

SIMULADO NOIC

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA

3ª Fase - 13 de novembro de 2021

Nível 3
Ensino Médio
3ª e 4ª séries

Escrito por Wanderson Faustino Patrício, Matheus Felipe R. Borges, Wesley Andrade e Ualype de Andrade

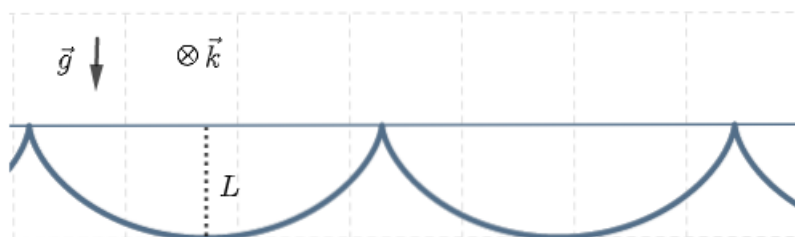
LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos dos **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. Todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades no Sistema Internacional e seguindo as instruções específicas da questão.
3. A duração máxima desta prova é de **quatro** horas.
4. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sin 30^\circ = 0,50$; $\cos 30^\circ = 0,85$; aceleração gravitacional na superfície da terra $g = 10 \text{ m/s}^2$; constante gravitacional universal $G = 7,0 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg}\cdot\text{s}^2)$; calor específico da água líquida $c_a = 1,0 \text{ cal}/(\text{g}\cdot\text{C})$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$; velocidade da luz no vácuo $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$; índice de refração do ar $n_{ar} = 1,0$

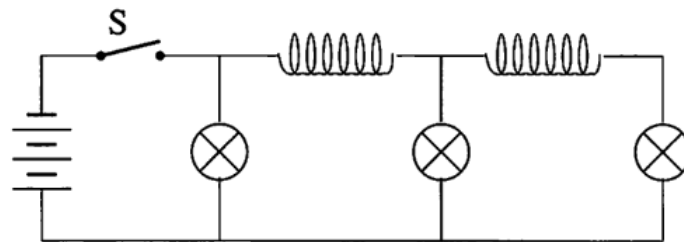
Questão 1. Efeito Blackett ou magnetismo gravitacional é uma hipótese inicialmente proposta pelo físico Arthur Schuster em uma tentativa de explicar como o campo magnético terrestre é gerado, mas em 1923 foi considerado inexistente por experimentos feitos por H. A. Wilson. A hipótese foi revivida em 1947 por Patrick Blackett, ganhador do nobel de física em 1948 por estudos nos campos da física nuclear e radiação cósmica, propondo que uma massa rotacionando pode gerar um campo magnético proporcional ao seu momento angular, esse é o chamado efeito Blackett. Esse efeito nunca foi totalmente aceito e o próprio Blackett considerou que foi refutado em 1950. Nesta questão consideraremos a existência de um campo gravitacional magnético \vec{k} , diferente do proposto por Blackett, que atua em massas de forma análoga a campos magnéticos em cargas elétricas, portanto, a força que atua em uma massa m com velocidade \vec{v} devido um campo \vec{k} é

$$\vec{F} = m(\vec{v} \times \vec{k})$$

Onde $\vec{v} \times \vec{k}$ é o produto vetorial entre \vec{v} e \vec{k} . Considere que um corpo é liberado em uma região com gravidade g e um campo k perpendicular à g , a trajetória da partícula é mostrada na figura. Sabemos que o movimento vertical da massa é harmônico simples. Determine o deslocamento vertical máximo (L) da partícula.

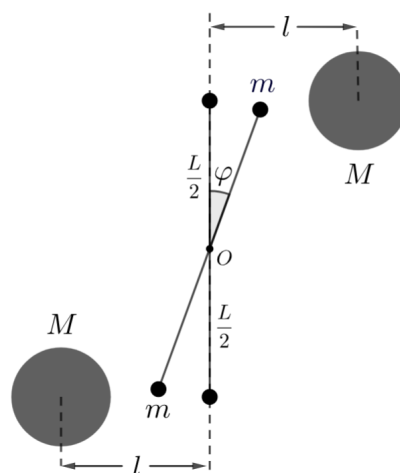


Questão 2. Podemos interpretar o indutor como um elemento de circuito que se opõe à variação de corrente. Para uma variação pequena de corrente ΔI em um tempo infinitesimal Δt , a voltagem que ele gera é dada por $V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$, onde L é uma constante que chamamos de indutância. Veja que o sinal negativo representa a resistência que o indutor exerce à variação da corrente, evitando mudanças bruscas na mesma. Assim, considere o circuito mostrado na figura a seguir, consistindo de 3 lâmpadas idênticas e dois indutores, que está conectado a uma fonte de corrente contínua. A resistência ôhmica de cada indutor é desprezível.



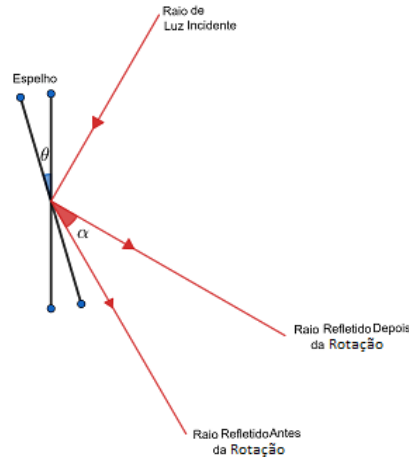
Após algum tempo, a chave S é aberta. Qual é a razão entre o brilho da lâmpada mais à esquerda com o da lâmpada mais à direita imediatamente após a abertura da chave?

Questão 3. O experimento de Cavendish, realizado originalmente entre 1797 e 1798 por Henry Cavendish, foi o primeiro realizado em laboratório capaz de medir a força gravitacional entre massas. Apesar do valor da constante gravitacional (G) ser desconhecido na época de Cavendish, seu experimento permitiu determiná-lo com uma diferença menor que 1% do valor aceito atualmente. O experimento consistia de de uma balança de torção composta por uma haste leve de comprimento L com duas massas m nas extremidades, suspensa por um fio fixado ao seu centro (ponto O na figura). Duas esferas de massa M são então aproximadas das extremidades da haste, e fixadas a uma distância l . Como consequência, a haste é então defletida de um pequeno ângulo $\varphi \ll 1$ em relação à sua direção original (determinada pela linha tracejada na figura), o que ocasiona uma torção do fio, que exerce um torque restaurador $-\kappa\varphi$ na haste em relação ao ponto O , fazendo o sistema atingir uma nova posição de equilíbrio $\varphi = \varphi_0$. Vale que $\kappa l^3 / mML^2 > G$. Caso precise, utilize a aproximação $(1 + x)^n \approx 1 + nx$ para $|x| \ll 1$.

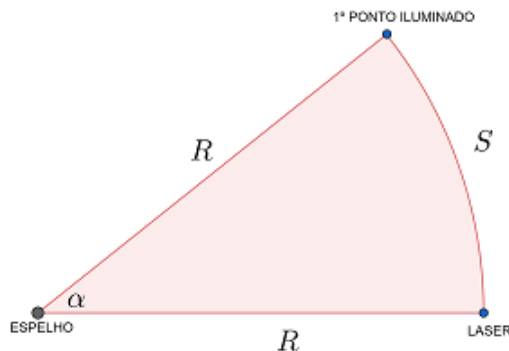


- Determine, em função dos dados apresentados e de G , o ângulo de equilíbrio φ_0 .
- A haste é levemente perturbada dessa posição de equilíbrio. Determine o período de pequenas oscilações, em função de φ_0 , M , l , L e G .

Questão 4. Espelhos são muito utilizados durante o nosso dia a dia. Desde o simples ato de pentear o cabelo pela manhã a observação de estrelas em um telescópio, várias ações do cotidiano são totalmente dependentes da utilização de espelhos. Com o intuito de calcular a velocidade da luz no ar, um estudante utiliza um aparato com um espelho plano giratório. O estudante faz incidir uma luz monocromática no espelho, e observa como a rotação do espelho altera a trajetória do raio de luz refletido.



- Se o espelho gira com velocidade angular ω , e após um tempo t rotacionou um ângulo θ , qual será a deflexão angular α que o raio de luz refletido sofrerá? Expresse sua resposta em função de ω e t
- Esse aparato é posto dentro de um sensor em formato de circunferência. Em um determinado ponto desse sensor há um laser emitindo luz em direção ao espelho. Num primeiro instante, o espelho está ajustado para que a luz do laser retorne a este sem sofrer deflexão. Inicialmente tanto o laser quanto o motor do espelho estão desligados. Em $t = 0$ o laser e o motor são ligados simultaneamente. Sabendo que o primeiro ponto iluminado no sensor está a uma distância S do laser (medido no perímetro da circunferência), qual é o valor da velocidade da luz no ambiente do experimento?

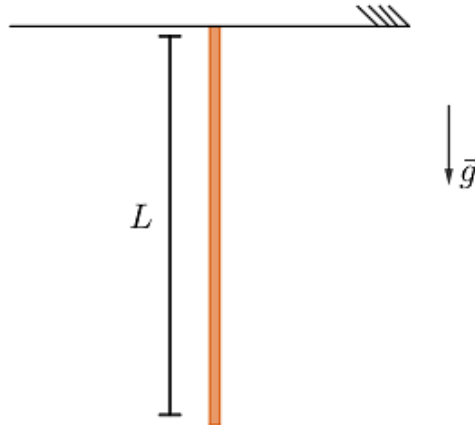


Dados:

- Velocidade angular do espelho: $\omega = 7 \text{ rad/s}$
- Raio do sensor: $R = 1 \text{ km}$
- Distância entre o laser e o 1º ponto iluminado: $S = 5 \text{ cm}$

- Caso o experimento fosse realizado na água ($n_{ag} = 4/3$) a distância S seria quanto?

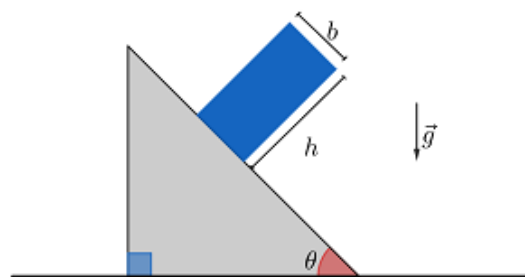
Questão 5. Considere uma corda homogênea de comprimento $L = 10\text{ m}$ e massa $m = 2\text{ kg}$, presa ao teto de uma sala, em um ambiente em que a aceleração da gravidade tem módulo $g = 10\text{ m/s}^2$.



No instante $t = 0$ um pulso de onda é formado na extremidade livre da corda. Esse pulso sobe a corda até encostar no teto.

- a) Qual é o módulo da força de tração na corda a uma altura y , medida a partir da extremidade livre?
- b) Qual a velocidade do pulso a essa altura?
- c) Quanto tempo levará para que o pulso atinja o teto da sala?

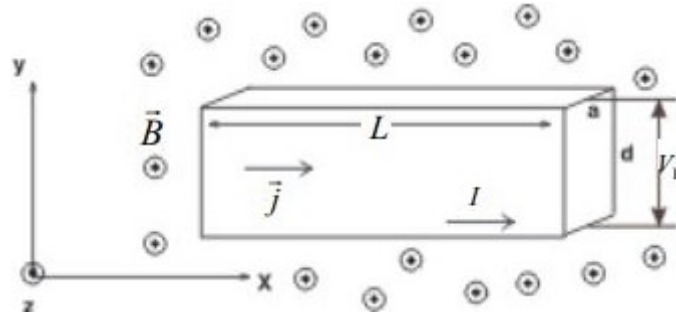
Questão 6. Um corpo em formato de paralelepípedo, com uma face quadrada de lado $b = 50\text{ cm}$ e aresta de comprimento $h = 1\text{ m}$ é posto em cima de um plano inclinado.



O ângulo de abertura do plano começa a aumentar a partir de $\theta = 0$.

Sabendo que o coeficiente de atrito entre a caixa e o plano é $\mu = 0,75$, o que acontece primeiro: o deslizamento ou o tombamento da caixa?

Questão 7. Muitos carros hoje estão equipados com sensores de velocidade baseados no Efeito Hall. O sensor Hall, localizado na carroceria próximo da roda, consiste de uma chapinha de material semiconductor através da qual passa uma corrente I , montada em frente a um ímã que produz um campo magnético aproximadamente uniforme de magnitude B . Como resultado, é gerado um sinal de tensão transversal de magnitude V_H (tensão Hall).



- Considere uma chapinha semicondutora de largura $d = 1,0 \text{ cm}$, espessura $a = 250 \mu\text{m}$ e comprimento $L = 1,0 \text{ cm}$, situada em um campo magnético uniforme de módulo $B = 0,1 \text{ T}$ e por onde passa uma corrente $I = 16 \text{ mA}$. Supondo que essa corrente seja devido a portadores de carga $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, de densidade $n = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, calcule, em m/s , a velocidade desses portadores de carga.
- Calcule, em volts, o valor da voltagem Hall V_H que deve ser gerada entre o plano superior e inferior da chapinha para compensar o efeito do campo magnético sobre os portadores de carga.

Questão 8. Quando o ar no fundo de um recipiente é aquecido, ele se torna menos denso que o ar ao seu redor e sobe. Simultaneamente, o ar mais frio cai para baixo. Este processo de transferência de calor para cima é conhecido como convecção, e é extremamente importante no estudo de interiores estelares. Para modelar simplificada esse fenômeno, considere uma caixa fechada em formato de paralelepípedo de altura h , localizada em uma mesa horizontal. A caixa está cheia de ar com temperatura uniforme T_0 . Em seguida, suponha que o fundo da caixa seja aquecido de modo que o ar próximo à base alcance instantaneamente a temperatura $T_0 + \Delta T$. Devido a isso, uma pequena parcela de ar quente na parte inferior começa a subir a partir do repouso - de forma praticamente isotérmica - até atingir o topo da caixa, onde sua temperatura é instantaneamente reduzida para T_0 . Determine, em função de g , h , T_0 e ΔT , o tempo necessário para a parcela ascender ao topo. Considere que o ar é um gás ideal e que a altura h é pequena o suficiente para que a pressão e a densidade do ar variem muito pouco ao longo do recipiente. Negligencie transferências de calor e atrito entre a parcela de ar e o ar que a circunda.