a pressão constante a região em que aparecem os extremos locais nessa curva. A pressão correspondente é tal que as áreas acima e abaixo da reta são iguais. À medida em que a temperatura aumenta, o intervalo de volume em que o sistema se encontra à mesma pressão para uma dada isoterma diminui, e para $T = T_c$ o intervalo se reduz a apenas um ponto, chamado ponto crítico.

(a) Determine as constantes a e b em termos de T_c e P_c .

Resp.:

(b) Sabendo que para a água $T_c = 647$ K e $P_c = 2,2 \times 10^7$ Pa, e considerando que o gás tem N_A moléculas, sendo N_A o número de Avogadro, e que o diâmetro de cada molécula é d . determine o diâmetro da molécula de água.

Resp.:

2. Estrelas de nêutron são objetos do universo que são muito massivos e podem apresentar elevadas velocidades de rotação, e por isso assumem uma forma ligeiramente oblata (achatada nos polos), caracterizada pela excentricidade, ϵ , definida por

$$\epsilon = \frac{R_e - R_p}{R_e} \quad (1)$$

onde R_e e R_p são, respectivamente, os raios da estrela nos polos e no equador. Sendo T o período de rotação da estrela, M a sua massa e a o seu raio médio, determine a excentricidade.

<u>Resp.:</u>

3. Os elétrons de um átomo se distribuem em torno do núcleo de modo que a densidade linear de carga é $\rho(\mathbf{r}) = \sigma_0 r^2 e^{-r/R}$, sendo σ_0 e R constantes características do átomo. Considere que ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo, que

$$\int x^2 e^{-x} dx = -(2 + 2x + x^2)e^{-x},$$

e que o gradiente em coordenadas esféricas é

$$\nabla U = \frac{\partial U}{\partial r} \hat{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial \theta} \hat{\theta} + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial U}{\partial \varphi} \hat{\varphi}.$$

Determine:

- (a) O potencial elétrico correspondente à nuvem eletrônica em todo o espaço.

	<u>Resp.:</u>
--	---------------

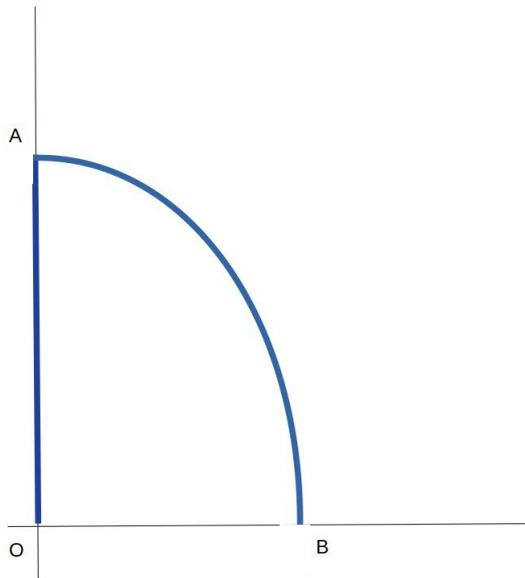
- (b) O campo elétrico devido à carga negativa em todo o espaço.

	<u>Resp.:</u>
--	---------------

- (c) A energia total associada ao campo eletrônico.

	<u>Resp.:</u>
--	---------------

4. Uma mangueira emite um jato de água a velocidade de escape v_o . O bico da mangueira, de tamanho desprezível comparado com as distâncias relevantes neste problema, é fixado na origem do sistema de coordenadas, e pode se movimentar apenas num plano vertical mudando o ângulo de inclinação com a horizontal, θ . No instante $t = 0$ a torneira é ligada e a água começa a sair do bico da mangueira. Sabe-se que em algum momento enquanto lança água a mangueira passa pela posição $\theta = \pi/4$. Decorrido um tempo $t = t_f$ a primeira porção de água lançada pela mangueira toca o solo, e nesse instante uma fotografia do jato de água mostra sua disposição como mostrado na figura. O trecho AB é uma parábola, e o trecho OA é uma reta vertical.



- (a) Qual a posição inicial, θ_o , do bico da mangueira?

Resp.:

(b) Qual a sua posição final?

Resp.:

(c) Qual o instante t_f em que a fotografia é feita?

Resp.:

(d) Qual a equação que descreve a velocidade angular $\dot{\theta}$ do movimento realizado nesse intervalo de tempo pelo bico da mangueira, em função de v_o e g ?

Resp.:

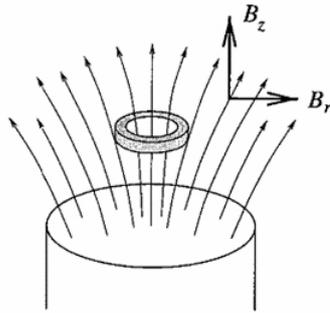
5. Isaac Newton já observava anéis de interferência ao encostar uma lente de pouca curvatura contra um vidro plano. No reflexo, uma sequência de cores aparecia e no centro, apenas uma franja escura. Em uma lâmina de sabão vemos as mesmas sequências de cores, mas com luz refletida em vidros, não. Um interferômetro é feito separando em duas partes a luz de uma mesma fonte, geralmente por meio da reflexão na face de uma lâmina, desconsiderando a outra (divisão de feixe por amplitude da onda). Elas são recombinadas depois e, dependendo da diferença de caminho percorrido, obtém-se as franjas. Mas, com luz branca, um interferômetro como o de Michelson somente consegue gerar franjas quando o caminho ao longo de um braço difere somente uns sete micrômetros do caminho ao longo do outro braço. Com lâmpadas de gás de sódio ou de mercúrio de pressão mais baixa que as de iluminação de rua se consegue obter interferência em caminhos pouco menores que 1m. Nesses casos a luz sai com cor amarela ou verde, respectivamente. Com alguns lasers se consegue interferência com diferenças de caminho de muitos metros. Isto depende da largura de banda, ou seja, a diferença entre os valores extremos dos comprimentos de onda. (c.d.o.).

Modelando uma radiação luminosa de banda larga a um caso simplificado onde a consideramos como composta de somente dois valores extremos de c.d.o., encontre qual é a diferença de caminho máxima que pode-se ter em um interferômetro em que possam se ver franjas?

Resp.:

6. Um anel supercondutor fino (resistência zero) é segurado acima de uma barra cilíndrica magnética, como mostrado na figura abaixo. O eixo da simetria do anel é o mesmo daquele da barra. O campo magnético simetricamente cilíndrico em torno do anel pode ser descrito aproximadamente em termos das componentes do vetor campo magnético como $B_z = B_o(1 - \alpha z)$ e $B_r = B_o\beta r$, onde B_o , α e β são constantes, e z e r são as coordenadas de posições verticais e radiais, respectivamente.

Inicialmente, o anel não tem corrente fluindo nele. Quando é solto, ele começa a se mover para baixo com seu eixo ainda na vertical.



Dados:

- Propriedades do anel: massa $m = 50$ mg, Raio $r_o = 0,5$ cm, Indutância $L = 1,3 \times 10^{-8}$ H.
- Coordenadas iniciais do centro do anel: $z_o = 0$ e $r = 0$.
- Constantes do campo magnético: $B_o = 0,01$ T, $\alpha = 2$ m⁻¹ e $\beta = 32$ m⁻¹.

A partir dos dados acima, determine:

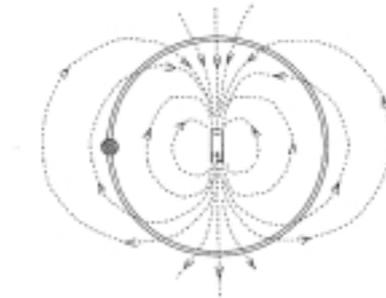
(a) Como o anel se move nos momentos subsequentes?

Resp.:

(b) Que corrente flui no anel?

	<u>Resp.:</u>
--	---------------

7. Uma pequena conta (bead) carregada pode deslizar num fio isolante circular, sem fricção. Um dipolo elétrico pontual é fixo no centro de um círculo com o eixo do dipolo fixo no plano do círculo. Inicialmente a conta está no plano de simetria do dipolo, como mostrado na figura. Ignore o efeito da gravidade, assumindo que as forças elétricas são muito maiores que a força gravitacional.



- (a) Como a conta se move após ela ser solta?

<u>Resp.:</u>

- (b) Onde irá parar a conta pela primeira vez após ser solta?

<u>Resp.:</u>

- (c) Como a conta irá se mover na ausência do fio?

<u>Resp.:</u>