

Olimpíada Brasileira Online de Física

1ª Fase - 12 a 14 de setembro de 2025

Nome: _____

Série: _____

Nível MN
Ensino Fundamental
8ª e 9ª séries

Instruções de Prova

- I. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos dos **8ª e 9ª séries do ensino fundamental**. 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 12 a 14 de setembro de 2025**.
- VI. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sin 30^\circ = 0,50$; $\cos 30^\circ = 0,85$; $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,70$; aceleração gravitacional na superfície da terra $g = 10 \text{ m/s}^2$; calor específico da água líquida $c_a = 1 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$; calor latente de fusão do gelo $L = 80 \text{ cal/g}$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$.

Apoio:





Curiosidades:

Herch Moysés Nussenzveig (São Paulo, 16 de janeiro de 1933 – Rio de Janeiro, 5 de novembro de 2022), homenageado nesse nível, foi um físico, pesquisador e professor universitário brasileiro de origem judaica. Grande oficial da Grã-Cruz da Ordem Nacional do Mérito Científico e membro da Academia Brasileira de Ciências, Moysés era professor emérito da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi presidente da Sociedade Brasileira de Física de 1981 a 1983. Recebeu em 1986 o Prêmio Max Born, outorgado pela Optical Society a cientistas que tenham dado contribuições significativas no campo da óptica. Moysés contribuiu bastante para o ensino de física no Brasil com sua coleção de livros “Física Básica”, os quais são usados amplamente em diversas universidades brasileiras.



Questão 1. Em um belo dia, Trucas se pergunta sobre como funcionam as estações do ano. Assim, seu colega Prucas responde à sua pergunta, explicando qual a principal razão física por trás das estações do ano. Qual das seguintes alternativas é verdadeira e se encaixa melhor nessa razão?

- a) Estrelas distantes possuem ciclos de emissão de luz com períodos bem definidos que determinam as estações do ano.
- b) As camadas da atmosfera terrestre mudam suas propriedades de acordo com períodos muito bem definidos que determinam as estações do ano.
- c) As estações do ano acontecem por causa da trajetória perfeitamente circular da Terra, cujo período bem definido(ano) determina as estações.
- d) As estações do ano ocorrem, principalmente, por causa da trajetória da Terra em torno do Sol e da inclinação do eixo de rotação da Terra com respeito à sua órbita.
- e) As estações do ano ocorrem por causa do Efeito Estufa.

Solução:

Vamos analisar cada alternativa:

- (a) Apesar de algumas estrelas distantes realmente terem ciclos de emissão de luz com períodos bem definidos, isso não está relacionado com as estações do ano.
- (b) As camadas da atmosfera não possuem nenhuma relação direta com o período das estações do ano.
- (c) A trajetória da Terra não é perfeitamente circular.
- (d) Essa é a alternativa correta. Por causa de tal inclinação orbital, o sol pode ficar acima do horizonte mais ou menos tempo do que o normal. É por causa desse efeito que são criadas as estações do ano.
- (e) O Efeito Estufa não possui relação direta com a causa das estações do ano.

Questão 2. David Iron é um estudante fascinado por física. Por causa disso, ele decide realizar um experimento curioso. Ele separou 5 L de água da sua torneira, que estava em uma temperatura de 20°C e depois juntou com 20 litros de água de uma sauna, que estava com temperatura de 60°C . Desconsiderando perdas externas de calor, qual a temperatura final esperada para o sistema?

- a) 52°C
- b) 50°C
- c) 58°C



- d) 55°C
e) 60°C

Solução:

Por conservação de energia, temos:

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

Podemos expressar o calor transferido por cada parte de água por meio da fórmula:

$$Q = mc\Delta T$$

Onde m é a massa de parte de água, c é o calor específico da água e ΔT a variação de calor. Como o enunciado nos forneceu apenas o volume da água, pode substituir $m = \rho V$, onde ρ é a densidade da água e V seu volume. Assim, temos:

$$V_1\Delta T_1 = -V_2\Delta T_2 \rightarrow V_1(T_e - T_1) = V_2(T_2 - T_e)$$

Isolando a temperatura de equilíbrio e substituindo:

$$T_e = \frac{V_2T_2 + V_1T_1}{V_1 + V_2} = 52^{\circ}\text{C}$$

Questão 3. O seguinte texto vale para as próximas duas questões:

Uma jovem estudante de física chamada **Alexanidrido Dissal** está analisando o comportamento de uma mangueira e seu fluxo de água. Ligando a torneira à qual a mangueira está conectada, ela segura a ponta aberta em cima de um grande balde, o qual enche até escorrer água! Apesar da molhaceira, ela tira seu caderno e calculadora do bolso e começa a trabalhar a física!

Primeiramente, ela busca obter o fluxo da água. Sabendo que encheu o balde de 90 L em 4 min, qual é o valor da vazão em m^3/s ?

- a) $1,25 \times 10^{-4}$
b) $1,25 \times 10^{-1}$
c) 5×10^{-1}
d) 5×10^{-4}
e) $2,5 \times 10^{-4}$

Solução:

Sabendo que um metro cúbico contém 1000 L, logo:

$$90 \text{ L} = 0,09 \text{ m}^3$$

e a vazão é:

$$Q = \frac{0,09}{4 \times 60} = 3,75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$



Não havendo item correto, portanto a questão está **anulada**.

Questão 4. Agora, Alexanidrido pretende estudar a velocidade da água. Utilizando o valor da vazão obtido no item anterior e sabendo que a abertura da mangueira é de 2 cm^2 , logo a velocidade da água que sai da mangueira é de (em m/s):

- a) Não é possível obter apenas com estes dados.
- b) $0,250\text{ m/s}$
- c) $0,425\text{ m/s}$
- d) $0,500\text{ m/s}$
- e) $0,675\text{ m/s}$

Solução:

Utilizando a relação

$$Q = v \cdot A$$

e utilizando o valor obtido no item anterior, a velocidade é $0,1875\text{ m/s}$. Como este valor não está em alguma das alternativas, o correto é o **item - a**

Questão 5. A equipe de geografia do NOIC estava em busca de um novo continente e embarcaram numa longa viagem de trem. Contudo, um dos estudantes leu uma notícia na internet que alertava sobre o aquecimento global, e ficou preocupado se os trilhos não poderiam dilatar e trancar o caminho do trem. Percebendo que a ideia era um absurdo, Luiz Lanço, membro da equipe, imagina o seguinte cenário, para mostrar como o aumento seria pequeno mesmo com variações significativas de temperatura:

Um trilho de aço possui comprimento inicial $L_0 = 2,0\text{ m}$ a uma temperatura $T_0 = 20^\circ\text{C}$. O coeficiente de dilatação linear do aço é $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Sabendo que a temperatura aumenta para $T = 120^\circ\text{C}$, Luiz Lanço afirma que o comprimento final, em metros, será de:

- a) $2,0024\text{ m}$
- b) $2,0240\text{ m}$
- c) $2,1440\text{ m}$
- d) $2,2400\text{ m}$
- e) $2,2240\text{ m}$

Solução:

O comprimento final é dado pela dilatação linear:

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

com

$$L_0 = 2,0\text{ m}, \quad \alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}, \quad \Delta T = 120 - 20 = 100 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Portanto,



$$L = 2,0 \left(1 + (1,2 \times 10^{-5})(100) \right)$$

$$L = 2,0 \left(1 + 1,2 \times 10^{-3} \right)$$

$$L = 2,0 \times 1,0012 = 2,0024 \text{ m.}$$

2,0024 m

Questão 6. Patrícia é uma motorista de aplicativo que está tentando chegar ao seu destino o mais rápido possível. O trajeto consiste em uma linha reta de 105 m. O carro possui uma aceleração máxima de 6 m/s^2 e uma velocidade máxima de 30 m/s .

Considerando que Patrícia acelera até atingir a velocidade máxima e depois mantém essa velocidade constante até o destino, determine o tempo total necessário para completar o trajeto. Despreze quaisquer efeitos de frenagem, curvas ou resistência do ar.

- a) $t = 6 \text{ s}$
- b) $t = 7 \text{ s}$
- c) $t = 8 \text{ s}$
- d) $t = 9 \text{ s}$
- e) $t = 10 \text{ s}$

Solução: Primeiro, vamos verificar se o carro atinge a velocidade máxima antes de completar o trajeto.

A distância necessária para atingir a velocidade máxima v_{max} com aceleração a é:

$$s_1 = \frac{v_{\text{max}}^2}{2a} = \frac{30^2}{2 \cdot 6} = \frac{900}{12} = 75 \text{ m}$$

Como o trajeto total é $s = 105 \text{ m} > 75 \text{ m}$, o carro consegue atingir a velocidade máxima.

O tempo para acelerar até v_{max} é:

$$t_1 = \frac{v_{\text{max}}}{a} = \frac{30}{6} = 5 \text{ s}$$

A distância restante percorrida a velocidade constante é:

$$s_2 = s - s_1 = 105 - 75 = 30 \text{ m}$$

O tempo para percorrer s_2 a velocidade constante v_{max} é:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_{\text{max}}} = \frac{30}{30} = 1 \text{ s}$$

Portanto, o tempo total é:

$$t_{\text{total}} = t_1 + t_2 = 5 + 1 = 6 \text{ s}$$

Letra A



Questão 7. Asfury está dirigindo seu carro, um Fusca, e competindo com uma Ferrari. No instante inicial ($t = 0$), a Ferrari está a 100 metros à frente de Asfury e desloca-se com velocidade constante 20 m/s. Enquanto, inicialmente Asfury já desloca-se com velocidade constante 30 m/s. Determine após quanto tempo Asfury alcançará a Ferrari, considerando que o movimento ocorre em linha reta e desprezando quaisquer resistências.

- a) $t = 9s$
- b) $t = 10s$
- c) $t = 11s$
- d) $t = 12s$
- e) $t = 13s$

Solução: Vamos definir a posição de cada carro em função do tempo t :

$$x_{\text{Ferrari}} = 100 + 20t$$

$$x_{\text{Asfury}} = 0 + 30t$$

Para determinar quando Asfury alcança a Ferrari, igualamos as posições:

$$x_{\text{Asfury}} = x_{\text{Ferrari}} \Rightarrow 30t = 100 + 20t$$

Resolvendo para t :

$$30t - 20t = 100 \Rightarrow 10t = 100 \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

Portanto, Asfury alcançará a Ferrari após 10 segundos.

Letra B

Questão 8. Lucas, irmão de Asfury, está analisando o movimento de um carro que parte do repouso e inicia o movimento com aceleração constante positiva, depois desacelerando também com aceleração constante de mesmo módulo pela mesma quantidade de tempo e, por fim, continuando com velocidade constante.

Assumindo que Lucas desenhe corretamente o gráfico da posição em função do tempo ($s \times t$) do carro, assinale a alternativa que apresenta a descrição que mais se assemelha qualitativamente ao gráfico de Lucas:

- a) uma parábola côncava para baixo, seguida de uma côncava para cima seguida de uma linha reta com inclinação não nula
- b) uma parábola côncava para cima cujo o vértice, seguida de uma côncava para baixo seguida de uma linha reta com inclinação não nula
- c) uma parábola côncava para cima, seguida de uma côncava para baixo seguida de uma linha reta com inclinação nula
- d) uma linha reta inclinada para cima, seguida de uma para baixo seguida de uma sem inclinação
- e) uma parábola côncava para cima cujo o vértice está abaixo do ponto (0,0), seguida de uma côncava para baixo seguida de uma linha reta com inclinação nula



Solução: O gráfico de um movimento acelerado é uma parábola, nessa caso côncava para cima ($a > 0$) como parte do repouso, o começo é em seu vértice. a segunda parte $a < 0$, então ainda é um parábola, mas com concavidade oposta. Como ele passa o mesmo tempo desacelerando, essa velocidade constante é zero, (uma linha reta horizontal) **Letra C**

Questão 9. Elias e Asfury estavam brincando de arremasar projéteis. Considerando que Asfury já está a 10 metros de distância quando começa a fugir, (com velocidade constante de 6 m/s). Considerando que Elias quer acertar Asfury no arremesso, qual deve ser o tempo, aproximadamente, que ele precisa esperar antes de lançar o projétil, para que ele atinja exatamente o ponto onde Asfury estará? Sabendo que vai lançar a bola com uma velocidade de 20 m/s, formando um ângulo de 30° com a horizontal.

- a) $t = 1,4\text{ s}$
- b) $t = 1,6\text{ s}$
- c) $t = 1,8\text{ s}$
- d) $t = 2,0\text{ s}$
- e) $t = 2,2\text{ s}$

Solução: Primeiro, calculamos a distância horizontal máxima que o projétil de Elias alcançará:

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{20^2 \cdot \sin 60^\circ}{10} = \frac{400 \cdot 0,866}{10} \approx 34,64 \text{ m}$$

O tempo que Asfury leva para percorrer a distância entre sua posição inicial ($x_0 = 10 \text{ m}$) até o ponto de alcance do projétil é:

$$T_1 = \frac{R - 10}{v_{\text{Asfury}}} = \frac{34,64 - 10}{6} \approx \frac{24,64}{6} \approx 4,11 \text{ s}$$

O tempo que o projétil fica no ar é dado por:

$$T_2 = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} = \frac{2 \cdot 20 \cdot \frac{1}{2}}{10} = 2 \text{ s}$$

Para que o projétil acerte Asfury, Elias deve lançar a bola Δt antes de Asfury chegar ao ponto de impacto:

$$\Delta t = T_1 - T_2 \approx 4,11 - 2 \approx 2,11 \text{ s}$$

Portanto, Elias deve esperar aproximadamente 2,1 segundos antes de lançar o projétil.

Letra E

Questão 10. Lucas Asfury, determinado a provar sua superioridade não apenas em solo, mas também nas alturas, investe tudo o que possui (inclusive o futuro) na compra de um foguete. Com ele, coloca-se em órbita circular ao redor da Terra. Sua viagem começa exatamente no ponto da órbita situado acima da base de lançamento, localizada na superfície da Terra.

Sabendo que:

- A órbita de Lucas é circular e no mesmo sentido da rotação da Terra;
- A Terra gira em torno de seu próprio eixo com velocidade angular constante ω_T ;



- O período de rotação do foguete em torno da Terra é T_0 e é menor que o período de rotação da Terra;
- A única força atuando sobre Lucas é a gravidade terrestre (despreze resistência do ar e outras perturbações).

Determine, em função das variáveis fornecidas, o tempo T necessário para que Lucas veja novamente a base de lançamento passando exatamente abaixo dele.

- a) $T = \frac{2}{\frac{1}{T_0} - \frac{\omega_T}{2\pi}}$
- b) $T = \frac{1}{\frac{1}{T_0} - \frac{\omega_T}{2\pi}}$
- c) $T = \frac{2\pi}{\omega_T}$
- d) $T = \frac{1}{\frac{1}{T_0} + \frac{\omega_T}{2\pi}}$
- e) $mT = \frac{1}{\frac{2}{T_0} - \frac{\omega_T}{\pi}}$

Solução: A situação descreve um satélite em órbita circular acima da Terra, enquanto a base de lançamento gira com velocidade angular ω_T .

A velocidade angular do foguete em órbita é determinada pela condição de equilíbrio da força centrípeta com a gravidade:

$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

A velocidade angular do foguete em relação ao centro da Terra é:

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{\sqrt{GM/R}}{R} = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$$

Para que Lucas veja novamente a base passando abaixo dele, o foguete precisa percorrer um ângulo relativo de 2π em relação à base que gira com ω_T . O tempo T satisfaz:

$$(\omega - \omega_T)T = 2\pi$$

Logo, o tempo necessário é:

$$T = \frac{2\pi}{\omega - \omega_T} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{GM}{R^3}} - \omega_T} = \frac{1}{\frac{1}{T_0} - \frac{\omega_T}{2\pi}}$$

Letra B

Questão 11. Andrea Asfury gostaria de tomar uma Coca-Cola bem gelada. No entanto, a única que ela possuía estava quente, a uma temperatura de 30°C . Querendo esfriá-la rapidamente, separou uma massa M de gelo a 0°C e o colocou na bebida.

Sabendo que:

- A Coca-Cola possui massa $m_c = 300\text{ g}$;



Olimpíada Brasileira Online de Física



- O calor específico da Coca-Cola é $c_c = 0,9 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$;
- O gelo está inicialmente a 0°C (não há necessidade de aquecê-lo antes de fundir);
- O calor latente de fusão do gelo é $L_f = 80 \text{ cal/g}$.

Determine, aproximadamente, a massa mínima de gelo M (em gramas) que Andrea deve adicionar para que, após o gelo ser completamente derretido (ainda a 0°C), toda a Coca-Cola esteja a 15°C .

- a) $M = 20 \text{ g}$
- b) $M = 30 \text{ g}$
- c) $M = 40 \text{ g}$
- d) $M = 50 \text{ g}$
- e) $M = 60 \text{ g}$

Solução: Pela conservação de energia, o calor perdido pela Coca-Cola será igual ao calor absorvido pelo gelo para derreter e depois para que a água resultante alcance a temperatura final $T_f = 15^\circ\text{C}$.

1. Calor perdido pela Coca-Cola:

$$Q_c = m_c c_c (T_{\text{inicial}} - T_f) = 300 \cdot 0,9 \cdot (30 - 15) = 4050 \text{ cal}$$

2. Calor absorvido pelo gelo:

- Para derreter: $Q_1 = ML_f$
- Para aquecer a água do gelo de 0°C até $T_f = 15^\circ\text{C}$: $Q_2 = M c_{\text{água}} (T_f - 0) = M \cdot 1 \cdot 15 = 15M \text{ cal}$

$$Q_{\text{gelo}} = Q_1 + Q_2 = 80M + 15M = 95M$$

Igualando calor perdido e absorvido:

$$Q_c = Q_{\text{gelo}} \Rightarrow 4050 = 95M$$

3. Resolvendo para M :

$$M = \frac{4050}{95} \approx 42,63 \text{ g}$$

Portanto, a massa mínima de gelo necessária é aproximadamente 43 g.

Letra C

Questão 12. Maia e Praça estavam disputando um "racha" (corrida de carros) na Avenida Brito Farias. No início da corrida, Maia percorre a primeira metade do percurso a uma velocidade constante de 90 km/h , enquanto Praça percorre, durante toda a corrida, a 120 km/h .

Sabendo que o percurso total da corrida é de 2 km , qual deve ser a velocidade média mínima de Maia na segunda metade da corrida para que ele chegue à frente de Praça no final?

- a) 120 km/h
- b) 150 km/h
- c) 180 km/h
- d) 210 km/h
- e) 240 km/h



Solução: Sabendo que Praça percorreu os 2 km a uma velocidade constante de 120 km/h, o tempo gasto por ele foi

$$t_P = \frac{2}{120} = \frac{1}{60} \text{ h.}$$

Além disso, considerando que Maia percorreu a primeira metade do trajeto (1 km) a uma velocidade constante de 90 km/h, temos que o tempo gasto nesse trecho foi

$$t_{M_1} = \frac{1}{90} \text{ h.}$$

Para que Maia chegue antes de Praça, o tempo total de percurso de Maia deve satisfazer a inequação

$$t_{M_1} + t_{M_2} \leq t_P,$$

ou seja,

$$t_{M_2} \leq t_P - t_{M_1}.$$

Substituindo os valores:

$$t_{M_2} \leq \frac{1}{60} - \frac{1}{90},$$

$$t_{M_2} \leq \frac{1}{180} \text{ h.}$$

Logo, Maia deve gastar no máximo $\frac{1}{180}$ h na segunda metade do percurso.

Pela definição de velocidade média:

$$v_{M_2} = \frac{1}{t_{M_2}}.$$

Portanto,

$$\frac{1}{v_{M_2}} \leq \frac{1}{180} \implies v_{M_2} \geq 180 \text{ km/h.}$$

Assim, a velocidade média mínima que Maia deve atingir na segunda metade do trajeto é 180 km/h

Letra c) 180 km/h

Questão 13. Biasse estava jogando basquete com Eduardo quando foi cobrar um arremesso livre. Como Biasse não é muito habilidoso, ele errou feio a cesta, como mostra a figura. No entanto, ele observou que, após o arremesso, a bola percorreu uma distância horizontal d até que sua velocidade vertical se tornasse zero ao atingir o chão.

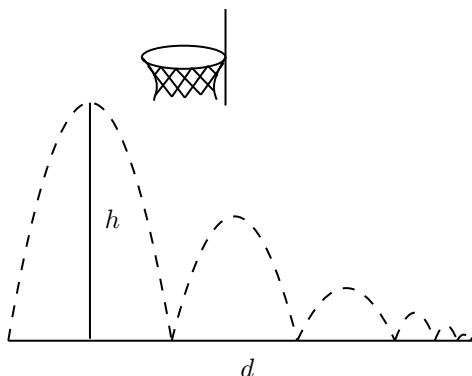
Sabe-se que:

- a altura máxima atingida pela bola foi h ;



- o coeficiente de restituição entre a bola e o chão é 0,5;
- a componente horizontal da velocidade, v_{0x} , permanece constante após cada colisão com o chão.
- a resistência do ar é desprezível.

A distância d percorrida pela bola é dada por:



Dica: O somatório $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots = 2$

- a) $4v_{0x}\sqrt{\frac{2h}{g}}$
- b) $2v_{0x}\sqrt{\frac{2h}{g}}$
- c) $v_{0x}\sqrt{\frac{2h}{g}}$
- d) $\frac{v_{0x}}{2}\sqrt{\frac{2h}{g}}$
- e) $\frac{v_{0x}}{4}\sqrt{\frac{2h}{g}}$

Solução: Antes da primeira colisão com o chão, a posição da bola é descrita por:

$$x = v_{0x}t$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

Além disso, sabemos que a colisão acontece quando $y = 0$. Logo,

$$0 = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t_{T_1} = \frac{2v_{0y}}{g}$$

Onde t_{T_1} é o tempo total que a bola fica no ar antes da primeira colisão com o chão.

Entretanto, essa equação depende de v_{0y} e as alternativas não dependem dele. Logo, devemos encontrar uma equação que relacione v_{0y} com h (altura máxima). Para isso, podemos usar que no ponto mais alto da trajetória, a velocidade vertical se anula. O instante desse ponto é: $t = \frac{t_T}{2} = \frac{v_{0y}}{g}$



Substituindo,

$$h = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = v_{0y} \frac{v_{0y}}{g} - \frac{g \left(\frac{v_{0y}}{g} \right)^2}{2}$$

$$h = \frac{v_{0y}^2}{g} - \frac{v_{0y}^2}{2g}$$

$$h = \frac{v_{0y}^2}{2g}$$

$$v_{0y} = \sqrt{2gh}$$

Logo, o tempo total que a bola percorre antes de colidir pela primeira vez é dado por:

$$t_{T_1} = \frac{2v_{0y}}{g}$$

$$t_{T_1} = \frac{2\sqrt{2gh}}{g}$$

$$t_{T_1} = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Portanto, a distância percorrida entre uma colisão e outra é dada por:

$$x = v_{0x}t$$

$$d_1 = v_{0x}t_{T_1}$$

$$d_1 = 2v_{0x}\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Entretanto, d_1 corresponde a distância horizontal percorrida desde o arremesso de Biasse até a primeira colisão com o chão. Para encontrarmos a distância d total percorrida, devemos somar todas as distâncias horizontais entre as colisões. Isto é, a distância d_1 + a distância entre a primeira e segunda colisão + a distância entre a segunda e terceira colisão + ...

Para encontrar a distância entre a primeira e segunda colisão (d_2), podemos recorrer a fórmula de d_1 :

$$d_1 = 2v_{0x}\sqrt{\frac{2h}{g}}$$



Podemos perceber que a fórmula depende apenas de v_{0_x} (não muda), g (não muda) e de h (muda).

Então, podemos reescrever a fórmula de d_1 para d_2 como sendo:

$$d_2 = 2v_{0_x} \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

Onde h_2 é a altura máxima na segunda trajetória (entre a primeira e segunda colisão).

Logo, precisamos apenas descobrir qual é a altura máxima nessa segunda trajetória para encontrar a distância percorrida nela.

Para isso, devemos recorrer ao coeficiente de restituição $e = 0,5$:

$$e = \frac{|v_{y_{\text{depois}}}|}{|v_{y_{\text{antes}}}|}$$

Onde $v_{y_{\text{antes}}}$ corresponde a velocidade em y logo antes da colisão com o chão, e $v_{y_{\text{depois}}}$ corresponde a velocidade em y logo após a colisão com o chão. Apenas levamos a componente da velocidade em y , pois esta está perpendicular ao chão.

Logo, devemos encontrar a velocidade logo antes da colisão com o chão para entrar a velocidade depois. Para isso, podemos utilizar a fórmula da velocidade em y :

$$v_y = v_{0_y} - gt$$

Como já tínhamos encontrado o tempo total da trajetória anteriormente

$$t_{T_1} = \frac{2v_{0_y}}{g}$$

$$v_y = v_{0_y} - gt_{T_1}$$

$$v_y = v_{0_y} - g \frac{2v_{0_y}}{g}$$

$$v_y = -v_{0_y}$$

Logo, a velocidade logo antes da colisão é a mesma da velocidade inicial. Entretanto, seus sentidos são contrários.

Temos, portanto, que $v_{y_{\text{antes}}} = -v_{0_y}$

Então,

$$e = \frac{|v_{y_{\text{depois}}}|}{| -v_{0_y} |}$$

$$e = \frac{|v_{y_{\text{depois}}}|}{v_{0_y}}$$



$$v_{y_{\text{depois}}} = e v_{0_y}$$

Fisicamente, temos que a velocidade inicial em y da bola na segunda trajetória (entre a primeira e segunda colisão) é igual a velocidade na primeira (entre o arremesso e a primeira colisão) multiplicado pelo coeficiente de restituição e .

Além disso, encontramos anteriormente que:

$$v_{0_y} = \sqrt{2gh}$$

$$v_{y_{\text{depois}}} = e\sqrt{2gh}$$

Podemos substituir $v_{y_{\text{depois}}} = \sqrt{2gh_2}$, onde h_2 é a altura máxima na segunda trajetória.

$$\sqrt{2gh_2} = e\sqrt{2gh}$$

$$2gh_2 = e^2 \cdot 2gh$$

$$h_2 = e^2 h$$

Logo, a altura máxima na segunda trajetória é igual a altura máxima na primeira vezes o coeficiente de restituição ao quadrado.

Portanto, a distância d_2 é dada por:

$$d_2 = 2v_{0_x} \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

$$d_2 = 2v_{0_x} \sqrt{\frac{2e^2 h}{g}}$$

$$d_2 = 2v_{0_x} e \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Relembrando, d_1

$$d_1 = 2v_{0_x} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Logo,

$$d_2 = e d_1$$

Para as próximas distâncias, podemos afirmar, portanto, que



$$d_3 = ed_2$$

$$d_4 = ed_3$$

...

Como a distância total $d = d_1 + d_2 + d_3 + \dots$

$$d = d_1 + ed_1 + e^2d_1 + e^3d_1 + \dots$$

Substituindo $e = 0,5 = \frac{1}{2}$

$$d = d_1 \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right)$$

Pela dica: $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots = 2$

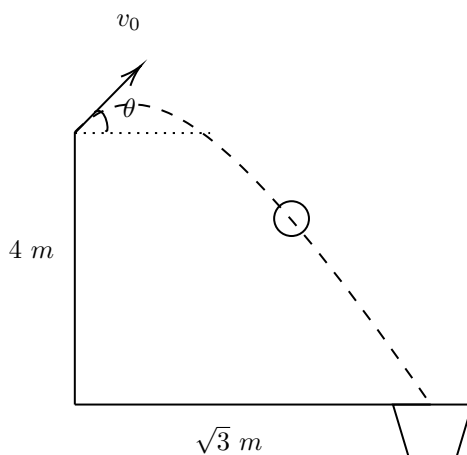
$$d = 2d_1$$

$$d = 4v_{0x} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Letra a) $4v_{0x} \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Questão 14. Patrick (conhecido como o “Einstein Capixaba”) estava “farmando aura” no “Espírito Santo”. Para isso, ele decidiu arremessar uma bolinha de papel em uma lixeira posicionada a uma distância horizontal de $\sqrt{3}$ m. A altura do ponto de arremesso é 4 m.

Considerando apenas a ação da gravidade e desprezando efeitos como resistência do ar, qual das alternativas abaixo apresenta um ângulo (em relação à horizontal) e uma velocidade inicial adequados para que Patrick acerte o arremesso, e, assim, “ganhe aura”?





- a) $V_0 = 2,0 \text{ m/s}; \theta = 30^\circ$
- b) $V_0 = 4,0 \text{ m/s}; \theta = 30^\circ$
- c) $V_0 = 2,0 \text{ m/s}; \theta = 60^\circ$
- d) $V_0 = 4,0 \text{ m/s}; \theta = 60^\circ$
- e) $V_0 = 4,0 \text{ m/s}; \theta = 45^\circ$

Solução: Considerando a posição de lançamento como a origem e o eixo y como sendo vertical e positivo para cima e x como horizontal e positivo para direita.

Temos que:

$$x = v_0 \cos \theta t$$

$$y = v_0 \sin \theta t - \frac{gt^2}{2}$$

Na posição final, ($x = \sqrt{3} \text{ m}; y = -4 \text{ m}$)

$$\sqrt{3} = v_0 \cos \theta t$$

$$-4 = v_0 \sin \theta t - \frac{10t^2}{2}$$

Substituindo uma equação na outra,

$$-4 = \frac{\sqrt{3}v_0 \sin \theta}{v_0 \cos \theta} - \frac{15}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

$$-4 = \sqrt{3} \tan \theta - \frac{15}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

Agora, basta testar as alternativas:

Letra a):

$$-4 = \sqrt{3} \frac{\sqrt{3}}{3} - \frac{15}{4 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2}$$

$$-4 = 1 - 5$$

$$-4 = -4$$

Logo, a letra a) é correta!

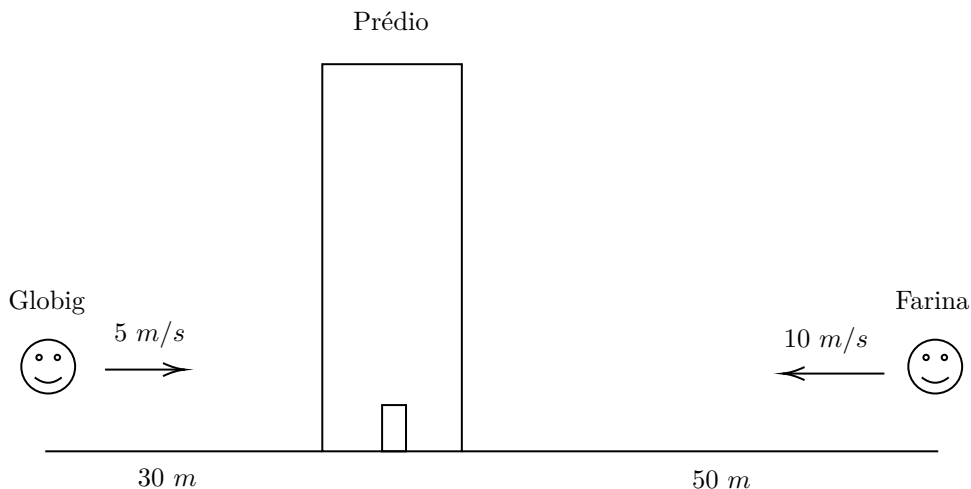
Letra a) $V_0 = 2,0 \text{ m/s}; \theta = 30^\circ$

Questão 15. Globig e Farinha apostaram uma corrida até um prédio, conforme mostra a figura. No momento



da disputa, Globig está a 30 m do prédio e corre a uma velocidade constante de 5 m/s, enquanto Farinha está a 50 m, mas com uma velocidade de 10 m/s.

Quem chegará primeiro ao prédio?



- a) Globig chega primeiro com 5 segundos de vantagem.
- b) Farinha chega primeiro com 6 segundos de vantagem.
- c) Farinha e Globig chegam ao mesmo tempo.
- d) Globig chega primeiro com 1 segundo de vantagem.
- e) Farinha chega primeiro com 1 segundo de vantagem.

Solução: Utilizando a definição de velocidade:

Sabemos que a distância de Globig até o prédio é de $d_G = 30$ m e sua velocidade é $v_G = 5$ m/s. Portanto, o tempo que ele leva para chegar é:

$$t_G = \frac{d_G}{v_G} = \frac{30}{5} = 6 \text{ s}$$

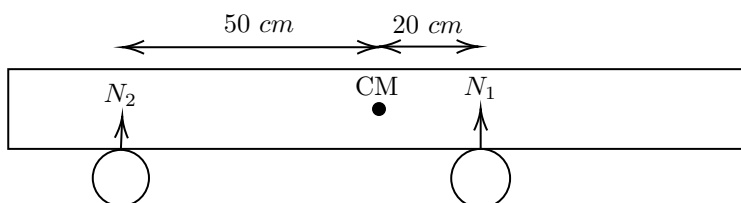
Já Farinha está a $d_F = 50$ m do prédio e corre a $v_F = 10$ m/s. Assim, o tempo gasto por ele é:

$$t_F = \frac{d_F}{v_F} = \frac{50}{10} = 5 \text{ s}$$

Como $t_F < t_G$, concluímos que Farinha chegará primeiro ao prédio com $t_G - t_F = 1$ segundo de vantagem.

Letra e)

Questão 16. Elias apoia uma barra de ferro sobre dois de seus dedos, conforme ilustrado na figura. Sabendo que a barra tem massa de 700 g e está em equilíbrio, determine os valores das forças normais N_1 e N_2 exercidas por cada dedo.





- a) $N_1 = 7 \text{ N}$ e $N_2 = 0 \text{ N}$
- b) $N_1 = 2 \text{ N}$ e $N_2 = 5 \text{ N}$
- c) $N_1 = 5 \text{ N}$ e $N_2 = 2 \text{ N}$
- d) $N_1 = 1 \text{ N}$ e $N_2 = 6 \text{ N}$
- e) $N_1 = 5 \text{ N}$ e $N_2 = 5 \text{ N}$

Solução: Sabemos que o objeto está em equilíbrio. Logo, ele está sujeito ao equilíbrio de forças e de torque.

Pelo equilíbrio de forças, temos que:

$$mg = N_1 + N_2$$

$$0,7 \cdot 10 = N_1 + N_2$$

$$7 = N_1 + N_2$$

Alem disso, pelo equilíbrio de torques (momento) em torno do CM.

Pela figura, as distâncias do CM aos pontos de apoio são $d_1 = 20 \text{ cm}$ (para N_1) e $d_2 = 50 \text{ cm}$ (para N_2). Como os dois normais são para cima, seus momentos em torno do CM devem se cancelar:

$$N_1 d_1 = N_2 d_2$$

$$N_1 \cdot 20 = N_2 \cdot 50$$

$$N_1 = \frac{5N_2}{2}$$

Substituindo

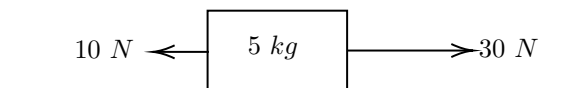
$$7 = \frac{5N_2}{2} + N_2$$

$$N_2 = 2 \text{ N}$$

$$N_1 = 7 - 2 = 5 \text{ N}$$

Letra c) $N_1 = 5 \text{ N}$ e $N_2 = 2 \text{ N}$

Questão 17. João Victor e Brandão estão puxando um bloco de massa 5 kg sobre uma superfície perfeitamente lisa, ou seja, sem atrito. Brandão aplica uma força de 30 N e João Victor, uma força de 10 N, em direções opostas. Determine a aceleração do bloco.



- a) 6 m/s^2
- b) 2 m/s^2
- c) 8 m/s^2
- d) 3 m/s^2
- e) 4 m/s^2

Solução:

Pela Segunda Lei de Newton, a força resultante sobre um corpo é dada por:

$$F_R = m \cdot a$$

Onde F_R é a força resultante, m é a massa do corpo e a é a aceleração.

Como a força resultante corresponde à soma vetorial das forças que atuam sobre o corpo, neste caso temos:

$$F_R = 30 - 10 = 20 \text{ N}$$

Substituindo os valores na Segunda Lei de Newton:

$$20 = 5 \cdot a$$

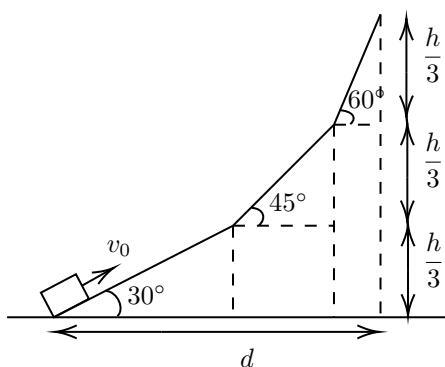
Obtemos:

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

Letra c) 4 m/s^2

Questão 18. Um pequeno bloco é lançado com velocidade inicial de módulo v_0 e percorre três trechos inclinados, conforme ilustrado na figura. O bloco sobe ao longo dos planos inclinados até atingir uma altura máxima h , onde momentaneamente para.

Sabendo que todos os trechos possuem o mesmo coeficiente de atrito dinâmico μ e que a distância horizontal total percorrida pelo bloco é d , determine o valor de v_0 .





- a) $\sqrt{2g(h - \mu d)}$
- b) $\sqrt{2g(h + \mu d)}$
- c) $\sqrt{2g(1 + \sqrt{2} + \sqrt{3})(h + \mu d)}$
- d) $\sqrt{g(1 + \sqrt{2} + \sqrt{3})(h + \mu d)}$
- e) $\sqrt{g(1 + \sqrt{2} + \sqrt{3})(h - \mu d)}$

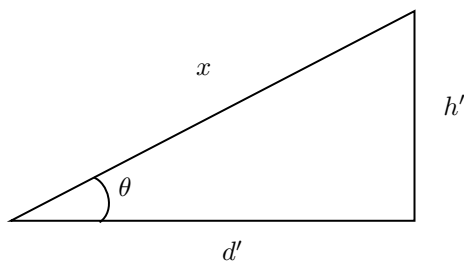
Solução: Considere um bloco em um plano inclinado com atrito, formando um ângulo θ com a horizontal. A força resultante que atua sobre o bloco ao longo do plano é dada por:

$$F = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$$

onde m é a massa do bloco, g é a aceleração da gravidade e μ é o coeficiente de atrito.

Assim, o trabalho realizado pelas forças sobre o bloco ao percorrer uma distância x ao longo do plano é:

$$\tau = -(mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta) x$$



Pela definição de $\sin \theta$ e $\cos \theta$:

$$\sin \theta = \frac{h'}{x}$$

$$\cos \theta = \frac{d'}{x}$$

Podemos reescrever a equação do trabalho, portanto, como:

$$\tau = -mgh' - mg\mu d'$$

Então, podemos expressar o trabalho apenas a partir dos catetos.

Logo, no caso do enunciado, temos que o trabalho é:

$$\tau = -mgh - mg\mu d$$

Pelo teorema da energia cinética

$$\tau = \Delta E_c = 0 - \frac{mv_0^2}{2}$$



Substituindo,

$$mgh + mg\mu d = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{2g(h + \mu d)}$$

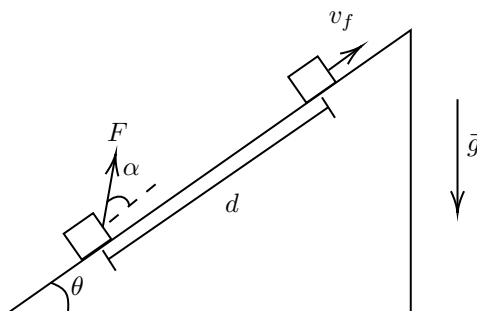
Letra b) $v_0 = \sqrt{2g(h + \mu d)}$

Questão 19. Um bloco de massa m é puxado sobre um plano inclinado por uma força F , que forma um ângulo α com a direção do plano. O plano inclinado está inclinado de um ângulo θ em relação à horizontal.

Sabendo que:

- o bloco permanece em contato com a superfície o tempo todo,
- o plano é perfeitamente liso (sem atrito),
- o bloco percorre uma distância d ao longo da rampa,

determine a velocidade final v_f do bloco.



a) $v = \sqrt{\frac{2Fd \cos(\alpha + \theta)}{m} - 2gd \sin \theta}$

b) $v = \sqrt{\frac{2Fd \cos(\alpha + \theta)}{m} + 2gd \sin \theta}$

c) $v = \sqrt{\frac{Fd \cos(\alpha + \theta)}{m} - gd \sin \theta}$

d) $v = \sqrt{\frac{2Fd \cos \alpha}{m} + 2gd \sin \theta}$

e) $v = \sqrt{\frac{2Fd \cos \alpha}{m} - 2gd \sin \theta}$

Solução: Pela definição de trabalho, temos que

$$\tau_F = Fd \cos \alpha$$

Para força F . Já para força peso, temos que:

$$\tau_P = -mg \sin \theta d$$



Logo, o trabalho total é dado por:

$$\tau = \tau_F + \tau_P = Fd \cos \alpha - mg \sin \theta d$$

Pelo Teorema da energia cinética, obtemos:

$$\tau = \Delta E_c = \frac{mv_f^2}{2} - 0$$

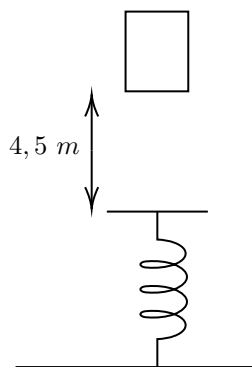
$$\frac{mv_f^2}{2} = Fd \cos \alpha - mg \sin \theta d$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2Fd \cos \alpha}{m} - 2gd \sin \theta}$$

Letra e) $\sqrt{\frac{2Fd \cos \alpha}{m} - 2gd \sin \theta}$

Questão 20. Na figura a seguir, um cubo de massa $m = 5,0$ kg é abandonado a partir do repouso caindo em queda livre até colidir com um aparador acoplado a uma mola de constante elástica $k = 2,0 \times 10^3$ N/m.

Considere desprezíveis as massas da mola e do aparador, bem como quaisquer formas de dissipação de energia mecânica. Calcule a compressão máxima da mola.



- a) 0,5 m
- b) 1,0 m
- c) 1,5 m
- d) 2,0 m
- e) 2,5 m

Solução:

Vamos calcular as energias inicial e final, considerando o ponto de início da mola como referencial.

$$E_i = mgh$$

com $h = 4,5$ m.



A energia final é composta pela energia elástica da mola e pela energia potencial gravitacional do bloco:

$$E_f = -mgx + \frac{1}{2}kx^2,$$

onde x é a compressão máxima da mola.

Por conservação de energia:

$$mgh = -mgx + \frac{kx^2}{2}$$

Substituindo os dados do enunciado:

$$225 = -50x + 10^3x^2$$

$$10^3x^2 - 50x - 225 = 0$$

$$40x^2 - 2x - 9 = 0$$

$$x = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 1440}}{80}$$

$$x = \frac{2 \pm 38}{80}$$

Como $x > 0$:

$$x = 0,5 \text{ m}$$

Letra a) 0,5 m

Questão 21. Uma força constante $\vec{F} = (3\hat{x} + 4\hat{y} - 2\hat{z})\text{N}$ é aplicada em uma partícula de massa $m = 1$ que se desloca de $\vec{s}_0 = (1\hat{x} - 2\hat{y} + 1\hat{z})\text{m}$ até $\vec{s}_f = (5\hat{x} - 4\hat{y} - 1\hat{z})\text{m}$. Sabendo que a velocidade inicial da partícula era $v_0 = 3$, o trabalho realizado pela força e o módulo da velocidade final da partícula são, respectivamente:

- a) 2, $\sqrt{13}$
- b) 4, 5
- c) 6, $\sqrt{15}$
- d) 8, 5
- e) 10, 7

Solução: O deslocamento é

$$\Delta\vec{s} = \vec{s}_f - \vec{s}_0 = (5 - 1)\hat{i} + (-4 - (-2))\hat{j} + (-1 - 1)\hat{k} = 4\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k} \text{ m.}$$



O trabalho realizado pela força constante é o produto escalar

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{s} = 3 \cdot 4 + 4 \cdot (-2) + (-2) \cdot (-2) = 12 - 8 + 4 = 8 \text{ J.}$$

Pela teorema energia-trabalho, para massa $m = 1 \text{ kg}$ e velocidade inicial $v_0 = 3 \text{ m/s}$,

$$W = \Delta K = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_0^2) \Rightarrow v_f = \sqrt{v_0^2 + \frac{2W}{m}} = \sqrt{3^2 + 2 \cdot 8} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5 \text{ m/s.}$$

Portanto o trabalho e o módulo da velocidade final são, respectivamente, 8 J e 5 m/s. (Item D).

Questão 22. João, um jovem estudioso, voltava para casa após um longo e cansativo dia na escola. No caminho, ele se deparou com um desafio curioso promovido por uma doceria em parceria com a **OBOF**. O cartaz dizia:

“Considere a seguinte sequência infinita: OBOF2025OBOF2025OBOF2025...”

Qual caractere ocupa a posição 1527?

Acertando, você ganha um cookie!”

Para garantir seu merecido cookie, qual caractere João deve dizer?

- a) B
- b) O
- c) F
- d) 2
- e) 5

Solução:

A sequência dada é a repetição infinita do bloco de caracteres

$$S = \text{OBOF2025},$$

Portanto, a cada 8 posições a sequência se repete. Para encontrar o caractere na posição 1527, basta dividir 1527 por 8 e observar o resto:

$$\frac{1527}{8} = 190 \text{ com resto } 7.$$

Isso significa que se passaram 190 blocos completos e ainda restam 7 caracteres. Logo, o caractere procurado corresponde ao 7º elemento do bloco S . Observando:

$$1 : O, \quad 2 : B, \quad 3 : O, \quad 4 : F, \quad 5 : 2, \quad 6 : 0, \quad 7 : 2, \quad 8 : 5,$$

concluimos que o 7º caractere é o número 2.

2

Letra D

Questão 23. Elias adora jogar sinuca e sonha em comprar sua própria mesa, que custa 7.500 reais. Sabendo que ele ganha 4.000 reais por mês e tem despesas mensais de 1.500 reais com custos de vida, guardando o dinheiro restante. Em quantos meses Elias conseguirá comprar sua tão sonhada mesa?



- a) 5
- b) 4
- c) 3
- d) 2
- e) 1

Solução:

O salário mensal de Elias é de 4000 reais, e suas despesas são de 1500 reais. Logo, ele consegue guardar

$$4000 - 1500 = 2500 \text{ reais por mês.}$$

Como a mesa custa 7500 reais, o número de meses necessários é

$$\frac{7500}{2500} = 3.$$

3 meses

Letra C

Questão 24. Takashi, um jovem apaixonado por Stranger Things, descobriu que a quinta temporada da série tão aguardada será lançada em 90 dias. No entanto, ele ainda está assistindo One Piece e precisa terminar antes de ver a nova temporada. Com 400 episódios restantes, Takashi quer calcular quantos episódios no mínimo ele precisará assistir por dia para conseguir finalizar One Piece a tempo. Como ele não gosta de parar no meio de um episódio, Takashi decidiu assistir sempre um número inteiro de episódios por dia. Após o cálculo, em quantos episódios ele chegou?

- a) 5
- b) 4
- c) 3
- d) 2
- e) 1

Solução: Takashi precisa assistir 400 episódios em 90 dias. Assim, o número mínimo de episódios por dia é

$$\frac{400}{90} \approx 4,44.$$

Como ele deve assistir sempre um número inteiro de episódios por dia, arredondamos para cima:

5 episódios por dia.

5

Letra A



Olimpíada Brasileira Online de Física



Questão 25. Praça, um entusiasta das olimpíadas de física, deseja se organizar com antecedência para participar da OBOF 2026. Ao pesquisar sobre o evento, encontrou uma publicação online afirmando que a prova ocorrerá no dia 1º de agosto de 2026. Com isso, Praça quer saber: em que dia da semana cairá essa data?

- a) Sexta-feira
- b) Sábado
- c) Domingo
- d) Segunda-feira
- e) Terça-feira

Solução: Primeiro, vamos determinar o dia da semana de 1º de agosto de 2025, usando como referência a data de 11 de setembro de 2025 (uma quinta-feira). Contamos os dias para trás entre essas datas:

$$\text{Dias em Agosto (após o dia 1)} + \text{Dias em Setembro} = (31 - 1) + 11 = 41 \text{ dias.}$$

Dividindo pelo número de dias da semana:

$$\frac{41}{7} = 5 \text{ com resto } 6.$$

Voltando 6 dias a partir de uma quinta-feira, chegamos a uma sexta-feira. Portanto, 1º de agosto de 2025 foi uma **sexta-feira**.

Agora, para encontrar o dia da semana de 1º de agosto de 2026, calculamos o número de dias em um ano. O ano de 2026 não é bissexto, logo possui 365 dias.

$$\frac{365}{7} = 52 \text{ com resto } 1.$$

Isso significa que a data avança 1 dia na semana. Assim, partindo de sexta-feira (1º/08/2025), somamos 1 dia.

$$\text{Sexta-feira} + 1 \text{ dia} = \text{Sábado.}$$

Sábado

Letra B

Questão 26. Gustavo, um renomado músico apaixonado por música clássica, encontrava-se a poucas horas de subir ao palco para uma aguardada apresentação. Enquanto aguardava nos bastidores, aproveitou o momento de silêncio para se distrair com um de seus passatempos favoritos: resolver desafios matemáticos. Foi então que se lembrou de um problema curioso que havia visto nas redes sociais:

Quantos pares de números inteiros positivos consecutivos n e $n+1$ existem, tais que n seja um número primo e $n+1$ seja um quadrado perfeito?

Intrigado, Gustavo decidiu desvendar a questão antes de sua entrada no palco. Naturalmente, ele conseguiu encontrar a solução. Qual foi a resposta que ele alcançou?

- a) 0
- b) 1



- c) 2
- d) 3
- e) infinitos

Solução: Buscamos pares de inteiros positivos consecutivos $(n, n+1)$ onde n é primo e $n+1$ é um quadrado perfeito.

Podemos escrever a segunda condição como:

$$n + 1 = k^2$$

para algum inteiro positivo k . Isolando n , temos:

$$n = k^2 - 1$$

Fatorando a expressão da direita (diferença de quadrados), obtemos:

$$n = (k - 1)(k + 1)$$

Como n deve ser um número primo, seus únicos divisores positivos são 1 e ele mesmo. Sendo que k é um inteiro positivo, $k - 1$ e $k + 1$ são inteiros e $k - 1 < k + 1$. Para que o produto seja primo, o menor fator deve ser igual a 1.

$$k - 1 = 1 \implies k = 2$$

Substituindo $k = 2$ na equação para n :

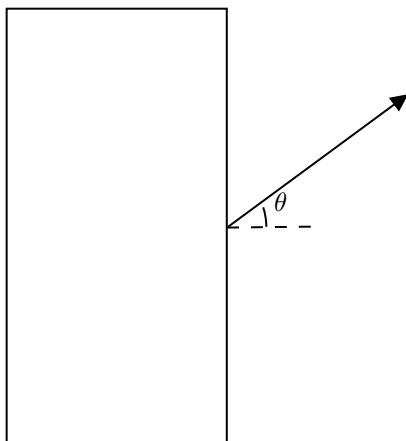
$$n = (2 - 1)(2 + 1) = 1 \cdot 3 = 3$$

Verificamos a solução: $n = 3$ é um número primo e $n + 1 = 4$, que é um quadrado perfeito (2^2). Para qualquer outro valor de $k > 2$, tanto $k - 1$ quanto $k + 1$ serão maiores que 1, e n será um número composto. Portanto, existe apenas um par que satisfaz a condição.

1

Letra B

Questão 27. Enquanto organizava seu quarto durante a madrugada, Alves estava usando uma corda para puxar um armário de massa 160 kg. A força de tração na corda tem intensidade 1000 N e o armário se desloca em MRU. Sendo $\sin \theta = 0,8$, é possível afirmar que o coeficiente de atrito dinâmico entre o armário e o solo horizontal é igual a:



- a) 1,0
- b) 0,75
- c) 0,5
- d) 0,4
- e) 0,1

Solução:

Primeiramente, devemos perceber que o armário se desloca em MRU, ou seja, não está acelerado. Assim, sendo $f_x = \mu_x N$ a força de atrito dinâmico na horizontal, a segunda lei de Newton na horizontal nos fornece:

$$Ma_x = F \cos \theta - f_x \iff 0 = F \cos \theta - \mu_x N \iff \mu_x = \frac{F \cos \theta}{N}$$

Além disso, o equilíbrio na direção perpendicular a mesa nos fornece também que:

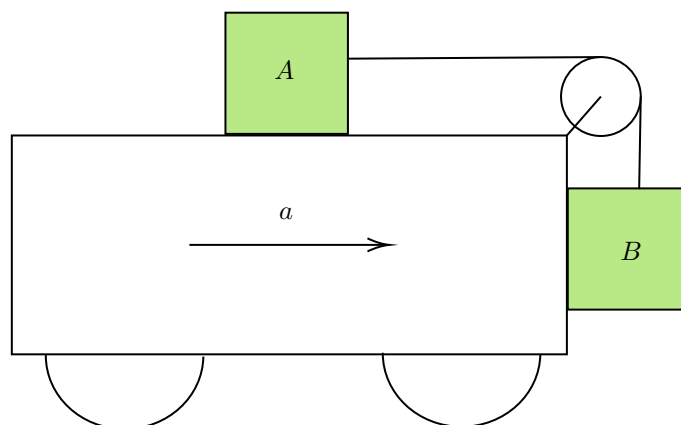
$$0 = N - Mg + F \sin \theta \iff N = Mg - F \sin \theta$$

Portanto, utilizando $\cos(\theta) = \sqrt{1 - \sin^2 \theta} = 0,6$ nesse caso, temos que:

$$\mu_x = \frac{F \cos \theta}{Mg - F \sin \theta} \Rightarrow \mu_x = \frac{1000 \text{ N} \cdot 0,6}{160 \text{ Kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 - 1000 \text{ N} \cdot 0,8} \Rightarrow \boxed{\mu_x = 0,75}$$

Portanto, a alternativa correta é **(b)**.

Questão 28. Um veículo acelera horizontalmente com a . Dois blocos A ($M = 5.5 \text{ kg}$) e B ($m = 1 \text{ kg}$) estão presos por um fio ideal e em repouso relativo ao veículo. Não há atrito entre A e a superfície horizontal, mas existe atrito ($\mu = 0.5$) entre B e a parede vertical. Determine o valor da aceleração a para que o sistema permaneça em equilíbrio relativo.



- a) 1.67 m/s^2
- b) 1.82 m/s^2
- c) 2.00 m/s^2
- d) 3.33 m/s^2
- e) 5.00 m/s^2

Solução:

No referencial do veículo, o equilíbrio de força no bloco A nos fornece que:

$$Ma = T$$

Onde T é a tração no fio. Além disso, denominando f como a força de atrito e N a força normal no bloco B , podemos escrever seu equilíbrio na vertical e horizontal da seguinte forma:

$$\begin{cases} T = f + mg \\ N = ma \end{cases}$$

Inicialmente, a questão deveria pedir a aceleração **mínima**, porém essa informação ficou de fora. Com isso, aqui nós temos duas situações limites: quando o atrito aponta para baixo ($f = \mu N$) e quando o atrito aponta para cima ($f = -\mu N$). Por isso, nós temos um range de valores para a aceleração entre esses dois casos.

Caso 1: aceleração para baixo.

$$\begin{aligned} T = \mu N + mg &\iff Ma = \mu ma + mg \\ \iff a = \frac{mg}{M - \mu m} &= \frac{1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{5,5 \text{ kg} - 0,5 \cdot 1 \text{ kg}} \Rightarrow \boxed{a = 2 \text{ m/s}^2} \end{aligned}$$

Caso 2: aceleração para cima.

$$\begin{aligned} T = mg - \mu N &\iff Ma = mg - \mu ma \\ \iff a = \frac{mg}{M + \mu m} &= \frac{1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{5,5 \text{ kg} + 0,5 \cdot 1 \text{ kg}} \Rightarrow \boxed{a = 1,67 \text{ m/s}^2} \end{aligned}$$



Com isso, todos os valores para a aceleração no intervalo $1,67 \text{ m/s}^2 \leq a \leq 2 \text{ m/s}^2$ estão corretos
Logo, serão consideradas as alternativas (a), (b) e (c).

Questão 29. Gurjinho, fazendo manobras com seu novo carro, percorre um movimento circular uniforme de raio R numa pista sobrelevada de um ângulo θ . Seja μ o coeficiente de atrito entre os pneus e a pista. A máxima velocidade que ele pode realizar a curva sem derrapar é igual:

- a) $\sqrt{\frac{Rg \cdot (\mu \cdot \cos \theta - \sin \theta)}{\cos \theta + \mu \sin \theta}}$
- b) $\sqrt{\frac{Rg \cdot (\mu \cdot \cos \theta + \sin \theta)}{\cos \theta - \mu \sin \theta}}$
- c) $\sqrt{\frac{Rg \cdot (\mu \cdot \cos \theta + \sin \theta)}{\cos \theta + \mu \sin \theta}}$
- d) $\sqrt{Rg \cdot \tan \theta}$
- e) $\sqrt{\frac{Rg}{\tan \theta}}$

Solução:

Primeiramente, se o carro estiver na velocidade máxima, então a força de atrito f deve apontar para baixo na direção do plano, contribuindo para a força centrípeta e evitando que o carro suba o plano. Assim, utilizando trigonometria para a decomposição de forças, a segunda lei de Newton na horizontal e na vertical nos fornece que:

$$\begin{cases} N \cos(\theta) = mg + f \sin(\theta), \\ \frac{mv^2}{R} = N \sin(\theta) + f \cos(\theta) \end{cases} \iff \begin{cases} f = \frac{mv^2}{R} \cos(\theta) - mg \sin(\theta) \\ N = \frac{mv^2}{R} \sin \theta + mg \cos \theta \end{cases}$$

Logo, utilizando que $\mu N \geq f$, temos a expressão:

$$\mu \left(\frac{mv^2}{R} \sin \theta + mg \cos \theta \right) \geq \frac{mv^2}{R} \cos(\theta) - mg \sin(\theta) \iff \sin(\theta) + \mu \cos(\theta) \geq \frac{v^2}{gR} (\cos(\theta) - \mu \sin(\theta))$$

Ou seja, temos que:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{Rg \cdot (\mu \cos(\theta) + \sin(\theta))}{\cos(\theta) - \mu \sin(\theta)}}$$

E a alternativa correta é (b).

Questão 30. Durante sua viagem à Romênia, o Raul comeu um tofu tão ruim que decidiu recalculer seu calor específico experimentalmente. Ele aqueceu uma porção de 300,0 g a $120,0^\circ\text{C}$ e mergulhou em 500,0 g de água a $20,0^\circ\text{C}$ com 200,0 g de gelo a $-10,0^\circ\text{C}$ (únicos ingredientes palatáveis do restaurante). O equilíbrio térmico a $30,0^\circ\text{C}$ revelou:

- a) $0,150 \text{ cal g}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$
- b) $0,200 \text{ cal g}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$
- c) $0,250 \text{ cal g}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$
- d) $0,300 \text{ cal g}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$
- e) $0,350 \text{ cal g}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$



Solução: Primeiramente, temos por conservação de energia que:

$$Q_a + Q_g + Q_t = 0 \quad (1)$$

Onde podemos calcular cada um separadamente:

i) Água: $Q_a = m_a c_a (T_f - T_{i,a}) = 500,0 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C}) \cdot (30^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$

Portanto, temos que $Q_a = 5000 \text{ cal}$.

ii) Gelo: $Q_g = m_g c_g (0 - T_{i,g}) + m_g L_g + m_g c_g (T_{f,g} - 0) = 200,0 \text{ g} \cdot 0,5 \text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C}) \cdot (0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) + 200 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} + 200,0 \text{ g} \cdot 0,5 \text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C}) \cdot (30^\circ\text{C})$

Portanto, temos que $Q_g = 23000 \text{ cal}$.

Assim, podemos descobrir o valor do calor específico c_t do tofu, basta substituir o valor de Q_a e Q_g em (1) da seguinte forma:

$$5000 \text{ cal} + 23000 \text{ cal} + 300 \text{ g} \cdot c_t \cdot (30^\circ\text{C} - 120^\circ\text{C}) = 0 \iff c_t = \frac{28000}{30 \cdot 90} \text{ cal/g}^\circ\text{C} \iff \boxed{c_t = 1,037 \text{ cal/g}^\circ\text{C}}$$

Infelizmente houve um erro com as alternativas, então a questão está **anulada**