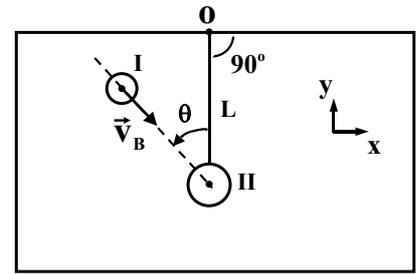


Caso necessário, use os seguintes dados:

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

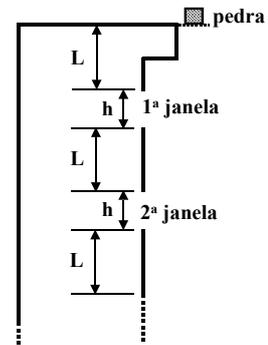
Questão 1. Sobre um plano liso e horizontal repousa um sistema constituído de duas partículas, **I** e **II**, de massas **M** e **m**, respectivamente. A partícula **II** é conectada a uma articulação **O** sobre o plano por meio de uma haste que inicialmente é disposta na posição indicada na figura. 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 θ com a haste. Desprezando qualquer tipo de resistência ou atrito, pode-se afirmar que, imediatamente após a colisão (elástica) das partículas,



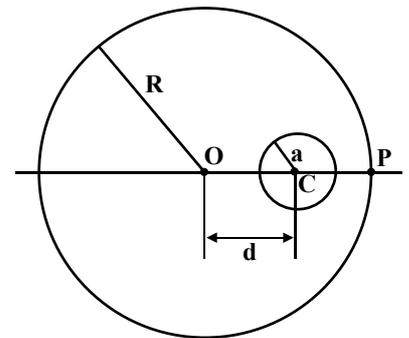
- A () a partícula **II** se movimenta na direção definida pelo vetor \vec{V}_B .
 B () o componente **y** do momento linear do sistema é conservado.
 C () o componente **x** do momento linear do sistema é conservado.
 D () a energia cinética do sistema é diferente do seu valor inicial.
 E () n.d.a.

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



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 ρ , 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



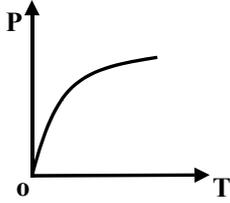
- A () $a^3 / [(R-a)^2 R]$. B () $(a/R)^3$. C () $(a/R)^2$. D () a/R . E () nulo.

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.

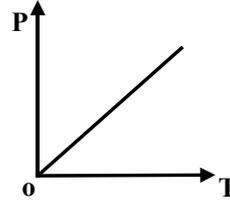
- A () $T = \hbar c^3 / G M k_B$. B () $T = 8\pi M c^2 / k_B$. C () $T = M c^2 / 8\pi k_B$.
 D () $T = \hbar c^3 / 8\pi G M k_B$. E () $T = 8\pi \hbar c^3 / G M k_B$.

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 ?

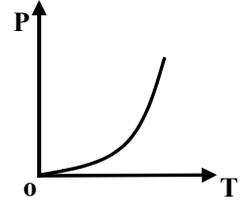
A ()



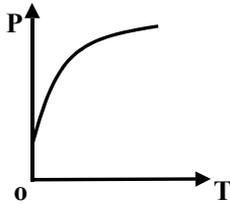
B ()



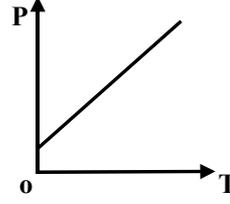
C ()



D ()

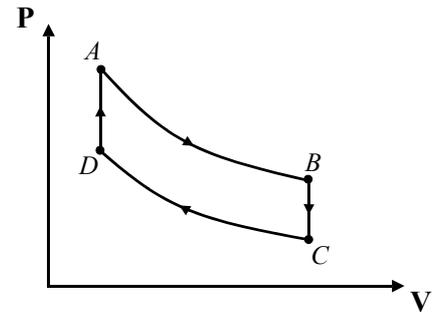


E ()



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.

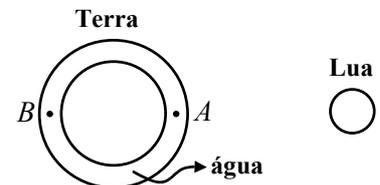


Questão 7. Sabe-se que a atração gravitacional da lua sobre a camada de água é a principal responsável pelo aparecimento de marés oceânicas na Terra. A figura mostra a Terra, supostamente esférica, homoganeamente recoberta por uma camada de água. Nessas condições, considere as seguintes afirmativas:

- 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.

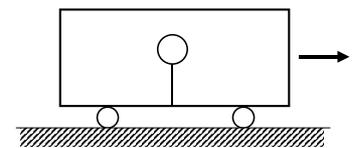
Então, está(ão) **correta(s)**, apenas

- 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.

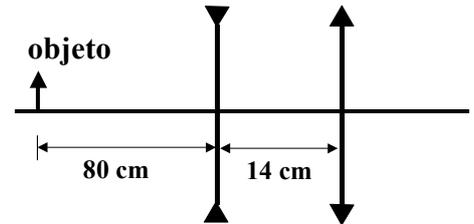


Questão 9. Durante uma tempestade, Maria fecha as janelas do seu apartamento e ouve o zumbido do vento lá fora. Subitamente o vidro de uma janela se quebra. Considerando que o vento tenha soprado tangencialmente à janela, o acidente pode ser melhor explicado pelo(a)

- 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

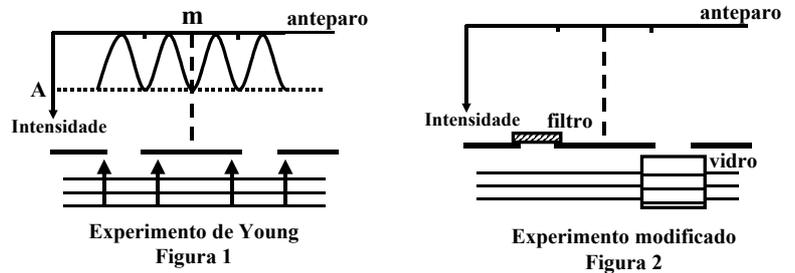
- A () é real e o fator de ampliação linear do sistema é $-0,4$.
 B () é virtual, menor e direita em relação ao objeto.
 C () é real, maior e invertida em relação ao objeto.
 D () é real e o fator de ampliação linear do sistema é $-0,2$.
 E () é virtual, maior e invertida em relação ao objeto.



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



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

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:

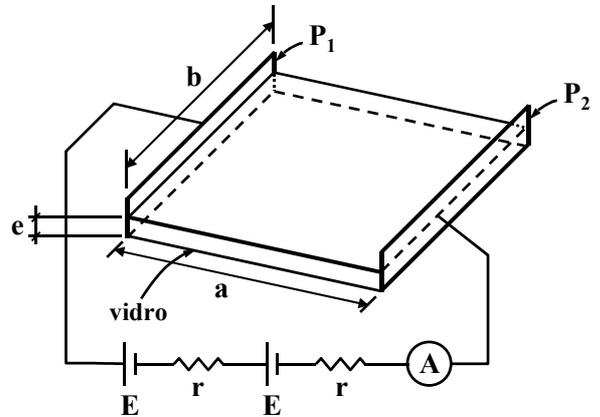
- I. Os fenômenos de interferência, difração e polarização ocorrem com todos os tipos de onda.
 II. Os fenômenos de interferência e difração ocorrem apenas com ondas transversais.
 III. As ondas eletromagnéticas apresentam o fenômeno de polarização, pois são ondas longitudinais.
 IV. Um polarizador transmite 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.

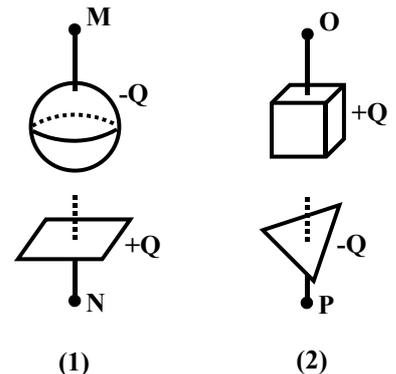
Questão 15. No Laboratório de Plasmas Frios do ITA é possível obter filmes metálicos finos, vaporizando o metal e depositando-o por condensação sobre uma placa de vidro. Com o auxílio do dispositivo mostrado na figura, é possível medir a espessura e de cada filme. Na figura, os dois geradores são idênticos, 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.

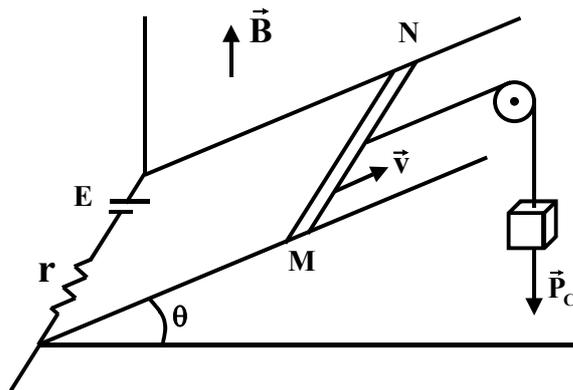


Questão 16. A figura mostra dois capacitores, 1 e 2, inicialmente isolados um do outro, carregados com uma mesma carga Q . A diferença de potencial (ddp) do capacitor 2 é a metade da ddp do capacitor 1. Em seguida, as placas negativas dos capacitores são ligadas à Terra e, as positivas, ligadas uma a 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.

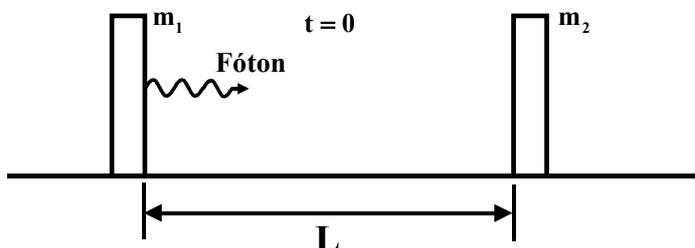


Questão 17. Na figura, uma barra condutora MN (de comprimento ℓ , resistência desprezível e peso \vec{P}_b) puxada por um peso \vec{P}_c , desloca-se com velocidade constante \vec{v} , apoiada em dois trilhos condutores retos, paralelos e de resistência desprezível, que formam um ângulo θ com o plano 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 $nh/2\pi$, 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 () 1×10^6 revoluções.

B () 4×10^7 revoluções.

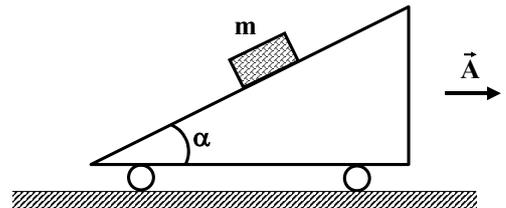
C () 5×10^7 revoluções.

D () 8×10^6 revoluções.

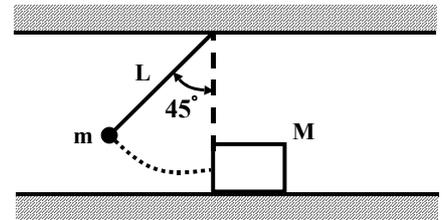
E () 9×10^6 revoluções.

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 μ 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.



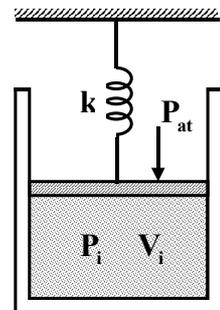
Questão 22. Quando solto na posição angular de 45° (mostrada na figura), um pêndulo simples de massa m e comprimento L colide com um bloco de massa M . Após a colisão, o bloco desliza sobre uma superfície rugosa, cujo coeficiente de atrito dinâmico é igual a 0,3. Considere que após a colisão, ao retornar,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



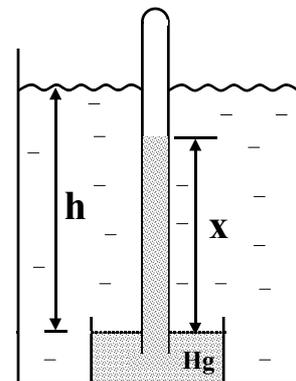
Questão 23. Calcule a variação de entropia quando, num processo à pressão constante de 1,0 atm, se transforma integralmente em vapor 3,0 kg de água que se encontra inicialmente no estado líquido, à temperatura de 100°C .

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.

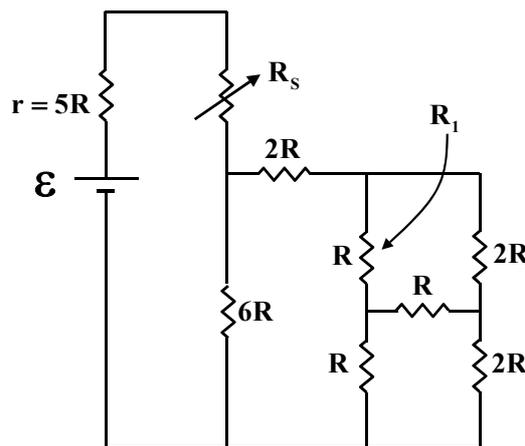


Questão 26. Uma onda acústica plana de 6,0 kHz, propagando-se no ar a uma velocidade de 340 m/s, atinge uma película plana com um ângulo de incidência de 60° . Suponha que a película separa o ar de uma região que contém o gás CO_2 , no qual a velocidade de propagação do som é de 280 m/s. Calcule o valor 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 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 ω 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.

