

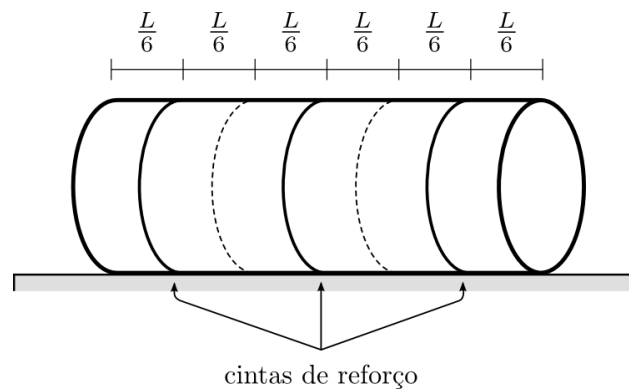
OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2018
3ª FASE - 06 DE OUTUBRO DE 2018

NÍVEL III
Ensino Médio
3ª e 4ª séries

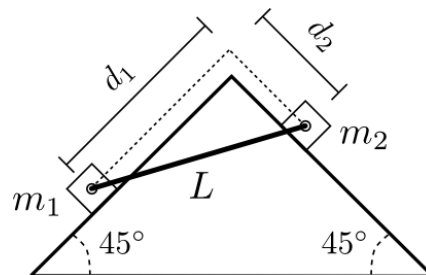
LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **3ª e 4ª séries do nível médio**. Ela contém **oito** questões. Cada questão tem valor de 10 pontos e a prova um total de 80 pontos.
2. Todas as respostas devem ser justificadas.
3. O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
4. A menos de instruções específicas contidas no enunciado de uma questão, todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades do Sistema Internacional (SI).
5. A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
6. Se necessário e salvo indicação em contrário, use: $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sin(30^\circ) = 0,50$; $\cos(30^\circ) = 0,85$; $\sin(45^\circ) = 0,70$; $\pi = 3,0$; constante eletrostática $k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{C}^2/\text{m}^2$; permeabilidade magnética no vácuo $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$; velocidade da luz no vácuo $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; densidade da água = $1,0 \text{ g/cm}^3$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; calor específico da água líquida = $1 \text{ cal/g}\cdot\text{K}$; aceleração da gravidade = 10 m/s^2 .

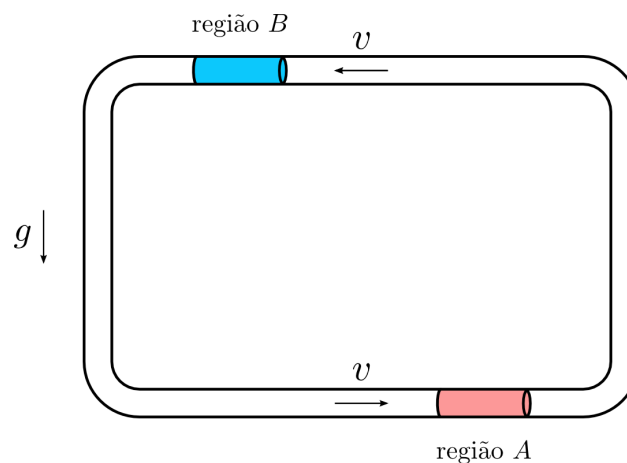
Questão 1. Um indústria produz reservatórios de água usando tubos cilíndricos cuja estrutura deve ser reforçada por cintas metálicas. O posicionamento é feito de modo que as cintas fiquem submetidas a esforços iguais. A figura abaixo ilustra o caso em que o reservatório é projetado para ser instalado na posição horizontal e possui três cintas de reforços. Na figura as linhas imaginárias pontilhadas delimitam seções sobre as quais a pressão da água solicita o mesmo esforço. Note que as cintas são posicionadas no meio de cada seção. Suponha um reservatório que deve ser instalado com seu eixo na vertical, que possa ser completamente preenchido de água e necessite de três cintas de reforço. Determine as alturas, em relação à base, em que as cintas de reforço devem ser instaladas para cilindros de comprimento $L = 2,4$ m.



Questão 2. Dois blocos de massas m_1 e m_2 podem deslizar sem atrito nos planos inclinados em que estão apoiados. Sobre os centros dos blocos passam eixos que podem girar livremente. Estes eixos, por sua vez, estão articulados por uma haste de comprimento fixo L e de massa desprezível, como mostra a figura abaixo. (a) Determine a razão d_2/d_1 na qual o conjunto permanece em equilíbrio estático. (b) Mostre que a posição de equilíbrio é estável.



Questão 3. Em um laboratório de pesquisa voltado ao estudo de correntes de convecção, um particular arranjo experimental é constituído basicamente de um tubo fino, completamente preenchido com uma massa m de água e que forma um circuito fechado, posicionado verticalmente, conforme ilustrado no diagrama abaixo. A região A da parte de baixo do circuito é mantida à temperatura T_A através de um dispositivo externo que cede energia para a água a uma taxa constante $P_A = P_1$, que pode ser ajustada. A região B é mantida à temperatura $T_B < T_A$ através do contato com outro dispositivo que absorve calor. O arranjo experimental é tal que, sob essas condições, o sistema atinge um estado estacionário no qual a água escoava sem turbulências com velocidade constante v_1 . Esse regime estacionário é também caracterizado por um campo de temperaturas no qual a temperatura da água em cada ponto do circuito também permanece constante. Com o sistema nesse estado, se a absorção de calor na região A for aumentada para $P_A = P_2 > P_1$, mantendo-se T_A e T_B constantes, observa-se que o sistema atinge outro estado estacionário no qual a velocidade de escoamento da água é v_2 . Determine a máxima aceleração média que o fluxo de água pode exibir na transição entre estes dois estados estacionários.



Questão 4. Arranjos de antenas defasadas é uma técnica amplamente utilizada para direcionar feixes de ondas eletromagnéticas. Seu inventor foi Karl Ferdinand Braun, que juntamente com Guglielmo Marconi, recebeu o prêmio Nobel de Física de 1909 em reconhecimento às contribuições para o desenvolvimento da telegrafia sem fio. O transmissor direcional pioneiramente criado por K.F. Braun era constituído de três antenas monopolares, de mesmo comprimento de onda λ , e localizadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado ℓ . Para o arranjo funcionar como um emissor direcionado, ℓ e λ devem ser convenientemente ajustados. A figura A, extraída da palestra K.F. Braun proferida ao receber sua láurea da Real Academia de Ciências da Suécia, ilustra esquematicamente as antenas defasadas no campo de provas. A figura B apresenta um esquema com a vista superior do mesmo arranjo, nos quais as antenas estão nos pontos numerados de 1 a 3. Com esse arranjo, K.F. Braun mostrou que se duas antenas são alimentadas com sinais elétricos em fase, enquanto a terceira antena é alimentada com um sinal atrasado de $T/4$, no qual T é o período de oscilação do sinal, então a onda emitida pelo arranjo tem uma direção e sentido determinados. Desta forma, trocando a antena que tem o sinal atrasado é possível enviar ondas em três direções separadas por 120° . (a) Se $\lambda = 100$ m qual o menor valor de ℓ para esse arranjo funcionar? (b) Considere o caso em que as antenas 1 e 2 estão em fase e a antena 3 atrasada, usando o sistema de referência da figura B, represente a direção e sentido do feixe produzido.

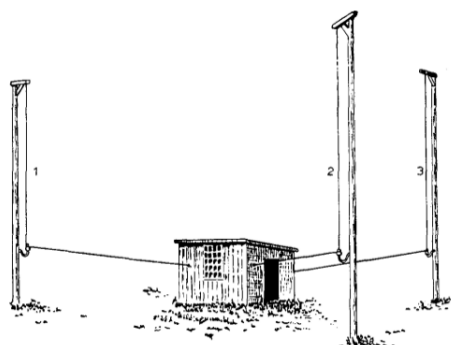


figura A

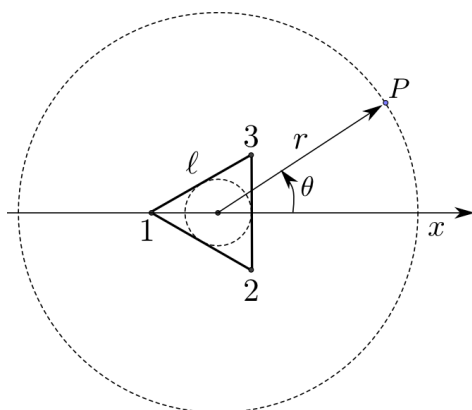
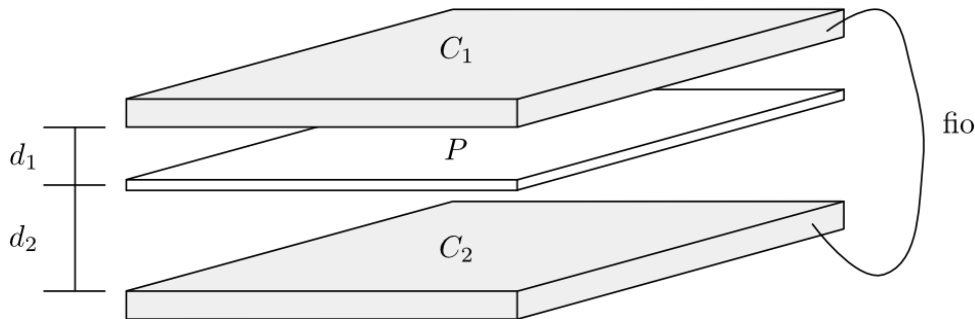


figura B

referência: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1909/braun/lecture>.

Questão 5. Suponha que em um jogo de bilhar um jogador consiga dar tacadas com impulso de mesma intensidade J e sempre na direção horizontal (paralelo ao plano da mesa). O jogador está interessado em dois tipos de tacada. A tacada frontal é aquela na qual o taco está alinhado com o centro de massa da bola. Na tacada “de raspão” a colisão do taco com a bola se dá no ponto mais alto da bola (considere que o taco tenha as propriedades necessárias para essa possibilidade). Sejam v_f e v_r , respectivamente, as velocidades após as tacadas frontal e “de raspão”, determine a razão v_f/v_r imediatamente após as tacadas supondo que as bolas rolam sem escorregar.

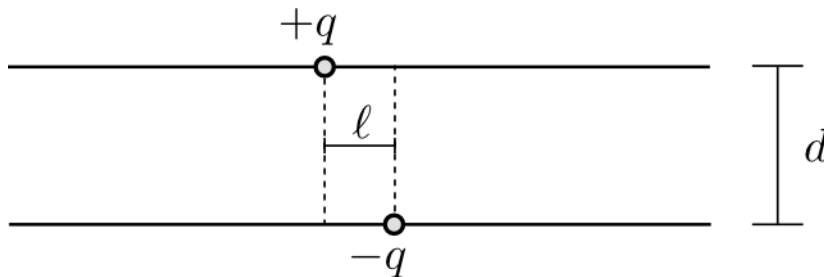
Questão 6. Considere o sistema formado por condutores C_1 e C_2 , finos, de superfície quadradas de lado a , paralelos entre si e separadas por uma distância fixa $d \ll a$. C_1 e C_2 estão conectados por um fio condutor fino, estão descarregados e isolados eletricamente de qualquer outro sistema. A partir dessa configuração, insere-se paralelamente a C_1 e C_2 , outra placa quadrada, de espessura desprezível, de mesma área, porém feita de material isolante elétrico com uma distribuição uniforme de carga $\sigma = q/a^2$. A figura abaixo ilustra a configuração final obtida, onde d_1 e d_2 são, respectivamente, as distâncias de C_1 e C_2 à placa isolante P . Denominando $\sigma_{1,i}$ e $\sigma_{2,i}$, respectivamente, as densidades superficiais de carga nas superfícies internas (voltadas para a placa isolante) dos condutores C_1 e C_2 , e $\sigma_{1,e}$ e $\sigma_{2,e}$ as mesmas grandezas, porém referentes às superfícies externas dos condutores C_1 e C_2 , determine os valores de equilíbrio dessas quatro grandezas nos casos em que (a) $d_1 = d_2$ e (b) $d_1 = d_2/3$.



Questão 7. Duas partículas de mesma massa $m = 4 \text{ g}$ e cargas $+q$ e $-q$, com $q = 25 \times 10^{-6} \text{ C}$, podem deslizar livremente (sem atrito) por trilhos paralelos separados por uma distância $d = 10 \text{ cm}$, conforme ilustrado na figura abaixo. No instante $t = 0$ as partículas são afastadas até uma distância de separação ao longo da direção dos trilhos de ℓ e então são abandonadas do repouso. Considere ainda que uma carga elétrica qualquer Q com aceleração a , e movimento sub-relativístico, irradia energia a uma taxa P dada de acordo com a fórmula de Larmor

$$P = \frac{2}{3} k \frac{Q^2}{c^3} a^2$$

onde k é a constante de Coulomb e c é a velocidade da luz no vácuo, Q o valor da carga e a sua aceleração. (a) Determine a frequência de oscilação do sistema supondo $\ell \ll d$ e que a perda de energia por irradiação é muito pequena. (b) Estime o valor da perda relativa de energia por irradiação do sistema por ciclo $\Delta E/E$ no início do movimento.



Questão 8. Aerofotografias ou fotografias aéreas têm uma importância crescente em diversas áreas, como por exemplo, cartografia, agricultura, monitoramento ambiental e planejamento urbano. Um dos usos das fotografias aéreas é a produção de ortofotomapas que são formados a partir de várias fotografias tiradas com câmara voltada verticalmente para baixo. Para que a composição das diversas fotos para formar o mapa seja feita computacionalmente é preciso obtê-las sequencialmente com sobreposições entre imagens consecutivas. A figura abaixo ilustra o processo no qual é indicada a posição do avião em três instantes consecutivos em que fotos são tiradas. Para simplificar, vamos considerar apenas uma região em que o solo é plano e a altura h do vôo é constante. Nessa figura a região S indica a sobreposição frontal, ou seja, tomada na direção do movimento, de uma imagem com sua antecessora. Outro parâmetro importante das fotos é sua escala E , definida pela razão entre a distância linear entre dois pontos na imagem, ou seja, no sensor ótico da câmara digital (equivalente ao filme de câmaras químicas antigas) e a distância entre os mesmos no solo. Suponha um operador que deve tirar aerofotografias com uma sobreposição frontal fixa de 40% em uma escala $E = 1/50000$ em um voo de altura $h = 7500$ m com velocidade constante de $v = 360$ km/h. Determine a distância focal f , em mm , da lente que deve escolher e o intervalo de tempo τ que deve fixar para a aquisição de imagens consecutivas considerando que a maior distância entre dois pontos no sensor ótico de seu equipamento é $\ell = 140$ mm e as fotos são tiradas com foco no infinito.

