

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2025

Prova da 2ª Fase

9 DE AGOSTO DE 2025

NÍVEL II
Ensino Médio
1ª e 2ª Séries

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES

1. Esta prova destina-se exclusivamente a estudantes da **1ª e 2ª séries do Ensino Médio**. Ela contém **12** questões.
2. Estudantes da **1ª série** podem escolher livremente **8** questões para responder. Caso sejam respondidas mais de 8 questões, apenas as 8 primeiras serão corrigidas.
3. Estudantes da **2ª série** devem responder **apenas** às 8 questões não indicadas como exclusivas da 1ª série. As questões válidas para a 2ª série estão numeradas de 5 a 12.
4. Siga as instruções da prova disponíveis em: https://app.graxaim.org/obf/2025/open_page/instrucoes_2_fase. Destaques:
 - Em caso de problemas com o site de provas, entre em contato imediatamente pelo e-mail: equipeobf@graxaim.org.
 - As questões podem ser respondidas em qualquer ordem.
 - **O intervalo entre submissões** (entre a primeira submissão e o início da prova (13h30) ou entre duas submissões consecutivas) **não pode exceder 45 minutos. Atrasos podem anular questões.** Veja regras em: https://app.graxaim.org/obf/2025/open_page/instrucoes_2_fase#intervalo_entre_respostas.
 - Preencha os campos de resposta **APENAS** com **números inteiros ou decimais, positivos ou negativos, e sem as unidades de medida**. Veja exemplos em: https://app.graxaim.org/obf/2025/open_page/instrucoes_2_fase#campos_de_respostas.
 - Faça cada resolução em área equivalente a uma folha A5, fotografe e anexe. A imagem deve estar nítida e legível.
 - O envio da imagem da resolução é obrigatório.
5. Respostas fora da plataforma (por e-mail ou qualquer outro meio) não serão aceitas.
6. É permitido usar celular ou computador **apenas** para acessar o site da prova ou contatar a equipe da OBF. **Qualquer outro uso (calculadoras, buscas, aplicativos, etc.) é proibido.**

INSTRUÇÕES (CONTINUAÇÃO)

7. As respostas devem ser enviadas entre 13h30 e 17h30 (horário de Brasília).
8. Em caso de instabilidade que afete parte significativa do país, o sistema poderá aceitar envios após as 17h30. Nesses casos, a validade das submissões será avaliada por uma comissão da OBF.
9. É proibido comentar ou discutir enunciados, respostas ou soluções em redes sociais, fóruns ou qualquer meio público até as 14h00 de 10/08/2025 (horário de Brasília).
10. Se necessário, e salvo indicação em contrário, use: $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sin(15^\circ) = 0,26$; $\cos(15^\circ) = 0,97$; $\sin(30^\circ) = 0,50$; $\cos(30^\circ) = 0,85$; $\sin(45^\circ) = 0,70$; $\pi = 3$; densidade da água = $1,0 \text{ g/cm}^3$; calor específico da água = $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$; calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g ; calor latente de vaporização da água = 540 cal/g ; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; raio da Terra = $6\,400 \text{ km}$; velocidade do som no ar = 340 m/s ; velocidade da luz no vácuo = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$; e aceleração da gravidade = $10,0 \text{ m/s}^2$.
11. Se necessário, use a fórmula de aproximação para raízes quadradas:

$$\sqrt{N \pm \delta} \approx \sqrt{N} \pm \frac{\sqrt{N}}{2N} \cdot \delta$$

onde $\sqrt{N}$ é uma raiz conhecida e $\sqrt{N \pm \delta}$ é a raiz a ser estimada. Exemplos:

- $\sqrt{38} = \sqrt{36 + 2} \approx \sqrt{36} + \frac{\sqrt{36}}{2 \cdot 36} \cdot 2 = 6 + \frac{2}{12} \approx 6,17$
- $\sqrt{23} = \sqrt{25 - 2} \approx \sqrt{25} - \frac{\sqrt{25}}{2 \cdot 25} \cdot 2 = 5 - \frac{2}{10} = 4,80$

Questão 1 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Ao planejar o tempo necessário para uma viagem rodoviária, é importante considerar tanto a distância de cada trecho quanto a velocidade média efetivamente alcançada. Motoristas experientes costumam adaptar sua velocidade ao tipo de via: em geral, conseguem manter velocidades médias iguais a 50% da máxima permitida em trechos urbanos, 80% em estradas simples e 90% em autoestradas.

Considere que um motorista planeja realizar uma viagem composta por três trechos consecutivos: o primeiro trecho tem 160 km e é feito em rodovia simples; o segundo consiste em um percurso urbano de 40 km que atravessa uma região metropolitana; o terceiro trecho ocorre em uma autoestrada de 210 km. As velocidades máximas permitidas nesses trechos são, respectivamente, 80 km/h, 60 km/h e 100 km/h.

Suponha que o motorista consiga manter, em cada trecho, a velocidade média compatível com o tipo de via, conforme descrito. Determine:

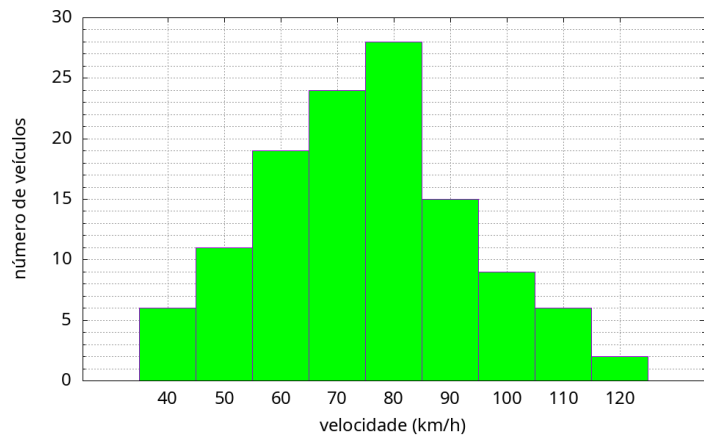
- (a) o tempo total da viagem, em minutos;



(b) a velocidade média total da viagem, em km/h.

Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Em um estudo sobre o tráfego em um trecho de estrada, foram registradas as velocidades de veículos que passaram por um ponto de medição durante certo intervalo de tempo. O resultado foi agrupado nas classes de velocidade representadas no histograma ao lado.



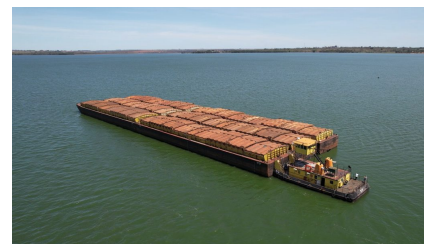
Cada barra do histograma representa o número de veículos que registraram velocidade v dentro do intervalo $]v_i - 5 \text{ km/h}, v_i + 5 \text{ km/h}]$, em que v_i é o valor central do respectivo intervalo, conforme indicado na figura.

Considerando o conjunto de veículos deste estudo, responda:

- Qual é a velocidade média, em km/h, dos veículos?
- Sabendo que a velocidade máxima permitida no trecho é de 80 km/h, com tolerância de 5 km/h, qual a porcentagem dos motoristas deste estudo que poderia ser multada por excesso de velocidade?

Questão 3 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Barcaças de transporte fluvial são cada vez mais utilizadas para o escoamento da produção agrícola da bacia do Tietê-Paraná, devido ao baixo custo do transporte hidroviário. Uma dessas barcaças, vazia, tem massa de 180 toneladas e dimensões externas de 60 m de comprimento por 11 m de largura, com paredes laterais verticais e altura suficiente para evitar transbordamentos. Considere um trecho do rio em que a profundidade máxima permitida para navegação segura é de 2,50 m.

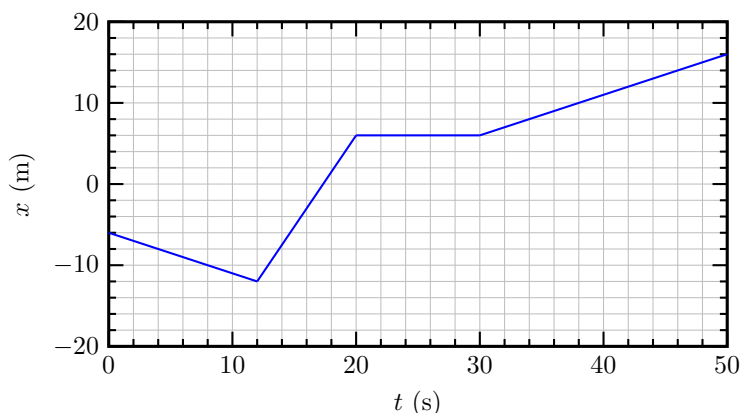


ref: <https://www.agenciasp.sp.gov.br/hidrovia-tiete-parana-registra-crescimento-de-58-na-quantidade-de-carga-transportada>

- Qual é a profundidade submersa da barcaça, em metros, quando ela está vazia?
- Qual é a distância, em metros, entre o fundo da barcaça **carregada** e o limite de profundidade permitido para navegação segura? Considere que a barcaça transporta uma carga de cana-de-açúcar com volume total de 400 m^3 e densidade média de 700 kg/m^3 .

Questão 4 (exclusiva para alunos da 1ª série).

Para ilustrar uma aula de cinemática, duas estudantes de Física decidem usar um pequeno carro de controle remoto. No pátio plano da escola, elas estendem uma fita métrica longa (do tipo usado para medição de terrenos), criando uma escala linear de referência.

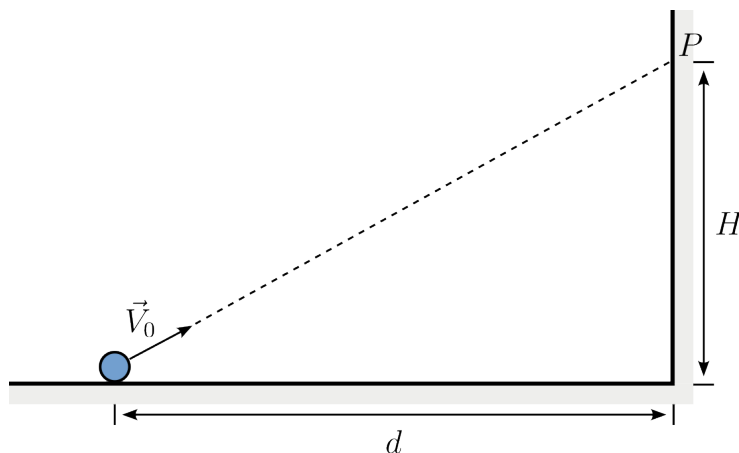


Em seguida, filmam o movimento do carrinho ao longo dessa escala durante um intervalo de 50 segundos. Após a filmagem, analisam o vídeo e convertem as posições observadas na trena em valores de posição x ao longo do tempo, construindo o gráfico mostrado acima. Com base no gráfico, determine a velocidade média, em m/s, do carrinho, durante os seguintes intervalos:

- de todo o experimento;
- de movimento regressivo (movimento no sentido negativo de x);
- de movimento progressivo (movimento no sentido positivo de x).

Questão 5.

Um estudante de Física está em uma quadra poliesportiva plana, na qual há uma bola em repouso sobre o piso, a uma distância de $d = 12,0$ m de uma parede lateral vertical. Ele chuta a bola, que inicialmente se desloca com velocidade $\vec{V}_0$ em direção a um ponto P , localizado a uma altura $H = 5,00$ m na parede (veja a figura fora de escala ao lado).



Sabendo que a bola atinge a parede em um ponto de altura $h = 1,00$ m, determine:

- O módulo da velocidade inicial V_0 , em m/s, que a bola adquire imediatamente após o chute.
- A máxima altura $h_{\text{máx}}$, em m, que a bola atinge.

Questão 6.

Uma garrafa térmica com isolamento razoável contém inicialmente 200 g de gelo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. A tabela ao lado mostra a potência média com que a garrafa absorve calor do ambiente, em função da temperatura de seu conteúdo, quando mantida em uma sala a temperatura constante de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os dados correspondem a condições típicas de uso, com a garrafa tampada e sem agitação do conteúdo.

temperatura	$P\text{ (W)}$
$T_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	8
$T_i \in]0; 10]\text{ }^{\circ}\text{C}$	6
$T_i \in]10; 25]\text{ }^{\circ}\text{C}$	2

Admita que não há trocas de calor entre o conteúdo da garrafa e o seu suporte físico (tampa, paredes internas, etc), e que todo o calor absorvido pelo sistema é utilizado exclusivamente para o derretimento do gelo e o aquecimento da água resultante.

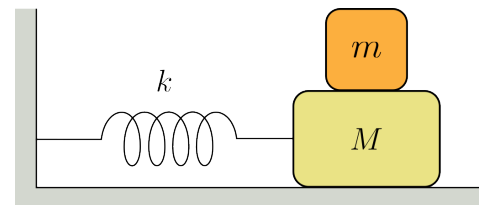
Determine, em minutos, os intervalos de tempo (contados a partir do instante inicial) necessários para que:

- todo o gelo esteja completamente derretido;
- toda a água atinja a temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Questão 7.

Na figura ao lado, o bloco de massa $M = 300\text{ g}$ está apoiado sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa (sem atrito) e preso a uma mola de constante elástica k .

Um segundo bloco, de massa $m = 200\text{ g}$, está simplesmente apoiado sobre o bloco M . O coeficiente de atrito estático entre os blocos é $\mu = 0,3$.



Deseja-se fazer o sistema oscilar com uma amplitude máxima de $10,0\text{ cm}$. Determine o maior valor possível da constante elástica k , em N/m , que garanta que o bloco m não escorregue sobre o bloco M durante o movimento.

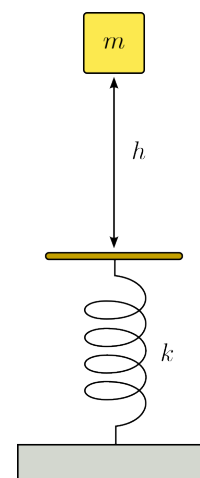
Questão 8. Painéis de fundo triplo, compostas por uma camada intermediária de cobre entre duas camadas de aço inox, são amplamente utilizadas em cozinhas profissionais. A camada de cobre, excelente condutor térmico, distribui o calor uniformemente, enquanto o aço inox oferece maior resistência mecânica e à oxidação. Considere uma situação típica em que uma panela está em uso com uma certa quantidade de água em ebulição em uma cozinha no nível do mar. A boca do fogão fornece uma potência de 1500 W , e o fundo da panela tem área $A = 300\text{ cm}^2$. Cada uma das três camadas (aço + cobre + aço) do fundo da panela tem espessura $\ell = 1,0\text{ mm}$. A condutividade térmica do cobre é $k_{\text{Cu}} = 400\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ e a do aço inox é $k_{\text{Aço}} = 20\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Suponha que 80% da potência da chama seja transferida de forma uniforme para a base da panela.

- Determine a temperatura da face externa do fundo da panela, em contato com a chama, em $^{\circ}\text{C}$.
- Determine o módulo diferença de temperatura, em $^{\circ}\text{C}$, entre as interfaces aço/cobre e cobre/aço

Questão 9.

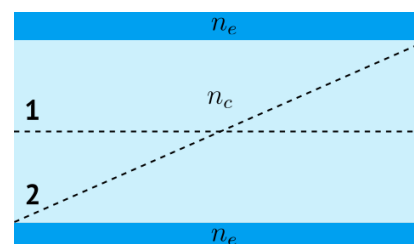
Em um laboratório didático de Física, há um arranjo experimental para estudar um sistema de amortecimento composto por uma mola vertical de constante elástica $k = 20,0 \text{ N/m}$ e massa desprezível, que sustenta uma plataforma horizontal também de massa desprezível (veja a figura fora de escala). Um bloco de massa $m = 200 \text{ g}$ é abandonado do repouso a partir de uma altura h acima da plataforma. O estudante deseja determinar a deformação máxima d da mola após o impacto com o bloco. Considere que o sistema se move apenas na direção vertical (a parte do equipamento que garante isso não é mostrada) e que não há dissipação de energia mecânica. Determine d , em cm, nos seguintes casos:

- (a) $h = 20 \text{ cm}$
- (b) $h = 40 \text{ cm}$



Questão 10.

Uma fibra óptica cilíndrica de comprimento $L = 1,50 \text{ km}$ é composta por um núcleo central com índice de refração $n_c = 1,40$ e uma camada externa com índice de refração $n_e = 1,19$. A figura ao lado mostra uma seção longitudinal de um segmento da fibra. Um efeito indesejável que degrada a qualidade da informação transmitida é o alargamento do sinal, o qual pode ser estimado considerando as diferentes trajetórias percorridas pelos raios de luz.

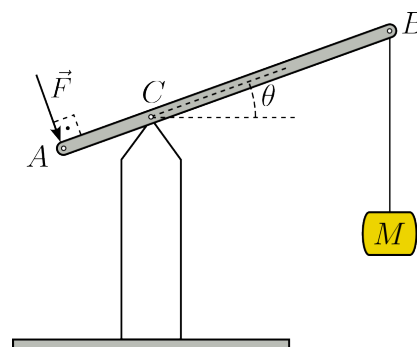


Por exemplo, a linha tracejada 1 representa o percurso de um raio luminoso que se propaga ao longo do eixo da fibra, enquanto a linha tracejada 2 representa o caminho de outro raio que sofre reflexões sucessivas na interface entre o núcleo e a camada externa. Considere os raios de luz que percorrem a fibra no menor intervalo de tempo possível t_1 e no maior intervalo de tempo possível t_2 . Suponha que o alargamento do sinal, Δx , possa ser estimado por $\Delta x = (t_2 - t_1)v$, onde v é a velocidade de propagação da luz na fibra. Determine:

- (a) t_1 , em microssegundos (10^{-6} s);
- (b) t_2 , em microssegundos (10^{-6} s);
- (c) Δx , em metros.

Questão 11.

Em um laboratório didático de Física, um estudante investiga o funcionamento de um guindaste construído em escala reduzida, representado na figura ao lado. A lança do guindaste é modelada por uma barra homogênea AB , de comprimento $80,0\text{ cm}$ e massa $m = 200\text{ g}$, que pode girar livremente em torno do ponto fixo C , que a conecta à torre vertical. Uma carga de massa $M = 500\text{ g}$ é suspensa por um fio ideal preso à extremidade B da barra.



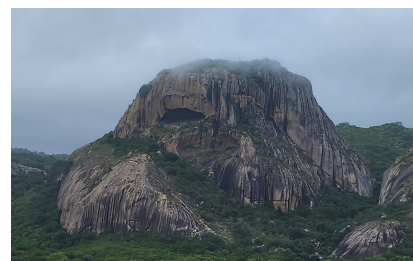
A extremidade oposta da barra, ponto A , está sujeita a uma força externa de intensidade F , aplicada sempre perpendicularmente à barra AB . A distância entre os pontos A e C é de $16,0\text{ cm}$.

Considere situações de equilíbrio estático do sistema e determine:

- a intensidade da força F , em N, quando $\theta = 0^\circ$;
- a intensidade da força F , em N, quando $\theta = 60^\circ$;
- a intensidade da força que a torre exerce sobre o ponto C , em N, quando $\theta = 60^\circ$.

Questão 12.

Durante uma excursão à *Pedra da Boca*, no interior da Paraíba, um estudante decide gritar a palavra “Eco”, voltado diretamente para a face rochosa de um paredão vertical. Ele percebe que, após gritar, ouve o eco aproximadamente $1,2\text{ s}$ depois.



Considere que o som se propaga isotropicamente pelo ar, que a fonte sonora pode ser aproximada por uma fonte pontual, e despreze perdas por absorção, interferências e reflexões secundárias.

Sabendo que a potência média do grito é $P_0 = 6 \times 10^{-3}\text{ W}$, estime:

- a distância, em metros, entre o estudante e o paredão rochoso;
- a intensidade média I_1 da onda sonora (grito), em W/m^2 , quando está a 10 m do estudante (fonte);
- a intensidade média I_e da onda sonora correspondente ao eco, em W/m^2 , ao chegar ao ouvido do estudante.