

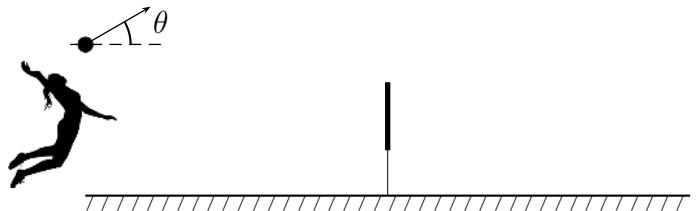
Quando precisar use os seguintes valores para as constantes: Constante da gravitação universal $G = 7 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$. Aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$. Velocidade do som no ar = 340 m/s. Raio da Terra $R = 6400 \text{ km}$. Constante dos gases $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$. Índice adiabático do ar $\gamma = C_P/C_V = 1,4$. Massa molecular do ar $M_{ar} = 0,029 \text{ kg/mol}$. Permeabilidade magnética do vácuo $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$. Pressão atmosférica 1,0 atm = 100 kPa. Massa específica da água = 1,0 g/cm³

Questão 1. Considere uma estrela de neutrons com densidade média de $5 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$, sendo que sua frequência de vibração radial ν é função do seu raio R , de sua massa m e da constante da gravitação universal G . Sabe-se que ν é dada por uma expressão monomial, em que a constante adimensional de proporcionalidade vale aproximadamente 1. Então o valor de ν é da ordem de

- A () 10^{-2} Hz . C () 10^0 Hz . E () 10^4 Hz .
 B () 10^{-1} Hz . D () 10^2 Hz .

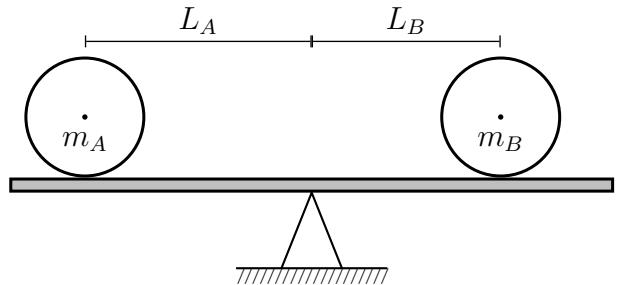
Questão 2. Numa quadra de volei de 18 m de comprimento, com rede de 2,24 m de altura, uma atleta solitária faz um saque com a bola bem em cima da linha de fundo, a 3,0 m de altura, num ângulo θ de 15° com a horizontal, conforme a figura, com trajetória num plano perpendicular à rede. Desprezando o atrito, pode-se dizer que, com 12 m/s de velocidade inicial, a bola

- A () bate na rede.
 B () passa tangenciando a rede.
 C () passa a rede e cai antes da linha de fundo.
 D () passa a rede e cai na linha de fundo.
 E () passa a rede e cai fora da quadra.



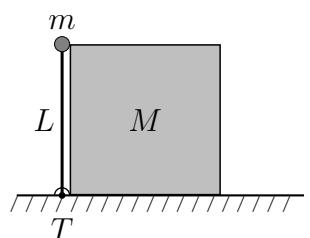
Questão 3. Sobre uma prancha horizontal de massa desprezível e apoiada no centro, dois discos, de massas m_A e m_B , respectivamente, rolam com as respectivas velocidades v_A e v_B , constantes, em direção ao centro, do qual distam L_A e L_B , conforme a figura. Com o sistema em equilíbrio antes que os discos colidam, a razão v_A/v_B é dada por

- A () 1.
 B () m_A/m_B .
 C () m_B/m_A .
 D () $L_A m_A/L_B m_B$.
 E () $L_B m_B/L_A m_A$.



Questão 4. Uma haste vertical de comprimento L , sem peso, é presa a uma articulação T e dispõe em sua extremidade de uma pequena massa m que, conforme a figura, toca levemente a quina de um bloco de massa M . Após uma pequena perturbação, o sistema movimenta-se para a direita. A massa m perde o contato com M no momento em que a haste perfaz um ângulo de $\pi/6$ rad com a horizontal. Desconsiderando atritos, assinale a velocidade final do bloco.

- A () $\sqrt{\frac{mgL}{M}}$
 C () $\sqrt{\frac{mgL}{M+4m/3}}$
 E () \sqrt{gL}
 B () $\sqrt{\frac{mgL}{M+4m}}$
 D () $\sqrt{\frac{2mgL}{M}}$

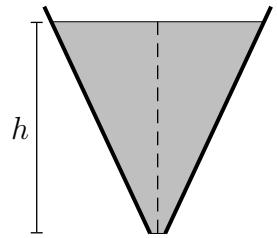


Questão 5. Em queixa à polícia, um músico depõe ter sido quase atropelado por um carro, tendo distinguido o som em Mi da buzina na aproximação do carro e em Ré, no seu afastamento. Então, com base no fato de ser de $10/9$ a relação das frequências $\nu_{\text{Mi}}/\nu_{\text{Ré}}$, a perícia técnica conclui que a velocidade do carro, em km/h, deve ter sido aproximadamente de

- A () 64. B () 71. C () 83. D () 102. E () 130.

Questão 6. Na figura, o tanque em forma de tronco de cone, com $10,0\text{ cm}$ de raio da base, contém água até o nível de altura $h = 500\text{ cm}$, com 100 cm de raio da superfície livre. Removendo-se a tampa da base, a água começa a escoar e, nesse instante, a pressão no nível a $15,0\text{ cm}$ de altura é de

- A () 100 kPa.
 B () 102 kPa.
 C () 129 kPa.
 D () 149 kPa.
 E () 150 kPa.

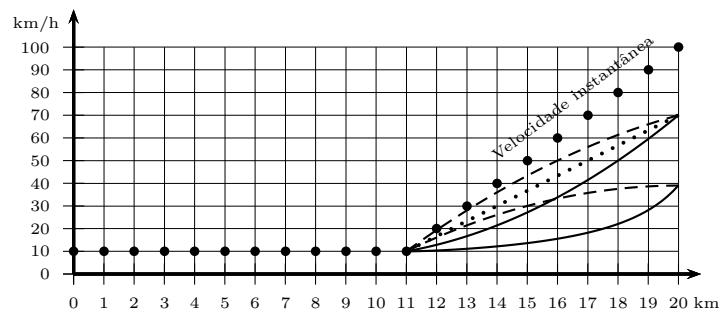


Questão 7. A partir de um mesmo ponto a uma certa altura do solo, uma partícula é lançada sequencialmente em três condições diferentes, mas sempre com a mesma velocidade inicial horizontal \mathbf{v}_0 . O primeiro lançamento é feito no vácuo e o segundo, na atmosfera com ar em repouso. O terceiro é feito na atmosfera com ar em movimento cuja velocidade em relação ao solo é igual em módulo, direção e sentido à velocidade \mathbf{v}_0 . Para os três lançamentos, designando-se respectivamente de t_1 , t_2 e t_3 os tempos de queda da partícula e de v_1 , v_2 e v_3 os módulos de suas respectivas velocidades ao atingir o solo, assinale a alternativa correta.

- A () $t_1 < t_3 < t_2$; $v_1 > v_3 > v_2$ D () $t_1 < t_2 < t_3$; $v_1 = v_3 > v_2$
 B () $t_1 < t_2 = t_3$; $v_1 > v_3 > v_2$ E () $t_1 < t_2 = t_3$; $v_1 > v_2 = v_3$
 C () $t_1 = t_3 < t_2$; $v_1 = v_3 > v_2$

Questão 8. Os pontos no gráfico indicam a velocidade instantânea, quilômetro a quilômetro, de um carro em movimento retilíneo. Por sua vez, o computador de bordo do carro calcula a velocidade média dos últimos 9 km por ele percorridos. Então, a curva que melhor representa a velocidade média indicada no computador de bordo entre os quilômetros 11 e 20 é

- A () a tracejada que termina acima de 50 km/h .
 B () a cheia que termina acima de 50 km/h .
 C () a tracejada que termina abaixo de 50 km/h .
 D () a pontilhada.
 E () a cheia que termina abaixo de 50 km/h .

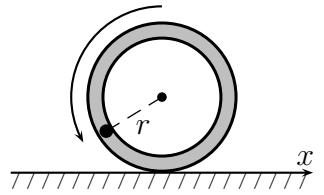


Questão 9. Uma massa m de carga q gira em órbita circular de raio R e período T no plano equatorial de um ímã. Nesse plano, a uma distância r do ímã, a intensidade do campo magnético é $B(r) = \mu/r^3$, em que μ é uma constante. Se fosse de $4R$ o raio dessa órbita, o período seria de

- A () $T/2$. B () $2T$. C () $8T$. D () $32T$. E () $64T$.

Questão 10. Um tubo fino de massa 1225 g e raio $r = 10,0$ cm encontra-se inicialmente em repouso sobre um plano horizontal sem atrito. A partir do ponto mais alto, um corpo de massa 71,0 g com velocidade inicial zero desliza sem atrito pelo interior do tubo no sentido anti-horário, conforme a figura. Então, quando na posição mais baixa, o corpo terá uma velocidade relativa ao tubo, em cm/s, igual a

- A () -11,3.
 B () -206.
 C () 11,3.
 D () 206.
 E () 194.

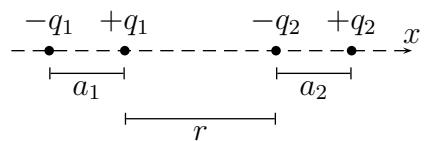


Questão 11. Num plano horizontal liso, presas cada qual a uma corda de massa desprezível, as massas m_1 e m_2 giram em órbitas circulares de mesma frequência angular uniforme, respectivamente com raios r_1 e $r_2 = r_1/2$. Em certo instante essas massas colidem-se frontal e elasticamente e cada qual volta a perfazer um movimento circular uniforme. Sendo iguais os módulos das velocidades de m_1 e m_2 após o choque, assinale a relação m_2/m_1 .

- A () 1 B () 3/2 C () 4/3 D () 5/4 E () 7/5

Questão 12. Considere quatro cargas fixadas sobre o eixo x orientado para a direita. Duas delas, $-q_1$ e $+q_1$, separadas por uma distância a_1 , formam o sistema 1 e as outras duas, $-q_2$ e $+q_2$, separadas por uma distância a_2 , formam o sistema 2. Considerando que ambos os sistemas estão separados por uma distância r muito maior que a_1 e a_2 , conforme a figura, e que $(1+z)^{-2} \simeq 1 - 2z + 3z^2$ para $z \ll 1$, a força exercida pelo sistema 1 sobre o sistema 2 é

- A () $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$.
 B () $-\frac{2}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$.
 C () $-\frac{2}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2 a_1 a_2}{r^4}$.
 D () $-\frac{6}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2 a_1 a_2}{r^4}$.
 E () $\frac{8}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2 a_1 a_2}{r^4}$.



Questão 13. Quatro corpos pontuais, cada qual de massa m , atraem-se mutuamente devido à interação gravitacional. Tais corpos encontram-se nos vértices de um quadrado de lado L girando em torno do seu centro com velocidade angular constante. Sendo G a constante de gravitação universal, o período dessa rotação é dado por

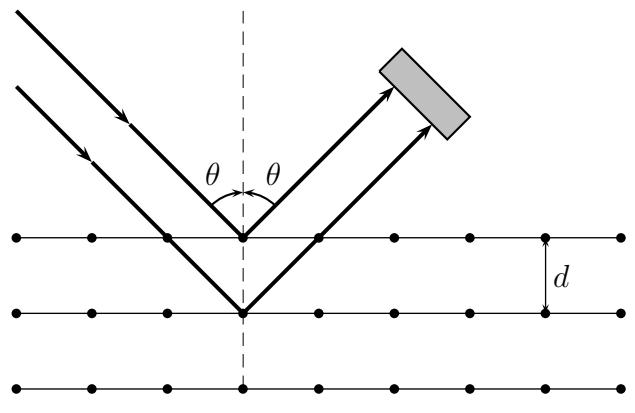
- A () $2\pi \sqrt{\frac{L^3}{Gm} \left(\frac{4 - \sqrt{2}}{2} \right)}$.
 B () $\frac{4\pi}{3} \sqrt{\frac{\sqrt{2}L^3}{3Gm}}$.
 C () $\sqrt{\frac{L^3}{Gm} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{7} \right)}$.
 D () $2\pi \sqrt{\frac{L^3}{Gm} \left(\frac{4 - \sqrt{2}}{7} \right)}$.
 E () $\sqrt{\frac{L^3}{Gm} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{2} \right)}$.

Questão 14. Dois espelhos esféricos interdistantes de 50 cm, um côncavo, E_1 , e outro convexo, E_2 , são dispostos coaxialmente tendo a mesma distância focal de 16 cm. Uma vela é colocada diante dos espelhos perpendicularmente ao eixo principal, de modo que suas primeiras imagens conjugadas por E_1 e E_2 tenham o mesmo tamanho. Assinale a opção com as respectivas distâncias, em cm, da vela aos espelhos E_1 e E_2 .

- A () 25 e 25 B () 41 e 9 C () 34 e 16 D () 35 e 15 E () 40 e 10

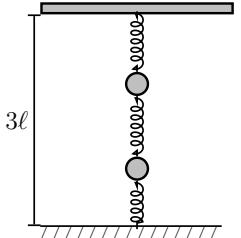
Questão 15. Com um certo material, cujas camadas atômicas interdistam de uma distância d , interage um feixe de radiação que é detectado em um ângulo θ conforme a figura. Tal experimento é realizado em duas situações: (I) o feixe é de raios X monocromáticos, com sua intensidade de radiação medida por um detector, resultando numa distribuição de intensidade em função de θ , com valor máximo para $\theta = \alpha$, e (II) o feixe é composto por elétrons monoenergéticos, com a contagem do número de elétrons por segundo para cada ângulo medido, resultando no seu valor máximo para $\theta = \beta$. Assinale a opção com possíveis mudanças que implicam a alteração simultânea dos ângulos α e β medidos.

- A () Aumenta-se a intensidade do feixe de raio X e diminui-se a velocidade dos elétrons.
- B () Aumenta-se a frequência dos raios X e triplica-se o número de elétrons no feixe.
- C () Aumentam-se o comprimento de onda dos raios X e a energia cinética dos elétrons.
- D () Dobram-se a distância entre camadas d (pela escolha de outro material) e o comprimento de onda dos raios X. Além disso, diminui-se a velocidade dos elétrons pela metade.
- E () Diminui-se a intensidade dos raios X e aumenta-se a energia dos elétrons.



Questão 16. Três molas idênticas, de massas desprezíveis e comprimentos naturais ℓ , são dispostas verticalmente entre o solo e o teto a 3ℓ de altura. Conforme a figura, entre tais molas são fixadas duas massas pontuais iguais. Na situação inicial de equilíbrio, retira-se a mola inferior (ligada ao solo) resultando no deslocamento da massa superior de uma distância d_1 para baixo, e da inferior, de uma distância d_2 também para baixo, alcançando-se nova posição de equilíbrio. Assinale a razão d_2/d_1 .

- A () 2
- B () 3/2
- C () 5/3
- D () 4/3
- E () 5/4



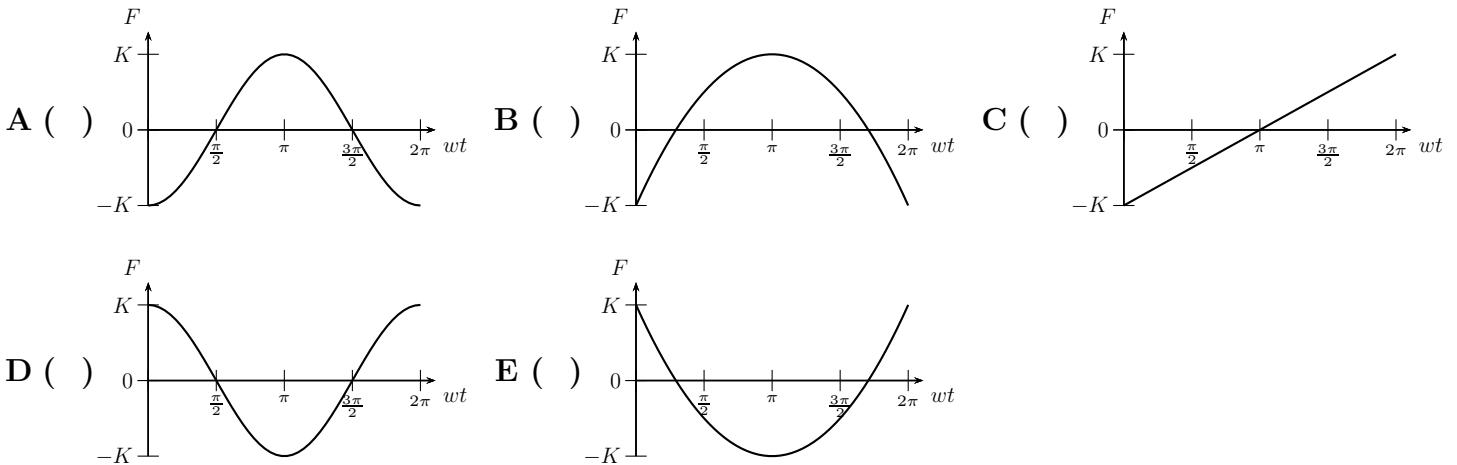
Questão 17. No livro *Teoria do Calor* (1871), Maxwell, escreveu referindo-se a um recipiente cheio de ar:

“... iniciando com uma temperatura uniforme, vamos supor que um recipiente é dividido em duas partes por uma divisória na qual existe um pequeno orifício, e que um ser que pode ver as moléculas individualmente abre e fecha esse orifício de tal modo que permite somente a passagem de moléculas rápidas de A para B e somente as lentas de B para A. Assim, sem realização de trabalho, ele aumentará a temperatura de B e diminuirá a temperatura de A em contradição com ... ”.

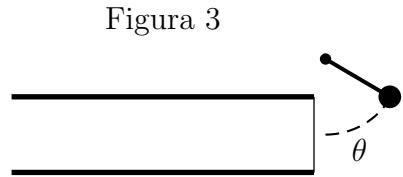
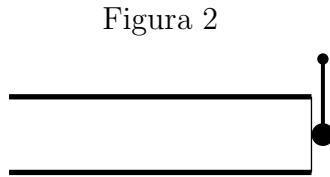
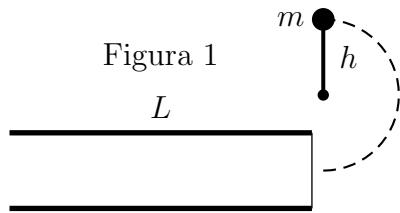
Assinale a opção que melhor completa o texto de Maxwell.

- A () a primeira lei da termodinâmica.
- B () a segunda lei da termodinâmica.
- C () a lei zero da termodinâmica.
- D () o teorema da energia cinética.
- E () o conceito de temperatura.

Questão 18. Dois fios longos de comprimento L conduzem correntes iguais, I . O primeiro fio é fixo no eixo x do sistema de referência enquanto o segundo gira lentamente com frequência angular w num plano paralelo ao plano xy , com seu ponto médio fixo em $z = d$, sendo $d > 0$. Supondo que os dois fios sejam paralelos com correntes no mesmo sentido em $t = 0$, e definindo $K = \mu_0 I^2 L / (2\pi d)$, assinale a opção com a figura que melhor representa a dependência temporal da força F que o fio fixo exerce sobre o outro.



Questão 19. Um pêndulo simples de massa m e haste rígida de comprimento h é articulado em torno de um ponto e solto de uma posição vertical, conforme a Figura 1. Devido à gravidade, o pêndulo gira atingindo uma membrana ligada a um tubo aberto em uma das extremidades, de comprimento L e área da seção transversal S (Figura 2). Após a colisão de reduzida duração, Δt , o pêndulo recua atingindo um ângulo máximo θ (Figura 3). Sejam ρ a densidade de equilíbrio do ar e c a velocidade do som. Supondo que energia tenha sido transferida somente para a harmônica fundamental da onda sonora plana no tubo, assinale a opção com a amplitude da oscilação das partículas do ar.



A () $\frac{2L}{\pi c} \sqrt{\frac{2mgh(1 + \cos \theta)}{\rho S c \Delta t}}$

C () $\frac{2L}{\pi c} \sqrt{\frac{2mgh(1 + \cos \theta)}{\rho S L}}$

E () $\frac{L}{\pi c} \sqrt{\frac{2mgh(1 - \cos \theta)}{\rho S c \Delta t}}$

B () $\frac{L}{c} \sqrt{\frac{2mgh(1 + \cos \theta)}{\rho S L}}$

D () $\frac{2L}{\pi c} \sqrt{\frac{2mgh(1 - \cos \theta)}{\rho S c \Delta t}}$

Questão 20. Dois recipientes A e B de respectivos volumes V_A e $V_B = \beta V_A$, constantes, contêm um gás ideal e são conectados por um tubo fino com válvula que regula a passagem do gás, conforme a figura. Inicialmente o gás em A está na temperatura T_A sob pressão P_A e em B , na temperatura T_B sob pressão P_B . A válvula é então aberta até que as pressões finais P_{Af} e P_{Bf} alcancem a proporção $P_{Af}/P_{Bf} = \alpha$, mantendo as temperaturas nos seus valores iniciais. Assinale a opção com a expressão de P_{Af} .

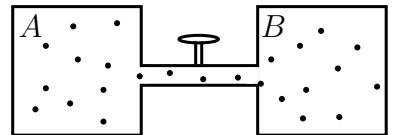
A () $\left[\left(\frac{P_B T_A}{P_A T_B} + \beta \right) / \left(\beta + \frac{1}{\alpha} \frac{T_A}{T_B} \right) \right] P_A$

B () $\left[\left(1 + \beta \frac{P_B T_A}{P_A T_B} \right) / \left(1 - \frac{\beta}{\alpha} \frac{T_A}{T_B} \right) \right] P_A$

C () $\left[\left(1 + \beta \frac{P_B T_A}{P_A T_B} \right) / \left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \frac{T_A}{T_B} \right) \right] P_A$

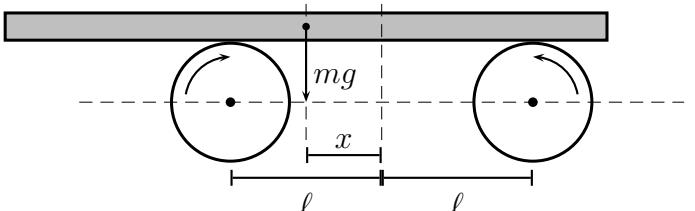
D () $\left[\left(1 + \beta \frac{P_B T_A}{P_A T_B} \right) / \left(\alpha + \beta \frac{T_A}{T_B} \right) \right] P_A$

E () $\left[\left(\beta \frac{P_B T_A}{P_A T_B} - 1 \right) / \left(\alpha + \beta \frac{T_A}{T_B} \right) \right] P_A$



As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30, devem ser desenvolvidas, justificadas e respondidas no caderno de soluções

Questão 21. Uma prancha homogênea de massa m é sustentada por dois roletes, interdistantes de 2ℓ , que giram rapidamente em sentidos opostos, conforme a figura. Inicialmente o centro de massa da prancha dista x da linha intermediária entre os roletes. Sendo μ o coeficiente de atrito cinético entre os roletes e a prancha, determine a posição do centro de massa da prancha em função do tempo.



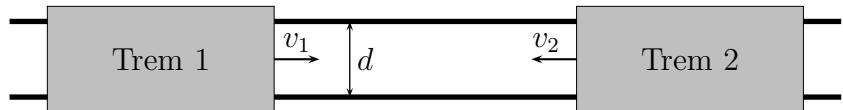
Questão 22. Uma esfera sólida e homogênea de volume V e massa específica ρ repousa totalmente imersa na interface entre dois líquidos imiscíveis. O líquido de cima tem massa específica ρ_c e o de baixo, ρ_b , tal que $\rho_c < \rho < \rho_b$. Determine a fração imersa no líquido superior do volume da esfera.

Questão 23. Dois capacitores em paralelo de igual capacidade C estão ligados a uma fonte cuja diferença de potencial é U . A seguir, com essa fonte desligada, introduz-se um dielétrico de constante dielétrica k num dos capacitores, ocupando todo o espaço entre suas placas. Calcule:

- (a) a carga livre que flui de um capacitor para outro;
- (b) a nova diferença de potencial entre as placas dos capacitores;
- (c) a variação da energia total dos capacitores entre as duas situações.

Questão 24. Seja um cometa numa órbita elíptica com as distâncias do afélio, r_a , e periélio, r_p . Com o Sol num dos focos como origem de um sistema de coordenadas polares, a equação que descreve o módulo do vetor posição \mathbf{r} em função do ângulo θ medido a partir do periélio é $r(\theta) = \alpha/(1 + \epsilon \cos \theta)$, em que α e ϵ são constantes, sendo $0 < \epsilon < 1$. Expresse a excentricidade ϵ , a constante α e o período da órbita em função de r_a e r_p .

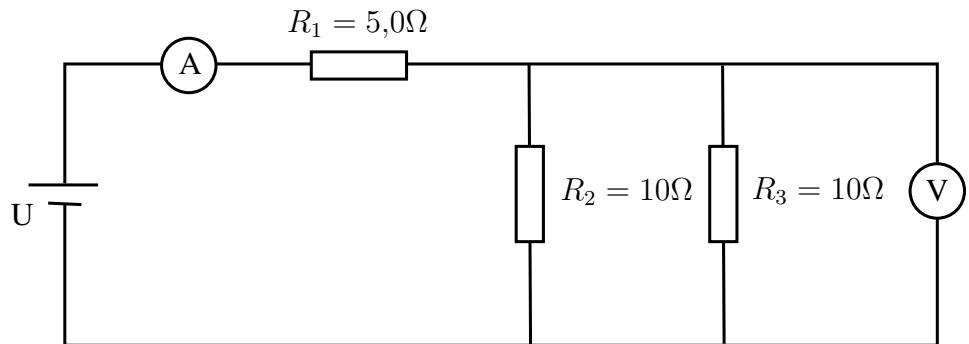
Questão 25. Na figura, os dois trens se aproximam, um com velocidade constante $v_1 = 108 \text{ km/h}$ e o outro com velocidade também constante $v_2 = 144 \text{ km/h}$. Considere os trens condutores perfeitos e os trilhos interdistantes de $d = 2,0 \text{ m}$, com resistência elétrica por unidade de comprimento igual a $0,10 \Omega/\text{km}$. Sabendo que em $t = 0$ os trens estão a 10 km de distância entre si e que o componente vertical local do campo magnético da Terra é $B = 5,0 \times 10^{-5} \text{ T}$, determine a corrente nos trilhos em função do tempo.



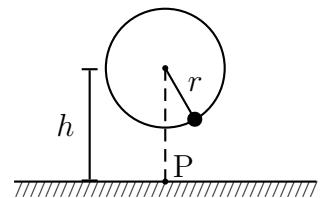
Questão 26. Contando com um prisma e um contador de número de fótons por segundo, deseja-se medir a temperatura de uma estrela com base no seu espectro eletromagnético obtido por meio de um telescópio.

- (a) Projete esquematicamente esse experimento representando o prisma como um triângulo e o contador de fótons por segundo como um quadrado.
- (b) Explique os conceitos usados em (a) para obter a temperatura da estrela.

Questão 27. No circuito abaixo os medidores de corrente e de tensão elétrica possuem resistência interna. Sabendo-se que a fonte fornece a ddp U , o voltímetro mede 4,0 V, o amperímetro mede 1,0 A e que os valores das resistências R_1 , R_2 e R_3 estão indicadas na figura, calcule o valor da resistência interna do voltímetro.



Questão 28. Na figura, presa a um fio de comprimento de 1,0 m, uma massa de 1,0 kg gira com uma certa velocidade angular num plano vertical sob a ação da gravidade, com eixo de rotação a $h = 6,0$ m do piso. Determine a velocidade angular mínima dessa massa para a ruptura do fio que suporta no máximo a tração de 46 N, bem como a distância ao ponto P do ponto em que, nesse caso, a massa tocará o solo.



Questão 29. Um átomo de Hidrogênio emite um fóton de energia 2,55 eV na transição entre dois estados estacionários. A razão entre as velocidades dos elétrons nesses dois estados é $1/2$. Determine a energia potencial do elétron no estado final desse átomo, sabendo que energia total no estado n é $E_n = -13,6/n^2$ eV e o raio é $r = n^2 r_B$, em que r_B é o raio de Bohr e $n = 1, 2, 3 \dots$.

Questão 30. A figura mostra um fio por onde passa uma corrente I conectado a uma espira circular de raio a . A semicircunferência superior tem resistência igual a $2R$ e a inferior, igual a R . Encontre a expressão para o campo magnético no centro da espira em termos da corrente I .

