



Nome:

RG ou CPF:

Avisos importantes

- Todas as questões valem um (1,0) ponto;
- As questões 1 a 8 são de cunho obrigatório e as questões 9 a 14 são opcionais. Você deve fazer todas as obrigatórias e escolher duas das opcionais. Caso sejam entregues mais de duas questões opcionais, serão corrigidas apenas duas, aquelas de menor número de ordem.

Nome:

RG ou CPF:

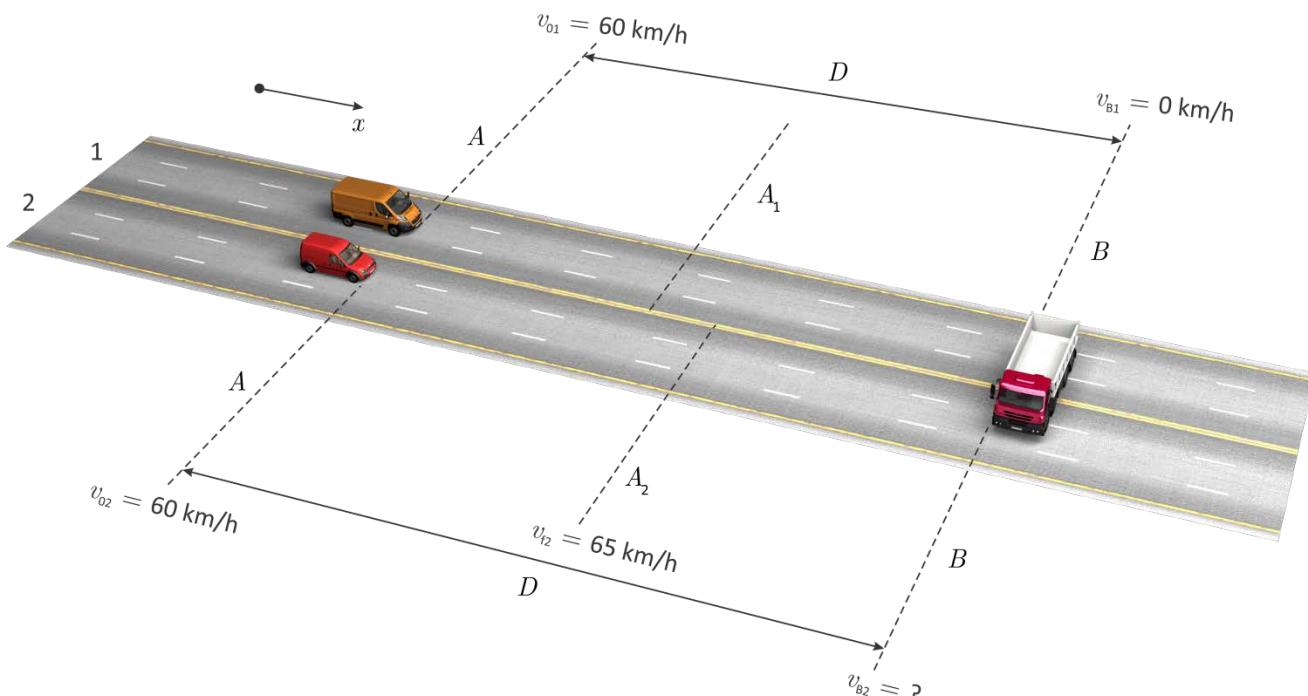
Fórmulas e dados

- Densidade do ar (CNTP): $\rho_{\text{ar}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$;
- Constante universal dos gases ideais: $R = 8,314 \text{ J/(K mol)} = 0,082 \text{ atm L/(K mol)}$;
- Constante gravitacional: $G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$;
- Massa da Terra: $5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- Constante de Planck: $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg /s}$; $\hbar = 1,055 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg /s}$;
- Constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5,670 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \text{ K}^4)$;
- Massa do elétron: $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- Terceira Lei de Kepler: $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$;
- Interferência (experimento de Young): $d \sen \theta = m\lambda$ (máximos); $d \sen \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ (mínimos);
- $f_{\text{batimento}} = |f_2 - f_1|$;
- $f = \frac{f_1 + f_2}{2}$;
- $I = \frac{\Delta p_m^2}{2\rho v}$;
- $NI = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$;
- $U = \frac{3}{2} nRT$;
- $PV^{5/3} = \text{const}$;
- Efeito fotoelétrico: $E_c = hf - \phi$;
- $P_{\text{irradiada}} = \varepsilon\sigma A T^4$;
- $P_{\text{absorvida}} = \varepsilon I_{\text{incidente}} A \cos \theta$;
- Tunelamento: $T \simeq \frac{16E(V_0 - E)}{V_0^2} e^{-\frac{2d}{\hbar}\sqrt{2m(V_0 - E)}}$;
- $\int \frac{x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} dx = -\frac{1}{\sqrt{x^2 + a^2}}$.

Nome:

RG ou CPF:

- 1) **(Obrigatória)** Um interessante e recente artigo publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física¹ abordou um belo problema de cinemática, mostrando que dois automóveis, um trafegando a 60 km/h e outro a 65 km/h, podem ter alta diferença nas suas velocidades ao final de uma freada, resultando em uma situação muito mais perigosa para o carro que trafega mais rápido (apesar da pequena diferença inicial entre suas velocidades).



Propõe-se aqui uma situação um pouco mais sofisticada, mas que leva a resultados igualmente não intuitivos e educativos:

- Os carros 1 e 2 trafegam inicialmente as mesmas velocidades, ou seja $v_{01} = v_{02} = 60 \text{ km/h}$, e com as dianteiras exatamente emparelhadas. Essa situação perdura até a linha A (ver figura acima);
- Quando está em A, o motorista do carro 1 percebe que um caminhão se encontra atravessado na pista (em B, a uma distância D da linha A) e, após um tempo de 1 s, quando se encontra em A₁, aciona os freios (esse é o chamado tempo de pré-freada).

¹ SILVEIRA, F. L. Um interessante e educativo problema de cinemática elementar aplicada ao trânsito de veículos automotores – a diferença entre 60 km/h e 65 km/h. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 28, n. 2, Ago. 2011.



Nome:

RG ou CPF:

Durante esse intervalo, entre A e A_1 , o seu carro se moveu com velocidade constante, igual à sua respectiva velocidade inicial $v_{02} = 60 \text{ km/h}$. Quando chega em B , o carro 1 tem velocidade final v_{B1} nula, ou seja, sua dianteira apenas encosta no caminhão sem que haja propriamente uma batida;

- O motorista do carro 2 está levemente embriagado. Ao chegar em A , inicialmente sem perceber que o caminhão está na pista, ele acelera levemente seu carro para ultrapassar o carro 1, acionando os freios apenas em A_2 , 1,5 s depois de passar por A (ou seja, por estar embriagado, além de cometer a irresponsabilidade de acelerar o veículo, demorou um pouco mais para acionar os freios). Durante o intervalo entre A e A_2 , seu carro acelerou uniformemente entre $v_{02} = 60 \text{ km/h}$ (em A) e $v_{f2} = 65 \text{ km/h}$ (em A_2).

Suponha que a aceleração imposta pelos freios tenha módulo de 10 m/s^2 em ambos os carros. Com os dados acima, calcule a velocidade v_{B2} com que o carro 2 se chocará com o caminhão posicionado em B .

Nome:

RG ou CPF:

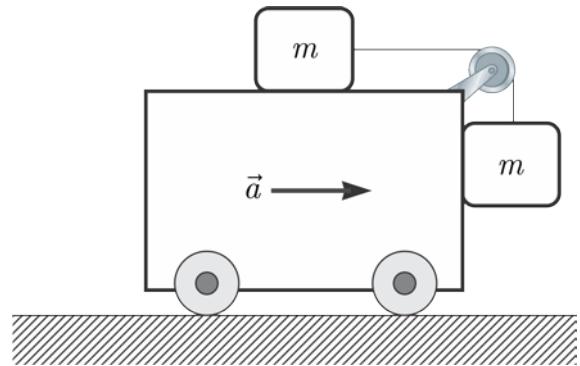
- 2) **(Obrigatória)** O sistema representado na figura é constituído por dois blocos de massas iguais m ligados por um fio inextensível e sem massa que passa por uma polia livre de atrito e também sem massa. Ambos estão sobre um bloco maior que pode se mover. O bloco que pende do fio vertical possui com a parede lateral do bloco maior um coeficiente de atrito estático $\mu_e = 0.5$ e o bloco sobre a superfície horizontal da mesa está livre de atrito.

- a) Demonstre que os blocos permanecem em repouso em relação à mesa se a mesa sofrer uma aceleração \vec{a} horizontal e para a direita (indicada na figura) tal que seu módulo esteja contido no intervalo

$$\frac{2}{3}g \leq a \leq 2g ,$$

onde g é a intensidade do campo gravitacional.

- b) Determine a força tensora no fio quando a aceleração vale $0,8g$.

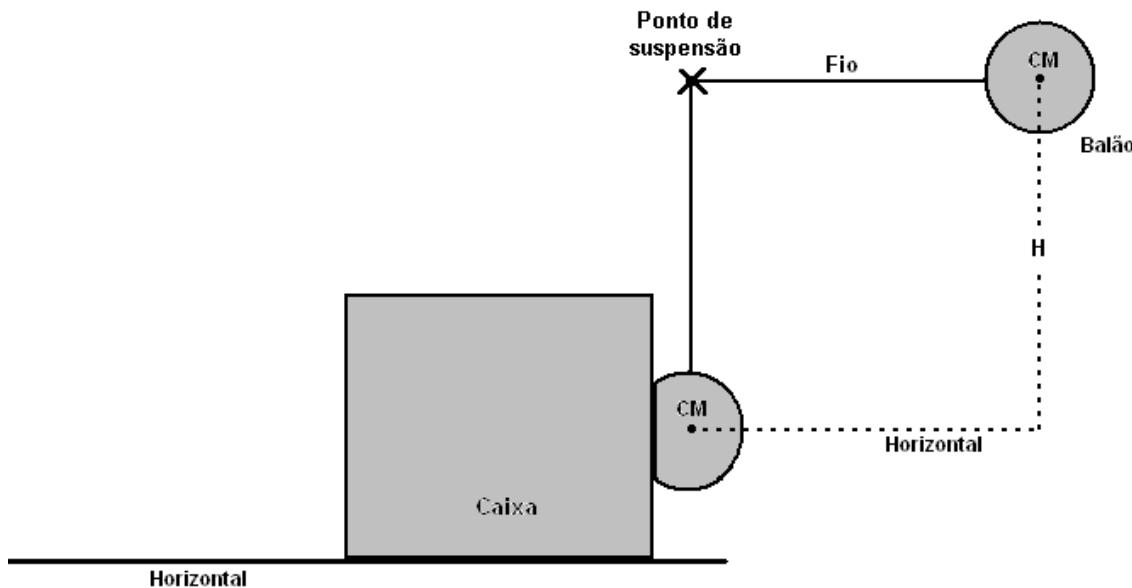


Nome:

RG ou CPF:

- 3) (Obrigatória) **Experimento para determinar o coeficiente de atrito cinético entre uma caixa e a superfície de uma mesa:** Um balão de borracha, contendo apenas areia, perfaz a massa de $m_b = 100$ g.

Ele está preso por um fio leve, de tal forma que quando é abandonado em repouso descreve um arco de circunferência e acaba colidindo com uma caixa inicialmente em repouso sobre uma mesa horizontal (vide a figura abaixo). Neste processo o centro de massa do balão desce por uma altura $H = 20$ cm. Repete-se o experimento variando a massa da caixa até que logo após a colisão com a caixa o balão permaneça em repouso. Quando se consegue este resultado, mede-se o deslocamento horizontal da caixa desde a posição que ela ocupava antes da colisão com o balão até parar sobre a mesa. Verifica-se então que o deslocamento foi de 14 cm e a massa da caixa, $m_c = 290$ g. As perguntas que se seguem referem-se ao experimento nessa situação em que o balão fica parado após a colisão.



- É verdade que se desprezarmos a ação das forças de resistência do ar no balão, antes de haver a colisão com a caixa a energia mecânica do balão é conservada? Justifique.
- É verdade que a energia cinética que o balão tinha imediatamente antes de colidir com a caixa é igual à energia cinética que a caixa perderá até parar? Justifique.
- Qual é aproximadamente o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a mesa horizontal?
- Sabendo-se que o tempo de interação entre caixa e o balão na colisão é cerca de um centésimo de segundo, estime a intensidade da força de percussão que o balão exerce na caixa.



Nome:

RG ou CPF:

- 4) **(Obrigatória)** O período de Phobos, satélite do planeta Marte, é de 0,3189 dias. O semieixo maior de sua órbita é de 9.370 km. Considere que a massa dos satélites é desprezível frente à massa de Marte e que qualquer outra força gravitacional, exceto aquela que decorre da interação entre um satélite e Marte, é desprezada. Nessas condições calcule:
- Qual a massa de Marte, em massas terrestres?
 - Qual o período (em dias terrestres) de Deimos, o outro satélite de Marte, que tem uma órbita com semieixo maior de 23.460 km?



Nome:

RG ou CPF:

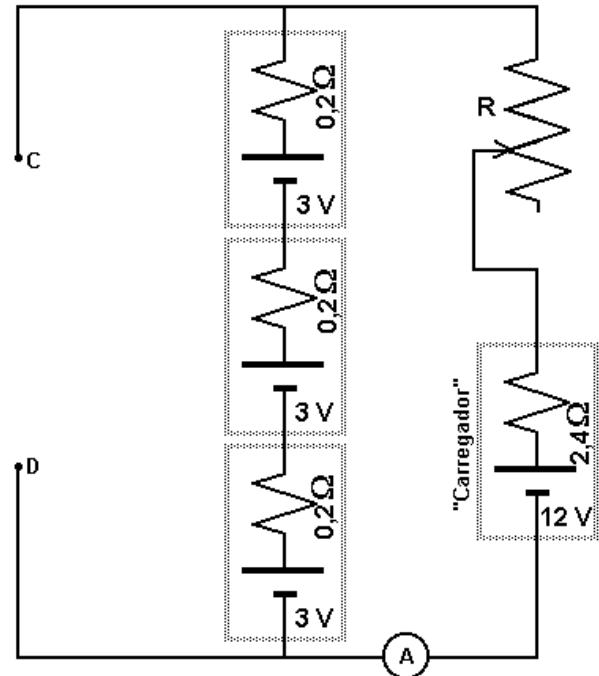
- 5) **(Obrigatória)** Um pneu de automóvel foi cheio com 100 L de nitrogênio (massa molar: 28 g) a 20° C quando então a pressão manométrica (diferença de pressão interna e externa ao pneu) era 29 PSI (14,5 PSI = 1 atm); a pressão externa é 1 atm. Ao rodar por uma hora verifica-se que a pressão manométrica aumentou para 34 PSI e o volume de nitrogênio no pneu aumentou para 105 L.
- Qual é massa de nitrogênio no pneu?
 - Qual é a temperatura do pneu depois de rodar 1 hora?

Nome:

RG ou CPF:

- 6) **(Obrigatória)** O diagrama representa um conjunto de 3 pilhas "recarregáveis" com o seu carregador. Com auxílio do reostato R (resistor com resistência que pode ser variada entre 0 e $50\ \Omega$) e do amperímetro ideal A pode-se controlar a corrente de "carga" das pilhas. Entre os pontos C e D é conectado um voltímetro ideal.

- Qual é a máxima intensidade da corrente de "carga" possível neste circuito?
- Sendo a corrente de "carga" máxima, que ddp indicará o voltímetro?
- O fabricante das pilhas especifica que o melhor é uma "carga lenta" com corrente de 150 mA. Qual deve então ser o valor da resistência R ?





Nome:

RG ou CPF:

- 7) **(Obrigatória)** Luz de comprimento de onda 633 nm incide perpendicularmente em um plano contendo duas fendas estreitas. O primeiro máximo de interferência está posicionado a 82 cm de distância do máximo central em um anteparo que fica a 12 m de distância do plano que contém as fendas.
- Qual a separação entre as fendas?
 - Quantos máximos de interferência é possível, a princípio, observar com essa configuração?



Nome:

RG ou CPF:

- 8) **(Obrigatória)** No efeito fotoelétrico, a luz que incide na superfície de certos metais provocam a emissão de elétrons. No caso do potássio, são necessários 2 eV ($1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$) para liberar o elétron da superfície. Se luz de comprimento de onda $5 \times 10^{-7} \text{ m}$ incide na superfície do potássio, qual será a máxima energia dos fotoelétrons que emergem?



Nome:

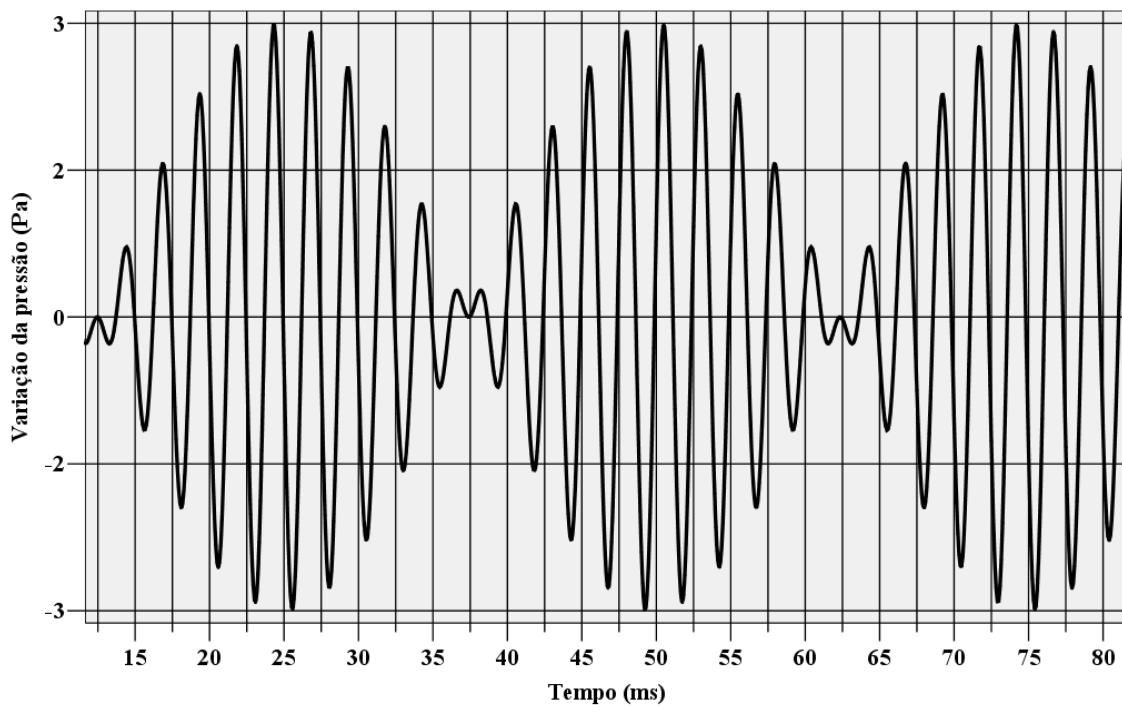
RG ou CPF:

- 9) **(Opcional)** Um feixe monoenergético constituído por 10^8 elétrons com energia de 1 eV incide em uma barreira de potencial cuja “altura” é $V_0 = 2$ eV. Qual deve ser a espessura dessa barreira para que aproximadamente 10^5 elétrons a ultrapassem por efeito túnel?

Nome:

RG ou CPF:

- 10) **(Opcional)** O gráfico abaixo representa as variações de pressão do ar sobre um microfone em função do tempo. O microfone está localizado próximo a dois alto-falantes que irradiam ondas sonoras com frequências constantes e com a mesma amplitude de pressão ao serem captadas por ele.

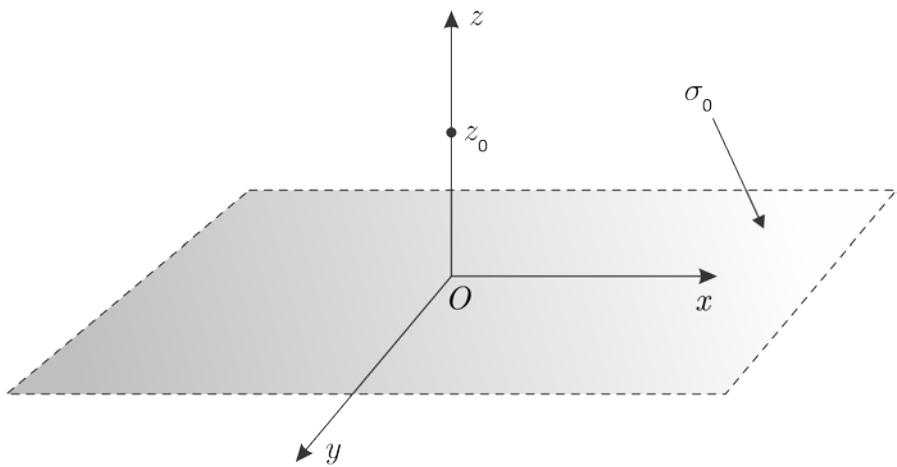


- Mostre que os batimentos captados pelo microfone estão acima da capacidade de percepção humana (a audição humana é capaz de discriminar não mais de 15 batimentos por segundo).
- Mostre que a frequência do som se encontra na faixa audibilidade humana (a audição humana é capaz de perceber sons com frequências entre 20 Hz e 20000 Hz).
- Qual é a frequência do som e a amplitude de pressão de cada uma das ondas que atingem o microfone?
- Mostre que o nível de intensidade sonora de cada uma das ondas que atingem o alto-falante se situa em aproximadamente 95 dB quando se considera como referência a intensidade correspondente ao limiar da sensação auditiva (referência: 10^{-12} W/m^2).

Nome:

RG ou CPF:

- 11) **(Opcional)** Considere uma chapa infinita localizada no plano xy com densidade superficial de carga σ_0 , como mostrado na figura. Calcule o vetor campo elétrico (módulo, direção e sentido) produzido pela chapa a uma altura z_0 desta.





Nome:

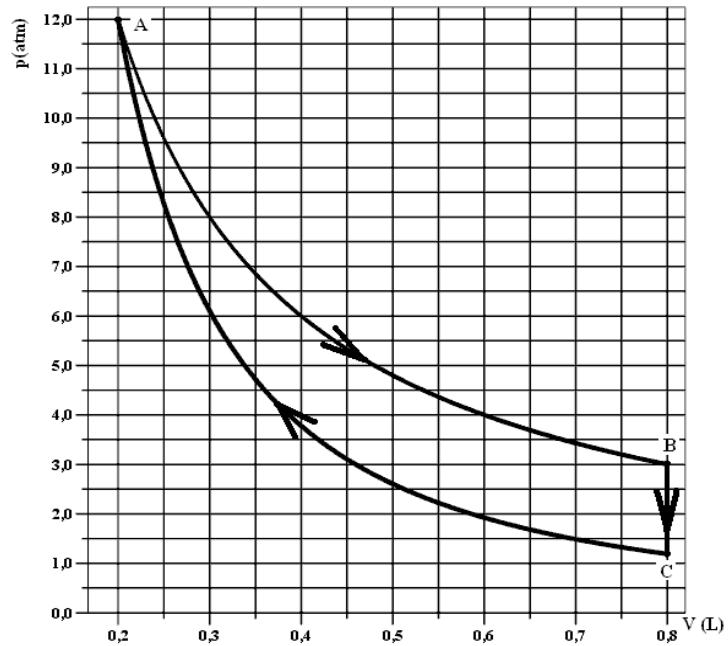
RG ou CPF:

- 12) **(Opcional)** Sabe-se que a intensidade da radiação solar a um distância do Sol de 1 UA (1 UA é a distância média Terra-Sol e vale aproximadamente 150 milhões km) é aproximadamente 1400 W/m^2 . Uma fina placa metálica, com emissividade de 0,8 em uma face e 0,10 na outra face, está no espaço interplanetário a 0,5 UA do Sol, posicionada de tal forma que receba e absorva o máximo de radiação solar.
- Determine a intensidade da radiação solar na região onde a placa se encontra.
 - Determine a temperatura da placa quando já atingiu o regime estacionário.

Nome:

RG ou CPF:

- 13) (Opcional) O gráfico representa um ciclo efetuado com uma amostra de gás ideal. A transformação AB é uma isotérmica e a transformação CA é uma adiabática e a temperatura em A é 1200 K.
- Verifique que o gás é monoatômico.
 - Para cada transformação identifique se há calor sendo absorvido ou cedido pelo gás.
 - Quais são as quantidades de calor absorvidas e cedidas pelo gás?
 - Qual é o trabalho no ciclo?
 - Compare o rendimento deste ciclo com o rendimento de um ciclo de Carnot operando entre os mesmos extremos de temperatura.

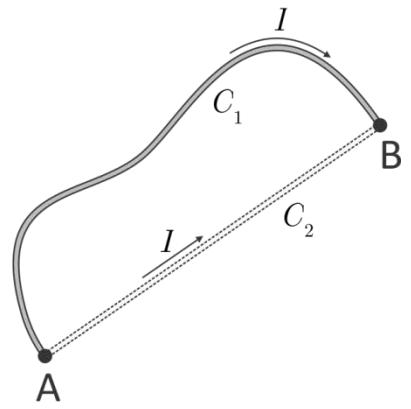
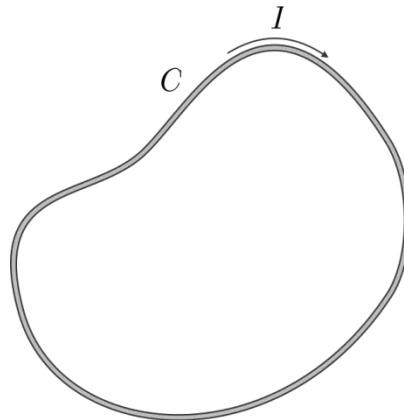


Nome:

RG ou CPF:

- 14) (Opcional) Força magnética sobre segmentos condutores imersos em uma região onde o vetor indução magnética é uniforme:

- a) Mostre que a força magnética em um loop condutor descrito pela curva C (ver lado esquerdo da figura) que transporta uma corrente I é zero se ele se encontra imerso em um meio no qual o vetor indução magnética \vec{B} é uniforme. Ou seja, nessas condições, mostre que



$$\vec{F} = \oint_C I d\vec{\ell} \times \vec{B} = \vec{0},$$

onde $\vec{0}$ é o vetor nulo e $d\vec{\ell}$ é o vetor infinitesimal tangente à curva C em todos os seus pontos, apontando no sentido do movimento de cargas no condutor (ou seja, da corrente elétrica).

- b) A partir desse resultado, deduza que, nas mesmas condições anteriores (vetor indução magnética uniforme), a força magnética sobre um segmento condutor curvo de forma arbitrária, que inicia em A e termina em B (ver lado direito da figura) e é percorrido por uma corrente elétrica I , é igual à força magnética se esse segmento fosse retilíneo e iniciasse e terminasse nos mesmos pontos e também fosse percorrido pela mesma corrente (em ambos os segmentos o escoamento de cargas se dá de A para B). Ou seja, mostre que:

$$\vec{F}_1 = \oint_{C_1} I d\vec{\ell}_1 \times \vec{B} = \oint_{C_2} I d\vec{\ell}_2 \times \vec{B} = \vec{F}_2.$$