



**Questão B.1. (somente para a 1° série)** Na nossa realidade, o atrito entre superfícies sólidas é um fenômeno presente a todo momento em nossas vidas, mediando diversas ações do cotidiano. Em uma realidade alternativa, as superfícies sólidas não possuem atrito, pois todas são perfeitamente lisas. Identifique a alternativa que certamente NÃO se aplica para essa realidade alternativa devido à ausência de atrito.

- a) Ao pular, as pessoas atingem alturas maiores que o próprio corpo.
- b) A forma de segurar uma caneta ou um lápis não é igual à de nossa realidade.
- c) As pessoas não se movimentam livremente ao andar em um piso horizontal como em nossa realidade.
- d) O movimento de automóveis não poderia ser controlado pelas rodas.

**Solução - Questão B.1.** Em uma realidade com a ausência de atrito, é evidente perceber que as mudanças ocorreriam em situações onde haja contato entre superfícies, como é o caso dos itens b), lápis e papel; c), pés e chão; e d), rodas e chão. No item a), entretanto, não há contato entre superfícies e o fator que, de fato, influencia na altura máxima é a gravidade do planeta.

**Resposta:** a) Ao pular, as pessoas atingem alturas maiores que o próprio corpo

**Questão B.2. (somente para a 1° série)** Os ossos, ajudados pelos músculos, garantem o formato do corpo humano. Ao produzir tensões nos ossos, visando deformá-los, eles podem quebrar (fraturar). É por isso que cair de grande altura produz graves danos ao nosso corpo. Em uma realidade alternativa, os ossos são constituídos por um material parcialmente elástico que transforma parte da energia mecânica em térmica, amortecendo impactos mais intensos. Nessa realidade, uma queda de grandes alturas não produz danos ao corpo, o qual quica no solo algumas vezes como uma bola de basquete. Nesse contexto, uma pessoa de 80 kg caiu de 80 m de altura. Após quicar no solo a primeira vez, subiu até 20 m de altura. Desprezando a influência do ar, qual a quantidade de energia mecânica que foi transformada em térmica na primeira colisão com o solo? Dados:  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze a resistência do ar.

- a) 64.000 J
- b) 32.000 J
- c) 48.000 J
- d) 86.000 J

**Solução - Questão B.2**

Como energia não deixa de existir, a variação da energia mecânica deve ser igual em módulo a variação da energia térmica. Basta calcularmos a variação da energia mecânica, que é dada pela soma da energia cinética e potencial da pessoa, portanto. Se ele começou com cinética nula à uma altura de 80 m e, após o primeiro quique, terminou com cinética nula à uma altura de 20 m, podemos calcular a variação de energia pela fórmula da energia potencial:

$$\Delta E_m = E_f - E_i = mgh_f - mgh_i \quad (1)$$

q onde  $m$  é a massa da pessoa,  $g$  é a gravidade e  $h_f$  e  $h_i$  são a altura final e inicial, respectivamente.

$$\Delta E_m = 80 \cdot 10 \cdot 20 - 80 \cdot 10 \cdot 80 \quad (2)$$

Portanto:



$$\Delta E_m = -48.000 J \quad (3)$$

Logo, a variação da energia térmica é 48.000 J

**Resposta:** c) 48.000 J

### Questão B.3 (somente para a 1° série)

Você conhece a Relatividade de Albert Einstein? Essa teoria parte do pressuposto de que a medida da velocidade da luz, cerca de 1 bilhão de km/hh, independe do referencial. A partir dessa incrível propriedade, Einstein sugere que a luz se torne uma mediadora para as medições de comprimento e tempo. Com essa premissa, é possível demonstrar que o comprimento  $L$  de um objeto diminui à medida que sua velocidade  $v$  se aproxima da velocidade da luz  $c$ , conforme a equação  $L = L_0 \cdot \sqrt{1 - v/c^2}$ . Nela, o símbolo  $L_0$  é o comprimento do objeto quando medido em repouso. Como, na nossa realidade, a luz é muito mais rápida que os meios de transporte, não testemunhamos situações do cotidiano cuja contração relativística do comprimento seja significativa. Em uma realidade alternativa, a luz tem uma velocidade bem menor, fazendo com que o comprimento de um carro assumo o valor de 4,0 m, quando em repouso, e

- a) 400 km/h                      b) 500 km/h                      c) 600 km/h                      d) 1000 km/h

### Solução - Questão B.3.

Pela equação dada no enunciado, temos que a contração do comprimento se dá por:

$$L = L_0 \cdot \sqrt{1 - v/c^2} \quad (4)$$

onde  $L = 3,2$  m,  $L_0 = 4$ m,  $v = 300$  km/h e  $c$  é a velocidade da luz na outra realidade.

Logo:

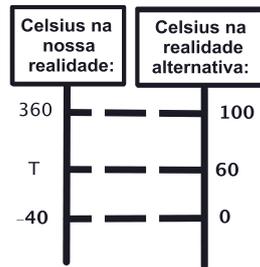
$$\frac{3,2^2}{4} = 1 - \frac{300^2}{c} \quad (5)$$

Fazendo as contas, chegamos que  $c = 500$  km/h

**Resposta:** b) 500 km/h

### Questão B.4. (somente para a 1° série)

Na nossa realidade, o sueco Anders Celsius usou os pontos de solidificação e ebulição da água ao nível do mar para definir as temperatura de 0°C e 100°C respectivamente. Em uma realidade alternativa, Anders Celsius optou por usar o mercúrio no lugar da água, sendo essa a única diferença. Uma temperatura de 60°C nessa realidade alternativa corresponderia a que temperatura na nossa realidade? Considere que, em nossa realidade, o mercúrio se solidifica a - 40°C e entra em ebulição 360°C.



a)  $250^{\circ}C$

b)  $320^{\circ}C$

c)  $200^{\circ}C$

d)  $400^{\circ}C$

Na nossa realidade:

- $0^{\circ}C$  = temperatura de solidificação da água.
- $100^{\circ}C$  = temperatura de ebulição da água.

Na realidade alternativa:

- A temperatura de solidificação do mercúrio é  $-40^{\circ}C$ .
- A temperatura de ebulição do mercúrio é  $360^{\circ}C$ .

Queremos encontrar a correspondência de uma temperatura de  $60^{\circ}C$  na escala do mercúrio para a escala de Celsius (água).

Na escala de Celsius (água):

$$100^{\circ}C - 0^{\circ}C = 100^{\circ}C \quad (6)$$

Na escala alternativa (mercúrio):

$$360^{\circ}C - (-40^{\circ}C) = 400^{\circ}C \quad (7)$$

Assim, sabemos que 1 grau na escala Celsius é igual a 4 graus na escala  $^{\circ}A$ . Ademais sabemos que a escala alternativa tem seu 0 no  $-40^{\circ}C$

Ou seja:

$$T(^{\circ}C) = 4T(^{\circ}A) - 40$$

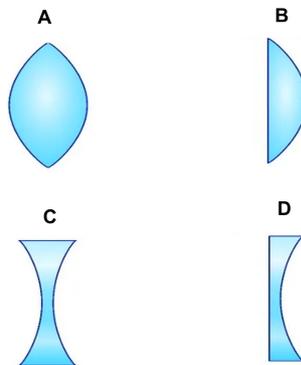
Resolvendo a equação:

$$T(^{\circ}C) = 60 \times 4 - 40 \implies T(^{\circ}C) = 200^{\circ}C$$

**Resposta:** c) 200



**Questão B.5.** (somente para a 1ª série) O vidro possui índice de refração maior que o da água. Em uma realidade alternativa, o vidro possui índice de refração menor que o da água. Vemos abaixo os perfis de quatro tipos de lentes de vidros, mergulhadas em água. Qual a alternativa que indica a classificação dessas lentes nessa situação ocorrida nessa outra realidade?



- a) divergente: A e C; convergentes: B e D
- b) divergente: C e D; convergentes: A e B
- c) divergente: B e D; convergentes: A e C
- d) divergente: A e B; convergentes: C e D

### Solução - Questão B.5

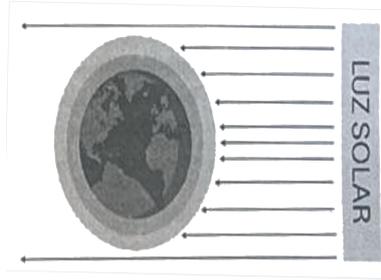
Para resolver essa questão, vale lembrar que lentes denominadas de "bordas finas", nesse caso A e B, são convergentes quando seu índice de refração é maior que o do meio, já as chamadas "bordas grossas", C e D são divergentes quando seu índice de refração é maior que o do meio.

Porém, como é o caso na questão, tais comportamentos se invertem quando seu índice é menor que o do meio. Tornando as bordas finas (A e B) divergentes e as bordas grossas (C e D) convergentes.

**Resposta:** d) Divergente: A e B; convergentes: C e D

**Questão B.6** A Terra possui uma camada atmosférica que se estende por mais de 700 km de altitude. A forma da atmosfera pode ser considerada quase esférica, acompanhando a forma da Terra. Sua densidade diminui à medida que a altitude aumenta. Tanto a luz solar, quanto a que chega de qualquer astro devem atravessar a atmosfera terrestre, portanto, o céu que vemos é um pouco distorcido por ela.

Em uma realidade alternativa, a Terra tinha perdido toda a sua atmosfera. Identifique a alternativa que NÃO corresponde a uma característica dessa realidade alternativa que diferencia da nossa para pessoas que estejam na superfície da Terra.



- a) A Lua vista permanece com o mesmo tamanho durante a noite de lua cheia.
- b) Uma localidade recebe luz solar por um período diário maior do que na nossa realidade.
- c) Não existe diferença entre Sol real e Sol aparente.
- d) O céu estrelado é visto durante o dia-claro e durante a noite.

### Solução - Questão B.6

Analisando as alternativas:

- a) A Lua vista permanece com o mesmo tamanho durante a noite de lua cheia. Na nossa realidade, a atmosfera provoca a refração atmosférica, que pode causar distorções visuais, como a ampliação da Lua perto do horizonte. Sem atmosfera, esse efeito desapareceria, e a Lua manteria seu tamanho aparente constante. Verdadeira
- b) Uma localidade recebe luz solar por um período diário maior do que na nossa realidade. A presença da atmosfera provoca o crepúsculo, onde a luz solar é dispersa, iluminando a superfície terrestre antes do nascer e após o pôr do Sol. Sem atmosfera, o período em que a luz solar é visível seria estritamente limitado ao tempo em que o Sol está acima do horizonte. O dia seria mais curto em termos de luz visível. Falsa
- c) Não existe diferença entre Sol real e Sol aparente. Na nossa realidade, a refração atmosférica faz com que o Sol pareça um pouco mais alto no céu do que ele realmente está, criando uma diferença entre o Sol aparente (o que vemos) e o Sol real (onde ele realmente está). Sem atmosfera, essa refração não ocorreria, e não haveria diferença entre o Sol real e o aparente. Verdadeiro
- d) O céu estrelado é visto durante o dia-claro e durante a noite. Na nossa realidade, a dispersão da luz pela atmosfera (dispersão de Rayleigh) torna o céu azul e impede que as estrelas sejam visíveis durante o dia. Sem atmosfera, o céu seria escuro, e as estrelas seriam visíveis o tempo todo, mesmo durante o dia. Verdadeiro

**Resposta:** b) Uma localidade recebe luz solar por um período diário maior do que na nossa realidade

**Questão B.7.** Quando a luz incide em um corpo sólido, ela pode sofrer reflexão, absorção e/ou refração, a depender da cor (frequência) da luz e das substâncias que compõem sua superfície. Na nossa realidade, a grande maioria dos corpos sólidos não permite a refração da luz, tem absorção seletiva e promove um percentual ínfimo de reflexão regular. Em uma realidade



alternativa, a grande maioria dos corpos sólidos também não permite a refração da luz, sua absorção não é seletiva e 95% da reflexão é regular. Nessa realidade alternativa, a superfície da grande maioria dos objetos sólidos, quando iluminados por luz branca, possui uma aparência:

- a) opaca de cor branca.    b) transparente.    c) opaca de cor preta.    d) espelhada.

### Solução - Questão B.7.

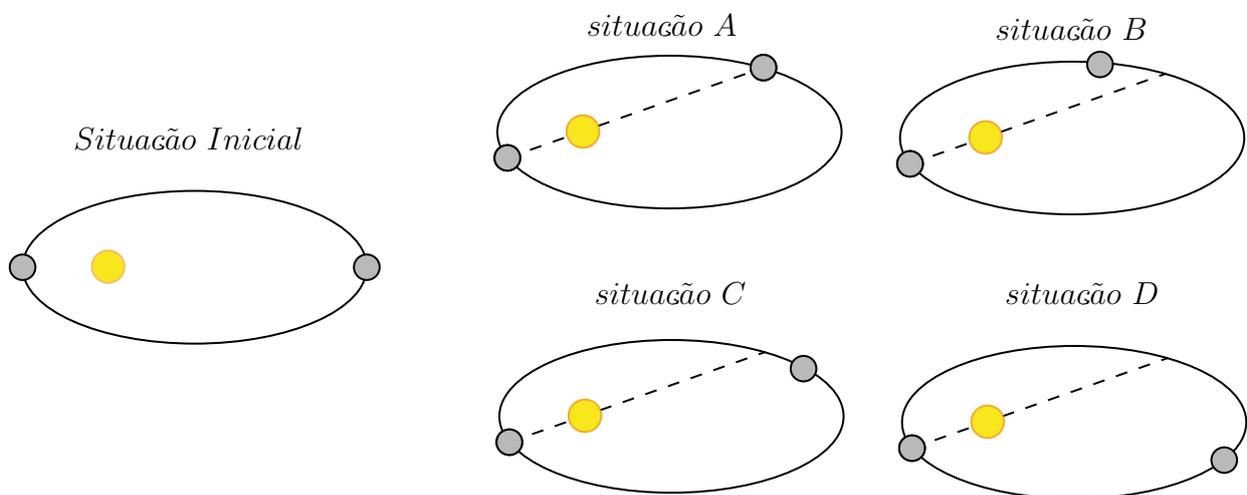
A resposta correta é letra **d) espelhada**.

Vamos analisar as características dos objetos:

- Não permite refração da luz - Isso significa que toda a luz será refletida e portanto o objeto não apresenta uma aparência translúcida.
- A absorção não ser seletiva - O corpo não apresenta uma cor sólida.
- 95% da reflexão é regular - Significa que a superfície é bem polida e que formará imagens a partir da reflexão, tal qual um espelho plano.

**Resposta:** d) espelhada.

**Questão B.8.** Em uma realidade alternativa, na órbita da Terra existe outro planeta igual à Terra desde sua formação. Toda vez que um desses planetas está no afélio, o outro está no periélio de tal forma que eles nunca se encontram. Considerando a situação inicial a que está representada logo abaixo, qual a situação seguinte para esse par de planetas nessa realidade alternativa?



- a) situação A    b) Situação B    c) situação C    d) Situação D

### Solução - Questão B.8.

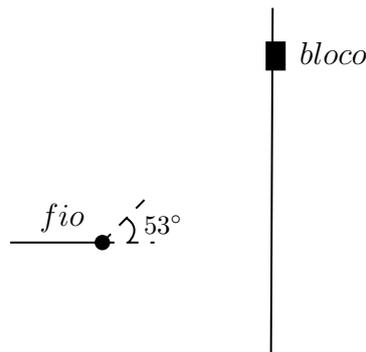
Para resolver essa questão você precisará da Segunda Lei de Kepler, ou Lei das Áreas. Ela diz basicamente que a linha que une o planeta até a sua estrela varre uma área a taxa constante (que só depende dos parâmetros da órbita). Como nesse caso as órbitas são idênticas, essa lei vale para os dois planetas.

Note que a alternativa correta é a **c) situação C**, pois o planeta se move mais lentamente quando está no afélio e por isso fica atrás da linha que une o planeta no periélio ao sol.



**Resposta:** c) situação C.

**Questão B.9.** Sabemos que o Ósmio puro é a substância de maior densidade na nossa realidade – cerca de 23 vezes mais denso que a água. Em uma realidade alternativa, os chineses conseguiram sintetizar um material tão denso que um pequeno bloco constituído por esse material conseguia produzir forças de atração gravitacional na mesma ordem de grandeza que os pesos dos corpos próximos a ele. Com esse bloco fixado em uma parede bem resistente, uma esfera de 1,6 kg permaneceu parada no ar presa apenas a um fio na horizontal, conforme figura.



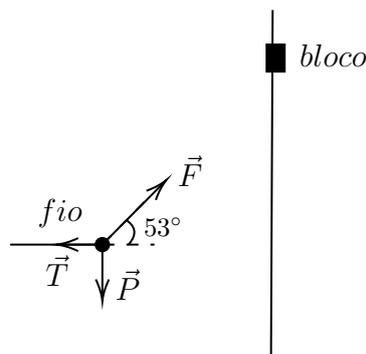
Calcule o valor da força gravitacional que o bloco estava produzindo na esfera nessa situação.

**Dados:** campo gravitacional terrestre = 10 N/kg,  $\sin 53^\circ = \frac{4}{5}$  e  $\cos 53^\circ = \frac{3}{5}$

- a) 12 N      b) 16 N      c) 18 N      d) 20 N

### Solução - Questão B.9.

Abaixo você pode conferir o diagrama de forças na esfera:



Portanto, o equilíbrio na direção vertical é:

$$F \sin 53^\circ = P \implies F = \frac{mg}{\sin 53^\circ} \quad (8)$$

Com isso encontramos:

$$F = \frac{5}{4} \cdot 1,6 \text{ kg} \cdot 10 \text{ N/kg} \implies \boxed{F = 20 \text{ N}} \quad (9)$$

O que leva ao item d) como resposta correta.



**Resposta:** d) 20 N.

**Questão B.10.** Na nossa realidade, o planeta Terra sofre rotação e translação em torno do Sol. Em uma realidade alternativa a única diferença na formação do planeta Terra é que ele se consolidou sem rotação. Por conta disso, a vida não se desenvolveu na Terra e esse planeta é ocupado por extraterrestres nômades que vivem em grandes naves pousadas sobre a superfície. Como a fonte de energia dessas naves é a solar, constantemente, elas se deslocam para deixar o Sol sempre próximo do zênite. Se o raio da Terra mede aproximadamente 6.000 km, a velocidade média que esses povos nômades devem desenvolver para que nunca deixem de receber a energia solar muito próximo ao zênite é aproximadamente:

Dica: faça aproximações em  $\pi$  e na duração do ano.

- a) 4 km/h                      b) 5 km/h                      c) 6 km/h                      d) 7 km/h

### Solução - Questão B.10

1. Sabemos que o raio da Terra  $R = 6000$  km.
2. O deslocamento dessas naves precisa ser tal que elas sigam sempre o movimento aparente do Sol ao longo do céu, de forma a sempre estar no ponto mais próximo do zênite.
3. Como a Terra não gira, as naves precisam circundar o planeta uma vez por ano, para que acompanhem o Sol.
4. A distância a ser percorrida por essas naves em um ano é o perímetro da circunferência que elas traçam ao redor da Terra:

$$\text{Perímetro} = 2\pi R = 2\pi \times 6000 \text{ km.}$$

5. O tempo disponível para percorrer essa distância é de 1 ano. Considerando 365 dias, podemos converter isso para horas:

$$1 \text{ ano} = 365 \text{ dias} \times 24 \text{ horas/dia} = 8760 \text{ horas.}$$

6. A velocidade média  $v$  necessária para percorrer essa distância em um ano é:

$$v = \frac{\text{Distância}}{\text{Tempo}} = \frac{2\pi \times 6000 \text{ km}}{8760 \text{ horas}} \implies \boxed{v \approx 4,3 \text{ km/h}}$$

**Resposta:** a) 4 km/h

**Questão B.11.** Ao nível do mar, a pressão atmosférica é aproximadamente 102.000 Pa e a densidade do ar é  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . Na nossa realidade, à medida que a altitude cresce, a densidade do ar diminui, o que produz uma variação de pressão não linear até o final da atmosfera, a mais de 600 km de altitude. Em uma realidade alternativa, a densidade do ar, permanece constante e igual à do nível do mar até o fim da atmosfera. Considerando que a altura do Monte Everest é 8,8 km e que a aceleração da gravidade é constante e igual a  $10 \text{ m/s}^2$  determine qual das alternativas abaixo é a correta para essa realidade alternativa.

- a) O limite da atmosfera fica no meio da altura do Monte Everest.
- b) A atmosfera ultrapassa o pico do Monte Everest em quase 1 quilômetro.



- c) O pico do Monte Everest é exatamente o limite da atmosfera.  
d) O limite da atmosfera fica a menos de 1 quilômetro abaixo do pico do Monte Everest

### Solução - Questão B.11

1. Na realidade proposta, a densidade do ar permanece constante até o fim da atmosfera, o que implica que a pressão não decresce exponencialmente com a altitude como em nossa realidade. 2. A pressão atmosférica ao nível do mar é de 102.000 Pa, e a densidade é de  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . 3. Sabemos que a pressão varia com a altitude de acordo com a fórmula:

$$P = P_0 - \rho gh,$$

onde  $\rho$  é a densidade do ar,  $g$  é a aceleração da gravidade e  $h$  é a altura. 4. Aplicando os dados fornecidos:

$$P = 102.000 \text{ Pa} - 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 8800 \text{ m}.$$

5. Calculando a variação da pressão:

$$\Delta P = 1,2 \times 10 \times 8800 = 105.600 \text{ Pa}.$$

6. A pressão no pico do Everest seria então:

$$P = 102.000 \text{ Pa} - 105.600 \text{ Pa} = -3.600 \text{ Pa}.$$

Como a pressão não pode ser negativa, isso indica que o limite da atmosfera está abaixo do pico do Monte Everest. 7. Portanto, a resposta correta é item d) O limite da atmosfera fica a menos de 1 quilômetro abaixo do pico do Monte Everest.

**Resposta:** d) O limite da atmosfera fica a menos de 1 quilômetro abaixo do pico do Monte Everest.

**Questão B.12.** Com certa dificuldade, um ser humano consegue manter sua boca acima da água para respirar enquanto boia. É impossível transportar objetos pesados e outra pessoa por um rio usando o seu próprio corpo bolando. Essa dificuldade foi uma das motivações para grupos humanos aprenderem a construir barcos. Em uma realidade alternativa, os homens tinham a capacidade de aumentar o seu volume de forma consciente até metade do volume original. Um homem que normalmente tinha de 84 L e 82 kg, deveria usar o seu próprio corpo para atravessar um rio com o seu filho de 14 kg sem que este se molhe. Durante essa travessia, qual é o volume máximo desse homem que ficará acima da água, a qual possui massa específica de  $1,2 \text{ kg/L}$ ?

- a) 40 L                      b) 46 L                      c) 52 L                      d) 64 L

### Solução - Questão B.12

No novo planeta, o Empuxo será 1,5 vezes maior do que na Terra, uma vez que o volume do homem é 1,5 vezes maior:

$$E' = 1,5E$$



Do equilíbrio de forças:

$$P = E' \implies mg = 1,5 \cdot \rho \cdot g \cdot V_{\text{sub}}$$

Isolando o volume submerso  $V_{\text{sub}}$ :

$$V_{\text{sub}} = \frac{m}{1,5 \cdot \rho} \approx 54 \text{ L}$$

Se o volume submerso é 54 L, então o volume emerso  $V_e$ , sabendo que o novo volume do homem é ( $84 \cdot 1,5 = 126$  litros), será:

$$V_{\text{total}} - V_{\text{sub}} = V_e$$

$$V_e = 46 \text{ litros}$$

**Resposta:** b) 46 L

**Questão B.13.** O salto em distância é a maior distância que um ser humano pode pular iniciando e finalizando no mesmo nível. O recorde mundial dessa prova olímpica é 8,95 m, conseguido por Mike Powell. A velocidade que esse atleta conseguiu imprimir no momento que perdeu o contato com o solo foi de 10 m/s inclinada de  $30,6^\circ$ , em relação ao solo. Se essa velocidade formasse  $45^\circ$  com o solo, o recorde seria 10,2 m, valor máximo com essa velocidade. Em uma realidade alternativa, a aceleração da gravidade terrestre mede  $2 \text{ m/s}^2$ , próxima da lunar. Sabendo que o seno e o cosseno de  $45^\circ$  são iguais a qual seria o valor máximo para o recorde de Mike Powell nessa realidade alternativa, considerando que ele saltaria com  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- a) 50                      b) 46                      c) 40                      d) 32

### Solução - Questão B.13

Em um lançamento oblíquo, a expressão geral para o alcance é: (Isso pode ser provado usando  $t = \frac{2v \sin(\theta)}{g}$ )

$$A = \frac{v^2 \sin(2\theta)}{g} \quad (10)$$

Logo, o alcance máximo é dado quando  $\theta = 45^\circ$  e  $\sin(2\theta)=1$ , logo  $A = 100/2 \text{ m} = 50 \text{ m}$ .

**Resposta:** a) 50

**Questão B.14.** Marcos tinha uma lagartixa de estimação que costumava levar para a escola. Esse animal, diferente dos seres humanos, é exotérmico: não consegue manter temperatura corporal estável, precisando de fontes externas para manter a temperatura na faixa ideal. Marcos vive na nossa realidade, onde a dilatação térmica dos sólidos e líquidos possuem, em geral, coeficientes de dilatação volumétricos que não ultrapassam  $2 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$ . Em uma realidade alternativa, os coeficientes de dilatação volumétrica possuem valores próximos e inferiores a  $5 \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$ . Em certo dia, nessa realidade alternativa, Marcos e sua lagartixa entram na sala de aula. O



corredor da escola e a sala de aula estavam, respectivamente, com 30 °C e 20 °C de temperatura. Identifique a alternativa que relata algo que certamente NÃO aconteceria na situação descrita.

- a) Caso a lagartixa se afaste de Marcos, seu tamanho iria diminuir significativamente.
- b) A mochila de Marcos cresceria significativamente, ao ser colocada no chão.
- c) Marcos não mudaria de tamanho porque seu corpo mantém a temperatura.
- d) Marcos cederia calor para suas roupas as quais não sofreriam grandes mudanças.

### Solução - Questão B.14

- a) Correto, pois a lagartixa iria reduzir suas dimensões lineares em cerca de  $\frac{40}{100}$ .
- b) Errado, pois o chão está mais frio, ela iria reduzir de tamanho
- c) Correto, o corpo de marcos está envolto de bons isolantes, logo sua temperatura corporal não varia significativamente
- d) Correto, A quantidade de calor que Marcos cede para suas roupas é muito pequena, logo elas não mudam de temperatura significativamente

**Resposta:** b) A mochila de Marcos cresceria significativamente, ao ser colocada no chão.

**Questão B.15.** Desconsiderando a influência do ar, os corpos abandonados partem do repouso e adquirem uma aceleração  $\vec{g} = 10 \text{ m/s}^2$ . Esse comportamento para a queda-livre foi proposto por Galileu Galilei, em uma época que as concepções aristotélicas eram predominantes. De forma simplificada, podemos considerar que Aristóteles acreditava que os corpos caíam em movimento uniforme e que, para corpos de mesma substância, a velocidade de queda era diretamente proporcional à massa. Em uma realidade alternativa, as concepções aristotélicas são verdadeiras e uma esfera de chumbo de 1 kg desce em queda-livre por 45 m de altura no mesmo tempo que na nossa realidade, sem levar em consideração a influência do ar. Quanto tempo levará para uma esfera de chumbo de 2 kg cair 120 m nessa realidade alternativa?

- a) 3s
- b) 6s
- c) 18s
- d) 4s

### Solução - Questão B.15.

A velocidade no modelo aristotélico é :

$$v = Cm \tag{11}$$

E no tempo o movimento é:

$$H = Cmt \tag{12}$$

Na nossa realidade, o tempo total de queda é:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \tag{13}$$

para os valores indicados de gravidade e altura,  $t = 3\text{s}$ . Aplicando no modelo aristotélico,



achamos  $c = 15 \frac{m}{s.kg}$  Aplicando para a segunda situação:

$$15 \times 2 \times t = 120 \implies \boxed{t = 4s} \quad (14)$$

**Resposta:** d) 4s

**Questão B.16.** Quando estava defendendo a gravitação como um fenômeno universal, Isaac Newton descreveu uma experiência mental: um corpo orbitando a Terra rente à sua superfície após ser lançado com uma específica velocidade. Na nossa realidade, essa experiência é impossível por causa da atmosfera, a qual reduziria a velocidade inicial do corpo, promovendo a sua colisão com a superfície. Em uma realidade alternativa, onde a Terra tinha perdido sua atmosfera, essa experiência foi realizada com um projétil sendo lançado por um poderoso canhão, produzido para esse fim. Considerando que o raio da Terra mede 6,05 mil quilômetros e que a aceleração da gravidade mede  $9,8 \text{ m/s}^2$ , determine a velocidade de disparo desse projétil para realizar tal experiência nessa realidade alternativa.

- a) 7,7 km/s                      b) 6,4 km/s                      c) 4,9 km/s                      d) 8,2 km/s

### Solução - Questão B.16.

Podemos escrever a equação de movimento do corpo lançado pelo canhão, igualando a força gravitacional a resultante centrípeta:

$$\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \implies mg = \frac{mv^2}{R} \implies v = \sqrt{Rg} \implies$$
$$v = \sqrt{6,05 \times 10^3 \times 9,8 \times 10^{-3}} \therefore \boxed{v = 7,7 \text{ km/s}}$$

**Resposta:** a) 7,7 km/s

**Questão B.17.** Um dos maiores problemas de nossa realidade é a dificuldade de transformar alguma energia em trabalho. Isso aumenta a disputa pelas fontes dessas energias, tornando-as cada vez mais caras e escassas. Existe uma quantidade abundante de energia térmica nos corpos e no ambiente, mas que, na prática, é inviável convertê-la em trabalho por causa da segunda lei da termodinâmica. Em uma realidade alternativa, a segunda lei da termodinâmica não é absoluta, possibilitando que os seres humanos desenvolvessem automóveis que capturam energia térmica da água armazenada em um reservatório no próprio veículo, para converter integralmente em trabalho. Nessa realidade, um carro possui 500 kg de massa, incluindo a do piloto e os 25 kg de água a  $20^\circ\text{C}$  (temperatura ambiente) do reservatório do veículo. Desprezando qualquer dissipação de energia mecânica, determine qual a temperatura da água no reservatório quando esse carro, partindo do repouso, atingir  $20 \text{ m/s}$ . Considere que o calor específico da água é  $4 \text{ J/gC}$  e que o reservatório é um calorímetro ideal.

- a)  $19^\circ\text{C}$                       b)  $14^\circ\text{C}$                       c)  $16^\circ\text{C}$                       d)  $12^\circ\text{C}$



### Solução - Questão B.17.

Primeiramente, podemos calcular a energia do sistema ao atingir a velocidade de 20 m/s:

$$E = \frac{Mv^2}{2} = \frac{500 \times 20^2}{2} = 10^5 J$$

Em posse dessa informação, podemos assumir que toda a energia do aquecimento da água será transferida em energia cinética:

$$Q = E \Rightarrow Q = mc \times \Delta T = 10^5 \Rightarrow 25 \times 10^3 \times 4 \times \Delta T = 10^5 \Rightarrow \\ \Delta T = 1 \therefore \boxed{T_i = 19^\circ C}$$

**Resposta:** a)  $19^\circ C$

**Questão B.18.** A Terra tem a forma de uma esfera de raio igual a 6 megâmetro. Sua densidade média é aproximadamente  $\frac{600}{91}$  yottagrama por megâmetro cúbico. Sabemos que a aceleração da gravidade em  $m/s^2$  na superfície de um planeta se relaciona com a sua massa  $M$  em yottagrama e seu raio  $R$  em megâmetro pela relação:  $g \approx \frac{0,06M}{R^2}$ . Em uma realidade alternativa, a Terra possui a mesma densidade média, o mesmo raio, mas é oca, formada por uma casca de 1 megâmetro de espessura. Qual o valor aproximado da aceleração da gravidade na superfície da Terra nessa realidade alternativa?

Dados: volume de uma esfera  $\approx 4R^3$

- a)  $3 m/s^2$                       b)  $5 m/s^2$                       c)  $4 m/s^2$                       d)  $2 m/s^2$

### Solução - Questão B.18.

Primeiramente, devemos calcular o volume da casca, dado por:

$$V = 4R_E^3 - 4R_C^3 = 4 \times 6^3 - 4 \times 5^3 = 364 Mm$$

Calculando a massa da casca:

$$M_C = \frac{600}{91} \times 364 = 2400 Yg$$

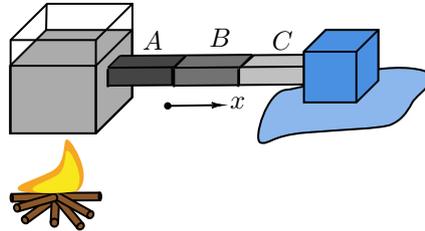
Finalmente, podemos encontrar a gravidade:

$$g = \frac{0,06 \times 2400}{36} = 4m/s^2 \therefore \boxed{g = 4 m/s^2}$$

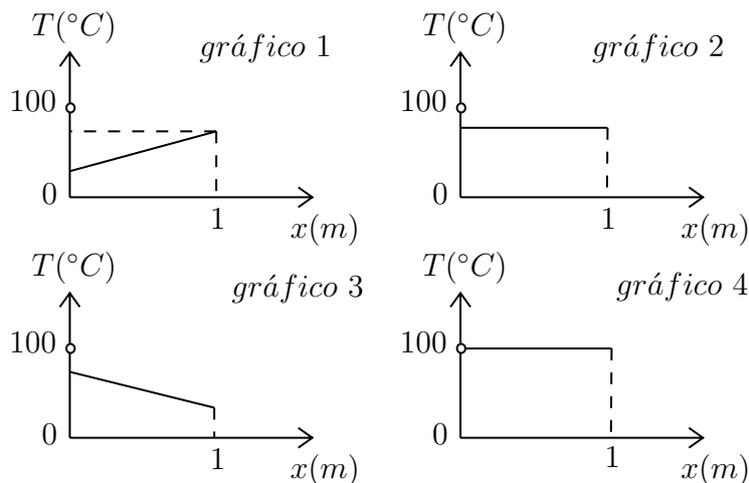


Resposta: c)  $4 \text{ m/s}^2$

**Questão 19.** Em uma realidade alternativa, três blocos cúbicos de 1 m de aresta foram arrumados entre água fervendo e gelo fundente, conforme figura abaixo.



A distribuição de temperatura encontra-se em regime estacionário. Tal comportamento é regido pela condutividade térmica, representada por  $k$ , na equação de Fourier,  $\phi = \frac{kA\Delta T}{L}$ . Nessa realidade, existe um material que é um condutor térmico perfeito, ou seja,  $k \rightarrow \infty$ : valor infinitamente grande. O bloco B da figura é constituído por esse material e os demais blocos são condutores comuns. Definimos um eixo X com origem na extremidade esquerda do bloco B, e, em função desta coordenada espacial, são definidos os quatro gráficos abaixo. Identifique o gráfico que melhor representa a distribuição da temperatura pelo bloco B.



- a) Gráfico 1      b) Gráfico 2      c) Gráfico 3      d) Gráfico 4

## Solução - Questão B.19

Note que a temperatura na ponta esquerda da barra A é  $100^\circ\text{C}$  já que ela está em contato com água fervendo. A temperatura em  $x = 0$  portanto vale:

$$T(x = 0) = 100^\circ\text{C} - \frac{\Phi L}{k_A A} < 100^\circ\text{C} \quad (15)$$

Nós aplicamos diretamente a Lei de Fourier com um fluxo  $\Phi$  constante, já que estamos no equilíbrio. Note que a temperatura é menor pois o esse ponto está mais próximo do gelo e mais longe da água fervente que a extremidade esquerda da barra A.

Por fim, considere um ponto em uma abcissa  $x$  (distância à extremidade esquerda da barra B) a Lei de Fourier pra esse ponto é:



$$T(x) = T(0) - \frac{\Phi x}{k_B A} \quad (16)$$

Esse resultado pode levar à alternativa c), que, no entanto, é incorreta. Ela é incorreta pois não leva em conta que a condutividade térmica da barra  $B$  tende ao infinito, portanto o calor se propaga rapidamente homogenizando a temperatura em toda a barra. Isso poderia ser visto de outra forma a partir do coeficiente angular da função linear  $T(x)$ , que vale:

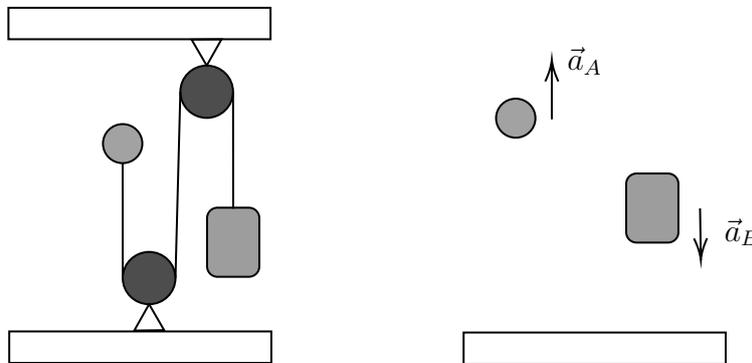
$$b = -\frac{\Phi x}{k_B A} \quad (17)$$

E portanto conforme  $k_B$  cresce e tende ao infinito esse coeficiente fica cada vez menor, mostrando que a temperatura na barra  $B$  é constante, já que para  $k_B \rightarrow \infty$ ,  $b \rightarrow 0$  e temos uma função constante.

Como mostramos,  $T(x) = T(x = 0) < 100^\circ C$  e portanto o gráfico correto é o 2.

**Resposta:** b) Gráfico 2

**Questão B.20** Sabemos que a massa possui duas facetas. A massa inercial  $m_i$  relaciona a força resultante à aceleração conforme indica a 2ª lei de Newton,  $\vec{F}_R = m_i \vec{a}$ , correspondendo a uma medida da inércia. A massa gravitacional  $m_g$  relaciona o peso ao campo gravitacional,  $\vec{P} = m_g \vec{g}$ , correspondendo a uma espécie de carga gravitacional. Na nossa realidade, essas massas são iguais e positivas. Em uma realidade alternativa, é possível produzir corpos para os quais essas massas são diferentes, o que torna possível situações como as apresentadas na figura abaixo. Nela, vemos dois corpos, A e B, participando de duas experiências. Na primeira, os corpos permanecem em repouso, ligados por um fio ideal guiado por roldanas ideais. Na segunda experiência, os corpos foram abandonados, sendo movimentados apenas pela gravidade. A região das experiências possui um campo gravitacional de módulo  $|\vec{g}| = 10 \text{ N/kg}$ . Se o corpo B tem  $m_i = m_g = 1 \text{ kg}$  e, na segunda experiência,  $|\vec{a}_A| = 5 \text{ m/s}^2$  e  $|\vec{a}_B| = 10 \text{ m/s}^2$ , identifique as massas do corpo A.



**Dica:** atente-se para as operações vetoriais.

- a)  $m_g = -1 \text{ kg}$  e  $m_i = 0,5 \text{ kg}$ .
- b)  $m_g = 1 \text{ kg}$  e  $m_i = 2 \text{ kg}$ .
- c)  $m_g = -1 \text{ kg}$  e  $m_i = 2 \text{ kg}$ .



d)  $m_g = 1 \text{ kg}$  e  $m_i = 0,5 \text{ kg}$ .

## Solução - Questão B.20

No experimento 1 os corpos estão em equilíbrio presos no mesmo fio que está com uma tração  $T$ . O equilíbrio de cada um nos diz que:

$$T = |m_{gA}|g \quad e \quad T = |m_{gB}|g \quad (2)$$

Note porém que eles são opostos (o de A está para cima e o de B está para baixo) e portanto:

$$\boxed{m_{gA} = -m_{gB} = -1 \text{ kg}} \quad (3)$$

No experimento 2 aplicamos a Segunda Lei de Newton para o corpo A, veja:

$$m_{iA}\vec{a}_A = m_{gA}\vec{g} \quad (4)$$

Mas note que  $\vec{a}_A$  tem a metade do módulo ( $5 \text{ m/s}^2$ ) e sentido oposto da gravidade, portanto podemos escrever o seguinte:

$$m_{iA} \left(-\frac{g}{2}\right) = m_{gA}g \implies m_{iA} = -2m_{gA} \quad (5)$$

$$\boxed{m_{iA} = 2 \text{ kg}} \quad (6)$$

**Resposta:** c)  $m_g = -1 \text{ kg}$  e  $m_i = 2 \text{ kg}$ .