



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2024

Prova da 2ª Fase

10 DE AGOSTO DE 2024

NÍVEL II  
Ensino Médio  
1ª e 2ª Séries

**LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:**

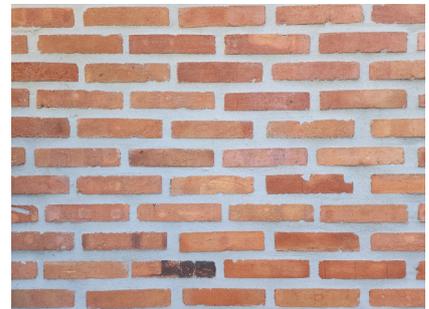
1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos das **1ª e 2ª séries do nível médio**. Ela contém **12** questões.
2. Os alunos da **1ª série** podem escolher livremente **8** questões para responder. Caso sejam respondidas mais de 8 questões, apenas as 8 primeiras respostas serão corrigidas.
3. Os alunos da **2ª série** podem responder apenas as 8 questões que não estão indicadas como *exclusivas para alunos da 1ª série*. As questões para a **2ª série** estão numeradas de 5 a 12.
4. Você deve seguir as instruções de prova dadas em [https://app.graxaim.org/obf/2024/open\\_page/instrucoes\\_2\\_fase](https://app.graxaim.org/obf/2024/open_page/instrucoes_2_fase). Entre as instruções dadas nesse documento, destacamos que:
  - As questões podem ser respondidas em qualquer ordem.
  - O intervalo de submissão entre duas resoluções consecutivas, ou entre a primeira submissão e as 18h00m (início da prova), não pode ultrapassar 45 minutos. **Atrasos podem fazer com que questões enviadas não sejam avaliadas.**
  - Preencha as caixas/campos de respostas apenas com **números na representação inteira ou decimal e sem as unidades de medidas.**
  - Escreva a resolução de cada questão em uma área de papel equivalente ao tamanho A5 (metade de uma folha A4). Fotografe a resolução e anexe-a na plataforma. Certifique-se que a imagem anexada esteja nítida e legível.
  - O envio das imagens das resoluções das questões é obrigatório.
5. Não serão aceitas respostas enviadas fora da plataforma (por email ou qualquer outro meio).
6. Durante a prova é permitido o uso de celular ou computador **apenas** para acessar o site <https://app.graxaim.org/obf/2024> ou para trocas de mensagens com os coordenadores estaduais da OBF ou com [equipeobf@graxaim.org](mailto:equipeobf@graxaim.org). **Todos os demais usos (calculadoras, aplicativos gráficos e numéricos, consultas, buscas na internet, etc) são proibidos.**

### INSTRUÇÕES (CONTINUAÇÃO)

8. As respostas devem ser enviadas das 18h00m às 22h00m, horário de Brasília.
9. Caso haja congestionamentos ou problemas na rede que afetem partes consideráveis do país, o site poderá ser ajustado para aceitar submissões após as 22h00m, horário de Brasília. No entanto, a validade destas respostas será analisada por uma comissão da OBF especialmente designada para este fim.
10. São vedados comentários e discussões sobre os enunciados das questões, suas respostas e possíveis resoluções em redes sociais, blogs, fóruns e demais meios de comunicação até as 14h00m, horário de Brasília, de 11/08/2024.
11. Se necessário e salvo indicação em contrário, use:  $\sqrt{2} = 1,4$ ;  $\sqrt{3} = 1,7$ ;  $\sqrt{5} = 2,2$ ;  $\text{sen}(15^\circ) = 0,26$ ;  $\text{cos}(15^\circ) = 0,97$ ;  $\text{sen}(30^\circ) = 0,50$ ;  $\text{cos}(30^\circ) = 0,85$ ;  $\text{sen}(45^\circ) = 0,70$ ;  $\pi = 3$ ; densidade da água =  $1,0 \text{ g/cm}^3$ ; calor específico da água =  $4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ;  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ ; raio da Terra =  $6\,400 \text{ km}$  e aceleração da gravidade =  $10,0 \text{ m/s}^2$ .

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

Uma pessoa planeja construir uma parede de tijolos maciços para fechar completamente um vão de  $4,40 \text{ m}$  de largura por  $3,50 \text{ m}$  de altura. Os tijolos têm dimensões de  $20,0 \text{ cm} \times 10,0 \text{ cm} \times 5,00 \text{ cm}$ . A parede deve ter espessura de  $10,0 \text{ cm}$  de forma que os tijolos devem ser assentados com o lado maior na direção do comprimento da parede e o menor na direção da altura. Os tijolos devem ser assentados usando uma argamassa de densidade  $1900 \text{ kg/m}^3$  que os deixam separados por uma distância  $d$ . Considere que a argamassa preenche completamente o espaço entre os tijolos.



- (a) Caso  $d$  seja desprezível, quantos tijolos, aproximadamente, são utilizados na parede?
- (b) Caso  $d = 2,00 \text{ cm}$ , quantos tijolos são utilizados, aproximadamente, na parede?
- (c) Caso  $d = 2,00 \text{ cm}$ , qual a massa da argamassa aproximadamente, em  $\text{kg}$ , é utilizada na parede?



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

Ana e Beatriz são estudantes de física e estão no alto de uma ponte de 30 metros de altura. Ana abandona uma pedra e 0,50 s depois Beatriz lança outra verticalmente para baixo. As pedras atingem a água do rio abaixo simultaneamente. Desconsidere a resistência do ar.

- (a) Em que instante, em s, em relação ao momento em que foi solta, a primeira pedra atinge a água?
- (b) Qual a velocidade de lançamento, em m/s, da segunda pedra?

**Questão 3 (exclusiva para alunos da 1ª série).** A velocidade  $V$  de propagação de uma onda em uma corda vibrante é dada por:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

onde  $T$  é a tensão na corda e  $\mu$  é a densidade linear de massa da corda, ou seja, a massa por unidade de comprimento da corda. Considere uma corda de violão de aço de comprimento de 650 mm e diâmetro de 0,40 mm na qual  $V = 400$  m/s. Sabendo que a densidade do aço é 8 000 kg/m<sup>3</sup>, determine:

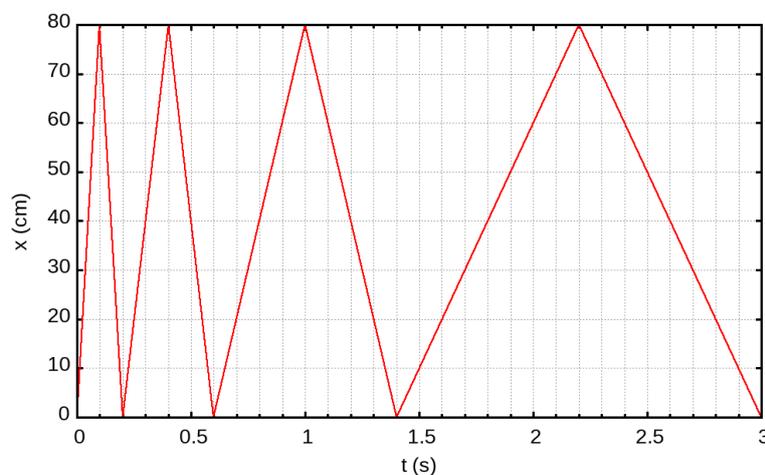
- (a)  $\mu$ , em kg/m.
- (b)  $T$ , em N.

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

Alberto e Bruno moram em cidades que estão ligadas por uma estrada de 300 km de extensão. Certo dia, Alberto decide fazer uma visita surpresa a Bruno e inicia sua viagem às 8h00min da manhã. Coincidentemente, Bruno tem a mesma ideia, e parte em direção à cidade de Alberto às 8h27min da manhã. Sabendo que Alberto e Bruno dirigem durante este percurso seus automóveis com velocidades escalares médias de 60 km/h e 80 km/h, respectivamente, determine:

- (a) O intervalo de tempo, em minutos, contados do início de sua viagem, em que o carro de Alberto cruza o carro de Bruno.
- (b) A distância, em km, percorrida pelo carro de Bruno até o ponto onde se cruzaram.

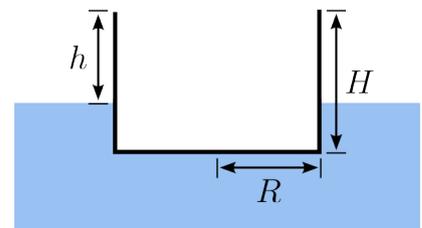
**Questão 5.** Em um laboratório de física há uma mesa horizontal com pequenos furos pelos quais saem jatos de ar (parecida com a usada no jogo hoquei de mesa). Desta forma um disco plástico pode deslizar sobre ela com força de atrito desprezível. A mesa tem uma beirada elevada em relação ao plano de movimento para impedir que o disco caia. Um estudante lança um disco com velocidade perpendicular a um lado da mesa, de forma que o disco realiza um movimento de bate e volta unidimensional, pois a velocidade inverte seu sentido quando colide com uma beirada da mesa. Ele realiza medidas de posição do centro do disco em função do tempo que são apresentadas no gráfico. As beiradas da mesa são de borracha e, em geral, restituem quase toda a energia ao disco em uma colisão. No entanto, o estudante recobriu uma beirada da mesa com uma fita levemente amortecedora.



- (a) Qual a distância  $d$ , em cm, percorrida pelo disco durante o intervalo de 0 a 3 s mostrado no gráfico?
- (b) Determine o coeficiente de restituição da colisão com a beirada da mesa coberta com fita. Ele é definido por  $e = \frac{v_f}{v_i}$  onde  $v_i$  e  $v_f$  são, respectivamente, as velocidades escalares imediatamente antes e depois da colisão com essa beirada.

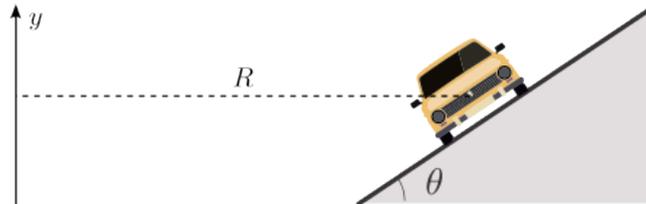
**Questão 6.**

Considere um recipiente cilíndrico de raio  $R = 4,00$  cm e altura  $H = 6,00$  cm, de paredes finas e massa  $m = 160$  g. Quando completamente vazio ele flutua em uma vasilha com água com a borda do recipiente a uma altura  $h$  acima do nível de água, conforme mostra a figura ao lado.



- (a) Qual a altura  $h$ , em cm?
- (b) Qual a máxima massa de água, em g, pode ser adicionada ao recipiente de modo que ele continue flutuando?

**Questão 7.** Uma curva de estrada é compensada quando o plano de rodagem se inclina em direção ao centro de curvatura de um ângulo  $\theta$  em relação à horizontal. Na figura (fora de escala) o eixo vertical  $y$  passa pelo centro da trajetória circular de raio  $R$  executada pelo carro. Se  $\theta = 0^\circ$  a curva não é compensada.

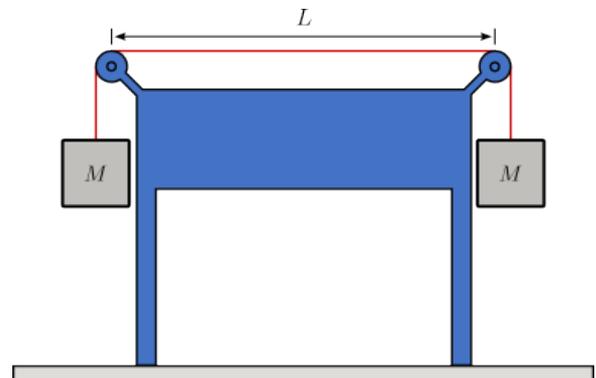


Um engenheiro está planejando uma estrada na qual o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o pavimento é  $\mu = 0,60$  e está considerando o caso em que carros trafegam com velocidade de módulo constante de  $V = 108 \text{ km/h}$ . Determine o menor valor de  $R$ , em m, com o qual os carros fazem as curvas sem derrapar, nos casos:

- (a)  $\theta = 0$ .
- (b)  $\theta = 15^\circ$ .

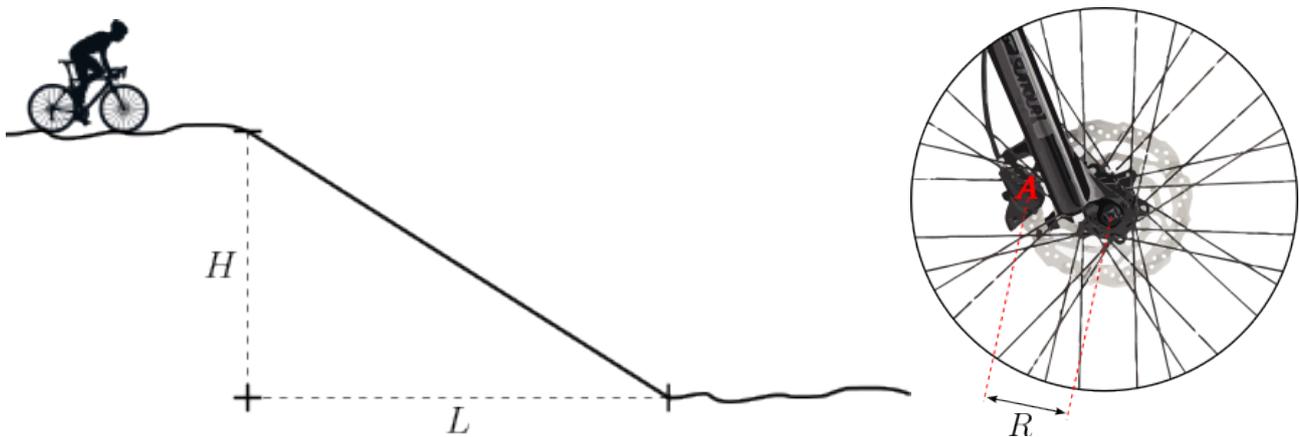
**Questão 8.**

A figura ao lado mostra um fio que passa por duas polias ideais e que é tensionado por dois blocos de massa  $M = 6,00 \text{ kg}$  que estão presos às suas extremidades. O trecho horizontal do fio tem comprimento  $L = 0,90 \text{ m}$  e o conjunto está em equilíbrio estático. O diâmetro do fio é  $0,40 \text{ mm}$  e a densidade do aço é  $8\,000 \text{ kg/m}^3$ . Determine:



- (a) A densidade linear de massa do fio, em g/m.
- (b) A menor frequência, em Hz, da onda estacionária transversal que o trecho horizontal do fio pode apresentar.

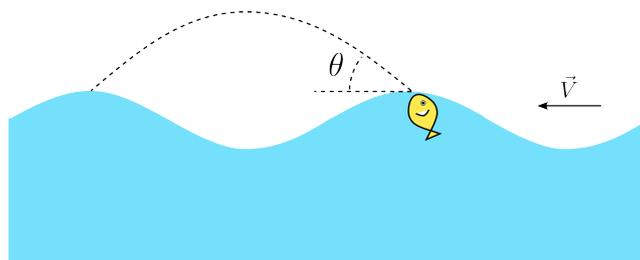
**Questão 9.** Fazendo uma trilha com sua bicicleta, um ciclista desce uma rampa com uma velocidade constante de  $6,0 \text{ m/s}$ . A figura abaixo à esquerda, na qual  $H = 9,00 \text{ m}$  e  $L = 12,0 \text{ m}$ , mostra a rampa e a figura abaixo à direita mostra o sistema de freios a disco instalados nas duas rodas da bicicleta. Ao acionar o freio com a roda em movimento a peça  $A$  aplica uma força dissipativa de intensidade  $F$  no disco a uma distância média de  $R = 80 \text{ mm}$  do eixo de rotação. Nesta bicicleta as rodas têm diâmetro de  $700 \text{ mm}$ , os discos são feitos de aço (calor específico de  $0,100 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ) e cada um tem uma massa de  $150 \text{ g}$ . Desconsidere a ação das demais forças dissipativas. A massa do conjunto ciclista-bicicleta é  $80 \text{ kg}$ .



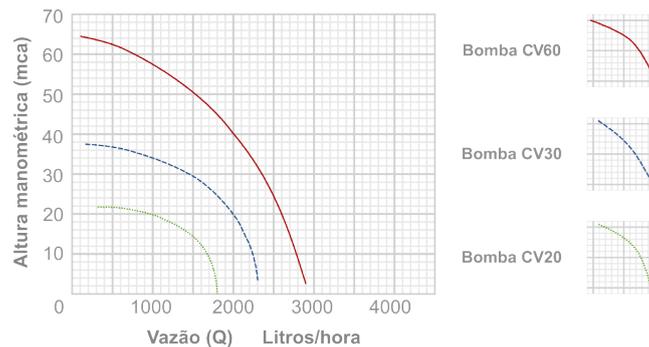
- Considere que  $60\%$  da energia mecânica dissipada durante a descida seja convertida em calor transferido aos discos (os  $40\%$  restantes são transferidos para o ambiente, pelo vento, radiação, etc). Qual a variação da temperatura dos discos em  $^\circ\text{C}$ ?
- Considere que o freio é aplicado nas duas rodas de maneira uniforme em toda a descida. Qual a intensidade de  $F$  em  $\text{N}$ ?

**Questão 10.** Um pequeno peixe se lança com velocidade  $\vec{v}_0$  do alto da crista de uma onda em direção à crista da onda à frente, conforme mostra a figura. As ondas têm velocidade de  $3,00 \text{ m/s}$  e frequência de  $2,00 \text{ Hz}$ . A velocidade  $\vec{v}_0$  forma um ângulo  $\theta = 15^\circ$  com a horizontal. Considere apenas o movimento do centro de massa do peixe e despreze a resistência do ar.

- Qual a distância entre as cristas das ondas, em  $\text{m}$ ;
- Qual o módulo velocidade com que o peixe emerge da crista  $v_0$ , em  $\text{m/s}$ ?



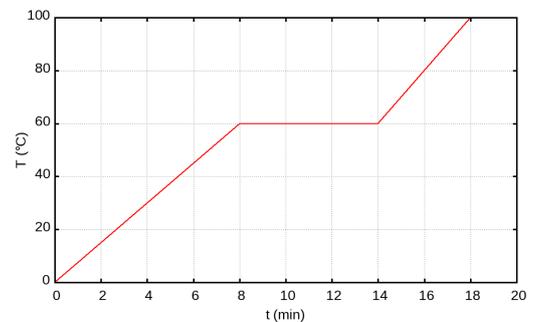
**Questão 11.** Um proprietário rural cava uma cisterna em sua residência e utiliza uma bomba periférica para elevar a água coletada a uma altura de 20 m em relação à superfície da água na cisterna. Para transportar a água ele usa uma mangueira cilíndrica de área de seção transversal  $3,00 \text{ cm}^2$ . O gráfico abaixo mostra como varia a pressão manométrica em função da vazão da água na saída da tubulação para diferentes modelos de bomba. O proprietário instalou o modelo de bomba CV30.



- Qual a potência mínima da bomba, em W?
- Qual a velocidade da água na mangueira, em m/s?

**Questão 12.**

Uma barra de 200 g de uma substância à temperatura inicial  $T_i = 0^\circ\text{C}$  é aquecida dentro de um recipiente que lhe transfere energia na forma de calor a uma taxa constante. A figura ao lado mostra a variação da temperatura da substância em função do tempo. Sabendo que ao final de 18 minutos foram transferidas 453,6 kJ, determine:



- O calor latente de fusão desta substância em cal/g.
- A razão  $c_l/c_s$  onde  $c_l$  e  $c_s$  são, respectivamente, os calores específicos desta substância nas fases líquida e sólida.