SIMULADO NOIC
OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA
1ª Fase - 2 de junho de 2025

Nível 3
Ensino Médio
3º ano

Escrito por Caio Yamashita, Davi Tsuchie, Eduardo Shashike, Heitor Neves, José Ulisses, Mateus Moreira, Eyke Cardoso

Instruções de Prova

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos do **3º ano do ensino médio.** Ela contém **20** questões. Cada questão tem valor de 1 ponto e a prova um total de 20 pontos.

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

3. A duração máxima desta prova é de **quatro** horas.

4. Não é permitido o uso de calculadoras.

5. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sqrt[3]{2} = 1,26$; $\sin 30° = 0,50$; $\cos 30° = 0,85$; $\sin 45° = \cos 45° = 0,70$; 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 $\rho = 1,0\,\mathrm{g/cm^3}$.

Questão 1. Tsushie, um famoso sushiman, decide testar partículas carregadas para adicionar em suas comidas, mas está com medo de que ao arremessar as partículas com muita velocidade, elas acabem girando por causa do campo magnético do fogão de indução. Então ele decide testar uma partícula de carga positiva que entra perpendicularmente em uma região onde existe um campo magnético uniforme. A trajetória observada é circular.

Se o módulo da velocidade da partícula dobrar, mantendo-se o mesmo campo magnético, o raio da trajetória irá:

a) Permanecer constante.

b) Dobrar.

c) Quadruplicar.

d) Reduzir à metade.

e) Reduzir a um quarto.

No movimento circular em campo magnético:

$r = \frac{mv}{qB}$

Assim, o raio é diretamente proporcional à velocidade.

Se a velocidade dobra:

$r' = 2r$

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa b)}}$

Questão 2. Feltran prende uma placa de peso 120 N em uma barra horizontal de massa desprezível. A placa está a 2 m do ponto de apoio. Para manter o sistema em equilíbrio, uma força vertical é aplicada no outro lado da barra, a uma distância de 3 m do apoio.

Qual deve ser o módulo dessa força?

a) 40 N

b) 60 N

c) 80 N

d) 120 N

e) 180 N

No equilíbrio:

$\tau_{dir} = \tau_{esq}$

$120 \cdot 2 = F \cdot 3$

$240 = 3F$

$F = 80$ N

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa c)}}$

Questão 3. Eyke está testando como funciona a gravidade. Ele leva um objeto para um planeta de mesma massa da Terra, porém com o dobro do raio terrestre.

Sabendo que a aceleração gravitacional na superfície da Terra é g, qual será a aceleração gravitacional na superfície desse planeta?

a) $\frac{g}{4}$

b) $\frac{g}{2}$

c) g

d) $2g$

e) $4g$

A gravidade superficial é:

$g = \dfrac{GM}{R^2}$

Se o raio dobra:

$g' = \dfrac{GM}{(2R)^2}$

$g' = \dfrac{GM}{4R^2} = \dfrac{g}{4}$

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa a)}}$

Questão 4. Tsushie dessa vez decide usar um grande solenoide em sua cozinha futurista para aquecer facas metálicas por indução. Para entender melhor o funcionamento do equipamento, ele analisa o campo magnético produzido no interior de um solenoide ideal muito comprido.

Sabendo que o solenoide possui densidade de espiras n e é percorrido por uma corrente elétrica i, o módulo do campo magnético em seu interior é dado por:

a) $B = \mu_0 ni$

b) $B = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi r}$

c) $B = \dfrac{\mu_0 ni}{2}$

d) $B = \dfrac{\mu_0 q}{r^2}$

e) $B = \mu_0 nr^2$

Para um solenoide ideal:

$B = \mu_0 ni$

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa a)}}$

Questão 5. Durante um experimento culinário extremamente questionável, Tiago comprime rapidamente um gás ideal dentro de um recipiente termicamente isolado.

Sabendo que a transformação é adiabática e que o gás sofreu um trabalho de 300 J, qual foi a variação da energia interna do gás?

a) -300 J

b) -150 J

c) 150 J

d) 300 J

e) 600 J

Na adiabática:

$Q = 0$

Pela primeira lei:

$\Delta Q = U + \tau$

$0 = U - 300$

$\Delta U = 300$ J

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa d)}}$

Questão 6. Praça aquece um gás ideal em um cilindro com pistão móvel. No processo, o gás sofre uma expansão isobárica conforme mostrado em um diagrama $P \times V$, indo de 2 m^3 para 6 m^3 sob pressão constante de 200 Pa.

Qual foi o trabalho realizado pelo gás?

a) 200 J

b) 400 J

c) 600 J

d) 800 J

e) 1200 J

Em uma transformação isobárica:

$W = P\Delta V$

$\Delta V = 6 - 2 = 4\ \text{m}^3$

$W = 200 \cdot 4 = 800$ J

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa d)}}$

Questão 7. Na tentativa de destruir o PC do seu arqui-inimigo no jogo "Volarant", Shashike joga de um morro com 10 metros de altura um bloco pesado de 5 kg, mas não chega com a velocidade esperada no final. Sabendo que o atrito dissipou 460 joules de energia, com qual velocidade o bloco chegou? A gravidade vale $g = 10\ \text{m/s}^2$

a) 2 m/s

b) 4 m/s

c) 6 m/s

d) 8 m/s

e) 10 m/s

Conservando energia:

$E_i = 460 + E_k$

$E_i = mgh = 500$ J

$E_k = \frac{5 \cdot v^2}{2} = 40$ J

$v = 4$ m/s

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa c)}}$

Questão 8. Enquanto prepara um sushi eletricamente carregado, Tsushie posiciona duas cargas puntiformes positivas no balcão de sua cozinha experimental. Uma carga possui valor Q e a outra possui valor $2Q$. Um ponto P encontra-se à mesma distância d de ambas as cargas.

O potencial elétrico resultante no ponto P será:

a) $V = \frac{kQ}{d}$

b) $V = \frac{2kQ}{d}$

c) $V = \frac{3kQ}{d}$

d) $V = 0$

e) $V = \frac{kQ}{2d}$

O potencial elétrico é escalar, então:

$V_{tot} = \frac{kQ}{d} + \frac{2kQ}{d}$

$V_{tot} = \frac{3kQ}{d}$

Logo:

$\boxed{\text{Alternativa c)}}$

Questão 9. Um bloco de massa 2 kg é solto do repouso no topo de uma rampa de 5 m de altura. Durante a descida, a resistência do ar dissipa 20% da energia mecânica total. Ao atingir a base, o bloco desliza por uma superfície horizontal com coeficiente de atrito cinético $\mu = 0,25$ até parar. Qual a distância percorrida pelo bloco na região com atrito? (Considere $g = 10$ m/s^2).

a) 8 metros

b) 12 metros

c) 16 metros

d) 20 metros

e) 25 metros

Solução: A energia potencial inicial no topo é de 100 J, mas como houve uma perda de 20%, o bloco chega na base com apenas 80 J de energia cinética. Para o bloco parar, o trabalho realizado pela força de atrito deve ser igual a essa energia. Como a força de atrito é de 5 N (calculada por $0,25 \cdot 2 \cdot 10$), dividimos os 80 J por 5 N para encontrar a distância de 16 metros. Portanto, a alternativa correta é a C.

Questão 10. Um objeto é deslocado do ponto A ao ponto B por três trajetórias diferentes em um campo gravitacional uniforme e sem resistência do ar: a primeira é uma linha reta vertical, a segunda é uma rampa inclinada e a terceira é uma trajetória curva complexa. Sobre o trabalho realizado pela força peso nessas três situações, assinale a alternativa correta:

a) O trabalho é maior na trajetória curva, pois o caminho percorrido é mais longo.

b) O trabalho é menor na rampa inclinada, pois a inclinação facilita o movimento.

c) O trabalho é nulo na trajetória vertical, pois a força e o deslocamento são paralelos.

d) O trabalho é o mesmo nas três trajetórias, pois a força peso é conservativa.

e) O trabalho depende da velocidade com que o objeto percorre cada trajetória.

Solução: A força peso é classificada como uma força conservativa, o que significa que o trabalho realizado por ela depende apenas da posição inicial e da posição final do objeto, sendo totalmente independente do formato do caminho percorrido. Como nos três casos o objeto sai do mesmo nível A e chega ao mesmo nível B, o trabalho realizado pela gravidade é rigorosamente o mesmo. Portanto, a alternativa correta é a D.

Questão 11. Caio, durante um de seus diversos devaneios diários, olhou para o pedaço de tofu que estava comendo e percebeu que ele boiava em uma mistura de shoyu e óleo de gergelim. Curioso, ele resolveu modelar a situação como um cubo sólido de lado $L = 10\,\text{cm}$ flutuando na interface entre óleo e água. O óleo tem densidade $\rho_{óleo} = 800\,\text{kg/m}^3$ e a água tem densidade $\rho_{água} = 1000\,\text{kg/m}^3$. Sabe-se que o tofu está em equilíbrio de modo que 20% do seu volume está submerso na água e os outros 80% estão cobertos pelo óleo. Qual é a densidade (ρ_{tofu}) deste material?

Marque a alternativa que apresenta o valor correto dessa densidade:

a) $820\,\text{kg/m}^3$

b) $840\,\text{kg/m}^3$

c) $850\,\text{kg/m}^3$

d) $900\,\text{kg/m}^3$

e) $920\,\text{kg/m}^3$

Solução:

Para decifrar o mistério do tofu do Caio, precisamos olhar para o equilíbrio de forças. Como o cubo está flutuando parado na interface, o peso total dele está sendo perfeitamente equilibrado pela soma dos empuxos exercidos pelos dois líquidos. O peso depende da densidade que queremos descobrir: $P = \rho_{tofu} \cdot V_{total} \cdot g$.

O empuxo total é a soma das "forças de sustentação"de cada fluido. A água sustenta 20% do volume ($E_{água} = \rho_{água} \cdot 0,2V_{total} \cdot g$), enquanto o óleo de gergelim do devaneio sustenta os outros 80% ($E_{óleo} = \rho_{óleo} \cdot 0,8V_{total} \cdot g$). Quando igualamos o Peso ao Empuxo total, o volume e a gravidade aparecem em todos os lados da conta e se cancelam, sobrando apenas uma média ponderada das densidades.

Substituindo os dados: $\rho_{tofu} = (0,2 \cdot 1000) + (0,8 \cdot 800)$. Fazendo as contas, temos $200 + 640$, o que resulta em uma densidade final de $840\,\text{kg/m}^3$. Faz todo o sentido o tofu estar mais "mergulhado"no óleo, já que sua densidade final ficou bem mais próxima da do óleo do que da água. A alternativa correta é a **B**.

Questão 12. Caio está dirigindo uma nave espacial em formato de haste, que possui um comprimento de repouso $L_0 = 100\,\text{m}$, viaja em linha reta com velocidade constante $v = 0,8c$ (onde c é a velocidade da luz) em relação a uma estação espacial fixa no referencial da Terra. Sabara observa na estação espacial e cronometra o tempo que a nave leva para passar completamente por um sensor fixo na plataforma.

Determine o comprimento da nave medido por Sabara na estação e o intervalo de tempo registrado pelo cronômetro da estação durante a passagem da nave.

Marque a alternativa que apresenta, respectivamente, o comprimento contraído (L) e o tempo de passagem (Δt):

a) $60\,\text{m}$ e $0,25\,\mu\text{s}$

b) $60\,\text{m}$ e $0,50\,\mu\text{s}$

c) $100\,\text{m}$ e $0,42\,\mu\text{s}$

d) $80\,\text{m}$ e $0,33\,\mu\text{s}$

e) $60\,\text{m}$ e $0,15\,\mu\text{s}$

Solução:

Para resolver este problema, precisamos aplicar os conceitos da cinemática relativística. O primeiro passo é calcular o fator de Lorentz (γ), que dita como o tempo e o espaço se transformam para objetos em altas velocidades. Com $v = 0,8c$, temos $\beta = 0,8$ e o fator é dado por $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2} = 1/\sqrt{1-0,64} = 1/0,6 = 5/3$.

O comprimento da nave medido pelo observador na estação sofrerá uma contração na direção do movimento. O comprimento contraído L é dado por $L = L_0/\gamma$. Substituindo os valores, temos $L = 100/(5/3) = 60\,\text{m}$. Perceba que, para quem está na estação, a nave parece "encolhida"em relação ao seu tamanho original de repouso.

Agora, para encontrar o tempo que a nave leva para passar pelo sensor da estação, utilizamos a definição básica de velocidade, mas usando o comprimento que o observador da estação efetivamente enxerga ($L = 60\,\text{m}$). O intervalo de tempo será $\Delta t = L/v$. Substituindo a velocidade $v = 0,8 \cdot 3 \cdot 10^8\,\text{m/s}$, temos $\Delta t = 60/(2,4 \cdot 10^8)$.

Ao realizarmos a divisão, encontramos $\Delta t = 25 \cdot 10^{-8}\,\text{s}$, o que equivale a $0,25\,\mu\text{s}$. Esse resultado faz sentido físico: quanto mais rápida a nave, menor o comprimento aparente e menor o tempo de passagem registrado pelo sensor fixo. A alternativa correta é a **A**.

Questão 13. Shashike, um ávido fã de cultura pop japonesa, percebeu que, após horas assistindo a animes e jogando seus jogos favoritos, a placa metálica de seu console esquentava consideravelmente. Curioso com o fenômeno, ele decidiu realizar um experimento com uma chapa quadrada de alumínio que possuía um furo circular central de raio $R = 5,0\,\text{cm}$. A chapa, inicialmente a uma temperatura de 20°C, atingiu 220°C devido ao calor dissipado pelo hardware. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do alumínio é $\alpha = 24 \cdot 10^{-6}\,°\text{C}^{-1}$, Shashike resolveu calcular a nova área do furo após esse aquecimento. (Considere $\pi \approx 3,14$).

Marque a alternativa que apresenta o valor aproximado da área final encontrada por Shashike:

a) $78,50\,\text{cm}^2$

b) $79,25\,\text{cm}^2$

c) $80,00\,\text{cm}^2$

d) $82,40\,\text{cm}^2$

e) $85,15\,\text{cm}^2$

Para ajudar o Shashike no cálculo, o primeiro passo é entender que o espaço vazio do furo se comporta como se fosse feito do próprio material da placa. Ou seja, quando o console esquenta a placa de alumínio, o furo expande seu tamanho em vez de "fechar". Começamos calculando a área que o furo tinha antes da jogatina começar: usando $A_0 = \pi R^2$ com o raio de $5,0\,\text{cm}$, encontramos $78,5\,\text{cm}^2$.

Como estamos falando de uma superfície (área), precisamos do coeficiente de dilatação superficial β. Ele é sempre o dobro do linear, então usamos $\beta = 2\alpha = 48 \cdot 10^{-6}\,°\text{C}^{-1}$. A variação de temperatura que a placa sofreu enquanto o Shashike jogava foi de $\Delta T = 200°\text{C}$ (indo de 20 a 220 graus).

Agora, aplicamos a fórmula da dilatação: $\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$. Multiplicando a área inicial de $78,5$ pelo coeficiente $48 \cdot 10^{-6}$ e pelo aumento de temperatura de 200, chegamos a um acréscimo de aproximadamente $0,75\,\text{cm}^2$ na área. Somando esse pequeno aumento ao valor original, temos uma área final de $79,25\,\text{cm}^2$. Shashike agora sabe que, enquanto ele sobe de nível nos jogos, os átomos da placa também se afastam, fazendo o furo crescer. A alternativa correta é a **B**.

Questão 14. Na mecânica estatística, é possível determinar a energia média de uma molécula usando o Teorema da Equipartição: a energia média de uma molécula $\overline{E} = \frac{n}{2}k_bT$ (à temperatura T) depende do número de graus de liberdade n da mesma, em que k_b é uma constante. Os graus de liberdade são o número de coordenadas independentes necessárias para descrever completamente a configuração do sistema (pense em formas de mover o sistema, garantindo que não seja contada mais de uma vez). Qual a energia média para moléculas monoatômicas e diatômicas, respectivamente, em temperatura ambiente? (Lembre-se que moléculas se movem em 3 dimensões.)

a) $\frac{3}{2}k_bT$ e $3k_bT$

b) $\frac{5}{2}k_bT$ e $3k_bT$

c) $\frac{5}{2}k_bT$ e $\frac{7}{2}k_bT$

d) $2k_bT$ e $\frac{5}{2}k_bT$

e) $\frac{3}{2}k_bT$ e $\frac{5}{2}k_bT$

Pelo Teorema da Equipartição, cada grau de liberdade contribui com $\frac{1}{2}k_bT$ para a energia média da molécula. Basta, portanto, contar os graus de liberdade n de cada caso.

Molécula monoatômica: pode ser modelada como uma partícula pontual. Sua configuração no espaço tridimensional é completamente descrita pelas três coordenadas de posição do centro de massa (x, y, z), correspondendo aos três graus de liberdade translacionais. Não há graus rotacionais relevantes, pois a molécula é tratada como um ponto. Assim:

$$n_{\text{mono}} = 3 \quad \Rightarrow \quad \overline{E}_{\text{mono}} = \frac{3}{2}k_bT$$

Molécula diatômica: é modelada como dois átomos pontuais ligados rigidamente, formando um "haltere". Para descrever sua configuração precisamos de:

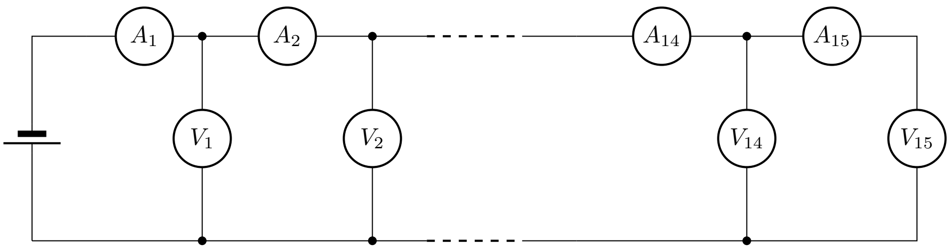
a) 3 coordenadas translacionais (x, y, z) do centro de massa;

b) 2 coordenadas angulares para orientar o eixo da molécula no espaço (por exemplo, os ângulos θ e ϕ das coordenadas esféricas).

A rotação em torno do próprio eixo da ligação não é contada, pois girá-la em torno desse eixo não altera fisicamente a configuração do sistema. Portanto:

$$n_{\text{di}} = 3 + 2 = 5 \quad \Rightarrow \quad \overline{E}_{\text{di}} = \frac{5}{2}k_bT$$

Questão 15. Um circuito elétrico é montado utilizando uma bateria ideal, 15 voltímetros idênticos e 15 amperímetros não idênticos, conforme ilustrado na figura abaixo. Todos os instrumentos de medição são reais (não ideais).



Sabendo que a leitura do primeiro voltímetro é $V_1 = 9$ V e que as leituras dos dois primeiros amperímetros indicam, respectivamente, $I_1 = 2,9$ mA e $I_2 = 2,6$ mA, determine o valor correspondente à soma das leituras de todos os outros voltímetros $(V_2 + V_3 + \cdots + V_{15})$.

a) 45 V

b) 54 V

c) 78 V

d) 87 V

e) 117 V

Pela Lei dos Nós, a corrente que passa pelo primeiro voltímetro (V_1) é a diferença entre a corrente medida em A_1 e em A_2:

$$I_{V1} = I_1 - I_2 = 2,9 \text{ mA} - 2,6 \text{ mA} = 0,3 \text{ mA}$$

A resistência interna R_V de cada um dos voltímetros idênticos pode ser calculada como:

$$R_V = \frac{V_1}{I_{V1}} = \frac{9 \text{ V}}{0,3 \text{ mA}} = 30 \text{ k}\Omega$$

A corrente $I_2 = 2,6$ mA é a corrente total que alimenta a sub-rede formada por todos os demais voltímetros em paralelo (de V_2 a V_{15}). Logo, a soma das correntes de todos esses outros voltímetros é $2,6$ mA. Como os voltímetros são idênticos e ôhmicos, a soma de suas tensões será dada por:

$$\sum_{i=2}^{15} V_i = R_V \cdot \sum_{i=2}^{15} I_{Vi}$$

$$\text{Soma} = 30 \text{ k}\Omega \cdot 2,6 \text{ mA} = 78 \text{ V}$$

Questão 16. Em um belo domingo, Yamashita decidiu pegar sua katana, herdada de seus antepassados samurais, para cortar um cubo de madeira de lado L na sua diagonal. Assumindo que ele faz uma força constante F na katana no sentido do seu corte, a velocidade inicial da katana é nula, o coeficiente de atrito da madeira é μ, a katana é uniforme e tem massa m, a razão entre as duas normais sentidas pela katana é x ($x > 1$), e a aceleração da gravidade é g, determine o tempo que Yamashita vai levar para cortar a madeira.

a) $t = \sqrt{\dfrac{2\sqrt{3}mL}{F}}$

b) $t = \sqrt{\dfrac{2\sqrt{3}L}{\frac{F}{m} + g(\frac{\sqrt{3}}{3} - \mu\frac{x+1}{x-1}\sqrt{\frac{2}{3}})}}$

c) $t = \sqrt{\dfrac{2\sqrt{3}L}{\frac{F}{m} + g(\sqrt{\frac{2}{3}} - \mu\frac{x+1}{x-1}\frac{\sqrt{3}}{3})}}$

d) $t = \sqrt{\dfrac{2\sqrt{3}L}{\frac{F}{m} + g(\frac{\sqrt{3}}{3} - \mu\frac{x-1}{x+1}\sqrt{\frac{2}{3}})}}$

e) $t = \sqrt{\dfrac{2\sqrt{3}L}{\frac{F}{m} + g(\sqrt{\frac{2}{3}} - \mu\frac{x-1}{x+1}\frac{\sqrt{3}}{3})}}$

Pela figura, vemos que a diagonal vale $d^2 = L^2 + L^2 + L^2 \implies d = L\sqrt{3}$. Logo:

$$sen\theta = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$cos\theta = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

Pela segunda lei de Newton para a katana (Considere o eixo y perpendicular ao plano da diagonal e o eixo x paralelo ao plano da diagonal):

$$y : N_2 = N_1 + mgcos\theta$$

$$x : F + mgsen\theta - \mu(N_1 + N_2) = ma$$

Como $x > 1$, temos que $N_2 = xN_1$. Substituindo na equação do eixo y:

$$N_1 = \frac{mgcos\theta}{x-1} \Longrightarrow N_2 = \frac{xmgcos\theta}{x-1}$$

Substituindo na equação do eixo x:

$$F + mgsen\theta - \mu mgcos\theta\frac{x+1}{x-1} = ma$$

$$a = \frac{F}{m} + g(sen\theta - \mu cos\theta\frac{x+1}{x-1})$$

Finalmente, utilizando a função horária da posição e substituindo $sen\theta$ e $cos\theta$:

$$d = \frac{at^2}{2} \Longrightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2\sqrt{3}L}{\frac{F}{m} + g(\frac{\sqrt{3}}{3} - \mu\frac{x+1}{x-1}\sqrt{\frac{2}{3}})}}$$

Questão 17. Um jovem estudante de física chamado Tiago Pedra tem massa m e está no interior de um elevador que se move em um plano vertical seguindo uma trajetória circular de raio R com velocidade angular constante ω. Tiago está apoiado sobre uma balança de mola (dinamômetro) fixada no piso do elevador. No instante em que o elevador passa pelo ponto mais baixo de sua trajetória circular, a leitura da balança indica um valor F_1. Quando o elevador passa pelo ponto mais alto, a leitura indica um valor F_2. Desprezando qualquer tipo de atrito e considerando que ele permanece em contato com a balança durante todo o trajeto, determine a expressão para a aceleração da gravidade g em função de F_1, F_2 e m.

a) $g = \frac{F_1 + F_2}{2m}$

b) $g = \frac{F_1 - F_2}{2m}$

c) $g = \frac{F_1 F_2}{m(F_1 + F_2)}$

d) $g = \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}}{2m}$

e) $g = \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}}{m}$

No ponto mais baixo da trajetória:

$$F_1 - mg = m\omega^2 R \Longrightarrow F_1 = mg + m\omega^2 R$$

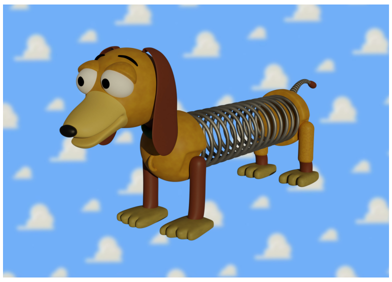
No ponto mais alto da trajetória:

$$mg - F_2 = m\omega^2 R \Longrightarrow F_2 = mg - m\omega^2 R$$

Somando as duas equações:

$$F_1 + F_2 = 2mg \Longrightarrow g = \frac{F_1 + F_2}{2m}$$

Questão 18. Em Toy Story, somos apresentados ao cachorro de brinquedo Slinky Dog, um fiel companheiro na jornada de Woody. Imagine que ele é composto por uma mola de constante elástica k conectada as duas massas m nas suas extremidades e que no instante inicial a mola está relaxada. Suponha que o Slinky Dog se move em direção a uma parede com velocidade v_0 e que o coeficiente de restituição da colisão é e , determine a amplitude das oscilações do movimento seguinte.



a) $A = v_0(1-e)\sqrt{\frac{m}{k}}$

b) $A = v_0(1+e)\sqrt{\frac{m}{k}}$

c) $A = v_0 e\sqrt{\frac{m}{2k}}$

d) $A = v_0(1-e)\sqrt{\frac{m}{2k}}$

e) $A = v_0(1+e)\sqrt{\frac{m}{2k}}$

Imediatamente após o choque da massa da frente com a parede, a sua velocidade se torna $-ev_o$ e a velocidade da massa de trás continua v_0. A velocidade do centro de massa será:

$$V_{CM} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{v_0(1-e)}{2}$$

Agora, em relação ao CM, vamos calcular a velocidade da massa da frente ou da de trás (são iguais em módulo):

$$v = v_0 - V_{CM} = \frac{v_0(1+e)}{2}$$

Logo, a velocidade relativa entre as duas massas (em relação ao CM) é $v_{rel} = v - (-v) = 2v = v_0(1+e)$

Por fim, podemos conservar a energia do sistema do instante inicial (deformação nula) até o instante de deformação máxima (velocidade nula) para relacionar a amplitude de oscilação A com v_{rel} a partir do uso da massa reduzida $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} = \frac{m}{2}$:

$$\frac{\mu v_{rel}^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2(1+e)^2}{4} = \frac{kA^2}{2}$$

$$A^2 = \frac{mv_0^2(1+e)^2}{2k} \implies A = v_0(1+e)\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

Questão 19. Uma espada de diamante com $1.5m$ de comprimento está a $10m$ de distância à esquerda de uma lente convergente com $f = 5m$. A espada está perpendicular ao eixo óptico. Qual o comprimento de sua imagem?

a) $1.5m$

b) $0.75m$

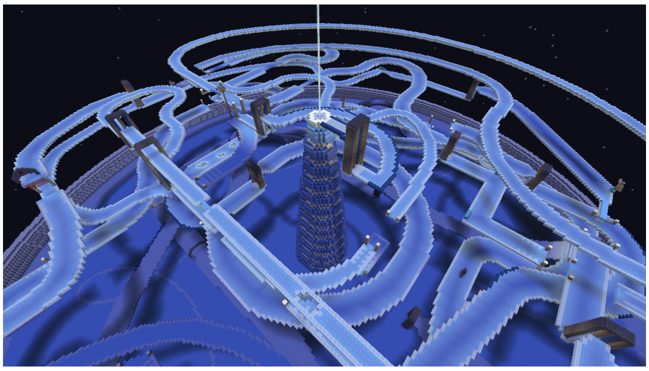
c) $3m$

d) $2m$

e) $75m$

Como $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$, onde p é a distância do objeto até a lente e p' a distância da imagem até a lente, temos que $p' = 10m$, a imagem está a $10m$ de distância da lente (estando à direita dela). Desse modo, o aumento linear = -1, logo o comprimento da espada continua o mesmo, $1.5m$.

Questão 20. Um "minigame"que voltou a ser popular recentemente no jogo "Minecraft"é "Ice Boating", em que jogadores utilizam barcos em gelo para fazerem corridas entre si (como no jogo "Mario Kart"). O motivo de



gelo azul ser usado é o menor coeficiente de fricção quando comparado a outros blocos do jogo, assumindo que a força de atrito no Minecraft é como na vida real (apesar de ser drasticamente diferente), calcule o módulo da variação de Energia Cinética de um barco que percorre um trajeto horizontal de $10m$ no gelo azul sem parar.

Dados:

• $g \sim 32\frac{m}{s^2}$ no Minecraft

• $\mu_B = 0.011$, coeficiente de atrito do gelo azul
• $\mu_T = 0.4$, coeficiente de atrito na terra • Massa do barco $m = 1000kg$

Assinale a alternativa que equivale ao módulo da variação de Energia Cinética achado:

a) $3520J$

b) $12800J$

c) $128000J$

d) $352J$

e) $6700J$

$N = mg$, pois o trajeto é na horizontal. Logo, $F_{AT,B} = \mu_B \cdot N = 0.011 \cdot 1000 \cdot 32 = 352$ Newtons. Assim, como a força de atrito é constante durante o trajeto, a variação de energia cinética será $|\Delta E| = F_{AT,B} \cdot 10 = 3520J$.