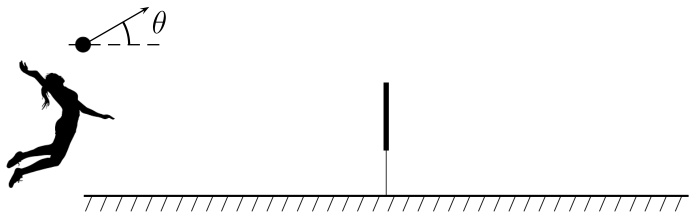
Quando precisar use os seguintes valores para as constantes: Constante da gravitação universal $G = 7 \times 10^{-11}$ m^3/kg.s^2. Aceleração da gravidade $g = 10$ m/s^2. Velocidade do som no ar = 340 m/s. Raio da Terra $R = 6\,400$ km. Constante dos gases $R = 8{,}3$ J/mol.K. Índice adiabático do ar $\gamma = C_P/C_V = 1{,}4$. Massa molecular do ar $M_{ar} = 0{,}029$ kg/mol. Permeabilidade magnética do vácuo $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A^2. Pressão atmosférica 1,0 atm = 100 kPa. Massa específica da água = 1,0 g/cm^3

Questão 1. Considere uma estrela de neutrons com densidade média de 5×10^{14} 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.
B ( ) 10^{-1} Hz.
C ( ) 10^{0} Hz.
D ( ) 10^{2} Hz.
E ( ) 10^{4} Hz.

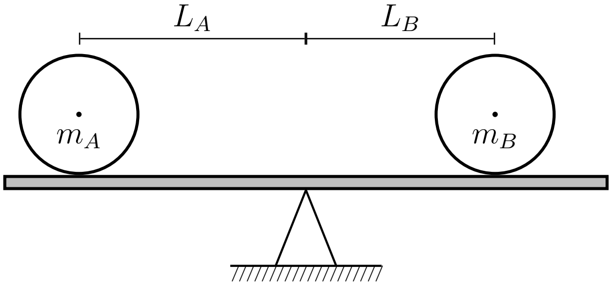
Questão 2. Numa quadra de volei de 18 m de comprimento, com rede de 2,24 m de altura, uma atleta solitária faz um saque com a bola bem em cima da linha de fundo, a 3,0 m de altura, num ângulo θ de 15º com a horizontal, conforme a figura, com trajetória num plano perpendicular à rede. Desprezando o atrito,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



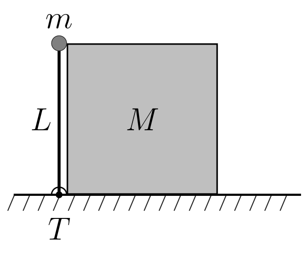
Questão 3. Sobre uma prancha horizontal de massa desprezível e apoiada no centro, dois discos, de massas m_A e m_B, respectivamente, rolam com as respectivas velocidades v_A e v_B, constantes, em direção ao centro, do qual distam L_A e L_B, conforme a figura. Com o sistema em equilíbrio antes que os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

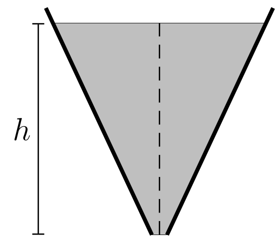
A ( ) $\sqrt{\dfrac{mgL}{M}}$
B ( ) $\sqrt{\dfrac{mgL}{M+4m}}$
C ( ) $\sqrt{\dfrac{mgL}{M+4m/3}}$
D ( ) $\sqrt{\dfrac{2mgL}{M}}$
E ( ) $\sqrt{gL}$



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 cm de raio da base, contém água até o nível de altura $h = 500$ 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 cm de altura é de

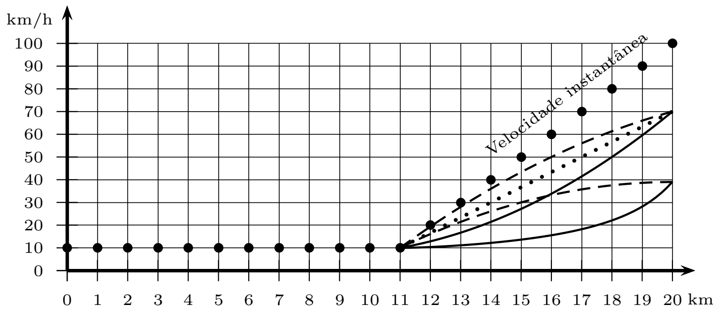


A ( ) 100 kPa.
B ( ) 102 kPa.
C ( ) 129 kPa.
D ( ) 149 kPa.
E ( ) 150 kPa.

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 $\boldsymbol{v}_0$. 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 $\boldsymbol{v}_0$. 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 ( ) $t_1 < t_3 < t_2$; $v_1 > v_3 > v_2$
B ( ) $t_1 < t_2 = t_3$; $v_1 > v_3 > v_2$
C ( ) $t_1 = t_3 < t_2$; $v_1 = v_3 > v_2$
D ( ) $t_1 < t_2 < t_3$; $v_1 = v_3 > v_2$
E ( ) $t_1 < t_2 = t_3$; $v_1 > v_2 = v_3$

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

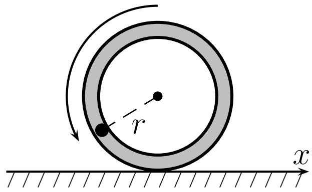


A ( ) a tracejada que termina acima de 50 km/h.
B ( ) a cheia que termina acima de 50 km/h.
C ( ) a tracejada que termina abaixo de 50 km/h.
D ( ) a pontilhada.
E ( ) a cheia que termina abaixo de 50 km/h.

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

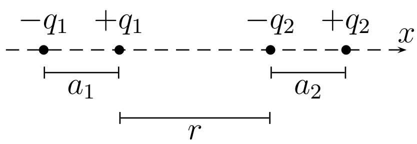


A ( ) -11,3.
B ( ) -206.
C ( ) 11,3.
D ( ) 206.
E ( ) 194.

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 ( ) $\dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q_1q_2}{r^2}$.

B ( ) $-\dfrac{2}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q_1q_2}{r^2}$.

C ( ) $-\dfrac{2}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q_1q_2a_1a_2}{r^4}$.

D ( ) $-\dfrac{6}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q_1q_2a_1a_2}{r^4}$.

E ( ) $\dfrac{8}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q_1q_2a_1a_2}{r^4}$.

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 ( ) $2\pi\sqrt{\dfrac{L^3}{Gm}\left(\dfrac{4-\sqrt{2}}{2}\right)}$.

B ( ) $\dfrac{4\pi}{3}\sqrt{\dfrac{\sqrt{2}L^3}{3Gm}}$.

C ( ) $\sqrt{\dfrac{L^3}{Gm}\left(\dfrac{4+\sqrt{2}}{7}\right)}$.

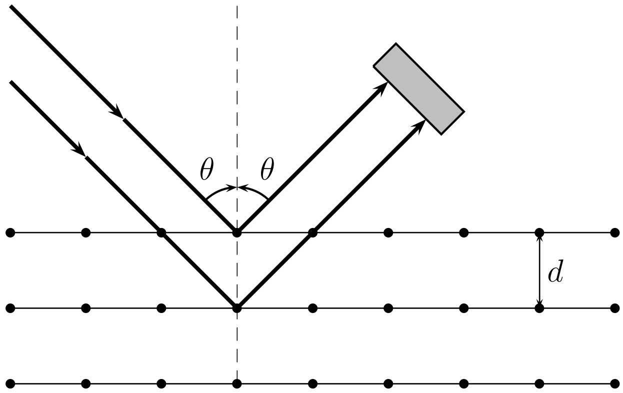
D ( ) $2\pi\sqrt{\dfrac{L^3}{Gm}\left(\dfrac{4-\sqrt{2}}{7}\right)}$.

E ( ) $\sqrt{\dfrac{L^3}{Gm}\left(\dfrac{4+\sqrt{2}}{2}\right)}$.

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.

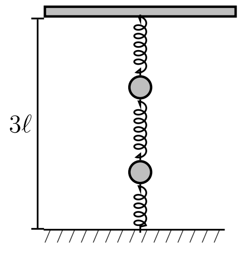
B ( ) Aumenta-se a frequência dos raios X e triplica-se o número de elétrons no feixe.

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.

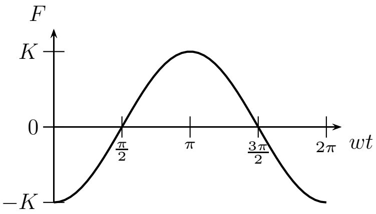
B ( ) a segunda lei da termodinâmica.

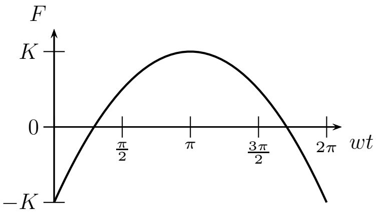
C ( ) a lei zero da termodinâmica.

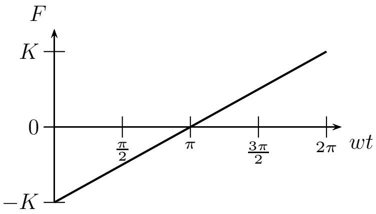
D ( ) o teorema da energia cinética.

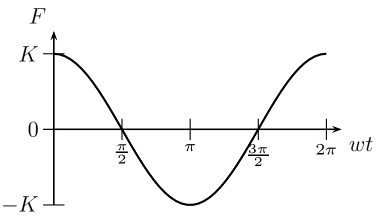
E ( ) o conceito de temperatura.

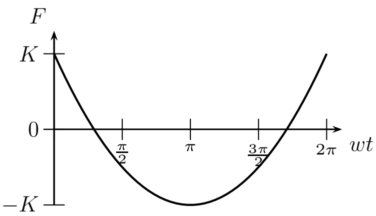
Questão 18. Dois fios longos de comprimento L conduzem correntes iguais, I. O primeiro fio é fixo no eixo x do sistema de referência enquanto o segundo gira lentamente com frequência angular w num plano paralelo ao plano xy, com seu ponto médio fixo em $z = d$, sendo $d > 0$. Supondo que os dois fios 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.

A ( ) 

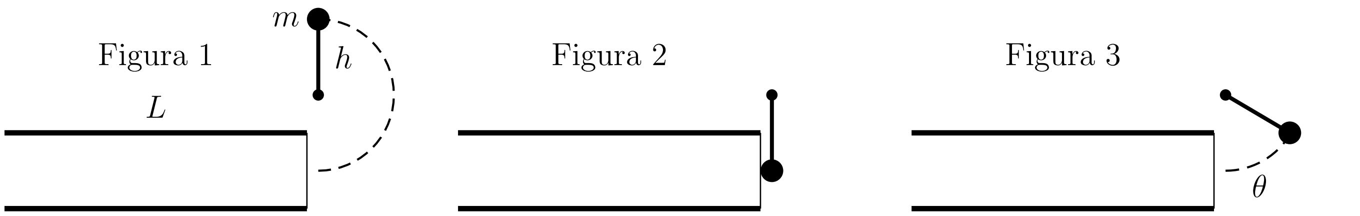
B ( ) 

C ( ) 

D ( ) 

E ( ) 

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

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

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

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

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

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}.

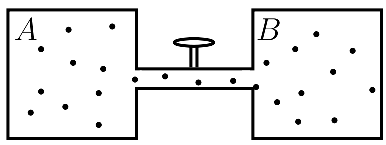
A ( ) $\left[\left(\frac{P_B}{P_A}\frac{T_A}{T_B} + \beta\right) / \left(\beta + \frac{1}{\alpha}\frac{T_A}{T_B}\right)\right] P_A$

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

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

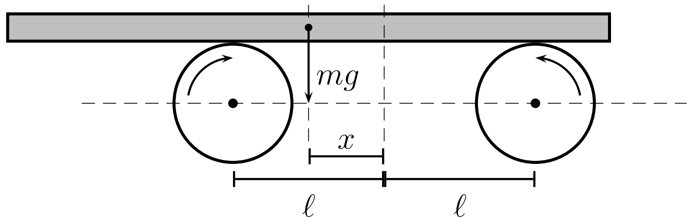
D ( ) $\left[\left(1 + \beta\frac{P_B}{P_A}\frac{T_A}{T_B}\right) / \left(\alpha + \beta\frac{T_A}{T_B}\right)\right] P_A$

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



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 capacitância 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 $\boldsymbol{r}$ 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.

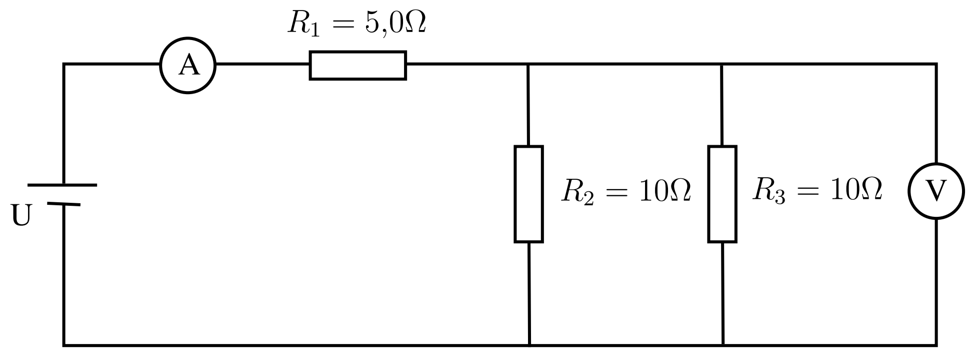
Questão 25. Na figura, os dois trens se aproximam, um com velocidade constante $v_1 = 108$ km/h e o outro com velocidade também constante $v_2 = 144$ km/h. Considere os trens condutores perfeitos e os trilhos interdistantes de $d = 2{,}0$ m, com resistência elétrica por unidade de comprimento igual a $0{,}10\,\Omega$/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 $B = 5{,}0 \times 10^{-5}$ 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.

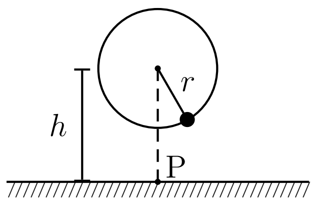
(a) Projete esquematicamente esse experimento representando o prisma como um triângulo e o contador de fótons por segundo como um quadrado.

(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 $n = 1, 2, 3 \cdots$.

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.