

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2019
3ª FASE - 26 DE OUTUBRO DE 2019

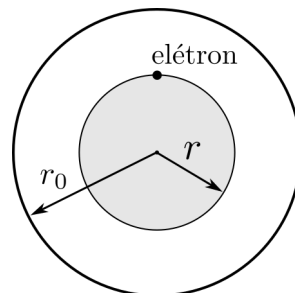
NÍVEL III
Ensino Médio
3ª e 4ª séries

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

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: $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\text{sen}(30^\circ) = 0,50$; $\text{cos}(30^\circ) = 0,85$; $\text{sen}(45^\circ) = 0,70$; $\text{sen}(15^\circ) = 0,26$; $\text{cos}(15^\circ) = 0,97$; $\pi = 3,0$; densidade da água = $1,0 \text{ g/cm}^3$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; calor específico da água líquida = $1,0 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1}$; calor latente de fusão da água = $80 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1}$; calor latente de vaporização da água = $540 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1}$; número de Avogadro = 6×10^{23} ; constante de Boltzmann $1,4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$; constante de gravitação universal $6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$; massa da Terra $6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$; raio da Terra $6,4 \times 10^6 \text{ m}$; velocidade da luz no vácuo $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ e aceleração da gravidade = 10 m/s^2 .

Questão 1. A destreza com que os vaqueiros movimentam as cordas em rodeios é fascinante. Uma manobra bastante conhecida é quando o vaqueiro movimenta a uma corda que contém um laço em sua extremidade que executa um movimento praticamente circular paralelo a um plano horizontal. A mecânica envolvida na explicação desse fenômeno é igualmente fascinante, porém demasiadamente complexa para ser abordada aqui. Ao invés disso, você deve considerar o laço isoladamente, ou seja, um aro circular que gira em um plano horizontal na ausência da gravidade (ou equivalentemente que gira em um plano horizontal liso sem atrito). Suponha que o centro de massa do aro está em repouso e que um ponto do aro tem velocidade tangencial v_0 . Demonstre que a velocidade de propagação das ondas nesse laço é v_0 .

Questão 2. A compreensão da estrutura atômica foi resultado de uma série de experimentos e modelos que buscavam fornecer a melhor descrição experimental possível. Nessa jornada, a primeira proposta clássica para a estrutura de um átomo foi concebida por J. J. Thomson. Era de seu conhecimento o fato experimental de que a existência de elétrons emitidos pelo cátodo metálico de um tubo de raios catódicos implicaria que os átomos constituintes do cátodo continham necessariamente elétrons. Isso era consistente com a observação experimental de que a carga de um átomo ionizado uma única vez é igual em magnitude à carga de um único elétron. Outro fato experimental importante era que a massa m_e do elétron é muito pequena, mesmo comparada à massa do átomo mais leve, o que implica que a maior parte da massa do átomo deve estar associada à carga positiva. Todas essas questões conduziram naturalmente à questão da distribuição de cargas positivas e negativas no interior do átomo. Em seu modelo para o átomo de hidrogênio, J. J. Thomson propôs que a carga positiva, $+e$, do núcleo estava distribuída uniformemente no interior de uma esfera de raio r_0 , que seria o raio do átomo, e que o elétron, de carga $-e$, era uma partícula puntiforme no interior dessa distribuição. Considere que nesse modelo a força eletrostática sobre o elétron é (1) devida apenas à carga q_{int} , ilustrada na figura abaixo com a cor cinza, e que, (2) q_{int} pode ser considerada puntiforme e localizada no centro do átomo. De acordo com esse modelo, mostre que elétron descreve um movimento harmônico simples na direção radial no interior dessa distribuição, e determine a frequência dessa oscilação, em termos dos dados do problema e da constante de Coulomb k_0 .

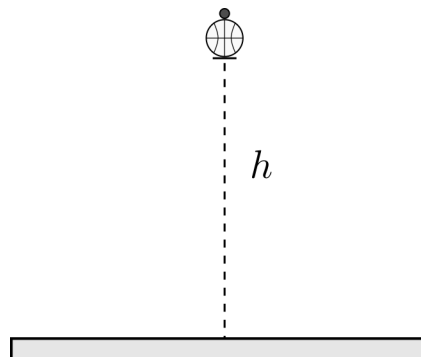


Questão 3. Muito antes da existência dos atuais refrigeradores, alguns povos antigos desenvolveram uma técnica para a produção de gelo. Em uma noite sem luar, na qual a temperatura é de 5°C , é possível obter gelo ao colocar uma certa quantidade de água sobre um recipiente de área de 35 cm^2 , devidamente isolado em sua base, por exemplo com palha, e deixando-o exposto por aproximadamente 6 horas. Esse fenômeno é explicado pelas trocas de energia por radiação térmica entre o corpo e o céu noturno. Em regiões desérticas onde essa técnica é usada, sob certas condições climáticas, o céu pode ser considerado aproximadamente um corpo negro de temperatura -20°C . Considere que a taxa com que um corpo troca energia por irradiação com um meio que se comporta como um corpo negro de temperatura T_n é dada por

$$P = e\sigma A(T^4 - T_n^4)$$

onde $\sigma = 5,7 \times 10^{-8}\text{ W/m}^2\text{K}^4$ é a constante de Stefan, e é a emissividade do corpo, A é área pela qual a energia é irradiada e T sua temperatura. Determine a quantidade de gelo, em gramas, obtida na situação descrita acima, considerando que o sistema (conteúdo do recipiente) troca energia apenas com o céu noturno. (Assuma que a emissividade da água é 0,9.)

Questão 4. Uma bola de basquete pode ser usada para impulsionar uma bola de tênis a uma altura surpreendente. A figura abaixo, fora de escala, representa a configuração inicial de um sistema formado por uma bola de tênis, raio $r = 3,00$ cm e massa $m = 50,0$ g, que está apoiada sobre uma bola de basquete, raio $R = 12,0$ cm e massa 500 g, cuja base está a uma altura $h = 1,50$ m acima de um piso horizontal liso. Determine a máxima altura que o centro de cada bola atinge após serem abandonadas do repouso. Considere que a colisão da bola de basquete com o piso é instantânea, de modo que, efetivamente, a bola de basquete em ascensão colide com a bola de tênis enquanto essa está descendo e que todas as colisões são perfeitamente elásticas. (As especificações das bolas são aproximadas e não estão, necessariamente, nos intervalos aceitos oficialmente em cada modalidade esportiva.)



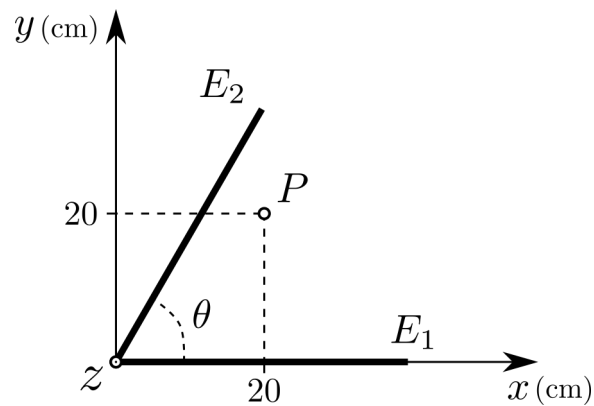
Questão 5. Por que o campo gravitacional da Terra consegue reter o oxigênio de nossa atmosfera mas, o hidrogênio, apesar de ser o elemento mais abundante do universo, se capturado, é posteriormente perdido para o espaço exterior? Esse fenômeno pode ser explicado, em parte, comparando as velocidades típicas das moléculas de O_2 (massa molar 16 g/mol) e H_2 (massa molar 2 g/mol) na parte superior da atmosfera com a velocidade v_e que uma partícula deve ter para escapar do campo gravitacional da Terra. (a) A partir de considerações sobre a energia potencial gravitacional, determine v_e . (b) Supondo que na parte superior da atmosfera a temperatura é de aproximadamente 200 K, estime as velocidades típicas das moléculas de O_2 e H_2 . (c) Responda a questão inicialmente proposta.

Questão 6.

Cientistas da Inglaterra descobriram que a penugem de certas mariposas absorvem 84% do som incidente. De acordo com os pesquisadores o tegumento das mariposas funciona como uma camuflagem acústica para os cliques ultrassônicos de morcegos caçadores de insetos. (Adaptado de www.physicsworld.com/a/moths-use-acoustic-camouflaging-fur-to-evade-bats/, acesso 30/11/2018.)

Considere uma espécie de morcego que consegue ecolocalizar (detectar) presas que não têm defesa passiva, isto é, que refletem totalmente o som incidente, até no máximo 8 m. Determine, para esses morcegos, o alcance de ecolocalização das mariposas que dispõem dessa camuflagem acústica. Em suas considerações, assumo que as ondas sonoras se propagam esfericamente.

Questão 7. Na figura abaixo, E_1 e E_2 representam a vista superior de dois espelhos planos, dispostos em forma de cunha, que formam um ângulo de $\theta = 60^\circ$ entre si. Note que o eixo x do sistema cartesiano passa pelo plano de um dos espelhos e o eixo z (saindo do papel) passa pela aresta onde os espelhos se tocam. No ponto P , entre os espelhos, está localizado um pequeno objeto. (a) Quantas imagens desse objeto são formadas por esse arranjo de espelhos? (b) Determine a área da figura convexa (sem concavidades) formada pelo objeto e todas suas imagens.



Questão 8. Um estudante de física está preocupado com as possíveis implicações para a segurança do trânsito devido à mudança da cor da luz causada pelo movimento relativos entre a fonte luminosa e o observador. Em princípio, a luz vermelha (comprimento de onda 650 nm) emitida por um semáforo poderia ser vista como verde (comprimento de onda 550 nm) por um motorista que dele se aproximasse com velocidade v . (a) Qual o valor de v para que isso ocorra? Se a massa do carro como o motorista é $m = 1000$ kg, medida em um referencial no qual ambos estão em repouso, (b) qual a mínima energia necessária para atingir a velocidade v partindo do repouso? (c) A preocupação do estudante é justificada?