‘

Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas 2026

OBFEP

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
www.sbfisica.org.br/olimpiadas
obfisica@sbfisica.org.br
Tel: (11) 3814 5152

Realização

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Apoio

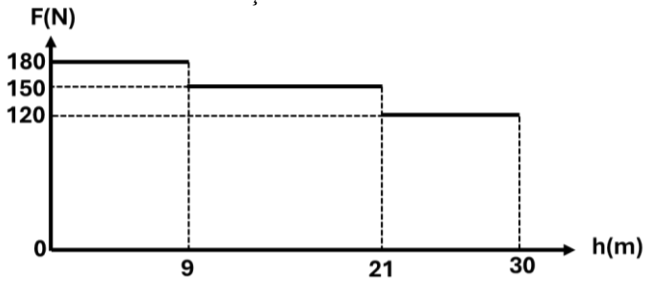
2ª FASE – NÍVEL C (alunos(as) do 3º e 4ª séries – Ensino Médio e Técnico)

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO

01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos da 3ª e 4ª séries do Ensino Média e Técnico. Ela contém cinco **questões teóricas e um procedimento experimental com três questões.**
02) Além deste caderno com as questões, você deve receber um Caderno de Resoluções. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do Caderno de Resoluções antes do início da prova.
03) A duração desta prova é de **quatro horas e trinta minutos**, com uma extensão de **até trinta (30) minutos**, devendo o aluno permanecer na sala por no **mínimo noventa (90) minutos.**

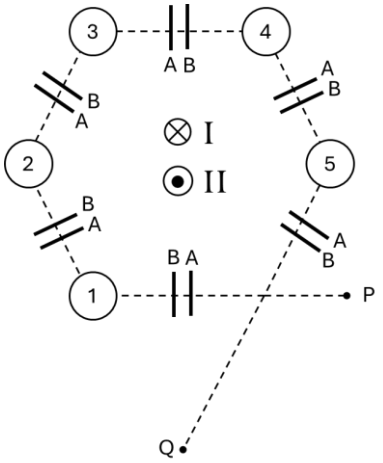
01. Um homem estava no térreo de um prédio quando entrou em um elevador e apertou o botão do 10º andar, localizado a 30 m de altura. O elevador subiu sem interrupções, parando exatamente no 10° andar. Durante a subida, ele segurava uma sacola com a mão direita. A força exercida por sua mão sobre a sacola variou com a altura do elevador conforme o gráfico a seguir, em que h representa a altura do elevador em relação ao térreo.





O motor que movimentava o elevador apresentava rendimento de 80%, e a variação da energia mecânica da sacola durante a subida correspondeu a apenas 3% da energia elétrica total consumida por esse motor.
Sabendo que houve um intervalo da subida em que o elevador se deslocou com velocidade constante e considerando g = 10m/s², responda às questões a seguir.
a) Quanto tempo o elevador levou para completar a subida até o 10º andar?
b) Considerando que 300 C de carga elétrica atravessaram o motor durante a subida, determine o valor da força contra eletromotriz desse motor.

02. A imagem representa uma montagem inspirada em um acelerador de partículas. A forma é de um hexágono regular com solenoides idênticos posicionados em cinco de seus vértices e representados por círculos. Nos lados desse hexágono, foram posicionados seis capacitores planos cujas placas foram conectadas a um mesmo gerador com ddp **U** constante: as placas A foram ligadas ao polo positivo desse gerador e as placas B, ao seu polo negativo. Um próton com **0,9 c** de velocidade segue do ponto P para o vértice vazio. Devido ao seu minúsculo tamanho, o próton segue a linha tracejada, atravessando os capacitores e os solenoides sem colidir com suas estruturas, atingindo um alvo no ponto Q. Na imagem, também foram representados os sentidos I e II da direção perpendicular ao hexágono base. Representando a carga elementar por **e**, responda às perguntas abaixo.



a) Descreva a função dos capacitores no movimento do próton, identifique qual o sentido do campo produzido por eles e determine o acréscimo da energia cinética que o próton adquiriu de P até Q.
b) Descreva a função dos solenoides no movimento do próton, identifique qual o sentido do campo produzido por eles e compare a intensidades das correntes elétricas que os atravessam.

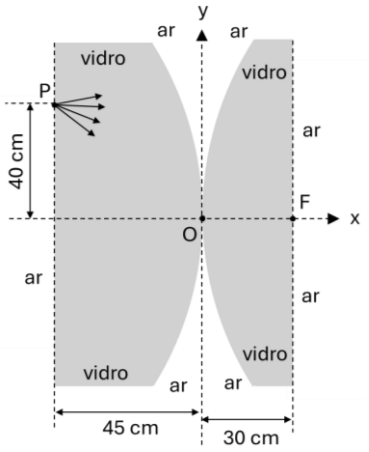
‘

03. Coloquei 500 g de água, inicialmente à temperatura ambiente de 20 °C, em uma panela de vidro para aquecê-la em um fogão elétrico resistivo. Entretanto, acabei me esquecendo da panela sobre o fogão, deixando-a aquecer durante 5 minutos. Nesse intervalo, o fogão produziu 330 kJ de energia térmica. Esse fogão opera sob tensão de 110 V, e sua resistência elétrica é formada por um fio espiralado de nicromo, com área de seção transversal igual a 0,1 mm². A resistividade do nicromo é 1,1 x10^{-6} Ω.m. A água possui calor específico igual a 4 J/°C.g e calor latente de vaporização igual a 2.250/J/g. Considerando que 80 kJ da energia térmica produzida foram absorvidos pelo ar e pela panela, responda às perguntas a seguir.



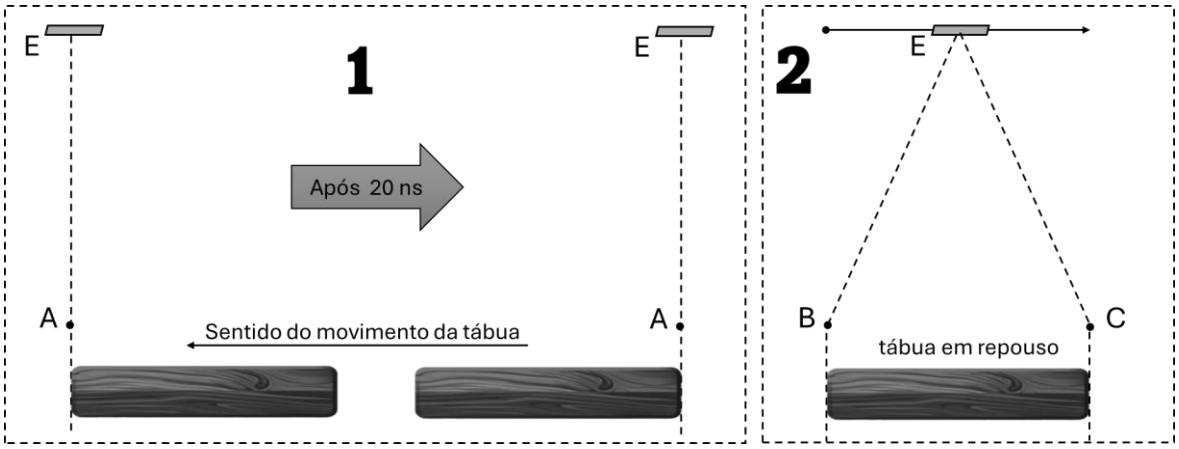
a) Quantos gramas de água ainda restam na panela ao final desses 5 minutos?
b) Qual é o comprimento do fio que forma a resistência elétrica do fogão?

04. Dois blocos de vidro, cada um com uma face esférica e as demais planas, foram justapostos com as faces esféricas voltadas uma para a outra, formando uma lente delgada gaussiana de borda grossa, conforme a figura em anexo. Nela, podemos identificar um dos focos (F) dessa lente e seu centro óptico (O), adotado como origem de um plano cartesiano cujo eixo das abscissas coincide com o eixo principal dessa lente. Na superfície de um dos blocos, uma fonte pontual de luz (P) emite um feixe de raios que atravessa a lente. Sabe-se que o índice de refração do vidro que compõe os blocos é 1,5, enquanto o do ar é aproximadamente 1,0.



Responda às perguntas abaixo sobre a situação descrita.
a) Quais são as coordenadas do ponto imagem formado pela lente, considerando a fonte P como ponto objeto?
b) Um dos raios de luz emitidos pela fonte P incide na lente paralelamente ao seu eixo principal. Quais são as coordenadas do ponto em que esse raio de luz emerge do conjunto de blocos de vidro apresentado?
Dica: para cálculos, pode-se desconsiderar a espessura de uma lente gaussiana.

05. Vamos analisar uma experiência mental inspirada nas apresentadas por Einstein para tratar da dilatação do tempo e da contração do espaço. Nessa situação, o movimento de um pulso luminoso, emitido por uma fonte pontual e refletido por um espelho, é observado a partir de dois referenciais inerciais, 1 e 2, que se movem horizontalmente um em relação ao outro com velocidade de 200 mil km/s, ou seja, 2c/3. No referencial 1, a fonte pontual emite o pulso luminoso a partir do ponto A, em direção a um espelho E, que está em repouso na mesma vertical de A. A emissão ocorre no exato momento em que uma das extremidades de uma tábua horizontal passa pela reta vertical que contém o ponto A. Em relação ao referencial 1, essa tábua se move horizontalmente com velocidade de 200 mil km/s. Após refletir no espelho, a luz retorna ao ponto A em 20 ns, no mesmo instante em que a outra extremidade da tábua passa por essa mesma reta vertical.



No referencial 2, esse mesmo pulso luminoso é emitido no ponto B, reflete no espelho E e passa pelo ponto C, localizado na mesma horizontal de B, após um intervalo de tempo T. Nesse referencial, as verticais que passam pelos pontos B e C coincidem com as extremidades da tábua, que se encontra em repouso. Assim, a distância BC corresponde ao comprimento da tábua medido no referencial 2. Como o espelho estava em repouso em relação ao referencial 1, deve ter 200 mil km/s em relação ao referencial 2.
A teoria da relatividade restrita estabelece que a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor **c** para qualquer referencial inercial. Além disso, na direção perpendicular ao movimento relativo entre os referenciais, as distâncias medidas permanecem iguais. Com base nessa teoria e considerando c = 300 mil km/s, responda:
a) Calcule a distância vertical entre o espelho E e o ponto A e o comprimento da tábua medidos no referencial 1.
b) Calcule o intervalo de tempo T e o comprimento da tábua medidos no referencial 2.
Dica: caso necessário, adote $\frac{3}{\sqrt{5}} \cong 1{,}34$.

Prova Experimental Nível C - OBFEP 2026

Determinação da aceleração da gravidade usando uma distribuição de medidas experimentais

Kit experimental

- haste fixada ao pivô, rolamento
- 2 paredes laterais
- 1cronômetro
- 1 conector horizontal
- 1 vareta limitadora



Figura 1

Pêndulo – Teoria

Pêndulo é um sistema mecânico que, sob a ação de forças restauradoras (força peso, força elástica de uma mola), realiza movimentos periódicos de uma massa em torno de um eixo chamado de pivô. O pêndulo pode ser usado para estudar o movimento harmônico simples, medir a aceleração da gravidade, etc.

Uma oscilação acontece quando o pêndulo, após ser retirado de uma dada posição retorna à posição inicial, ou seja, ele vai e volta; o tempo entre ir e voltar é o período T de uma oscilação. Deslocando a haste (vide Figura 3), o pêndulo oscila em torno do ponto de equilíbrio. O período de um pêndulo considerado simples, para pequenos ângulos, é dado pela fórmula

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \qquad (1)$$

onde L é o comprimento do pêndulo, e g é a aceleração da gravidade local.

Para pequenos ângulos, a amplitude da oscilação (o ângulo formado entre o ponto de maior deslocamento do pêndulo e a reta vertical da posição de equilíbrio) não influencia a duração do período.

O que é incerteza?

Neste experimento vamos fazer uma introdução a incertezas e encontrar o valor da aceleração da gravidade a partir de métodos estatísticos.

A incerteza é um valor associado ao resultado de uma medição, seja devida ao instrumento ou obtida a partir de um conjunto de medidas. Este valor caracteriza o intervalo de valores que podem ser atribuídos ao que está sendo medido. Quanto maior a incerteza, menos sabemos a respeito da grandeza medida e quanto mais soubermos, menor será a incerteza.

Todo valor de uma grandeza física, obtido experimentalmente, possui uma incerteza associada, ou seja, o valor medido pode não ser exatamente o valor verdadeiro; a *incerteza* indica o valor máximo para o possível desvio desse valor. Assim, podemos afirmar que o valor verdadeiro a de uma grandeza física A está **contido** num intervalo centrado num *valor mais provável* (por exemplo, um valor médio) dado por

$$\overline{a} = \frac{(a_1 + a_2 + \cdots + a_n)}{n}, \tag{2}$$

sendo então escrito como

$$a = \bar{a} \pm \Delta a\,, \tag{3}$$

em que $\bar{a}$ é o valor médio das medidas $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, e Δa é a incerteza associada, que indicaremos como calcular no Procedimento Experimental.

Incerteza da medição

Usando um instrumento digital, como um cronômetro, o valor de tempo t medido pode aparecer conforme a Figura 2.

Observe que, como o menor valor medido neste cronômetro é de 0,01 diz-se ser ele tão preciso quanto 0,01 s, ou seja, a menor unidade de tempo de sua escala.

A incerteza da medição, ou resolução do aparelho, é diretamente relacionada ao menor valor que pode ser lido na escala. Resumindo: para o caso de instrumentos digitais considera-se que a incerteza é igual ao menor valor da escala de medição. Na presente experiência, vamos expressar valores de medidas até o segundo dígito após a vírgula, ou seja, consideraremos a incerteza $\Delta \mathrm{T} = 0{,}01\mathrm{s}$.



Figura 2

Tratamento Estatístico

Suponha que tenhamos um conjunto de medidas $a_1, a_2, \ldots\ a_n$ de uma grandeza A. Pela Estatística tem-se que:

1. O **valor médio** dessa grandeza será dado pela equação (2)
2. O **desvio padrão ao quadrado** (Σ^2), cuja raiz quadrada representa a dispersão dos resultados, será dado por
$$\Sigma^2 = \frac{[(a_1 - \overline{a})^2 + (a_2 - \overline{a})^2 + \cdots + (a_n - \overline{a})^2]}{(n-1)} \tag{4}$$
3. A **incerteza estatística ao quadrado** $(\boldsymbol{\partial^2})$, será: $\partial^2 = {\Sigma^2}/{\mathrm{n}}$
4. A **incerteza estatística de** A, será dada por: $\Delta A = \sqrt{\partial^2}$

O experimento

Montagem (ver figura1 e figura 3):

1. Encaixe as duas paredes laterais no conector horizontal (base), mantendo os orifícios alinhados.
2. Insira o eixo (pivô) da haste do pêndulo nos orifícios das paredes laterais.
3. Verifique se a haste do pêndulo oscila livremente em um plano vertical, perpendicular à superfície de apoio.
4. Por fim, encaixe a vareta limitadora do movimento nos respectivos cortes, conforme mostrado na fotografia.




Figura 3

O experimento será baseado no modelo de pêndulo físico, que considera a haste como um *corpo extenso*, ou seja, que possui massa; neste caso devemos usar a posição do centro de massa do sistema (haste + massa) e, assim, o comprimento L "efetivo", que usaremos na equação (1), é a distância entre o pivô (eixo) e o centro de massa; considere essa distância L igual a 14cm.

Procedimento experimental

ATENÇÃO: A Tabela deve ser preenchida e as Questões respondidas na página 4 do Caderno de Resoluções.

1. Mova a haste do pêndulo até encostar na vareta limitadora
2. Solte a haste ao mesmo tempo que aciona o cronômetro
3. Conte 10 oscilações e, ao chegar na décima, pare o cronômetro e anote o tempo em segundos (s)
4. Repita **cinco vezes** o **passo 3** e construa, no **Caderno de Resolução,** a Tabela a seguir

Medidas(i)	Tempo de 10 Oscilações (t_i) em segundos	Período $T_i = t_i/10$ (em segundos)
1ª Medida		
2ª Medida		
3ª Medida		
4ª Medida		
5ª Medida		

Tabela 1 - Obs.: **arredondar**, para duas casas decimais, os valores obtidos.

Questões

Questão 1 - Construa, no Caderno de Resolução, a **Tabela 2** (abaixo) e a preencha seguindo os passos:

a) Usando os valores de T_i da **Tabela 1** e a equação abaixo,

$$g_i = \frac{4\pi^2 L}{T_i^2} \qquad (5)$$

em que, usando $\pi = 3$ e $L = 14\ cm$, resulta em

$$g_i = \frac{504}{T_i^2},$$

calcule g_i para cada um dos períodos.

b) Calcule o **valor médio** de $\boldsymbol{g}$, notado por $\bar{g}$, partindo da expressão (2),ou seja:

$$\overline{g} = \frac{(g_1 + g_2 + \cdots + g_n)}{n}$$

em que n é o número de medidas.

c) Calcule $(g_i - \bar{g})$ e $(g_i - \bar{g})^2$

Medidas (i)	g_i	$(g_i - \bar{g})$	$(g_i - \bar{g})^2$
1ª Medida			
2ª Medida			
3ª Medida			
4ª Medida			
5ª Medida			

Tabela 2 Obs.: **arredondar**, para duas casas decimais, os valores obtidos.

Questão 2 - Com os valores da **Tabela 2,** determine:

(a) o **Desvio Padrão ao Quadrado,** $\Sigma^2 = \frac{[(g_1-\bar{g})^2+(g_2-\overline{g})^2+\cdots+(g_n-\overline{g})^2]}{(n-1)}$, onde n é o número de medidas.

(b) a **Incerteza Estatística ao Quadrado,** $\partial^2 = {\Sigma^2}/{\mathrm{n}}$

(c) a **Incerteza Estatística,** $\Delta g = \sqrt{\partial^2}$

(d) escreva (ver expressão 3) o valor de $\boldsymbol{g}$ incluindo a incerteza estatística Δg.

Questão 3 - (a) Use os valores de T_i da **Tabela 1** para calcular o valor médio $\bar{T}$ do período.
Calcule $\boldsymbol{g}$, considerando esse valor $\bar{T}$ e a equação da aceleração da gravidade obtida da equação (1), ou seja

$$g = \frac{4\pi^2 L}{\bar{T}^2} \qquad (5)$$

em que, usando $\pi = 3$ e $L = 14\ cm$, resulta em

$$g = \frac{504}{\bar{T}^2}$$

(b) Compare o valor de $\boldsymbol{g}$ obtido no **item (a) desta Questão** com o $\boldsymbol{g}$ **médio** obtido no **item (b) da Questão 1**, indicando possível explicação para a coincidência ou diferença de valores.