Olimpíada Brasileira Online de Física

1ª Fase - 3 e 4 de junho de 2023

Nome: _____

Série: _____

Nível CL
Ensino Médio
1ª e 2ª séries

Instruções de Prova

I. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos dos **1ª e 2ª anos do nível médio.** Ela contém **30** questões.

II. Cada questão tem 5 alternativas de resposta e apenas uma delas é correta.

III. A duração máxima desta prova é de **quatro horas**. Além do tempo de prova, serão concedidos **5 minutos** correspondentes ao preenchimento online do gabarito.

IV. Não é permitido o uso de calculadoras.

V. A prova deve ser feita individualmente e não é permitido falar sobre a solução das questões durante o período de aplicação da prova **dias 3 e 4 de junho**.

VI. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sin 30° = 0,50$; $\cos 30° = 0,85$; $\sin 45° = \cos 45° = 0,70$; aceleração gravitacional na superfície da Terra $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$; calor específico da água líquida $c_a = 1\,\mathrm{cal/(g\,°C)}$; calor latente de fusão do gelo $L = 80\,\mathrm{cal/g}$; $1\,\mathrm{cal} = 4,2\,\mathrm{J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0\,\mathrm{g/cm^3}$.

Apoio:

Curiosidades:

Cesare Mansueto Giulio Lattes (Curitiba, 11 de julho de 1924 — Campinas, 8 de março de 2005), homenageado nesse nível, foi um físico brasileiro, codescobridor do méson-π (méson pi ou píon), descoberta que levou à concessão do Prêmio Nobel de Física de 1950 a Cecil Frank Powell, líder da pesquisa. Lattes é um dos mais ilustres físicos do Brasil e seu trabalho foi fundamental para o desenvolvimento da física atômica no país. Foi também um grande líder no meio científico brasileiro e um dos principais responsáveis pela criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Questão 1. Torriela Gabrião é uma jovem que adora carnaval e, quando criança, sua parte preferida do feriado era atirar a serpentina, uma longa fita de papel colorido enrolada no formato de um anel. Torriela decide matar a saudade e arremessa um rolo de comprimento $L = 10\,\text{m}$ com uma velocidade angular $\omega = 50\,\text{s}^{-1}$. Considerando que a serpentina possui um formato circular de raio aproximadamente constante de $R = 5\,\text{cm}$, podemos afirmar que a serpentina vai desenrolar totalmente em um tempo:

a) $3,0\,\text{s}$

b) $4,0\,\text{s}$

c) $5,0\,\text{s}$

d) $7,0\,\text{s}$

e) $10,0\,\text{s}$

Gabarito: B

Solução:

Para resolver esse problema é necessário lembrar dos conceitos de cinemática do movimento circular. Sabemos que a velocidade angular de um corpo é a sua velocidade linear dividida pelo raio do movimento:

$$\omega = \frac{v}{R}$$
$$v = \omega R$$
$$v = 50 \cdot 5 \cdot 10^{-2}$$
$$v = 2,5\,\text{m/s}$$

Além disso, podemos relacionar a distância percorrida com o intervalo de tempo com a definição de velocidade:

$$v = \frac{L}{t}$$
$$t = \frac{L}{v}$$
$$t = \frac{10}{2,5}$$
$$t = 4,0\,\text{s}$$

Portanto **item B**.

Questão 2. O gráfico de p x V abaixo representa o um ciclo termodinâmico de um mol de gás ideal. O processo

$A \to B$ é isotérmico, $B \to C$ é isobárico e $C \to A$ é isovolumétrico. Sabe-se a pressão e volume nos pontos B e C. A constante dos gases ideais vale $R = 8,0\,\mathrm{J/K.mol}$. Portanto a pressão no ponto A e a temperatura no ponto B são, respectivamente:

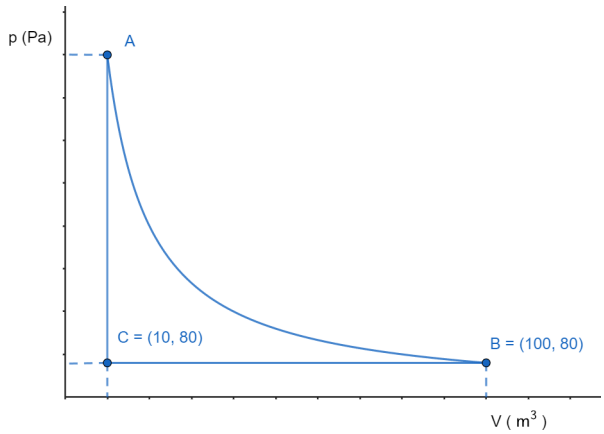


Gráfico de p x V

a) 800 Pa; 1000 K.

b) 80 Pa; 800 K.

c) 800 Pa; 800 K.

d) 80 Pa; 1000 K.

e) 1000 Pa; 800 K.

Gabarito: A

Solução

Para resolver esse problema é necessário lembrar dos conceitos de gases. Sabemos que, para um gás ideal, vale a relação:

$$pV = nRT$$

Logo de início, podemos encontrar a temperatura no ponto B:

$$p_B V_B = nRT_B$$
$$T_B = \frac{p_B V_B}{nR}$$
$$T_B = \frac{100 \cdot 80}{1 \cdot 8}$$
$$T_B = 1000\,\mathrm{K}$$

Além disso, lembre que o processo $C \to A$ é isovolumétrico, ou seja, $V_C = V_A$. Assim, usando o fato de que o processo $A \to B$ é isotérmico:

$$
\begin{aligned}
T_A &= T_B \\
\frac{p_A V_A}{nR} &= \frac{p_B V_B}{nR} \\
p_A &= \frac{V_B}{V_A} p_B \\
p_A &= \frac{V_B}{V_C} p_B \\
p_A &= \frac{100 \cdot 80}{10} \\
p_A &= 800\,\mathrm{Pa}
\end{aligned}
$$

Portanto **item A**.

Texto para Questão 3. e Questão 4.

Se o leitor já viajou de avião, provavelmente já sentiu um certo desconforto no ouvido durante a decolagem ou aterrissagem. Isso ocorre em função da mudança brusca de pressão. O avião em pleno voo, mesmo sendo pressurizado, ainda possui uma pressão reduzida, quando comparada com a pressão próxima ao solo. No interior do ouvido humano, há uma região com ar e a diferença entre as pressões interna e externa que causam o desconforto característico.

Questão 3. Ling Diren, campeão mundial de Damas, vai embarcar em um voo para a China e decide aproveitar a oportunidade para realizar um pequeno experimento. Ling possui duas garrafas plásticas comuns, A e B, vazias. Assim que entra no avião, ele deixa a garrafa A fechada, e a B aberta. Quando o avião termina o processo de decolagem, enquanto Ling estiver no avião em pleno voo, podemos afirmar que:

a) A garrafa A estará estufada.

b) A garrafa B estará estufada.

c) A garrafa A estará murcha.

d) A garrafa B estará murcha.

e) Nada acontecerá com as garrafas.

Gabarito: A

Solução

A chave para resolver este problema é lembrar dos conceitos de gases e pressão. A pressão atmosférica próxima ao solo é maior do que a pressão quando o avião estiver em pleno voo. Como a garrafa A foi fechada quando Ling estava no aeroporto (nível do solo), quando o avião finalizar a decolagem, a garrafa estará com uma pressão interna maior do que a externa. Como a pressão interna é maior, a garrafa ficará estufada, portanto, a resposta é o **item A**. Nada acontece com a garrafa B pois ela estava aberta, então a pressão interna é sempre igual à pressão externa.

Questão 4. Esse problema está inserido no mesmo contexto do anterior. Enquanto o avião estava em pleno voo, Ling abriu a garrafa A e fechou a garrafa B. Posteriormente, quando o avião aterrissar, podemos afirmar que:

a) A garrafa A estará estufada.

b) A garrafa B estará estufada.

c) A garrafa A estará murcha.

d) A garrafa B estará murcha.

e) Nada acontecerá com as garrafas.

Gabarito: D

Solução

Quando a garrafa A é aberta, sua pressão interna passa a ser igual à externa e, quando o avião aterrisar, nada acontecerá com ela. A garrafa B, no entanto, foi fechada quando o avião estava em pleno voo, de forma que o ar contido na garrafa B possui uma pressão menor que a pressão atmosférica no nível do solo. Quando o avião aterrisar, a pressão interna da garrafa B será menor, então a garrafa B ficará murcha, portanto, a resposta é o **item D**.

Questão 5. Um instrumento de corda, como o violão, pode ser afinado através da tarraxa, aquelas "borboletinhas" que ficam na extremidade do braço que podem apertar ou afrouxar as cordas. Analise as afirmativas sobre o som produzido nas cordas do violão:

I. Ao apertar uma tarraxa, a tensão aumenta. Assim, a frequência emitida também aumentará.

II. O comprimento de onda de vibração da corda é sempre igual ao comprimento de onda do som no ar.

III. Quanto maior a densidade linear da corda, mantendo fixos todos os outros parâmetros, maior será a frequência do som emitido.

a) Somente o item I é verdadeiro.

b) Somente os itens I e II são verdadeiros.

c) Somente os itens I e III são verdadeiros.

d) Somente o item III é verdadeiro.

e) Todos os itens são verdadeiros.

Gabarito: A

Solução:

Pela relação de Taylor, sabemos que a velocidade da onda na corda aumenta elevando a tração. Para um dado comprimento de onda, determinado pelo comprimento do braço do violão, a frequência aumenta com a velocidade. Dessa forma, ao acochar as cordas, teremos frequências maiores, ou seja, mais agudo o som.

O comprimento de onda da corda não é igual ao comprimento de onda do som emitido, pois ambos possuem, em geral velocidades de propagação diferentes. As frequências que são iguais.

Pela relação de Taylor, também podemos analisar esta afirmativa. Perceba que quanto maior a densidade linear da corda, menor a velocidade de propagação da onda. Dessa forma, aumentando a densidade linear, diminui a velocidade e, consequentemente, a frequência emitida.

Questão 6. O gráfico abaixo representa a velocidade de um objeto em função do tempo. Sobre esse gráfico, a alternativa que apresenta a informação **falsa** é:

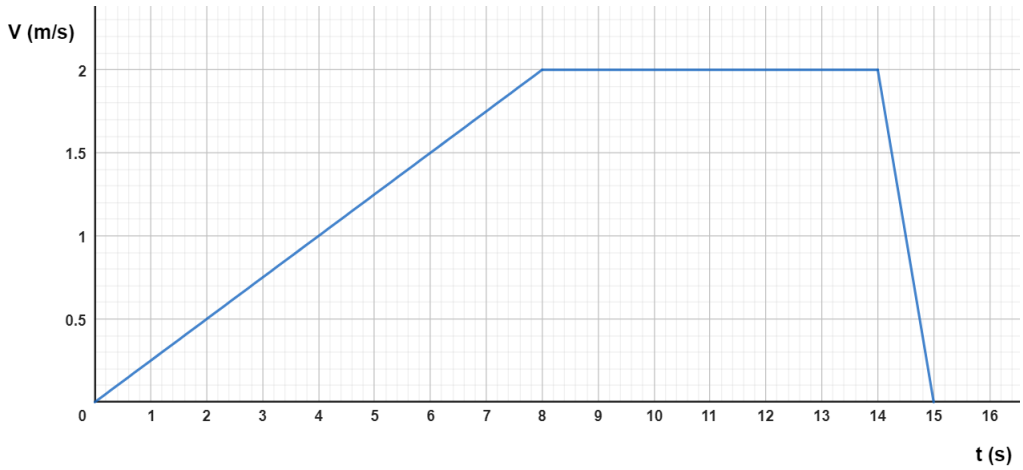


Gráfico de $V(\mathrm{m/s})\,\mathrm{x}\,t(\mathrm{s})$

a) A distância total percorrida no intervalo vale $21\,\mathrm{m}$.

b) A velocidade máxima no intervalo apresentado vale $2\,\mathrm{m/s}$.

c) Em módulo, a aceleração do objeto vale $0,25\,\mathrm{m/s^2}$ durante o primeiro segundo e $-2,00\,\mathrm{m/s^2}$ durante o último segundo de movimento.

d) O objeto se move no sentido negativo entre os instantes $t = 14\,\mathrm{s}$ e $t = 15\,\mathrm{s}$.

e) A velocidade média do trajeto vale $1,4\,\mathrm{m/s}$.

Gabarito: D

Solução:

Vamos analisar cada um dos itens para verificar o que está errado em cada um deles:

a) Certo. A distância percorrida por um objeto é a área da curva do gráfico v x t. Dessa forma, podemos calcular a área do gráfico dado no problema, que é um trapézio:

$$A = \frac{(B+b)h}{2}$$
$$A = \frac{(15+6)\cdot 2}{2}$$
$$A = 21\,\mathrm{m}$$

b) Certo. A velocidade máxima é a coordenada vertical do ponto mais alto no gráfico. Visualmente é fácil ver que a velocidade do objeto permanece sempre menor ou igual a $2\,\mathrm{m/s}$.

c) Certo. A aceleração de um corpo é a inclinação (coeficiente angular) da curva do gráfico v x t. No início do movimento, podemos calcular o coeficiente angular da reta:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$a = \frac{0,25}{1}$$
$$a = 0,25\,\mathrm{m/s}^2$$

Analogamente para o fim do movimento:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$a = \frac{-2}{1}$$
$$a = -2,0\,\mathrm{m/s}^2$$

d) Errado. Note como a velocidade do corpo é sempre positiva. No último segundo, a aceleração é negativa, mas o objeto continua se afastando da origem.

e) Certo. Para calcular a velocidade média, basta dividir a distância total percorrida pelo tempo:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Calculamos o valor de $\Delta S = 21\,\mathrm{m}$ no primeiro item e $\Delta t = 15\,\mathrm{s}$. Logo:

$$v = 1,4\,\mathrm{m/s}$$

Portanto **item D**.

Questão 7. Imagine que você foi selecionado para uma missão espacial. Ao realizar uma operação de reparo no lado externo da nave espacial, o cabo de proteção acaba se rompendo e você fica pairando no espaço sem contato nenhuma com a sua nave. Sem entrar em desespero, você percebe que a escotilha na qual você saiu está à vista. Das opções sugeridas abaixo, qual a única que lhe proporcionaria o retorno até a escotilha?

a) Soprar o ar de sua boca com todas as forças para que o vento possa empurrar o visor do capacete e gerasse uma força resultante em direção à escotilha.

b) Retirar alguma ferramenta de massa significativa do seu cinto de utilidades, ou até mesmo sua mochila completa, e atirar no sentido contrário a escotilha.

c) Retirar alguma ferramenta de massa significativa do seu cinto de utilidades, ou até mesmo sua mochila completa, e atirar no sentido da escotilha.

d) Tentar correr no sentido da escotilha.

e) Abrir o visor e gritar por ajuda.

Gabarito: B

Solução:

Quando você arremessar objetos no sentido contrário, por ação e reação, você será arremessado no sentido da escotilha. Estas forças atuam em corpos diferentes e em sentidos contrários. Dessa forma, você poderia tentar escapar dessa situação.

Texto para a Questão 8. e a Questão 9.

Galileu Galilei nasceu a 15 de Fevereiro de 1564, em Pisa, Itália. Foi o primogénito de sete filhos de um músico. Estudou medicina por vontade do pai na Universidade de Pisa, desistindo dois anos mais tarde para passar a estudar matemática. Como isto não agradou o seu pai, foi obrigado a abandonar a Universidade. Desempenhou um papel essencial na Revolução Científica ao contribuir para várias áreas da física e da astronomia, introduzindo o método científico e tentando descrever os fenômenos da física através da linguagem matemática.

Questão 8. Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. No experimento mostrado, uma esfera de metal é abandonada e inicia um movimento de descida num plano inclinado a partir de uma determinada altura. Percebe-se que ela sempre atinge, no plano ascendente, uma altura igual a de partida.

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera:

a) manterá sua velocidade constante sobre o plano horizontal, pois não existe força resultante sobre a mesma.

b) irá parar depois de um tempo, pois existe uma força resistiva atrelada a qualquer movimento.

c) irá parar seu movimento instantaneamente, pois não existe mais força para manter o movimento.

d) permanecerá constante, pois existe uma força resultante na horizontal que anulará a força de resistência referente ao próprio movimento.

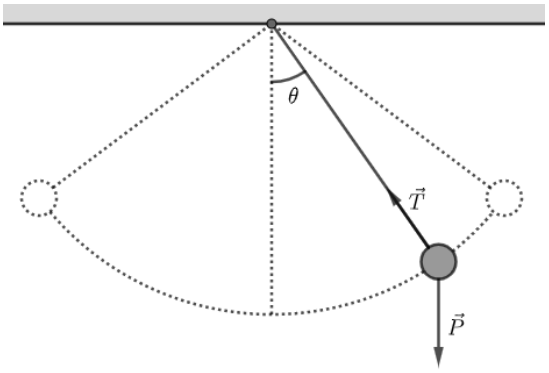
e) aumentará gradativamente a sua velocidade, pois nenhuma força resultante atuará contrária ao movimento.

Gabarito: A

Solução:

Este experimento derruba ideia aristotélica na qual afirma que é necessária uma força para manter uma partícula em movimento. Na verdade, a velocidade permanece constante devido o fato da força resultante ser nula, como afirma a primeira lei de Newton: lei da inércia!

Questão 9. Reza a história que o seu interesse por pêndulos surgiu quando assistia a uma missa na Catedral de Pisa, na época em que frequentava a Universidade local em 1588. Galileu observou a forma como os candelabros pendurados na Catedral oscilavam e ficou surpreendido pelo fato de candelabros, atados por cabos de mesmos comprimentos, com uma amplitude de oscilação maior parecerem levar o mesmo tempo de oscilação que candelabros com menor amplitude, considerando tais amplitudes pequenas. Galileu efetuava todas as medições do período dos pêndulos usando como cronômetro a sua pulsação cardíaca.



Sobre a dinâmica do movimento pendular, podemos afirmar que:

a) A tração no ponto mais baixo da oscilação deve ter módulo igual ao da força peso.

b) Nos pontos de retorno, quando a partícula não possui velocidade, a força resultante deve ser nula.

c) A tração é a reação do peso.

d) A tração é de natureza gravitacional, assim como o peso.

e) No ponto mais baixo da trajetória, a tração deve ser maior que o peso para provocar a resultante centrípeta.

Gabarito: E

Solução:

No ponto mais baixo da trajetória, sendo esta curvelínea, deve existir uma resultante centrípeta. Dessa forma a tração, necessariamente, deve ser maior que o peso e módulo.

Questão 10. Para criar as imagens abaixo, cada tipo de sistema utilizou um tipo diferente de fenômeno.

Indique qual o fenômeno utilizado pelo sistema óptico da esquerda e da direita, respectivamente.

a) Refração e Refração.

b) Reflexão e reflexão.

c) Refração e difração.

d) Refração e reflexão.

e) Difração e reflexão.

Gabarito: D

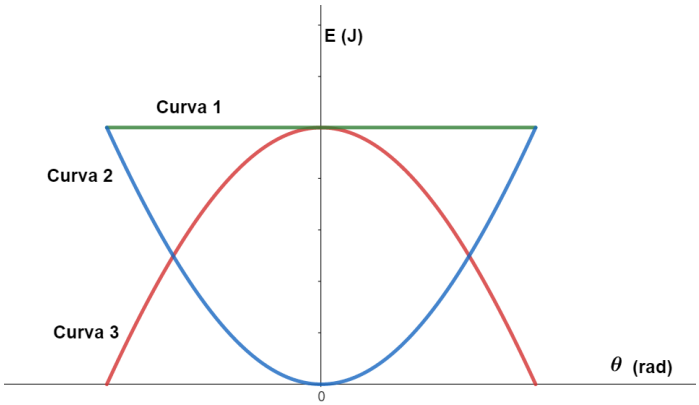
Solução:

Na primeira imagem, é mostrado a formação da imagem de uma flor por uma lente. As lentes são instrumentos ópticos que utilizam o fenômeno da **refração** para formar imagens.

Na segunda imagem, é mostrado um retrovisor de um carro em que se cria uma imagem por um espelho. Os espelhos são ópticos que utilizam o fenômeno da **reflexão** para formar imagens.

Desse modo, o gabarito é **item D.**

Questão 11. Para esse problema considere o contexto da **Questão 9.** Dr. Yunomae é um arqueólogo muito importante e, quando vasculhava os documentos deixados por Galileu Galilei, encontrou uma série de arquivos secretos. Em um deles, Yunomae encontrou o seguinte gráfico de Energia (E) em função do ângulo que o pêndulo fazia com a vertical (θ).



Energia x Ângulo

Infelizmente, o documento era muito velho e não era possível ler a legenda sobre o que cada curva significava. Avalie as seguintes proposições:

I. A Curva 1 (verde) pode representar a energia cinética do pêndulo, já que a velocidade da massinha é aproximadamente constante.

II. A Curva 2 (azul) pode representar a energia potencial do pêndulo.

III. A Curva 3 (vermelho) pode representar a energia cinética do pêndulo.

Com base nisso, assinale a alternativa que contém as proposições corretas:

a) Apenas I.

b) Apenas II e III.

c) Apenas III.

d) Apenas I e II.

e) Todas.

Gabarito: B

Solução

Para resolver esse problema é necessário lembrar dos conceitos de energia. Vamos analisar cada item individualmente:

I. A energia cinética de um objeto é calculada com a expressão $E = \frac{1}{2}mv^2$, e nós sabemos que a velocidade do pêndulo varia com o tempo. Afinal, nos pontos extremos a velocidade é nula enquanto, no ponto de equilíbrio, ela é máxima. Logo o item está **Errado**.

II. A energia potencial do pêndulo pode ser calculada com a expressão $U = mgh$ ou $U = mgl\cos\theta$ (mais uma constante, dependendo de onde é definido o nível de referência). Dessa forma, percebemos que a Curva 2 possui um comportamento adequado, com a energia potencial máxima nos extremos e mímima no centro. Logo o item está **Certo**.

III. Pelos motivos discutidos no primeiro item, podemos concluir que esse item está **Certo**.

Portanto, **Item B**.

Questão 12. Joãozinho, curioso em estudar mais fenômenos físicos, separou um grande recipiente de água para realizar experimentos diversos. Em um deles, Joãozinho colocou no recipiente um bloco de gelo e um bloco de metal, ambos de mesma dimensão, e observou que, enquanto o gelo flutuava, o metal afundava. Definindo as variavéis ρ_A, ρ_G e ρ_M como as densidades, respectivamente, da água, do gelo e do metal, Jãozinho concluiu que:

a) $\rho_A > \rho_M > \rho_A$

b) $\rho_G > \rho_A > \rho_M$

c) $\rho_M > \rho_A > \rho_G$

d) $\rho_M > \rho_G > \rho_A$

e) $\rho_A > \rho_M > \rho_G$

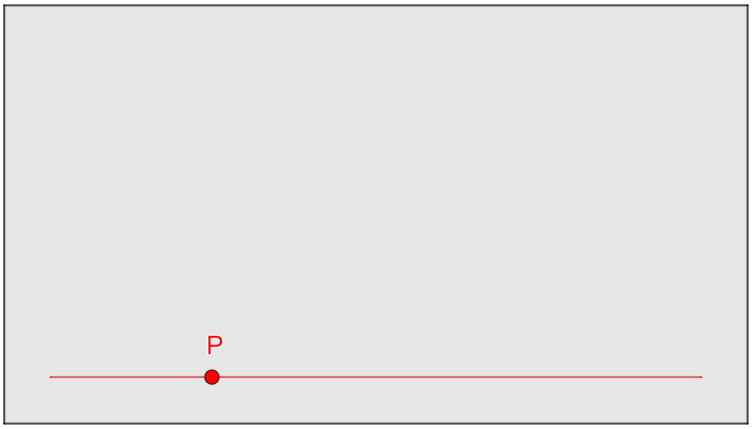
Gabarito: C

Solução: O principal fator por um objeto afundar ou não em liquídos é a sua densidade. Caso a densidade do objeto for maior que a do liquído, ele afundará, já caso o contrário, ele irá boiar. No caso da questão, como o gelo boia, ele tem uma densidade menor que a da água $\rho_G < \rho_A$ e, como o metal afunda, ele tem

uma densidade maior que a da água $\rho_M > \rho_A$. De tal modo, combinando os dois resultados, obtemos que:

$$\boxed{\rho_M > \rho_A > \rho_G}$$

Questão 13. Vinícius Neblina é um estudante de olimpíadas muito dedicado e, após terminar a prova da OBOF, foi assistir à gravação da live com o gabarito do NOIC, que possui duração de 60 minutos. No entanto, Vinícius tinha um compromisso em breve, então ele decide alterar a velocidade de reprodução do vídeo a fim de finalizá-lo em 25 minutos. A velocidade de reprodução de um vídeo pode ser definida como a razão entre o tempo que passa no vídeo e o tempo que passa na vida real. Além disso, Vinícius percebeu que a barra de progresso (o pontinho vermelho que indica quantos minutos do vídeo já foram assistidos) passou a se mover mais rapidamente. Sabendo que a barra de progresso possui um comprimento de 30 cm, a velocidade de reprodução do vídeo e a velocidade da barra de reprodução, respectivamente, são:



a) $2,4$ e $1,2$ cm/min
b) $2,0$ e $1,2$ cm/min
c) $1,4$ e $0,5$ cm/min
d) $2,4$ e $0,5$ cm/min
e) $1,4$ e $1,2$ cm/min

Gabarito: A

Solução

Para resolver esse problema, é necessário lembrar dos conceitos de cinemática. Embora a velocidade de reprodução de um vídeo não seja um assunto de física, podemos entender essa grandeza como sendo a razão entre **o número de segundos que passam no vídeo** e **o número de segundos que passam na vida real**. Assim:

$$v_r = \frac{\Delta t_{video}}{\Delta t_{real}}$$
$$v_r = \frac{60}{25}$$
$$v_r = 2,4$$

Note que, embora o YouTube chame essa grandeza de velocidade, ela não possui unidades.

Para a segunda parte desse problema, podemos usar a definição de velocidade que já estamos habituados. $\Delta S = 30\,\text{cm}$ é o comprimento da barra de progresso e $\Delta t = 25\,\text{min}$ é o tempo que leva para o vídeo acabar.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$
$$v = \frac{30}{25}$$
$$v = 1,2\,\text{cm/min}$$

Portanto **item A**.

Questão 14. Sr Uchoa, um professor de física experiente, um dia furou o pneu de seu carro em uma ladeira. Por sorte o carro do Sr Uchoa não deslizou ladeira a abaixo, curioso, decidiu calcular o valor do coeficiente de atrito entre os pneus e o solo enquanto esperava o reboque. Assim, após encontrar o valor correto do coeficiente de atrito, Sr Uchoa fez as seguintes afirmações:

I. O seno do ângulo de inclinação da pista vale 7/25.

II. O coeficiente de atrito é menor que 8/7 do valor mínimo possível para essa pista.

Qual opção a seguir pode ser o coeficiente de atrito encontrado pelo Sr Uchoa?

a) $0,20$

b) $0,25$

c) $0,30$

d) $0,35$

e) $0,40$

Gabarito: C

Solução:

Inicialmente, como o carro está em equilíbrio podemos fazer o equilíbrio nas direções perpendicular e paralelo ao plano

$$N = mg\cos\theta$$

$$f_{at} = mg\sin\theta$$

Em que θ é o ângulo de inclinação da ladeira. A condição de equilíbrio é

$$f_{at} \leq N\mu$$

Substituindo as condições de equilíbrio.

$$mg\sin\theta \leq mg\cos\theta\mu$$

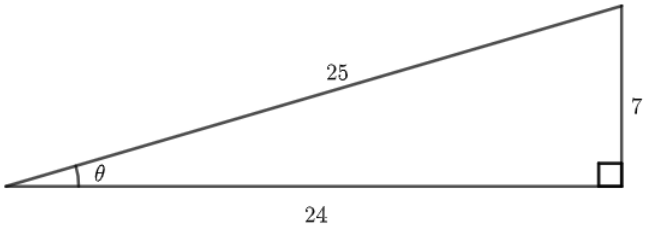
$$\sin\theta \leq \cos\theta\mu$$

$$\tan\theta \leq \mu$$

Desse modo o menor μ possível é

$$\mu_{min} = \tan\theta$$

Podemos encontrar a tangente do ângulo θ com o seguinte triangulo retângulo:



Assim

$$\tan\theta = \frac{7}{24} \cong 0,292$$

$$\mu_{min} = \frac{7}{24} \cong 0,292$$

Como foi dito nas afirmações do Sr Uchoa

$$\mu \leq \frac{8}{7}\mu_{min}$$

$$\mu \leq \frac{8}{7} \cdot \frac{7}{24} = \frac{1}{3} \cong 0,333$$

Desse modo,

$$0,292 \leq \mu \leq 0,333$$

O único valor dentre as alternativas que está no intervalo é

$$\boxed{\mu = 0,30}$$

Portanto, o gabarito é **item C**

Questão 15. O gráfico abaixo representa a posição de um carro em função do tempo. Em $t_0 = 0\,\text{s}$, quando a velocidade do carro valia $20\,\text{m/s}$, o motorista vê um sinal vermelho e começa a frear com aceleração constante. O ponto **P** representa o instante em que o carro para completamente. Com base no gráfico, podemos afirmar que a aceleração do carro vale:

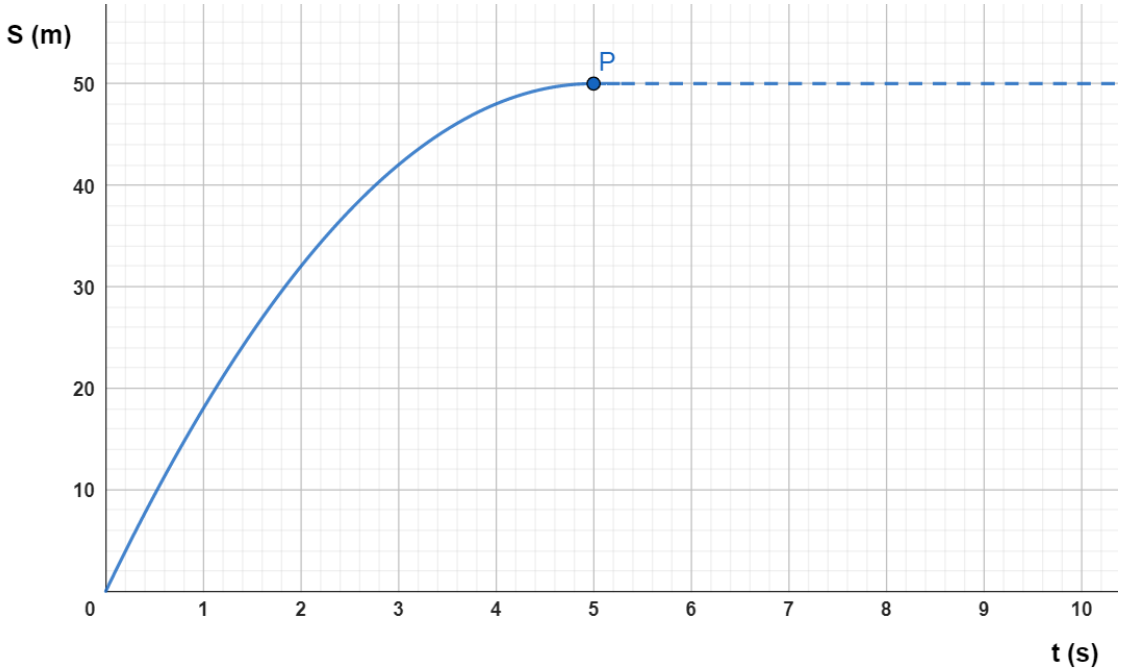


Gráfico de $S(m)$ x $t(s)$

a) $-8\,\text{m/s}^2$

b) $-4\,\text{m/s}^2$

c) $-2\,\text{m/s}^2$

d) $+2\,\text{m/s}^2$

e) $+4\,\text{m/s}^2$

Gabarito: B

Solução

Para resolver esse problema, precisamos lembrar dos conceitos de cinemática do movimento uniformemente variado. Note que, inicialmente a velocidade do carro valia $20\,\text{ms}^{-1}$ e que, após $5\,\text{s}$, o carro para de se mover. Portanto, podemos usar a função horária da velocidade:

$$v = v_v + at$$
$$0 = 20 + a \cdot 5$$
$$a = -4\,\text{m/s}^2$$

Portanto **item B**.

Outra possível abordagem é utilizando a equação de Torricelli:

$$\begin{aligned} v^2 &= v_0^2 + 2a\Delta S \\ 0 &= (20)^2 + 2a(50) \\ a &= -4\,\mathrm{m/s}^2 \end{aligned}$$

Questão 16. Planetas orbitando outras estrelas, localizados fora do sistema solar, são chamados de exoplanetas ou planetas extrassolares. De forma especial, o sistema estelar 55 Cancri foi um dos primeiros em que se descobriu a existência de exoplanetas, como 55 Cancri e, um planeta 8 vezes mais massivo e com o dobro do tamanho da Terra. O astro orbita a estrela 55 Cancri, similar ao Sol, a uma distância cerca de 64 vezes menor do que a distância Terra-Sol. Considerando que a massa de 55 Cancri seja idêntica à do Sol, o período orbital de 55 Cancri e é:

a) 8 vezes menor do que um ano terrestre.

b) 64 vezes menor do que um ano terrestre.

c) 128 vezes menor do que um ano terrestre.

d) 256 vezes menor do que um ano terrestre.

e) 512 vezes menor do que um ano terrestre.

Gabarito: E

Solução:

Como a massa de 55 Cancri é idêntica à do Sol, a Terceira Lei de Kepler nos diz que:

$$\frac{T^2}{R^3} = 1$$

Em que T é o período orbital em anos terrestres, e R a distância à 55 Cancri em unidades de distância Terra-Sol. Sendo assim:

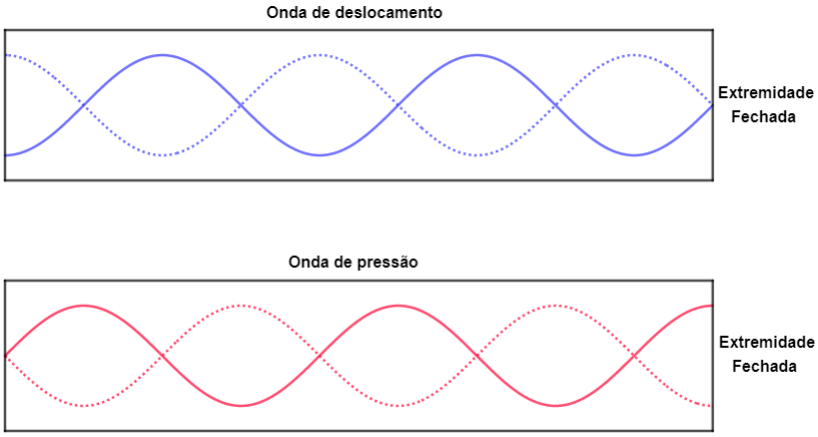
$$T^2 = \left(\frac{1}{64}\right)^3 = \frac{1}{262144}\ \text{anos}$$

Temos $\sqrt{262144} = 512$, logo:

$$T = \frac{1}{512}\ \text{anos terrestres}$$

Sendo assim, o período orbital de 55 Cancri e é 512 vezes menor do que um ano terrestre.

Questão 17. Analisando um tubo sonoro fechado, temos a seguinte configuração:



a) A onda sonora de pressão não inverte a fase quando atinge uma extremidade fixa (fechada).

b) A onda sonora de deslocamento não inverte a fase quando atinge uma extremidade fixa (fechada).

c) A onda de pressão está defasada de 180° da onda de deslocamento.

d) A onda de pressão está em fase com a de deslocamento.

e) A onda de pressão possui velocidade de propagação maior que a onda de deslocamento.

Gabarito: A

Solução:

Normalmente, dizemos que a onda sonora inverte a fase na reflexão com a parede. Entretanto, a onda na qual nos referimos é a onda de deslocamento. A onda de pressão, que está defasada de 90° da onda de deslocamento, não inverte a fase na reflexão com uma extremidade fixa. Por conta disso, temos um ventre de pressão exatamente sobre tal extremidade.

Questão 18. Daniel, um jovem que se esforça a praticar atividades físicas, sempre leva sua garrafa de água gelada à corrida. Entretanto, em um determinado dia, sua água está a uma temperatura um pouco elevada, então ele decide colocar a garrafa cheia de água no congelador para diminuir a temperatura da água mais rapidamente. Durante esse tempo, ele decidiu analisar uma curva de investimentos em criptomoeda e esqueceu de sua garrafa no freezer. Ao abrir o freezer, a água havia congelado e a garrafa explodido. Assinale a alternativa que melhor indica a causa do fenômeno ocorrido:

a) Devido à aplicação de um campo magnético externo.

b) Devido ao comportamento anômalo da água.

c) Devido às ligações de hidrogênio das moléculas de água, que se enfraqueceram.

d) Devido ao fato de o material da garrafa ser muito fraco.

e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Gabarito: B

Solução:

Quando a água é congelada, ocorre uma diminuição na energia cinética das moléculas, fazendo com que elas se aproximem e formem ligações de hidrogênio mais estáveis. Essas ligações de hidrogênio são responsáveis pela estrutura hexagonal do gelo. No entanto, quando a água é congelada em um recipiente fechado e não há espaço para expansão, a pressão interna aumenta à medida que o gelo se forma. Isso pode resultar na ruptura do recipiente, como no caso da garrafa de água que explodiu. Portanto, a causa do fenômeno ocorrido é o **fortalecimento** das ligações de hidrogênio das moléculas de água, quando congeladas, que resultou na explosão da garrafa.

Questão 19. Em uma região semiárida, uma bomba d'água de potência 200 W é utilizada para retirar água de um poço de profundidade 20 m. Assumindo que a água chega com velocidade praticamente nula na superfície, assinale a opção que contém o tempo necessário, em minutos, para encher completamente o tanque de um caminhão-pipa de capacidade igual a 3000 litros.

a) 10

b) 20

c) 30

d) 40

e) 50

Gabarito: E

Solução:

O trabalho necessário para elevar uma massa m de água a uma altura h é dado pela variação de energia potencial gravitacional:

$$\Delta E = mgh$$

Então, da definição de potência:

$$P_{ot} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta E}{P_{ot}} = \frac{mgh}{P_{ot}}$$

Da definição de densidade, a massa total de água que irá encher o tanque é $m = \rho V$. Assim:

$$\Delta t = \frac{\rho V g h}{P_{ot}}$$

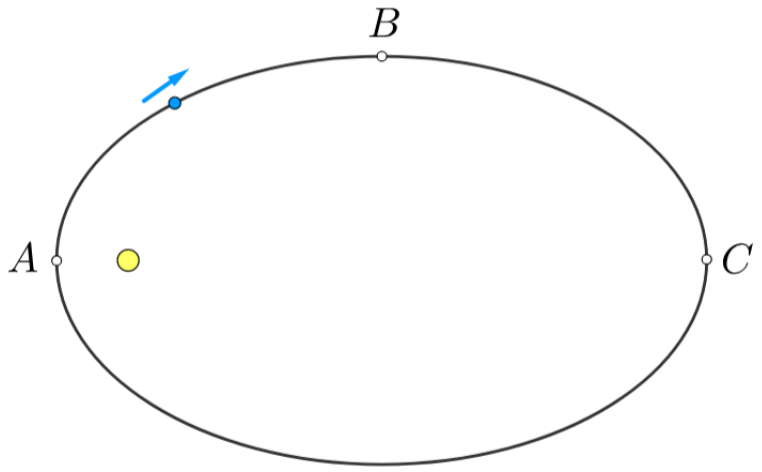
Substituindo os valores numéricos:

$$\Delta t = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 20}{200 \cdot 60} \text{ s}$$

$$\boxed{\Delta t = 50\ s}$$

Gabarito: Letra e)

Questão 20. Em uma aula de física sobre gravitação universal, o Prof. Udac resolve propor um pequeno desafio aos seus alunos. Ele esquematiza em sua lousa a seguinte situação: um planeta (em azul, na figura) encontra-se em uma órbita elíptica ao redor de sua estrela (em amarelo). Em seu desenho, o professor também indica o sentido de movimento do planeta com uma seta, além de marcar os pontos A, B e C sobre a órbita do planeta, conforme vemos abaixo.



Então, o professor resolve fazer algumas afirmações acerca da situação:

I. O módulo da velocidade do planeta no ponto A é menor do que em C.

II. O intervalo de tempo necessário para o planeta ir de A a B é idêntico ao intervalo de tempo necessário para ir de B a C.

III. Se a distância do planeta à estrela em A é duas vezes menor do que em C, a intensidade da força gravitacional entre a estrela e o planeta em A é 4 vezes maior do que em C.

IV. Se soubermos a massa da estrela e o semi-eixo maior da órbita, podemos obter o período de revolução do planeta ao redor da estrela.

Com base nos seus conhecimentos sobre gravitação universal, assinale a opção que contém a(s) afirmativa(s) correta(s).

a) Apenas I.

b) Apenas III.

c) I, II e IV.

d) III e IV.

e) Todas as afirmações estão corretas.

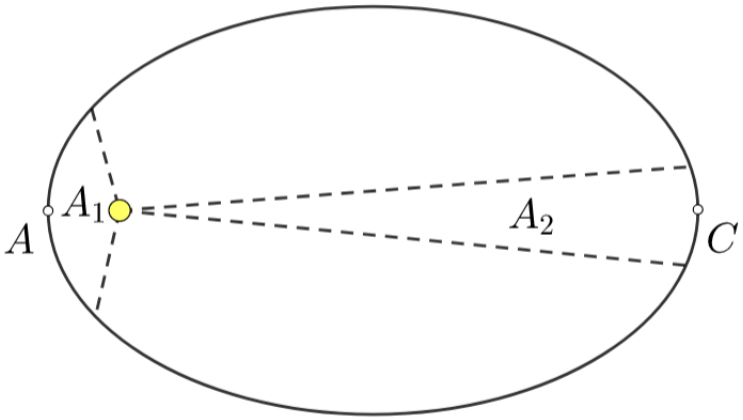
Gabarito: D

Solução:

Analisemos cada afirmação separadamente:

I) ERRADA

A Segunda Lei de Kepler nos diz que a velocidade areolar (área varrida pelo vetor raio do planeta, a partir da estrela, em relação ao tempo) do planeta é constante. Observe o seguinte esquema (exagerado):



Se a área A_1 mostrada for varrida num tempo Δt_1 e a área A_2 for varrida num tempo Δt_2, temos, pela Segunda Lei de Kepler, que

$$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2}$$

Se $A_1 = A_2$, $\Delta t_1 = \Delta t_2$. Veja que a distância percorrida pelo planeta durante o intervalo de tempo Δt_1 é visivelmente maior do que a distância percorrida durante Δt_2; logo, se uma distância maior é varrida em um mesmo intervalo de tempo nas proximidades de A, o módulo da velocidade do planeta em A é maior do que em C.

II) ERRADA

A razão é a mesma do item anterior. A área varrida pelo vetor raio quando o planeta se desloca de A até B é menor do que a área varrida entre B e C; pela Segunda Lei de Kepler, o tempo para ir de A até B é, então, mais curto.

III) CORRETA

Segundo a Lei da Gravitação Universal de Newton, a intensidade da força gravitacional entre dois corpos massivos depende do inverso da distância entre eles ao quadrado. Se a distância se reduz pela metade, a força gravitacional aumentará de $1/2^2 = 4$ vezes.

IV) CORRETA

A Terceira Lei de Kepler nos diz que

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

Note então que o período de revolução T depende do semi-eixo maior a, da massa M e de constantes da natureza. Conhecendo-se a e M, podemos determinar T.

Gabarito: Letra d)

Questão 21. José Beltrão estava treinando tiro ao alvo com seu arco e flecha. Por ser um aluno de física bastante curioso começou a se questionar o qual deve ser o mínimo trabalho realizado sobre a flecha para acertar o centro de um alvo que se encontra a $10\,m$ de Beltrão. Considere que Beltrão é habilidoso suficiente para atirar a flecha horizontalmente e tanto o arco quanto o alvo se encontram a mesma altura. Sabendo que o centro do alvo possui $5\,cm$ de raio e flecha $20\,g$ ajude Beltrão a descobrir o trabalho realizado em Joules.

a) $50\,J$

b) $100\,J$

c) $200\,J$

d) $50\,kJ$

e) $100\,kJ$

Gabarito: B

Solução:

Inicialmente, precisamos encontrar a velocidade mínima que a flecha é lançada. A velocidade de lançamento é mínima quando a flecha cai exatamente na borda do círculo, ou seja, cai exatamente um raio do círculo $5\,cm$. Como o lançamento é horizontal, temos a seguinte equação do movimento vertical:

$$\Delta h = \frac{gt^2}{2}$$

Então o tempo de lançamento é

$$0,05 = \frac{10t^2}{2}$$

$$0,05 = 5t^2$$

$$t^2 = 0,01$$

$$t = 0,1\,s$$

A partir do movimento horizontal, temos

$$vt = \Delta x$$

Como o alvo está a $10\,m$ de Beltrão

$$0,1v = 10$$

$$v = 100\,m/s$$

Uma vez que temos a massa da flecha ($m_{flecha} = 20\,g = 20 \cdot 10^{-3}\,kg$) e sua velocidade, podemos encontrar a energia cinética

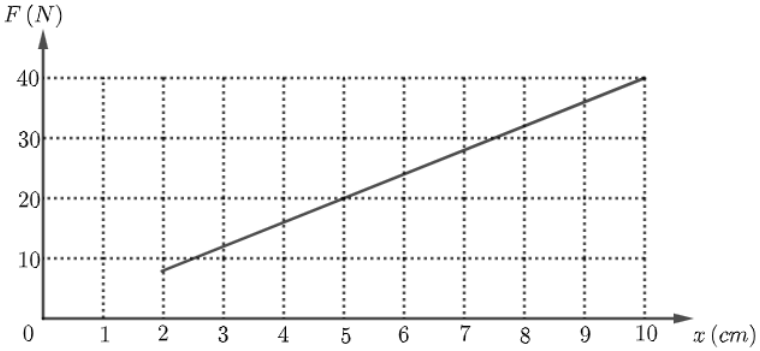
$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot (100)^2}{2}\,J$$

$$\boxed{E = 100\,J}$$

Desse modo, o gabarito é **item B.**

Questão 22. O arco de José Beltrão é especial, esse possui uma corda elástica que obedecia à lei de Hooke de tal forma que possui uma constante elástica equivalente k. O gráfico a seguir mostra a força que Beltrão exerce em função da deformação. Desse modo, encontre k.



a) $25,0\,N/m$

b) $50,0\,N/m$

c) $100,0\,N/m$

d) $200,0\,N/m$

e) $400,0\,N/m$

Gabarito: E

Solução:

Utilizando o gráfico dado na questão podemos encontrar a força em função de x

$$F = 4x$$

Onde F é dado em N e x em cm, para acharmos o valor da constante em N/m, precisamos fazer a conversão de centímetros para metros

$$F = 400x$$

Agora x é dado em metros. Logo, fazendo uma analogia com a lei de Hooke

$$F = kx$$

Temos

$$\boxed{k = 400\,N/m}$$

Desse modo, o gabarito é **item E.**

Questão 23. Em um de seus treinamentos para as olimpíadas de arco e flecha, José Beltrão deixou cair uma flecha em sua piscina e infelizmente ela afundou. Assim, ao olhar a flecha no fundo da piscina notou que viu a flecha a uma distância $1,5\,m$ da superfície. Sabendo que o índice de refração da água é $n = 4/3$, encontre a real profundidade da piscina.

a) $1,125\,m$

b) $0,889\,m$

c) $2,000\,m$

d) $0,500\,m$

e) $4,500\,m$

Gabarito: C

Solução:

Para encontrarmos a profundidade da piscina, apenas precisamos utilizar a equação do dioptro plano:

$$\frac{h_{piscina}}{n_{agua}} = \frac{h_{imagem}}{n_{ar}}$$

$$h_{piscina} = n_{agua} \cdot \frac{h_{imagem}}{n_{ar}}$$

Assumindo que $n_{ar} = 1$ e substituindo os valores do enunciado

$$h_{piscina} = \frac{4}{3} \cdot 1,5\,m$$

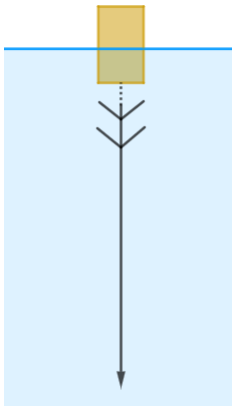
$$\boxed{h_{piscina} = 2\,m}$$

Desse modo, o gabarito é **item C.**

Questão 24. José Beltrão não quer mais que suas flechas afundem na água então acoplou uma pequena boia cilíndrica a elas de tal maneira que sempre que uma flecha cai na água a boia a impede de afundar, como mostra a figura. Assumindo que a boia tem metade da massa de uma flecha ($m_{flecha} = 20\,g$) encontre o volume total da boia, se apenas a metade da boia está em baixo d'água e o volume da flecha é metade do volume total da boia.

a) $12\,cm^3$

b) $60\,cm^3$



c) $20\,cm^3$

d) $40\,cm^3$

e) $30\,cm^3$

Gabarito: E

Solução:

Pela equação do equilíbrio do sistema flecha+boia, temos

$$\rho_{agua} g V_{sub} = M_{tot} g$$

$$\rho_{agua} V_{sub} = M_{tot}$$

A massa total é a soma da massa da boia ($m_{boia} = (m_{flecha})/2 = 10\,g$) com a massa da flecha

$$M_{tot} = 30\,g$$

Chamemos V de o volume da boia, assim, o volume da flecha é $V/2$, somando ao volume submerso da boia ($V/2$) temos

$$V_{sub} = V/2 + V/2 = V$$

Desse modo, substituindo a densidade da água $\rho_{agua} = 1\,g/cm^3$, V_{sub} e M_{tot} no equilíbrio

$$\boxed{V = 30\,cm^3}$$

Portanto, o gabarito é **item E.**

Questão 25. Matheus, um jovem que ama aviação de caça, decide criar um caça grippen em miniatura inspirado no filme Top Gun. A miniatura do avião tem 6 kg e foi puxada por 5,30 metros em uma superfície plana e horizontal. Matheus utilizou uma corda para fazer isso e aplicou uma força constante de 12,5 N, de forma angulada com um ângulo de 30° acima do plano. Qual foi o trabalho realizado?

a) 300,00 J

b) 57,97 J

c) 30,60 J

d) 200,00 J

e) 15,30 J

Gabarito: B

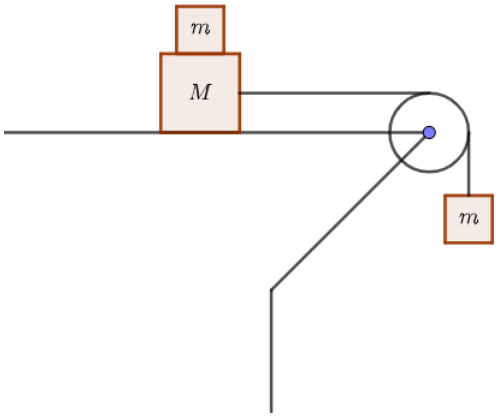
Solução:

O trabalho realizado pode ser calculado usando a fórmula:

$$W = Fd\cos\theta$$

$$W = (12,5\,\mathrm{N}).(5,30\,\mathrm{m}).(0,85) \approx 57,37\,\mathrm{J}$$

Questão 26. Considere o esquema mostrado a seguir, composto por dois blocos idênticos de massa $m = 10\,\mathrm{kg}$ e um bloco de massa $M = 30\mathrm{kg}$. Considere que todas as superfícies são lisas exceto a superfície de contato entre M e m (o atrito é suficiente para não existir deslizamento). Sabendo que a polia e os fios são ideais, encontre a força de atrito que atua nos blocos.



a) 20 N

b) 25 N

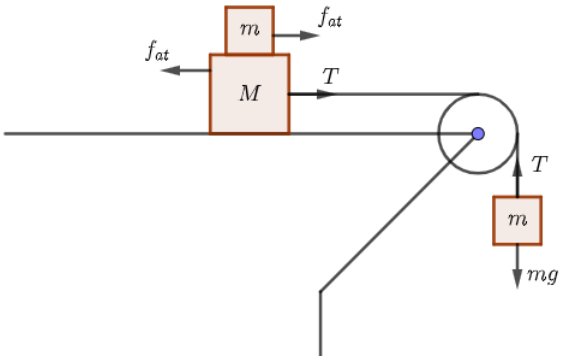
c) 60 N

d) 80 N

e) 100 N

Gabarito: A

Solução:



Como o fio é inextensível todos os blocos possuem o mesmo módulo de aceleração. Desse modo, aplicando a segundo lei de Newton em todos os blocos, temos

$$mg - T = ma$$

$$T - f_{at} = Ma$$

$$f_{at} = ma$$

Somando todas as equações

$$mg = (2m + M)a$$

Então

$$a = \frac{10}{(20+30)}g = 2\,m/s^2$$

Substituindo na última equação do equilíbrio:

$$f_{at} = ma$$

$$f_{at} = 10 \cdot 2\,N$$

$$\boxed{f_{at} = 20\,N}$$

Desse modo, o gabarito é **item A.**

Questão 27. Em uma aldeia indígena ensolarada, AstroHanita propôs usar um refletor parabólico com largura de $6,0$ m para aquecer água de forma sustentável para que todos os moradores consigam fazer café. Saiba que a incidência de radiação solar neste momento na aldeia é de 800 W/m^2. AstroHanita calculou o comprimento do refletor necessário para aquecer $1,0$ m^3 de água de 20 °C para 100°C em uma hora. A aldeia construiu o refletor de acordo com as especificações de astrohanita, permitindo o aquecimento rápido e reduzindo a dependência de energia não renovável para aquecer água para o café da tarde. Qual é o comprimento do refletor construído?

a) 16 m

b) 17 m

c) 18 m

d) 19 m

e) 20 m

Gabarito: D

Solução:

Para calcular o comprimento do refletor necessário, podemos usar a fórmula da quantidade de calor (energia) transferida:

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = 1000.4200.80 = 336.10^6 \text{ J}$$

Agora, vamos calcular o tempo necessário para aquecer a água. Sabemos que queremos aquecer a água em uma hora, o que corresponde a 3600s.

A área do refletor parabólico é igual à largura (6 m(multiplicada pelo comprimento (l). Assim, a área é $6l\, m^2$.

A potência recebida pelo refletor parabólico é dada por:

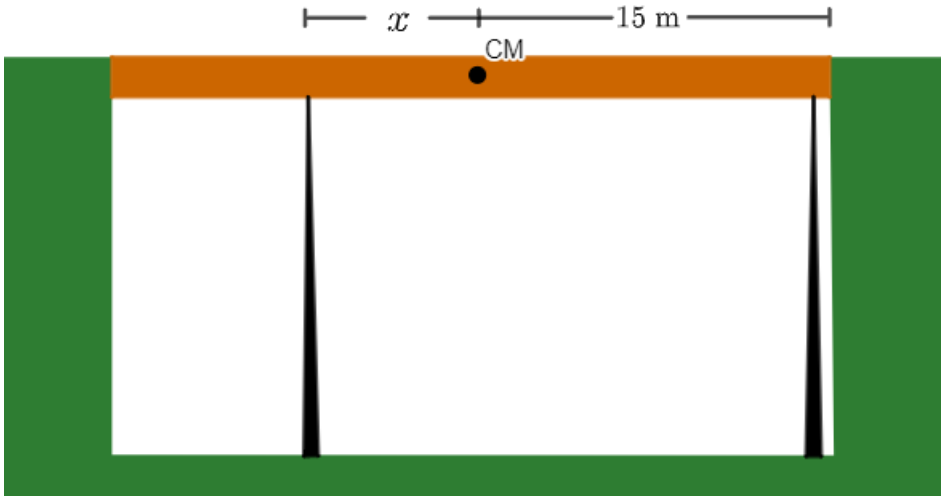
$$Pot = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{336.10^6}{3600} = 9,3.10^4 \text{ W}$$

$$800 = \frac{9,3.10^4}{6l}$$

$$l = 19 \text{ m}$$

Portanto **item D**.

Questão 28. Certo dia, Alberto, um astuto engenheiro, decidiu construir uma simples ponte retangular e uniforme de madeira que liga dois lados de um abismo de $30,00$ m de comprimento. Entretanto, Alberto possui apenas duas colunas para dar sustentação à sua ponte e decidiu colocar uma dessas colunas em uma extremidade da ponte. Sabendo que a ponte possui uma massa de $180,00$ kg e Alberto tem uma massa de $60,00$ kg, qual deve ser a menor distância da segunda coluna ao centro de massa da ponte para que Alberto nunca caia dela?



a) $3,00\,\mathrm{m}$
b) $3,25\,\mathrm{m}$
c) $3,50\,\mathrm{m}$
d) $3,75\,\mathrm{m}$
e) $4,00\,\mathrm{m}$

Gabarito: D

Solução:

Para resolver esse problema, deve-se calcular o torque para o equilíbrio estático. Para achar a menor distância da segunda coluna ao centro de massa, vamos calcular o caso em que o torque de Alberto em relação à segunda coluna seja máximo. Sendo assim, Alberto deverá se posicionar na extremidade exquerda da ponte para que assim seu torque seja máximo. Logo, calculando o torque em relação à segunda coluna:

$$P_{Alberto}d = P_{Ponte}x$$

$$600(15 - x) = 1800x$$

$$15 = 4x$$

$$\boxed{x = 3,75\mathrm{m}}$$

OBS: Perceba que, por causa da coluna localizada a direita da ponte, a mesma nunca irá tombar para a direita.

Questão 29. Astrogabi estava bebendo seu energético da marca boi garantido de coco e açaí muito feliz enquanto estudava cálculo na faculdade. Quando abaixa para pegar seu lápis que caiu no chão, seu óculos cai

em direção ao chão. O óculos de Astrogabi tem massa de $0,4\,\text{kg}$ e no momento em que bate no chão, tem velocidade de $31\,\text{m/s}$. Sabendo-se disso, qual foi, aproximadamente, a energia cinética do óculos de Astrogabi no instante anterior a bater no chão?

a) 188 J

b) 189 J

c) 190 J

d) 191 J

e) 192 J

Gabarito: E

Solução:

A energia cinética de um objeto pode ser calculada usando a seguinte fórmula:

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_c = \frac{(0,4).(31^2)}{2} = 192,2\,\text{J}$$

Questão 30. Astroju estava gerando seu código inovador em Pyhton quando de repente o seu gatinho plasma nocauteia sua caneca de café de $4,00\,\text{kg}$ de massa em direção ao chão. A caneca de café, ainda bem, é amortecida por uma borracha que estava no chão. A borracha reduziu o impacto da queda, fazendo com que a colisão fosse mais demorada e deixando a caneca voltar, só que com uma velocidade menor. Outra forma de reduzir o impacto é utilizar um material que se deforma, fazendo com que a colisão seja ainda muito demorada, mas não permitindo que a caneca volte após a colisão.

Comparando as duas situações, como ficam a força média exercida sobre a caneca e a energia mecânica dissipada?

a) A força é maior na colisão com a borracha, e a energia dissipada é maior na colisão com o material deformável.

b) A força é maior na colisão com o material deformável, e a energia dissipada é maior na colisão com a borracha.

c) A força é maior na colisão com o material deformável, e a energia dissipada é a mesma nas duas situações.

d) A força é maior na colisão com a borracha, e a energia dissipada é maior na colisão com o material deformável.

e) A força é maior na colisão com o material deformável, e a energia dissipada é maior na colisão com a borracha.

Gabarito: A/D, Anulada

Solução:

Vamos analisar a força primeiro.

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Logo, a situação que tiver o maior $\Delta\vec{v}$, terá a maior força média. Veja que enfatizei bem o caráter vetorial de velocidade.

Na primeira situação, temos:

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_{inicial} - (-\vec{v}_{final})$$

Resultando em um número maior que o módulo de $\vec{v}_i nicial$.

Na segunda situação, temos:

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_{inicial} - \vec{0}$$

Resultando em um número igual ao módulo de $\vec{v}_{inicial}$.

Dessa forma, a força média é maior na primeira situação, em que se utiliza a borracha.

Agora, vamos analisar a energia mecânica dissipada. Lembre do caráter escalar de energia mecânica.

Na primeira situação, temos:

$$\Delta E_m = \left| \frac{m{v_{final}}^2}{2} - \frac{m{v_{inicial}}^2}{2} \right|$$

Na segunda situação, temos:

$$\Delta E_m = \left| 0 - \frac{m{v_{inicial}}^2}{2} \right|$$

Considerando o módulo, claramente o ΔE_m da segunda situação, em que se utiliza o material deformável, é maior.

Dessa forma, as alternativas corretas seriam as letras A e D. Entretanto, como previsto nas instruções iniciais da prova, há somente uma alternativa correta em todos os problemas da prova. Dessa forma, infelizmente, o problema 30 teve que ser anulado.