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

Nível 2
Ensino Médio
1° e 2° Anos

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

Instruções de Prova

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **1ª e 2ª séries 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.

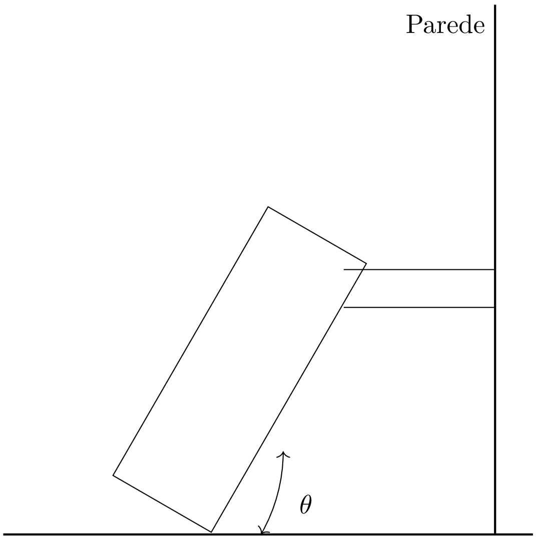
5. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sqrt[3]{2} = 1,26$; $\sin 30° = 0,50$; $\cos 30° = 0,85$; $\sin 45° = \cos 45° = 0,70$; aceleração gravitacional na superfície da Terra $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$; calor específico 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. Caiago Rocheto está tentando se equilibrar na parede de seu quarto, que tem chão de coeficiente de atrito μ. Sua intuição o faz pensar que é impossível se manter equilibrado depois que sua parede perdeu qualquer tipo de atrito misteriosamente, mas surpreendentemente, ele consegue para um dado ângulo, no limite de escorregar no chão, sua missão agora é descobrir o valor da sua tangente tendo como base as seguintes características de seu corpo:

a) $\mu = 0.5$

b) Altura do centro de massa $h_{cm} = 1.1m$

c) Altura do braço $h_b = 1.2m$



Assuma que ele é um corpo rígido, assinale a alternativa com o valor correto para a tangente do ângulo:

a) 4/3

b) 11/6

c) 9/10

d) 1/2

e) 11/9

Seja N_1 a normal realizada pelo chão e N_2 a realizada pela parede, do equilíbrio de forças verticais:

$$N_1 = P$$

$$N_1 = Mg$$

Daí, com a condição de limite de deslizamento:

$$F_{at1} = \mu N = \mu M g$$

Pelo equilíbrio de forças horizontais

$$F_{at1} = F_{at2}$$

Por fim, tomando os torques em relação ao pé de Caiago Rocheto, a condição de equilíbrio é $\tau_2 = \tau_p$ Da geometria do desenho, percebe-se que o braço de alavanca para o apoio da parede é $h_b sen\theta$ e o da força peso é $h_{cm}cos\theta$, por fim, então:

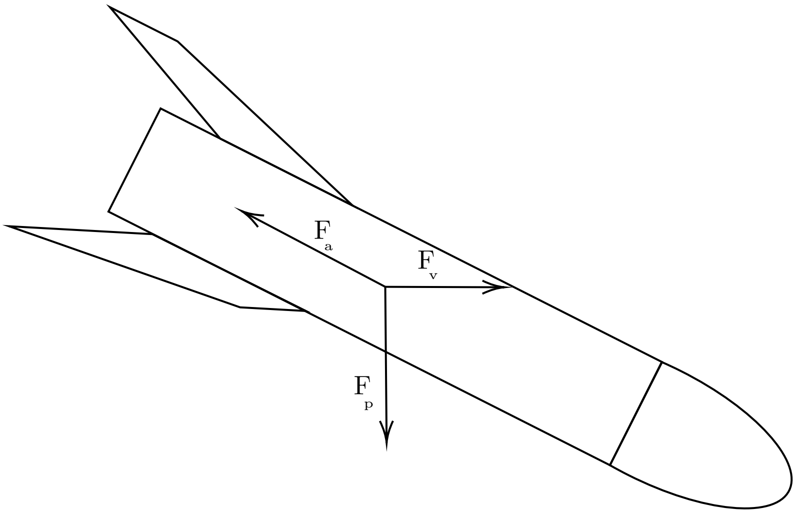
$$Mgh_b sen\theta = Mgh_{cm}cos\theta$$

$$tg\theta = \frac{h_{cm}}{\mu h_b}$$

$$tg\theta = \frac{1.1}{0.5 \times 1.2} = \frac{11}{6}$$

Questão 2. Fallus V é um foguete de formato... peculiar, com a missão de desperdiçar a maior quantidade de combustível possível em troca de estabilidade, Srupi desenvolve a melhor versão até então já criada, fallus VI.

O que o fogueteiro não sabia é que, na hora do lançamento, haveria um vento horizontal na direção favorável ao movimento do foguete, além disso, considere uma força de arrasto com módulo aproximadamente constante, mas que muda de direção conforme o ângulo de ataque se altera.



Dados: Força devido ao vento: $F_v = 30N$

Massa do foguete: $m = 4kg$

Força de arrasto: $F_a = Cv^2$

Constante da força de arrasto: $C = 0.05Nm^{-2}s^2$

Assinale a alternativa que contém a força mínima que o propulsor vai realizar durante o voo, de forma a manter uma velocidade de módulo constante $v = 20ms^{-1}$

a) 10 N

b) 20 N

c) 30 N

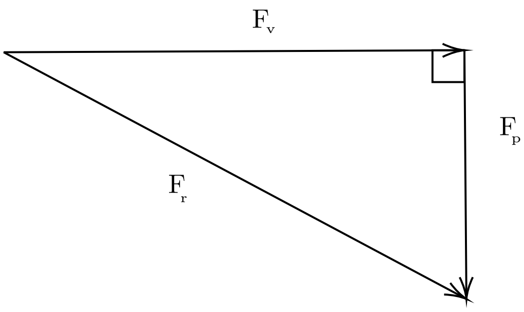
d) 40 N

e) 50 N

Primeiramente, calculemos a força de arrasto:

$$F_a = 0.05 \times 20^2 = 0.05 \times 400 = 20N$$

Ademais, pode-se criar um triângulo retângulo para a soma dos vetores das forças peso e do vento:



$$F_p = mg = 4 \times 10 = 40N$$

$$F_r = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50N$$

Por fim, a força mínima ocorre quando os vetores $\mathbf{F_r}$ e o $\mathbf{F_a}$ se opõe, de forma que a força final é igual à uma simples subtração entre os módulos:

$$F_f = 50 - 20 = 30N$$

Questão 3. 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 a direita dela). Desse modo, o aumento linear = -1, logo o comprimento da espada continua o mesmo, $1.5m$.

Questão 4. 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) $920\,\text{kg/m}^3$

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 5. 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:

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

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 $cos\theta$:

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

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

Questão 6. 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:

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

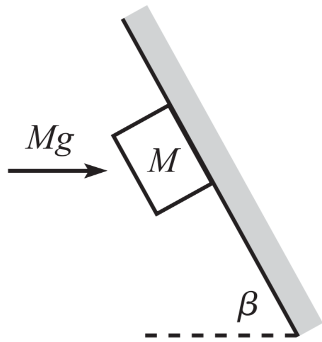
No ponto mais alto da trajetória:

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

Somando as duas equações:

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

Questão 7. Um bloco de massa M é posicionado abaixo de um teto inclinado que faz um ângulo β com a horizontal. Você aplica uma força horizontal de magnitude Mg no bloco, conforme mostrado na figura abaixo. Suponha que a força de atrito entre o bloco e o teto inclinado seja grande o suficiente para manter o bloco em repouso e que a aceleração da gravidade é g. Ache o valor mínimo de β em função do coeficiente de atrito estático entre o bloco e o teto inclinado μ.



a) $arctg(\mu)$

b) $arctg(\frac{\mu+1}{\mu-1})$

c) $arctg(\frac{\mu-1}{\mu+1})$

d) $arctg(\frac{\mu^2-1}{\mu^2+1})$

e) $arctg(\frac{\mu^2+1}{\mu^2-1})$

Pelo equilíbrio de forças na direção do teto inclinado e na sua direção perpendicular:

$$F_{at} = Mgcos\beta + Mgsen\beta$$

$$N = Mgsen\beta - Mgcos\beta$$

Sabemos que $F_{at} \leq \mu N$, logo:

$$Mgcos\beta + Mgsen\beta \leq \mu Mgsen\beta - \mu Mgcos\beta$$

$$cos\beta + sen\beta \leq \mu sen\beta - \mu cos\beta \Longrightarrow tg\beta \geq \frac{\mu+1}{\mu-1}$$

$$\beta \geq arctg(\frac{\mu+1}{\mu-1})$$

Questão 8. Um elevador de massa M está carregando N pessoas, cada uma com massa m. O sistema é içado verticalmente por um motor acoplado a um cabo ideal, sem a utilização de contrapesos. O elevador parte do repouso e atinge uma velocidade constante v após percorrer uma altura h. Considere a aceleração da gravidade como g e despreze quaisquer forças dissipativas. Analise as seguintes afirmativas:

I. O trabalho realizado pela força de tração do motor durante a etapa de aceleração é numericamente igual à variação da energia potencial gravitacional do sistema.

II. A potência instantânea desenvolvida pelo motor no exato momento em que o elevador atinge a velocidade v é dada pela expressão $P = (M + Nm)(g + \frac{v^2}{2h})v$

III. Se o elevador mantiver a velocidade v constante após a fase de aceleração, a potência necessária para manter o movimento será menor do que a potência instantânea no final da fase de aceleração.

a) Apenas I está certa

b) Apenas III está certa

c) Apenas I e II estão certas

d) Apenas II e III estão certas

e) Todas as afirmativas estão certas

I. FALSO. O trabalho realizado pela força de tração do motor durante a etapa de aceleração deve ser numericamente igual à soma da variação da energia potencial gravitacional do sistema com a variação da energia cinética do sistema.

II. VERDADEIRO. Pela segunda lei de Newton para o sistema:

$$T - (M + Nm)g = (M + Nm)a \Longrightarrow T = (M + Nm)(g + a)$$

Porém, por Torricelli:

$$v^2 = 2ah \Longrightarrow a = \frac{v^2}{2h}$$

Substituindo na fórmula da tração e sabendo que a potência instantânea vale $P = Tv$, temos:

$$T = (M + Nm)(g + \frac{v^2}{2h}) \Longrightarrow P = (M + Nm)(g + \frac{v^2}{2h})v$$

III. VERDADEIRO. Caso o elevador mantenha uma velocidade constante, haverá um equilíbrio de forças e a tração diminui para $T = (M + Nm)g$. Consequentemente, a potência também diminui para $P = (M + Nm)gv$

Questão 9. 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 $g = 10$ 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 10. 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 11. 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.

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 12. Uma partícula move-se ao longo de uma trajetória perfeitamente circular de raio R com uma velocidade escalar constante v. Considere o intervalo de tempo exato necessário para que a partícula complete exatos três quartos (3/4) de uma volta completa.

Qual a razão entre o módulo da **velocidade vetorial média** ($|\vec{v}_m|$) e a **velocidade escalar média** (v_{esc}) nesse intervalo?

a) $\frac{3\pi}{2\sqrt{2}}$

b) $\frac{2\sqrt{2}}{3\pi}$

c) $\frac{\sqrt{2}}{\pi}$

d) $\frac{3\pi}{4}$

e) $\frac{2}{3\pi}$

Julguemos as afirmativas: Para resolver esse problema, precisamos primeiro entender que a velocidade escalar e a velocidade vetorial contam histórias diferentes sobre o movimento. Como a partícula mantém uma velocidade escalar constante ao longo de todo o percurso, a sua velocidade escalar média é simplesmente o valor v. Para percorrer três quartos de uma volta, a partícula cobre uma distância de $\Delta s = \frac{3}{4}(2\pi R)$, o que nos permite concluir que o tempo gasto nessa jornada é $t = \frac{3\pi R}{2v}$.

Por outro lado, quando pensamos na velocidade vetorial média, o que importa não é o caminho curvilíneo, mas sim a linha reta que liga o ponto onde a partícula começou ao ponto onde ela parou. Em três quartos de volta, essa distância em linha reta, o módulo do deslocamento, forma a hipotenusa de um triângulo retângulo cujos lados são o próprio raio R do círculo.

Aplicando o Teorema de Pitágoras, descobrimos que esse deslocamento vale $|\Delta\vec{r}| = R\sqrt{2}$.

Ao dividirmos esse deslocamento em linha reta pelo tempo total que calculamos antes, encontramos o módulo da velocidade vetorial média: $|\vec{v}_m| = \frac{R\sqrt{2}}{\frac{3\pi R}{2v}}$, que simplificando resulta em $\frac{2\sqrt{2}v}{3\pi}$. Por fim, ao calcularmos a razão entre essa velocidade vetorial e a velocidade escalar v, percebemos algo interessante: tanto o raio R quanto a velocidade v desaparecem da equação, restando apenas o valor constante $\frac{2\sqrt{2}}{3\pi}$. Isso nos mostra que essa proporção é puramente geométrica e não depende do tamanho da pista ou da rapidez da partícula, mas apenas do fato de ela ter percorrido exatamente três quartos da circunferência.

Questão 13. O calor específico de combustão do carvão marrom é $q_1 = 10\,\text{MJ/kg}$, enquanto o do antracito é $q_2 = 30\,\text{MJ/kg}$. Com o objetivo de economizar, fabrica-se um novo combustível misturando o carvão marrom com o antracito em uma proporção tal que, ao queimar cada um dos tipos de carvão separadamente na mistura, a quantidade de calor liberada seja a mesma. Determine o calor específico de combustão q da mistura resultante.

Marque a alternativa que apresenta o valor correto desse calor específico:

a) $15\,\mathrm{MJ/kg}$

b) $18\,\mathrm{MJ/kg}$

c) $20\,\mathrm{MJ/kg}$

d) $22\,\mathrm{MJ/kg}$

e) $25\,\mathrm{MJ/kg}$

Para resolver este problema, precisamos entender como a mistura foi composta. A chave está na frase: "ao queimar cada um dos tipos de carvão separadamente, libera-se a mesma quantidade de calor". Vamos chamar essa quantidade de calor de Q. Se o carvão marrom libera Q, a massa dele na mistura deve ser $m_1 = Q/q_1$. Da mesma forma, se o antracito também libera Q, a massa dele deve ser $m_2 = Q/q_2$.

O calor específico de combustão da mistura completa (q) é definido pela razão entre o calor total liberado (Q_{total}) e a massa total da mistura (m_{total}). O calor total é simplesmente a soma dos calores de cada parte, ou seja, $Q + Q = 2Q$. Já a massa total é a soma das massas m_1 e m_2. Assim, a fórmula para o calor da mistura fica:

$$q = \frac{2Q}{m_1 + m_2} = \frac{2Q}{\frac{Q}{q_1} + \frac{Q}{q_2}}$$

Ao simplificarmos a equação, o valor de Q desaparece, e percebemos que o calor específico da mistura é dado pela média harmônica das potências calóricas individuais: $q = \frac{2 \cdot q_1 \cdot q_2}{q_1 + q_2}$. Substituindo os valores fornecidos (10 e 30), temos:

$$q = \frac{2 \cdot 10 \cdot 30}{10 + 30} = \frac{600}{40} = 15\,\mathrm{MJ/kg}$$

Portanto, apesar de estarmos misturando massas diferentes (já que precisamos de muito mais carvão marrom para igualar o calor do antracito), o poder calorífico médio da mistura final é de $15\,\mathrm{MJ/kg}$. A alternativa correta é a **A**.

Questão 14. 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 $R = 5,0\,\mathrm{cm}$. A chapa, inicialmente a uma temperatura de $20°\mathrm{C}$, atingiu $220°\mathrm{C}$ devido ao calor dissipado pelo hardware. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do alumínio é $\alpha = 24 \cdot 10^{-6}\,°\mathrm{C}^{-1}$, 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) $78,50\,\mathrm{cm}^2$

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

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

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

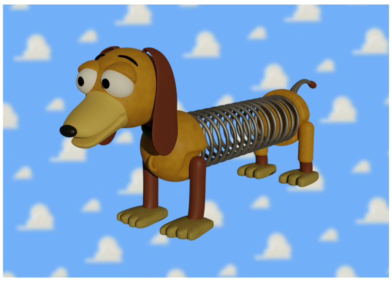
e) $85,15\,\mathrm{cm}^2$

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 15. 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) $A = v_0(1-e)\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

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

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

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

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

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 $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} = \frac{m}{2}$:

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

$$\frac{m v_0^2 (1+e)^2}{4} = \frac{kA^2}{2}$$

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

Questão 16. O planeta NOIC é um planeta com as mesmas características da Terra. Um estudante que adora física começou a estudar sobre período de planetas, e pegou dados da internet sobre informações de outros dois que se situam no mesmo sistema solar. Ele quer descobrir a razão entre o período do planeta Ipho e do planeta OBF, respectivamente, dadas as seguintes informações:

(i) Ipho apresenta 10 vezes a massa, 5 vezes o volume e 9 vezes o raio orbital de NOIC;

(ii) OBF apresenta 90 vezes a massa, 2 vezes o volume e 4 vezes o raio orbital de NOIC.

a) $\frac{8}{27}$

b) $\frac{27}{8}$

c) $\frac{9}{4}$

d) $\frac{4}{9}$

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

Pela 3ª Lei de Kepler, a razão entre o quadrado do período e o cubo do raio orbital é constante para planetas que orbitam o mesmo corpo central:

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{cte}$$

Note que massa e volume dos planetas são informações irrelevantes para o cálculo: o período orbital depende apenas da massa do corpo central (o Sol) e do raio da órbita. Esses dados foram inseridos para testar se o aluno consegue identificar quais informações são pertinentes ao problema.

Assim, é possível calcular o período orbital de cada planeta em função do período orbital do planeta NOIC (T):

$$T_{\text{Ipho}} = 9^{3/2}\,T = 27\,T; \qquad T_{\text{OBF}} = 4^{3/2}\,T = 8\,T$$

A razão é:

$$\frac{T_{\text{Ipho}}}{T_{\text{OBF}}} = \frac{27}{8}$$

Questão 17. Considere que um recipiente cilíndrico oco, feito de alumínio, com coeficiente de dilatação linear $\alpha_1 = 23 \times 10^{-6}$ °C^{-1}, foi fabricado para abrigar, sem nenhum vão, um cilindro maciço de vidro pyrex de coeficiente de dilatação linear $\alpha_2 = 3{,}0 \times 10^{-6}$ °C^{-1}.

As dimensões iniciais (na temperatura de fabricação) são:

a) Recipiente cilíndrico (alumínio):

  a) Raio interno: $R_1 = 10{,}0$ cm

  b) Altura interna (profundidade da cavidade): $H_1 = 30{,}0$ cm

b) Cilindro maciço (pyrex):

  a) Raio: $R_2 = 10{,}0$ cm

  b) Altura: $H_2 = 30{,}0$ cm

No entanto, a empresa que recebeu o produto não selecionou candidatos que faziam as questões de física do NOIC, e eles esqueceram de guardar o recipiente e o cilindro em um lugar termicamente controlado. Considerando que, em um determinado dia, houve um pico de temperatura de $\Delta T = +40$ °C, calcule qual o volume de água que caberá no vão gerado, levando em conta também a dilatação do cilindro maciço. (Considere $\alpha \Delta T \ll 1$.)

a) 5,7 mL

b) 11,3 mL

c) 22,6 mL

d) 45,2 mL

e) 67,8 mL

Inicialmente, o cilindro maciço preenche perfeitamente a cavidade do recipiente, de modo que ambos possuem o mesmo volume:

$$V_0 = \pi R^2 H = \pi(0{,}100 \text{ m})^2(0{,}300 \text{ m}) = 3{,}000\pi \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Como o coeficiente de dilatação volumétrica vale $\gamma = 3\alpha$ (válido para $\alpha\Delta T \ll 1$), o volume de cada peça após o aquecimento é dado por:

$$V_1 = V_0(1 + 3\alpha_1 \Delta T); \qquad V_2 = V_0(1 + 3\alpha_2 \Delta T)$$

O volume do vão gerado é a diferença entre o volume da cavidade dilatada e o volume do cilindro maciço dilatado:

$$V_{\text{vão}} = V_1 - V_2 = 3V_0(\alpha_1 - \alpha_2)\Delta T$$

Substituindo os valores numéricos:

$$V_{\text{vão}} = 3 \cdot (3{,}000\pi \times 10^{-3}) \cdot (23 - 3{,}0) \times 10^{-6} \cdot 40 \approx 22{,}6 \text{ mL}$$

Questão 18. 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:

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

Se o raio dobra:

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

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

Logo:

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

Questão 19. 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:

$W = P\Delta V$

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

$W = 200 \cdot 4 = 800 \text{ J}$

Logo:

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

Questão 20. 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 $g = 10 \text{ m/s}^2$).

a) 8 metros

b) 12 metros

c) 16 metros

d) 20 metros

e) 25 metros

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.