



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2024

Prova da 2ª Fase

10 DE AGOSTO DE 2024

NÍVEL III  
Ensino Médio  
3ª e 4ª Séries

**LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:**

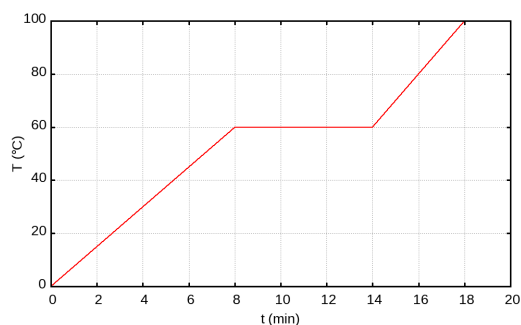
1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **3ª e 4ª séries do nível médio**. Ela contém **8** questões.
2. Você deve seguir as instruções de prova dadas em [https://app.graxaim.org/obf/2024/open\\_page/instrucoes\\_2\\_fase](https://app.graxaim.org/obf/2024/open_page/instrucoes_2_fase). Entre 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.
3. Não serão aceitas respostas enviadas fora da plataforma (por email ou qualquer outro meio).
4. 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)

5. As respostas devem ser enviadas das 18h00m às 22h00m, horário de Brasília.
6. 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.
7. 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.
8. 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 =  $4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ;  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ ; constante Coulomb =  $9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$ ; carga fundamental =  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; permeabilidade magnética =  $1,2 \times 10^{-6} \text{ H/m}$  e aceleração da gravidade =  $10,0 \text{ m/s}^2$ .

#### Questão 1.

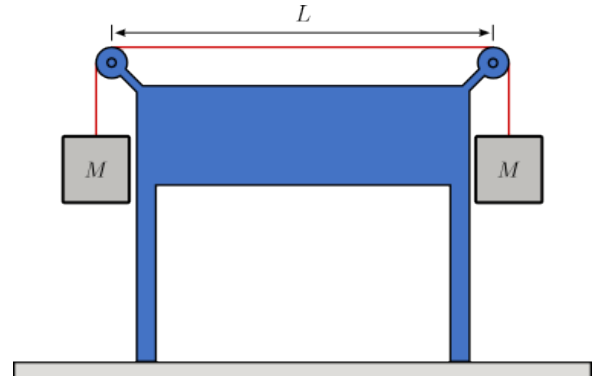
Uma barra de 200 g de uma substância à temperatura inicial  $T_i = 0^\circ\text{C}$  é aquecida dentro de um recipiente que lhe transfere energia na forma de calor a uma taxa constante. A figura ao lado mostra a variação da temperatura da substância em função do tempo. Sabendo que ao final de 18 minutos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



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

### Questão 2.

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:

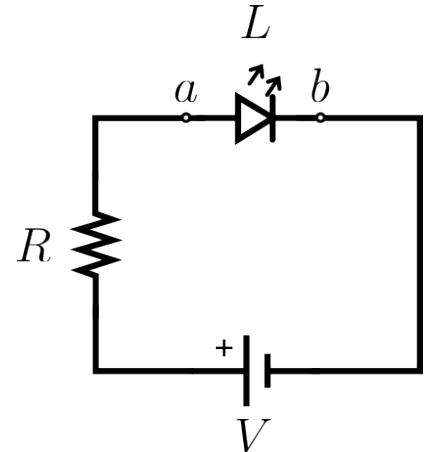


- A densidade linear de massa do fio, em g/m.
- A menor frequência, em Hz, da onda estacionária transversal que o trecho horizontal do fio pode apresentar.

### Questão 3.

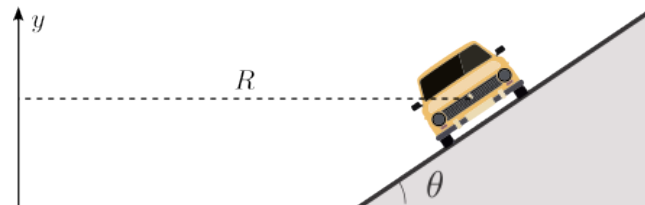
Diodos emissores de luz, ou LEDs, da sigla em inglês *Light-Emitting Diode* são dispositivos eletrônicos cada vez mais utilizados. A intensidade da luz emitida por um LED é uma função crescente da corrente que o percorre e que não pode superar determinado valor  $i_{max}$  que poderia queimá-lo. Por isso, em geral, um LED é ligado em série com uma resistência de proteção cuja função é limitar a corrente. Outra característica importante de um LED é o valor mínimo da tensão  $V_0$  abaixo do qual ele não brilha (e a corrente que o percorre é nula ou desprezível).

O circuito ao lado apresenta, ligados em série, um LED  $L$  (entre os terminais  $a$  e  $b$ ), uma bateria ideal de tensão  $V = 9,00 \text{ V}$  e um resistor de resistência  $R$ . Suponha que a máxima corrente suportada pelo LED seja  $i_{max} = 20,0 \text{ mA}$ , que o circuito opere com uma corrente de 75% de  $i_{max}$  e que a tensão aplicada no LED seja  $V_d = 3,00 \text{ V}$ .



- Qual a potência dissipada no LED, em W?
- Qual o valor de  $R$ , em  $\Omega$  (ohms)?

**Questão 4.** 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.

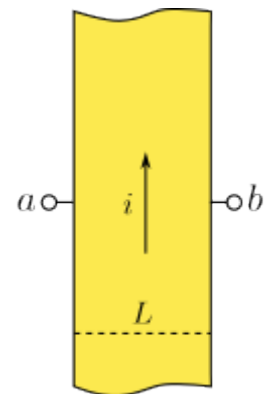


Um engenheiro está planejando uma estrada na qual o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o pavimento é  $\mu = 0,60$  e está considerando o caso em que carros trafegam com velocidade de módulo constante de  $V = 108 \text{ km/h}$ . Determine o menor valor de  $R$ , em m, com o qual os carros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

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

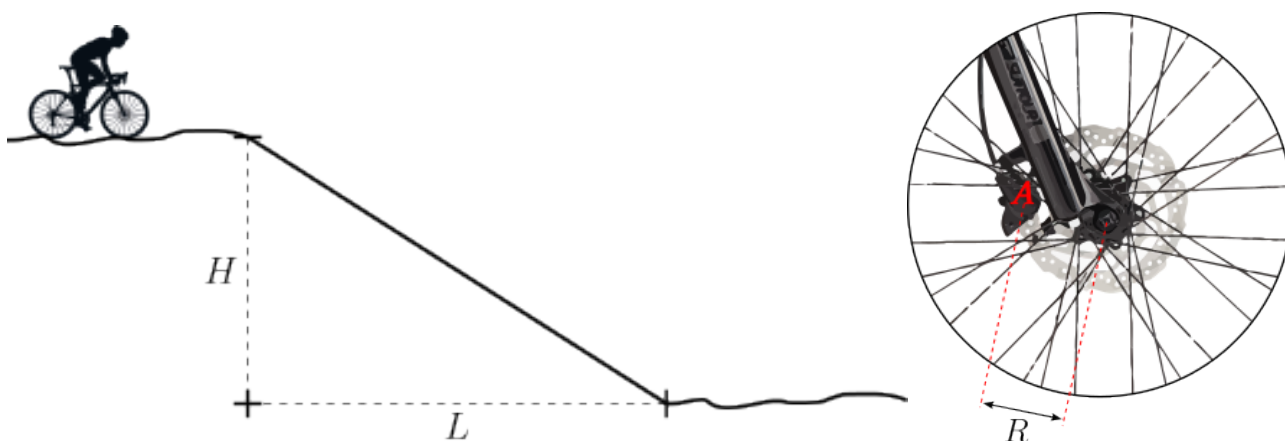
**Questão 5.**

Uma fita metálica de cobre de largura  $L = 1,00 \text{ cm}$  e espessura  $d = 10 \mu\text{m}$  é percorrida por uma corrente de  $i = 2,0 \text{ A}$ , conforme mostra a figura. A fita está na presença de um campo magnético uniforme  $\vec{B}$  perpendicular ao plano da fita e, portanto, na direção da espessura da fita. Nos terminais  $a$  e  $b$ , cada um deles ligado a um dos lados da fita, é conectado um voltímetro (não mostrado na figura) que mede a diferença de potencial  $V_a - V_b = 12 \mu\text{V}$ . Considere que o cobre apresenta  $8,5 \times 10^{28}$  elétrons de condução por  $\text{m}^3$  e adote a convenção de que  $B > 0$  se  $\vec{B}$  estiver saindo do papel. Determine:



- (a) A velocidade de deriva dos elétrons  $v_d$ , ou seja, a velocidade associada à corrente  $i$ , em m/s.
- (b)  $\frac{B}{|B|}$  (Responda 1 se  $\vec{B}$  estiver saindo do papel e  $-1$  caso contrário.)
- (c)  $|B|$  em tesla.

**Questão 6.** 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  $80 \text{ kg}$ .

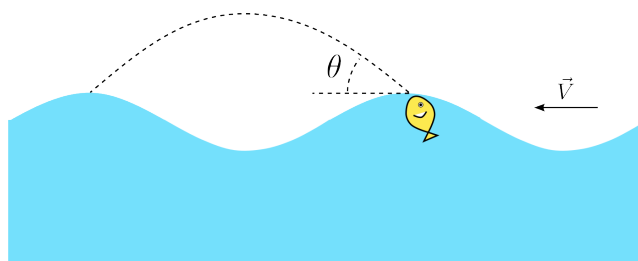


- Considere que  $60\%$  da energia mecânica dissipada durante a descida seja convertida em calor transferido aos discos (os  $40\%$  restantes são transferidos para o ambiente, pelo vento, radiação, etc). Qual a variação da temperatura dos discos em  $^\circ\text{C}$ ?
- Considere que o freio é aplicado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

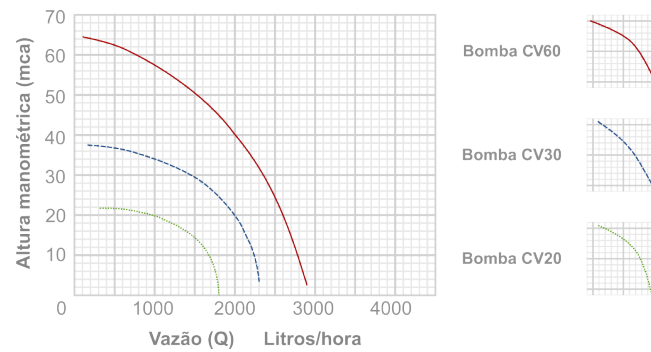
**Questão 7.**

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 8.** 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?