

Caso necessário, use os seguintes dados:

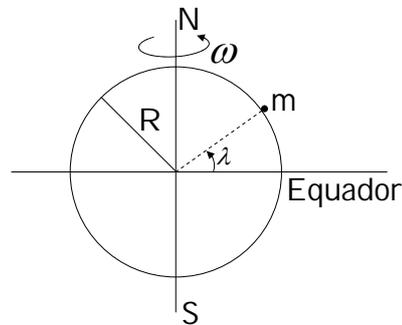
Constante gravitacional $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{m}^3/\text{s}^2\text{kg}$. **Massa do Sol** $M = 1,99 \times 10^{30} \text{kg}$. **Velocidade da luz** $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$. **Distância média do centro da Terra ao centro do Sol:** $1,5 \times 10^{11} \text{m}$. **Aceleração da gravidade** $g = 9,8 \text{m/s}^2$. **Raio da Terra:** 6380km . **Número de Avogadro:** $6,023 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$. **Constante universal dos gases:** $8,31 \text{J/molK}$. **Massa atômica do nitrogênio:** 14 . **Constante de Planck** $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{m}^2\text{kg/s}$. **Permissividade do vácuo:** $\epsilon_0 = 1/4\pi k_0$. **Permeabilidade magnética do vácuo:** μ_0 .

Questão 1. Pela teoria Newtoniana da gravitação, o potencial gravitacional devido ao Sol, assumindo simetria esférica, é dado por $-V = GM/r$, em que r é a distância média do corpo ao centro do Sol. Segundo a teoria da relatividade de Einstein, essa equação de Newton deve ser corrigida para $-V = GM/r + A/r^2$, em que A depende somente de G , de M e da velocidade da luz, c . Com base na análise dimensional e considerando k uma constante adimensional, assinale a opção que apresenta a expressão da constante A , seguida da ordem de grandeza da razão entre o termo de correção, A/r^2 , obtido por Einstein, e o termo GM/r da equação de Newton, na posição da Terra, sabendo a priori que $k=1$.

- A () $A = kGM/c$ e 10^{-5} B () $A = kG^2M^2/c$ e 10^{-8}
 C () $A = kG^2M^2/c$ e 10^{-3} D () $A = kG^2M^2/c^2$ e 10^{-5}
 E () $A = kG^2M^2/c^2$ e 10^{-8}

Questão 2. Considere a Terra como uma esfera homogênea de raio R que gira com velocidade angular uniforme ω em torno do seu próprio eixo Norte-Sul. Na hipótese de ausência de rotação da Terra, sabe-se que a aceleração da gravidade seria dada por $g = GM/R^2$. Como $\omega \neq 0$, um corpo em repouso na superfície da Terra na realidade fica sujeito forçosamente a um peso aparente, que pode ser medido, por exemplo, por um dinamômetro, cuja direção pode não passar pelo centro do planeta. Então, o peso aparente de um corpo de massa m em repouso na superfície da Terra a uma latitude λ é dado por

- A () $mg - m\omega^2 R \cos \lambda$.
 B () $mg - m\omega^2 R \sin^2 \lambda$.
 C () $mg \sqrt{1 - [2\omega^2 R/g + (\omega^2 R/g)^2] \sin^2 \lambda}$.
 D () $mg \sqrt{1 - [2\omega^2 R/g - (\omega^2 R/g)^2] \cos^2 \lambda}$.
 E () $mg \sqrt{1 - [2\omega^2 R/g - (\omega^2 R/g)^2] \sin^2 \lambda}$.



Questão 3. Considere um segmento de reta que liga o centro de qualquer planeta do sistema solar ao centro do Sol. De acordo com a 2ª Lei de Kepler, tal segmento percorre áreas iguais em tempos iguais. Considere, então, que em dado instante deixasse de existir o efeito da gravitação entre o Sol e o planeta. Assinale a alternativa correta.

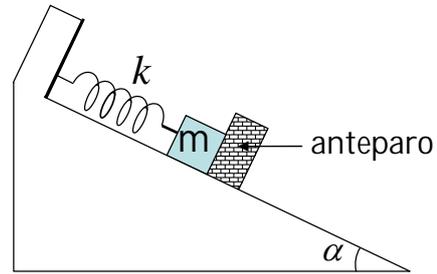
- A () O segmento de reta em questão continuaria a percorrer áreas iguais em tempos iguais.
 B () A órbita do planeta continuaria a ser elíptica, porém com focos diferentes e a 2ª Lei de Kepler continuaria válida.
 C () A órbita do planeta deixaria de ser elíptica e a 2ª Lei de Kepler não seria mais válida.
 D () A 2ª Lei de Kepler só é válida quando se considera uma força que depende do inverso do quadrado das distâncias entre os corpos e, portanto, deixaria de ser válida.
 E () O planeta iria se dirigir em direção ao Sol.

Questão 4. A temperatura para a qual a velocidade associada à energia cinética média de uma molécula de nitrogênio, N_2 , é igual à velocidade de escape desta molécula da superfície da Terra é de, aproximadamente,

- A () $1,4 \times 10^5 \text{K}$. B () $1,4 \times 10^8 \text{K}$. C () $7,0 \times 10^{27} \text{K}$.
 D () $7,2 \times 10^4 \text{K}$. E () $8,4 \times 10^{28} \text{K}$.

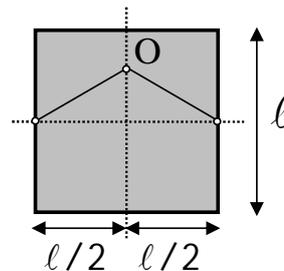
Questão 5. No plano inclinado, o corpo de massa m é preso a uma mola de constante elástica k , sendo barrado à frente por um anteparo. Com a mola no seu comprimento natural, o anteparo, de alguma forma, inicia seu movimento de descida com uma aceleração constante a . Durante parte dessa descida, o anteparo mantém contato com o corpo, dele se separando somente após um certo tempo. Desconsiderando quaisquer atritos, podemos afirmar que a variação máxima do comprimento da mola é dada por

- A () $\left[mg \operatorname{sen} \alpha + m \sqrt{a(2g \operatorname{sen} \alpha + a)} \right] / k.$
 B () $\left[mg \cos \alpha + m \sqrt{a(2g \cos \alpha + a)} \right] / k.$
 C () $\left[mg \operatorname{sen} \alpha + m \sqrt{a(2g \operatorname{sen} \alpha - a)} \right] / k.$
 D () $m(g \operatorname{sen} \alpha - a) / k.$
 E () $mg \operatorname{sen} \alpha / k.$



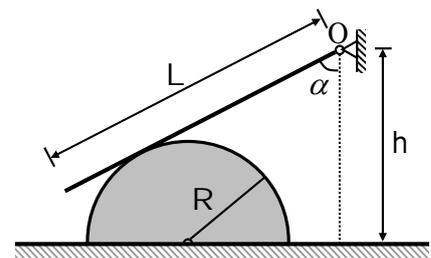
Questão 6. Um quadro quadrado de lado ℓ e massa m , feito de um material de coeficiente de dilatação superficial β , é pendurado no pino O por uma corda inextensível, de massa desprezível, com as extremidades fixadas no meio das arestas laterais do quadro, conforme a figura. A força de tração máxima que a corda pode suportar é F . A seguir, o quadro é submetido a uma variação de temperatura ΔT , dilatando. Considerando desprezível a variação no comprimento da corda devida à dilatação, podemos afirmar que o comprimento mínimo da corda para que o quadro possa ser pendurado com segurança é dado por

- A () $2\ell F \sqrt{\beta \Delta T} / mg.$
 B () $2\ell F (1 + \beta \Delta T) / mg.$
 C () $2\ell F (1 + \beta \Delta T) / \sqrt{(4F^2 - m^2 g^2)}.$
 D () $2\ell F \sqrt{(1 + \beta \Delta T)} / (2F - mg).$
 E () $2\ell F \sqrt{(1 + \beta \Delta T)} / (4F^2 - m^2 g^2).$



Questão 7. Considere um semicilindro de peso P e raio R sobre um plano horizontal não liso, mostrado em corte na figura. Uma barra homogênea de comprimento L e peso Q está articulada no ponto O. A barra está apoiada na superfície lisa do semicilindro, formando um ângulo α com a vertical. Quanto vale o coeficiente de atrito mínimo entre o semicilindro e o plano horizontal para que o sistema todo permaneça em equilíbrio?

- A () $\mu = \cos \alpha / [\cos \alpha + 2P(2h/LQ \cos(2\alpha) - R/LQ \operatorname{sen} \alpha)]$
 B () $\mu = \cos \alpha / [\cos \alpha + P(2h/LQ \operatorname{sen}(2\alpha) - 2R/LQ \cos \alpha)]$
 C () $\mu = \cos \alpha / [\operatorname{sen} \alpha + 2P(2h/LQ \operatorname{sen}(2\alpha) - R/LQ \cos \alpha)]$
 D () $\mu = \operatorname{sen} \alpha / [\operatorname{sen} \alpha + 2P(2h/LQ \cos(\alpha) - 2R/LQ \cos \alpha)]$
 E () $\mu = \operatorname{sen} \alpha / [\cos \alpha + P(2h/LQ \operatorname{sen}(\alpha) - 2R/LQ \cos \alpha)]$

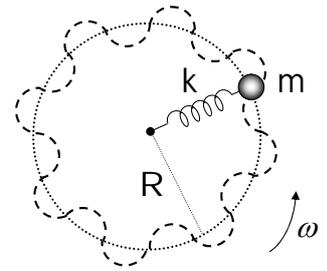


Questão 8. Um elétron é acelerado do repouso através de uma diferença de potencial V e entra numa região na qual atua um campo magnético, onde ele inicia um movimento ciclotrônico, movendo-se num círculo de raio R_E com período T_E . Se um próton fosse acelerado do repouso através de uma diferença de potencial de mesma magnitude e entrasse na mesma região em que atua o campo magnético, poderíamos afirmar sobre seu raio R_P e período T_P que

- A () $R_P = R_E$ e $T_P = T_E.$ B () $R_P > R_E$ e $T_P > T_E.$ C () $R_P > R_E$ e $T_P = T_E.$
 D () $R_P < R_E$ e $T_P = T_E.$ E () $R_P = R_E$ e $T_P < T_E.$

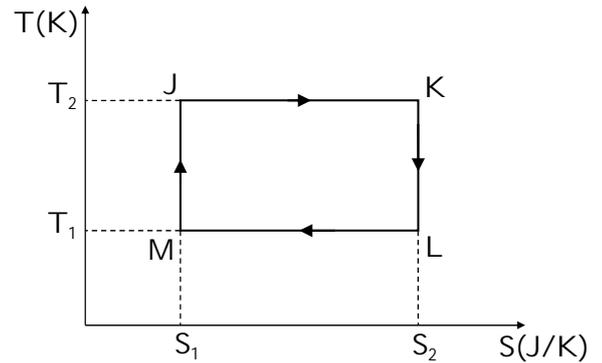
Questão 9. Considere um oscilador harmônico simples composto por uma mola de constante elástica k , tendo uma extremidade fixada e a outra acoplada a uma partícula de massa m . O oscilador gira num plano horizontal com velocidade angular constante ω em torno da extremidade fixa, mantendo-se apenas na direção radial, conforme mostra a figura. Considerando R_0 a posição de equilíbrio do oscilador para $\omega = 0$, pode-se afirmar que

- A () o movimento é harmônico simples para qualquer que seja velocidade angular ω .
- B () o ponto de equilíbrio é deslocado para $R < R_0$.
- C () a frequência do MHS cresce em relação ao caso de $\omega = 0$.
- D () o quadrado da frequência do MHS depende linearmente do quadrado da velocidade angular .
- E () se a partícula tiver carga, um campo magnético na direção do eixo de rotação só poderá aumentar a frequência do MHS.



Questão 10. Uma máquina térmica opera segundo o ciclo JKLMJ mostrado no diagrama T-S da figura. Pode-se afirmar que

- A () o processo JK corresponde a uma compressão isotérmica.
- B () o trabalho realizado pela máquina em um ciclo é $W = (T_2 - T_1)(S_2 - S_1)$.
- C () o rendimento da máquina é dado por $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$.
- D () durante o processo LM uma quantidade de calor $Q_{LM} = T_1(S_2 - S_1)$ é absorvida pelo sistema.
- E () outra máquina térmica que opere entre T_2 e T_1 poderia eventualmente possuir um rendimento maior que a desta.



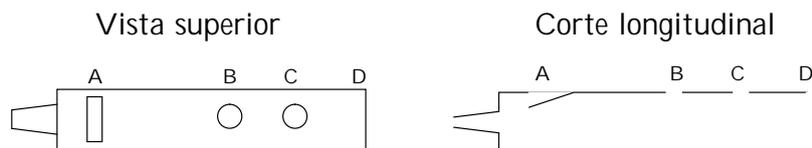
Questão 11. Um feixe luminoso vertical, de 500 nm de comprimento de onda, incide sobre uma lente plano-convexa apoiada numa lâmina horizontal de vidro, como mostra a figura. Devido à variação da espessura da camada de ar existente entre a lente e a lâmina, torna-se visível sobre a lente uma sucessão de anéis claros e escuros, chamados de anéis de Newton. Sabendo-se que o diâmetro do menor anel escuro mede 2 mm, a superfície convexa da lente deve ter um raio de

- A () 1,0 m.
- B () 1,6 m.
- C () 2,0 m.
- D () 4,0 m.
- E () 8,0 m.

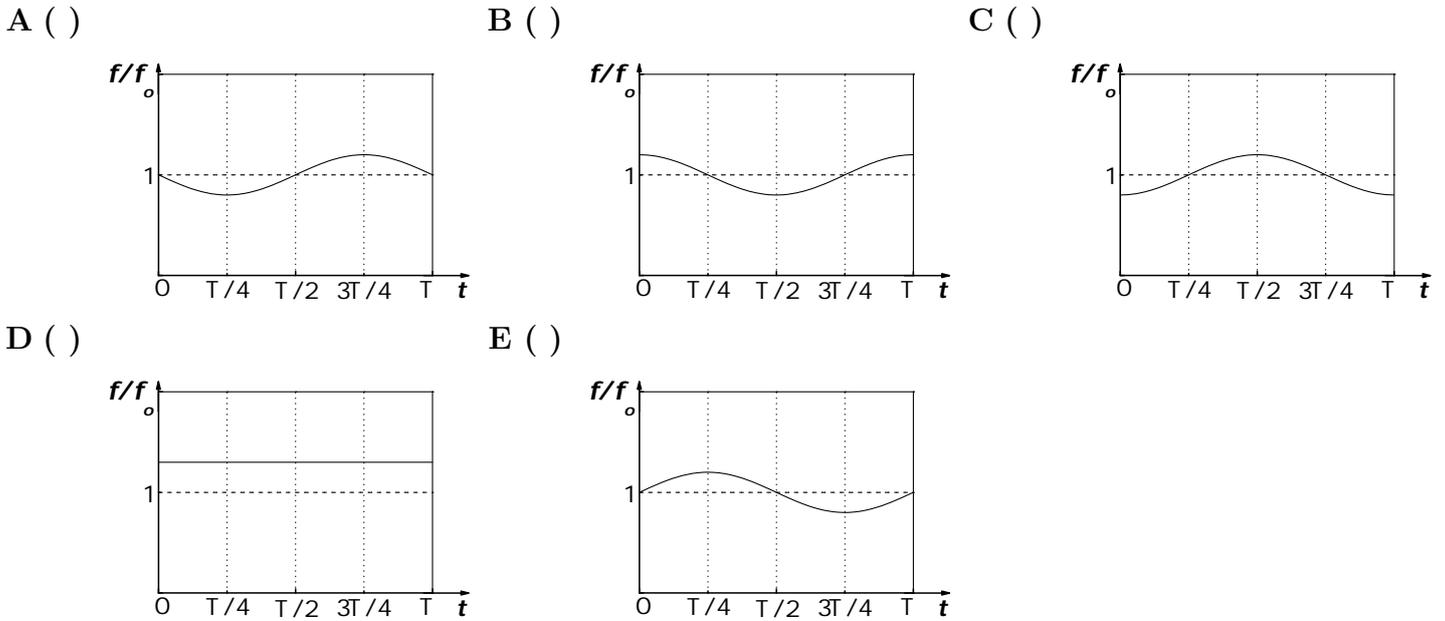


Questão 12. Considere o modelo de flauta simplificado mostrado na figura, aberta na sua extremidade D, dispondo de uma abertura em A (próxima à boca), um orifício em B e outro em C. Sendo $\overline{AD} = 34,00$ cm, $\overline{AB} = \overline{BD}$, $\overline{BC} = \overline{CD}$ e a velocidade do som de 340,0 m/s, as frequências esperadas nos casos: (i) somente o orifício C está fechado, e (ii) os orifícios B e C estão fechados, devem ser, respectivamente

- A () 2000 Hz e 1000 Hz.
- B () 500 Hz e 1000 Hz .
- C () 1000 Hz e 500 Hz.
- D () 50 Hz e 100 Hz.
- E () 10 Hz e 5 Hz.



Questão 13. Uma jovem encontra-se no assento de um carrossel circular que gira a uma velocidade angular constante com período T . Uma sirene posicionada fora do carrossel emite um som de frequência f_o em direção ao centro de rotação. No instante $t = 0$, a jovem está à menor distância em relação à sirene. Nesta situação, assinale a melhor representação da frequência f ouvida pela jovem.

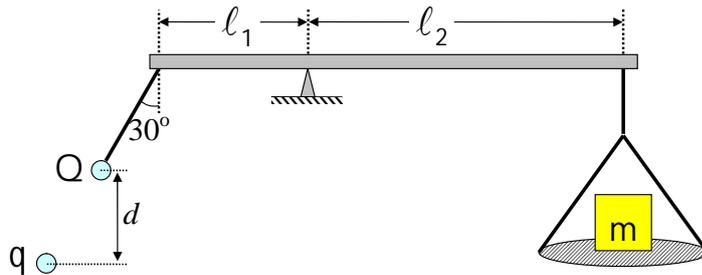


Questão 14. Considere as cargas elétricas $q_1 = 1 \text{ C}$, situada em $x = -2 \text{ m}$, e $q_2 = -2 \text{ C}$, situada em $x = -8 \text{ m}$. Então, o lugar geométrico dos pontos de potencial nulo é

- A () uma esfera que corta o eixo x nos pontos $x = -4 \text{ m}$ e $x = 4 \text{ m}$.
 B () uma esfera que corta o eixo x nos pontos $x = -16 \text{ m}$ e $x = 16 \text{ m}$.
 C () um elipsoide que corta o eixo x nos pontos $x = -4 \text{ m}$ e $x = 16 \text{ m}$.
 D () um hiperboloide que corta o eixo x no ponto $x = -4 \text{ m}$.
 E () um plano perpendicular ao eixo x que o corta no ponto $x = -4 \text{ m}$.

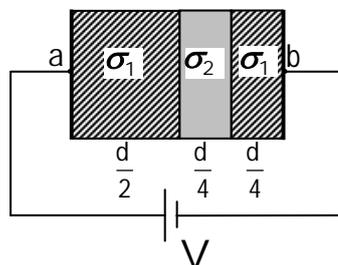
Questão 15. Considere uma balança de braços desiguais, de comprimentos l_1 e l_2 , conforme mostra a figura. No lado esquerdo encontra-se pendurada uma carga de magnitude Q e massa desprezível, situada a uma certa distância de outra carga, q . No lado direito encontra-se uma massa m sobre um prato de massa desprezível. Considerando as cargas como pontuais e desprezível a massa do prato da direita, o valor de q para equilibrar a massa m é dado por

- A () $-mgl_2d^2/(k_0Ql_1)$.
 B () $-8mgl_2d^2/(k_0Ql_1)$.
 C () $-4mgl_2d^2/(3k_0Ql_1)$.
 D () $-2mgl_2d^2/(\sqrt{3}k_0Ql_1)$.
 E () $-8mgl_2d^2/(3\sqrt{3}k_0Ql_1)$.



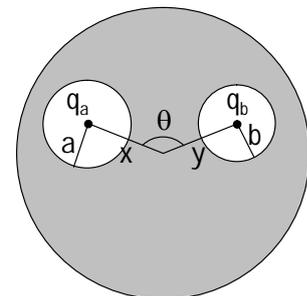
Questão 16. A figura mostra três camadas de dois materiais com condutividade σ_1 e σ_2 , respectivamente. Da esquerda para a direita, temos uma camada do material com condutividade σ_1 , de largura $d/2$, seguida de uma camada do material de condutividade σ_2 , de largura $d/4$, seguida de outra camada do primeiro material de condutividade σ_1 , de largura $d/4$. A área transversal é a mesma para todas as camadas e igual a A . Sendo a diferença de potencial entre os pontos a e b igual a V , a corrente do circuito é dada por

- A () $4VA/d(3\sigma_1 + \sigma_2)$.
 B () $4VA/d(3\sigma_2 + \sigma_1)$.
 C () $4VA\sigma_1\sigma_2/d(3\sigma_1 + \sigma_2)$.
 D () $4VA\sigma_1\sigma_2/d(3\sigma_2 + \sigma_1)$.
 E () $AV(6\sigma_1 + 4\sigma_2)/d$.



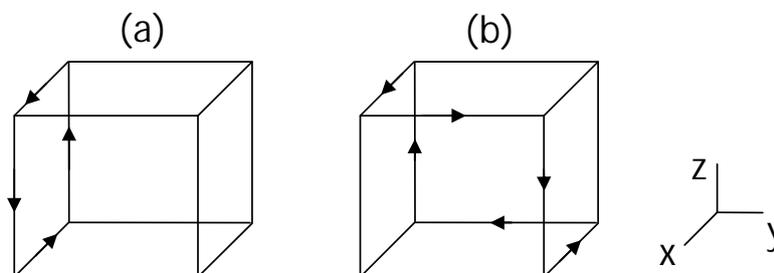
Questão 17. Uma esfera condutora de raio R possui no seu interior duas cavidades esféricas, de raio a e b , respectivamente, conforme mostra a figura. No centro de uma cavidade há uma carga puntual q_a e no centro da outra, uma carga também puntual q_b , cada qual distando do centro da esfera condutora de x e y , respectivamente. É correto afirmar que

- A () a força entre as cargas q_a e q_b é $k_0 q_a q_b / (x^2 + y^2 - 2xy \cos \theta)$.
- B () a força entre as cargas q_a e q_b é nula.
- C () não é possível determinar a força entre as cargas, pois não há dados suficientes.
- D () se nas proximidades do condutor houvesse uma terceira carga, q_c , esta não sentiria força alguma.
- E () se nas proximidades do condutor houvesse uma terceira carga, q_c , a força entre q_a e q_b seria alterada.



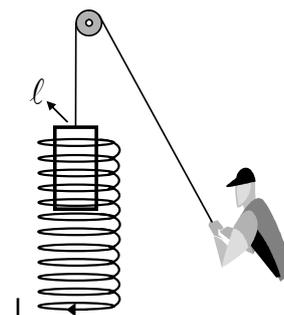
Questão 18. Uma corrente I flui em quatro das arestas do cubo da figura (a) e produz no seu centro um campo magnético de magnitude B na direção y , cuja representação no sistema de coordenadas é $(0, B, 0)$. Considerando um outro cubo (figura (b)) pelo qual uma corrente de mesma magnitude I flui através do caminho indicado, podemos afirmar que o campo magnético no centro desse cubo será dado por

- A () $(-B, -B, -B)$.
- B () $(-B, B, B)$.
- C () (B, B, B) .
- D () $(0, 0, B)$.
- E () $(0, 0, 0)$.



Questão 19. Considere um aparato experimental composto de um solenoide com n voltas por unidade de comprimento, pelo qual passa uma corrente I , e uma espira retangular de largura ℓ , resistência R e massa m presa por um de seus lados a uma corda inextensível, não condutora, a qual passa por uma polia de massa desprezível e sem atrito, conforme a figura. Se alguém puxar a corda com velocidade constante v , podemos afirmar que a força exercida por esta pessoa é igual a

- A () $(\mu_0 n I \ell)^2 v / R + mg$ com a espira dentro do solenoide.
- B () $(\mu_0 n I \ell)^2 v / R + mg$ com a espira saindo do solenoide.
- C () $(\mu_0 n I \ell)^2 v / R + mg$ com a espira entrando no solenoide.
- D () $\mu_0 n I^2 \ell + mg$ com a espira dentro do solenoide.
- E () mg e independe da posição da espira com relação ao solenoide.



Questão 20. No processo de fotossíntese, as moléculas de clorofila do tipo a nas plantas verdes apresentam um pico de absorção da radiação eletromagnética no comprimento de onda $\lambda = 6,80 \times 10^{-7} \text{m}$. Considere que a formação de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) por este processo de fotossíntese é descrita, de forma simplificada, pela reação:

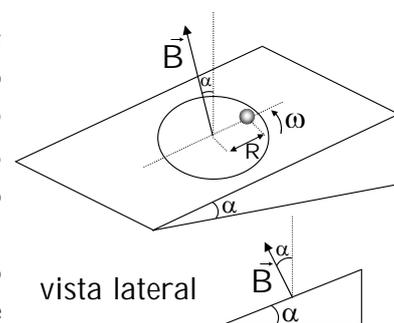


Sabendo-se que a energia total necessária para que uma molécula de CO_2 reaja é de $2,34 \times 10^{-18} \text{J}$, o número de fótons que deve ser absorvido para formar 1 mol de glicose é

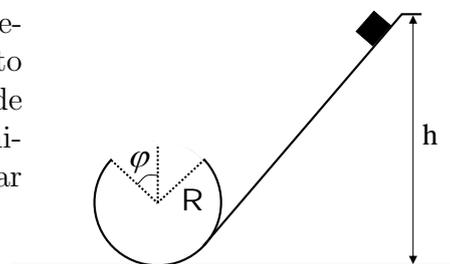
- A () 8.
- B () 24.
- C () 48.
- D () 120.
- E () 240.

As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30,
devem ser resolvidas no caderno de soluções

Questão 21. Um disco, com o eixo de rotação inclinado de um ângulo α em relação à vertical, gira com velocidade angular ω constante. O disco encontra-se imerso numa região do espaço onde existe um campo magnético \vec{B} uniforme e constante, orientado paralelamente ao eixo de rotação do disco. Uma partícula de massa m e carga $q > 0$ encontra-se no plano do disco, em repouso em relação a este, e situada a uma distância R do centro, conforme a figura. Sendo μ o coeficiente de atrito da partícula com o disco e g a aceleração da gravidade, determine até que valor de ω o disco pode girar de modo que a partícula permaneça em repouso.



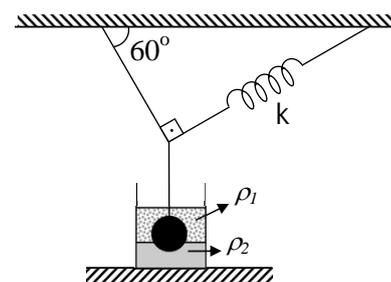
Questão 22. Um pequeno bloco desliza sobre uma rampa e logo em seguida por um “loop” circular de raio R , onde há um rasgo de comprimento de arco $2R\varphi$, como ilustrado na figura. Sendo g a aceleração da gravidade e desconsiderando qualquer atrito, obtenha a expressão para a altura inicial em que o bloco deve ser solto de forma a vencer o rasgo e continuar em contato com o restante da pista.



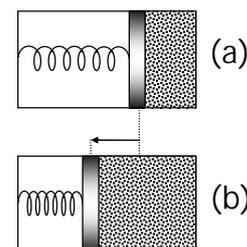
Questão 23. Uma massa m_1 com velocidade inicial V_0 colide com um sistema massa-mola m_2 e constante elástica k , inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito, conforme ilustra a figura. Determine o máximo comprimento de compressão da mola, considerando desprezível a sua massa.



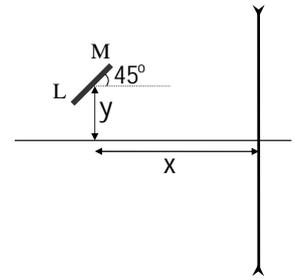
Questão 24. Uma esfera maciça de massa específica ρ e volume V está imersa entre dois líquidos, cujas massas específicas são ρ_1 e ρ_2 , respectivamente, estando suspensa por uma corda e uma mola de constante elástica k , conforme mostra a figura. No equilíbrio, 70% do volume da esfera está no líquido 1 e 30% no líquido 2. Sendo g a aceleração da gravidade, determine a força de tração na corda.



Questão 25. Uma parte de um cilindro está preenchida com um mol de um gás ideal monoatômico a uma pressão P_0 e temperatura T_0 . Um êmbolo de massa desprezível separa o gás da outra seção do cilindro, na qual há vácuo e uma mola em seu comprimento natural presa ao êmbolo e à parede oposta do cilindro, como mostra a figura (a). O sistema está termicamente isolado e o êmbolo, inicialmente fixo, é então solto, deslocando-se vagarosamente até passar pela posição de equilíbrio, em que a sua aceleração é nula e o volume ocupado pelo gás é o dobro do original, conforme mostra a figura (b). Desprezando os atritos, determine a temperatura do gás na posição de equilíbrio em função da sua temperatura inicial.

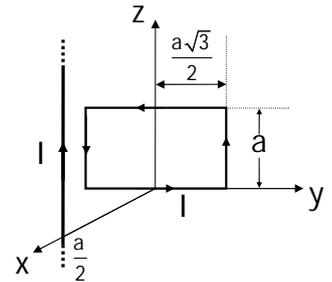


Questão 26. A figura mostra uma barra LM de $10\sqrt{2}$ cm de comprimento, formando um ângulo de 45° com a horizontal, tendo o seu centro situado a $x = 30,0$ cm de uma lente divergente, com distância focal igual a $20,0$ cm, e a $y = 10,0$ cm acima do eixo óptico da mesma. Determine o comprimento da imagem da barra e faça um desenho esquemático para mostrar a orientação da imagem.



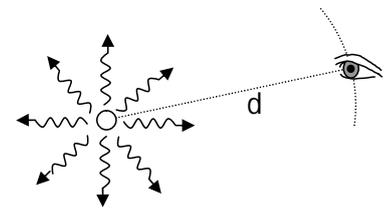
Questão 27. Derive a 3ª Lei de Kepler do movimento planetário a partir da Lei da Gravitação Universal de Newton considerando órbitas circulares.

Questão 28. Considere uma espira retangular de lados $\sqrt{3}a$ e a , respectivamente, em que circula uma corrente I , de acordo com a figura. A espira pode girar livremente em torno do eixo z . Nas proximidades da espira há um fio infinito, paralelo ao eixo z , que corta o plano xy no ponto $x = a/2$ e $y = 0$. Se pelo fio passa uma corrente de mesma magnitude I , calcule o momento resultante da força magnética sobre a espira em relação ao eixo z , quando esta encontra-se no plano yz .



Questão 29. O olho humano é uma câmara com um pequeno diafragma de entrada (pupila), uma lente (cristalino) e uma superfície fotossensível (retina). Chegando à retina, os fótons produzem impulsos elétricos que são conduzidos pelo nervo ótico até o cérebro, onde são decodificados.

Quando devidamente acostumada à obscuridade, a pupila se dilata até um raio de 3 mm e o olho pode ser sensibilizado por apenas 400 fótons por segundo. Numa noite muito escura, duas fontes monocromáticas, ambas com potência de 6×10^{-5} W, emitem, respectivamente, luz azul ($\lambda = 475$ nm) e vermelha ($\lambda = 650$ nm) isotropicamente, isto é, em todas as direções. Desprezando a absorção de luz pelo ar e considerando a área da pupila circular, qual das duas fontes pode ser vista a uma maior distância? Justifique com cálculos.



Questão 30. No gráfico ao lado estão representadas as características de um gerador, de força eletromotriz igual a \mathcal{E} e resistência interna r , e um receptor ativo de força contraeletromotriz \mathcal{E}' e resistência interna r' . Sabendo que os dois estão interligados, determine a resistência interna e o rendimento para o gerador e para o receptor.

