

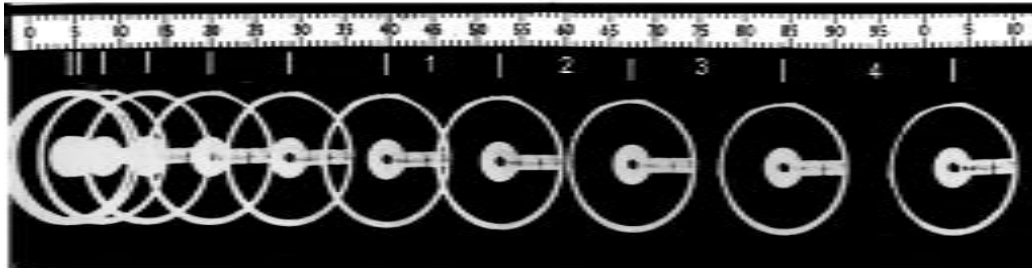
## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**1ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

A figura abaixo exibe uma fotografia estroboscópica (de exposição múltipla) do movimento de um disco com 2,0 kg de massa sendo puxado por uma força constante sobre uma mesa. O intervalo de tempo entre duas fotos consecutivas é 1/10 s. A régua é graduada em centímetros.



- a) **Determine** a velocidade média do disco nos intervalos 1 e 4 assinalados na figura.
- b) A velocidade instantânea no ponto médio de cada intervalo pode ser estimada pela velocidade média no intervalo. **Use** esta aproximação **para estimar** a força resultante sobre o disco.
- c) **Calcule** o trabalho realizado pela resultante entre os pontos médios dos intervalos 1 e 4 da figura e mostre que os resultados desta experiência são consistentes com o teorema do trabalho-energia.

Cálculos e resposta:

$$\text{a) Intervalo 1: } v_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(52,5 - 39,5) \text{ cm}}{1/10 \text{ s}} = 10 \times 13 \times 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Intervalo 4: } v_4 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(103 - 84) \text{ cm}}{1/10 \text{ s}} = 10 \times 19 \times 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) O intervalo de tempo entre os pontos médios dos intervalos 1 e 4  $\Delta t = 3 \times \frac{1}{10} \text{ s} = \frac{3}{10} \text{ s}$ . Logo, a

$$\text{aceleração média é } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_4 - v_1}{\Delta t} = \frac{(1,9 - 1,3) \text{ m/s}}{3/10 \text{ s}} = 10 \times \frac{0,6 \text{ m}}{3 \text{ s}^2} = 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Pela 2ª lei de Newton, a força é  $F = ma = 2,0 \text{ kg} \times 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4,0 \text{ N}$

c) Distância entre os pontos médios dos intervalos 1 e 4:

$$d = (94 - 46) \text{ cm} = 48 \text{ cm} = 0,48 \text{ m}$$

$$W = Fd = 4 \times 0,48 \text{ J} = 1,9 \text{ J}$$

Variação da energia cinética:

$$\Delta K = \frac{m}{2} v_4^2 - \frac{m}{2} v_1^2 = \frac{2,0 \text{ kg}}{2} \times (1,9^2 - 1,3^2) \text{ J} = 0,6 \times 3,2 \text{ J} = 1,9 \text{ J}$$

$\Delta K = W$  (consistente com o teorema do trabalho-energia)

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

2ª QUESTÃO: (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

O rendimento, ou eficiência térmica, de um motor a combustão é definido como a razão entre o trabalho realizado pelo motor e a energia fornecida pela queima de combustível. Em cada ciclo de operação do motor, o trabalho realizado pode ser calculado, com boa aproximação, como numa expansão isobárica de um gás no interior de um cilindro do motor.

Considere o motor a combustão de um automóvel no qual a expansão isobárica acima mencionada produza um aumento de 1,6 L no volume do gás constituído pela mistura ar-gasolina.

Dados:

$$1 \text{ atm} = 1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

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

- a) **Calcule** o trabalho realizado pelo motor em cada ciclo de operação, sabendo que a pressão média durante a expansão é de 8 atm.
- b) Diz-se que um motor tem uma rotação de 3500 rpm, se realiza 3500 ciclos de operação por minuto. **Calcule** a potência do motor de 1,6 L a esta rotação.
- c) Nesta rotação, o motor consome 6,0 g/s de gasolina. Sabendo-se que a energia gerada pela combustão da gasolina é de 11,1 kcal/g, **determine** o rendimento do motor. **Exprima** sua resposta em forma percentual.

Cálculos e respostas:

$$\text{a) } W = P\Delta V = 8 \text{ atm} \times 1,6 \text{ L} + 8 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 1,6 \text{ dm}^3 = 8 \times 10^5 \times 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 12,8 \times 10^2 \text{ J} \approx 1,3 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\text{b) } P = \frac{3500 \times W}{1 \text{ min}} = \frac{3500 \times 1,3 \times 10^3 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 75,8 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}} \approx 7,6 \times 10^4 \text{ W}$$

c) Energia gerada pela combustão por segundo:

$$P_{\text{comb}} = 6,0 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times 11,1 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} = 66,6 \times 10^3 \frac{\text{cal}}{\text{s}} = 66,6 \times 10^3 \times 4,2 \frac{\text{J}}{\text{s}} \approx 280 \times 10^3 \text{ J/s} = 2,8 \times 10^5 \text{ W}$$

$$\text{Rendimento} = \frac{7,6 \times 10^4}{2,8 \times 10^5} = 2,7 \times 10^{-1} = 0,27 = 27\%$$

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**3ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

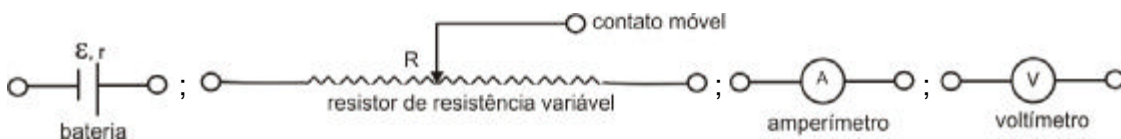
Avaliador

Revisor

Um electricista compra uma bateria usada e decide medir a resistência interna  $r$  da mesma através da curva  $V \times i$  - diferença de potencial nos terminais da bateria em função da corrente elétrica que a atravessa. Para construir essa curva, ele conecta os terminais da bateria aos de um resistor de resistência variável. A tabela abaixo exibe os valores de  $V$  e  $i$ , medidos com voltímetro e amperímetro, que podem ser considerados ideais, para diferentes valores de resistência do resistor.

V (volts)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
i (amperes)	6,0	5,0	3,8	2,6	1,6	0,5

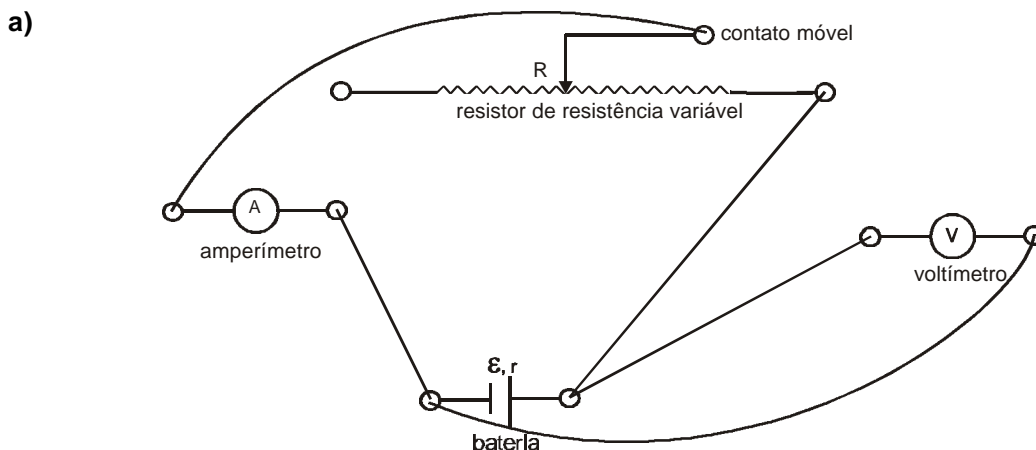
Abaixo estão representados os elementos que fazem parte do circuito utilizado na obtenção da tabela.



Mudando a posição do contato móvel é possível variar o comprimento do resistor e, conseqüentemente, da sua resistência desde 0 até  $R$ .

- Reproduza** o circuito utilizado pelo electricista, **conectando** os elementos que estão representados no espaço destinado à resposta.
- Construa** o gráfico  $V \times i$  com os valores da tabela, no reticulado fornecido no espaço destinado à resposta. **Indique** com clareza a escala utilizada em cada eixo coordenado.
- Determine**, através do gráfico do item (b), a resistência interna  $r$  da bateria.
- Após desfazer o circuito utilizado na obtenção da tabela acima, o electricista conecta **apenas o voltímetro** à bateria. **Informe** qual será a leitura do voltímetro.

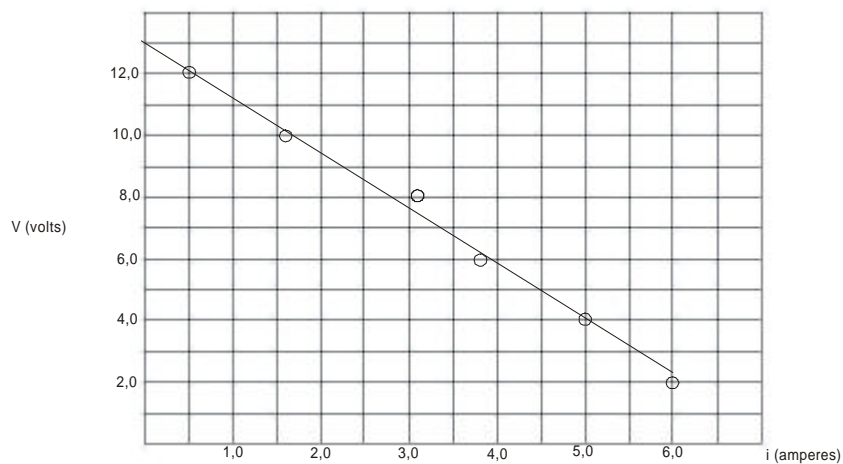
Cálculos e respostas:



## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

Cálculos e respostas:

b)



c)  $V = \mathcal{E} - ir$        $r = |\text{inclinação (dimensional) da reta}| \approx \frac{8}{4,5} \approx 1,8 \Omega$

d) Extrapolando a reta para  $i = 0$  resulta  $\mathcal{E} = 13 \text{ V}$ .  
Esta será a leitura do voltímetro.

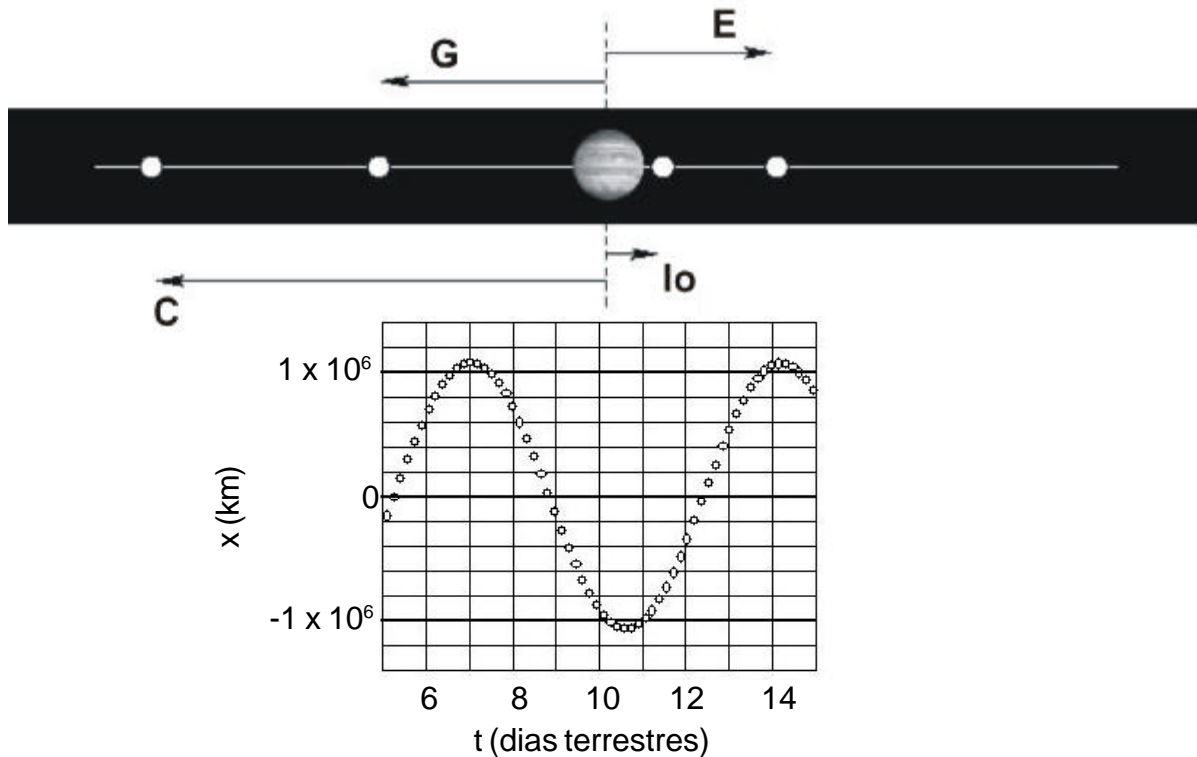
## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**4ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

Em 1610 Galileu descobriu quatro luas de Júpiter, denominadas Io, Europa, Ganimedes e Calisto. Do seu ângulo de visão, ele observou que elas deslocavam-se, periodicamente, de um lado para outro em relação ao centro do planeta, e concluiu que as luas moviam-se, aproximadamente, em órbitas circulares ao redor de Júpiter. Conhecendo a distância da Terra a Júpiter é possível medir o deslocamento lateral  $x(t)$  de cada lua em função do tempo. O gráfico representa medidas feitas para a lua Ganimedes.



- a) **Determine** a velocidade angular de rotação da lua Ganimedes ao redor de Júpiter.
- b) **Considere** que cada lua de Júpiter se move em movimento circular em torno do planeta, sob ação exclusiva da atração gravitacional exercida por este. **Demonstre**, desta forma, que a razão  $R^3/T^2$  entre o cubo do raio  $R$  da órbita de uma lua de Júpiter e o quadrado de seu período  $T$  depende apenas da massa do planeta e de constantes universais. Essa razão é, portanto, a mesma para qualquer uma das luas, resultado conhecido como a 3ª lei de Kepler.
- c) Medidas experimentais feitas pelo físico inglês Henry Cavendish em 1797 permitiram a primeira estimativa do valor da constante universal da gravitação  $G$ . **Use** as informações do gráfico acima e o valor experimental de  $G$  **para estimar** a massa de Júpiter.

Dado:

$$G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

Cálculos e respostas:

- a) O período do movimento de Ganimedes, lido no gráfico, é

$$T_G = 7,2 \text{ dias} = 7,2 \times 24 \times 3600 \text{ s} \approx 6,3 \times 10^5 \text{ s}$$

$$\omega_G = \frac{2\pi}{T_G} \approx \frac{6,3}{6,3 \times 10^5 \text{ s}} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$$

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

Cálculos e respostas:

- b) A força gravitacional exercida por Júpiter sobre a lua tem efeito centrípeta:

$$G \frac{M_J m_L}{R^2} = m_L \frac{v_L^2}{R} \Rightarrow v_L^2 = \frac{GM_J}{R}$$

$$v_L T = 2\pi R \Rightarrow v_L = \frac{2\pi R}{T}$$

$$\frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM_J}{R} \Rightarrow \frac{R^3}{T^2} = \frac{GM_J}{4\pi^2}$$

- c) Para Gamimedes, lemos no gráfico que  $R \approx 1,1 \times 10^6 \text{ km} = 1,1 \times 10^9 \text{ m}$

Da 3ª lei de Kepler demonstrada no item anterior temos

$$M_J = \frac{4\pi^2}{G} \frac{R^3}{T^2} = \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 \frac{R^3}{G} = (10^{-5})^2 \times \frac{(1,1 \times 10^9)^3}{6,7 \times 10^{-11}} = 2,1 \times 10^{27} \text{ kg}$$

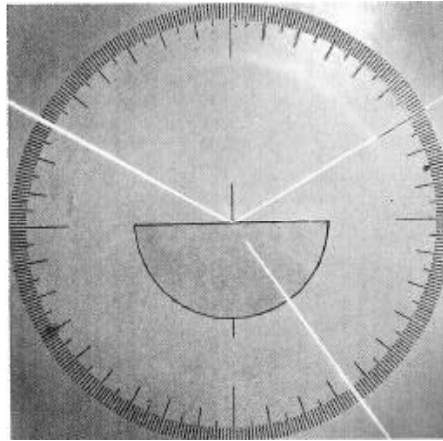
## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

**5ª QUESTÃO:** (2,0 pontos)

Avaliador

Revisor

As leis de reflexão e refração podem ser verificadas através do experimento indicado na figura abaixo, onde um feixe estreito de luz monocromática, proveniente do ar, incide sobre a face plana de um bloco de vidro cuja seção reta é um semicírculo. O semicírculo é concêntrico com o transferidor, e a normal à face plana do semicírculo passa pelo zero da escala do transferidor.



- a) Fazendo uso da tabela abaixo **faça** uma estimativa do índice de refração do vidro.

ângulo	seno
30°	0,50
35°	0,57
55°	0,82
60°	0,87

- b) Observe que o feixe de luz incidente na face curva do bloco não desvia ao passar do vidro para o ar. **Explique** por que isso ocorre.
- c) Suponha que o bloco do experimento fosse substituído por outro de faces paralelas, feito do mesmo material. **Desenhe** na figura que se encontra no espaço reservado para resposta, a trajetória do feixe nessa nova situação.

Cálculos e respostas:

a)  $n_{\text{ar}} \sin \theta_{\text{ar}} = n_{\text{vidro}} \sin \theta_{\text{vidro}}$  ,  $n_{\text{ar}} \approx 1$

A figura mostra que  $\theta_{\text{ar}} = 60^\circ$  e que  $\theta_{\text{vidro}} = 35^\circ$ ; logo

$$n_{\text{vidro}} = \frac{\sin \theta_{\text{ar}}}{\sin \theta_{\text{vidro}}} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 35^\circ}$$

$$n_{\text{vidro}} = \frac{0,87}{0,57} \approx 1,5$$

## FÍSICA - Grupos H e I - Gabarito

Cálculos e respostas:

b) Ângulo de incidência igual a zero  $\Rightarrow$  ângulo de refração = 0

c)

