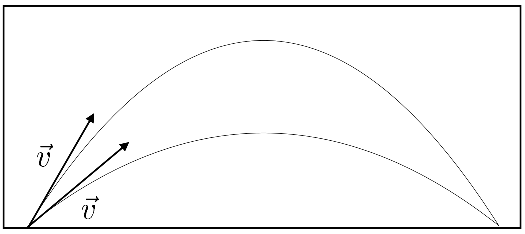
Questão 1. Quando camadas adjacentes de um fluido viscoso deslizam regularmente umas sobre as outras, o escoamento resultante é dito laminar. Sob certas condições, o aumento da velocidade provoca o regime de escoamento turbulento, que é caracterizado pelos movimentos irregulares (aleatórios) das partículas do fluido. Observa-se, experimentalmente, que o regime de escoamento (laminar ou turbulento) depende de um parâmetro adimensional (Número de Reynolds) dado por $\mathcal{R} = \rho^\alpha v^\beta d^\gamma \eta^\tau$, em que ρ é a densidade do fluido, v, sua velocidade, η, seu coeficiente de viscosidade, e d, uma distância característica associada à geometria do meio que circunda o fluido. Por outro lado, num outro tipo de experimento, sabe-se que uma esfera, de diâmetro D, que se movimenta num meio fluido, sofre a ação de uma força de arrasto viscoso dada por $F = 3\pi D\eta v$.
Assim sendo, com relação aos respectivos valores de α, β, γ e τ, uma das soluções é

A ( ) $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = 1, \tau = -1$.
B ( ) $\alpha = 1, \beta = -1, \gamma = 1, \tau = 1$.
C ( ) $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = -1, \tau = 1$.
D ( ) $\alpha = -1, \beta = 1, \gamma = 1, \tau = 1$.
E ( ) $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = 0, \tau = 1$.

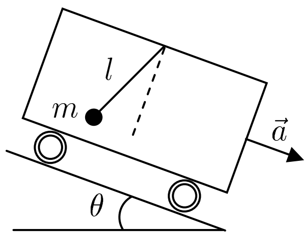
Questão 2. Um projétil de densidade ρ_p é lançado com um ângulo α em relação à horizontal no interior de um recipiente vazio. A seguir, o recipiente é preenchido com um superfluido de densidade ρ_s, e o mesmo projétil é novamente lançado dentro dele, só que sob um ângulo β em relação à horizontal. Observa-se, então, que, para uma velocidade inicial $\vec{v}$ do projétil, de mesmo módulo que a do experimento anterior, não se altera a distância alcançada pelo projétil (veja figura). Sabendo que são nulas as forças de atrito num superfluido, podemos então afirmar, com relação ao ângulo β de lançamento do projétil, que

A ( ) $\cos\beta \quad = (1 - \rho_s/\rho_p)\cos\alpha$.
B ( ) $\operatorname{sen} 2\beta = (1 - \rho_s/\rho_p)\operatorname{sen} 2\alpha$.
C ( ) $\operatorname{sen} 2\beta = (1 + \rho_s/\rho_p)\operatorname{sen} 2\alpha$.
D ( ) $\operatorname{sen} 2\beta = \operatorname{sen} 2\alpha/(1 + \rho_s/\rho_p)$.
E ( ) $\cos 2\beta = \cos\alpha/(1 + \rho_s/\rho_p)$.



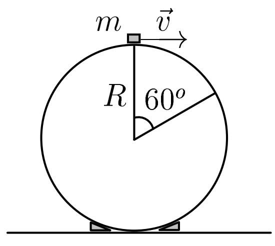
Questão 3. Considere uma rampa de ângulo θ com a horizontal sobre a qual desce um vagão, com aceleração $\vec{a}$, em cujo teto está dependurada uma mola de comprimento l, de massa desprezível e constante de mola k, tendo uma massa m fixada na sua extremidade. Considerando que l_0 é o comprimento natural da mola e que o sistema está em repouso com relação ao vagão, pode-se dizer que a mola sofreu uma variação de comprimento $\Delta l = l - l_0$ dada por

A ( ) $\Delta l = mg \operatorname{sen}\theta/k$.
B ( ) $\Delta l = mg\cos\theta/k$.
C ( ) $\Delta l = mg/k$.
D ( ) $\Delta l = m\sqrt{a^2 - 2ag\cos\theta + g^2}/k$.
E ( ) $\Delta l = m\sqrt{a^2 - 2ag\operatorname{sen}\theta + g^2}/k$.



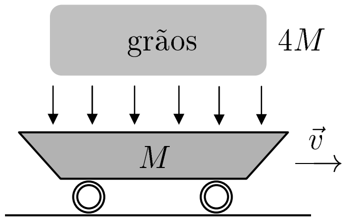
Questão 4. Um objeto pontual de massa m desliza com velocidade inicial $\vec{v}$, horizontal, do topo de uma esfera em repouso, de raio R. Ao escorregar pela superfície, o objeto sofre uma força de atrito de módulo constante dado por $f = 7mg/4\pi$. Para que o objeto se desprenda da superfície esférica após percorrer um arco de 60^o (veja figura), sua velocidade inicial deve ter o módulo de

A ( ) $\sqrt{2gR/3}$.
B ( ) $\sqrt{3gR}/2$.
C ( ) $\sqrt{6gR}/2$.
D ( ) $3\sqrt{gR/2}$.
E ( ) $3\sqrt{gR}$.



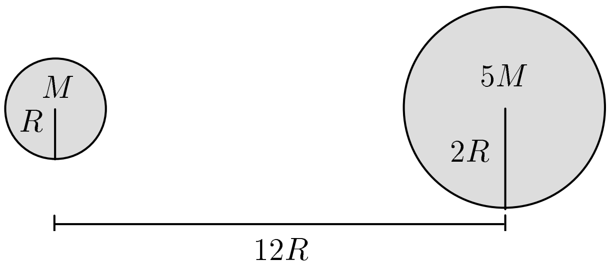
Questão 5. Um vagão-caçamba de massa M se desprende da locomotiva e corre sobre trilhos horizontais com velocidade constante $v = 72,0$ km/h (portanto, sem resistência de qualquer espécie ao movimento). Em dado instante, a caçamba é preenchida com uma carga de grãos de massa igual a $4M$, despejada verticalmente a partir do repouso de uma altura de 6,00 m (veja figura). Supondo que toda a energia liberada no processo seja integralmente convertida em calor para o aquecimento exclusivo dos grãos, então, a quantidade de calor por unidade de massa recebido pelos grãos é

A ( ) 15 J/kg.
B ( ) 80 J/kg.
C ( ) 100 J/kg.
D ( ) 463 J/kg.
E ( ) 578 J/kg.



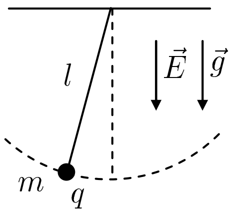
Questão 6. Dois corpos esféricos de massa M e $5M$ e raios R e $2R$, respectivamente, são liberados no espaço livre. Considerando que a única força interveniente seja a da atração gravitacional mútua, e que seja de $12R$ a distância de separação inicial entre os centros dos corpos, então, o espaço percorrido pelo corpo menor até a colisão será de

A ( ) $1,5R$.
B ( ) $2,5R$.
C ( ) $4,5R$.
D ( ) $7,5R$.
E ( ) $10,0R$.



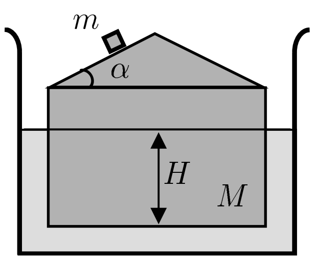
Questão 7. Considere um pêndulo de comprimento l, tendo na sua extremidade uma esfera de massa m com uma carga elétrica positiva q. A seguir, esse pêndulo é colocado num campo elétrico uniforme $\vec{E}$ que atua na mesma direção e sentido da aceleração da gravidade $\vec{g}$. Deslocando-se essa carga ligeiramente de sua posição de equilíbrio e soltando-a, ela executa um movimento harmônico simples, cujo período é

A ( ) $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.
B ( ) $T = 2\pi\sqrt{l/(g+q)}$.
C ( ) $T = 2\pi\sqrt{ml/(qE)}$.
D ( ) $T = 2\pi\sqrt{ml/(mg-qE)}$.
E ( ) $T = 2\pi\sqrt{ml/(mg+qE)}$.



Questão 8. Um pequeno objeto de massa m desliza sem atrito sobre um bloco de massa M com o formato de uma casa (veja figura). A área da base do bloco é S e o ângulo que o plano superior do bloco forma com a horizontal é α. O bloco flutua em um líquido de densidade ρ, permanecendo, por hipótese, na vertical durante todo o experimento. Após o objeto deixar o plano e o bloco voltar à posição de equilíbrio, o decréscimo da altura submersa do bloco é igual a

A ( ) $m \operatorname{sen} \alpha / S\rho$.
B ( ) $m \cos^2 \alpha / S\rho$.
C ( ) $m \cos \alpha / S\rho$.
D ( ) $m / S\rho$.
E ( ) $(m + M)/S\rho$.



Questão 9. Situa-se um objeto a uma distância p diante de uma lente convergente de distância focal f, de modo a obter uma imagem real a uma distância p' da lente. Considerando a condição de mínima distância entre imagem e objeto, então é correto afirmar que

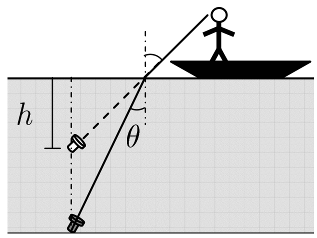
A ( ) $p^3 + fpp' + p'^3 = 5f^3$.
B ( ) $p^3 + fpp' + p'^3 = 10f^3$.
C ( ) $p^3 + fpp' + p'^3 = 20f^3$.
D ( ) $p^3 + fpp' + p'^3 = 25f^3$.
E ( ) $p^3 + fpp' + p'^3 = 30f^3$.

Questão 10. Uma banda de rock irradia uma certa potência em um nível de intensidade sonora igual a 70 decibéis. Para elevar esse nível a 120 decibéis, a potência irradiada deverá ser elevada de

A ( ) 71%.
B ( ) 171%.
C ( ) 7 100%.
D ( ) 9 999 900%.
E ( ) 10 000 000%.

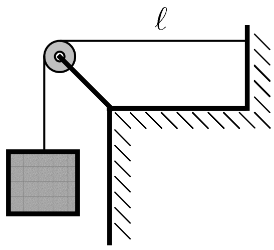
Questão 11. Um pescador deixa cair uma lanterna acesa em um lago a 10,0 m de profundidade. No fundo do lago, a lanterna emite um feixe luminoso formando um pequeno ângulo θ com a vertical (veja figura). Considere: $\tan\theta \simeq \operatorname{sen}\theta \simeq \theta$ e o índice de refração da água $n = 1,33$. Então, a profundidade aparente h vista pelo pescador é igual a

A ( ) 2,5 m.
B ( ) 5,0 m.
C ( ) 7,5 m.
D ( ) 8,0 m.
E ( ) 9,0 m.



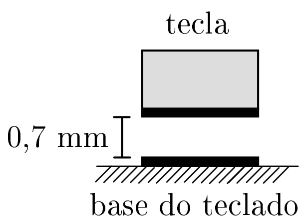
Questão 12. São de 100 Hz e 125 Hz, respectivamente, as freqüências de duas harmônicas adjacentes de uma onda estacionária no trecho horizontal de um cabo esticado, de comprimento $\ell = 2$ m e densidade linear de massa igual a 10 g/m (veja figura). Considerando a aceleração da gravidade $g = 10$ m/s^2, a massa do bloco suspenso deve ser de

A ( ) 10 kg.
B ( ) 16 kg.
C ( ) 60 kg.
D ( ) 10^2 kg.
E ( ) 10^4 kg.

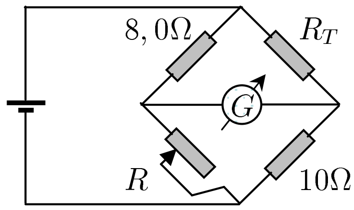


Questão 13. Considere o vão existente entre cada tecla de um computador e a base do seu teclado. Em cada vão existem duas placas metálicas, uma delas presa na base do teclado e a outra, na tecla. Em conjunto, elas funcionam como um capacitor de placas planas paralelas imersas no ar. Quando se aciona a tecla, diminui a distância entre as placas e a capacitância aumenta. Um circuito elétrico detecta a variação da capacitância, indicativa do movimento da tecla. Considere então um dado teclado, cujas placas metálicas têm 40 mm^2 de área e $0,7$ mm de distância inicial entre si. Considere ainda que a permissividade do ar seja $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12}$ F/m. Se o circuito eletrônico é capaz de detectar uma variação da capacitância a partir de 0,2 pF, então, qualquer tecla deve ser deslocada de pelo menos

A ( ) 0,1 mm.
B ( ) 0,2 mm.
C ( ) 0,3 mm.
D ( ) 0,4 mm.
E ( ) 0,5 mm.

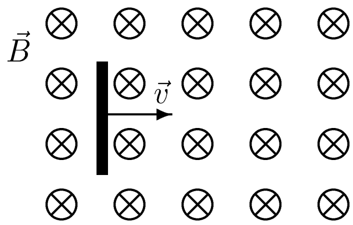


Questão 14. O circuito da figura abaixo, conhecido como ponte de Wheatstone, está sendo utilizado para determinar a temperatura de óleo em um reservatório, no qual está inserido um resistor de fio de tungstênio R_T. O resistor variável R é ajustado automaticamente de modo a manter a ponte sempre em equilíbrio, passando de 4,00 Ω para 2,00 Ω. Sabendo que a resistência varia linearmente com a temperatura e que o coeficiente linear de temperatura para o tungstênio vale $\alpha = 4,00 \times 10^{-3}$ °C^{-1}, a variação da temperatura do óleo deve ser de



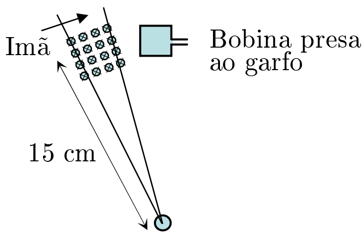
A ( ) -125 °C.
B ( ) -35,7 °C.
C ( ) 25,0 °C.
D ( ) 41,7 °C.
E ( ) 250 °C.

Questão 15. Quando uma barra metálica se desloca num campo magnético, sabe-se que seus elétrons se movem para uma das extremidades, provocando entre elas uma polarização elétrica. Desse modo, é criado um campo elétrico constante no interior do metal, gerando uma diferença de potencial entre as extremidades da barra. Considere uma barra metálica descarregada, de 2,0 m de comprimento, que se desloca com velocidade constante de módulo $v = 216$ km/h num plano horizontal (veja figura), próximo à superfície da Terra. Sendo criada uma diferença de potencial (ddp) de $3,0 \times 10^{-3}$ V entre as extremidades da barra, o valor do componente vertical do campo de indução magnética terrestre nesse local é de



A ( ) $6,9 \times 10^{-6}$ T.
B ( ) $1,4 \times 10^{-5}$ T.
C ( ) $2,5 \times 10^{-5}$ T.
D ( ) $4,2 \times 10^{-5}$ T.
E ( ) $5,0 \times 10^{-5}$ T.

Questão 16. Uma bicicleta, com rodas de 60 cm de diâmetro externo, tem seu velocímetro composto de um ímã preso em raios, a 15 cm do eixo da roda, e de uma bobina quadrada de 25 mm^2 de área, com 20 espiras de fio metálico, presa no garfo da bicicleta. O ímã é capaz de produzir um campo de indução magnética de 0,2 T em toda a área da bobina (veja a figura). Com a bicicleta a 36 km/h, a força eletromotriz máxima gerada pela bobina é de



A ( ) 2×10^{-5} V.
B ( ) 5×10^{-3} V.
C ( ) 1×10^{-2} V.
D ( ) 1×10^{-1} V.
E ( ) 2×10^{-1} V.

Questão 17. Um automóvel pára quase que instantaneamente ao bater frontalmente numa árvore. A proteção oferecida pelo air-bag, comparativamente ao carro que dele não dispõe, advém do fato de que a transferência para o carro de parte do momentum do motorista se dá em condição de

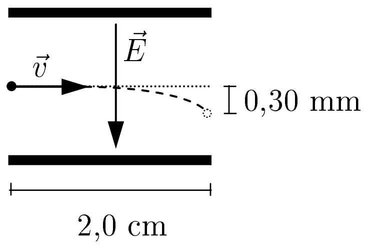
A ( ) menor força em maior período de tempo.
B ( ) menor velocidade, com mesma aceleração.
C ( ) menor energia, numa distância menor.
D ( ) menor velocidade e maior desaceleração.
E ( ) mesmo tempo, com força menor.

Questão 18. Um avião de vigilância aérea está voando a uma altura de 5,0 km, com velocidade de $50\sqrt{10}$ m/s no rumo norte, e capta no radiogoniômetro um sinal de socorro vindo da direção noroeste, de um ponto fixo no solo. O piloto então liga o sistema de pós-combustão da turbina, imprimindo uma aceleração constante de 6,0 m/s^2. Após $40\sqrt{10}/3$ s, mantendo a mesma direção, ele agora constata que o sinal está chegando da direção oeste. Neste instante, em relação ao avião, o transmissor do sinal se encontra a uma distância de

A ( ) 5,2 km.
B ( ) 6,7 km.
C ( ) 12 km.
D ( ) 13 km.
E ( ) 28 km.

Questão 19. Em uma impressora a jato de tinta, gotas de certo tamanho são ejetadas de um pulverizador em movimento, passam por uma unidade eletrostática onde perdem alguns elétrons, adquirindo uma carga q, e, a seguir, se deslocam no espaço entre placas planas paralelas eletricamente carregadas, pouco antes da impressão. Considere gotas de raio igual a 10 μm lançadas com velocidade de módulo $v = 20$ m/s entre placas de comprimento igual a 2,0 cm, no interior das quais existe um campo elétrico vertical uniforme, cujo módulo é $E = 8,0 \times 10^4$ N/C (veja figura). Considerando que a densidade da gota seja de 1000 kg/m^3 e sabendo-se que a mesma sofre um desvio de 0,30 mm ao atingir o final do percurso, o módulo da sua carga elétrica é de

A ( ) $2,0 \times 10^{-14}$ C.
B ( ) $3,1 \times 10^{-14}$ C.
C ( ) $6,3 \times 10^{-14}$ C.
D ( ) $3,1 \times 10^{-11}$ C.
E ( ) $1,1 \times 10^{-10}$ C.



Questão 20. A pressão exercida pela água no fundo de um recipiente aberto que a contém é igual a $P_{\text{atm}} + 10 \times 10^3$ Pa. Colocado o recipiente num elevador hipotético em movimento, verifica-se que a pressão no seu fundo passa a ser de $P_{\text{atm}} + 4,0 \times 10^3$ Pa. Considerando que P_{atm} é a pressão atmosférica, que a massa específica da água é de 1,0 g/cm^3 e que o sistema de referência tem seu eixo vertical apontado para cima, conclui-se que a aceleração do elevador é de

A ( ) -14 m/s^2.
B ( ) -10 m/s^2.
C ( ) -6 m/s^2.
D ( ) 6 m/s^2.
E ( ) 14 m/s^2.

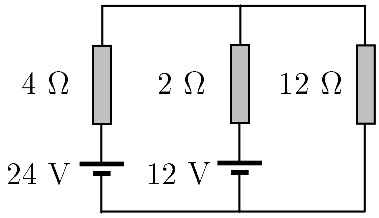
As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30, devem ser respondidas no caderno de soluções

---

Questão 21. Um átomo de hidrogênio inicialmente em repouso emite um fóton numa transição do estado de energia n para o estado fundamental. Em seguida, o átomo atinge um elétron em repouso que com ele se liga, assim permanecendo após a colisão. Determine literalmente a velocidade do sistema átomo + elétron após a colisão. Dados: a energia do átomo de hidrogênio no estado n é $E_n = E_0/n^2$; o mometum do fóton é $h\nu/c$; e a energia deste é $h\nu$, em que h é a constante de Plank, ν a freqüência do fóton e c a velocidade da luz.

Questão 22. Inicialmente 48 g de gelo a 0 ^{o}C são colocados num calorímetro de alumínio de 2,0 g, também a 0 ^{o}C. Em seguida, 75 g de água a 80 ^{o}C são despejados dentro desse recipiente. Calcule a temperatura final do conjunto. Dados: calor latente do gelo $L_g = 80$ cal/g, calor específico da água $c_{H_2O} = 1,0$ cal g^{-1} ^{o}C^{-1}, calor específico do alumínio $c_{Al} = 0,22$ cal g^{-1} ^{o}C^{-1}.

Questão 23. Um técnico em eletrônica deseja medir a corrente que passa pelo resistor de 12 Ω no circuito da figura. Para tanto, ele dispõe apenas de um galvanômetro e uma caixa de resistores. O galvanômetro possui resistência interna $R_g = 5$ kΩ e suporta, no máximo, uma corrente de 0,1 mA. Determine o valor máximo do resistor R a ser colocado em paralelo com o galvanômetro para que o técnico consiga medir a corrente.



Questão 24. Uma fina película de fluoreto de magnésio recobre o espelho retrovisor de um carro a fim de reduzir a reflexão luminosa. Determine a menor espessura da película para que produza a reflexão mínima no centro do espectro visível. Considere o comprimento de onda $\lambda = 5500$ Å, o índice de refração do vidro $n_{\text{v}} = 1,50$ e, o da película, $n_{\text{p}} = 1,30$. Admita a incidência luminosa como quase perpendicular ao espelho.

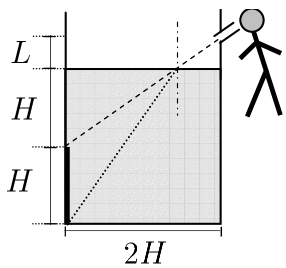
Questão 25. Num experimento, foi de $5,0 \times 10^3$ m/s a velocidade de um elétron, medida com a precisão de 0,003%. Calcule a incerteza na determinação da posição do elétron, sendo conhecidos: massa do elétron $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg e constante de Plank reduzida $\hbar = 1,1 \times 10^{-34}$ J s.

Questão 26. Suponha que na Lua, cujo raio é R, exista uma cratera de profundidade $R/100$, do fundo da qual um projétil é lançado verticalmente para cima com velocidade inicial v igual à de escape. Determine literalmente a altura máxima alcançada pelo projétil, caso ele fosse lançado da superfície da Lua com aquela mesma velocidade inicial v.

Questão 27. Estime a massa de ar contida numa sala de aula. Indique claramente quais as hipóteses utilizadas e os quantitativos estimados das variáveis empregadas.

Questão 28. Uma cesta portando uma pessoa deve ser suspensa por meio de balões, sendo cada qual inflado com 1 m^3 de hélio na temperatura local (27 ^{o}C). Cada balão vazio com seus apetrechos pesa 1,0 N. São dadas a massa atômica do oxigênio $A_O = 16$, a do nitrogênio $A_N = 14$, a do hélio $A_{He} = 4$ e a constante dos gases $R = 0,082$ atm ℓ mol^{-1} K^{-1}. Considerando que o conjunto pessoa e cesta pesa 1000 N e que a atmosfera é composta de 30% de O_2 e 70% de N_2, determine o número mínimo de balões necessários.

Questão 29. Através de um tubo fino, um observador enxerga o topo de uma barra vertical de altura H apoiada no fundo de um cilindro vazio de diâmetro $2H$. O tubo encontra-se a uma altura $2H + L$ e, para efeito de cálculo, é de comprimento desprezível. Quando o cilindro é preenchido com um líquido até uma altura $2H$ (veja figura), mantido o tubo na mesma posição, o observador passa a ver a extremidade inferior da barra. Determine literalmente o índice de refração desse líquido.



Questão 30. Satélite síncrono é aquele que tem sua órbita no plano do equador de um planeta, mantendo-se estacionário em relação a este. Considere um satélite síncrono em órbita de Júpiter cuja massa é $M_J = 1,9 \times 10^{27}$ kg e cujo raio é $R_J = 7,0 \times 10^7$ m. Sendo a constante da gravitação universal $G = 6,7 \times 10^{-11}$ m^3 kg^{-1} s^{-2} e considerando que o dia de Júpiter é de aproximadamente 10 h, determine a altitude do satélite em relação à superfície desse planeta.