

Física

2019

Fevereiro



Este conteúdo pertence ao Descomplica. Está vedada a cópia ou a reprodução não autorizada previamente e por escrito. Todos os direitos reservados.

Introdução à Física

Resumo

Sistema Internacional de Unidades (SI)

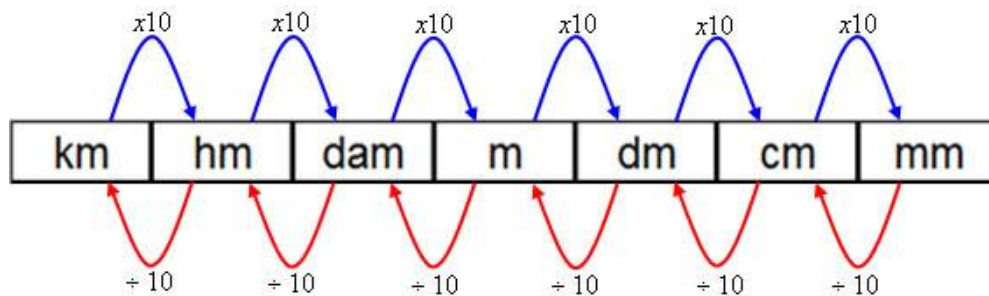
Quando eu era mais novo, adorava jogar um jogo de carro chamado Need For Speed. Enquanto eu dirigia o carro, o medidor de velocidade ficava no canto da tela me mostrando um valor relacionado à velocidade do carro, mas esse medidor apresentava velocidades em uma unidade estranha para mim, chamada milhas por hora (mph). Não era algo que atrapalhava meu jogo, mas eu sempre fiquei me questionando por que o meu jogo dava velocidade em mph e o carro do meu pai dava velocidade em km/h.

Quando fiquei mais velho, percebi que não era só o meu jogo que apresentava essa situação, mas notamos diversas grandezas que são medidas a partir de unidades diferentes em diversos países do mundo. Temos diversas unidades para velocidade, tamanho, temperatura... e por ai vai... Mas como lidar com isso? Como saber representar a mesma velocidade em km/h e mph? Para isso, existe um consenso científico chamado de Sistema Internacional de Unidades (SI).

A função do SI é determinar qual será a unidade padrão para cada uma das grandezas que nos utilizamos na física e desenvolver métodos de converter outras unidades existentes para a unidade padrão.

Conversão de unidades de comprimento

Para entender como funcionam as conversões, vamos utilizar a grandeza metro. Vamos notar que a maioria das grandezas da física apresenta um padrão de identificação para suas unidades, como pode ser visto na tabela abaixo:



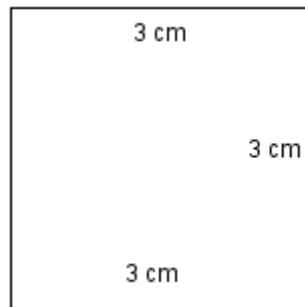
Notamos que o “m” de metro está presente em todas as unidades apresentadas, acrescentando um prefixo. Podemos ver que o Quilometro (km) é a maior unidade representada enquanto o Milímetro (mm) é a menor. Essas unidades podem ser convertidas seguindo a proporção na tabela, onde, por exemplo:

$$1 \text{ dam} = 10 \text{ m}$$
$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m ou } 10^3 \text{ m}$$

Existem unidades de metro além dessas apresentadas, mas para o início do estudo da física, essas serão as unidades mais frequentes.

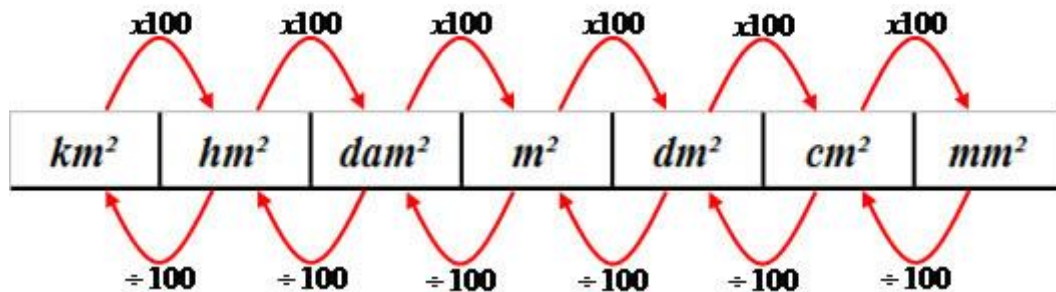
Conversão de unidades de área

Grandezas superficiais são grandezas que estão em duas dimensões, ou seja, representam áreas. Continuando a usar o metro como referência, vamos analisar a imagem abaixo. Como pode ver, temos um quadrado de lado 3 cm. Podemos converter seus lados para qualquer uma das unidades da tabela anterior, caso seja necessário para uma questão. Porém, caso o pedido da questão envolva o valor da área desse quadrado, teríamos:



$$A = 3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 9 \text{ cm}^2$$

Vimos que a unidade leva o ² no seu resultado, já que multiplicamos uma grandeza em cm por outra grandeza em cm. Com isso, quando a conversão é feita, precisamos levar em conta que ela recebe uma proporção diferente por conta disso. Essa conversão é demonstrada na tabela a seguir:



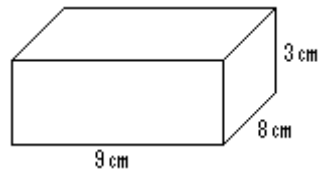
Seguindo os exemplos dados no item anterior, podemos dizer que:

$$1 \text{ dam}^2 = 100 \text{ m}^2 \text{ ou } 10^2 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 1000000 \text{ m}^2 \text{ ou } 10^6 \text{ m}^2$$

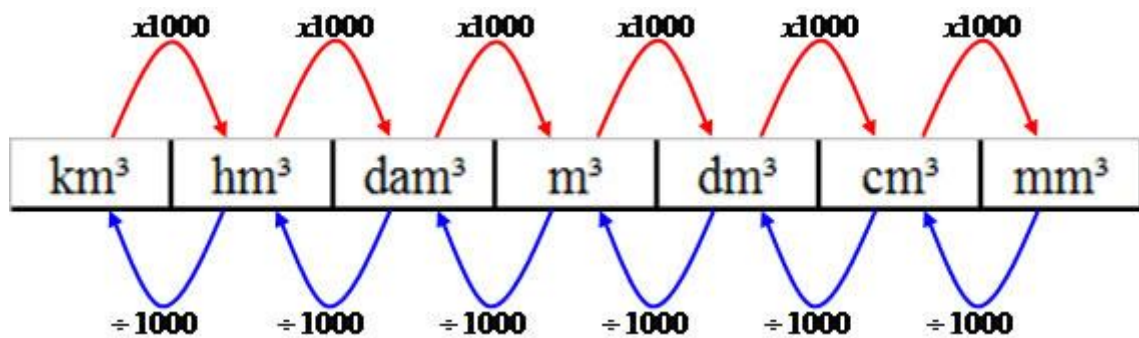
Conversão de unidades de volume

Com a conversão de grandezas superficiais feita, a mesma estratégia será utilizada para conversão de unidades volumétricas. Observando a figura abaixo, o volume dessa caixa é:



$$V = 9 \text{ cm} \times 8 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 216 \text{ cm}^3$$

Vimos que a unidade leva o ³ no seu resultado, já que multiplicamos grandezas em cm. Com isso, quando a conversão é feita, precisamos levar em conta que ela recebe uma proporção diferente por conta disso. Essa conversão é demonstrada na tabela a seguir:



Seguindo os exemplos dados no item anterior, podemos dizer que:

$$1 \text{ dam}^3 = 1000 \text{ m}^3 \text{ ou } 10^3 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ km}^3 = 1000000000 \text{ m}^3 \text{ ou } 10^9 \text{ m}^3$$

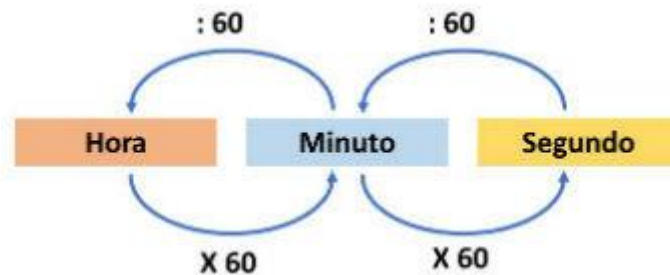
Apesar disso, não utilizamos só essas unidades para representar espaço volumétrico. O Litro é uma unidade mais comum de observarmos no dia a dia. Como utilizamos Litro no dia a dia, como converter para o SI?

$$l = \text{dm}^3$$

Com essa conversão, você pode transformar qualquer unidade de volume em litro para dm^3 .

Mas... e o tempo?

Bom... O tempo é uma grandeza a parte. Utilizamos o segundo (s) como unidade padrão, mas o tempo possui unidades com padrões de conversões diferentes, já que utilizamos minuto, hora, dia e não “quilosegundo”. A figura abaixo mostra a conversão entre as unidades de tempo.



Como o tempo é uma grandeza frequentemente convertida no dia a dia, raramente encontramos dificuldades.

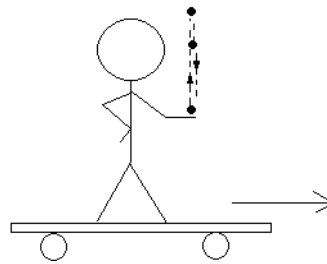
Introdução à cinemática

A Cinemática é a parte da Física que estuda os movimentos sem levar em conta o que os causaram. A ideia básica é compreender as grandezas envolvidas nos processos de movimento e tentar quantificá-las de modo a fazer mensurações e previsões de medidas.

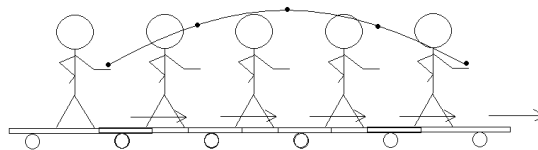
Para entender os movimentos é preciso primeiro definir alguns pontos:

- Referencial:** é o ponto (ou conjunto de pontos) em que nos baseamos para dizer se há movimento. O referencial pode ser inercial – um ponto fixo para o sistema ou um referencial não-inercial – está em movimento no sistema.
 Ex.: Vinicius está parado em uma estrada sentado em uma pedra. Um ônibus passa com duas passageiras: Lara e Ana. Vinicius observa o movimento do ônibus e classifica as passageiras como “em movimento”, pois seu referencial inercial é a sua pedra (que não se mexe para ele). Contudo, uma passageira observa a outra “parada”, pois não há movimento relativo entre elas. Uma é um referencial para a outra, mas ambas se movimentam junto com o ônibus (referencial não-inercial).
 De uma maneira simples: se a distância entre você e o corpo que se estuda varia, podemos dizer que há movimento. [Pode ser estranho, mas se um carro está em movimento em relação a um poste, você pode dizer que o poste se movimenta em relação a um carro.]
- Posição:** ponto que o objeto ocupa no espaço. Geralmente chamado também de espaço e representado por S.
- Trajectoria:** conjunto de posições feitas por um móvel que se movimenta em um referencial.
 Dica: a trajetória de um corpo depende do referencial.
 Ex.: Uma pessoa deslizando em uma plataforma com rodas joga um objeto verticalmente para cima e o pega depois.

Para a pessoa, a trajetória será uma reta, pois a plataforma se move junto com ela.

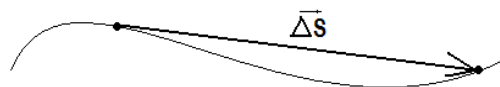


Para um observador externo a trajetória será uma parábola.



- **Variação de posição (ΔS):**

Varição de posição é uma grandeza vetorial que corresponde ao vetor que liga a posição inicial à posição final.



É comum, entretanto, que os exercícios falem em variação de posição escalar. Quando há essa referência a intenção é considerar apenas a parte numérica do vetor. Por exemplo, em uma corrida de Fórmula-1 o locutor diz que o carro percorreu 3500m. Esse número representa a distância percorrida pelo veículo e não o módulo do vetor variação de posição que seria zero, pois se o carro saiu de uma posição e voltou à mesma posição, não há variação.

Dica: preste atenção no enunciado, se o problema quer a parte escalar (só a conta) ou quer o módulo do vetor (fazer a operação vetorial).

- **Intervalo de tempo (Δt):** é a diferença entre dois instantes. É mais comum o uso do termo “tempo” para caracterizar o instante.
- **Velocidade:** é a razão entre a variação de posição e o intervalo de tempo.

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

A velocidade é uma grandeza que informa se o móvel é rápido ou lento. Por exemplo: um carro comum possui uma velocidade média de 100 km/h em uma estrada. Assim em uma corrida quando o locutor informa

que o carro possui velocidade de 300km/h, os espectadores percebem que é três vezes mais veloz que um carro comum.

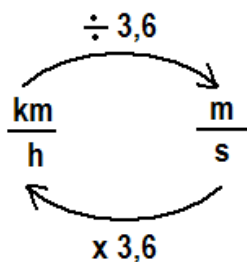
Obs.: Os exercícios podem fazer diferentes abordagens da velocidade.

Velocidade escalar média – significa usar a distância percorrida no lugar da variação de posição.

Módulo da velocidade vetorial média – significa usar o módulo do vetor variação de posição.

Velocidade instantânea – significa usar intervalos de tempo e espaço muito pequenos.

Obs.:



No exercício anterior:

$$20\text{m/s} = 20 \times 3,6 \text{ km/h} = 72 \text{ km/h}$$

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. SEU OLHAR
 Na eternidade
 Eu quisera ter
 Tantos anos-luz
 Quantos fosse precisar
 Pra cruzar o túnel
 Do tempo do seu olhar

Gilberto Gil, 1984.

Gilberto Gil usa na letra da música a palavra composta ANOS-LUZ. O sentido prático, em geral, não é obrigatoriamente o mesmo que na ciência. Na Física, um ano luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano e que, portanto, se refere a

- a) tempo.
- b) aceleração.
- c) distância.
- d) velocidade.
- e) luminosidade.

Texto para a próxima questão:

	Espaço percorrido (m)	Tempo de prova
Atletismo Corrida	100	9,69 s
Nado livre	50	21,30 s
Atletismo Corrida	1500	4 min 01,63 s
Nado livre	1500	14 min 41,54 s
Volta de Classificação de um carro de Fórmula-1	5200	1 min 29,619 s

2. De acordo com os dados da tabela e os conhecimentos sobre unidades e escalas de tempo, assinale a alternativa correta.
- a) A diferença de tempo entre as provas de 1500 m do nado livre e de 1500 m do atletismo é de dez minutos, quarenta segundos e novecentos e dez milésimos de segundo.
 - b) O tempo da prova de 50 m do nado livre é de vinte e um segundos e trinta décimos de segundo.
 - c) O tempo da prova de 1500 m do nado livre é de quatorze minutos, quarenta e um segundos e quinhentos e quarenta centésimos de segundo.
 - d) A diferença de tempo entre as provas de 100 m do atletismo e a de 50 metros do nado livre é de onze segundos e sessenta e um centésimos de segundo.
 - e) A volta de classificação da Fórmula-1 é de um minuto, vinte e nove segundos e seiscentos e dezenove centésimos de segundo.

3. A medida de certo comprimento foi apresentada com o valor $2,954 \cdot 10^3$ m. Levando-se em conta a teoria dos algarismos significativos, essa medida foi feita com um instrumento cuja menor divisão era o
- quilômetro.
 - hectômetro.
 - decâmetro.
 - metro.
 - decímetro.
4. Uma caixa mede 1,5 cm x 40,00 m x 22 mm. O seu volume é:
- 132,0 litros
 - $23,10 \times 10^4$ litros
 - 1320×10^{-2} litros
 - 2310×10^{-4} litros
 - $132,0 \times 10^{-2}$ litros
5. Você está viajando a uma velocidade de 1 km/min. Sua velocidade em km/h é:
- 3600.
 - 1/60.
 - 3,6.
 - 60.
 - 1/3600.
6. Os valores das grandezas físicas:
- volume igual a 45 dm^3 ,
 - velocidade igual a 54 km/h,
 - densidade igual a $13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,
- transformando-se suas unidades, respectivamente, para cm^3 , m/s e g/cm^3 , ficarão:
- $4,5 \times 10^4 \text{ cm}^3$, 15 m/s e $13,6 \text{ g/cm}^3$
 - $4,5 \times 10^3 \text{ cm}^3$, 15 m/s e $13,6 \text{ g/cm}^3$
 - $4,5 \times 10^4 \text{ cm}^3$, 25 m/s e $13,6 \text{ g/cm}^3$
 - $4,5 \times 10^3 \text{ cm}^3$, 15 m/s e 136 g/cm^3
 - $4,5 \times 10^2 \text{ cm}^3$, $1,5 \times 10^2 \text{ m/s}$ e $1,36 \times 10^2 \text{ g/cm}^3$

7. O intervalo de tempo de 2,4 minutos equivale, no Sistema Internacional de unidades (SI), a:
- 24 segundos.
 - 124 segundos.
 - 144 segundos.
 - 160 segundos.
 - 240 segundos.
8. O Brasil adota o Sistema Internacional de Unidades – SI, porém, há unidades em uso no Brasil que não fazem parte do SI.
- Nesse contexto, assinale a alternativa incorreta:
- A unidade de capacidade volumétrica litro, mesmo não sendo incluída no SI, é admitida para uso geral e tem como símbolo oficial a letra ℓ (manuscrita) podendo ser simbolizada pela letra L (maiúscula).
 - Somente as unidades que levam o nome de cientistas devem ser representadas por letras maiúsculas, as demais com letras minúsculas.
 - As unidades de pressão centímetro de Hg, milibar e PSI (lib/pol^2) são muito usadas e não fazem parte do SI.
 - A unidade quilograma (kg) excepcionalmente pode ser utilizada como unidade de massa e de peso.
9. Um tenista, numa brilhante jogada durante um treino, atirou a bola de tênis para o outro lado da quadra. Instantes depois, foi anunciado que a bola atingiu uma velocidade escalar média de 151,2 km/h. Expresse essa velocidade no sistema internacional de unidades.
- 42 m/s.
 - 36 m/s
 - 42 km/s
 - 57 m/s
 - 57 km/s
10. Considere os três comprimentos seguintes:
 $d_1=0,521\text{km}$,
 $d_2=5,21 \cdot 10^{-2}\text{m}$ e
 $d_3=5,21 \cdot 10^6\text{mm}$.
- Assinale alternativa que demonstra esses comprimentos em ordem crescente e a razão d_3/d_1 , respectivamente:
- $d_3 < d_2 < d_1$; 20
 - $d_2 < d_1 < d_3$; 20
 - $d_2 < d_1 < d_3$; 10
 - $d_3 < d_2 < d_1$; 10
 - $d_1 < d_2 < d_3$; 20

Gabarito

1. C

Ano luz é a **distância** percorrida pela luz em um ano.

2. D

$$21,30 - 9,69 = 11,61 = 11 + 0,61 = 11 + \frac{61}{100}$$

3. C

Como $2,954 \cdot 10^3 \text{ m} = 2954 \text{ m}$, temos que o valor medido possui quatro algarismos significativos, com a incerteza instrumental sobre o último algarismo (4 m). Dessa forma, a escala possui uma menor divisão de 10 m, ou seja, o decâmetro.

4. C

$$V = 0,15 \text{ dm} \times 400 \text{ dm} \times 0,22 \text{ dm} = 13,2 \text{ L}$$

5. D

$$\frac{1 \text{ km}}{1 \text{ min}} = \frac{1 \text{ km}}{(1/60)\text{h}} = 60 \text{ km/h}$$

6. A

$$45 \text{ dm}^3 = 45 \times 10^3 \text{ cm}^3 = 4,5 \times 10^4 \text{ cm}^3$$

$$54 \text{ km/h} = \frac{54\text{km}}{1\text{h}} = \frac{54000\text{m}}{3600\text{s}} = 15\text{m/s}$$

$$13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = \frac{13,6 \times 10^6 \text{ g}}{10^6 \text{ cm}^3} = 13,6 \text{ g/cm}^3$$

7. C

Sabemos que 1 minuto equivale a 60 segundos. Com isso, podemos montar uma regra da seguinte forma:

$$1 \text{ min} \rightarrow 60 \text{ segundos}$$

$$2,4 \text{ min} \rightarrow x \text{ segundos}$$

$$x = 2,4 \times 60 = 144 \text{ segundos.}$$

8. D

Justificando a incorreta:

A unidade quilograma (kg) pode ser utilizada apenas como unidade de massa. A grandeza peso é uma força e, no SI, é medida em newton.

9. A

No Sistema Internacional (SI) a velocidade escalar média é expressa (em m/s):

$$151,2\text{km/h} = 151,2 \times 1000\text{m}/3600\text{s} = 42 \text{ m/s}$$

10. C

$$d_1 = 0,521\text{km} = 521 \text{ m}$$

$$d_2 = 5,21 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$d_3 = 5,21 \cdot 10^6 \text{ mm} = 5210 \text{ m}$$

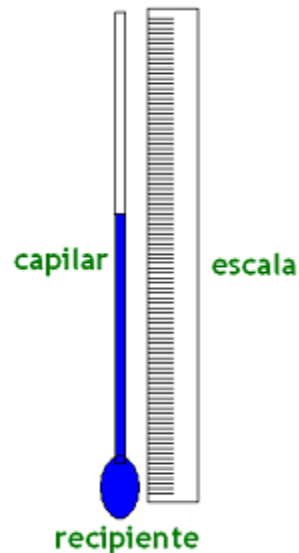
$$d_2 < d_1 < d_3$$

$$\frac{d_3}{d_1} = \frac{5210}{521} = 10$$

Termometria

Resumo

- Calor: fluxo espontâneo de energia devido à diferença de temperatura entre os corpos.
 - Temperatura: número associado à vibração molecular (energia por partícula).
- Obs.: É importante diferenciar o calor da temperatura. Calor, como observado, é um processo de troca de energia devido à diferença de temperaturas, enquanto a temperatura é uma maneira de medir o "quente" e o "frio".
- O fluxo de calor é da região de maior temperatura para a região de menor temperatura.
 - Corpos a diferentes temperaturas buscam o equilíbrio térmico (mesma temperatura) quando em contato.
- O termômetro é o instrumento necessário para medir a temperatura. O termômetro mais comum é formado por um capilar com um líquido que se dilata quando aquecido.



Um termômetro clínico também possui um líquido (mercúrio) no interior do capilar, contudo ele possui um estrangulamento que impede que o mercúrio retorne a uma temperatura mais baixa após retirado.



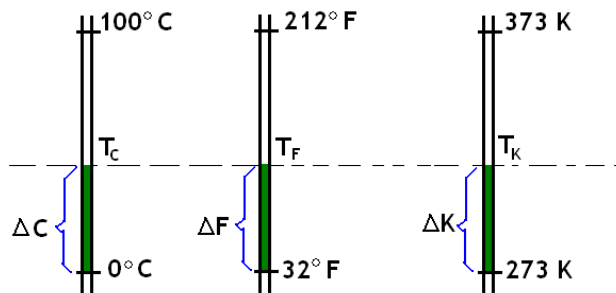
Há outros tipos de termômetros como os que usam resistores, gás, etc.

Escalas termométricas

Para que uma escala termométrica possa ser comparada com outras é preciso conhecer valores da nova escala para pontos fixos de determinada substância. Geralmente usam-se os dois pontos:

- Ponto fixo de fusão do gelo
- Ponto fixo de ebulição da água.

Há muitas escalas, contudo três são mais conhecidas: a escala Celsius, Fahrenheit e Kelvin. Os pontos fixos são mostrados em seguida.



Resumo das relações entre as escalas:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$T_K = T_C + 273$$

Relação entre a variação da temperatura em cada escala:

$$\frac{\Delta C}{100 - 0} = \frac{\Delta F}{212 - 32} = \frac{\Delta K}{373 - 273}$$

$$\frac{\Delta C}{100} = \frac{\Delta F}{180} = \frac{\Delta K}{100}$$

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} \quad \Delta C = \Delta K$$

A escala kelvin é conhecida como escala absoluta porque o zero kelvin corresponde à menor temperatura possível. É o chamado *zero absoluto* (não existe kelvin negativo). É errado falar “grau kelvin” também. Chegar a essa temperatura representaria um estado em que as moléculas parariam de vibrar, o que é impossível de acontecer segundo a teoria quântica moderna. Contudo, alguns cientistas ao redor do mundo já conseguiram chegar perto do zero absoluto, dando luz a um novo estado de agregação da matéria, o chamado condensado de Bose-Einstein.

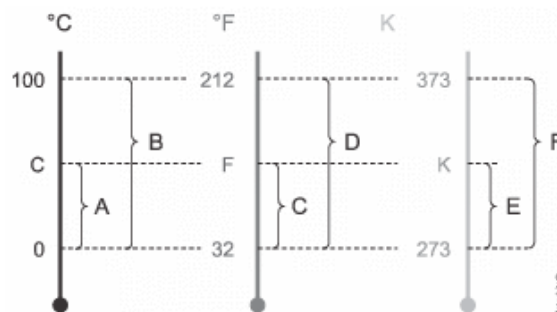
Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

- Pernambuco registrou, em 2015, um recorde na temperatura após dezessete anos. O estado atingiu a média máxima de 31 C, ° segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). A falta de chuvas desse ano só foi pior em 1998 – quando foi registrada a pior seca dos últimos 50 anos, provocada pelo fenômeno “El Niño”, que reduziu a níveis críticos os reservatórios e impôs o racionamento de água. Novembro foi o mês mais quente de 2015, aponta a APAC. Dos municípios que atingiram as temperaturas mais altas esse ano, Águas Belas, no Agreste, aparece em primeiro lugar com média máxima de 42 C°

Fonte: g1.com.br.

Utilizando o quadro abaixo, que relaciona as temperaturas em °C (graus Celsius), °F (Fahrenheit) e K (Kelvin), podemos mostrar que as temperaturas médias máximas, expressas em K, para Pernambuco e para Águas Belas, ambas em 2015, foram, respectivamente,



- a) 300 e 317.
 b) 273 e 373.
 c) 304 e 315.
 d) 242 e 232.
 e) 254 e 302.
- Uma escala termométrica A adota para a temperatura da água em ebulição à pressão normal, de 70°A, e para a temperatura de fusão do gelo à pressão normal, de 20°A. Outra escala termométrica B adota para a temperatura da água em ebulição à pressão normal, de 90°B, e para a temperatura de fusão do gelo à pressão normal, de 10°B. A expressão que relaciona a temperatura das escalas A(θ_A) e B(θ_B) é

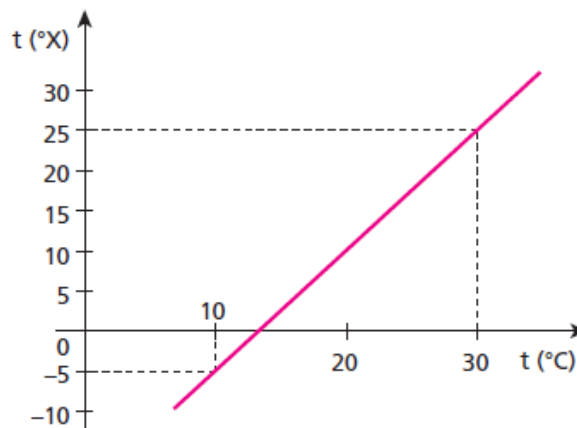
 - $\theta_B = 2,6.\theta_A - 42$
 - $\theta_B = 2,6.\theta_A - 22$
 - $\theta_B = 1,6.\theta_A - 22$
 - $\theta_A = 1,6.\theta_B + 22$

3. Frente fria chega a São Paulo. Previsão para

sexta-feira	sábado
mín. 11 °C	mín. 13 °C
máx. 16 °C	máx. 20 °C

Com esses dados, pode-se concluir que a variação de temperatura na sexta-feira e a máxima, no sábado, na escala Fahrenheit, foram, respectivamente:

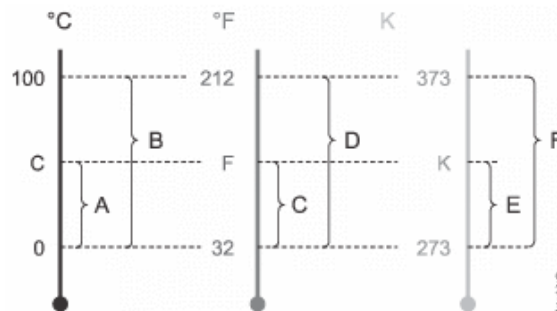
- a) 9 e 33,8.
 - b) 9 e 68.
 - c) 36 e 9.
 - d) 68 e 33,8.
 - e) 68 e 36.
4. O gráfico indicado a seguir representa a relação entre a temperatura medida numa escala X e a mesma temperatura medida na escala Celsius.



Para a variação de 1,0 °C, o intervalo observado na escala X é:

- a) 1°X
- b) 1,5°X
- c) 2°X
- d) 2,5°X
- e) 3,5°X

5. Quando se mede a temperatura do corpo humano com um termômetro clínico de mercúrio em vidro, procura-se colocar o bulbo do termômetro em contato direto com regiões mais próximas do interior do corpo e manter o termômetro assim durante algum tempo, antes de fazer a leitura. Esses dois procedimentos são necessários porque:
- o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
 - é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
 - o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso evitar a interferência do calor específico médio do corpo humano.
 - é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque o calor específico médio do corpo humano é muito menor que o do mercúrio e o do vidro.
 - o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo.
6. Para medirmos a temperatura de um objeto, utilizamos principalmente 3 escalas termométricas: Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e Kelvin (K). A relação entre elas pode ser vista no quadro abaixo.



Utilizando a escala como referência, podemos dizer que 0°C e 50°C equivalem, em Kelvin, a?

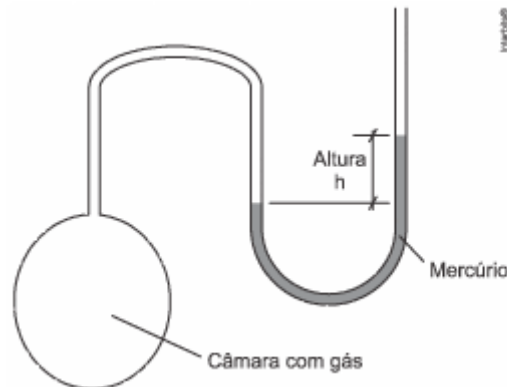
- 212 e 273.
- 273 e 373.
- 212 e 32.
- 273 e 37.
- 273 e 323.

7. O texto a seguir foi extraído de uma matéria sobre congelamento de cadáveres para sua preservação por muitos anos, publicada no jornal *O Estado de S. Paulo* de 21.07.2002.
 “Após a morte clínica, o corpo é resfriado com gelo. Uma injeção de anticoagulantes é aplicada e um fluido especial é bombeado para o coração, espalhando-se pelo corpo e empurrando para fora os fluidos naturais. O corpo é colocado numa câmara com gás nitrogênio, onde os fluidos endurecem em vez de congelar. Assim que atinge a temperatura de -321° , o corpo é levado para um tanque de nitrogênio líquido, onde fica de cabeça para baixo.”

O Estado de S. Paulo

Na matéria, não consta a unidade de temperatura usada. Considerando que o valor indicado de -321° esteja correto e que pertença a uma das escalas, Kelvin, Celsius ou Fahrenheit, pode-se concluir que foi usada a escala

- Kelvin, pois trata-se de um trabalho científico e esta é a unidade adotada pelo Sistema Internacional.
 - Fahrenheit, por ser um valor inferior ao zero absoluto e, portanto, só pode ser medido nessa escala.
 - Fahrenheit, pois as escalas Celsius e Kelvin não admitem esse valor numérico de temperatura.
 - Celsius, pois só ela tem valores numéricos negativos para a indicação de temperatura.
 - Celsius, por tratar-se de uma matéria publicada em língua portuguesa e essa ser a unidade adotada oficialmente no Brasil.
8. Um estudante monta um dispositivo termométrico utilizando uma câmara, contendo um gás, e um tubo capilar, em formato de “U”, cheio de mercúrio, conforme mostra a figura. O tubo é aberto em uma das suas extremidades, que está em contato com a atmosfera.



Inicialmente a câmara é imersa em um recipiente contendo água e gelo em fusão, sendo a medida da altura h da coluna de mercúrio (figura) de 2 cm. Em um segundo momento, a câmara é imersa em água em ebulição e a medida da altura h da coluna de mercúrio passa a ser de 27 cm. O estudante, a partir dos dados obtidos, monta uma equação que permite determinar a temperatura do gás no interior da câmara (θ), em graus Celsius, a partir da altura h em centímetros. (Considere a temperatura de fusão do gelo 0°C e a de ebulição da água 100°C). Assinale a alternativa que apresenta a equação criada pelo estudante.

- $\theta = 2h$
- $\theta = 27h/2$
- $\theta = 4h - 8$
- $\theta = 5h^2 - 20$
- $\theta = 25h^3 - 3$

9. Vários turistas frequentemente têm tido a oportunidade de viajar para países que utilizam a escala Fahrenheit como referência para medidas da temperatura. Considerando-se que quando um termômetro graduado na escala Fahrenheit assinala 32°F , essa temperatura corresponde ao ponto de gelo, e quando assinala 212°F , trata-se do ponto de vapor. Em um desses países, um turista observou que um termômetro assinalava temperatura de $74,3^{\circ}\text{F}$. Assinale a alternativa que apresenta a temperatura, na escala Celsius, correspondente à temperatura observada pelo turista.
- a) $12,2^{\circ}\text{C}$.
 - b) $18,7^{\circ}\text{C}$.
 - c) $23,5^{\circ}\text{C}$.
 - d) 30°C .
 - e) $33,5^{\circ}\text{C}$.
10. Os termômetros são instrumentos utilizados para efetuarmos medidas de temperaturas. Os mais comuns baseiam-se na variação de volume sofrida por um líquido considerado ideal, contido em um tubo de vidro cuja dilatação é desprezada. Num termômetro em que se utiliza mercúrio, vemos que a coluna deste líquido “sobe” cerca de $2,7\text{ cm}$ para um aquecimento de $3,6^{\circ}\text{C}$. Se a escala termométrica fosse a Fahrenheit, para um aquecimento de $3,6^{\circ}\text{F}$, a coluna de mercúrio “subiria”:
- a) $11,8\text{ cm}$.
 - b) $3,6\text{ cm}$.
 - c) $2,7\text{ cm}$.
 - d) $1,8\text{ cm}$.
 - e) $1,5\text{ cm}$.

Gabarito

1. C

Para resolução da questão, basta passar as temperaturas médias da escala Celsius para a escala Kelvin.

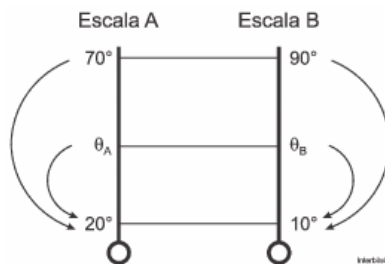
Para a média do estado de Pernambuco:

$$T_1 = 31 + 273 \therefore T_1 = 304 \text{ K}$$

Para Águas Belas, a temperatura média foi:

$$T_2 = 42 + 273 \therefore T_2 = 315 \text{ K}$$

2. C



$$\frac{\theta_B - 10}{90 - 10} = \frac{\theta_A - 20}{70 - 20}$$

$$\frac{\theta_B - 10}{80} = \frac{\theta_A - 20}{50}$$

$$(\theta_B - 10) \cdot 50 = (\theta_A - 20) \cdot 80$$

$$50\theta_B - 500 = 80\theta_A - 1600$$

$$50\theta_B - 80\theta_A = 500 - 1600$$

$$50\theta_B - 80\theta_A = -1100 \quad \div 10$$

$$5\theta_B - 8\theta_A = -110$$

$$\theta = \frac{8\theta_A - 110}{5}$$

$$\theta_B = 1,6\theta_A - 22$$

3. B

A variação de temperatura na sexta-feira é determinada por:

$$\frac{\Delta\theta_C}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180}$$

Assim:

$$\frac{(16 - 11)}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180}$$

$$\Delta\theta_F = 9^\circ\text{F}$$

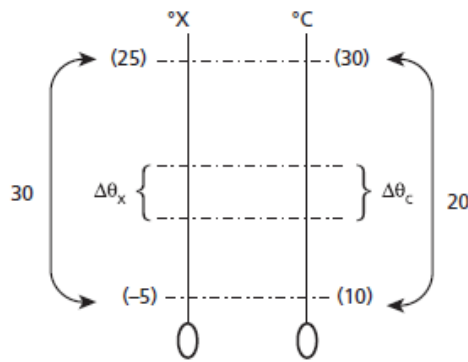
Temperatura máxima no sábado:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\frac{20}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\theta_F = 68^\circ\text{F}$$

4. B



$$\frac{\Delta\theta_x}{30} = \frac{\Delta\theta_c}{20}$$

Para $\Delta\theta_c = 1,0^\circ\text{C}$, temos:

$$\frac{\Delta\theta_x}{30} = \frac{1,0}{20} \Rightarrow \boxed{\Delta\theta_x = 1,5^\circ\text{X}}$$

5. B

Por meio da transpiração, a pele regula a temperatura interna do corpo humano. Assim, para obter o valor dessa temperatura, devemos introduzir o termômetro em uma das aberturas do corpo, como, por exemplo, a boca. O termômetro deve ficar algum tempo em contato com o corpo para que haja transferência de calor e possa proporcionar o equilíbrio térmico entre o mercúrio (do termômetro) e o interior desse corpo humano.

6. E

Usando a expressão que relaciona as escalas termométricas Celsius e Kelvin, vem:

$$T_K = T_C + 273 \Rightarrow \begin{cases} T_C = 0^\circ\text{C} \Rightarrow T_K = 0 + 273 \Rightarrow T_K = 273\text{K.} \\ T_C = 50^\circ\text{C} \Rightarrow T_K = 50 + 273 \Rightarrow T_K = 323\text{K.} \end{cases}$$

7. C

O menor valor de temperatura na escala Celsius é -273°C e na escala Kelvin é o zero absoluto.

8. C

O estudante criou uma escala de temperatura em Celsius baseada na pressão da câmara de gás indicada pela coluna de mercúrio.

Considerando linear a dependência destas grandezas, há possibilidade de fazer uma interpolação e assim obter uma relação matemática entre as alturas da coluna de mercúrio e a temperatura dos gases no balão.

$$\text{Para } \begin{cases} T = 0^\circ\text{C} \rightarrow h = 2 \text{ cm} \\ \theta \rightarrow h \\ T = 100^\circ\text{C} \rightarrow h = 27 \text{ cm} \end{cases}$$

Fazendo a interpolação:

$$\frac{\theta - 0}{100 - 0} = \frac{h - 2}{27 - 2} \Rightarrow \theta = \frac{100}{25}(h - 2) \therefore \theta = 4h - 8$$

9. C

A relação entre estas duas escalas termométricas é dada por:

$$\frac{C-0}{100-0} = \frac{F-32}{212-32} \Rightarrow \frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

Substituindo os valores e calculando, fica:

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{74,3-32}{9} \therefore C = 23,5^\circ\text{C}$$

10. E

Para variações de temperatura entre as escalas Celsius e Fahrenheit, temos:

$$\frac{\Delta\theta_C}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180} \Rightarrow \frac{3,6}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180} \Rightarrow \Delta\theta_F = 6,48^\circ\text{F}$$

Lembrando que as variações nas escalas são proporcionais,

$$\left. \begin{array}{l} \Delta\theta_F = 6,48^\circ\text{F} \rightarrow 2,7 \text{ cm} \\ \Delta\theta_F = 3,6^\circ\text{F} \rightarrow x \end{array} \right\} x = \frac{3,6 \cdot 2,7}{6,48} \text{ cm} \Rightarrow \boxed{x = 1,5 \text{ cm}}$$

Calorimetria

Resumo

Calor é definido como qualquer fluxo espontâneo de energia de um objeto para outro, causado somente pela diferença de temperatura entre os objetos. Dizemos que "calor" flui da água quente para o cubo de gelo frio e do Sol quente para a Terra fria.

Calor sensível e latente

A capacidade térmica de um objeto é a quantidade de calor necessária para aumentar sua temperatura dividida pela variação de temperatura provocada:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C\Delta T$$

(O símbolo para capacidade térmica é C.) A quantidade de calor calculada dessa maneira é denominada **calor sensível** (Q_s). É claro que quanto maior for a substância, maior será sua capacidade térmica. Uma quantidade mais fundamental é o **calor específico** (característico da substância de que o objeto é feito), definido como a capacidade térmica por unidade de massa:

$$c = \frac{C}{m} \Rightarrow C = mc$$

A unidade de capacidade térmica é **cal/°C**, ou no Sistema Internacional, **J/°C**. Já a unidade de calor específico é **cal/g°C**, que no SI é **J/g°C**. É muito comum o uso da caloria como unidade fora do SI. Na unidades atuais, 1 cal = 4,186 J.

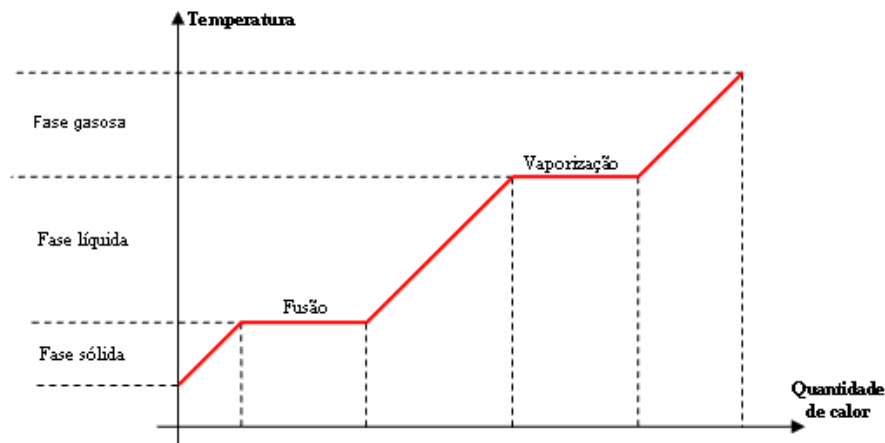
Em algumas situações, você pode fornecer calor para um sistema sem aumentar em nada sua temperatura. Isto normalmente ocorre durante uma **mudança de fase**, como o gelo derretendo ou a água fervendo. Tecnicamente, a capacidade térmica fica mal definida, já que você estaria dividindo por zero o calor! No entanto, ainda é interessante saber a quantidade de calor necessária para derreter ou ferver uma substância completamente. Esta quantidade de calor dividida pela massa da substância é chamada de **calor latente** da transformação (nome horrível, mas ok), e é denotada por L:

$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow Q = mL$$

O calor latente de **fusão** do gelo vale 80 cal/g, já o calor latente de **vaporização** da água é 540 cal/g.

Cabe salientar que as mudanças de estado que ocorrem com perda de calor apresentam calores latentes negativos (solidificação e condensação).

Um diagrama importante relaciona a temperatura de um objeto com o calor fornecido a ele (calor fornecido é positivo; calor cedido é negativo):



Começando na fase sólida, o corpo absorve calor a partir de uma fonte externa (fogão por exemplo) e aumenta de temperatura até chegar na temperatura de **fusão**. Nesse estágio, a temperatura do corpo não varia e todo calor absorvido (calor latente) é usado para quebrar ligações químicas (estamos numa mudança de fase). Logo em seguida a temperatura aumenta de novo até atingir a temperatura de **vaporização** e a análise se repete.

Equilíbrio térmico e mecanismos de transporte de calor

Dois últimos pontos a ressaltar neste resumo são o equilíbrio térmico e os mecanismos de transferência de calor. Note que o termômetro de mercúrio (ou qualquer termômetro) depende do seguinte fato fundamental: quando colocamos dois objetos em contato um com o outro e esperamos tempo suficiente, eles tendem a atingir a mesma temperatura. Dizemos então que eles estão em **equilíbrio térmico** e o calor que saiu de um objeto entrou no outro. Para dois ou mais corpos, vale a seguinte expressão:

$$\Sigma Q_{Recebido} + \Sigma Q_{Cedido} = 0$$

Ou seja, a soma dos "calores" recebidos mais a soma dos "calores" cedidos tem que ser nulo.

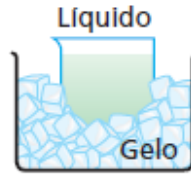
Processos de transferências de calor são classificados em três categorias, de acordo com o mecanismo envolvido:

- **Condução** é a transferência de calor por contato molecular: moléculas que movem rapidamente colidem com moléculas mais lentas, cedendo parte de sua energia no processo.
- **Convecção** é o movimento global de um líquido ou gás, geralmente devido à tendência de materiais quentes de se expandirem e subirem em um campo gravitacional (ex. A água quente que vai do fundo da panela quente até a superfície mais fria, esquentando toda a água no meio do caminho).
- **Radiação** é a emissão de ondas eletromagnéticas, em grande parte na faixa do infravermelho para objetos à temperatura ambiente, mas na faixa da luz visível para objetos bem mais quentes como a superfície do Sol.

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

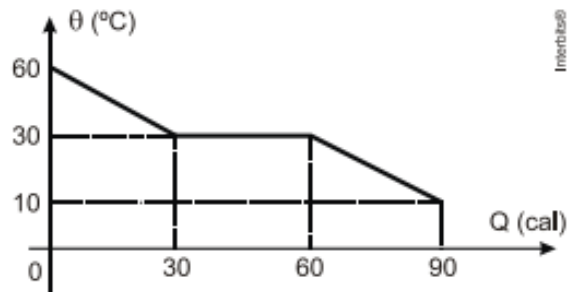
Exercícios

1. Para resfriar um líquido, é comum colocar a vasilha que o contém dentro de um recipiente com gelo, conforme a figura.



Para que o resfriamento seja mais rápido, é conveniente que a vasilha seja metálica, em vez de ser de vidro, porque o metal apresenta, em relação ao vidro, um maior valor de:

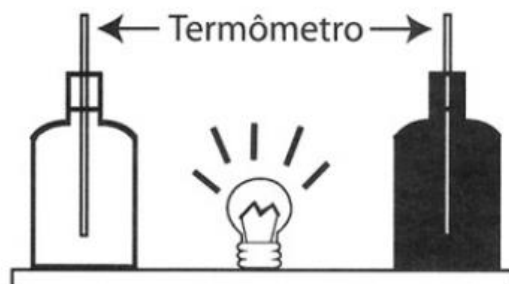
- a) condutividade térmica.
 - b) calor específico.
 - c) coeficiente de dilatação térmica.
 - d) energia interna.
 - e) calor latente de fusão.
2. Uma amostra de determinada substância com massa 30 g encontra-se inicialmente no estado líquido, a 60°C. Está representada pelo gráfico abaixo a temperatura dessa substância em função da quantidade de calor por ela cedida.



Analisando esse gráfico, é correto afirmar que

- a) a temperatura de solidificação da substância é 10°C.
- b) o calor específico latente de solidificação é -1,0 cal/g.
- c) o calor específico sensível no estado líquido é 1/3 cal/g°C.
- d) o calor específico sensível no estado sólido é 1/45 cal/g°C.
- e) ao passar do estado líquido a 60°C para o sólido a 10°C a substância perdeu 180 cal.

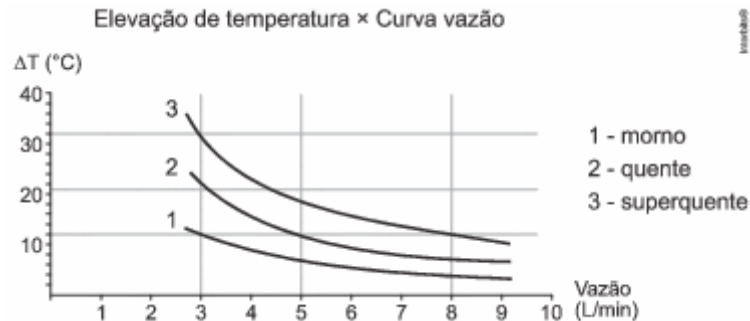
3. Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água a temperatura ambiente de outro reservatório, que se encontra a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?
- a) 0,111.
 - b) 0,125.
 - c) 0,357.
 - d) 0,428.
 - e) 0,833.
4. Deseja-se transformar 100 g de gelo a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ em água a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sabe-se que o calor específico do gelo vale $0,50\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ e o da água, $1,0\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$, e que o calor latente de fusão do gelo vale 80 cal/g . Quanto calor, em quilocalorias, devemos fornecer a esse gelo?
- a) 10 kcal
 - b) 12 kcal
 - c) 15 kcal
 - d) 20 kcal
 - e) 20 kcal
5. Em um experimento foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e outra de preto acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas:
- a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e
 - b) após a lâmpada ser desligada e atingirem o equilíbrio térmico com o ambiente.



A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à garrafa branca, durante todo o experimento foi

- a) Igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- b) Maior no aquecimento e igual no resfriamento.
- c) Menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- d) Maior no aquecimento e menor no resfriamento.
- e) Maior no aquecimento e maior no resfriamento.

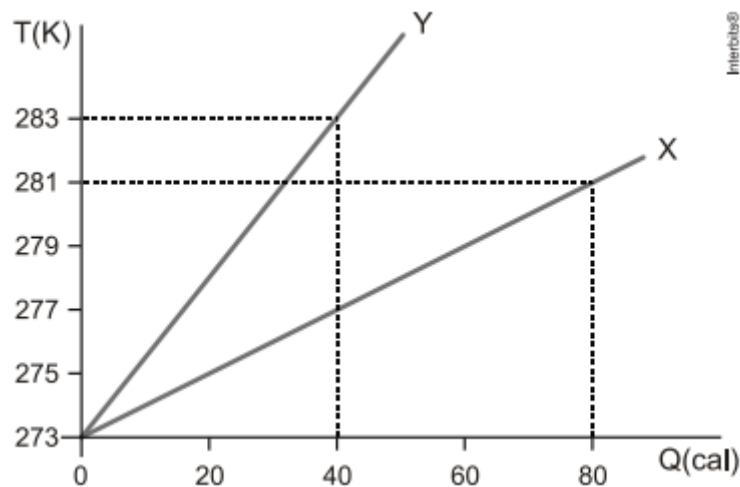
6. No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de 220V é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6500 W. Considere o calor específico da água igual a 4200 J/(kg C) e a densidade da água igual a 1 kg/L.



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

- a) 1/3.
 - b) 1/5.
 - c) 3/5.
 - d) 3/8.
 - e) 5/8.
7. Uma garrafa e uma lata de refrigerante permanecem durante vários dias em uma geladeira. Quando pegamos a garrafa e a lata com as mãos desprotegidas para retirá-las da geladeira, temos a impressão de que a lata está mais fria do que a garrafa. Isso é explicado pelo fato de:
- a) a temperatura do refrigerante na lata ser diferente da temperatura do refrigerante na garrafa;
 - b) a capacidade térmica do refrigerante na lata ser diferente da capacidade térmica do refrigerante na garrafa;
 - c) o calor específico dos dois recipientes ser diferente;
 - d) o coeficiente de dilatação térmica dos dois recipientes ser diferente;
 - e) a condutividade térmica dos dois recipientes ser diferente.

8. Considere X e Y dois corpos homogêneos, constituídos por substâncias distintas, cujas massas correspondem, respectivamente, a 20 g e 10 g. O gráfico abaixo mostra as variações da temperatura desses corpos em função do calor absorvido por eles durante um processo de aquecimento.



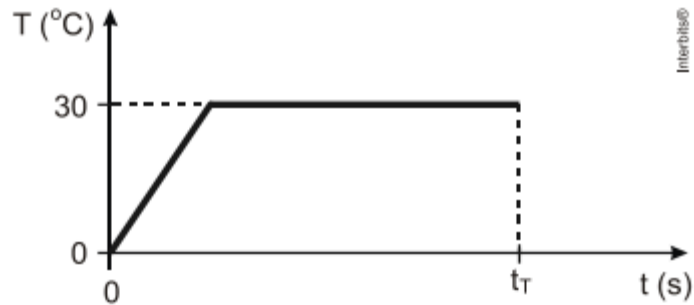
As capacidades térmicas de X e Y e, também, os calores específicos das substâncias que os constituem são, respectivamente:

- a) $C_x = 10 \text{ cal/K}$, $C_y = 4 \text{ cal/K}$, $c_x = 0,5 \text{ cal/g.K}$ e $c_y = 0,4 \text{ cal/g.K}$
 - b) $C_x = 20 \text{ cal/K}$, $C_y = 4 \text{ cal/K}$, $c_x = 1,5 \text{ cal/g.K}$ e $c_y = 0,4 \text{ cal/g.K}$
 - c) $C_x = 10 \text{ cal/K}$, $C_y = 5 \text{ cal/K}$, $c_x = 0,3 \text{ cal/g.K}$ e $c_y = 0,7 \text{ cal/g.K}$
 - d) $C_x = 20 \text{ cal/K}$, $C_y = 5 \text{ cal/K}$, $c_x = 0,5 \text{ cal/g.K}$ e $c_y = 0,4 \text{ cal/g.K}$
 - e) $C_x = 20 \text{ cal/K}$, $C_y = 5 \text{ cal/K}$, $c_x = 0,6 \text{ cal/g.K}$ e $c_y = 0,7 \text{ cal/g.K}$
9. Durante a primeira fase do projeto de uma usina de geração de energia elétrica, os engenheiros da equipe de avaliação de impactos ambientais procuram saber se esse projeto está de acordo com as normas ambientais. A nova planta estará localizada à beira de um rio, cuja temperatura média da água é de 25 °C, e usará a sua água somente para refrigeração. O projeto pretende que a usina opere com 1,0 MW de potência elétrica e, em razão de restrições técnicas, o dobro dessa potência será dissipada por seu sistema de arrefecimento, na forma de calor. Para atender a resolução número 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, com uma ampla margem de segurança, os engenheiros determinaram que a água só poderá ser devolvida ao rio com um aumento de temperatura de, no máximo, 3 °C em relação à temperatura da água do rio captada pelo sistema de arrefecimento. Considere o calor específico da água igual a 4 kJ/(kg °C).

Para atender essa determinação, o valor mínimo do fluxo de água, em kg/s, para a refrigeração da usina deve ser mais próximo de

- a) 42.
- b) 84.
- c) 167.
- d) 250.
- e) 500.

10. O gálio (Ga) é um metal cuja temperatura de fusão, à pressão atmosférica, é aproximadamente igual a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. O calor específico médio do Ga na fase sólida é em torno de $0,4\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ e o calor latente de fusão é $80\text{ kJ}/\text{kg}$. Utilizando uma fonte térmica de 100 W , um estudante determina a energia necessária para fundir completamente 100 g de Ga, a partir de 0°C . O gráfico mostra a variação da temperatura em função do tempo das medições realizadas pelo estudante.



O tempo total t_T , em segundos, que o estudante levou para realizar o experimento. Suponha que todo o calor fornecido pela fonte é absorvido pela amostra de Ga.

- a) 60 s
- b) 90 s
- c) 92 s
- d) 100 s
- e) 105 s

Gabarito

1. A

O metal tem maior coeficiente de condutividade térmica do que o vidro. O metal é bom condutor de calor e vidro é péssimo.

2. B

De fato: $L = \text{calor}/\text{massa} = -30/30 = -1 \text{ cal/g}$.

3. B

Considerando o sistema termicamente isolado, temos:

$$Q_{\text{água1}} + Q_{\text{água2}} = 0 \Rightarrow m_{\text{quente}} c_{\text{água}} (30 - 70) + m_{\text{fria}} c_{\text{água}} (30 - 25) \Rightarrow$$

$$\frac{m_{\text{Quente}}}{m_{\text{fria}}} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{m_{\text{Quente}}}{m_{\text{fria}}} = 0,125.$$

4. B

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q = (m c \Delta\theta)_{\text{gelo}} + (m L_f)_{\text{gelo}} + (m c \Delta\theta)_{\text{água}}$$

$$Q = 100 \cdot 0,50 \cdot [0 - (-20)] + 100 \cdot 80 + 100 \cdot 1,0 \cdot (30 - 0)$$

$$Q = 1000 + 8000 + 3000 \text{ (cal)}$$

$$Q = 12000 \text{ cal}$$

$$Q = 12 \text{ kcal}$$

5. E

Assumindo a garrafa pintada de preto com um corpo negro, ela se comportou como bom absorvedor no aquecimento e bom emissor no resfriamento, apresentando maior taxa de variação de temperatura nos dois casos

6. D

Relação entre os calores Q_s e Q_m trocados, respectivamente, nas condições superquente e morno:

$$\frac{Q_s}{Q_m} = \frac{mc\Delta T_s}{mc\Delta T_m} \Rightarrow \frac{Q_s}{Q_m} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_m}$$

Como $P = \frac{Q}{\Delta t}$, vem:

$$\frac{P_s \Delta t}{P_m \Delta t} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_m} \Rightarrow \frac{P_s}{P_m} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_m}$$

Substituindo os valores de ΔT do gráfico nessa última relação, chegamos a:

$$\frac{P_s}{P_m} = \frac{32}{12}$$

$$\therefore \frac{P_m}{P_s} = \frac{3}{8}$$

7. E

O metal da lata tem condutividade térmica maior do que o vidro da garrafa. Assim, ao tocarmos ambos, perderemos calor mais rapidamente para a lata. Por isso ela parecerá mais fria do que a garrafa.

8. A

CAPACIDADES TÉRMICAS:

$$C_x = \frac{Q_x}{\Delta\theta_x} = \frac{80\text{cal}}{(281-273)\text{K}} = \frac{80\text{cal}}{8\text{K}}$$

$$C_x = 10\text{cal/K}$$

$$C_y = \frac{Q_y}{\Delta\theta_y} = \frac{40\text{cal}}{(283-273)\text{K}} = \frac{40\text{cal}}{10\text{K}}$$

$$C_y = 4\text{cal/K}$$

CALORES ESPECÍFICOS SENSÍVEIS:

$$C_x = m_x \cdot c_x \Rightarrow 10 = 20 \cdot c_x$$

$$c_x = 0,5\text{cal/gK}$$

$$C_y = m_y \cdot c_y \Rightarrow 4 = 10 \cdot c_y$$

$$c_y = 0,4\text{cal/gK}$$

9. C

Dados: $P_d = 2P = 2\text{MW} \Rightarrow P_d = 2 \times 10^6\text{W}$; $c = 4\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 4 \times 10^3\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$; $\Delta\theta = 3^\circ\text{C}$.

O fluxo mássico (kg/s) pedido é $\phi = \frac{m}{\Delta t}$.

Da definição de potência:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow mc\Delta\theta = P\Delta t \Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = \phi = \frac{P}{c\Delta\theta} = \frac{2 \times 10^6}{4 \times 10^3 \cdot 3} \Rightarrow \phi \cong 167\text{kg/s}$$

10. C

Energia necessária para aquecer e fundir 0,1kg (100g) de gálio:

$$Q = Q_{\text{sensível}} + Q_{\text{latente}} \rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta T + mL$$

Substituindo os valores:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T + mL \rightarrow Q = 0,1 \cdot 0,4 \cdot 30 + 0,1 \cdot 80 \rightarrow Q = 9,2\text{kJ}$$

$$Q = 9200\text{J}$$

Da definição de potência temos:

$$P = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{P}$$

Substituindo os valores:

$$t = \frac{Q}{P} \rightarrow t = \frac{9200}{100}$$

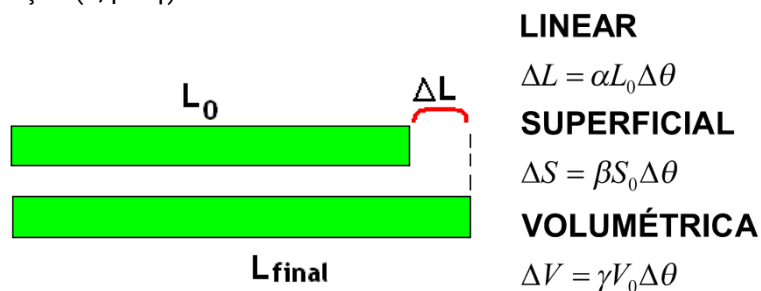
$$t = 92\text{s}$$

Dilatação dos sólidos

Resumo

Dilatação é a variação na dimensão de um corpo e depende do(a):

- Tamanho inicial (L_0 , S_0 e V_0)
- Variação de temperatura ($\Delta\theta$)
- Coeficiente de dilatação (α , β e γ)



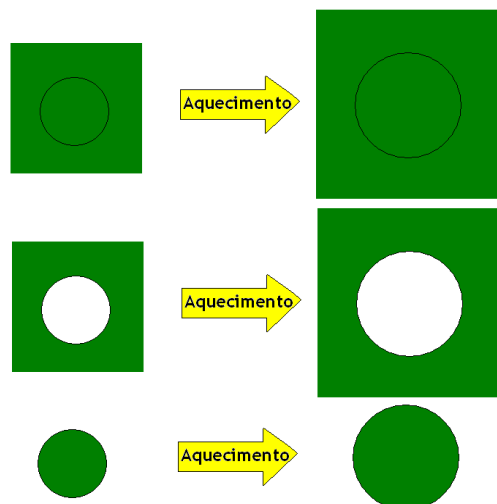
$$L_{FINAL} = L_0 + \Delta L \Rightarrow L_{FINAL} = L_0(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$S_{FINAL} = S_0 + \Delta S \Rightarrow S_{FINAL} = S_0(1 + \beta\Delta\theta)$$

$$V_{FINAL} = V_0 + \Delta V \Rightarrow V_{FINAL} = V_0(1 + \gamma\Delta\theta)$$

Observações:

1. $\gamma = 3\alpha$ e $\beta = 2\alpha$;
2. Unidade usual de α , β e $\gamma \Rightarrow ^\circ C^{-1}$ (no SI usa-se o K^{-1});
3. Uma chapa com orifício dilata-se como preenchida.



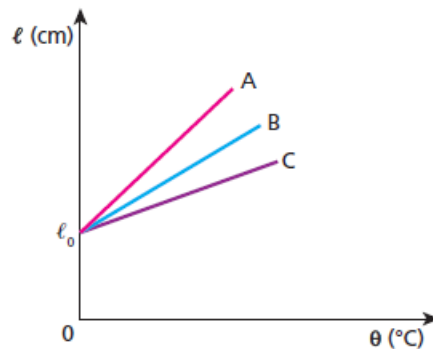
Uma chapa inteira dilata-se por inteiro. Ao ser retirado um pedaço da chapa, este pedaço vai se dilatar. Então o espaço deixado pela retirada do pedaço vai aumentar como se fosse preenchida.

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. Uma dona de casa resolveu fazer uma salada para o jantar, mas não conseguiu abrir o frasco de palmito, que tem tampa metálica. Porém, lembrando-se de suas aulas de Física, ela mergulhou a tampa da embalagem em água quente durante alguns segundos e percebeu que ela abriu facilmente. Isso provavelmente ocorreu porque:
- a) reduziu-se a força de coesão entre as moléculas do metal e do vidro;
 - b) reduziu-se a pressão do ar no interior do recipiente;
 - c) houve redução da tensão superficial existente entre o vidro e o metal;
 - d) o coeficiente de dilatação do metal é maior que o do vidro;
 - e) o coeficiente de dilatação do vidro é maior que o do metal.
2. Uma régua de alumínio tem comprimento de 200,0 cm a 20 °C. O valor, em centímetros, do seu comprimento a 60 °C é:
Dado: coeficiente de dilatação linear do alumínio = $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
- a) 200 cm
 - b) 200,2 cm
 - c) 300,5 cm
 - d) 202 cm
 - e) 305 cm
3. Uma barra metálica, inicialmente à temperatura de 20 °C, é aquecida até 260 °C e sofre uma dilatação igual a 0,6% de seu comprimento inicial. O coeficiente de dilatação linear médio do metal nesse intervalo de temperatura é:
- a) $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 - b) $3,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 - c) $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 - d) $5,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 - e) $6,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
-

4. O gráfico da figura a seguir mostra a dilatação térmica de três barras metálicas, feitas de alumínio (Al), ferro (Fe) e chumbo (Pb). O aquecimento é feito a partir de 0 °C, e elas possuem o mesmo comprimento inicial. A tabela mostra também alguns dados numéricos referentes ao processo.

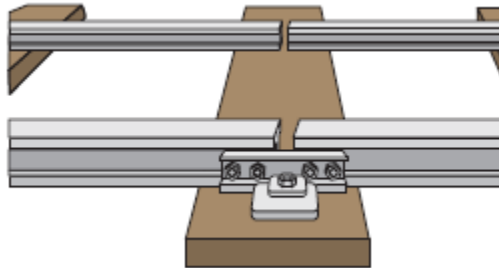


	$\Delta \ell$ (cm)	$\Delta \theta$ (°C)
Fe	0,60	500
Al	0,46	200
Pb	0,27	100

As letras **A**, **B** e **C** representam, respectivamente, as substâncias:

- Pb, Al, Fe;
 - Al, Pb, Fe;
 - Fe, Pb, Al;
 - Al, Fe, Pb;
 - Fe, Al, Pb.
5. Ao aquecermos um sólido de 20 °C a 80 °C, observamos que seu volume experimenta um aumento correspondente a 0,09% em relação ao volume inicial. O coeficiente de dilatação linear do material de que é feito o sólido vale:
- $5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 - $6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 - $7 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 - $8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 - $9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
6. Um mecânico de automóveis precisa soltar um anel que está fortemente preso a um eixo. Sabe-se que o anel é feito de aço, de coeficiente de dilatação linear $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. O eixo, de alumínio, tem coeficiente $2,3 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Lembrando que tanto o aço quanto o alumínio são bons condutores térmicos e sabendo que o anel não pode ser danificado e que não está soldado ao eixo, o mecânico deve:
- aquecer somente o eixo.
 - aquecer o conjunto (anel + eixo).
 - resfriar o conjunto (anel + eixo).
 - resfriar somente o anel.
 - aquecer o eixo e, logo após, resfriar o anel.

7. Um estudante ouviu de um antigo engenheiro de uma estrada de ferro que os trilhos de 10 m de comprimento haviam sido fixados ao chão num dia em que a temperatura era de 10 °C. No dia seguinte, em uma aula de Geografia, ele ouviu que, naquela cidade, a maior temperatura que um objeto de metal atingiu, exposto ao sol, foi 50 °C.

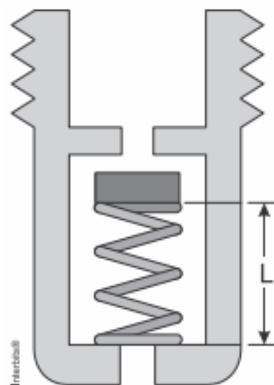


O espaço entre os trilhos possibilita sua dilatação.

Com essas informações, o estudante resolveu calcular a distância mínima entre dois trilhos de trem. O valor que ele encontrou foi de:

Dado: coeficiente de dilatação linear do aço = $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- a) 2,2 mm
 - b) 4,4 mm
 - c) 5,6 mm
 - d) 9 mm
 - e) 55 mm
8. A cada ano, milhares de crianças sofrem queimaduras graves com água de torneiras fervendo. A figura a seguir mostra uma vista em corte transversal de um dispositivo antiescaldante, bem simplificado, para prevenir este tipo de acidente.



Dentro do dispositivo, uma mola feita com material com um alto coeficiente de expansão térmica controla o êmbolo removível. Quando a temperatura da água se eleva acima de um valor seguro preestabelecido, a expansão da mola faz com que o êmbolo corte o fluxo de água. Admita que o comprimento inicial L da mola não tensionada seja de 2,40 cm e que seu coeficiente de expansão volumétrica seja de $66,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Nas condições acima propostas o aumento no comprimento da mola, quando a temperatura da água se eleva de 30 C, ° é de:

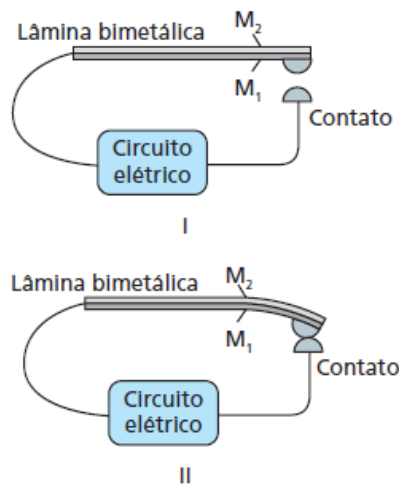
- a) $1,58 \times 10^{-3}$ cm
- b) $4,74 \times 10^{-3}$ cm
- c) $3,16 \times 10^{-3}$ cm
- d) $2,37 \times 10^{-3}$ cm

9. A caminho da erradicação da pobreza, para poder contemplar a todos com o direito à habitação, as novas edificações devem ser construídas com o menor custo e demandar cuidados mínimos de manutenção. Um acontecimento sempre presente em edificações, e que torna necessária a manutenção, é o surgimento de rachaduras. Há muitas formas de surgirem rachaduras como, por exemplo, pela acomodação do terreno ou ocorrência de terremotos. Algumas rachaduras, ainda, ocorrem devido à dilatação térmica. A dilatação térmica é um fenômeno que depende diretamente do material do qual o objeto é feito, de suas dimensões originais e da variação de temperatura a que ele é submetido.

Considere dois muros feitos com o mesmo material, sendo que o menor deles possui uma área de superfície igual a 100 m^2 , enquanto que o maior tem 200 m^2 . Se o muro menor sofrer uma variação de temperatura de $+ 20^\circ\text{C}$ e o maior sofrer uma variação de $+ 40^\circ\text{C}$, a variação da área da superfície do muro maior em relação à variação da área da superfície do muro menor, é:

- a) quatro vezes menor.
- b) duas vezes menor.
- c) a mesma.
- d) duas vezes maior.
- e) quatro vezes maior.

10. Uma lâmina bimetálica é constituída de duas placas de materiais diferentes, M_1 e M_2 , presas uma à outra. Essa lâmina pode ser utilizada como interruptor térmico para ligar ou desligar um circuito elétrico, como representado, esquematicamente, na figura I:



Quando a temperatura das placas aumenta, elas dilatam-se e a lâmina curva-se, fechando o circuito elétrico, como mostrado na figura II. Esta tabela mostra o coeficiente de dilatação linear α de diferentes materiais:

Material	$\alpha (10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$
Aço	11
Alumínio	24
Bronze	19
Cobre	17
Níquel	13

Considere que o material M_1 é cobre e o outro, M_2 , deve ser escolhido entre os listados nessa tabela. Para que o circuito seja ligado com o menor aumento de temperatura, o material da lâmina M_2 deve ser o:

- a) aço.
- b) alumínio.
- c) bronze.
- d) níquel.

Gabarito

1. D

O coeficiente de dilatação do metal é maior que o do vidro. Ao ser mergulhada na água quente, a tampa de metal dilata mais do que o vidro, soltando-se.

2. B

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$$

$$\Delta L = 200,0 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot (60 - 20) \text{ (cm)}$$

$$\Delta L = 0,2 \text{ cm}$$

Portanto:

$$L = L_0 + \Delta L$$

$$L = 200,0 + 0,2 \text{ (cm)}$$

$$L = 200,2 \text{ cm}$$

3. A

$$L_0 \rightarrow 100\%$$

$$\Delta L \rightarrow 0,6\% \Rightarrow \Delta L = \frac{0,6 L_0}{100}$$

Como:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta,$$

então:

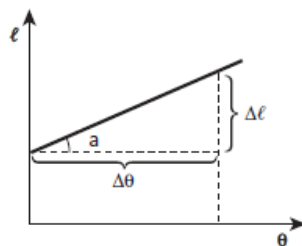
$$\frac{0,6 \cdot L_0}{100} = L_0 \alpha \Delta \theta$$

$$6 \cdot 10^{-3} = \alpha \cdot (260 - 20)$$

$$\alpha = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

4. A

No diagrama, temos:



$$\text{tg } a = \frac{\Delta \ell}{\Delta \theta}$$

Assim, da tabela, vem:

$$\text{tg } a_{\text{Fe}} = \left(\frac{\Delta \ell}{\Delta \theta} \right)_{\text{Fe}} = \frac{0,60 \text{ cm}}{500 \text{ } ^\circ\text{C}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}/^\circ\text{C}$$

$$\text{tg } a_{\text{Al}} = \left(\frac{\Delta \ell}{\Delta \theta} \right)_{\text{Al}} = \frac{0,46 \text{ cm}}{200 \text{ } ^\circ\text{C}} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}/^\circ\text{C}$$

$$\text{tg } a_{\text{Pb}} = \left(\frac{\Delta \ell}{\Delta \theta} \right)_{\text{Pb}} = \frac{0,27 \text{ cm}}{100 \text{ } ^\circ\text{C}} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ cm}/^\circ\text{C}$$

Como: $\text{tg } a_{\text{Pb}} > \text{tg } a_{\text{Al}} > \text{tg } a_{\text{Fe}}$

então: $a_{\text{Pb}} > a_{\text{Al}} > a_{\text{Fe}}$

Portanto, a correlação entre as retas e os materiais é:

A → Chumbo (Pb)

B → Alumínio (Al)

C → Ferro (Fe)

5. A

O volume inicial V_0 corresponde a 100% e a variação de volume ΔV , a 0,09%. Assim, podemos escrever a relação:

$$\Delta V = \frac{0,09V_0}{100}$$

Como: $\Delta V = V_0 \gamma \Delta\theta$,

então: $\frac{0,09V_0}{100} = V_0 \gamma \Delta\theta$

Mas $\gamma = 3\alpha$

Portanto:

$$\frac{0,09}{100} = 3\alpha(80 - 20)$$

$$\alpha = 5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

6. C

Como $\alpha_{\text{Al}} > \alpha_{\text{aço}}$, ao resfriarmos o conjunto, o eixo de alumínio irá se contrair mais que o anel de aço, ocorrendo a separação.

7. B

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta\theta$$

Como:

$$L_0 = 10 \text{ m} = 10000 \text{ mm}$$

vem:

$$\Delta L = 10000 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot (50 - 10)$$

$$\Delta L = 4,4 \text{ mm}$$

8. A

A dilatação térmica da mola é dada por:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

São dados o comprimento inicial da mola L_0 , a variação de temperatura ΔT e o coeficiente de expansão volumétrica γ . Este último dado é uma "pegadinha", pois necessitamos é do coeficiente de dilatação linear do material α , que é a terça parte do coeficiente volumétrico:

$$\alpha = \frac{\gamma}{3} \Rightarrow \alpha = \frac{66,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{3} \therefore \alpha = 22,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Agora calculando a dilatação linear, temos:

$$\Delta L = 2,40 \text{ cm} \cdot 22,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\therefore \Delta L = 1,584 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

9. E

Dilatação térmica do muro maior:

$$\Delta S_1 = S_{01} \cdot \beta \cdot \Delta \theta_1 \Rightarrow \Delta S_1 = 200 \text{ m}^2 \cdot \beta \cdot 40 \text{ }^\circ\text{C} \therefore \Delta S_1 = 8000 \text{ m}^2 \cdot \beta \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

Dilatação térmica do muro menor:

$$\Delta S_2 = S_{02} \cdot \beta \cdot \Delta \theta_2 \Rightarrow \Delta S_2 = 100 \text{ m}^2 \cdot \beta \cdot 20 \text{ }^\circ\text{C} \therefore \Delta S_2 = 2000 \text{ m}^2 \cdot \beta \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

A razão das dilatações térmicas será:

$$\frac{\Delta S_1}{\Delta S_2} = \frac{8000 \text{ m}^2 \cdot \beta \cdot \text{ }^\circ\text{C}}{2000 \text{ m}^2 \cdot \beta \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \therefore \frac{\Delta S_1}{\Delta S_2} = 4$$

Portanto, a razão será 4 vezes maior.

10. B

Para que a lâmina se curve com o menor aumento de temperatura, a lâmina M2 deverá ter o maior coeficiente de dilatação (o alumínio).

Exercícios sobre calorimetria

Resumo

Definição de calor

Calor nada mais é do que a terminologia que designa energia térmica em trânsito, ou seja, transferência térmica de energia de um sistema a outro. Assim, Calor *não* é uma propriedade dos sistemas termodinâmicos, e por tal não é correto afirmar que um corpo possui mais calor que outro, e tampouco é correto afirmar que um corpo "possui" calor, muito menos que "está fazendo calor". Sua dimensão pode ser dada em calorimetria (cal), mas, pelo SI, o correto é joule (J). A taxa de conversão é: 1 cal = 4,1868 J.

Para fins práticos, definimos duas diferentes terminologias:

1. Calor Sensível:

É o calor absorvido ou cedido por um corpo que tem como consequência a variação da energia (cinética) interna, a qual é observada diretamente na temperatura do corpo em questão. O nome "calor sensível" faz referência ao fato de que tais trocas podem ser observadas através da variação de temperatura, nunca incorrendo em transição de fase de primeira ordem.

2. Calor Latente:

É o calor cedido ou absorvido por um corpo que tem como consequência a variação da energia potencial intermolecular. O corpo que absorve ou distribui, mantém sua temperatura constante, porém passa por mudança de estado físico. É o que acontece, por exemplo, em mudanças de fase.

Definição de temperatura

Temperatura é uma grandeza física que mensura a energia cinética média de cada grau de liberdade de cada uma das partículas de um sistema em equilíbrio térmico. Ou seja, a rigor, temperatura é definida apenas para sistemas em equilíbrio térmico.

A temperatura não é uma medida de calor, mas a diferença de temperaturas é responsável pela transferência de energia térmica na forma de calor entre dois ou mais sistemas.

Existem diferentes grandezas para expressar a temperatura, no entanto a grandeza, no SI, que mede a temperatura absoluta é a medida Kelvin (K), que é diretamente proporcional à quantidade de energia térmica em um sistema.

Outras grandezas

- Capacidade térmica

É a razão entre a quantidade de calor recebida (ou cedida) (Q) por um corpo e a variação de temperatura ($\Delta\theta$) deste corpo, dada por:

$$c = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

A unidade usual para essa medida é: cal/°C.

- Calor específico

Aqui partimos da seguinte constatação: “A quantidade de calor Q recebida (ou cedida) por um corpo é diretamente proporcional à sua massa m e à variação de temperatura $\Delta\theta$ sofrida pelo corpo”. Assim:

$$Q = mc\Delta\theta$$

Essa fórmula é conhecida como a Equação Fundamental da Calorimetria. O coeficiente de proporcionalidade c depende do material e é denominado calor específico, sua unidade usual é cal/g.°C, a partir de seu isolamento da equação:

$$c = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

Dessa forma, a partir das equações dadas, podemos concluir que:

$$C = mc$$

Logo, a capacidade térmica de um corpo pode ser expressa como o produto de sua massa pelo calor específico do material que o constitui.

Trocas de calor e Equilíbrio Térmico

Se dois ou mais corpos trocam calor entre si, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas pelos corpos, até o estabelecimento do equilíbrio térmico é nula.

Ou seja,

$$\sum Q = 0$$

Fluxo de Calor

Sabemos que, espontaneamente, o calor sempre se propaga de um corpo com maior temperatura para um corpo com menor temperatura.

O fluxo de calor ϕ através de uma superfície pode ser definido como a razão entre a quantidade de calor Q que atravessa a superfície e o intervalo de tempo decorrido Δt :

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

São tantas aplicações práticas deste assunto que poderíamos enumerar diversos fatos do cotidiano, desde aspectos envolvendo o mundo subatômico até aspectos envolvendo as galáxias e, principalmente, o dia a dia de cada um. De toda forma, vamos ver alguns fatos interessantes.

Na Prática 1:

Já percebeu que, depois que chove, é comum a calçada continuar molhada por um tempo maior do que o asfalto, que logo fica seco? Isso ocorre devido ao calor específico das substâncias que constituem o asfalto e a calçada. Como o asfalto possui calor específico menor do que a calçada, sua temperatura, para uma mesma quantidade de calor (provinda, principalmente, de energia solar), varia mais do que a temperatura

da calçada, o que faz com que a calçada permaneça úmida por mais tempo. Isso também justifica o fato de o asfalto, em dias quentes, estar mais “quente” do que a calçada.

Na Prática 2:

A PRAIA!

Da próxima vez que você for à praia não vai pensar em outra coisa senão em Física e, principalmente, em Calorimetria.

(Lembre-se: é um fato que a água possui um alto calor específico, por isso ela “regula bem” a variação de temperatura de sistemas)

Imagine a situação: você chega à praia e põe o pé naquela areia quente, e sente seus pés quase queimarem, então corre em direção ao mar. E logo que entra na água sente um frio de bater os dentes, aí você pensa: “Como pode? A areia estava escaldando e aqui eu tô morrendo de frio”. Isso acontece por causa do alto calor específico da água – que é muito maior do que o da areia – o que faz com que sua temperatura varie pouco com a quantidade de calor recebida dos raios solares, ao passo que a areia, por ter um baixo calor específico, terá uma variação de temperatura maior do que a água.

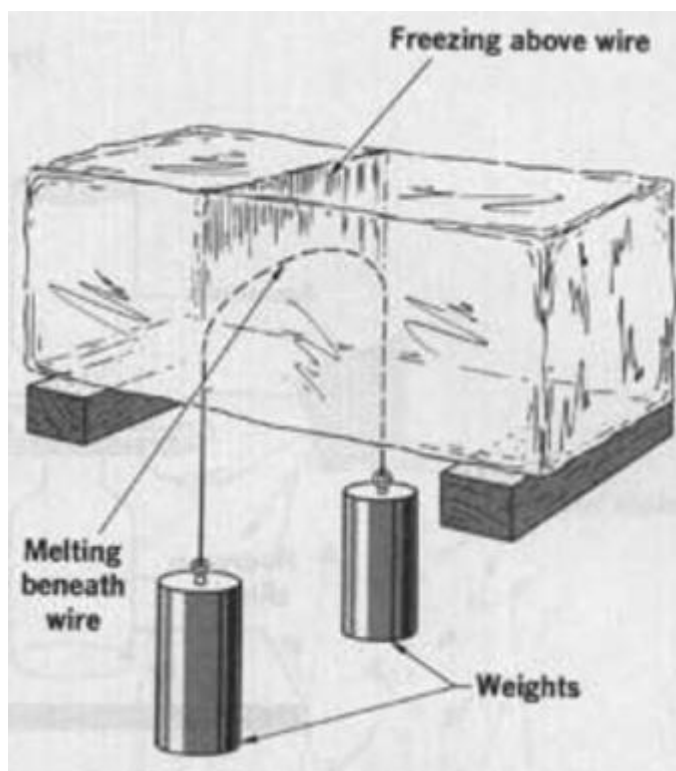
Então você decide sair da água. Logo ao sair, bate aquele vento e você estremece de frio... O que justifica isso é o fato de que, para a água evaporar, ela retira calor do ambiente e de você. Como ela precisa de muito calor para evaporar, você sente a perda de calor (frio). Se estiver no sol, sente menos frio, pois o calor transmitido pelo sol ajuda a evaporar mais rápido, mas na sombra...

Na Prática 3:

Já imaginou colocar a mão em chumbo derretido (a mais de 330 °C) e não se queimar? Isso é possível! O que acontece é justificado pelo assim chamado efeito Leidenfrost, que resumidamente pode ser descrito assim: ao entrar em contato com superfícies com temperaturas muito superiores à temperatura de ebulição da água, uma porção desta evapora rapidamente e cria uma camada de vapor que isola o seu interior – como quando uma gota d’água cai sobre uma chapa que se encontra em alta temperatura e não evapora instantaneamente, em vez disso, ela “corre” pela chapa até evaporar, devido à camada que se formou entre a gota e a superfície –, por isso é possível não queimar a mão, uma vez que essa camada “isolará” a mão por alguns segundos. Isso não dura muito tempo, por isso há sérias chances de você ter queimaduras muito sérias se tentar fazer isso. No entanto, já ouvimos histórias sobre um professor de física que fazia o experimento todo ano para seus alunos – mas, claro, nem todo ano dava certa e às vezes saía com queimaduras sérias.

Um extra (para pensar, pesquisar e se divertir):

A experiência de Tyndall



A experiência do regelo: coloque um bloco de gelo a cerca de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ apoiado sobre dois suportes de madeira, de modo que a parte central fique livre. Prenda pesos nas extremidades de um fio fino de arame e passe o fio por sobre o bloco, deixando os pesos pendentes.

- Verifique se há alguma modificação visível na região do gelo atravessado pelo arame.
- Explique por que o fio atravessa o gelo e este permanece íntegro.
- Com base no experimento e no que você pensou, justifique o fato: o deslizamento de patinadores sobre o gelo é facilitado devido aos patins terem pequena área de contato com o gelo.

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. As altas temperaturas de combustão e o atrito entre suas peças móveis são alguns dos fatores que provocam o aquecimento dos motores à combustão interna. Para evitar o superaquecimento e consequentes danos a esses motores, foram desenvolvidos os atuais sistemas de refrigeração, em que um fluido arrefecedor com propriedades especiais circula pelo interior do motor, absorvendo o calor que, ao passar pelo radiador, é transferido para a atmosfera.

Qual propriedade o fluido arrefecedor deve possuir para cumprir seu objetivo com maior eficiência?

- a) Alto calor específico.
 - b) Alto calor latente de fusão.
 - c) Baixa condutividade térmica.
 - d) Baixa temperatura de ebulição.
 - e) Alto coeficiente de dilatação térmica.
2. Churros é uma composição que normalmente consiste em um tubo de massa de farinha de trigo recheado com um doce. Suponha que a mãe prepara para a filha, no forno, churros com recheio de doce de leite. O churros é servido no prato e a menina consegue pegar a parte da massa com a mão, mas ao abocanhar o churros, afasta-o rapidamente da boca porque sente que o recheio de doce de leite está bem mais quente que a massa. Assumindo que no instante da retirada de dentro do forno todas as partes do churros estavam na mesma temperatura, que a parte do doce de leite e a parte da massa possuem a mesma quantidade de gramas, e que houve fluxo de calor para fora do churros desse instante até o momento que a menina é servida, a diferença de temperatura entre a massa e o recheio, quando a menina mordeu, ocorreu porque o
- a) calor específico do doce de leite é maior do que o calor específico da massa.
 - b) calor latente de sublimação do doce de leite é maior do que o calor latente de sublimação da massa.
 - c) coeficiente de dilatação térmica da massa é maior do que o coeficiente de dilatação térmica do doce de leite.
 - d) calor latente de sublimação do doce de leite é menor do que o calor latente de sublimação da massa.
 - e) o coeficiente de dilatação térmica do doce de leite é maior do que o coeficiente de dilatação térmica da massa.

3. Uma garrafa térmica tem como função evitar a troca de calor entre o líquido nela contido e o ambiente, mantendo a temperatura de seu conteúdo constante. Uma forma de orientar os consumidores na compra de uma garrafa térmica seria criar um selo de qualidade, como se faz atualmente para informar o consumo de energia de eletrodomésticos. O selo identificaria cinco categorias e informaria a variação de temperatura do conteúdo da garrafa, depois de decorridas seis horas de seu fechamento, por meio de uma porcentagem do valor inicial da temperatura de equilíbrio do líquido na garrafa. O quadro apresenta as categorias e os intervalos de variação percentual da temperatura.

Tipo de selo	Variação de temperatura
A	menor que 10%
B	entre 10% e 25%
C	entre 25% e 40%
D	entre 40% e 55%
E	maior que 55%

Para atribuir uma categoria a um modelo de garrafa térmica, são preparadas e misturadas, em uma garrafa, duas amostras de água, uma a 10°C e outra a 40°C , na proporção de um terço de água fria para dois terços de água quente. A garrafa é fechada. Seis horas depois, abre-se a garrafa e mede-se a temperatura da água, obtendo-se 16°C .

Qual selo deveria ser posto na garrafa térmica testada?

- a) A
 - b) B
 - c) C
 - d) D
 - e) E
4. Num dia em que a temperatura ambiente é de 37°C , uma pessoa, com essa mesma temperatura corporal, repousa à sombra. Para regular sua temperatura corporal e mantê-la constante, a pessoa libera calor através da evaporação do suor. Considere que a potência necessária para manter seu metabolismo é 120 W e que, nessas condições, 20% dessa energia é dissipada pelo suor, cujo valor de vaporização é igual ao da água (540 cal/g). Utilize 1 cal igual a 4 J .
- Após duas horas nessa situação, que quantidade de água essa pessoa deve ingerir para repor a perda pela transpiração?
- a) $0,08\text{ g}$.
 - b) $0,44\text{ g}$.
 - c) $1,30\text{ g}$.
 - d) $1,80\text{ g}$.
 - e) $80,0\text{ g}$.

5. Clarice colocou em uma xícara 50 mL de café a 80 °C, 100 mL de leite a 50 °C e, para cuidar de sua forma física, adoçou com 2 mL de adoçante líquido a 20 °C. Sabe-se que o calor específico do café vale 1 cal/g°C, do leite vale 0,9 cal/g°C, do adoçante vale 2 cal/g°C e que a capacidade térmica da xícara é desprezível.



Considerando que as densidades do leite, do café e do adoçante sejam iguais e que a perda de calor para a atmosfera é desprezível, depois de atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final da bebida de Clarice, em °C, estava entre

- a) 75,0 e 85,0
- b) 65,0 e 74,9
- c) 55,0 e 64,9
- d) 45,0 e 54,9
- e) 35,0 e 44,9

- 6.

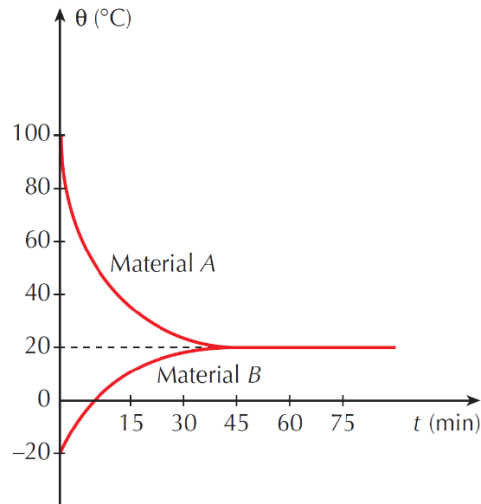


Disponível em: <http://casadosnoopy.blogspot.com>. Acesso em: 14 Jun. 2011.

Quais são os processos de propagação de calor relacionados à fala de cada personagem?

- a) Convecção e condução.
- b) Convecção e irradiação.
- c) Condução e convecção.
- d) Irradiação e convecção.
- e) Irradiação e condução.

7. Uma quantidade m do material A , de calor específico desconhecido, foi posta em contato térmico com igual quantidade m do material B , cujo calor específico é $c_B = 0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$. Os materiais em contato foram isolados termicamente da vizinhança, e a temperatura de cada um foi medida ao longo do tempo até o equilíbrio térmico entre eles ser atingido. A figura mostra os gráficos de temperatura *versus* tempo, resultantes dessas medidas.



O calor específico c_A do material A vale:

- a) $0,44 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - b) $0,33 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - c) $0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - d) $0,11 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - e) $0,06 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
8. A água de uma piscina tem $2,0 \text{ m}$ de profundidade e superfície com 50 m^2 de área. Se a intensidade da radiação solar absorvida pela água dessa piscina for igual a 800 W/m^2 , o tempo, em horas, para a temperatura da água subir de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ para $22 \text{ }^\circ\text{C}$, por efeito dessa radiação, será, aproximadamente, igual a

Dados:

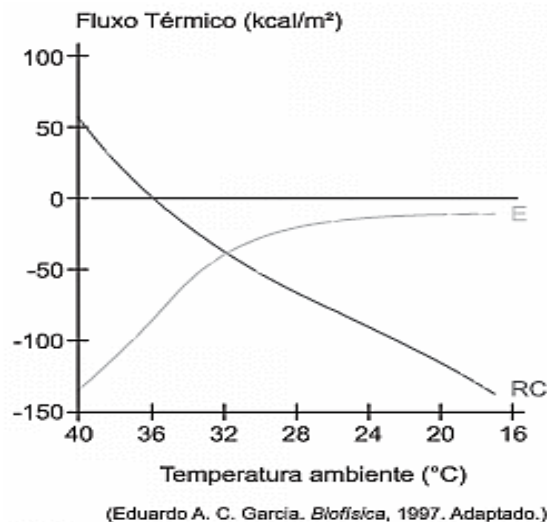
Densidade da água = 1 g/cm^3 ;

Calor específico da água = $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$;

$1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$

- a) 0,8
- b) 5,6
- c) 1,6
- d) 11
- e) 2,8

9. Foi realizada uma experiência em que se utilizava uma lâmpada de incandescência para, ao mesmo tempo, aquecer 100 g de água e 100 g de areia. Sabe-se que, aproximadamente, $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$ e que o calor específico da água é de $1 \text{ cal} / \text{g}^\circ\text{C}$ e o da areia é $0,2 \text{ cal} / \text{g}^\circ\text{C}$. Durante 1 hora, a água e a areia receberam a mesma quantidade de energia da lâmpada, 3,6 kJ, e verificou-se que a água variou sua temperatura em 8°C e a areia em 30°C . Podemos afirmar que a água e a areia, durante essa hora, perderam, respectivamente, a quantidade de energia para o meio, em kJ, igual a
- 0,4 e 3,0.
 - 2,4 e 3,6.
 - 0,4 e 1,2.
 - 1,2 e 0,4.
 - 3,6 e 2,4.
10. O gráfico mostra o fluxo térmico do ser humano em função da temperatura ambiente em um experimento no qual o metabolismo basal foi mantido constante. A linha azul representa o calor trocado com o meio por evaporação (E) e a linha vermelha, o calor trocado com o meio por radiação e convecção (RC).



Sabendo que os valores positivos indicam calor recebido pelo corpo e os valores negativos indicam o calor perdido pelo corpo, conclui-se que:

- em temperaturas entre 36°C e 40°C , o corpo recebe mais calor do ambiente do que perde.
- à temperatura de 20°C , a perda de calor por evaporação é maior que por radiação e convecção.
- a maior perda de calor ocorre à temperatura de 32°C .
- a perda de calor por evaporação se aproxima de zero para temperaturas inferiores a 20°C .
- à temperatura de 36°C , não há fluxo de calor entre o corpo e o meio.

Gabarito

1. A

Da expressão:

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{mc}$$

O fluido arrefecedor deve receber calor e não sofrer sobreaquecimento. Então, o fluido deve ter alto calor específico.

2. A

O calor específico do recheio é maior do que a da massa, variando menos rapidamente sua temperatura.

3. D

Desprezando a capacidade térmica da garrafa, pela equação do sistema termicamente isolado calculamos a temperatura de equilíbrio (T_e):

$$\sum Q = 0 \rightarrow Q_{fria} + Q_{quente} = 0 \rightarrow \frac{m}{3}c(T_e - 10) + \frac{2m}{3}c(T_e - 40) = 0$$

$$T_e = 30^\circ C$$

O módulo da variação de temperatura é:

$$|\Delta T| = |T_f - T_e| = |16 - 30| = 14^\circ C$$

Calculando a variação percentual:

$$\frac{|\Delta T|}{T_e} \cdot 100 = \frac{14}{30} \cdot 100 \approx 46,7\%$$

4. E

A potência utilizada (P_U) na evaporação da água é 20% da potência total (P_T) necessária para manter o metabolismo.

$$P_U = 0,2 \cdot 120 = 24W$$

Sabendo que:

$$Q = P_U \cdot \Delta t \text{ e } Q = mL$$

$$mL = P_U \Delta t$$

$$m = \frac{P_U \Delta t}{L} = \frac{24(2.3600)}{540.4} = 80g$$

5. C

Considerando sistema termicamente isolado:

$$Q_{café} + Q_{leite} + Q_{adoçante} = 0$$

$$(dVc\Delta\theta)_{café} + (dVc\Delta\theta)_{leite} + (dVc\Delta\theta)_{adoçante} = 0$$

$$50 \cdot 1 \cdot (\theta - 80) + 100 \cdot 0,9 \cdot (\theta - 50) + 2 \cdot 2 \cdot (\theta - 20) = 0$$

$$\theta = \frac{8580}{144} \approx 59,6^\circ C$$

6. E

A propagação de energia oriunda do Sol é por irradiação.

As luvas são feitas de materiais isolantes térmicos, dificultando a condução de calor.

7. D

$$Q_A + Q_B = 0$$

$$mc_A(20 - 100) + m \cdot 0,22 \cdot (20 - (-20)) = 0$$

$$c_A = 0,11 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

8. B

Calculando a massa de água:

$$V = A_{base} h$$

$$d = \frac{m}{V}$$

$$d = \frac{m}{A_{base} h} \rightarrow m = d A_{base} h = 10^3 \cdot 50 \cdot 2 = 10^5 \text{ kg}$$

Calculando a potência absorvida:

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow P = IA = 800 \cdot 50 = 4 \cdot 10^4 \text{ W}$$

Da definição de potência e da equação do calor sensível:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow Q = P \Delta t$$

$$Q = mc \Delta \theta$$

$$\Delta t = \frac{mc \Delta \theta}{P} = \frac{10^5 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 2}{4 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{20000}{3600} \text{ h} \approx 5,6 \text{ h}$$

9. C

Calculando a quantidade de calor absorvida por cada uma das amostras:

$$Q_{\text{água}} = (m \cdot c \cdot \Delta \theta)_{\text{água}} = 100 \cdot 4,8 = 3200 \text{ J} = 3,2 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{areia}} = (m \cdot c \cdot \Delta \theta)_{\text{areia}} = 100 \cdot 0,8 \cdot 30 = 2400 \text{ J} = 2,4 \text{ kJ}$$

As quantidades de energias perdidas são:

$$E_{\text{água}} = 3,6 - 3,2 = 0,4 \text{ kJ}$$

$$E_{\text{areia}} = 3,6 - 2,4 = 1,2 \text{ kJ}$$

10. D

Análise gráfica.

O gráfico indica que as perdas de calor por evaporação (linha azul, curva E) decrescem com a diminuição da temperatura ambiente. Mantido o comportamento monotônico associado a essa função, espera-se que essas perdas se aproximem de zero para temperaturas inferiores a 20 °C, tal como sugere a alternativa D.

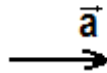
Vetores

Resumo

Operações Vetoriais

- **Multiplicação de um escalar por um vetor**

Supondo o vetor abaixo:



Direção: Horizontal

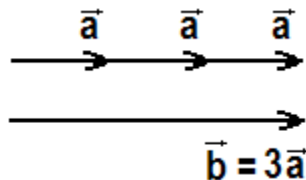
Sentido: Para direita

Módulo ou intensidade: $a = 1$ unidade de medida (u.m.)

[para simplificar vamos escrever o módulo do vetor apenas como a .]

Calculando o módulo do vetor b tal que $b=3a$ (o vetor b é o resultado da multiplicação do número (escalar) 3 pelo vetor a).

Ex.:



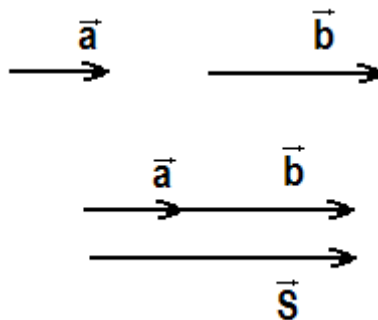
Portanto, pode-se concluir que o resultado do módulo de b vale 3 unidades.

Obs.: É importante notar que quando se multiplica um vetor por um número escalar, sua direção e sentido não são alterados, porém caso o escalar seja negativo, a direção do vetor permanece a mesma, mas seu sentido será invertido.

Adição de vetores:

- **Mesma direção e sentido**

Neste caso é feita a soma algébrica dos vetores.

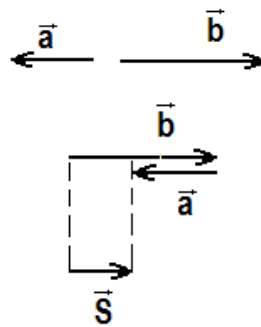


$a = 1$ u.m.

$b = 2$ u.m.

$S = a + b = 3$ u.m.

- **Mesma direção e sentidos opostos**

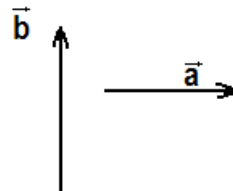


$S = b - a = 1 \text{ u.m.}$

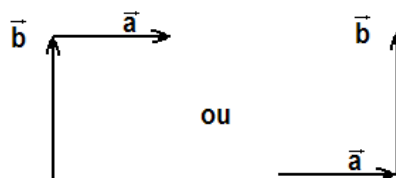
Obs.: Embora a conta seja uma conta de subtração o desenho é o vetor soma. Isto acontece porque a soma vetorial não representa uma soma escalar comum.

- **Direções perpendiculares**

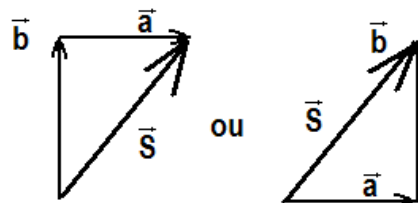
$a = 3 \text{ u.m.}$
 $b = 4 \text{ u.m.}$



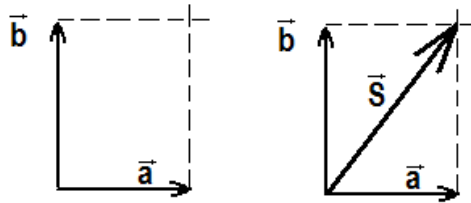
O vetor soma é dado pela junção dos vetores, sempre colocando a ponta do primeiro vetor junto do final do 2º vetor como na figura abaixo:



O vetor soma (S) será representado graficamente como uma seta que liga o final do 1º vetor ao início do 2º vetor.
 Assim:

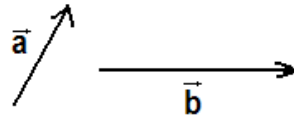


Isso é equivalente a fazer a regra do paralelogramo, onde se traçam retas paralelas aos vetores.

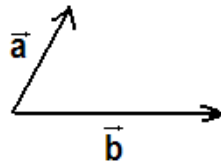


Para calcular o valor do vetor S (seu módulo) é preciso usar o Teorema de Pitágoras:
 $S^2 = a^2 + b^2$ $S^2 = 9 + 16 = 25$ $S = 5 \text{ u.m.}$

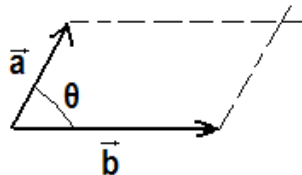
• **Direções quaisquer**



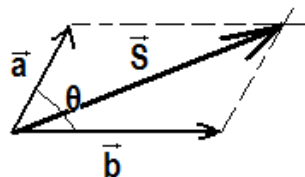
Diferentemente do caso anterior, agora é útil usar a Regra o Paralelogramo, uma vez que não é possível aplicar Pitágoras.
 Sendo assim, os vetores devem ser colocados de tal forma que estejam unidos pela origem.



São traçadas retas paralelas aos vetores;



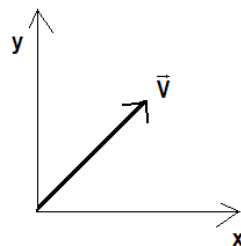
O vetor S será o vetor que tem como origem o encontro das origens dos demais vetores e como fim o encontro das retas paralelas aos vetores.



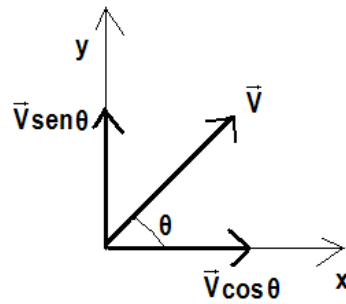
Desta forma é possível calcular o módulo de S utilizando a fórmula a seguir:

$$S^2 = a^2 + b^2 + 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \theta$$

Obs.: Decomposição Vetorial. Fazer a decomposição é projetar o vetor em suas componentes ortogonais (eixo x e y).



Usa-se o ângulo para escrever as componentes.

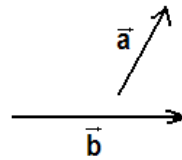


- **Subtração de vetores:**

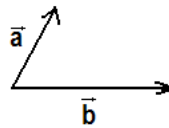
A subtração de vetores pode ser entendida como a soma de um vetor com seu sentido contrário.

$$a - b = a + (-b)$$

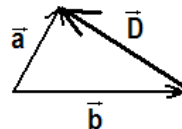
Agora, supondo um vetor $D = a - b$.



Unindo os vetores pela origem.



O desejado é o vetor $D = a - b$, este vetor pode-se ser representado como sendo um vetor que vai do final do vetor b ao final do vetor a.



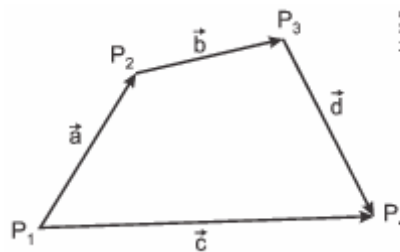
Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. O estudo da Física em duas e três dimensões requer o uso de uma ferramenta matemática conveniente e poderosa conhecida como vetor. Sobre os vetores, assinale o que for correto.
 - (01) A direção de um vetor é dada pelo ângulo que ele forma com um eixo de referência qualquer dado.
 - (02) O comprimento do segmento de reta orientado que representa o vetor é proporcional ao seu módulo.
 - (04) Dois vetores são iguais somente se seus módulos correspondentes forem iguais.
 - (08) O módulo do vetor depende de sua direção e nunca é negativo.
 - (16) Suporte de um vetor é a reta sobre a qual ele atua.

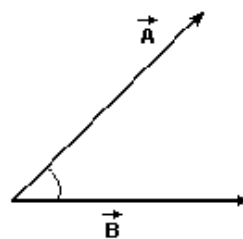
Soma: ()

2.

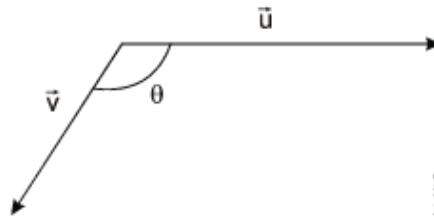


Uma partícula move-se do ponto P_1 ao P_4 em três deslocamentos vetoriais sucessivos, \vec{a} , \vec{b} e \vec{d} . Então o vetor de deslocamento \vec{d} é

- a) $\vec{c} - (\vec{a} + \vec{b})$
 - b) $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$
 - c) $(\vec{a} + \vec{c}) - \vec{b}$
 - d) $\vec{a} - \vec{b} + \vec{c}$
 - e) $\vec{c} - \vec{a} + \vec{b}$
3. Os deslocamentos A e B da figura formam um ângulo de 60° e possuem módulos iguais a 8,0 cm. Calcule os módulos dos deslocamentos $A + B$, $A - B$ e $B - A$ e desenhe-os na figura.

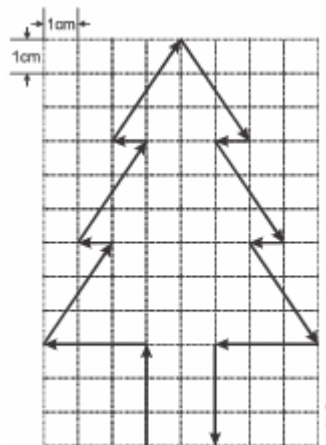


4. Os vetores \vec{u} e \vec{v} , representados a seguir, têm módulos, respectivamente, iguais a 8 e 4, e o ângulo θ mede 120° .



Qual o módulo do vetor $\vec{u} - \vec{v}$?

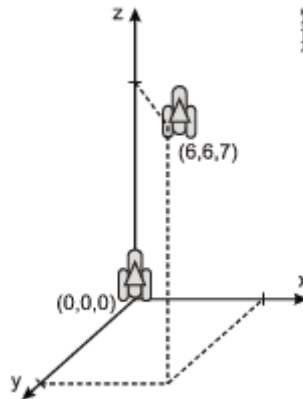
- a) $3\sqrt{7}$
 - b) $4\sqrt{7}$
 - c) $5\sqrt{7}$
 - d) $3\sqrt{5}$
 - e) $4\sqrt{5}$
5. Considere a árvore de natal de vetores, montada conforme a figura a seguir.



A alternativa correta que apresenta o módulo, em cm, do vetor resultante é:

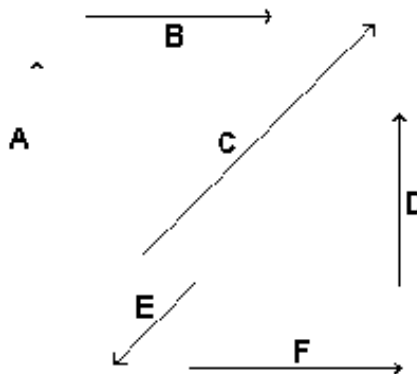
- a) 4
- b) 0
- c) 2
- d) 6

6. Um foguete foi lançado do marco zero de uma estação e após alguns segundos atingiu a posição (6,6,7) no espaço, conforme mostra figura. As distâncias são medidas em quilômetros.



Considerando que o foguete continuou sua trajetória, mas se deslocou 2 km para frente na direção do eixo-x, 3 km para trás na direção do eixo-y, e 11 km para frente, na direção do eixo-z, então o foguete atingiu a posição.

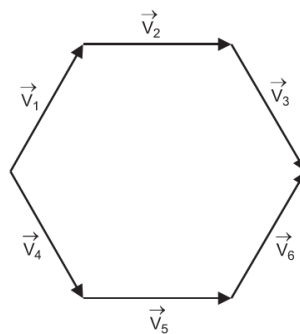
- a) (17, 3, 9)
 - b) (8, 3, 18)
 - c) (6, 18, 3)
 - d) (4, 9, -4)
 - e) (3, 8, 18)
7. Observe a figura a seguir e determine quais as flechas que:



- a) tem a mesma direção.
- b) tem o mesmo sentido.
- c) tem o mesmo comprimento.
- d) são iguais.

8. Os ponteiros de hora e minuto de um relógio suíço têm, respectivamente, 1 cm e 2 cm. Supondo que cada ponteiro do relógio é um vetor que sai do centro do relógio e aponta na direção dos números na extremidade do relógio, determine o vetor resultante da soma dos dois vetores correspondentes aos ponteiros de hora e minuto quando o relógio marca 6 horas.
- O vetor tem módulo 1 cm e aponta na direção do número 12 do relógio.
 - O vetor tem módulo 2 cm e aponta na direção do número 12 do relógio.
 - O vetor tem módulo 1 cm e aponta na direção do número 6 do relógio.
 - O vetor tem módulo 2 cm e aponta na direção do número 6 do relógio.
 - O vetor tem módulo 1,5 cm e aponta na direção do número 6 do relógio.

9. Com seis vetores de módulos iguais a $8u$, construiu-se o hexágono regular abaixo.



O módulo do vetor resultante desses seis vetores é igual a:

- $64u$
 - $32u$
 - $16u$
 - $8u$
 - zero
10. Um homem segue este itinerário: Parte de sua casa, percorre quatro quadras para leste, três quadras para o norte, três quadras para leste, seis quadras para o sul, três quadras para oeste, três quadras para o sul, duas quadras para leste, duas quadras para o sul, oito quadras para oeste, seis quadras para o norte, e duas quadras para leste. A que distância e em que direção está ele de seu lar?

Gabarito

1. 01 + 02 + 04 + 16 = 23

Justificando, quando se julgar necessário:

[01] Correta. O comprimento do segmento de reta orientado que representa o vetor é proporcional ao seu módulo. A constante de proporcionalidade é dada pela escala adotada.

[02] Correta.

[04] Correta. Para que dois vetores sejam iguais é condição necessária que seus módulos sejam iguais, embora não seja suficiente. Eles devem ter também mesma direção e mesmo sentido.

[08] Incorreta. O módulo de um vetor não depende de sua direção, mas sim, da intensidade da grandeza física que ele representa.

[16] Correta. A direção de um vetor é a da reta que dá sua linha de ação.

2. A

Aqui temos uma soma vetorial em que para determinarmos o vetor resultante, utilizamos a regra do polígono da seguinte forma:

$$\vec{a} + \vec{b} + \vec{d} = \vec{c}$$

Logo, isolando o vetor \vec{d} da equação, temos a resposta:

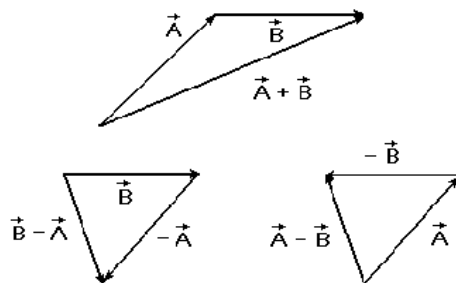
$$\vec{d} = \vec{c} - (\vec{a} + \vec{b})$$

3.

$$|A + B| = 8\sqrt{3}m$$

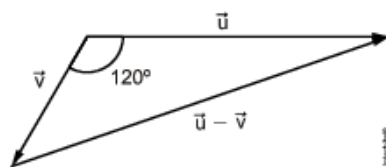
$$|A - B| = |B - A| = 8m$$

Observe a figura a seguir:



4. B

Considere a figura.



Pela Lei dos Cossenos, segue que

$$|\vec{u} - \vec{v}|^2 = |\vec{u}|^2 + |\vec{v}|^2 - 2 \cdot |\vec{u}| \cdot |\vec{v}| \cdot \cos 120^\circ$$

$$|\vec{u} - \vec{v}|^2 = 8^2 + 4^2 - 2 \cdot 8 \cdot 4 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)$$

$$|\vec{u} - \vec{v}| = \sqrt{112}$$

$$|\vec{u} - \vec{v}| = 4\sqrt{7}$$

5. C

A questão é puramente uma questão de vetores. Para resolvê-la, basta utilizar a regra do polígono, que diz que o vetor soma de n vetores consecutivos é dada pela união entre o início do primeiro vetor com o final do último. Assim, pela figura, o módulo do vetor soma é 2 cm .

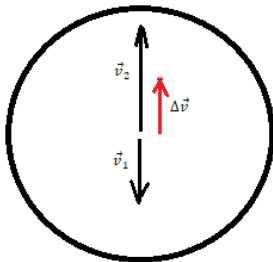
6. B

Supondo que "para trás" signifique um deslocamento no sentido negativo, e "para frente" corresponda a um deslocamento no sentido positivo de cada eixo, segue que a posição atingida pelo foguete é dada por $(6 + 2, 6 - 3, 7 + 11) = (8, 3, 18)$.

7.

- a) A e D; B e F; C e E
- b) A e D; B e F
- c) B e D
- d) Nenhum par.

8. A



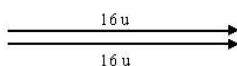
$$\vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \Delta \vec{v}$$

$2 - 1 = 1 \text{ cm}$, direção vertical, para cima.

9. B

Podemos primeiro somar \vec{v}_1, \vec{v}_2 e \vec{v}_3 e depois \vec{v}_4, \vec{v}_5 e \vec{v}_6

Por geometria vemos que essas duas somas resultam em dois vetores com módulo igual a $16u$.



Dessa forma, o módulo do vetor resultante é igual a $16u + 16u = 32u$.

10. Temos então:

$$4L + 3N + 3L + 6S + 3O + 3S + 3O + 3S + 2L + 2S + 8O + 6N + 2L = 11L + 9N + 14S + 14O$$

Como:

$$O = -L$$

$$S = -N$$

Temos que:

$$11L + 9N + 14(-N) + 14(-L) = -3L - 5N$$

Como estas direções são perpendiculares entre si a solução é dada pelo teorema de Pitágoras:

$$d = \sqrt{3^2 + 5^2} = \sqrt{34} \cong 5,8 \text{ quadras}$$

Leis de Newton

Resumo

1ª Lei de Newton – Princípio da Inércia

Um corpo, livre de forças externas (ou com a resultante delas sendo igual a zero) estará realizando um MRU ou estará em repouso.

A inércia é uma propriedade da matéria que consiste na resistência ao estado de movimento, seja ele o repouso ou MRU. Quando um cavalo está em movimento e dá uma pausa brusca, o cavaleiro é projetado para frente por inércia. Da mesma forma, ao acelerar um carro, a pessoa sente suas costas fazendo uma força contra o banco.

2ª Lei de Newton – Princípio Fundamental da Dinâmica

A resultante das forças aplicadas a um ponto material de massa m produz uma aceleração tal que: Os vetores força e aceleração têm sempre mesma direção e sentido, pois a massa é sempre positiva. A unidade padrão no SI para a Força é o Newton ($N = \text{Kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$).

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

3ª Lei de Newton – Ação e Reação

Quando um corpo A exerce uma força num corpo B, este exerce em A uma outra força. Essas forças terão mesma intensidade, direção e sentidos opostos.

$$|\vec{F}_A| = |\vec{F}_B|$$



Peso

Força de interação entre qualquer corpo de massa m com um campo gravitacional e pode ser calculado com a equação:

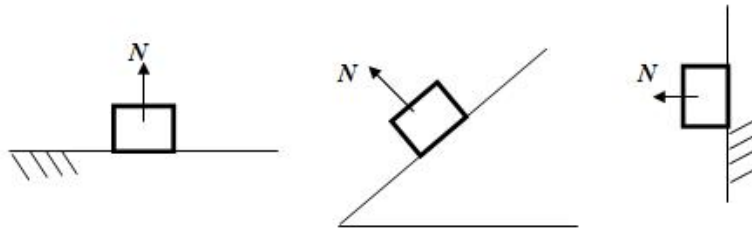
$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Onde g é a aceleração da gravidade local. Note que, como a massa é sempre maior do que zero, P tem sempre a mesma direção e sentido de g .

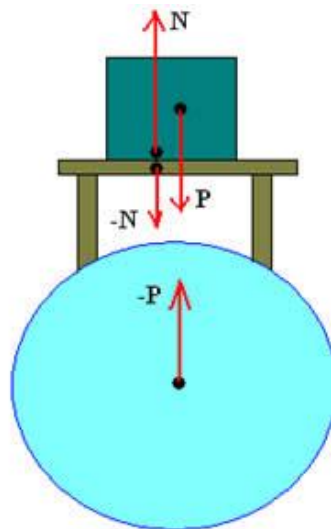
Normal

Força de interação de um corpo e uma superfície. A força normal será sempre perpendicular à superfície e no sentido da superfície para o corpo.

Não existe uma equação específica para calcular a força normal, deverá ser feita uma análise das forças aplicadas na direção da normal e, por um sistema linear, determinar seu valor.



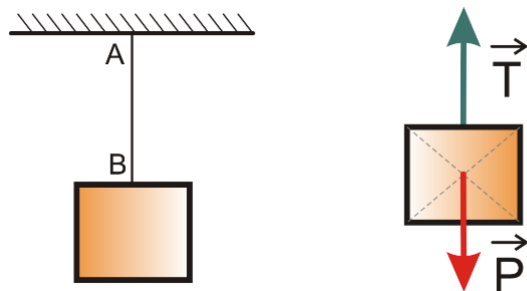
ATENÇÃO: Normal não forma par ação e reação com o Peso!!!



Tração

Força que aparece sempre em cabos, fios e cordas quando esticados. Cada pedaço da corda sofre uma tração, que pode ser representada por um par de forças iguais e contrárias que atuam no sentido do alongamento da corda.

Dinamômetro: disposto que pode ser acoplado à corda para medir a intensidade da força de tração.



Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. O peso de um corpo depende basicamente de sua massa e da aceleração da gravidade em um local. A tirinha a seguir mostra que o Garfield está tentando utilizar seus conhecimentos de Física para enganar o seu amigo.



De acordo com os princípios da Mecânica, se Garfield for para esse planeta:

- ficará mais magro, pois a massa depende da aceleração da gravidade.
 - ficará com um peso maior.
 - não ficará mais magro, pois sua massa não varia de um local para outro.
 - ficará com o mesmo peso.
 - não sofrerá nenhuma alteração no seu peso e na sua massa.
2. O texto abaixo é um pequeno resumo do trabalho de Sir Isaac Newton (1643 – 1727) e refere-se à(s) seguinte(s) questões de Física.

Sir Isaac Newton foi um cientista inglês, mais reconhecido como físico e matemático, embora tenha sido também astrônomo, alquimista, filósofo natural e teólogo.

Devido à peste negra, em 1666, Newton retorna à casa de sua mãe e, neste ano de retiro, constrói suas quatro principais descobertas: o Teorema Binomial, o Cálculo, a Lei da Gravitação Universal e a natureza das cores.

Foi Newton quem primeiro observou o espectro visível que se pode obter pela decomposição da luz solar ao incidir sobre uma das faces de um prisma triangular transparente (ou outro meio de refração ou de difração), atravessando-o e projetando-se sobre um meio ou um anteparo branco, fenômeno este conhecido como dispersão da luz branca.

No artigo "Nova teoria sobre luz e cores" (1672) e no livro *Óptica* (1704), Newton discutiu implicitamente a natureza física da luz, fornecendo alguns argumentos a favor da materialidade da luz (Teoria Corpuscular da Luz).

Construiu o primeiro telescópio de reflexão em 1668.

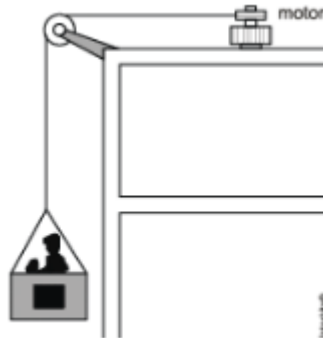
Em 1687, publica *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (*Princípios matemáticos da filosofia natural*), em três volumes, obra na qual enunciou a lei da gravitação universal, generalizando e ampliando o trabalho de Kepler. Nesta obra descreve, além das três leis de Newton, que fundamentam a Mecânica Clássica, o movimento dos corpos em meios resistentes, vibrações isotérmicas, velocidade do som, densidade do ar, queda dos corpos na atmosfera, pressão atmosférica, resumindo suas descobertas.

O trabalho de Newton é atemporal e um dos alicerces da Mecânica Clássica tal como a conhecemos.

De acordo com as Leis do Movimento de Newton, a atração gravitacional da Terra confere peso aos objetos fazendo com que caiam quando são soltos no ar (como a atração é mútua, a Terra também se move em direção aos objetos, mas apenas por uma ínfima fração). Sendo o peso de um corpo, na Terra, de 360 N, qual será este peso, na Lua, onde a aceleração da gravidade é um sexto da aceleração da gravidade na Terra?

- 60 N
- 120 N
- 180 N
- 360 N

3. Para transportar os operários numa obra, a empresa construtora montou um elevador que consiste numa plataforma ligada por fios ideais a um motor instalado no telhado do edifício em construção. A figura mostra, fora de escala, um trabalhador sendo levado verticalmente para cima com velocidade constante, pelo equipamento. Quando necessário, adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Preocupada com as normas de segurança, a empresa responsável pelo elevador afixou a placa mostrada a seguir, indicando a carga máxima que pode ser transportada por ele.



Considerando-se as unidades de medidas estabelecidas pelo Sistema Internacional, quem escreveu os dizeres da placa cometeu um erro e, para corrigi-lo, bastaria trocar “600 kg” por

- a) 600000 g
 - b) 0,6 kgf
 - c) 60 N
 - d) 600 N
 - e) 6000 N
4. O texto a seguir refere-se à(s) seguinte(s) questão(ões). Leia-o com atenção!

A TERRA É AZUL!

Em 1961, um homem – Yuri Gagarin – subia, pela primeira vez, ao espaço. O feito posicionou os russos na frente da corrida espacial travada com os Estados Unidos após o fim da Segunda Guerra. Em 2011, comemorando 5 décadas dessa façanha.

Em 12 de abril de 1961, Yuri Alekseevich Gagarin estava a bordo da espaçonave Vostok-1, lançada de uma plataforma em Baikonur, no Cazaquistão, por um foguete Soyuz. Durante o voo, que durou 108 minutos, sendo 90 minutos efetivamente no espaço, completou uma órbita ao redor da Terra, viajando a uma velocidade aproximada de 27 mil km/h. Na descida, foi ejetado da nave quando estava a 7 km de altura e chegou ao solo suavemente, com o auxílio de paraquedas.

Em órbita, Gagarin fez algumas anotações em seu diário de bordo. Porém, ao tentar usá-lo, o diário flutuou e voltou para ele sem o lápis, que estava conectado ao livro por uma mola. A partir de então, todos os registros tiveram que ser feitos por meio de um gravador de voz. Como ele era ativado por som, a fita ficou logo cheia, pois muitas vezes o equipamento era ativado pelos ruídos na cápsula. Durante o voo, Gagarin se alimentou e tomou água, mantendo contato contínuo com a Terra por rádio, em diferentes canais, telefone e telégrafo. Ele foi o primeiro ser humano a ver a Terra do espaço. Pôde vê-la como um todo e, entre as observações que fez, uma é marcante. Impressionado com o que via, afirmou: “A Terra é azul!”.

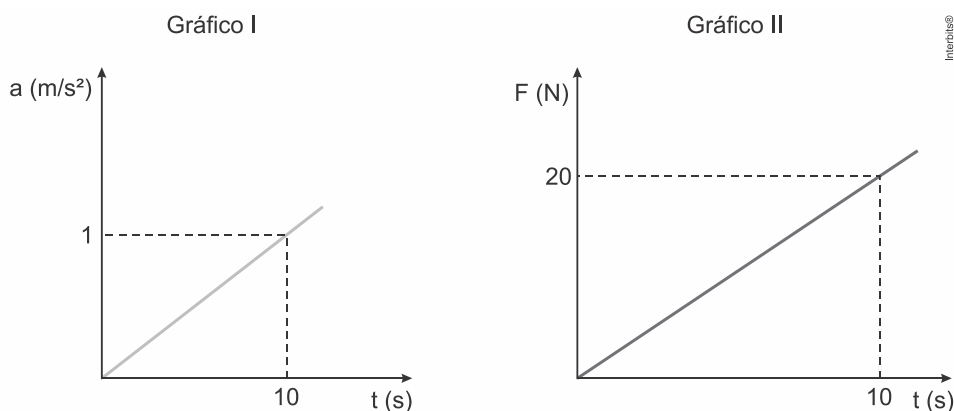
(Trecho adaptado a partir de matéria publicada na *Revista Ciência Hoje*, vol. 47, ed. 280. p. 72-73)

Por: Othon Winter

“Na descida, foi ejetado da nave quando estava a 7 km de altura e chegou ao solo suavemente, com o auxílio de paraquedas.”

Após o paraquedas ter sido aberto, entendendo-se que o astronauta passou a descer com velocidade escalar constante, a resultante das forças que atuava sobre Gagarin era igual

- a) ao seu peso.
 - b) ao seu peso e ao peso do paraquedas.
 - c) a força da resistência do ar.
 - d) a zero.
5. Um corpo de 20 kg de massa cai em queda livre de uma altura de 2 m. Considerando a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, é correto afirmar que, durante a queda, o corpo atrai a Terra com:
- a) força desprezível, aproximadamente zero.
 - b) força menor que 200 N
 - c) força superior a 200 N
 - d) força igual a 200 N
 - e) uma força cada vez maior à medida que se aproxima do chão.
6. Um objeto de 3,10 kg é liberado por um astronauta, a partir do repouso, e cai em direção à superfície do planeta Marte. Calcule a força peso em Newtons sobre o objeto, expressando o resultado com o número de algarismos significativos apropriado. Considere a aceleração da gravidade $g_{\text{Marte}} = 3,69 \text{ m/s}^2$
- a) 31,0
 - b) 11,439
 - c) 11,44
 - d) 11,4
 - e) 6,79
7. Em uma academia, a aceleração de uma esteira e a resultante da força exercida sobre ela foram medidas ao longo de 10 s. Os resultados estão representados nos gráficos abaixo.



Com base nos gráficos, determine, em quilogramas, a massa da esteira.

- a) $m = 20 \text{ kg}$
- b) $m = 10 \text{ kg}$
- c) $m = 1 \text{ kg}$
- d) $m = 200 \text{ kg}$
- e) $m = 2 \text{ kg}$

8. Em 2006, foi criado o “O Dia Mundial do Pulo”, uma iniciativa organizada na internet (www.worldjumpday.org), pelo artista alemão Torsten Lauschmann, alegando ser um Professor Hans Peter Niesward do Instituto de Física Gravitacional de Munique. No dia 20 de julho às 07h39 (horário de Brasília), a organização do evento planejou ter 600 milhões de pessoas do hemisfério ocidental pulando simultaneamente, com o objetivo de mover a Terra para uma nova órbita e, desse modo, criar condições para diminuir o aquecimento global.

Do ponto de vista da Física, essa proposta:

- a) é correta, pois a quantidade de movimento das pessoas após o pulo é pouco menor que a quantidade de movimento da Terra.
 - b) é correta, pois a ação das pessoas sobre a Terra criaria uma reação igual e contrária que alteraria a sua rotação.
 - c) é falsa, pois a força que as pessoas fariam seria radial no sentido do centro da Terra, o que não alteraria sua rotação.
 - d) é falsa, pois a força que as pessoas fariam sobre a Terra é uma força interna entre elementos do próprio planeta.
9. Dois carros que transportam areia se deslocam sem atrito na horizontal e sob a ação de duas forças constantes e iguais. Ao longo do deslocamento, há vazamento do material transportado por um furo em um dos carros, reduzindo sua massa total.

Considerando que ambos partiram do repouso e percorrem trajetórias paralelas e retas, é correto afirmar que após um intervalo de tempo igual para os dois, a velocidade do carro furado, se comparada à do outro carro,

- a) é menor e o carro furado tem maior aceleração.
 - b) é maior e o carro furado tem menor aceleração.
 - c) é menor e o carro furado tem menor aceleração.
 - d) é maior e o carro furado tem maior aceleração.
10. Um objeto colocado em uma balança de pratos é equilibrado por uma massa de 13 kg. Quando o objeto é colocado em uma balança de mola, o mostrador indica 13 kg. Todo o conjunto (objeto, balança de pratos, pesos da balança de pratos e balança de mola) é transportado pela empresa SpaceX para o planeta Marte, onde a aceleração em queda livre é 2,6 vezes menor que a aceleração em queda livre na Terra.

As leituras da balança de pratos e da balança de mola, em Marte, são, respectivamente:

- a) 13 kg e 13 kg
- b) 13 kg e 5 kg
- c) 5 kg e 5 kg
- d) 5 kg e 13 kg
- e) 13 kg e 34 kg

Gabarito

1. C

Mudando-se para um planeta de menor gravidade, o peso de Garfield será menor, mas sua massa permanecerá a mesma.

2. A

$$P_{\text{Lua}} = m \cdot g_{\text{Lua}} = m \cdot \frac{g_{\text{Terra}}}{6} = \frac{P_{\text{Terra}}}{6} = \frac{360}{6} = 60\text{N.}$$

3. E

Peso é uma força, portanto deve ser medido em newtons.

$$P = mg = 600(10) \Rightarrow P = 6.000 \text{ N.}$$

4. D

Se a descida foi com velocidade constante, é porque a força peso e a força de resistência do ar que atuavam sobre o conjunto Gagarin-paraquedas estavam equilibradas, ou seja, pelo Princípio da Inércia, a resultante era nula.

5. D

Pelo princípio da ação-reação, as forças de interação entre o corpo e a Terra têm a mesma intensidade, igual ao peso do corpo.

$$F_{\text{corpo/Terra}} = F_{\text{Terra/corpo}} = P = mg = 20 \times 10 = 200 \text{ N.}$$

6. D

$$P = mg = 3,10 \times 3,69 = 11,4390\text{N}$$

O resultado deve ser expresso com o mesmo número de algarismos significativos da parcela mais pobre. As duas medidas têm três algarismos significativos. O resultado também deve ser expresso com três significativos.

Resultado: 11,4N.

7. A

Supondo que a força mostrada no gráfico seja a resultante, para o instante 10 s, têm-se

$F = 20\text{N}$ e $a = 1\text{ m/s}^2$. Aplicando o princípio fundamental da dinâmica:

$$F = m a \Rightarrow m = \frac{F}{a} = \frac{20}{1} \Rightarrow \boxed{m = 20 \text{ kg.}}$$

8. D

A ação de forças internas não alteram o estado de movimento, pois estão acompanhadas de seus pares ação e reação que possuem mesmo módulo e direção, mas sentidos contrários, sendo assim, o somatório dessas forças no sistema seria anulado. Para que conseguíssemos alterar a órbita da Terra, necessitaríamos um "empurrão" externo como um corpo de grande massa interagindo com o sistema Terra-Lua como um asteroide capturado pela gravidade da Terra, por exemplo. Resposta correta [D].

9. D

Considerando que essas forças sejam as resultantes, sendo elas constantes, os movimentos são retilíneos, havendo apenas acelerações tangenciais. De acordo com o Princípio Fundamental da Dinâmica (2ª Lei de Newton), a aceleração é inversamente proporcional à massa.

$$a = \frac{F_R}{m}$$

Então, no carro furado, de menor massa, a aceleração é **maior**, acarretando **maior** velocidade.

10. B

A balança de pratos retornará o mesmo valor de massa, pois funciona por comparação com uma massa já conhecida e independe da aceleração em queda livre.

Para a balança de pratos, teremos:

$$P_{Terra} = 13g_{Terra} \text{ e } P_{Marte} = 13g_{Marte} = \frac{13g_{Terra}}{2,6}$$

$$\frac{P_{Marte}}{P_{Terra}} = \frac{13g_{Terra}}{2,6} \cdot \frac{1}{13g_{Terra}} \Rightarrow P_{Marte} = \frac{P_{Terra}}{2,6}$$

Portanto, como o peso em Marte será 2,6 vezes menor que na Terra, a massa medida também seguirá a mesma relação, ou seja, $\frac{13 \text{ kg}}{2,6} = 5 \text{ kg}$.

Principais forças da dinâmica

Resumo

Após o estudo das Leis de Newton, podemos definir as principais forças que usamos na Dinâmica: força peso, força normal, força elástica, tração e força de atrito.

Para uma melhor análise, o estudo da força de atrito terá uma aula específica e não será considerada neste material.

Peso

Força de interação entre qualquer corpo de massa m com um campo gravitacional e pode ser calculado com a equação:

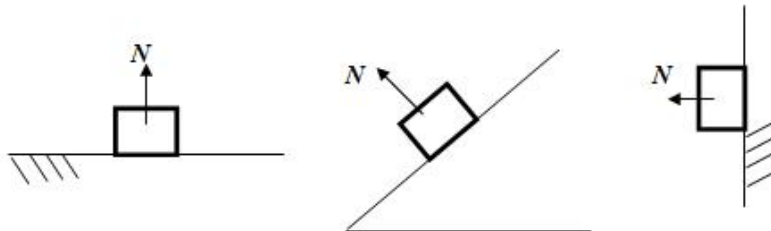
$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Onde g é a aceleração da gravidade local. Note que, como a massa é sempre maior do que zero, P tem sempre a mesma direção e sentido de g .

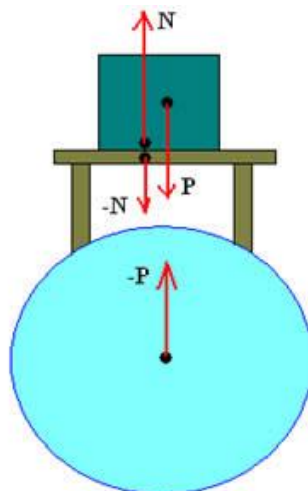
Normal

Força de interação de um corpo e uma superfície. A força normal será sempre perpendicular à superfície e no sentido da superfície para o corpo.

Não existe uma equação específica para calcular a força normal, deverá ser feito uma análise das forças aplicadas na direção da normal e, por um sistema linear, determinar seu valor.



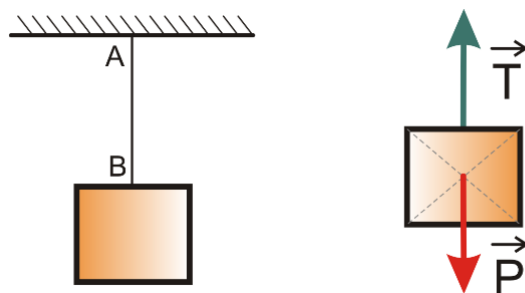
ATENÇÃO: Normal não forma par ação e reação com o Peso!!!



Tração

Força que aparece sempre em cabos, fios e cordas quando esticados. Cada pedaço da corda sofre uma tração, que pode ser representada por um par de forças iguais e contrárias que atuam no sentido do alongamento da corda.

Dinamômetro: disposto que pode ser acoplado à corda para medir a intensidade da força de tração.



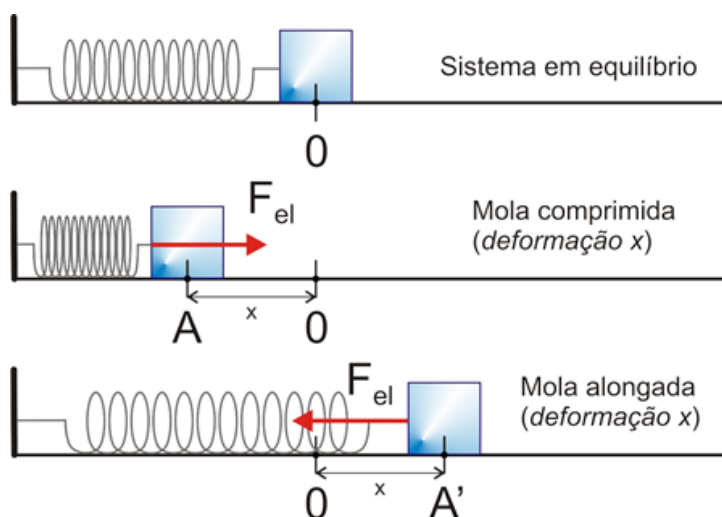
Força elástica

Força que aparece durante a deformação de algum corpo com características elásticas, ou seja, que pode ser deformado durante a aplicação de uma força e que tem a capacidade de voltar ao seu tamanho original assim que a força for cessada. Corda de borracha, elásticos e molas são os exemplos mais comuns em questões.

A força elástica é um vetor que tem mesma direção e sentido oposto à força aplicada para deformar a mola em questão, sendo assim chamada de força de restituição. O módulo da força elástica pode ser calculado pela equação:

$$F = -kx$$

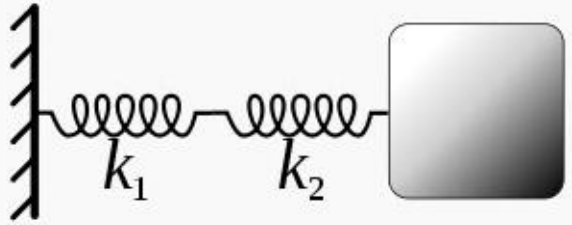
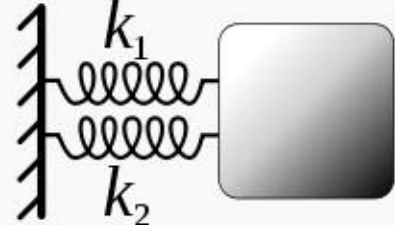
Onde K é o coeficiente de elasticidade (característica da mola) e x é a deformação sofrida pela mola.



Associação de Molas

Em algumas situações temos mais de uma mola se deformando como, por exemplo, no colchão de mola, onde as molas estão todas lado a lado e tem a mesma capacidade de se deformar, ou melhor, tem o mesmo coeficiente de elasticidade K .

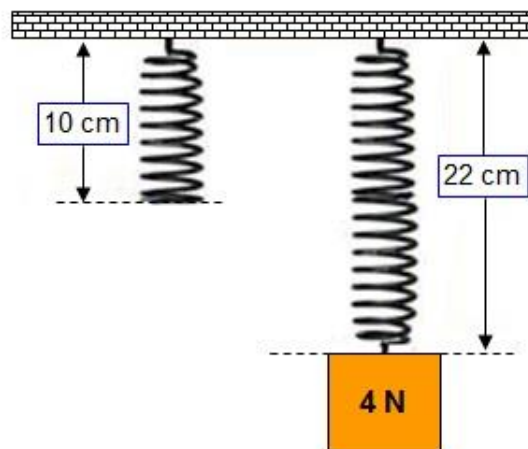
Ao fazer a associação de molas, podemos calcular o valor do coeficiente de elasticidade equivalente, ou seja, no lugar das molas de k_1 e k_2 , poderíamos simplesmente colocar uma mola de k_{eq} .

Duas molas em série	Duas molas em paralelo
	
$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$	$k_{eq} = k_1 + k_2$

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

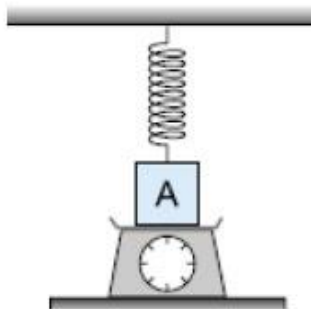
1. Um livro de peso igual a 4 N está apoiado, em repouso, na palma de sua mão. Complete as sentenças abaixo:
- Uma força para baixo de 4 N é exercida sobre o livro pela _____.
 - Uma força para cima de _____ é exercida sobre o(a) _____ pela mão.
 - A força para cima (item II) é reação à força para baixo (item I)? _____
- a) mão, 14 N, Terra, Sim.
b) Terra, 4 N, livro, Sim.
c) Terra, 4 N, Terra, Não.
d) Terra, 8 N, Terra, Sim.
e) Terra, 4 N, livro, Não.
2. Um astronauta de massa m e peso P foi levado da superfície da Terra para a superfície de um planeta cuja aceleração da gravidade, em módulo, é igual a um terço da aceleração da gravidade registrada na superfície terrestre. No novo planeta, os valores da massa e do peso desse astronauta, em função de suas intensidades na Terra, serão respectivamente:
- a) $\frac{m}{3}$, P
b) m , P
c) m , $\frac{P}{3}$
d) $\frac{m}{3}$, $\frac{P}{3}$
3. A mola varia seu comprimento de 10cm para 22cm quando penduramos em sua extremidade um corpo de 4N.



Determine o comprimento total dessa mola, quando penduramos nela um corpo de 6N.

- a) 28 cm.
- b) 38 cm.
- c) 18 cm.
- d) 20 cm.
- e) 40 cm.

4. A mola da figura tem constante elástica 20 N/m e encontra-se alongada de 20 cm sob a ação do corpo A cujo peso é 5,0 N. Nessa situação de equilíbrio, determinar a indicação da balança, graduada em Newtons.



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

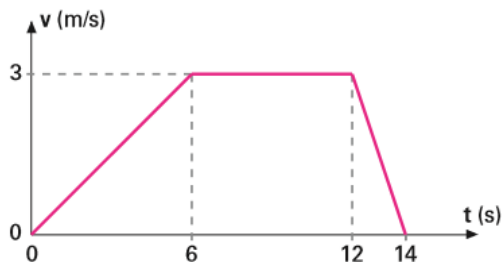
5. A figura a seguir mostra uma corrente formada por três elos. A massa de cada elo é de 100g e uma força vertical F puxa essa corrente para cima. A corrente sobe com uma aceleração de 3,0 m/s².



Considerando essas informações, o valor do módulo da força F que puxa a corrente; do módulo da força resultante que atua sobre o elo do meio e do módulo da força que o elo do meio faz sobre o elo de baixo, respectivamente:

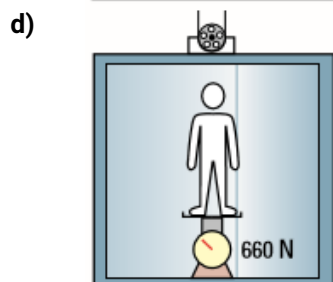
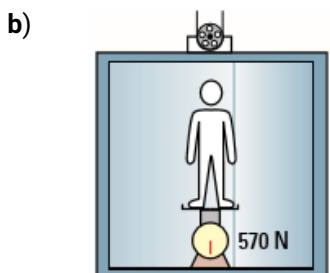
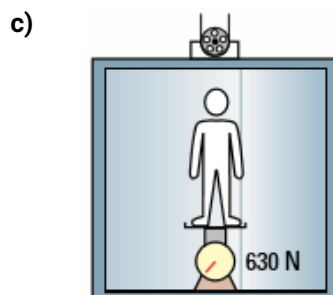
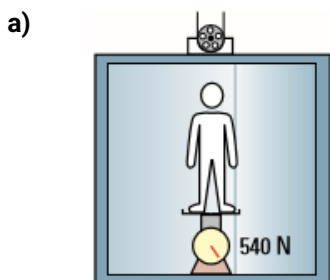
- a) 4,9N ; 0,5 N ; 1,2 N.
- b) 3,9N ; 0,4 N ; 1,2 N.
- c) 4,9N ; 0,3 N ; 1,5 N.
- d) 5,9N ; 0,3 N ; 1,3 N.
- e) 3,9N ; 0,3 N ; 1,3 N.

6. Uma carga de $10 \cdot 10^3 \text{ kg}$ é abaixada para o porão de um navio atracado. A velocidade de descida da carga em função do tempo está representada no gráfico da figura:

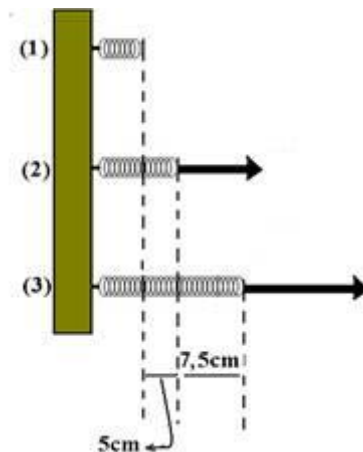


Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine os módulos das forças de tração T_1 , T_2 e T_3 , no cabo que sustenta a carga, entre 0 e 6 segundos, entre 6 e 12 segundos e entre 12 e 14 segundos, respectivamente.

- a) 10400 N
 - b) 10300 N
 - c) 10500 N
 - d) 10200 N
 - e) 10100 N
7. Uma balança na portaria de um prédio indica que o peso de Chiquinho é de 600 N. A seguir, outra pesagem é feita na mesma balança, no interior de um elevador, que sobe com aceleração de sentido contrário ao da aceleração da gravidade e módulo $a = g/10$ em que $g = 10 \text{ m/s}^2$. Nessa nova situação, o ponteiro da balança aponta para o valor que está indicado corretamente na seguinte figura:



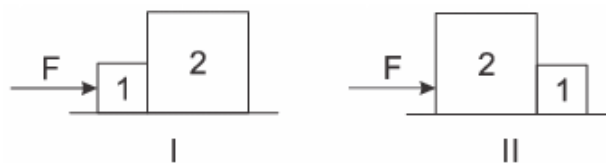
8. A mola da figura está:



- em (1) no seu tamanho natural
- em (2) tracionada por uma força de 10N
- em (3) tracionada por uma força de 25N

Podemos afimar, em relação à lei de Hooke:

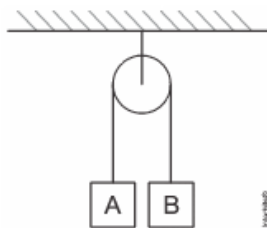
- a) A situação obedece à lei de Hooke completamente.
 - b) A situação não obedece à lei de Hooke, já que forças de modulo diferentes proporcionam expansões diferentes para mola.
 - c) A situação não obedece à lei de Hooke, já que o valor da constante da mole é diferente para ambos os casos.
9. Dois blocos, 1 e 2, são arranjados de duas maneiras distintas e empurrados sobre uma superfície sem atrito, por uma mesma força horizontal F . As situações estão representadas nas figuras I e II abaixo.



Considerando que a massa do bloco 1 é m_1 e que a massa do bloco 2 é $m_2 = 3m_1$, a opção que indica a intensidade da força que atua entre blocos, nas situações I e II, é, respectivamente,

- a) $F/4$ e $F/4$
- b) $F/4$ e $3F/4$
- c) $F/2$ e $F/2$
- d) $3F/4$ e $F/4$
- e) F e F

10. O sistema a seguir apresenta aceleração de 2 m/s^2 e a tração no fio é igual a 72 N . Considere que a massa de A é maior que a massa de B, o fio é inextensível e não há atrito na polia. A diferença entre as massas desses dois corpos é igual a
Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$



- a) 1 kg
- b) 3 kg
- c) 4 kg
- d) 6 kg

Gabarito

1. E

A questão ressalta a lei ação e reação.

2. C

Não há alteração na massa. Para o peso, temos que:

$$P = mg$$

$$P' = mg' = m \cdot \frac{g}{3}$$

$$\therefore P' = \frac{P}{3}$$

3. A

$$F = kx$$

$$4 = k(22 - 10)$$

$$k = 1/3 \frac{N}{cm}$$

Calculando a deformação:

$$F = kx$$

$$6 = \frac{1}{3}x$$

$$x = 18cm$$

Portanto, o comprimento é $18 + 10$ (inicial) = 28 cm.

4. B

$$F_r = P - F$$

$$P = 5N$$

$$F = kx = 20 \cdot 0,2 = 4N$$

$$F_r = 5 - 4 = 1N$$

5. E

$$F - P = ma \rightarrow F - 3 = 0,3 \cdot 3 \rightarrow F = 3,9 N.$$

$$\text{Só sobre o elo do meio: } F_R = ma = 0,1 \cdot 3 = 0,3 N.$$

$$\text{Elo de baixo: } T - P = ma \rightarrow T - 1 = 0,1 \cdot 3 \rightarrow T = 1,3 N.$$

6. C

Para todos os casos, teremos, de maneira generalizada:

$$T - P = ma$$

$$T - 1000 \cdot 10 = 1000 \cdot a$$

$$T = 1000 \cdot a + 10000$$

Agora, aplicando para T1, T2 e T3, temos:

$$T_1 = 1000.0,5 + 10000 = 10500 \text{ N}$$

$$T_2 = 1000.0 + 10000 = 10000 \text{ N}$$

$$T_3 = T_1 = 10500 \text{ N}$$

7. D

Elevador subindo:

$$N - P = ma$$

$$N = P + ma = 600 + 60. \left(\frac{g}{10}\right) = 660 \text{ N}$$

8. A

$$\text{Em 2} - F = kx \rightarrow 10 = k.5 \rightarrow k = 2 \text{ N/m}$$

$$\text{Em 3} - F = kx \rightarrow 25 = k.12,5 \rightarrow k = 2 \text{ N/m}$$

Sim, obedece à lei de Hooke, pois o k é constante.

9. D

Nos dois casos a aceleração tem o mesmo módulo:

$$F = (m_1 + m_2)a \rightarrow F = (m_1 + 3m_1)a \rightarrow F = 4m_1a \rightarrow a = \frac{F}{4m_1}$$

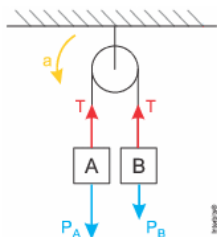
Calculando as forças de contato:

$$F_{12} = m_2a \rightarrow F_{12} = 3m_1 \frac{F}{4m_1} = \frac{3F}{4}$$

$$F_{21} = m_1a \rightarrow F_{21} = m_1 \frac{F}{4m_1} = \frac{F}{4}$$

10. B

Como a massa do bloco A é maior que a massa do bloco B, a tendência do sistema de blocos é "girar" no sentido anti-horário.



De acordo com o diagrama de forças acima, temos que:

$$F_R = m_A a = P_A - T$$

$$2m_A = 10m_A - 72$$

$$m_A = 9 \text{ kg}$$

$$F_R = m_B a = T - P_B$$

$$2m_B = 72 - 10m_B$$

$$m_B = 6 \text{ kg}$$

$$m_A - m_B = 9 - 6 = 3 \text{ kg}$$