

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**1ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

Vários fenômenos físicos podem ser explicados pela propagação retilínea da luz em meios homogêneos. Essa hipótese é conhecida como o modelo do raio luminoso da óptica geométrica. Nos casos em que esse modelo é aplicável, a resolução de problemas físicos se reduz a aplicações elementares de geometria.

Essa primeira questão trata de duas situações nas quais a óptica geométrica nos ajuda a determinar distâncias e tamanhos de objetos.

- a)** Por causa da variabilidade das distâncias entre a Terra e a Lua e entre a Terra e o Sol, o tamanho da região onde um eclipse total do Sol é visível não é sempre o mesmo, podendo, inclusive, reduzir-se a um único ponto da superfície terrestre.

Use essa informação para fazer uma estimativa do raio do Sol.

Dados:

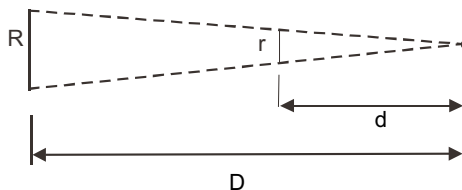
A distância da Terra à Lua é, aproximadamente,  $3,8 \times 10^5$  km e a distância da Terra ao Sol é, aproximadamente,  $1,5 \times 10^8$  km. O raio da Lua é  $1,7 \times 10^3$  km.

- b)** Um cidadão tem 1,8 m de altura e se encontra de pé, à beira d'água, em uma praia oceânica, admirando o horizonte.

Estime a distância entre o cidadão e seu horizonte visual, sabendo que o raio da Terra é  $6,4 \times 10^6$  m.

Cálculos e resposta:

**a)**  $\frac{R}{r} = \frac{D}{d}$



$$R = r \frac{D}{d} = \frac{1,7 \times 10^3 \times 1,5 \times 10^8}{3,8 \times 10^5} = \frac{1,7 \times 1,5}{3,8} \times 10^6 = 0,67 \times 10^6 = 6,7 \times 10^5 \text{ km}$$

**b)**

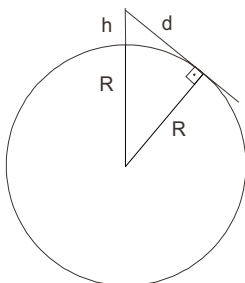
$$(R + h)^2 = R^2 + d^2$$

$$d^2 = R^2 + 2 h R + h^2 - R^2$$

$$d^2 = h (2R + h) \approx 2 R h \quad \left( \frac{h}{R} \ll 1 \right)$$

$$d = \sqrt{2Rh} = \sqrt{2 \times 6,4 \times 10^6 \times 1,8}$$

$$d = \sqrt{36 \times 64} \times 10^2 = 6 \times 8 \times 10^2 = 48 \times 10^2 = 4,8 \text{ km}$$



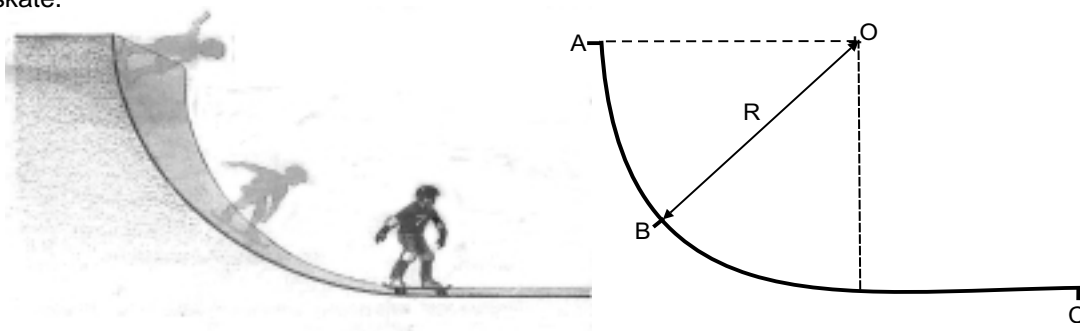
## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**2ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

A figura abaixo mostra uma rampa de skate constituída de um trecho curvo que corresponde a um quarto de circunferência de raio  $R$ , e de um trecho plano horizontal. Os três pontos A, B e C, indicados no esquema abaixo, se encontram localizados, respectivamente, no topo, no meio do trecho curvo e no trecho plano da pista de skate.



Para a análise desse movimento o jovem, junto com sua prancha de skate, pode ser tratado como uma partícula de massa total  $M$ . Admita, também, que os efeitos de forças dissipativas sobre o movimento dessa partícula possam ser **ignorados**.

a) Indique e identifique, na figura abaixo, as forças que atuam sobre a partícula:

I) quando ela se encontra no ponto A;

II) quando ela se encontra no ponto B.

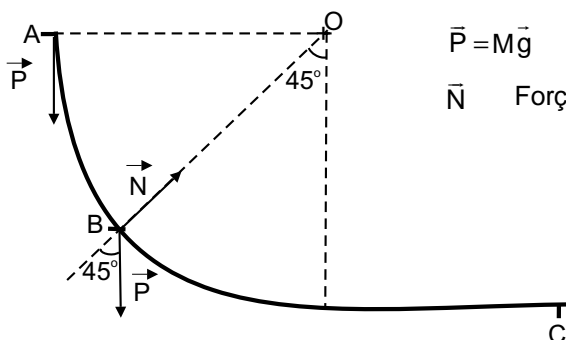
b) Obtenha, em função de  $R$ ,  $M$  e  $g$  (aceleração da gravidade local):

I) a velocidade da partícula no instante em que ela alcança o ponto C;

II) o módulo da força exercida pela rampa sobre a partícula, quando essa se encontra no ponto B.

Cálculos e respostas:

a)



$\vec{P} = M\vec{g}$  Peso da partícula

$\vec{N}$  Força de contato da rampa sobre a partícula

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

Cálculos e respostas:

b)

$$I) \quad MgR = \frac{1}{2}Mv_c^2 \quad v_c = \sqrt{2gR}$$

$$II) \quad MgR = Mg(R - R \cos 45^\circ) + \frac{1}{2}Mv_B^2$$

$$MgR \cos 45^\circ = \frac{1}{2}Mv_B^2$$

$$v_B^2 = \sqrt{2} gR$$

$$N - M g \cos 45^\circ = M \frac{v_B^2}{R}$$

$$N = Mg \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = Mg\sqrt{2} \cdot \frac{3}{2} \approx 2,1Mg$$

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**3ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

O circuito elétrico de uma sanduicheira contém duas lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$  com a mesma especificação (5 W e 110V). As funções dessas lâmpadas são, respectivamente, indicar que a sanduicheira está ligada, e que o sanduíche está pronto. Completam o circuito um resistor de resistência  $R = 20 \Omega$  e um termostato constituído de uma lâmina bimetálica. Os dois metais que formam a lâmina têm coeficientes de dilatação térmica  $\alpha_1$  – o que está pintado de preto – e  $\alpha_2$ . Admita que a resistência dos fios e da lâmina seja desprezível.

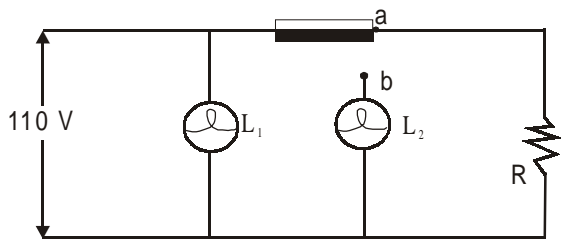


figura 1

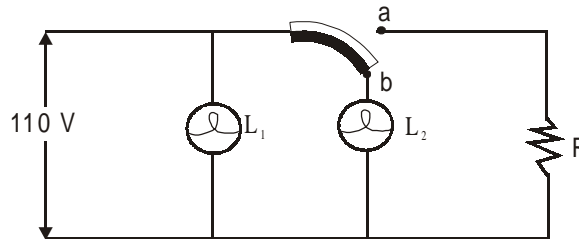
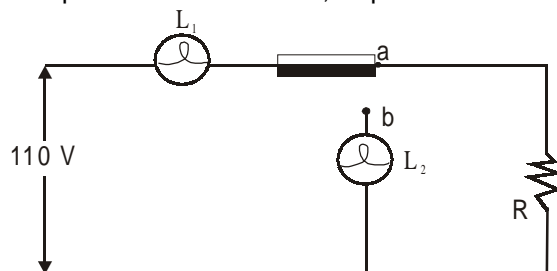


figura 2

Inicialmente, a lâmina bimetálica faz contato com o ponto **a**, como mostra a figura 1 acima. À medida que a temperatura aumenta a lâmina vai se encurvando, devido à dilatação dos metais, até que, para uma determinada temperatura, perde o contato com o ponto **a** e passa a fazer contato com o ponto **b**, como mostra a figura 2 acima.

- a) No projeto está explicitado que  $\alpha_2$  deve ser maior que  $\alpha_1$ . Qual das características funcionais da sanduicheira ficaria prejudicada, caso essa recomendação fosse invertida? Justifique sua resposta.
- b) Determine a corrente elétrica em cada uma das lâmpadas e no resistor R, na situação da figura 1.
- c) Calcule a corrente elétrica total fornecida pela fonte na situação da figura 2.
- d) Existia um projeto alternativo para essa sanduicheira, esquematizado na figura abaixo, que não foi aprovado.



Explique o que acontece com esse circuito – e, conseqüentemente, com a sanduicheira – quando a lâmpada  $L_1$  queima.

Cálculos e respostas:

- a) Com o aumento da temperatura, a lâmina bimetálica se encurvaria no sentido anti-horário e a lâmpada  $L_2$  não acenderia quando o sanduíche ficasse pronto.
- b)  $i_{L_2} = 0$   
 $L_1$  e R estão em paralelo porque estão sujeitos à mesma tensão (110 V)

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

Cálculos e respostas:

$$\text{Potência de } L_1 = V i_{L_1}$$

$$5 = 110 \times i_{L_1} \quad i_{L_1} = \frac{5}{110} \approx 0,045 \text{ A} ;$$

$$110 = 20 \times i_R \Rightarrow i_R = \frac{110}{20} = 5,5 \text{ A}$$

- c) Nesta situação,  $L_1$  e  $L_2$  estão em paralelo e sujeitas a uma tensão de 110V, e R está fora do circuito. Como  $L_1$  e  $L_2$  são idênticas, são atravessadas por correntes de mesma intensidade, e iguais à calculada no item anterior:

$$i_{L_1} = i_{L_2} = 0,045 \text{ A}$$

$$\text{A corrente total } i_T = i_{L_1} + i_{L_2} = 0,090 \text{ A}$$

- d) Caso  $L_1$  queimasse, interromperia a passagem da corrente elétrica. Como  $L_1$  e R estão em série, a sanduicheira não funcionaria (não aqueceria o sanduíche).

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

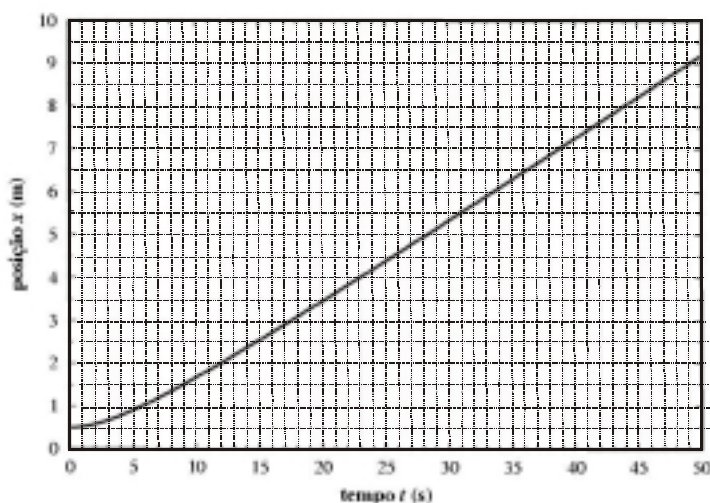
4ª QUESTÃO: (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

A famosa lei da gravitação de Newton afirma que a força  $F$  de atração entre duas massas é proporcional ao inverso do quadrado da distância  $x$  entre elas,  $F = \frac{k}{x^2}$ , onde  $k$  é uma constante. A mesma relação é válida para a repulsão entre duas cargas elétricas de mesmo sinal (a também famosa lei de Coulomb).

Um professor pretende convencer seus alunos de que a energia potencial  $E_p$  associada à essa força é dada pela fórmula  $E_p = \frac{k}{x}$ , mas a demonstração envolve cálculo diferencial e integral, estando, portanto, fora do programa do ensino médio. Como alternativa, o professor propõe uma atividade baseada na seguinte situação física: uma partícula carregada eletricamente é mantida fixa na origem  $x = 0$  de um eixo coordenado. Uma segunda partícula com carga igual à primeira é colocada inicialmente numa posição onde a força de repulsão é 0,08 N. No instante  $t = 0$  esta segunda partícula, com massa 2 kg, é largada com velocidade inicial nula e passa a se afastar da primeira. O gráfico abaixo, obtido com o uso de um computador, mostra a distância  $x$  entre as duas partículas como função do tempo.



- Através da análise do gráfico, identifique o tipo de movimento da segunda partícula no trecho final do intervalo de tempo considerado e meça sua velocidade final.
- Com base no resultado do item **a**, preveja a velocidade da partícula em movimento, quando infinitamente afastada da partícula fixa.
- Determine a energia potencial de repulsão entre as cargas na posição inicial (instante  $t = 0$ ), usando a fórmula proposta pelo professor.
- Justifique por que os resultados dessa atividade demonstram que a fórmula apresentada pelo professor é consistente com a lei de conservação da energia mecânica.

Cálculos e respostas:

**a)** O gráfico mostra que a relação entre posição e tempo se torna linear no trecho final do intervalo representado.

O movimento é, portanto, uniforme neste trecho.

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

Cálculos e respostas:

A velocidade final pode ser determinada com boa aproximação, tomando-se 2 instantes quaisquer do trecho final e calculando-se a velocidade média no intervalo de tempo que eles delimitam. Tomando-se, por exemplo,  $t_1 = 44\text{s}$  e  $t_2 = 49\text{s}$ , obtemos da leitura do gráfico

$$v = v_m = \frac{9,0\text{m} - 8,0\text{m}}{49\text{s} - 44\text{s}} = 0,2\text{m/s}$$

**b)** Como o movimento no trecho final do intervalo representado no gráfico é uniforme, pode-se considerar desprezível a força de interação entre as cargas a partir daí. Portanto, pela 2ª lei de Newton, a aceleração será também desprezível e a velocidade da partícula em movimento não se alterará e será de 0,2 m/s quando estiver infinitamente afastada da partícula fixa.

**c)** Seja  $x_0$  a posição inicial da partícula em movimento. Pela leitura do gráfico,  $x_0 = 0,5\text{ m}$ . Então,

$$F = \frac{k}{x_0^2} = 0,08\text{N}$$

Com a fórmula proposta,

$$E_p = \frac{k}{x_0} = \frac{k}{x_0^2} x_0 = 0,08\text{N} \times 0,5\text{m} = 0,04\text{J}$$

**d)** Quando as partículas estiverem infinitamente distantes, teremos:

$$E_p = \frac{k}{x} = 0 \quad \text{e} \quad E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2\text{kg} \times (0,2\text{m/s})^2 = 0,04\text{J}$$

Portanto, a energia mecânica total  $E_t = E_p + E_c = 0,04\text{ J}$  é a mesma da situação inicial, demonstrando que a fórmula proposta pelo professor é consistente com a lei de conservação da energia mecânica.

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**5ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

Uma radiação eletromagnética de frequência  $2,5 \times 10^9$  Hz é utilizada em um forno de microondas doméstico para aquecer alimentos. Para a medida da potência útil desse forno, realiza-se uma experiência na qual ele é usado para aquecer  $100 \text{ mL}$  de água. A temperatura da água é medida a intervalos de 20 s, e os resultados são exibidos na tabela abaixo:

tempo(s)	0	20	40	60
temperatura (°C)	26	38	50	62

(Dados extraídos do artigo “Aquecimento em forno de microondas”, de A.C.R.N. Barboza e colaboradores, publicado na revista “Química Nova”, vol. 24, nº 6, ps 901-904, em 2001).

- a) Determine o comprimento de onda da radiação usada no forno de microondas.
- b) Trace um gráfico temperatura x tempo utilizando o conjunto de medidas da tabela acima.
- c) A partir da análise desse gráfico, determine o valor da potência útil do forno, nas condições da experiência.

Dados:  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$

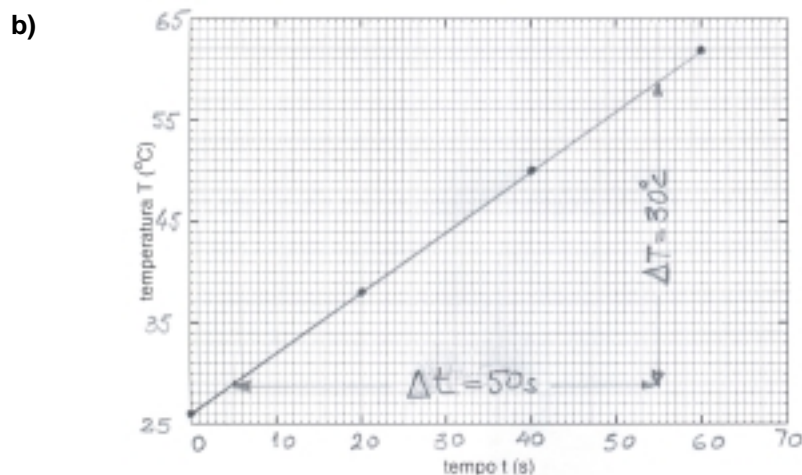
massa específica da água =  $1,0 \text{ kg/l}$

velocidade da luz =  $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

calor específico da água =  $1,0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

Cálculos e respostas:

a)  $v = \frac{v}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^9} = 1,2 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 12 \text{ cm}$





## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

Cálculos e respostas:

c)  $m = 100 \times 10^{-3} \text{ l} \times 1,0 \times 10^3 \text{ g/l} = 100\text{g}$

$$Q = m c \Delta T = P \cdot t$$

$$P = mc \frac{\Delta T}{t} = 100 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{50} = 60 \text{ cal/s}$$

$$60 \cdot 4,2\text{W} = 2,5 \cdot 10^2\text{W}$$