
Quando precisar use os seguintes valores para constantes: Aceleração da gravidade: 10 m/s^2 . Calor específico da água: $1,0 \text{ cal/g.K}$. Conversão de unidade: $1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$. Massa específica da água: 1 g/cm^3 . Massa da Terra: $6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$. Raio da Terra: $6,4 \times 10^6 \text{ m}$. Constante de Boltzman: $k_B = 1,4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$. Constante dos gases: $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$. Massa atômica de alguns elementos químicos: $M_C = 12 \text{ u}$, $M_O = 16 \text{ u}$, $M_N = 14 \text{ u}$, $M_{Ar} = 40 \text{ u}$, $M_{Ne} = 20 \text{ u}$, $M_{He} = 4 \text{ u}$. Velocidade do som no ar: 340 m/s . Massa específica do mercúrio: $13,6 \text{ g/cm}^3$. Permeabilidade magnética do vácuo: $4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$. Constante de Gravitação universal $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg.s}^2$.

Questão 1. Ondas gravitacionais foram previstas por Einstein em 1916 e diretamente detectadas pela primeira vez em 2015. Sob determinadas condições, um sistema girando com velocidade angular w irradia tais ondas com potência proporcional a $Gc^\beta Q^\gamma w^\delta$, em que G é a constante de gravitação universal; c , a velocidade da luz e Q , uma grandeza que tem unidade em kg.m^2 . Assinale a opção correta.

A () $\beta = -5$, $\gamma = 2$, e $\delta = 6$

D () $\beta = 0$, $\gamma = 1$, e $\delta = 3$

B () $\beta = -3/5$, $\gamma = 4/3$, e $\delta = 4$

E () $\beta = -10$, $\gamma = 3$, e $\delta = 9$

C () $\beta = -10/3$, $\gamma = 5/3$, e $\delta = 5$

Questão 2. Um bastão rígido e uniforme, de comprimento L , toca os pinos P e Q fixados numa parede vertical, interdistantes de a , conforme a figura. O coeficiente de atrito entre cada pino e o bastão é μ , e o ângulo deste com a horizontal é α . Assinale a condição em que se torna possível o equilíbrio estático do bastão.

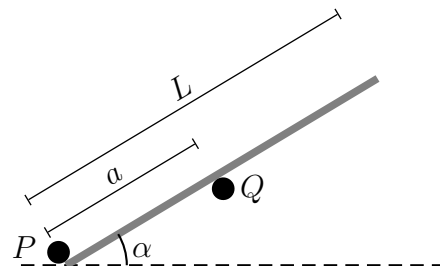
A () $L \geq a(1 + \tan \alpha/\mu)$

B () $L \geq a(-1 + \tan \alpha/\mu)$

C () $L \geq a(1 + \tan \alpha/2\mu)$

D () $L \geq a(-1 + \tan \alpha/2\mu)$

E () $L \geq a(1 + \tan \alpha/\mu)/2$



Questão 3. Na figura, o vagão move-se a partir do repouso sob a ação de uma aceleração a constante. Em decorrência, desliza para trás o pequeno bloco apoiado em seu piso de coeficiente de atrito μ . No instante em que o bloco percorrer a distância L , a velocidade do bloco, em relação a um referencial externo, será igual a

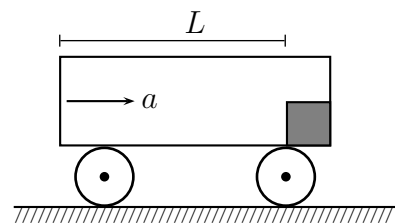
A () $g\sqrt{L}/\sqrt{a - \mu g}$

B () $g\sqrt{L}/\sqrt{a + \mu g}$

C () $\mu g\sqrt{L}/\sqrt{a - \mu g}$

D () $\mu g\sqrt{2L}/\sqrt{a - \mu g}$

E () $\mu g\sqrt{2L}/\sqrt{a + \mu g}$



Questão 4. Carregada com um potencial de 100 V , flutua no ar uma bolha de sabão condutora de eletricidade, de 10 cm de raio e $3,3 \times 10^{-6} \text{ cm}$ de espessura. Sendo a capacitância de uma esfera condutora no ar proporcional ao seu raio, assinale o potencial elétrico da gota esférica formada após a bolha estourar.

A () 6 kV

B () 7 kV

C () 8 kV

D () 9 kV

E () 10 kV

Questão 5. Considere um automóvel com tração dianteira movendo-se aceleradamente para a frente. As rodas dianteiras e traseiras sofrem forças de atrito respectivamente para:

A () frente e frente.

C () trás e frente.

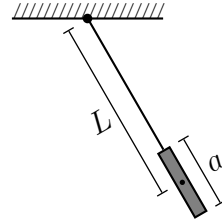
E () frente e não sofrem atrito.

B () frente e trás.

D () trás e trás.

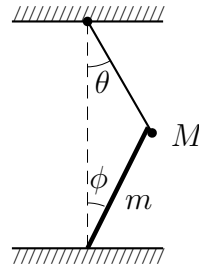
Questão 6. Na figura, um tubo fino e muito leve, de área de seção reta S e comprimento a , encontra-se inicialmente cheio de água de massa M e massa específica ρ . Graças a uma haste fina e de peso desprezível, o conjunto forma um pêndulo simples de comprimento L medido entre o ponto de suspensão da haste e o centro de massa inicial da água. Posto a oscilar, no instante inicial começa a pingar água pela base do tubo a uma taxa constante $r = -\Delta M/\Delta t$. Assinale a expressão da variação temporal do período do pêndulo.

- A () $2\pi\sqrt{L}/\sqrt{g}$
 B () $2\pi\sqrt{\rho LS - rt}/\sqrt{\rho Sg}$
 C () $2\pi\sqrt{\rho LS + rt}/\sqrt{\rho Sg}$
 D () $2\pi\sqrt{2\rho LS - rt}/\sqrt{2\rho Sg}$
 E () $2\pi\sqrt{2\rho LS + rt}/\sqrt{2\rho Sg}$



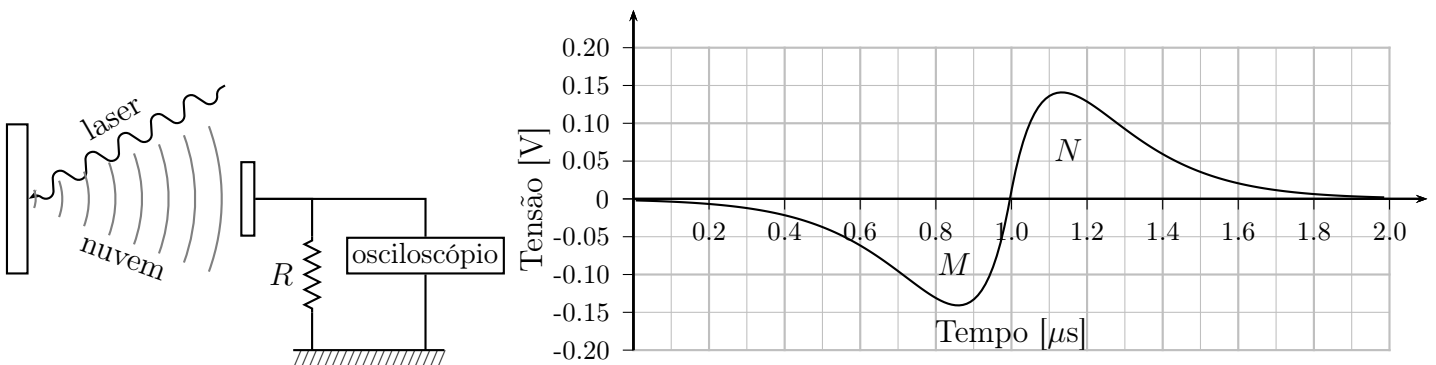
Questão 7. Na figura, a extremidade de uma haste delgada livre, de massa m uniformemente distribuída, apoia-se sem atrito sobre a massa M do pêndulo simples. Considerando o atrito entre a haste e o piso, assinale a razão M/m para que o conjunto permaneça em equilíbrio estático.

- A () $\tan \phi/2 \tan \theta$
 B () $(1 - \tan \phi)/4 \text{sen} \theta \cos \phi$
 C () $(\text{sen} 2\phi \cot \theta - 2 \text{sen}^2 \theta)/4$
 D () $(\text{sen} \phi \cot \theta - 2 \text{sen}^2 2\theta)/4$
 E () $(\text{sen} 2\phi \cot \theta - \text{sen}^2 \theta)/4$



Questão 8. Em um experimento no vácuo, um pulso intenso de laser incide na superfície de um alvo sólido, gerando uma nuvem de cargas positivas, elétrons e átomos neutros. Uma placa metálica, ligada ao terra por um resistor R de 50Ω , é colocada a 10 cm do alvo e intercepta parte da nuvem, sendo observado no osciloscópio o gráfico da variação temporal da tensão sobre o resistor. Considere as seguintes afirmativas:

- I. A área indicada por M no gráfico é proporcional à carga coletada de elétrons, e a indicada por N é proporcional à de cargas positivas coletadas.
 II. A carga total de elétrons coletados que atinge a placa é aproximadamente do mesmo valor (em módulo) que a carga total de cargas positivas coletadas, e mede aproximadamente 1 nC.
 III. Em qualquer instante a densidade de cargas positivas que atinge a placa é igual à de elétrons.



Esta(ão) correta(as) apenas

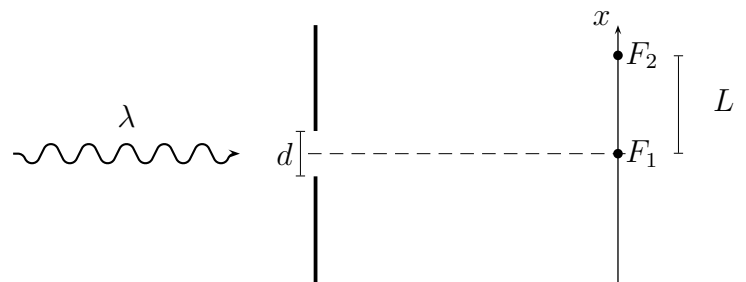
- A () I.
 B () II.
 C () III.
 D () I e II.
 E () II e III.

Questão 9. Uma placa é feita de um metal cuja função trabalho W é menor que $h\nu$, sendo ν uma frequência no intervalo do espectro eletromagnético visível e h a constante de Planck. Deixada exposta, a placa interage com a radiação eletromagnética proveniente do Sol absorvendo uma potência P . Sobre a ejeção de elétrons da placa metálica nesta situação é correto afirmar que os elétrons

- A () não são ejetados instantaneamente, já que precisam de um tempo mínimo para acúmulo de energia.
 B () podem ser ejetados instantaneamente com uma mesma energia cinética para qualquer elétron.
 C () não podem ser ejetados pois a placa metálica apenas reflete toda a radiação.
 D () podem ser ejetados instantaneamente, com energia que depende da frequência da radiação absorvida e da energia do elétron no metal.
 E () não podem ser ejetados instantaneamente e a energia cinética após a ejeção depende da frequência da radiação absorvida e da energia do elétron no metal.

Questão 10. A figura mostra dois anteparos opacos à radiação, sendo um com fenda de tamanho variável d , com centro na posição $x = 0$, e o outro com dois fotodetectores de intensidade da radiação, tal que F_1 se situa em $x = 0$ e F_2 , em $x = L > 4d$. No sistema incide radiação eletromagnética de comprimento de onda λ constante. Num primeiro experimento, a relação entre d e λ é tal que $d \gg \lambda$, e são feitas as seguintes afirmativas: **I.** Só F_1 detecta radiação. **II.** F_1 e F_2 detectam radiação. **III.** F_1 não detecta e F_2 detecta radiação. Num segundo experimento, d é reduzido até à ordem do comprimento de λ e, neste caso, são feitas estas afirmativas: **IV.** F_2 detecta radiação de menor intensidade que a detectada em F_1 . **V.** Só F_1 detecta radiação. **VI.** Só F_2 detecta radiação. Assinale as afirmativas possíveis para a detecção da radiação em ambos os experimentos.

- A () I, II e IV
 B () I, IV e V
 C () II, IV e V
 D () III, V e VI
 E () I, IV e VI



Questão 11. Um sistema é constituído por uma sequência vertical de N molas ideais interligadas, de mesmo comprimento natural ℓ e constante elástica k , cada qual acoplada a uma partícula de massa m . Sendo o sistema suspenso a partir da mola 1 e estando em equilíbrio estático, pode-se afirmar que o comprimento da

- A () mola 1 é igual a $\ell + (N - 1)mg/k$.
 B () mola 2 é igual a $\ell + Nmg/k$.
 C () mola 3 é igual a $\ell + (N - 2)mg/k$.
 D () mola $N - 1$ é igual a $\ell + mg/k$.
 E () mola N é igual a ℓ .

Questão 12. Elétrons com energia cinética inicial de 2 MeV são injetados em um dispositivo (bétatron) que os acelera em uma trajetória circular perpendicular a um campo magnético cujo fluxo varia a uma taxa de 1 000 Wb/s. Assinale a energia cinética final alcançada pelos elétrons após 500 000 revoluções.

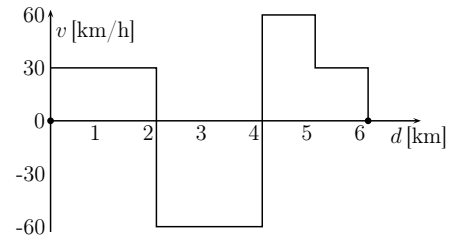
- A () 498 MeV
 B () 500 MeV
 C () 502 MeV
 D () 504 MeV
 E () 506 MeV

Questão 13. Uma carga q de massa m é solta do repouso num campo gravitacional g onde também atua um campo de indução magnética uniforme de intensidade B na horizontal. Assinale a opção que fornece a altura percorrida pela massa desde o repouso até o ponto mais baixo de sua trajetória, onde ela fica sujeita a uma aceleração igual e oposta à que tinha no início.

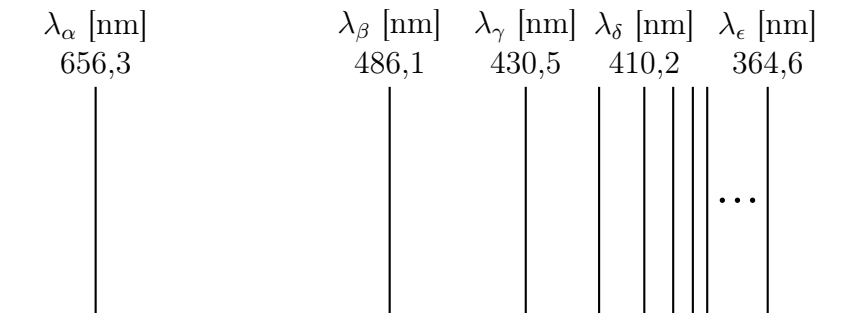
- A () $g(m/qB)^2$ C () $2g(m/qB)^2$ E () $g(m/qB)^2/2$
 B () $g(qB/m)^2$ D () $2g(qB/m)^2$

Questão 14. Um automóvel percorre um trecho retilíneo de uma rodovia. A figura mostra a velocidade do carro em função da distância percorrida, em km, indicada no odômetro. Sabendo que a velocidade escalar média no percurso é de 36 km/h, assinale respectivamente o tempo total dispendido e a distância entre os pontos inicial e final do percurso.

- A () 9 min e 2 km.
 B () 10 min e 2 km.
 C () 15 min e 2 km.
 D () 15 min e 3 km.
 E () 20 min e 2 km.



Questão 15. Num experimento que mede o espectro de emissão do átomo de hidrogênio, a radiação eletromagnética emitida pelo gás hidrogênio é colimada por uma fenda, passando a seguir por uma rede de difração. O espectro obtido é registrado em chapa fotográfica, cuja parte visível é mostrada na figura.



Pode-se afirmar que

- A () O modelo de Bohr explica satisfatoriamente as linhas do espectro visível do átomo de Hidrogênio.
 B () Da esquerda para a direita as linhas correspondem a comprimentos de onda do violeta ao vermelho.
 C () O espaçamento entre as linhas adjacentes decresce para um limite próximo ao infravermelho.
 D () As linhas do espectro encontrado são explicadas pelo modelo de Rutherford.
 E () Balmer obteve em 1885 a fórmula empírica para o comprimento de onda: $\lambda = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, em que $n = 3, 4 \dots$ e R é a constante de Rydberg.

Questão 16. Com os motores desligados, uma nave executa uma trajetória circular com período de 5 400 s próxima à superfície do planeta em que orbita. Assinale a massa específica média desse planeta.

- A () 1,0 g/cm³
 B () 1,8 g/cm³
 C () 2,4 g/cm³
 D () 4,8 g/cm³
 E () 20,0 g/cm³

Questão 17. Um emissor E_1 de ondas sonoras situa-se na origem de um sistema de coordenadas e um emissor E_2 , num ponto do seu eixo y , emitindo ambos o mesmo sinal de áudio senoidal de comprimento de onda λ , na frequência de 34 kHz. Mediante um receptor R situado num ponto do eixo x a 40 cm de E_1 , observa-se a interferência construtiva resultante da superposição das ondas produzidas por E_1 e E_2 . É igual a λ a diferença entre as respectivas distâncias de E_2 e E_1 até R . Variando a posição de E_2 ao longo de y , essa diferença chega a 10λ . As distâncias (em centímetros) entre E_1 e E_2 nos dois casos são

A () 9 e 30.

C () 12,8 e 26,4.

E () 12,8 e 128

B () 1 e 10.

D () 39 e 30.

Questão 18. Uma transformação cíclica XYZX de um gás ideal indicada no gráfico $P \times V$ opera entre dois extremos de temperatura, em que YZ é um processo de expansão adiabática reversível. Considere $R = 2,0 \text{ cal/mol.K} = 0,082 \text{ atm.l/mol.K}$, $P_Y = 20 \text{ atm}$, $V_Z = 4,0 \text{ l}$, $V_Y = 2,0 \text{ l}$ e a razão entre as capacidades térmicas molar, a pressão e a volume constante, dada por $C_P/C_V = 2,0$. Assinale a razão entre o rendimento deste ciclo e o de uma máquina térmica ideal operando entre os mesmos extremos de temperatura.

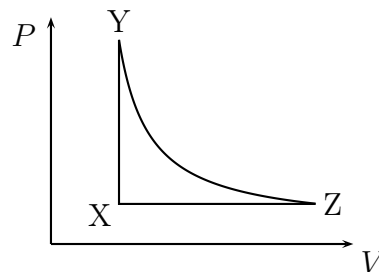
A () 0,38

B () 0,44

C () 0,55

D () 0,75

E () 2,25



Questão 19. Uma onda harmônica propaga-se para a direita com velocidade constante em uma corda de densidade linear $\mu = 0,4 \text{ g/cm}$. A figura mostra duas fotos da corda, uma num instante $t = 0 \text{ s}$ e a outra no instante $t = 0,5 \text{ s}$. Considere as seguintes afirmativas:

I. A velocidade mínima do ponto P da corda é de 3 m/s.

II. O ponto P realiza um movimento oscilatório com período de 0,4 s.

III. A corda está submetida a uma tensão de 0,36 N.

Assinale a(s) afirmativa(s) possível(possíveis) para o movimento da onda na corda

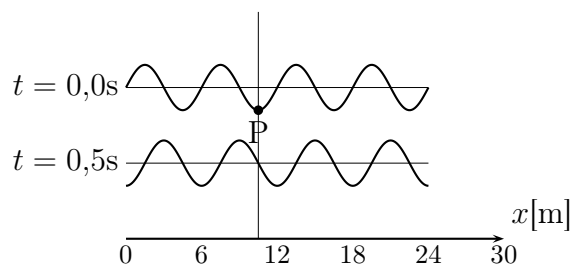
A () I.

B () II.

C () III.

D () I e II.

E () II e III.



Questão 20. Água de um reservatório é usada para girar um moinho de raio R com velocidade angular w constante graças ao jato que flui do orifício de área S situado a uma profundidade h do seu nível. Com o jato incidindo perpendicularmente em cada pá, com choque totalmente inelástico, calcule o torque das forças de atrito no eixo do moinho, sendo ρ e g , respectivamente, a massa específica da água e a aceleração da gravidade.

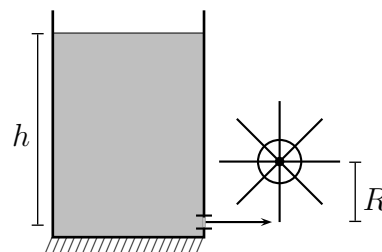
A () $2\rho ghRS$

B () $\rho R^2 Sw\sqrt{2gh}$

C () $2\rho ghRS(1 - \sqrt{2gh}/wR)$

D () $2\rho ghRS(1 - wR/\sqrt{2gh})$

E () $\rho R^2 Sw\sqrt{2gh}(1 - wR/\sqrt{2gh})$



As Questões de 21 a 30 devem ser resolvidas no caderno de soluções

Questão 21. Em queda livre a partir do repouso, um imã atravessa longitudinalmente o interior de um tubo de plástico, sem tocar-lhe as paredes, durante um intervalo de tempo Δt . Caso este tubo fosse de metal, o tempo para essa travessia seria maior, igual ou menor que Δt ? Justifique sua resposta.

Questão 22. Suponha que a atmosfera de Vênus seja composta dos gases CO_2 , N_2 , Ar, Ne e He, em equilíbrio térmico a uma temperatura $T = 735 \text{ K}$. **a)** Determine a razão entre a velocidade quadrática média das moléculas de cada gás e a velocidade de escape nesse planeta. **b)** Que conclusão pode ser obtida sobre a provável concentração desses gases nessa atmosfera? Obs.: Considere Vênus com o raio igual ao da Terra e a massa igual a 0,810 vezes a desta.

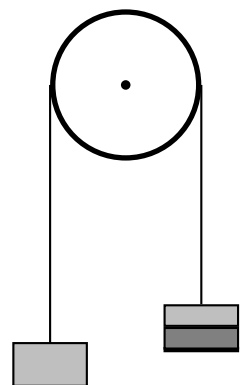
Questão 23. De uma planície horizontal, duas partículas são lançadas de posições opostas perfazendo trajetórias num mesmo plano vertical e se chocando elasticamente no ponto de sua altitude máxima – a mesma para ambas. A primeira partícula é lançada a 30° e aterriza a 90° , também em relação ao solo, a uma distância L de seu lançamento. A segunda é lançada a 60° em relação ao solo. Desprezando a resistência do ar, determine: **a)** a relação entre as massas das partículas, **b)** a distância entre os pontos de lançamento e **c)** a distância horizontal percorrida pela segunda partícula.

Questão 24. Duas cordas de mesmo comprimento, de densidades lineares μ_1 e μ_2 , tendo a primeira o dobro da massa da outra, são interconectadas formando uma corda única afixada em anteparos interdistantes de ℓ . Dois pulsos propagam-se ao mesmo tempo em sentidos opostos nessa corda. Determine o instante e a posição em que os pulsos se encontram sabendo que a corda está submetida a uma tensão T .

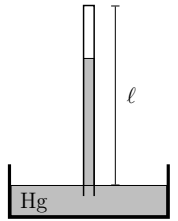
Questão 25. Dispondo de até 5 resistências R , monte um circuito no interior da caixa da figura, tal que **a)** com uma bateria de tensão V entre os terminais AB, um voltímetro entre os terminais CD mede uma diferença de potencial $V/2$, e **b)** com essa bateria entre os terminais CD, um amperímetro entre os terminais AB mede uma corrente igual a $V/3R$.



Questão 26. Mediante um fio inextensível e de peso desprezível, a polia da figura suporta à esquerda uma massa de 60 kg, e à direita, uma massa de 55 kg tendo em cima outra de 5 kg, de formato anelar, estando este conjunto a 1 m acima da massa da esquerda. Num dado instante, por um dispositivo interno, a massa de 5 kg é lançada para cima com velocidade $v = 10 \text{ m/s}$, após o que, cai e se choca inelasticamente com a de 55 kg. Determine a altura entre a posição do centro de massa de todo o sistema antes do lançamento e a deste centro logo após o choque.



Questão 27. Em equilíbrio, o tubo emborcado da figura contém mercúrio e ar aprisionado. Com a pressão atmosférica de 760 mm de Hg a uma temperatura de 27°C , a altura da coluna de mercúrio é de 750 mm. Se a pressão atmosférica cai a 740 mm de Hg a uma temperatura de 2°C , a coluna de mercúrio é de 735 mm. Determine o comprimento ℓ aparente do tubo.



Questão 28. Deseja-se aquecer uma sala usando uma máquina térmica de potência P operando conforme o ciclo de Carnot, tendo como fonte de calor o ambiente externo à temperatura T_1 . A troca de calor através das paredes se dá a uma taxa $\kappa(T_2 - T_1)$, em que T_2 é a temperatura da sala num dado instante e κ , uma constante com unidade em J/s.K. Pedem-se: **a)** A temperatura final de equilíbrio da sala. **b)** A nova temperatura de equilíbrio caso se troque a máquina térmica por um resistor dissipando a mesma potência P . **c)** Entre tais equipamentos, indique qual o mais adequado em termos de consumo de energia. Justifique.

Questão 29. Num ponto de coordenadas $(0,0,0)$ atua na direção x um campo de indução magnética com $2 \times 10^{-5}\text{T}$ de intensidade. No espaço em torno deste ponto coloca-se um fio retilíneo, onde flui uma corrente de 5 A, acarretando nesse ponto um campo de indução magnética resultante de $2\sqrt{3} \times 10^{-5}\text{T}$ na direção y . Determine o lugar geométrico dos pontos de intersecção do fio com o plano xy .

Questão 30. A figura mostra uma lente semiesférica no ar de raio $R = \sqrt{3}/2\text{ m}$ com índice de refração $n = \sqrt{3}$. Um feixe de luz paralelo incide na superfície plana, formando um ângulo de 60° em relação a x . **a)** Indique se há raio refratado saindo da lente paralelamente aos incidentes. **b)** Se houver, ele incide a que distância do centro da lente? **c)** Para quais ângulos θ será iluminado o anteparo esférico de raio $2R$ de mesmo centro da lente?

