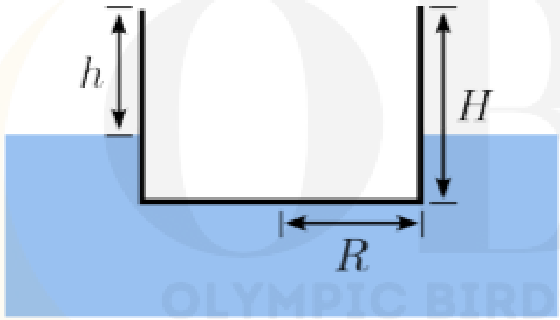
Olimpíada Brasileira de Física

Gabarito extra oficial

Nível 1

1. **Questão 1.**

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, que pode ser adicionada ao recipiente de modo que ele continue flutuando?

Solução:

a) A condição para que o recipiente possa flutuar será de que o peso do recipiente cilíndrico se iguale ao empuxo sofrido por sua parte submersa:

$$\vec{P} = \vec{E} \rightarrow mg = \rho V g$$

Como ρ é igual a 1 :

$$m = V \rightarrow m = \pi R^2(H - h) \rightarrow h = H - \frac{m}{\pi R^2}$$

$$h = 6 - \frac{160}{3.16} \rightarrow \boxed{h \approx 2,7cm}$$

b) A máxima condição para que ele flutue será quando todo o recipiente estiver submerso e sem que água da vasilha entre nele :

$$M = V \rightarrow M = \pi R^2 H \rightarrow M = 3.16.6 \rightarrow M = 288g$$

Como M é a massa de água adicionada somada à massa m do recipiente :

$$m_{\text{água}} = M - m \rightarrow \boxed{m_{\text{água}} = 128g}$$

2. **Questão 2.**

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?

Solução:

a) Para encontrar o tempo para a pedra atingir a água, pode-se usar a expressão para o tempo de queda de um objeto que foi abandonado, que pode ser encontrada pela equação horária da posição:

$$y = \frac{gt^2}{2}$$

$$t_{queda} = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30}{10}}$$

$$\boxed{t_{queda} = 2,4\ s}$$

b) Agora, para encontrar a velocidade de lançamento da segunda pedra, pode-se utilizar a equação horária da posição para ela, e substituir o tempo de duração do movimento por $t = t_{queda} - 0,5 = 2,4 - 0,5 = 1,9\ s$:

$$y = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{2y - gt^2}{2t} = \frac{2 \cdot 30 - 10 \cdot 1,9^2}{2 \cdot 1,9}$$

$$\boxed{v_0 = 6,3\ m/s}$$

3. **Questão 3.**

   Um parque de diversões no sul do Brasil descreve assim uma de suas principais atrações: *"Com 100 metros, a Big Tower é uma das maiores torres radicais do mundo! Sua altura é equivalente a um prédio de 30 andares. Na queda o elevador chega a uma velocidade de 120 km/h. Para os corajosos amantes da adrenalina é um desafio e tanto."* referência: `https://www.betocarrero.com.br/atracoes/big-tower`, consultado em 18/06/2024, adaptado.

   Considerando que o movimento do elevador é uniformemente acelerado durante os primeiros 20 andares de queda e que ele atinge a velocidade máxima nesse intervalo, qual é o valor da aceleração da queda, em m/s^2?

   Solução:

   Primeiramente, vamos calcular a altura que o elevador caiu durante os 20 andares. Utiliznado a regra de 3, temos:

$$\frac{h}{100} = \frac{20}{30}$$

   Com isso, chegamos em $h = 66,67$ m. A velocidade final do elevador é de $v = 120$ km/h $= 33,33$ m/s. Utilizando a fórmula cinemática $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$. No nosso caso, $v_0 = 0$ e ΔS é a própria altura que o elevaror caiu. Isolando a:

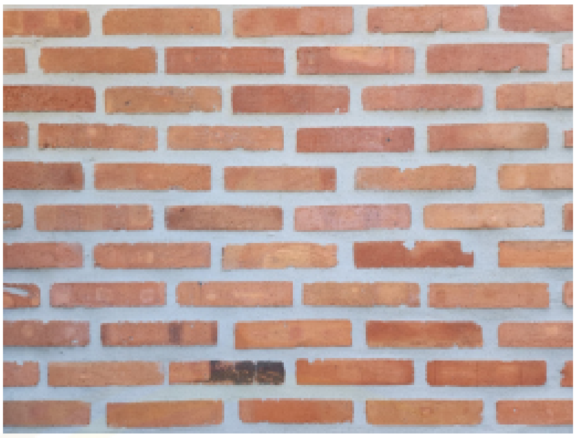
$$a = \frac{v^2}{2\Delta S}$$

   ou seja:

$$\boxed{a = 8,33\ m/s^2}$$

4. **Questão 4.** Uma pessoa planeja construir uma parede de tijolos maciços para fechar completamente um vão de 4,40 m de largura por 3,50 m de altura. Os tijolos têm dimensões de 20,0 cm × 10,0 cm × 5,00 cm. A parede deve ter espessura de 10,0 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 kg/m^3 que os deixam sepa-

rados 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 $d = 2,00$ cm, quantos tijolos são utilizados, aproximadamente, na parede?

(c) Caso $d = 2,00$ cm, qual a massa da argamassa, aproximadamente, em kg, utilizada na parede?

Solução:

a) No caso em que a distância d entre os tijolos é desprezível o volume total da parede será igual ao volume de todos os tijolos juntos. Portanto:

$$N = \frac{V_{parede}}{V_{tijolo}} = \frac{4,4 \times 3,5 \times 0,1}{0,2 \times 0,1 \times 0,05}$$

$$\boxed{N = 1540\ tijolos}$$

b) Agora, com a distância $d = 2\ cm$ pode-se encontrar a quantidade de tijolos que podem ser colocados no comprimento, na altura e na espessura da parede. Primeiramente, na espessura, para os tijolos, a espessura ao serem colocados na parede será de 10 cm, que é a mesma espessura da parede, não conseguindo colocar argamassa nessa posição, então na profundidade só será possível colocar $N_p = 1$ tijolo em uma mesma altura e comprimento.

Para a altura, a nova altura de um tijolo com a argamassa será;

$$h = h_0 + 2 = 5 + 2 = 7\ cm$$

Então, para encontrar o número de tijolos em uma mesma coluna de tijolos será:

$$N_a = \frac{H}{h} = \frac{3,5}{0,07} = 50\ tijolos$$

Por fim, realizando o mesmo processo para a largura. A nova largura dos tijolos será:

$$l = l_0 + 2 = 20 + 2 = 22\ cm$$

E o número de tijolos na largura será:

$$N_l = \frac{L}{l} = \frac{4,4}{0,22} = 20\ tijolos.$$

Portanto o número de tijolos será:

$$N = N_p \cdot N_a \cdot N_l = 1 \times 50 \times 20$$

$$\boxed{N = 1000\ tijolos}$$

c) Para achar a massa de argamassa utilizada na parede, pode-se subtrair o volume total da parede pelo volume de todos os tijolos juntos e multiplicar pela densidade da argamassa. Encontrando:

$$m = \rho(V_{parede} - NV_{tijolo}) = 1900 \cdot (4,4 \times 3,5 \times 0,1 - 1000 \times 0,2 \times 0,1 \times 0,05)$$

$$\boxed{m = 1026\ kg}$$

5. **Questão 5.**

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 μ 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 8000 kg/m^3, determine:

(a) μ, em kg/m.

(b) T, em N.

Solução:

a) A densidade linear da corda se relaciona com a densidade volumétrica a partir de:

$$\mu = \rho A = \rho\pi\frac{D^2}{4} = 8000 \cdot 3 \cdot \frac{(0,4 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$\boxed{\mu = 9,6 \times 10^{-4} = 0,00096\ kg/m}$$

b) Utilizando a expressão fornecida para a relação entre a velocidade, tensão e densidade linear:

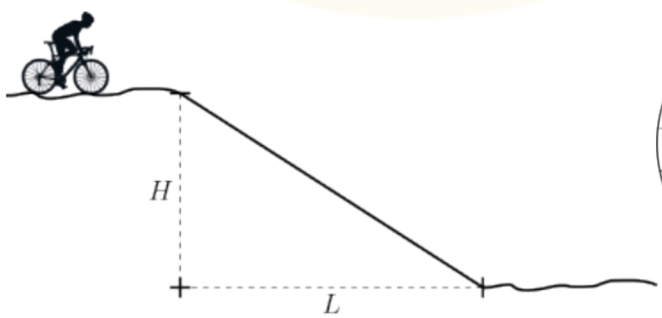
$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

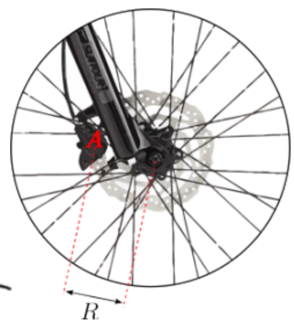
$$T = V^2\mu = 400^2 \cdot 9,6 \times 10^{-4}$$

$$\boxed{T = 153,6\ N}$$

6. **Questão 6.**

Fazendo uma trilha com sua bicicleta, um ciclista desce uma rampa com uma velocidade constante de 6,0 m/s. A figura abaixo à esquerda, na qual $H = 9,00$ m e $L = 12,0$ 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, ou seja, transforma energia mecânica em energia térmica. Nesta bicicleta os discos são feitos de aço (calor específico de 0,100 cal/g$^\circ C$) e cada um tem uma massa de 150 g. Desconsiderando as demais forças dissipativas (resistência do ar, etc), responda as questões a seguir. A massa do conjunto ciclista-bicicleta é 80 kg.





(a) Quanta energia mecânica é dissipada nos freios, em J?

(b) Considere que 60% da energia mecânica dissipada 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 $^{\circ}C$?

Solução:

a) Considerando que toda a energia potencial será dissipada já que a descida se dá com uma velocidade constante :

$$E_{dis} = mgH \rightarrow E_{dis} = 80.10.9 \rightarrow \boxed{E_{dis} = 7200\ J}$$

b) Considerando 60% da energia dissipada sendo convertida em calor e dividindo a quantidade de calor por 2 para encontrar o aumento de temperatura em cada disco:

$$Q = mc\Delta T \rightarrow 857,1\ cal \cdot 0,6 = 150\ g \cdot 0,1\ g/^{\circ}C \cdot \Delta T \rightarrow \boxed{\Delta T = 34,3^{\circ}C}$$

Sendo essa a variação de temperatura em cada disco.

7. **Questão 7.**

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.

Solução:

a) Para encontrar o tempo de encontro dos carros, pode-se escrever as equações horárias da posição de cada um e igualar suas posições, considerando o sentido positivo partindo da cidade de Alberto em direção à cidade de Bruno, considere que a distância entre as cidades é D:

$$\begin{cases} x_A = \dfrac{v_A t}{60} \\ x_B = D - \dfrac{v_B(t-27)}{60} \end{cases}$$

Onde o fator multiplicativo de $\dfrac{1}{60}$ serve para transformar a velocidade de km/h para km/min e o tempo de Bruno é reduzido de 27 minutos por ele sair 27 minutos após Alberto. Igualando essas expressões:

$$\frac{v_A t}{60} = D - \frac{v_B(t-27)}{60}$$

$$t = \frac{60D + 27v_B}{v_A + v_B} = \frac{60 \cdot 300 + 27 \cdot 80}{60 + 80}$$

$$\boxed{t = 144\ min}$$

b) Para encontrar a distância percorrida pelo carro de Bruno até o ponto onde eles se cruzaram é preciso multiplicar a velocidade do carro de Bruno pelo tempo do início de sua viagem (o tempo de Alberto menos 27 minutos) até tempo em que os carros se cruzam:

$$\Delta S = \frac{v_B \cdot (t-27)}{60} = \frac{80 \cdot (144-27)}{60}$$

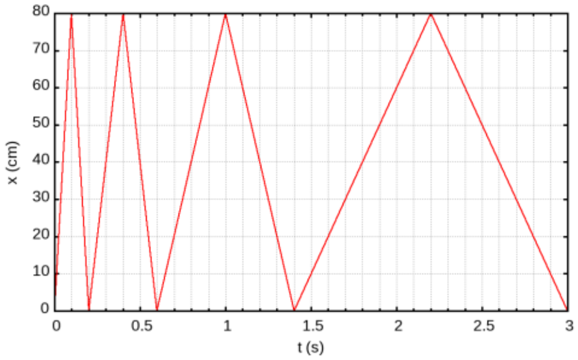
$$\boxed{\Delta S = 156\ km}$$

8. **Questão 8.**

Em um laboratório de física há uma mesa horizontal com pequenos furos pelos quais saem jatos de ar (parecida com a usada no jogo hóquei 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, restitui-se 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.

Solução:

a) No gráfico é possível observar 8 movimentos de ida e volta (linhas vermelhas), onde cada uma representa uma distância de 80 cm logo :

$$d = 8.x \rightarrow d = 8.80 \rightarrow d = 640cm$$

b) Até 0,2 s a velocidade do disco tem um valor constante, que muda após esse tempo, indicando que houve uma colisão, para calcular o coeficiente de restituição basta calcular a velocidade antes dos 0,2s e logo após esse tempo a partir das tangentes do gráfico antes e após esse período:

$$tan(\theta_1) = \frac{80cm}{0,1s} = 800cm/s = v_i$$

$$tan(\theta_2) = \frac{80cm}{0,2s} = 400cm/s = v_f$$

$$\boxed{e = \frac{v_f}{v_i} = \frac{400}{800} = 0,5}$$