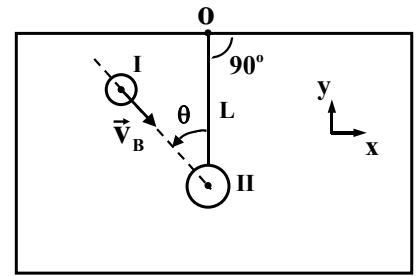


Caso necessário, use os seguintes dados:

$\pi = 3,14$ . **Aceleração da gravidade** =  $9,8 \text{ m/s}^2$ . **Velocidade do som no ar** =  $340 \text{ m/s}$ . **1 atm** =  $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ . **1 cal** =  $4,2 \text{ J}$ .

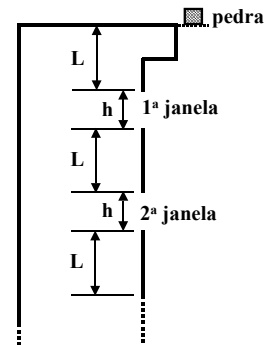
**Questão 1.** Sobre um plano liso e horizontal repousa um sistema constituído de duas partículas, **I** e **II**, de massas **M** e **m**, respectivamente. A partícula **II** é conectada a uma articulação **O** sobre o plano por meio de uma haste que inicialmente é disposta na posição indicada na figura. Considere a haste rígida de comprimento **L**, inextensível e de massa desprezível. A seguir, a partícula **I** desloca-se na direção de **II** com velocidade uniforme  $\vec{V}_B$ , que forma um ângulo  $\theta$  com a haste. Desprezando qualquer tipo de resistência ou atrito, pode-se afirmar que, imediatamente após a colisão (elástica) das partículas,



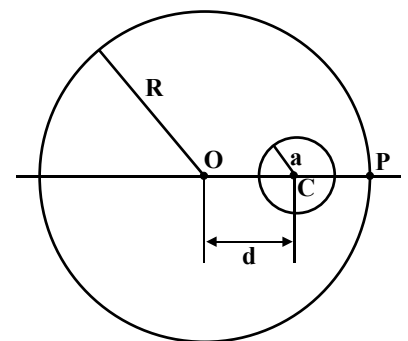
- A ( ) a partícula **II** se movimenta na direção definida pelo vetor  $\vec{V}_B$ .  
 B ( ) o componente **y** do momento linear do sistema é conservado.  
 C ( ) o componente **x** do momento linear do sistema é conservado.  
 D ( ) a energia cinética do sistema é diferente do seu valor inicial.  
 E ( ) n.d.a.

**Questão 2.** A partir do repouso, uma pedra é deixada cair da borda no alto de um edifício. A figura mostra a disposição das janelas, com as pertinentes alturas **h** e distâncias **L** que se repetem igualmente para as demais janelas, até o térreo. Se a pedra percorre a altura **h** da primeira janela em **t** segundos, quanto tempo levará para percorrer, em segundos, a mesma altura **h** da quarta janela? (Despreze a resistência do ar).

- A ( )  $\left[ \left( \sqrt{L+h} - \sqrt{L} \right) / \left( \sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h} \right) \right] t$ .  
 B ( )  $\left[ \left( \sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h} \right) / \left( \sqrt{L+h} - \sqrt{L} \right) \right] t$ .  
 C ( )  $\left[ \left( \sqrt{4(L+h)} - \sqrt{3(L+h)+L} \right) / \left( \sqrt{L+h} - \sqrt{L} \right) \right] t$ .  
 D ( )  $\left[ \left( \sqrt{4(L+h)} - \sqrt{3(L+h)+L} \right) / \left( \sqrt{2L+2h} - \sqrt{2L+h} \right) \right] t$ .  
 E ( )  $\left[ \left( \sqrt{3(L+h)} - \sqrt{2(L+h)+L} \right) / \left( \sqrt{L+h} - \sqrt{L} \right) \right] t$ .



**Questão 3.** Variações no campo gravitacional na superfície da Terra podem advir de irregularidades na distribuição de sua massa. Considere a Terra como uma esfera de raio **R** e de densidade  $\rho$ , uniforme, com uma cavidade esférica de raio **a**, inteiramente contida no seu interior. A distância entre os centros **O**, da Terra, e **C**, da cavidade, é **d**, que pode variar de 0 (zero) até  $R - a$ , causando, assim, uma variação do campo gravitacional em um ponto **P**, sobre a superfície da Terra, alinhado com **O** e **C**. (Veja a figura). Seja  $G_1$  a intensidade do campo gravitacional em **P** sem a existência da cavidade na Terra, e  $G_2$ , a intensidade do campo no mesmo ponto, considerando a existência da cavidade. Então, o valor máximo da variação relativa:  $(G_1 - G_2)/G_1$ , que se obtém ao deslocar a posição da cavidade, é



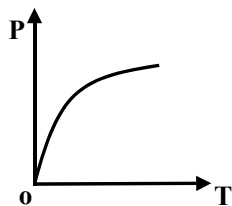
- A ( )  $a^3 / [(R-a)^2 R]$ .      B ( )  $(a/R)^3$ .      C ( )  $(a/R)^2$ .      D ( )  $a/R$ .      E ( ) nulo.

**Questão 4.** Considerando um buraco negro como um sistema termodinâmico, sua energia interna **U** varia com a sua massa **M** de acordo com a famosa relação de Einstein:  $\Delta U = \Delta M c^2$ . Stephen Hawking propôs que a entropia **S** de um buraco negro depende apenas de sua massa e de algumas constantes fundamentais da natureza. Desta forma, sabe-se que uma variação de massa acarreta uma variação de entropia dada por:  $\Delta S / \Delta M = 8\pi G M k_B / \hbar c$ . Supondo que não haja realização de trabalho com a variação de massa, assinale a alternativa que melhor representa a temperatura absoluta **T** do buraco negro.

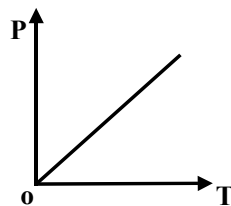
- A ( )  $T = \hbar c^3 / G M k_B$ .      B ( )  $T = 8\pi M c^2 / k_B$ .      C ( )  $T = M c^2 / 8\pi k_B$ .  
 D ( )  $T = \hbar c^3 / 8\pi G M k_B$ .      E ( )  $T = 8\pi \hbar c^3 / G M k_B$ .

**Questão 5.** Qual dos gráficos abaixo melhor representa a taxa  $P$  de calor emitido por um corpo aquecido, em função de sua temperatura absoluta  $T$ ?

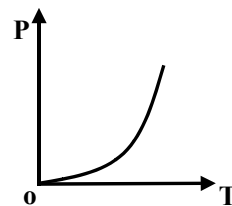
A ( )



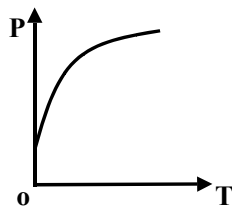
B ( )



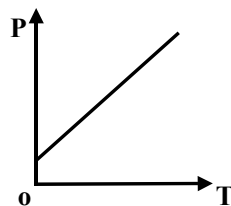
C ( )



D ( )

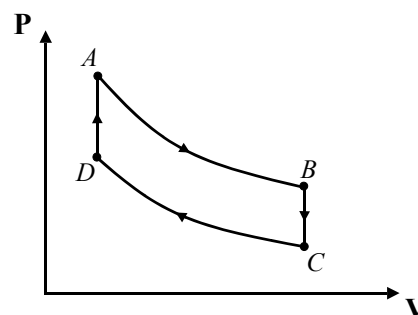


E ( )



**Questão 6.** Uma certa massa de gás ideal realiza o ciclo  $ABCD$  de transformações, como mostrado no diagrama pressão-volume da figura. As curvas  $AB$  e  $CD$  são isotermas. Pode-se afirmar que

- A ( ) o ciclo  $ABCD$  corresponde a um ciclo de Carnot.  
 B ( ) o gás converte trabalho em calor ao realizar o ciclo.  
 C ( ) nas transformações  $AB$  e  $CD$  o gás recebe calor.  
 D ( ) nas transformações  $AB$  e  $BC$  a variação da energia interna do gás é negativa.  
 E ( ) na transformação  $DA$  o gás recebe calor, cujo valor é igual à variação da energia interna.

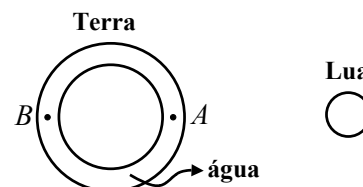


**Questão 7.** Sabe-se que a atração gravitacional da lua sobre a camada de água é a principal responsável pelo aparecimento de marés oceânicas na Terra. A figura mostra a Terra, supostamente esférica, homogeneamente recoberta por uma camada de água. Nessas condições, considere as seguintes afirmativas:

- I. As massas de água próximas das regiões  $A$  e  $B$  experimentam marés altas simultaneamente.  
 II. As massas de água próximas das regiões  $A$  e  $B$  experimentam marés opostas, isto é, quando  $A$  tem maré alta,  $B$  tem maré baixa e vice-versa.  
 III. Durante o intervalo de tempo de um dia ocorrem duas marés altas e duas marés baixas.

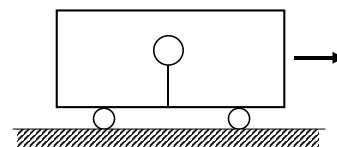
Então, está(ão) **correta(s)**, apenas

- A ( ) a afirmativa I.  
 B ( ) a afirmativa II.  
 C ( ) a afirmativa III.  
 D ( ) as afirmativas I e II.  
 E ( ) as afirmativas I e III.



**Questão 8.** Um balão contendo gás hélio é fixado, por meio de um fio leve, ao piso de um vagão completamente fechado. O fio permanece na vertical enquanto o vagão se movimenta com velocidade constante, como mostra a figura. Se o vagão é acelerado para frente, pode-se afirmar que, em relação a ele, o balão

- A ( ) se movimenta para trás e a tração no fio aumenta.  
 B ( ) se movimenta para trás e a tração no fio não muda.  
 C ( ) se movimenta para frente e a tração no fio aumenta.  
 D ( ) se movimenta para frente e a tração no fio não muda.  
 E ( ) permanece na posição vertical.

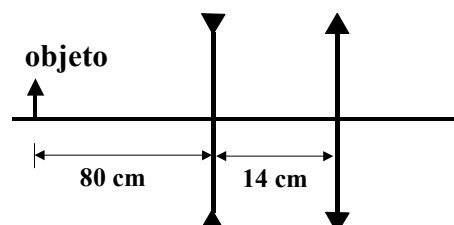


**Questão 9.** Durante uma tempestade, Maria fecha as janelas do seu apartamento e ouve o zumbido do vento lá fora. Subitamente o vidro de uma janela se quebra. Considerando que o vento tenha soprado tangencialmente à janela, o acidente pode ser melhor explicado pelo(a)

- A ( ) princípio de conservação da massa.      B ( ) equação de Bernoulli.      C ( ) princípio de Arquimedes.  
D ( ) princípio de Pascal.      E ( ) princípio de Stevin.

**Questão 10.** A figura mostra um sistema óptico constituído de uma lente divergente, com distância focal  $f_1 = -20$  cm, distante 14 cm de uma lente convergente com distância focal  $f_2 = 20$  cm. Se um objeto linear é posicionado a 80 cm à esquerda da lente divergente, pode-se afirmar que a imagem definitiva formada pelo sistema

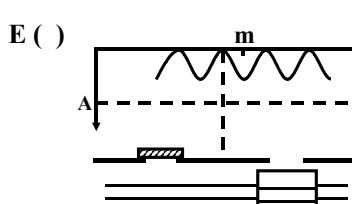
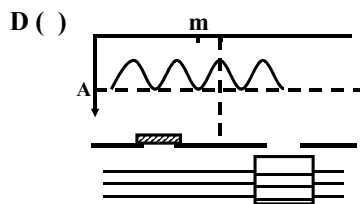
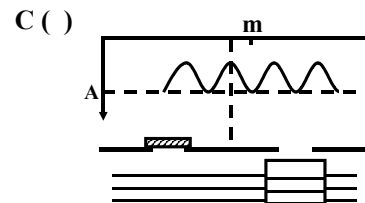
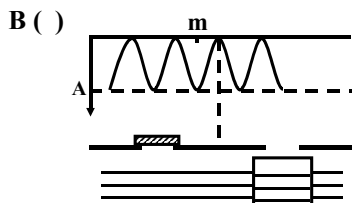
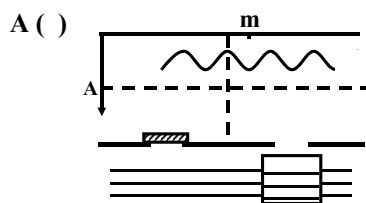
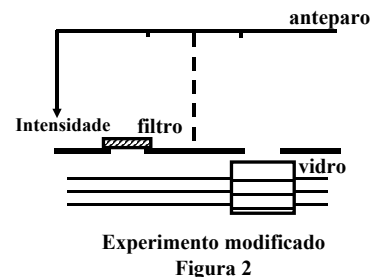
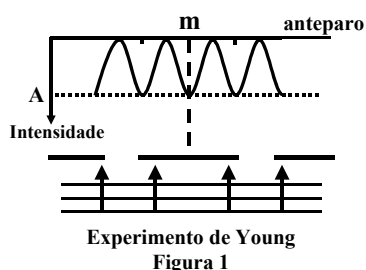
- A ( ) é real e o fator de ampliação linear do sistema é  $-0,4$ .  
B ( ) é virtual, menor e direita em relação ao objeto.  
C ( ) é real, maior e invertida em relação ao objeto.  
D ( ) é real e o fator de ampliação linear do sistema é  $-0,2$ .  
E ( ) é virtual, maior e invertida em relação ao objeto.



**Questão 11.** Num oftalmologista, constata-se que um certo paciente tem uma distância máxima e uma distância mínima de visão distinta de 5,0 m e 8,0 cm, respectivamente. Sua visão deve ser corrigida pelo uso de uma lente que lhe permita ver com clareza objetos no “infinito”. Qual das afirmações é verdadeira?

- A ( ) O paciente é míope e deve usar lentes divergentes cuja vergência é 0,2 dioptrias.  
B ( ) O paciente é míope e deve usar lentes convergentes cuja vergência é 0,2 dioptrias.  
C ( ) O paciente é hipermetrópe e deve usar lentes convergentes cuja vergência é 0,2 dioptrias.  
D ( ) O paciente é hipermetrópe e deve usar lentes divergentes cuja vergência é  $-0,2$  dioptrias.  
E ( ) A lente corretora de defeito visual desloca a distância mínima de visão distinta para 8,1 cm.

**Questão 12.** A figura 1 mostra o Experimento típico de Young, de duas fendas, com luz monocromática, em que **m** indica a posição do máximo central. A seguir, esse experimento é modificado, inserindo uma pequena peça de vidro de faces paralelas em frente à fenda do lado direito, e inserindo um filtro sobre a fenda do lado esquerdo, como mostra a figura 2. Suponha que o único efeito da peça de vidro é alterar a fase da onda emitida pela fenda, e o único efeito do filtro é reduzir a intensidade da luz emitida pela respectiva fenda. Após essas modificações, a nova figura da variação da intensidade luminosa em função da posição das franjas de interferência é melhor representada por



**Questão 13.** Quando em repouso, uma corneta elétrica emite um som de frequência 512 Hz. Numa experiência acústica, um estudante deixa cair a corneta do alto de um edifício. Qual a distância percorrida pela corneta, durante a queda, até o instante em que o estudante detecta o som na frequência de 485 Hz? (Despreze a resistência do ar).

- A ( ) 13,2 m      B ( ) 15,2 m      C ( ) 16,1 m      D ( ) 18,3 m      E ( ) 19,3 m

**Questão 14.** Considere as afirmativas:

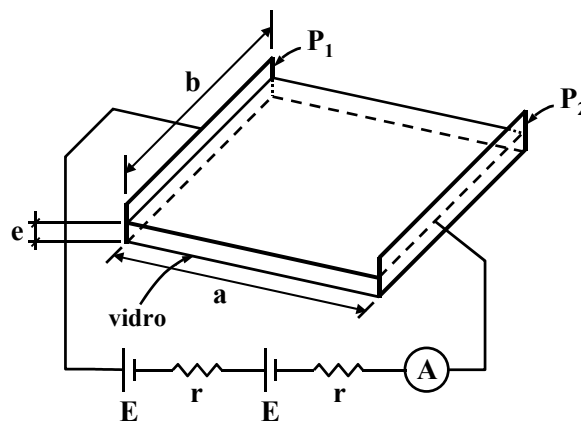
- I. Os fenômenos de interferência, difração e polarização ocorrem com todos os tipos de onda.
- II. Os fenômenos de interferência e difração ocorrem apenas com ondas transversais.
- III. As ondas eletromagnéticas apresentam o fenômeno de polarização, pois são ondas longitudinais.
- IV. Um polarizador transmite os componentes da luz incidente não polarizada, cujo vetor campo elétrico  $\vec{E}$  é perpendicular à direção de transmissão do polarizador.

Então, está(ão) **correta(s)**

- A ( ) nenhuma das afirmativas.  
 B ( ) apenas a afirmativa I.  
 C ( ) apenas a afirmativa II.  
 D ( ) apenas as afirmativas I e II.  
 E ( ) apenas as afirmativas I e IV.

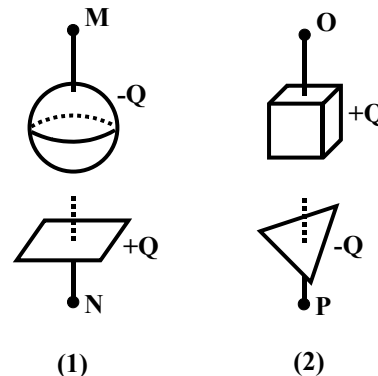
**Questão 15.** No Laboratório de Plasmas Frios do ITA é possível obter filmes metálicos finos, vaporizando o metal e depositando-o por condensação sobre uma placa de vidro. Com o auxílio do dispositivo mostrado na figura, é possível medir a espessura  $e$  de cada filme. Na figura, os dois geradores são idênticos, de f.e.m.  $E = 1,0\text{ V}$  e resistência  $r = 1,0\Omega$ , estando ligados a dois eletrodos retangulares e paralelos,  $P_1$  e  $P_2$ , de largura  $b = 1,0\text{ cm}$  e separados por uma distância  $a = 3,0\text{ cm}$ . Um amperímetro ideal  $A$  é inserido no circuito, como indicado. Supondo que após certo tempo de deposição é formada sobre o vidro uma camada uniforme de alumínio entre os eletrodos, e que o amperímetro acusa uma corrente  $i = 0,10\text{ A}$ , qual deve ser a espessura  $e$  do filme? (resistividade do alumínio  $\rho = 2,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ).

- A ( )  $4,1 \times 10^{-9} \text{ cm}$   
 B ( )  $4,1 \times 10^{-9} \text{ m}$   
 C ( )  $4,3 \times 10^{-9} \text{ m}$   
 D ( )  $9,7 \times 10^{-9} \text{ m}$   
 E ( ) n.d.a.

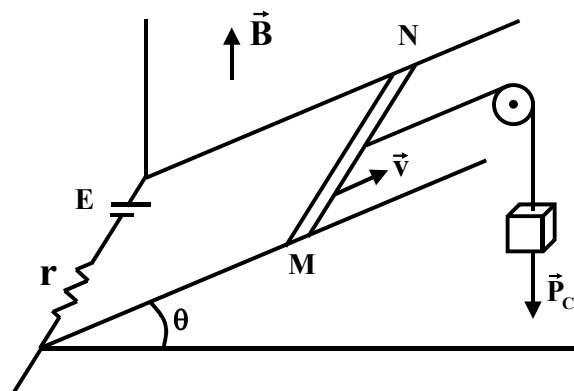


**Questão 16.** A figura mostra dois capacitores, 1 e 2, inicialmente isolados um do outro, carregados com uma mesma carga  $Q$ . A diferença de potencial (ddp) do capacitor 2 é a metade da ddp do capacitor 1. Em seguida, as placas negativas dos capacitores são ligadas à Terra e, as positivas, ligadas uma a outra por um fio metálico, longo e fino. Pode-se afirmar que

- A ( ) antes das ligações, a capacitância do capacitor 1 é maior do que a do capacitor 2.  
 B ( ) após as ligações, as capacitâncias dos dois capacitores aumentam.  
 C ( ) após as ligações, o potencial final em N é maior do que o potencial em O.  
 D ( ) a ddp do arranjo final entre O e P é igual a 2/3 da ddp inicial do capacitor 1.  
 E ( ) a capacitância equivalente do arranjo final é igual a duas vezes à capacitância do capacitor 1.

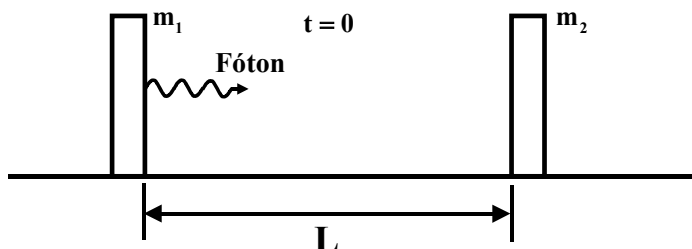


**Questão 17.** Na figura, uma barra condutora MN (de comprimento  $\ell$ , resistência desprezível e peso  $\vec{P}_b$ ) puxada por um peso  $\vec{P}_c$ , desloca-se com velocidade constante  $\vec{v}$ , apoiada em dois trilhos condutores retos, paralelos e de resistência desprezível, que formam um ângulo  $\theta$  com o plano horizontal. Nas extremidades dos trilhos está ligado um gerador de força eletromotriz  $E$  com resistência  $r$ . Desprezando possíveis atritos, e considerando que o sistema está imerso em um campo de indução magnética constante, vertical e uniforme  $\vec{B}$ , pode-se afirmar que



- A ( ) o módulo da força eletromotriz induzida é  $\varepsilon = B \ell v \sin \theta$ .
- B ( ) a intensidade  $i$  da corrente no circuito é dada por  $P_c \sin \theta / (B \ell)$ .
- C ( ) nas condições dadas, o condutor descola dos trilhos quando  $i \geq P_b / (B \ell \tan \theta)$ .
- D ( ) a força eletromotriz do gerador é dada por  $E = r P_c \sin \theta / (B \ell) - B \ell v \cos \theta$ .
- E ( ) o sentido da corrente na barra é de M para N.

**Questão 18.** Experimentos de absorção de radiação mostram que a relação entre a energia  $E$  e a quantidade de movimento  $p$  de um fóton é  $E = pc$ . Considere um sistema isolado formado por dois blocos de massas  $m_1$  e  $m_2$ , respectivamente, colocados no vácuo, e separados entre si de uma distância  $L$ . No instante  $t = 0$ , o bloco de massa  $m_1$  emite um fóton que é posteriormente absorvido inteiramente por  $m_2$ , não havendo qualquer outro tipo de interação entre os blocos. (Ver figura). Suponha que  $m_1$  se torne  $m_1'$  em razão da emissão do fóton e, analogamente,  $m_2$  se torne  $m_2'$  devido à absorção desse fóton. Lembrando que esta questão também pode ser resolvida com recursos da Mecânica Clássica, assinale a opção que apresenta a relação correta entre a energia do fóton e as massas dos blocos.



- A ( )  $E = (m_2 - m_1)c^2$ .
- B ( )  $E = (m_1' - m_2')c^2$ .
- C ( )  $E = (m_2' - m_2)c^2/2$ .
- D ( )  $E = (m_2' - m_2)c^2$ .
- E ( )  $E = (m_1 + m_1')c^2$ .

**Questão 19.** Considere as seguintes afirmações:

- I. No efeito fotoelétrico, quando um metal é iluminado por um feixe de luz monocromática, a quantidade de elétrons emitidos pelo metal é diretamente proporcional à intensidade do feixe incidente, independentemente da frequência da luz.
- II. As órbitas permitidas ao elétron em um átomo são aquelas em que o momento angular orbital é  $n\hbar/2\pi$ , sendo  $n = 1, 3, 5, \dots$
- III. Os aspectos corpuscular e ondulatório são necessários para a descrição completa de um sistema quântico.
- IV. A natureza complementar do mundo quântico é expressa, no formalismo da Mecânica Quântica, pelo princípio de incerteza de Heisenberg.

Quais estão corretas?

- A ( ) I e II.
- B ( ) I e III.
- C ( ) I e IV.
- D ( ) II e III.
- E ( ) III e IV.

**Questão 20.** Utilizando o modelo de Bohr para o átomo, calcule o número aproximado de revoluções efetuadas por um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio, se o tempo de vida do elétron, nesse estado excitado, é de  $10^{-8}$  s. São dados: o raio da órbita do estado fundamental é de  $5,3 \times 10^{-11}$  m e a velocidade do elétron nesta órbita é de  $2,2 \times 10^6$  m/s.

A ( )  $1 \times 10^6$  revoluções.

B ( )  $4 \times 10^7$  revoluções.

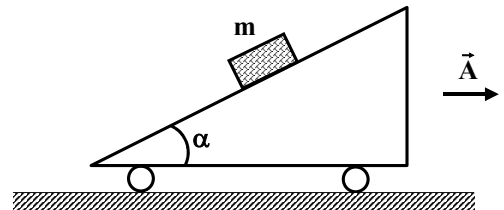
C ( )  $5 \times 10^7$  revoluções.

D ( )  $8 \times 10^6$  revoluções.

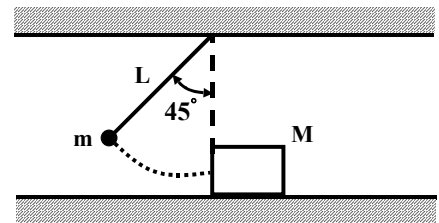
E ( )  $9 \times 10^6$  revoluções.

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

**Questão 21.** Na figura, o carrinho com rampa movimenta-se com uma aceleração constante  $\vec{A}$ . Sobre a rampa repousa um bloco de massa  $m$ . Se  $\mu$  é o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a rampa, determine o intervalo para o módulo de  $\vec{A}$ , no qual o bloco permanecerá em repouso sobre a rampa.



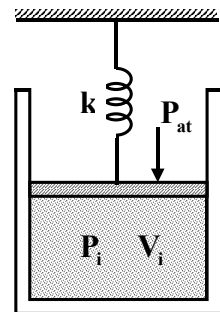
**Questão 22.** Quando solto na posição angular de  $45^\circ$  (mostrada na figura), um pêndulo simples de massa  $m$  e comprimento  $L$  colide com um bloco de massa  $M$ . Após a colisão, o bloco desliza sobre uma superfície rugosa, cujo coeficiente de atrito dinâmico é igual a 0,3. Considere que após a colisão, ao retornar, o pêndulo alcança uma posição angular máxima de  $30^\circ$ . Determine a distância percorrida pelo bloco em função de  $m$ ,  $M$  e  $L$ .



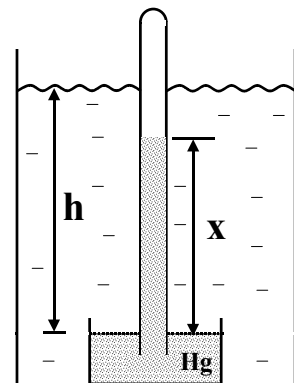
**Questão 23.** Calcule a variação de entropia quando, num processo à pressão constante de 1,0 atm, se transforma integralmente em vapor 3,0 kg de água que se encontra inicialmente no estado líquido, à temperatura de  $100^\circ\text{C}$ .

Dado: calor de vaporização da água:  $L_v = 5,4 \times 10^5 \text{ cal/kg}$ .

**Questão 24.** A figura mostra um recipiente, com êmbolo, contendo um volume inicial  $V_i$  de gás ideal, inicialmente sob uma pressão  $P_i$  igual à pressão atmosférica,  $P_{at}$ . Uma mola não deformada é fixada no êmbolo e num anteparo fixo. Em seguida, de algum modo é fornecida ao gás uma certa quantidade de calor  $Q$ . Sabendo que a energia interna do gás é  $U = (3/2)PV$ , a constante da mola é  $k$  e a área da seção transversal do recipiente é  $A$ , determine a variação do comprimento da mola em função dos parâmetros intervenientes. Despreze os atritos e considere o êmbolo sem massa, bem como sendo adiabáticas as paredes que confinam o gás.



**Questão 25.** Num barômetro elementar de Torricelli, a coluna de mercúrio possui uma altura  $H$ , que se altera para  $X$  quando este barômetro é mergulhado num líquido de densidade  $D$ , cujo nível se eleva a uma altura  $h$ , como mostra a figura. Sendo  $d$  a densidade do mercúrio, determine em função de  $H$ ,  $D$  e  $d$  a altura do líquido, no caso de esta coincidir com a altura  $X$  da coluna de mercúrio.

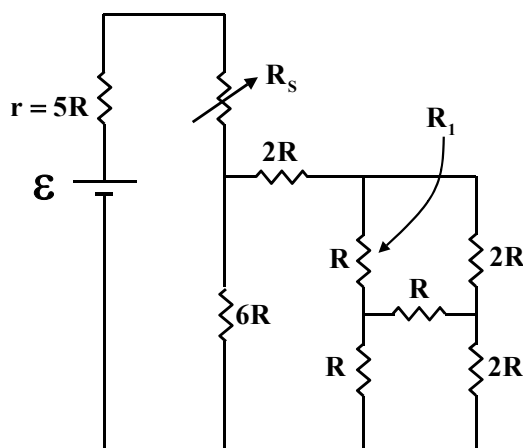


**Questão 26.** Uma onda acústica plana de 6,0 kHz, propagando-se no ar a uma velocidade de 340 m/s, atinge uma película plana com um ângulo de incidência de  $60^\circ$ . Suponha que a película separa o ar de uma região que contém o gás  $CO_2$ , no qual a velocidade de propagação do som é de 280 m/s. Calcule o valor aproximado do ângulo de refração e indique o valor da frequência do som no  $CO_2$ .

**Questão 27.** Uma flauta doce, de 33 cm de comprimento, à temperatura ambiente de  $0^\circ C$ , emite sua nota mais grave numa frequência de 251 Hz. Verifica-se experimentalmente que a velocidade do som no ar aumenta de 0,60 m/s para cada  $1^\circ C$  de elevação da temperatura. Calcule qual deveria ser o comprimento da flauta a  $30^\circ C$  para que ela emitisse a mesma frequência de 251 Hz.

**Questão 28.** Em sua aventura pela Amazônia, João porta um rádio para comunicar-se. Em caso de necessidade, pretende utilizar células solares de silício, capazes de converter a energia solar em energia elétrica, com eficiência de 10 %. Considere que cada célula tenha  $10\text{ cm}^2$  de área coletora, sendo capaz de gerar uma tensão de 0,70 V, e que o fluxo de energia solar médio incidente é da ordem de  $1,0 \times 10^3\text{ W/m}^2$ . Projete um circuito que deverá ser montado com as células solares para obter uma tensão de 2,8 V e corrente mínima de 0,35 A, necessárias para operar o rádio.

**Questão 29.** Um gerador de força eletromotriz  $\mathcal{E}$  e resistência interna  $r = 5R$  está ligado a um circuito conforme mostra a figura. O elemento  $R_s$  é um reostato, com resistência ajustada para que o gerador transfira máxima potência. Em um dado momento o resistor  $R_1$  é rompido, devendo a resistência do reostato ser novamente ajustada para que o gerador continue transferindo máxima potência. Determine a variação da resistência do reostato, em termos de  $R$ .



**Questão 30.** Situado num plano horizontal, um disco gira com velocidade angular  $\omega$  constante, em torno de um eixo que passa pelo seu centro  $O$ . O disco encontra-se imerso numa região do espaço onde existe um campo magnético constante  $\vec{B}$ , orientado para cima, paralelamente ao eixo vertical de rotação. A figura mostra um capacitor preso ao disco (com placas metálicas planas, paralelas, separadas entre si de uma distância  $L$ ) onde, na posição indicada, se encontra uma partícula de massa  $m$  e carga  $q > 0$ , em repouso em relação ao disco, a uma distância  $R$  do centro. Determine a diferença de potencial elétrico entre as placas do capacitor, em função dos parâmetros intervenientes.

