

Caso necessário, use os seguintes dados:

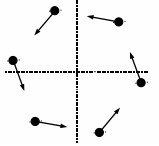
Aceleração da gravidade = 10 m/s^2

Velocidade de som no ar = 340 m/s

Densidade da água = $1,0 \text{ g/cm}^3$

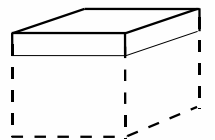
Comprimento de onda médio da luz = 570 nm

Questão 1. Um problema clássico da cinemática considera objetos que, a partir de certo instante, se movem conjuntamente com velocidade de módulo constante a partir dos vértices de um polígono regular, cada qual apontando à posição instantânea do objeto vizinho em movimento. A figura mostra a configuração desse movimento múltiplo no caso de um hexágono regular. Considere que o hexágono tinha $10,0 \text{ m}$ de lado no instante inicial e que os objetos se movimentam com velocidade de módulo constante de $2,00 \text{ m/s}$. Após quanto tempo estes se encontrarão e qual deverá ser a distância percorrida por cada um dos seis objetos?



- A () 5,8 s e 11,5 m
- B () 11,5 s e 5,8 m
- C () 10,0 s e 20,0 m
- D () 20,0 s e 10,0 m
- E () 20,0 s e 40,0 m

Questão 2. Um cubo maciço homogêneo com $4,0 \text{ cm}$ de aresta flutua na água tranquila de uma lagoa, de modo a manter 70% da área total da sua superfície em contato com a água, conforme mostra a figura. A seguir, uma pequena rã se acomoda no centro da face superior do cubo e este se afunda mais $0,50 \text{ cm}$ na água. Assinale a opção com os valores aproximados da densidade do cubo e da massa da rã, respectivamente.



- A () $0,20 \text{ g/cm}^3$ e $6,4 \text{ g}$
- B () $0,70 \text{ g/cm}^3$ e $6,4 \text{ g}$
- C () $0,70 \text{ g/cm}^3$ e $8,0 \text{ g}$
- D () $0,80 \text{ g/cm}^3$ e $6,4 \text{ g}$
- E () $0,80 \text{ g/cm}^3$ e $8,0 \text{ g}$.

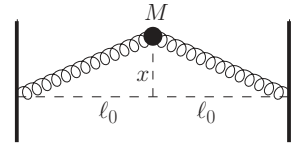
Questão 3. Uma pessoa de $80,0 \text{ kg}$ deixa-se cair verticalmente de uma ponte amarrada a uma corda elástica de "bungee jumping" com $16,0 \text{ m}$ de comprimento. Considere que a corda se esticará até $20,0 \text{ m}$ de comprimento sob a ação do peso. Suponha que, em todo o trajeto, a pessoa toque continuamente uma vuvuzela, cuja frequência natural é de 235 Hz . Qual(is) é(são) a(s) distância(s) abaixo da ponte em que a pessoa se encontra para que um som de 225 Hz seja percebido por alguém parado sobre a ponte?

- A () $11,4 \text{ m}$
- B () $11,4 \text{ m}$ e $14,4 \text{ m}$
- C () $11,4 \text{ m}$ e $18,4 \text{ m}$
- D () $14,4 \text{ m}$ e $18,4 \text{ m}$
- E () $11,4 \text{ m}$, $14,4 \text{ m}$ e $18,4 \text{ m}$

Questão 4. Na ficção científica *A Estrela*, de H.G. Wells, um grande asteróide passa próximo à Terra que, em consequência, fica com sua nova órbita mais próxima do Sol e tem seu ciclo lunar alterado para 80 dias. Pode-se concluir que, após o fenômeno, o ano terrestre e a distância Terra-Lua vão tornar-se, respectivamente,

- A () mais curto - aproximadamente a metade do que era antes.
- B () mais curto - aproximadamente duas vezes o que era antes.
- C () mais curto - aproximadamente quatro vezes o que era antes.
- D () mais longo - aproximadamente a metade do que era antes.
- E () mais longo - aproximadamente um quarto do que era antes.

Questão 5. Sobre uma mesa sem atrito, uma bola de massa M é presa por duas molas alinhadas, de constante de mola k e comprimento natural ℓ_0 , fixadas nas extremidades da mesa. Então, a bola é deslocada a uma distância x na direção perpendicular à linha inicial das molas, como mostra a figura, sendo solta a seguir. Obtenha a aceleração da bola, usando a aproximação $(1 + a)^\alpha = 1 + \alpha a$.



- A () $a = -kx/M$
 B () $a = -kx^2/2M\ell_0$
 C () $a = -kx^2/M\ell_0$
 D () $a = -kx^3/2M\ell_0^2$
 E () $a = -kx^3/M\ell_0^2$

Questão 6. Um corpo de massa M , inicialmente em repouso, é erguido por uma corda de massa desprezível até uma altura H , onde fica novamente em repouso. Considere que a maior tração que a corda pode suportar tenha módulo igual a nMg , em que $n > 1$. Qual deve ser o menor tempo possível para ser feito o erguimento desse corpo?

- A () $\sqrt{\frac{2H}{(n-1)g}}$
 B () $\sqrt{\frac{2nH}{(n-1)g}}$
 C () $\sqrt{\frac{nH}{2(n-1)^2g}}$
 D () $\sqrt{\frac{4nH}{(n-2)g}}$
 E () $\sqrt{\frac{4nH}{(n-1)g}}$

Questão 7. Uma partícula de massa m move-se sobre uma linha reta horizontal num Movimento Harmônico Simples (MHS) com centro O . Inicialmente, a partícula encontra-se na máxima distância x_0 de O e, a seguir, percorre uma distância a no primeiro segundo e uma distância b no segundo seguinte, na mesma direção e sentido. Quanto vale a amplitude x_0 desse movimento?

- A () $2a^3/(3a^2 - b^2)$
 B () $2b^2/(4a - b)$
 C () $2a^2/(3a - b)$
 D () $2a^2b/(3a^2 - b^2)$
 E () $4a^2/(3a - 2b)$

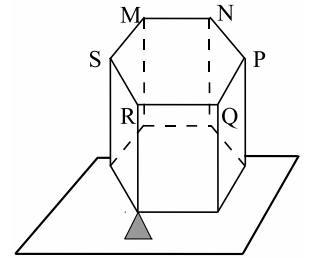
Questão 8. Duas partículas idênticas, de mesma massa m , são projetadas de uma origem O comum, num plano vertical, com velocidades iniciais de mesmo módulo e ângulos de lançamento respectivamente α e β em relação à horizontal. Considere T_1 e T_2 os respectivos tempos de alcance do ponto mais alto de cada trajetória e t_1 e t_2 os respectivos tempos para as partículas alcançar um ponto comum de ambas as trajetórias. Assinale a opção com o valor da expressão $t_1T_1 + t_2T_2$.

- A () $2v_0^2(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta)/g^2$
 B () $2v_0^2/g^2$
 C () $4v_0^2\operatorname{sen}\alpha/g^2$
 D () $4v_0^2\operatorname{sen}\beta/g^2$
 E () $2v_0^2(\operatorname{sen}\alpha + \operatorname{sen}\beta)/g^2$

Questão 9. Um exercício sobre a dinâmica da partícula tem seu início assim enunciado : *Uma partícula está se movendo com uma aceleração cujo módulo é dado por $\mu(r + a^3/r^2)$, sendo r a distância entre a origem e a partícula. Considere que a partícula foi lançada a partir de uma distância a com uma velocidade inicial $2\sqrt{\mu a}$. Existe algum erro conceitual nesse enunciado ? Por que razão?*

- A () Não, porque a expressão para a velocidade é consistente com a da aceleração;
- B () Sim, porque a expressão correta para a velocidade seria $2a^2\sqrt{\mu}$;
- C () Sim, porque a expressão correta para a velocidade seria $2a^2\sqrt{\mu/r}$;
- D () Sim, porque a expressão correta para a velocidade seria $2\sqrt{a^2\mu/r}$;
- E () Sim, porque a expressão correta para a velocidade seria $2a\sqrt{\mu}$;

Questão 10. Um prisma regular hexagonal homogêneo com peso de 15 N e aresta da base de 2,0 m é mantido de pé graças ao apoio de um dos seus vértices da base inferior (ver figura) e à ação de uma força vertical de suspensão de 10 N (não mostrada). Nessas condições, o ponto de aplicação da força na base superior do prisma encontra-se

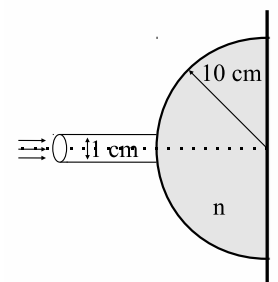


- A () sobre o segmento \overline{RM} a 2,0 m de R .
- B () sobre o segmento \overline{RN} a 4,0 m de R .
- C () sobre o segmento \overline{RN} a 3,0 m de R .
- D () sobre o segmento \overline{RN} a 2,0 m de R .
- E () sobre o segmento \overline{RP} a 2,5 m de R .

Questão 11. Um relógio tem um pêndulo de 35 cm de comprimento. Para regular seu funcionamento, ele possui uma porca de ajuste que encurta o comprimento do pêndulo de 1 mm a cada rotação completa à direita e alonga este comprimento de 1 mm a cada rotação completa à esquerda. Se o relógio atrasa um minuto por dia, indique o número aproximado de rotações da porca e sua direção necessários para que ele funcione corretamente.

- A () 1 rotação à esquerda
- B () 1/2 rotação à esquerda
- C () 1/2 rotação à direita
- D () 1 rotação à direita
- E () 1 e 1/2 rotações à direita.

Questão 12. Um hemisfério de vidro maciço de raio de 10 cm e índice de refração $n = 3/2$ tem sua face plana apoiada sobre uma parede, como ilustra a figura. Um feixe colimado de luz de 1 cm de diâmetro incide sobre a face esférica, centrado na direção do eixo de simetria do hemisfério. Valendo-se das aproximações de ângulos pequenos, $\sin\theta \approx \theta$ e $\text{tg}\theta \approx \theta$, o diâmetro do círculo de luz que se forma sobre a superfície da parede é de



- A () 1 cm.
- B () $\frac{2}{3}$ cm.
- C () $\frac{1}{2}$ cm.
- D () $\frac{1}{3}$ cm.
- E () $\frac{1}{10}$ cm.

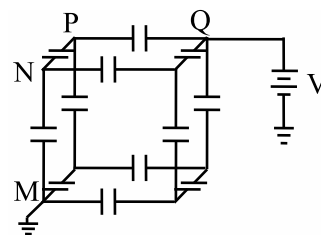
Questão 13. A inversão temporal de qual dos processos abaixo NÃO violaria a segunda lei de termodinâmica?

- A () A queda de um objeto de uma altura H e subsequente parada no chão
- B () O movimento de um satélite ao redor da Terra
- C () A freiada brusca de um carro em alta velocidade
- D () O esfriamento de um objeto quente num banho de água fria
- E () A troca de matéria entre as duas estrelas de um sistema binário

Questão 14. Fontes distantes de luz separadas por um ângulo α numa abertura de diâmetro D podem ser distinguidas quando $\alpha > 1,22\lambda/D$, em que λ é o comprimento de onda da luz. Usando o valor de 5 mm para o diâmetro das suas pupilas, a que distância máxima aproximada de um carro você deveria estar para ainda poder distinguir seus faróis acesos? Considere uma separação entre os faróis de 2 m.

- A () 100 m
- B () 500 m
- C () 1 km
- D () 10 km
- E () 100 km

Questão 15. Uma diferença de potencial eletrostático V é estabelecida entre os pontos M e Q da rede cúbica de capacitores idênticos mostrada na figura. A diferença de potencial entre os pontos N e P é



- A () $V/2$.
- B () $V/3$.
- C () $V/4$.
- D () $V/5$.
- E () $V/6$.

Questão 16. Um fio condutor é derretido quando o calor gerado pela corrente que passa por ele se mantém maior que o calor perdido pela superfície do fio (desprezando a condução de calor pelos contatos). Dado que uma corrente de 1 A é a mínima necessária para derreter um fio de seção transversal circular de 1 mm de raio e 1 cm de comprimento, determine a corrente mínima necessária para derreter um outro fio da mesma substância com seção transversal circular de 4 mm de raio e 4 cm de comprimento.

- A () 1/8 A
- B () 1/4 A
- C () 1 A
- D () 4 A
- E () 8 A

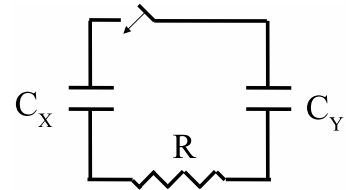
Questão 17. Prótons (carga e e massa m_p), deuteron (carga e e massa $m_d = 2m_p$) e partículas alfas (carga $2e$ e massa $m_a = 4m_p$) entram em um campo magnético uniforme \vec{B} perpendicular a suas velocidades, onde se movimentam em órbitas circulares de períodos T_p , T_d e T_a , respectivamente. Pode-se afirmar que as razões dos períodos T_d/T_p e T_a/T_p são, respectivamente,

- A () 1 e 1.
- B () 1 e $\sqrt{2}$.
- C () $\sqrt{2}$ e 2.
- D () 2 e $\sqrt{2}$.
- E () 2 e 2.

Questão 18. Uma bobina de 100 espiras, com seção transversal de área de 400 cm^2 e resistência de 20Ω , está alinhada com seu plano perpendicular ao campo magnético da Terra, de $7,0 \times 10^{-4} \text{ T}$ na linha do Equador. Quanta carga flui pela bobina enquanto ela é virada de 180° em relação ao campo magnético?

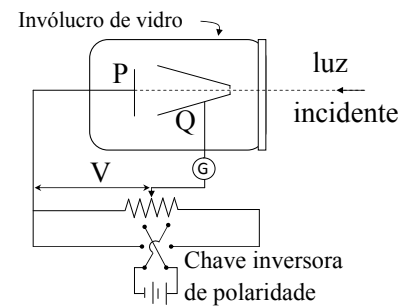
- A () $1,4 \times 10^{-4} \text{ C}$
- B () $2,8 \times 10^{-4} \text{ C}$
- C () $1,4 \times 10^{-2} \text{ C}$
- D () $2,8 \times 10^{-2} \text{ C}$
- E () $1,4 \text{ C}$

Questão 19. No circuito ideal da figura, inicialmente aberto, o capacitor de capacitância C_X encontra-se carregado e armazena uma energia potencial elétrica E . O capacitor de capacitância $C_Y = 2C_X$ está inicialmente descarregado. Após fechar o circuito e este alcançar um novo equilíbrio, pode-se afirmar que a soma das energias armazenadas nos capacitores é igual a



- A () 0.
- B () $E/9$.
- C () $E/3$.
- D () $4E/9$.
- E () E .

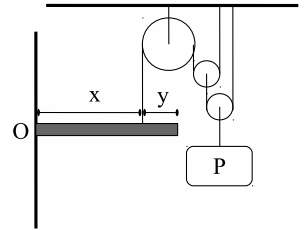
Questão 20. O aparato para estudar o efeito fotoelétrico mostrado na figura consiste de um invólucro de vidro que encerra o aparelho em um ambiente no qual se faz vácuo. Através de uma janela de quartzo, luz monocromática incide sobre a placa de metal P e libera elétrons. Os elétrons são então detectados sob a forma de uma corrente, devido à diferença de potencial V estabelecida entre P e Q . Considerando duas situações distintas a e b , nas quais a intensidade da luz incidente em a é o dobro do caso b , assinale qual dos gráficos abaixo representa corretamente a corrente fotoelétrica em função da diferença de potencial.



- A ()
- B ()
- C ()
- D ()
- E ()

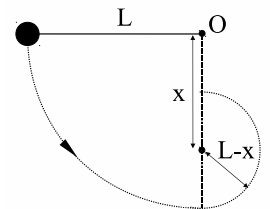
AS QUESTÕES DISSERTATIVAS, NUMERADAS DE 21 A 30, DEVEM SER RESPONDIDAS NO CADERNO DE SOLUÇÕES.

Questão 21. Uma barra homogênea, articulada no pino O , é mantida na posição horizontal por um fio fixado a uma distância x de O . Como mostra a figura, o fio passa por um conjunto de três polias que também sustentam um bloco de peso P . Desprezando efeitos de atrito e o peso das polias, determine a força de ação do pino O sobre a barra.

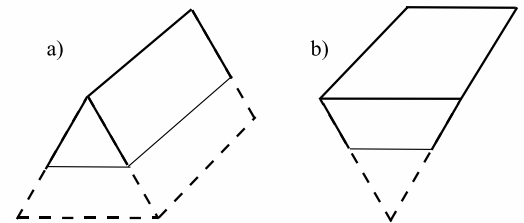


Questão 22. Um objeto de massa m é projetado no ar a 45° do chão horizontal com uma velocidade v . No ápice de sua trajetória, este objeto é interceptado por um segundo objeto, de massa M e velocidade V , que havia sido projetado verticalmente do chão. Considerando que os dois objetos "se colam" e desprezando qualquer tipo de resistência aos movimentos, determine a distância d do ponto de queda dos objetos em relação ao ponto de lançamento do segundo objeto.

Questão 23. Um pêndulo, composto de uma massa M fixada na extremidade de um fio inextensível de comprimento L , é solto de uma posição horizontal. Em dado momento do movimento circular, o fio é interceptado por uma barra metálica de diâmetro desprezível, que se encontra a uma distância x na vertical abaixo do ponto O . Em consequência, a massa M passa a se movimentar num círculo de raio $L - x$, conforme mostra a figura. Determine a faixa de valores de x para os quais a massa do pêndulo alcance o ponto mais alto deste novo círculo.



Questão 24. Um bloco, com distribuição homogênea de massa, tem o formato de um prisma regular cuja seção transversal é um triângulo equilátero. Tendo $0,5 \text{ g/cm}^3$ de densidade, tal bloco poderá flutuar na água em qualquer das posições mostradas na figura. Qual das duas posições será a mais estável? Justifique sua resposta. Lembrar que o baricentro do triângulo encontra-se a $2/3$ da distância entre um vértice e seu lado oposto.

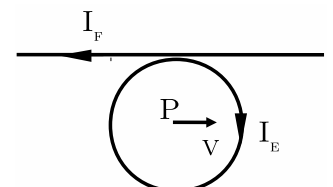


Questão 25. Um filme fino de sabão é sustentado verticalmente no ar por uma argola. A parte superior do filme aparece escura quando é observada por meio de luz branca refletida. Abaixo da parte escura aparecem bandas coloridas. A primeira banda tem cor vermelha ou azul? Justifique sua resposta.

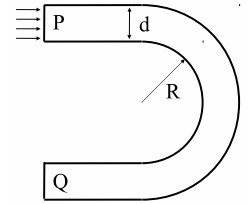
Questão 26. O tubo mais curto de um órgão típico de tubos tem um comprimento de aproximadamente 7 cm. Qual é o harmônico mais alto na faixa audível, considerada como estando entre 20 Hz e 20.000 Hz, de um tubo deste comprimento aberto nas duas extremidades?

Questão 27. Uma bolha de gás metano com volume de 10 cm^3 é formada a 30 m de profundidade num lago. Suponha que o metano comporta-se como um gás ideal de calor específico molar $C_V = 3R$ e considere a pressão atmosférica igual a 10^5 N/m^2 . Supondo que a bolha não troque calor com a água ao seu redor, determine seu volume quando ela atinge a superfície.

Questão 28. Uma corrente I_E percorre uma espira circular de raio R enquanto uma corrente I_F percorre um fio muito longo, que tangencia a espira, estando ambos no mesmo plano, como mostra a figura. Determine a razão entre as correntes I_E/I_F para que uma carga Q com velocidade v paralela ao fio no momento que passa pelo centro P da espira não sofra aceleração nesse instante.



Questão 29. Um tarugo de vidro de índice de refração $n = 3/2$ e seção transversal retangular é moldado na forma de uma ferradura, como ilustra a figura. Um feixe de luz incide perpendicularmente sobre a superfície plana P . Determine o valor mínimo da razão R/d para o qual toda a luz que penetra pela superfície P emerge do vidro pela superfície Q .



Questão 30. Obtenha uma expressão para as energias das órbitas do modelo de Bohr do átomo de Hidrogênio usando a condição de que o comprimento da circunferência de uma órbita do elétron ao redor do próton seja igual um número inteiro de comprimentos de onda de de Broglie do elétron.