



- Nas questões 1, 2, de 4 a 7, 9, 10 e de 12 a 14, marque, de acordo com o comando de cada uma delas: itens **CERTOS** na coluna C; itens **ERRADOS** na coluna E.
- Nas questões 3, 8, 11 e 15, marque, de acordo com o comando de cada uma delas: o algarismo das **CENTENAS** na coluna C; o algarismo das **DEZENAS** na coluna D; o algarismo das **UNIDADES** na coluna U. Os algarismos das **CENTENAS** e das **DEZENAS** devem ser obrigatoriamente marcados, mesmo que sejam iguais a zero.
- Use a Folha de Rascunho para as devidas marcações e, posteriormente, a **Folha de Respostas**.

QUESTÃO 1

Considere as seguintes afirmações.

- Animais como coelhos e toupeiras constroem suas tocas com mais de uma abertura, cada abertura localizada a uma altura diferente, conforme ilustrado na figura I abaixo.
- Nas proximidades do solo, o módulo da velocidade do vento aumenta com a altitude, conforme ilustra a figura II a seguir.
- O princípio de Bernoulli estabelece que a pressão que o ar em movimento exerce sobre superfícies ao longo das quais ele escoar varia com a velocidade de escoamento. Assim, na situação ilustrada na figura I, devido à velocidade do ar, as pressões P_1 e P_2 e as velocidades v_1 e v_2 nas aberturas 1 e 2, respectivamente, são relacionadas de forma aproximada pela equação $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$, em que ρ é a densidade do ar, supostamente constante. A análise dessa equação permite afirmar que, em regiões onde a velocidade do ar é alta, a pressão é baixa, e onde a velocidade é baixa, a pressão é alta.

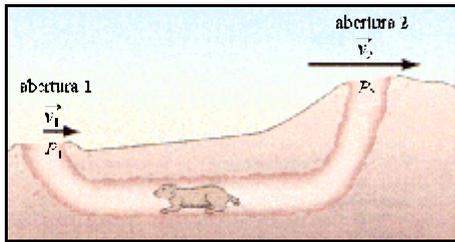


Figura I – Giancoli. *Physics*, 5.ª ed. (com adaptações).

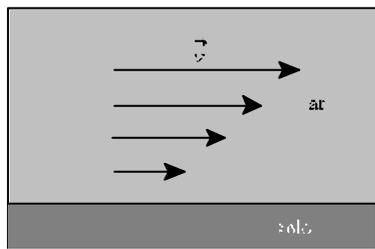


Figura II

Com base nas afirmações acima, julgue os itens a seguir.

- Uma toca com duas aberturas no mesmo nível terá melhor ventilação que a apresentada na figura I, sob as mesmas condições de vento.
- Se um arbusto crescer nas proximidades da abertura 1, de forma a dificultar a passagem do vento, sem bloquear a abertura, então a ventilação na toca será melhorada.
- $\Delta P = P_1 - P_2$ é diretamente proporcional à diferença dos módulos das velocidades v_2 e v_1 .
- A circulação de ar no interior da toca mostrada na figura I ocorre da abertura 1 para a abertura 2.

QUESTÃO 2

Em uma apresentação de circo, em 1901, Allo Diavolo introduziu a acrobacia de bicicletas em pistas com *loops*, como mostra a figura I abaixo. Diavolo observou que, se ele partisse de uma determinada altura mínima, poderia percorrer todo o trajeto, passando inclusive pelo *loop*, sem cair, em um “desafio” às leis da gravidade, conforme anunciava ele. A figura II mostra o caminho do centro de massa do sistema acrobata-bicicleta. Nessa figura, h é a altura entre o ponto mais alto — A — e o ponto mais baixo — C — da trajetória, B é o ponto mais alto do *loop* e R é o raio do *loop*.



Figura I

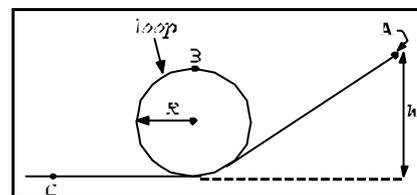
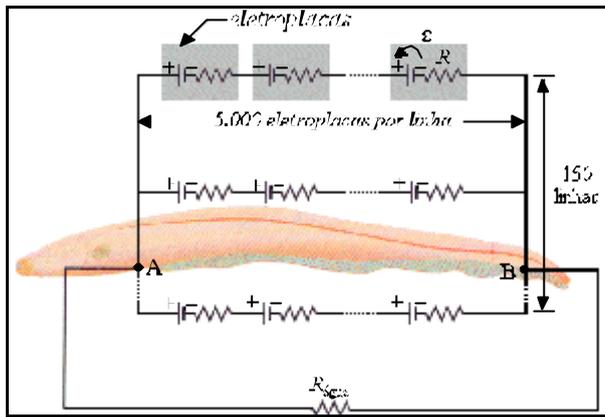


Figura II

A partir dessas informações e considerando que m é a massa do sistema acrobata-bicicleta, que g é a aceleração da gravidade, que não há forças dissipativas, que a bicicleta não é impulsionada pelo acrobata em nenhum instante da trajetória e que apenas o movimento do centro de massa do sistema acrobata-bicicleta é analisado, julgue os itens abaixo.

- No ponto C do caminho mostrado na figura II, a energia cinética é igual a mgh .
- A energia mecânica total do sistema acrobata-bicicleta será mgh mesmo no caso da existência de forças dissipativas.
- Para que o sistema acrobata-bicicleta passe pelo ponto mais alto do *loop* sem perder contato com a pista, o sistema deverá ter nesse ponto uma velocidade de módulo superior ou igual a \sqrt{gR} .
- A razão entre os módulos das velocidades nos pontos B e C independe da altura h .

RASCUNHO



Halliday-Resnick-Walker. *Fundamentals of physics extended*, 5.ª ed. (com adaptações).

Um perigo para os mergulhadores em rios e oceanos é o contato com peixes elétricos. Sabe-se que essa espécie produz eletricidade a partir de células biológicas (eletroplacas) que funcionam como baterias elétricas. Certos peixes elétricos encontrados na América do Sul contêm um conjunto de eletroplacas organizadas de forma análoga ao circuito elétrico representado na figura acima. Existem, ao longo do corpo deles, 150 linhas horizontais, com 5.000 eletroplacas por linha. Cada eletroplaca tem uma força eletromotriz — \mathcal{E} — de 0,15 V e uma resistência elétrica — R — interna de 0,30 Ω . A resistência da água — $R_{\text{água}}$ — em torno do peixe deve ser considerada igual a 740 Ω . Com base nessas informações, calcule uma das seguintes quantidades, desprezando, para a marcação na Folha de Respostas, a parte fracionária do resultado final obtido após efetuar todos os cálculos solicitados.

- (a) O número total de eletroplacas do peixe elétrico, expressando a quantidade calculada em milhares de eletroplacas. **(valor = 0,2 ponto)**
- (b) A resistência equivalente em cada linha de eletroplacas, **em ohms**, dividindo a quantidade calculada por 10. **(valor = 0,4 ponto)**
- (c) A resistência equivalente do peixe elétrico, observada entre os pontos A e B, **em ohms**. **(valor = 0,7 ponto)**
- (d) A potência dissipada no peixe elétrico, **em watts**, quando este está submerso na água. Multiplique a quantidade calculada por 10. **(valor = 1,0 ponto)**

QUESTÃO 4

A luz tem um comportamento dual, ou seja, em determinados experimentos, ela se comporta como onda eletromagnética e, em outros, como um feixe composto de partículas denominadas fótons. O comportamento de feixe de partículas pode ser observado em um experimento em que um feixe de átomos de sódio é freado ao colidir frontalmente contra um feixe de luz. Esse fenômeno pode ser explicado pelo fato de que cada partícula (fóton) do feixe de luz carrega momento linear na direção de propagação do feixe, mas, diferentemente das partículas comuns, a natureza desse momento linear não é mecânica, uma vez que os fótons não têm massa. Na colisão frontal, existe transferência do momento linear do fóton para os átomos de sódio, o que provoca a frenagem desses átomos.

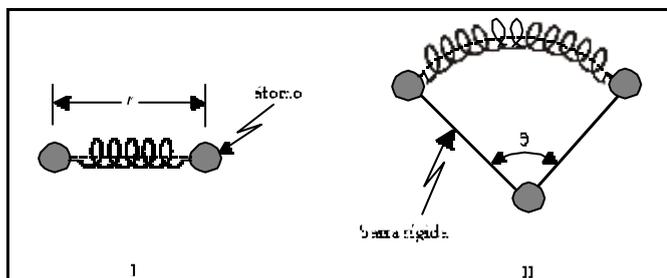
Em relação ao fenômeno descrito e considerando a luz como um feixe de partículas, julgue os itens subseqüentes.

- 1) Pequenas partículas podem ser levitadas usando-se um feixe de luz.
- 2) Ao atravessar obliquamente a interface entre dois meios diferentes, como ar e água, os fótons têm o seu momento linear alterado.
- 3) Se a energia cinética das moléculas que compõem um gás for reduzida pela ação de feixes de luz, então o gás se resfriará.

QUESTÃO 5

Até o final do século XIX, as teorias e os modelos em Física usados na descrição dos fenômenos atômicos e moleculares tinham como base a mecânica de Newton, que vinha acompanhada, muitas vezes, de informações totalmente empíricas.

No início do século XX, ocorreu uma revolução na física dos átomos e moléculas, conhecida como Física Quântica. Infelizmente, as formulações matemáticas para a teoria quântica são tão complexas que inviabilizam a sua aplicação em sistemas macromoleculares biológicos. Acredita-se que não haja perspectiva alguma de, nas próximas décadas, se resolver computacionalmente as equações da Física Quântica associadas a tais sistemas moleculares sem o desenvolvimento de novos tipos de computadores e de novas técnicas computacionais. Essas dificuldades levaram os pesquisadores a voltarem as suas atenções aos modelos newtonianos clássicos do século XIX. Nesses modelos, os átomos são tratados como pontos materiais e as ligações químicas entre átomos — interações atômicas — são representadas por molas ideais. A separação linear entre os átomos em uma ligação está representada na figura I, enquanto variações angulares que também ocorrem são representadas na figura II.

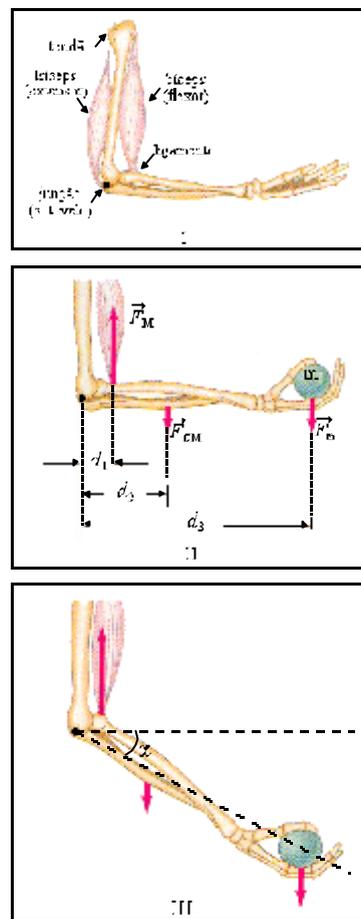


Com base nas informações do texto acima, julgue os seguintes itens.

- 1) Nos modelos newtonianos clássicos aplicados ao caso da figura I, a constante elástica da mola poderia estar associada à intensidade da ligação química.
- 2) As forças em cada átomo relativas às interações ilustradas nas figuras I e II são sempre repulsivas.
- 3) O texto permite concluir que, hoje, os métodos computacionais aplicados à teoria quântica são inviáveis no estudo de moléculas importantes como o DNA.
- 4) A energia potencial na ligação representada na figura II pode ser descrita por $\frac{1}{2}k_2(\theta - \theta_0)^2$, em que θ_0 é o ângulo de equilíbrio entre os átomos da molécula mostrada e k_2 é uma constante associada à elasticidade da mola.

QUESTÃO 6

Em certos animais, e em particular no homem, os músculos são ligados aos diferentes ossos por tendões, denominados pontos de inserção ou ligamentos. No caso do braço humano, o cotovelo funciona como um ponto de articulação entre o braço e o antebraço, e os movimentos de flexão e extensão são realizados pelos músculos bíceps e tríceps, respectivamente. Sabe-se, também, que, apesar de chimpanzés adultos terem uma massa muscular três vezes menor que a de um homem adulto, eles são duas vezes mais fortes em alguns movimentos, em especial naqueles relacionados à flexão dos braços. Essa diferença de desempenho está relacionada com a anatomia do braço dos dois animais. As figuras abaixo ilustram os pontos principais da anatomia do braço humano, em que d_1 , d_2 e d_3 são, respectivamente, as distâncias do cotovelo ao ligamento do bíceps, do cotovelo ao centro de massa do braço (CM) e do cotovelo ao centro de massa de um objeto de massa m segurado pela mão. Ainda nessas figuras, \vec{F}_M é a força exercida pelo bíceps, \vec{F}_{CM} é a força peso do braço e \vec{F}_m é a força peso do objeto de massa m .

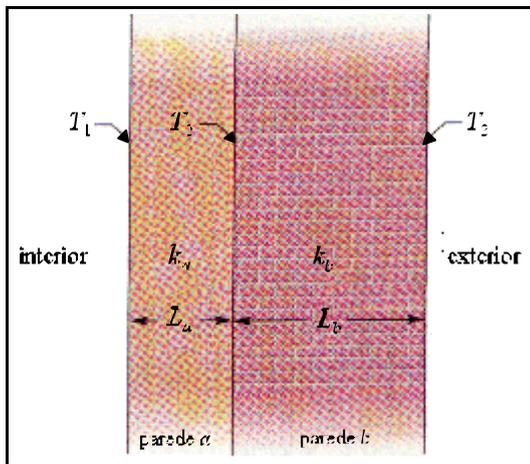


Com base nas informações e nas figuras acima, julgue os itens que se seguem.

- 1) Para manter o objeto fixo na posição mostrada na figura II, desprezando-se o peso do braço, a força exercida pelo bíceps no braço é diretamente proporcional à razão $\frac{d_2}{d_3}$.
- 2) A diferença de desempenho entre o homem e o chimpanzé poderia ser explicada se fosse admitido que d_1 para o chimpanzé é menor que d_1 para o homem.
- 3) A razão entre os módulos dos torques exercidos pelo bíceps em relação ao cotovelo nas situações mostradas nas figuras III e II, respectivamente, é igual a $\sin(\theta)$.

QUESTÃO 7

Para a construção de prédios termicamente isolados, é necessário o estudo de processos que envolvem transferência de calor. A figura abaixo ilustra duas paredes — a e b — construídas com diferentes materiais.



Do ponto de vista termodinâmico, a taxa de transferência de calor — H —, em regime estacionário, é diretamente proporcional à diferença de temperatura — ΔT — nas interfaces da parede e inversamente proporcional à resistência térmica da parede — R —, de acordo com as equações abaixo.

$$\begin{cases} H_a = \frac{k_a A}{L_a} (T_1 - T_2) = \frac{1}{R_a} \Delta T_a \\ H_b = \frac{k_b A}{L_b} (T_2 - T_3) = \frac{1}{R_b} \Delta T_b \end{cases}$$

Nessas equações, A é a área das interfaces de cada parede, k_a e k_b são as suas condutividades térmicas, L_a e L_b são as suas respectivas espessuras, e T_1 , T_2 e T_3 são temperaturas das interfaces entre o interior e a parede a , entre a parede a e a parede b e entre a parede b e o exterior, respectivamente.

Com base nas informações acima e nas leis da Termodinâmica, julgue os seguintes itens.

- 1) No equilíbrio térmico, quando todas as interfaces das paredes estiverem à mesma temperatura, as taxas de transferência de calor H_a e H_b poderão ser diferentes de zero.
- 2) Se $T_3 > T_2 > T_1$, o calor fluirá do interior para o exterior, independentemente do material de que é feita cada parede.
- 3) Maximizar o isolamento térmico das paredes envolve a procura de materiais de maiores valores de condutividade térmica.
- 4) Fazendo-se uma analogia do sistema de duas paredes apresentado na figura com um circuito elétrico formado por dois resistores em série, então a diferença de temperatura corresponderia à diferença de potencial e a taxa de transferência de calor corresponderia à corrente elétrica.

QUESTÃO 8

Tipicamente, uma pessoa utiliza 100 L de água para tomar um banho diário em um chuveiro elétrico que aquece a água em 10°C . Admita que a energia elétrica utilizada para o aquecimento seja gerada na usina de Itaipu, onde cada $10,8 \times 10^6 \text{L}$ de água que vertem pelas turbinas geram $1,26 \times 10^6 \text{kJ}$ de energia elétrica. Considerando o calor específico da água igual a $4,2 \text{kJ} \times \text{kg}^{-1} \times (^\circ \text{C})^{-1}$ e a densidade da água igual a 1kg/L , calcule uma das seguintes quantidades, desprezando, para a marcação na Folha de Respostas, a parte fracionária do resultado final obtido após efetuar todos os cálculos solicitados.

- (a) A energia, em **kJ**, consumida no banho, dividindo a quantidade calculada por 10. (valor = 0,5 ponto)
- (b) O volume de água utilizada em Itaipu, em **m³**, para aquecer a água do banho mencionado. (valor = 1,0 ponto)

RASCUNHO

QUESTÃO 9

Um termômetro é um dispositivo usado para medir a temperatura de um sistema e pode, em princípio, ser construído com base na mudança de qualquer propriedade física em função da temperatura. A figura I abaixo mostra o esquema de um possível termômetro embasado na variação da constante elástica de duas molas com a temperatura. As duas molas encontram-se esticadas e conectadas uma à outra com suas extremidades opostas presas a uma base fixa. Todo o sistema mostrado na figura I possui dilatação térmica desprezível e as molas, quando livres de forças externas, têm comprimentos iguais. Um ponteiro está conectado à junção das duas molas e translada na horizontal dentro de toda a escala do termômetro. O gráfico da figura II mostra como a constante elástica das duas molas varia com a temperatura. A menos dessa variação, todas as demais características das duas molas são iguais.

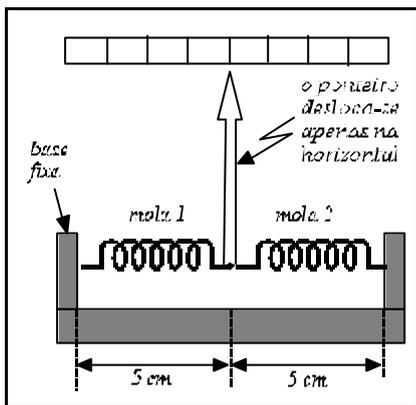


Figura I

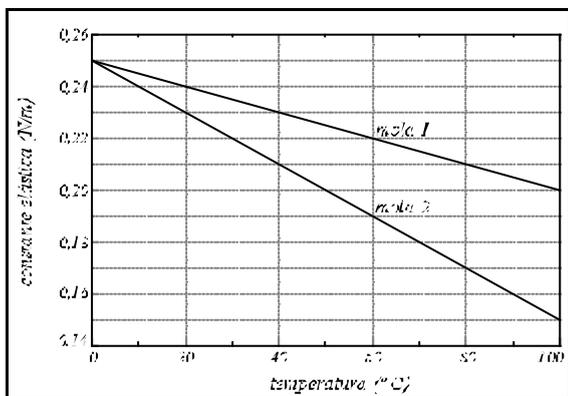
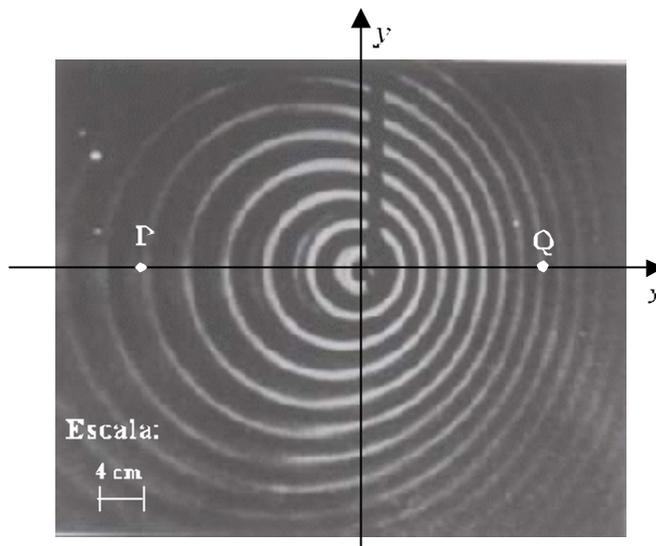


Figura II

Com base nessas informações, julgue os itens a seguir.

- 1) A posição do ponteiro indicada na figura I corresponde à temperatura de 0° C.
- 2) Se a temperatura estiver a 60° C, o ponteiro estará deslocado à direita da posição mostrada na figura I.
- 3) A força que cada mola exerce sobre o ponteiro é função quadrática da temperatura.
- 4) A constante elástica da mola 2 pode ser descrita pela equação $k_2 = 0,25 - 0,001T$, em que T é a temperatura em graus Celsius.
- 5) Supondo que Δx_1 seja a variação do comprimento da mola 1 em relação ao seu comprimento natural e Δx_2 seja a variação do comprimento da mola 2 em relação ao seu comprimento natural, então, para 80° C, a razão $\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}$ é maior que 0,7.

QUESTÃO 10



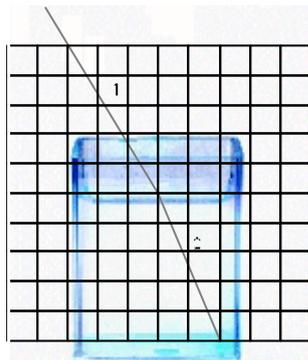
Uma cuba de ondas pode ser considerada como uma lâmina de água de área infinita e profundidade constante de 1 cm, na qual se realizam experimentos de propagação de ondas mecânicas. A foto acima mostra um instante em que frentes de onda produzidas por uma fonte periódica pontual com frequência de 5 Hz propagam-se na cuba. Nela, está representado um sistema de eixos ortogonais xOy fixos no plano horizontal da cuba e cuja origem no instante da foto coincide com a posição da fonte pontual. A respeito da situação descrita e considerando que a água não se desloca horizontalmente, julgue os itens abaixo.

- 1) Nas condições de preparação do experimento, é esperada a observação de frentes de onda circulares.
- 2) Uma pequena esfera de isopor colocada sobre a água realizará um movimento harmônico na vertical.
- 3) A frequência da onda medida por um observador no ponto P é maior que aquela medida por um observador no ponto Q, estando P e Q fixos na cuba.
- 4) Em relação à cuba de ondas, a fonte está em movimento retilíneo uniforme ao longo do eixo x .
- 5) Utilizando a escala milimetrada impressa no rodapé da Folha de Rascunho, é correto concluir que a velocidade de propagação da onda na cuba é menor que 8 cm/s.

RASCUNHO

QUESTÃO 11

A figura abaixo mostra a foto de um feixe de luz *laser* que se propaga no ar e incide sobre a superfície de um líquido contido em um recipiente transparente. Na foto, em que foi sobreposto um quadriculado, pode-se observar os raios incidente (1) e refratado (2).

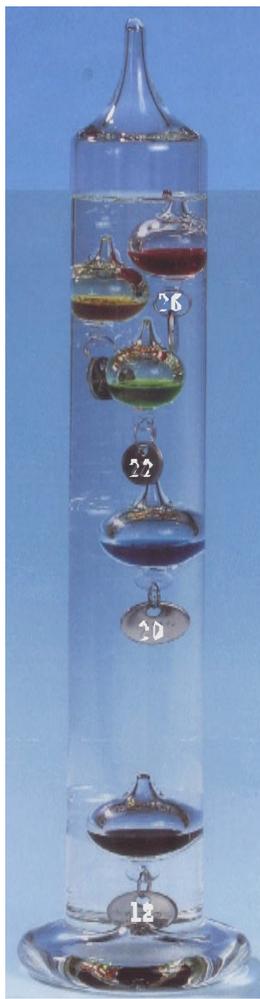


Com base na figura, calcule uma das seguintes quantidades, desprezando, para a marcação na Folha de Respostas, a parte fracionária do resultado final obtido após efetuar todos os cálculos solicitados.

- O seno do ângulo de refração, com a melhor aproximação possível, multiplicando a quantidade calculada por 100. (valor = 0,5 ponto)
- O índice de refração do líquido, com a melhor aproximação possível, considerando o índice de refração do ar igual a 1. Multiplique a quantidade calculada por 10. (valor = 1,0 ponto)

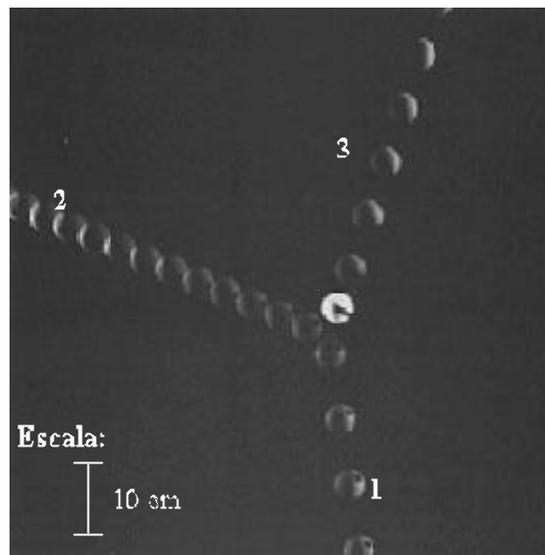
QUESTÃO 12

Galileu Galilei (1564-1642) foi um importante físico italiano que fundou a moderna Física, embasada na experimentação e no ensaio. Devido a suas múltiplas descobertas das leis naturais, conseguiu construir um aparato de medição da temperatura que se baseia no fato de a densidade de um líquido variar em função da sua temperatura. A figura ao lado mostra um modelo desse termômetro, constituído de um tubo de vidro hermeticamente fechado, contendo em seu interior um líquido e pequenos balões de vidro selados. Esses balões contêm, por sua vez, uma certa quantidade de um outro material líquido, e deles pendem pequenas moedas iguais, feitas de aço inoxidável. As massas dos conjuntos balão-moeda são iguais. A dilatação térmica do vidro e das moedas é desprezível. O modelo apresentado na figura contém 5 conjuntos balão-moeda que permitem indicar a temperatura ambiente entre 18° C e 26° C, com variações de 2 em 2 graus. Nessa faixa, a temperatura ambiente atual é conhecida por meio do número que está escrito na moeda do balão que afundou por último. Em relação à situação descrita, julgue os itens seguintes.



- Todos os balões têm volumes iguais.
- A densidade do líquido no interior do tubo de vidro deve ser crescente com a temperatura.
- Quando a temperatura for menor que 18° C, todos os balões deverão estar flutuando.
- A dilatação térmica do material líquido contido no interior dos balões alteraria o funcionamento do termômetro.

QUESTÃO 13



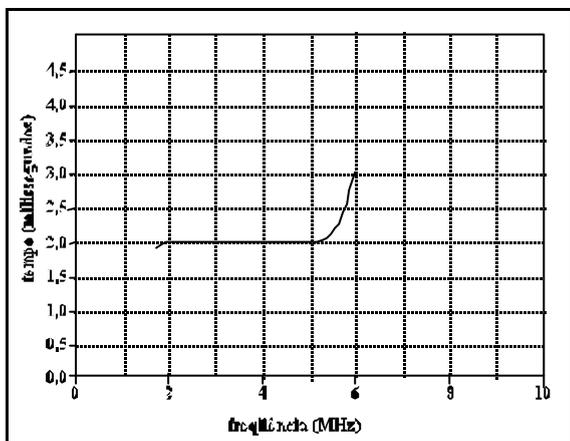
A figura acima mostra uma foto estroboscópica da colisão elástica de dois discos metálicos que deslizam em uma mesa horizontal sem atrito. A câmera fotográfica está em repouso em relação a um referencial inercial e o intervalo entre cada imagem é de 0,2 s. Antes da colisão, um dos discos estava em repouso em relação à máquina fotográfica. Analisando a foto e utilizando a escala milimetrada impressa no rodapé da Folha de Rascunho para fazer as medições que se fizerem necessárias, julgue os itens que se seguem.

- A foto mostra que, após a colisão, os discos deslocam-se em movimento retilíneo e têm as velocidades de seus centros de massa constantes.
- O disco que passa pelo ponto 2 é o que possui maior módulo de velocidade.
- A velocidade do centro de massa do sistema formado pelos dois discos é maior que 60 cm/s.
- Os dois discos têm massas aproximadamente iguais.

RASCUNHO

QUESTÃO 14

As radiações solares que atingem as camadas superiores da atmosfera são responsáveis pela criação de uma camada ionizada conhecida como ionosfera. Essa camada funciona como um espelho para ondas eletromagnéticas emitidas da superfície terrestre cujas frequências estejam abaixo de uma frequência crítica, conhecida como frequência de plasma. Somente ondas com frequências mais altas que essa frequência crítica conseguem atravessá-la e chegar ao espaço. Para determinar a altitude da ionosfera, realizam-se experimentos nos quais são enviadas para o espaço ondas com diferentes frequências e são detectados, na superfície terrestre, os ecos produzidos pela reflexão, um princípio semelhante ao dos sonares e radares. O gráfico abaixo mostra o tempo gasto entre a emissão e o recebimento do eco em função da frequência da onda emitida por um aparelho. A frequência de plasma é facilmente identificada, pois corresponde à frequência a partir da qual o sinal do eco não é mais detectado. O equipamento utilizado emitiu ondas com frequências de 1,8 MHz a 10 MHz. A tabela mostra algumas faixas do espectro eletromagnético, suas respectivas denominações e algumas de suas utilizações regulamentadas.



faixa de frequência (MHz)	denominação	algumas utilizações
0,03 a 0,3	LF	radionavegação
0,3 a 3,0	MF	radiodifusão (ondas médias)
3,0 a 30	HF	radiodifusão (ondas curtas)
30 a 300	VHF	TV, rádio FM, radionavegação

Com base nas informações acima e considerando a velocidade de uma onda eletromagnética igual a 3×10^8 m/s, julgue os itens subsequentes.

- O gráfico permite concluir que a frequência de plasma na ionosfera é aproximadamente igual a 6 MHz.
- É mais apropriada a transmissão de sinais da Terra para astronautas na Lua na faixa de MF que na faixa de VHF.
- O gráfico permite concluir que a camada da ionosfera localiza-se abaixo de 200 km de altitude.
- Na Terra, sinais de rádio na faixa de ondas médias podem ser transmitidos a longas distâncias, aproveitando-se a reflexão na ionosfera.

QUESTÃO 15

Em uma olimpíada de Física, os estudantes foram desafiados a resolver o seguinte problema.

Dada uma bateria de automóvel, cuja distância entre os terminais é de 25 cm, sem marcas indicativas da polaridade desses terminais, e dada uma caixa com 9 objetos, selecionar no máximo 3 objetos dessa caixa que permitam montar um experimento capaz de determinar a polaridade dos terminais, explicitando os conceitos físicos envolvidos nesse processo. O experimento deve permanecer em funcionamento contínuo durante um minuto, com o menor consumo de energia da bateria possível, e nenhum dos objetos pode ser danificado no experimento.

A tabela I abaixo enumera os objetos encontrados na caixa e a tabela II relaciona pontuações a conceitos físicos.

Tabela I

ordem	objeto
1	uma lâmpada de 12 V – 75 W
2	uma lâmpada de 12 V – 10 W
3	uma lâmpada de 1,5 V – 1 W
4	um fio condutor de 25 cm de comprimento e 1 mm ² de seção transversal
5	um fio de 25 cm de comprimento e 2,5 mm ² de seção transversal
6	eletroscópio de folhas
7	bússola
8	termômetro clínico
9	lupa

Tabela II

pontuação	conceitos físicos
1	hidrostática
2	gravitação
4	acústica
8	corrente elétrica
16	campo magnético
32	lei de Snell
64	efeito doppler
128	resistência elétrica
256	conservação de momento

Com base na situação descrita acima, resolva uma das opções seguintes.

- Entre os conceitos físicos descritos na tabela II, escolha aqueles que **não seriam necessários** para solucionar o problema proposto na olimpíada. Some as pontuações correspondentes a cada conceito escolhido e considere esse total como o resultado final da opção. (**valor = 0,5 ponto**)
- Entre os objetos da tabela I, escolha aquele(s) que resolveria(m) o problema proposto na olimpíada. Organize os algarismos correspondentes às ordens dos objetos em centenas, dezenas e unidades, de forma a obter o menor número possível. Tome esse número como o resultado final da opção. (**valor = 1,0 ponto**)