



APOSTILA PREPARATÓRIA PARA A

# OBF

ORGANIZAÇÃO TIME VENN

NÍVEL 1



original TIMEVENN

Prezados,

A Física é uma das mais belas expressões do pensamento humano. Ela descreve, com elegância e precisão, os fenômenos que regem o universo — das menores partículas às maiores galáxias. Muito além de fórmulas e equações, a Física nos ensina a pensar de forma lógica, crítica e criativa. Nesta apostila, buscamos compartilhar uma parte do imenso conhecimento construído ao longo de séculos por cientistas que dedicaram suas vidas à busca por respostas. Esperamos que sua jornada pelo mundo da Física seja repleta de descobertas e inspiração! A seguir, algumas dicas valiosas para potencializar seu aprendizado.

### **1 ► Construa uma base sólida**

Domine bem os fundamentos da Física: cinemática, leis de Newton, conservação de energia, eletrostática, entre outros. Esses pilares são essenciais para compreender os temas mais avançados e resolver problemas complexos.

### **2 ► Estude com profundidade**

Em olimpíadas, mais importante do que estudar uma infinidade de temas, é entender profundamente os principais conceitos. Foque na intuição física por trás das fórmulas e desenvolva raciocínios bem fundamentados.

### **3 ► Mantenha a curiosidade científica viva**

Pergunte-se constantemente: “por que isso acontece?” ou “como isso funciona?”. A Física começa com a curiosidade sobre o mundo e se fortalece com a busca por explicações claras e coerentes.

### **4 ► Desistir, jamais!**

Mais importante do que uma medalha, é o conhecimento e o crescimento pessoal adquiridos ao longo dos estudos, essa é a verdadeira conquista. Torne o processo prazeroso, divertido e desafiador. Confiamos em vocês e boa sorte em suas jornadas olímpicas!

Atenciosamente,

**André Aredes, Enzo Medeiros, Letícia Nogueira, Maria Antônia Caux, Maria Clara Andrade e Tiago Magalhães.**

Agradecimentos especiais pelos trabalhos de: Júlia Soares, Luís Costa, Matheus Albeny e Miguel Toledo.

# ÍNDICE

## A. Mecânica Clássica

A.1. Cinemática .....	2
A.2. Leis de Newton e suas aplicações .....	16
A.3. Trabalho, potência e energia .....	23
A.4. Impulso, quantidade de movimento e sua conservação .....	31
A.5. Estática .....	36
A.6. Gravitação .....	44

## B. Termologia

B.1. Termometria .....	48
B.2. O calor e sua propagação .....	52
B.3. Calorimetria .....	61

<b>Lista de Aproximações e Constantes.....</b>	<b>69</b>
------------------------------------------------	-----------

# BIBLIOGRAFIA

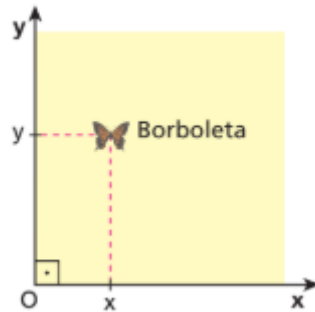
- Helou, Gualter e Newton - Tópicos de Física (Volume 1)
- Helou, Gualter e Newton - Tópicos de Física (Volume 2)
- H. Moysés Nussenzveig - Curso de Física Básica: Mecânica (Volume 1)
- H. Moysés Nussenzveig - Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor (Volume 2)
- Mazur - Principles & Practise of Physics
- Kamal - 1000 Solved Problems in Classical Physics
- Saraeva - Problemas Seleccionados de Física Elementar

# A. Mecânica Clássica

## A.1. Cinemática

### Espaço

Considere uma borboleta pousada em uma parede. A sua posição/espaco (S) em relação à parede pode ser dada pelas coordenadas lidas em um sistema de eixos cartesianos ortogonais associados à parede, conforme mostra a figura.



Observe que a borboleta pode movimentar-se livremente pela parede e até mesmo sair dela. Não sabemos de antemão qual a trajetória que ela vai seguir, mas, se ela se movimentar no plano da parede, sempre poderemos dar a sua posição por meio de uma abscissa  $x$  e de uma ordenada  $y$ . E a variação do espaço é a diferença entre a posição final e a posição inicial ( $\Delta S$ )

### Velocidade Média

Velocidade escalar média entre dois instantes é a variação de espaço ocorrida, em média, por unidade de tempo (horas, minutos, segundos...):

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

$$\text{km/h} \div 3,6 = \text{m/s}$$

### Movimento Retilíneo Uniforme

No MRU, a posição varia com o tempo de forma constante, ou seja, a aceleração é igual a zero.

Função horária (expressão que permite obter o valor do espaço num instante qualquer do movimento):

$$S = S_0 + vt$$

## Velocidade Relativa

Para corpos em sentidos opostos:  $v_r = v_a + v_b$



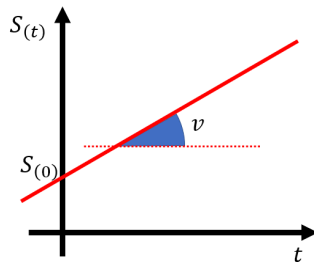
Para corpos em sentidos iguais:  $v_r = v_a - v_b$



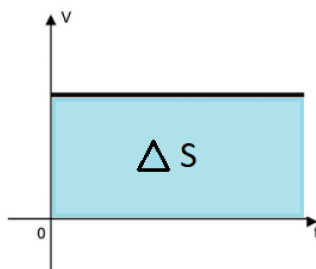
## Gráfico do MRU

$S(t)$  = **função afim**, gráfico é uma linha reta.

Velocidade é numericamente igual à tangente do ângulo de inclinação do gráfico.



$v(t)$  = **função constante**. Área do gráfico é numericamente igual ao  $\Delta S$ .



## Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Movimento no qual a velocidade escalar varia com o passar do tempo, ou seja, definido por uma aceleração, que no caso é constante e diferente de zero.

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

**Movimento acelerado:** No processo de decolagem, um avião pode realizar, com boa aproximação, um movimento uniformemente variado acelerado visto que a velocidade e aceleração têm o mesmo sinal.

**Movimento retardado:** Durante a freagem, um automóvel pode realizar um movimento uniformemente variado retardado visto que a velocidade e aceleração têm sinais opostos.

Funções:

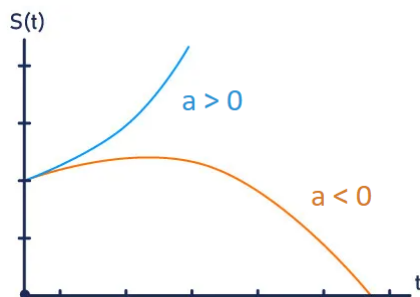
$$v = v_0 + at$$

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

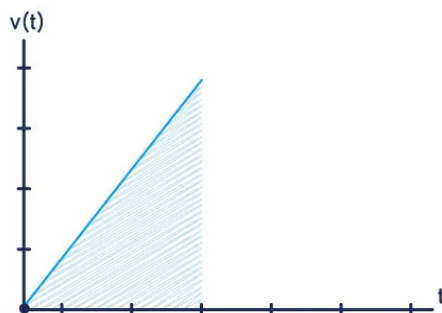
$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$$

### Gráfico do MRUV

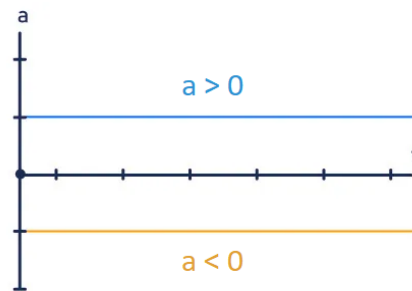
$S(t)$  = **função quadrática**. Se a aceleração for positiva, a concavidade fica para cima. Se a aceleração for negativa, a concavidade fica para baixo. No vértice ocorre inversão de sentido.



$v(t)$  = **função afim**. Aceleração é numericamente igual à tangente do ângulo de inclinação da reta. A área do gráfico é numericamente igual ao  $\Delta S$ .



$a(t) = \text{função constante}$ . Área do gráfico é numericamente igual a  $\Delta v$ .



### Equações da queda livre

$$v = gt$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = 2gh$$

### Lançamento vertical

Utilizar as funções do MRUV, mas tomando cuidado com os sinais. Definir o sentido positivo no início do exercício.

O tempo de subida é igual ao tempo de descida.

### Movimento Circular

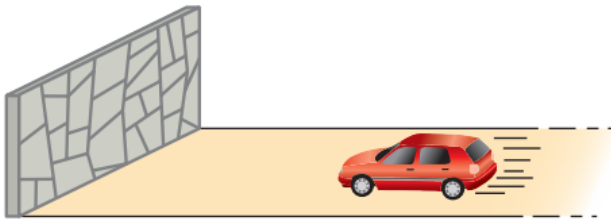
- Velocidade angular:  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$
- Relação:  $v = \omega R$
- Aceleração centrípeta:  $a_{cp} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

# EXERCÍCIOS

1. (Tópicos) Enquanto o professor escreve na lousa:

- a) o giz está em repouso ou em movimento em relação à lousa?
- b) a lousa está em repouso ou em movimento em relação ao chão?
- c) a lousa está em repouso ou em movimento em relação ao giz?

2. (Tópicos) Um automóvel aproxima-se de um paredão, como ilustra a figura:



É **incorreto** afirmar que:

- a) o automóvel está em movimento em relação ao paredão.
- b) o paredão está em movimento em relação ao automóvel.
- c) o paredão está em repouso em relação ao solo.
- d) o motorista está em repouso em relação ao automóvel, mas em movimento em relação à superfície da Terra.
- e) o paredão está em repouso em relação ao automóvel.

3. (Tópicos) Sobre uma reta orientada, são dados ordenadamente os pontos **A**, **B** e **C**, tais que  $AB = BC = d$ . Um ponto material move-se nessa reta com velocidade escalar média  $v_1$  de A a B e com velocidade escalar média  $v_2$  de B a C. Determine a velocidade escalar média desse ponto material de A a C.

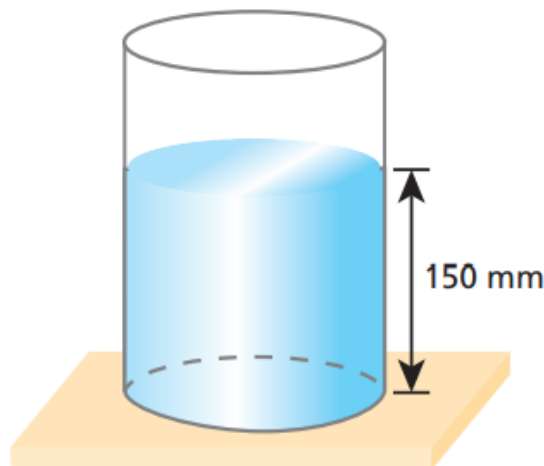
4. (Tópicos) Uma partícula desloca-se do ponto A até o ponto B.



Na primeira terça parte do percurso, sua velocidade escalar média vale  $v_1$ ; na segunda terça parte, vale  $v_2$ , e na terceira,  $v_3$ . Determine a velocidade escalar média no percurso total de A até B.

5. (Tópicos) Há um bom tempo, para multar motoristas com velocidade superior a 90 km/h, um guarda rodoviário acionava seu cronômetro quando avistava o automóvel passando pelo marco A e fazia a leitura no cronômetro quando via o veículo passar pelo marco B, situado a 1500 m de A. Um motorista passou por A a 144 km/h e manteve essa velocidade durante 10 segundos, quando percebeu a presença do guarda. Que velocidade média ele teve de manter em seguida para não ser multado?

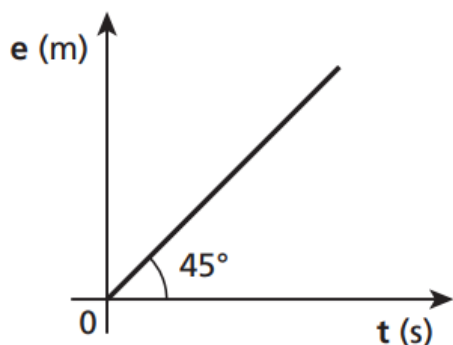
6. (Tópicos) Num dia chuvoso, um vaso cilíndrico, inicialmente vazio, ficou exposto à chuva o dia todo. Cessada a chuva, verificou-se que o nível da água dentro do vaso estava a 150 mm de altura em relação ao fundo, conforme mostra a figura. Diz-se, então, que ocorreu uma chuva de 150 mm. Essa altura seria diferente se o vaso cilíndrico fosse mais largo, ou seja, se o diâmetro de sua embocadura fosse maior?



7. (Fuvest) Um automóvel e um ônibus trafegam em uma estrada plana, mantendo velocidades constantes em torno de 100 km/h e 75 km/h, respectivamente. Os dois veículos passam lado a lado em um posto de pedágio. Quarenta minutos depois, nessa mesma estrada, o motorista do ônibus vê o automóvel ultrapassá-lo. Ele supõe, então, que o automóvel deva ter realizado, nesse período, uma parada com duração aproximada de:

- a) 4 minutos.   b) 10 minutos.   c) 25 minutos.   d) 7 minutos.   e) 15 minutos.

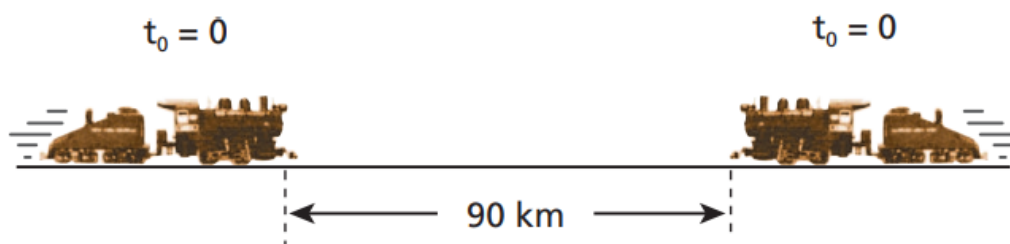
8. (ITA) Um estudante observou o movimento de um móvel durante certo tempo. Verificou que o móvel descrevia um movimento retilíneo e anotou os valores de espaço ( $e$ ) e de tempo ( $t$ ) correspondentes, construindo o gráfico da figura abaixo.



Pode-se afirmar que:

- a velocidade do móvel é constante e vale  $1,0 \text{ m/s}$ , tendo em vista que o ângulo que a reta faz com o eixo dos tempos é de  $45^\circ$ .
- a velocidade do móvel é constante e vale  $1/\sqrt{2} \text{ m/s}$
- a velocidade do móvel é constante e vale aproximadamente  $1,4 \text{ m/s}$ .
- faltam dados para calcular a velocidade do móvel.
- a aceleração e a velocidade do móvel estão indeterminadas.

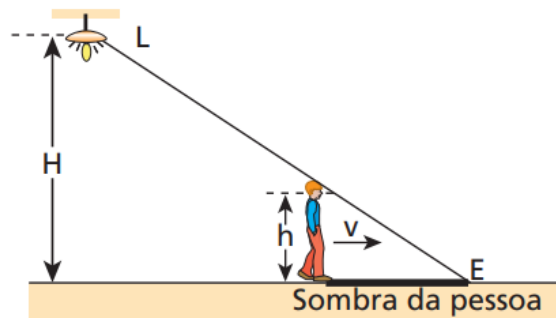
9. (Tópicos) Dois trens movem-se nos mesmos trilhos, ambos a  $45 \text{ km/h}$ , em sentidos opostos, como representa a figura:



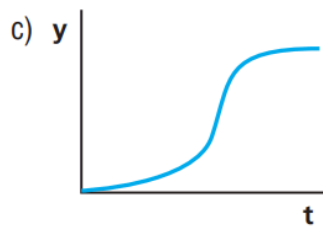
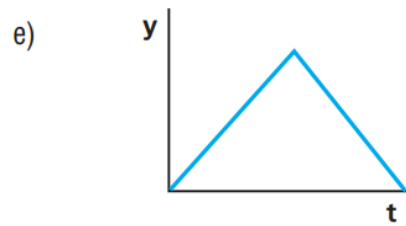
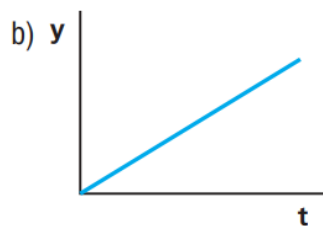
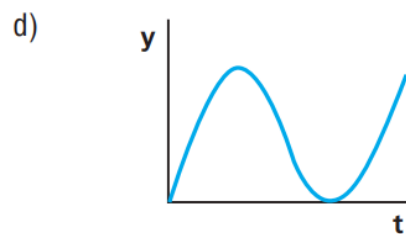
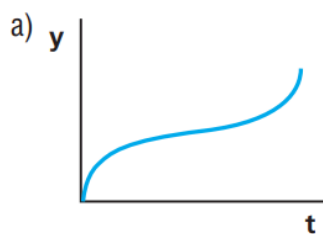
No instante  $t_0 = 0$ , correspondente à situação da figura, uma supermosca passa a voar em linha reta entre os trens, fazendo um vaivém de um ao outro até ser esmagada. Admitindo que ela voe com velocidade de módulo constante e igual a  $120 \text{ km/h}$ , determine:

- o instante em que os trens colidem;
- a distância total percorrida pela supermosca desde  $t_0 = 0$  até ser esmagada.

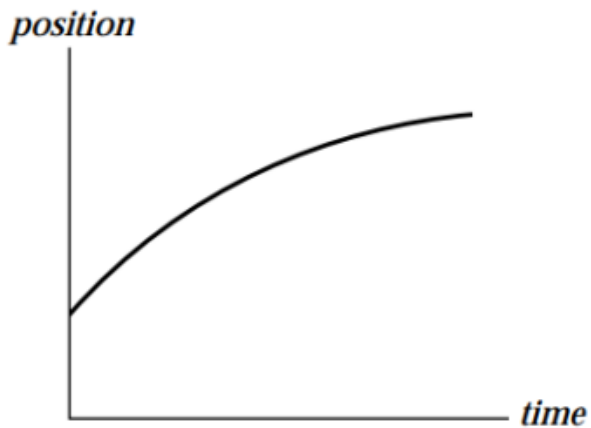
10. (Tópicos) À noite, numa quadra esportiva, uma pessoa de altura  $h$  caminha em movimento retilíneo e uniforme com velocidade escalar  $v$ . Apenas uma lâmpada  $L$ , que pode ser considerada uma fonte luminosa puntiforme e que se encontra a uma altura  $H$  do piso, está acesa. Determine, em função de  $H$ ,  $h$  e  $v$ , a velocidade escalar média  $v_E$  da extremidade  $E$  da sombra da pessoa projetada no chão.



11. (Olimpíada Paulista de Física) Uma taça de forma esférica, como mostra a figura ao lado, está sendo cheia com água a uma taxa constante. A altura do líquido,  $y$ , em função do tempo,  $t$ , pode ser representada graficamente por:

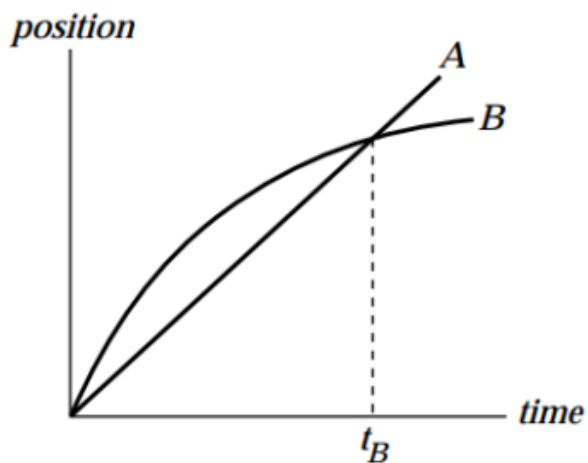


12. (Mazur) Um trem se move ao longo de trilhos retos. O gráfico abaixo mostra sua posição em função do tempo e indica que o trem:



- a) acelera ao longo de todo percurso
- b) freia durante todo o percurso
- c) acelera durante uma parte do percurso e depois freia ao longo da outra parte do caminho
- d) possui velocidade constante durante todo o trajeto

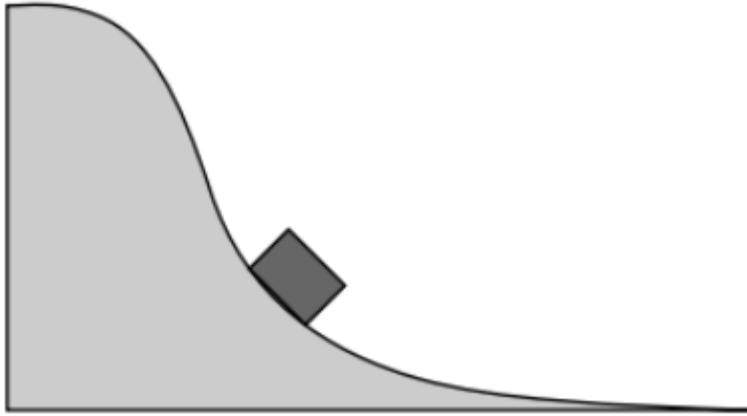
13. (Mazur) O gráfico abaixo ilustra a posição de dois trens que se locomovem em trilhos paralelos.



Marque a(s) opção(ões) corretas:

- a) No instante  $t_B$  os dois trens possuem a mesma velocidade
- b) Os dois trens estão acelerados durante todo o tempo
- c) Os dois trens possuem a mesma velocidade em algum instante antes de  $t_B$
- d) Em certo instante no gráfico, os dois trens possuem a mesma aceleração

14. (Mazur) A ilustração abaixo representa um carrinho descendo o trilho em uma montanha russa. Quando o carrinho desce um além do ilustrado o que ocorre com sua velocidade e aceleração? Desconsidere possíveis forças de atrito.



- a) Ambas diminuem
- b) A velocidade diminui e a aceleração aumenta
- c) Ambas permanecem constantes
- d) A velocidade aumenta e a aceleração diminui
- e) Ambas aumentam
- f) Nenhuma das opções acima

15. (OBF 2017) Qual deve ser a aceleração adquirida por um corpo de massa ( $m$ ), descendo um plano inclinado sem atrito, com uma velocidade inicial de  $1,0 \text{ m/s}$ , sabendo-se que ao fim do terceiro segundo de movimento, o corpo passou a ter o dobro da velocidade que possuía ao fim do primeiro segundo de movimento.

- a)  $2,0 \text{ m/s}^2$
- b)  $0,1 \text{ m/s}^2$
- c)  $1,5 \text{ m/s}^2$
- d)  $0,5 \text{ m/s}^2$
- e)  $1,0 \text{ m/s}^2$

16. (OBF 2017) Considere dois blocos de metal de mesmo volume, sendo que o peso de um é o dobro do outro, deslizando sobre uma mesa lisa e horizontal com a mesma velocidade. Desprezando-se a resistência do ar, após abandonarem a mesa:

- a) O bloco mais pesado atinge o solo aproximadamente na metade da distância horizontal que vai da base da mesa até o ponto onde o bloco mais leve bateu no solo;

- b) O bloco mais leve atinge o solo aproximadamente na metade da distância horizontal que vai da base da mesa até o ponto onde o bloco mais pesado bateu no solo;
- c) O bloco mais pesado atinge o solo bem mais próximo da base da mesa do que o bloco mais leve, mas não necessariamente na metade da distância horizontal;
- d) Os blocos atingem o solo a aproximadamente uma mesma distância horizontal da base da mesa;
- e) O bloco mais leve atinge o solo bem mais próximo da base da mesa do que o bloco mais pesado, mas não necessariamente na metade da distância horizontal.

17. (OBF 2017) Um ponto material executa um movimento circular uniforme num dado referencial plano. Do ponto de vista de um observador que percebe este movimento, é correto afirmar que:

- a) A aceleração vetorial da partícula é nula;
- b) A componente normal da aceleração é nula;
- c) A aceleração vetorial da partícula possui módulo constante;
- d) A força que age sobre a partícula é nula;
- e) O módulo da velocidade da partícula é variável.

18. (OBF 2020) Duas esferas de aço, partindo de alturas diferentes, uma a 20,0 m e a outra a 16,0 m do solo, devem atingi-lo ao mesmo tempo. A que está a 20,0 m é solta a partir do repouso. Considerando desprezível a resistência do ar, esta situação será possível se a outra for arremessada com uma velocidade de:

- a) 2,0 m/s vertical para baixo.
- b) 2,0 m/s vertical para cima.
- c) 1,0 m/s vertical para baixo.
- d) 1,0 m/s vertical para cima.
- e) a situação proposta não é possível.

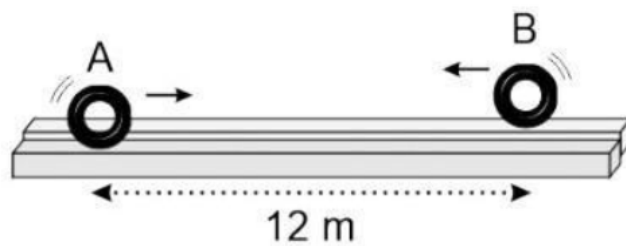
19. (OBF 2021) Um móvel passa por um ponto A descrevendo um movimento circular uniforme em torno de um ponto C. Após 3,0 s alcança, pela primeira vez, seu deslocamento máximo cujo módulo é igual a 12 cm. Qual será o módulo do deslocamento do móvel, em cm, 7,5 segundos após passar por A pela primeira vez? (Dica: deslocamento é uma grandeza vetorial.)

- a) 12

- b) 9,0
- c) 8,4
- d) 6,0
- e) 0,0

20. (OBF 2020) A figura representa dois corpos A e B movendo-se um no sentido do outro, em pistas paralelas, com velocidades iguais de módulo  $4,0 \text{ m/s}$ . Quando um está a  $12 \text{ m}$  do outro, A adquire uma aceleração constante de  $4,0 \text{ m/s}^2$  para a esquerda e B adquire uma aceleração de  $2,0 \text{ m/s}^2$  também para a esquerda. (Todas as grandezas medidas em relação à pista.) Considerando como zero o instante no qual se iniciaram as acelerações, os corpos irão se encontrar:

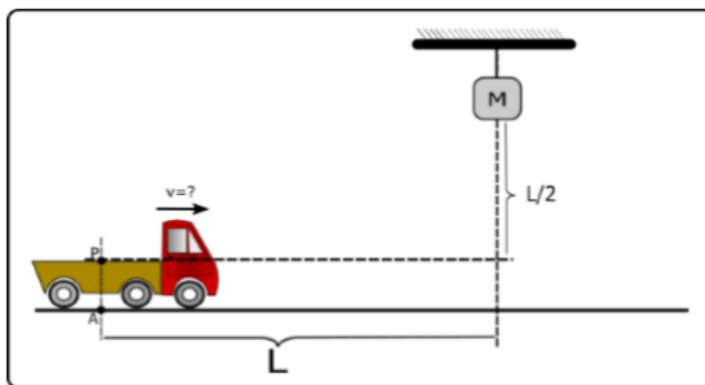
- a) no instante  $t = 1,5 \text{ s}$ .
- b) no instante  $t = 2,0 \text{ s}$ .
- c) no instante  $t = 3,0 \text{ s}$ .
- d) nos instantes  $t = 2,0 \text{ s}$  e  $t = 3,0 \text{ s}$ .
- e) nos instantes  $t = 2,0 \text{ s}$  e  $t = 6,0 \text{ s}$ .



21. (OBF 2021) Em uma cena para um filme de ação, uma carreta de  $30 \text{ metros}$  de comprimento se aproxima de um cruzamento com uma linha férrea. Quando ela está a  $20 \text{ metros}$  do trilho, o motorista vê um trem muito longo e a  $50 \text{ metros}$  do cruzamento se aproximando com uma velocidade de  $36 \text{ km/h}$ . Considere a velocidade do trem constante, que as duas vias são perpendiculares entre si e que o trem tem uma largura de  $5 \text{ m}$ . A cena exige que a carreta atravesse o cruzamento na frente do trem, sem colidir com ele. Qual é a menor velocidade, considerada constante e em  $\text{m/s}$ , que a carreta deve ter?

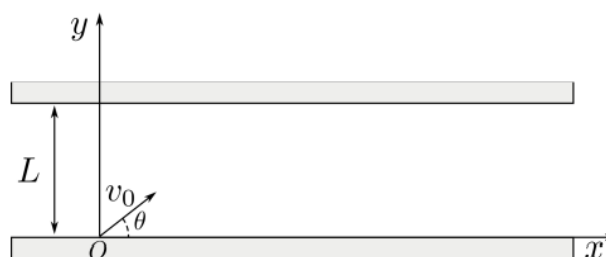
- a) 20
- b) 11
- c) 10
- d) 5
- e) 4

22. (OBF 2017) Um caminhão se desloca em MRU sobre uma estrada plana e horizontal. Um bloco M está suspenso a uma altura  $L/2$  da carroceria do caminhão. No momento em que o caminhão passa no ponto A o barbante de sustentação se rompe e o bloco cai em queda livre. Determine a velocidade do caminhão para que o bloco atinja sua carroceria no ponto P.



23. (OBF 2020) Em um laboratório de física, há uma pista plana e lisa, de largura  $L = 20,0$  cm, com pequenos furos por onde é forçada a passagem de jatos de ar. Sobre esta pista, desliza um pequeno disco de plástico com ação desprezível de forças dissipativas graças à camada de ar formada entre a superfície inferior do disco e a pista. Em estabelecimentos de diversão, as máquinas de hóquei de mesa apresentam um arranjo parecido com este. Considere que um disco é lançado do ponto  $O$ , no instante  $t = 0$ , obliquamente, com um ângulo  $\theta = 60^\circ$  e velocidade de módulo  $v_0 = 28,0$  cm/s, conforme ilustrado na figura. Suponha que o disco deslize pela superfície sem a ação de qualquer força resistiva e, ao colidir, ocorra apenas a inversão da componente  $y$  de sua velocidade. Usando o sistema de referências adotado na figura, passados  $4,00$  s, determine:

- a) número de colisões com as paredes;
- b) distância percorrida pelo disco, em cm;
- c) módulo do deslocamento em relação à posição inicial, em cm.



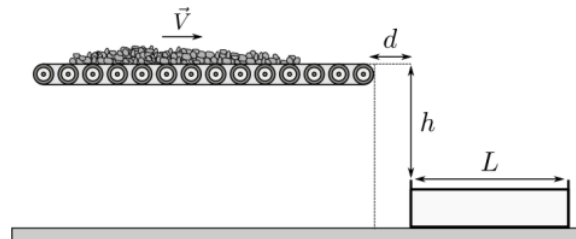
24. (OBF 2021) Um estudante de física está relaxando andando de skate que se move retilineamente em uma pista horizontal lisa em direção a um obstáculo composto por duas traves e uma haste horizontal. Em determinado instante, ele dá um pulo vertical e passa por cima da haste, quase tocando-a, e o skate, sem modificar sua velocidade, passa por baixo da haste. O skatista termina a sua manobra “aterrissando” no mesmo ponto da prancha do skate de onde pulou. Em



uma experiência de pensamento, ele imagina que a manobra poderia ser modelada por uma bolinha lançada verticalmente a partir da prancha do skate. Considerando essa experiência de pensamento e sabendo que a altura da haste horizontal em relação à prancha de skate é de 30 cm e que o skate se move com velocidade  $V_0$  constante de módulo 2 m/s, determine:

- A distância horizontal do ponto de lançamento da bolinha em relação à haste, em m, no instante em que a bolinha é lançada.
- O módulo da velocidade da bolinha, em m/s, em relação à pista de skate, no instante em que é ejetada.

**[DESAFIO]** 25. (OBF 2019) Uma esteira transporta cascalho até uma caçamba de comprimento  $L = 2,00$  m localizada à sua frente. A figura abaixo, na qual  $d = 1,50$  m e  $h = 2,50$  m, representa esquematicamente a situação de seu funcionamento. Suponha que a esteira se mova com velocidade constante e que o cascalho não rola nem escorrega sobre ela. Desconsiderando as dimensões do cascalho e o efeito resistivo do ar, determine o intervalo de velocidades no qual a esteira pode operar sem que o cascalho caia fora da caçamba.



## A.2. Leis de Newton e suas aplicações

### 1ª Lei de Newton (Princípio da Inércia)

**Inércia** = tendência do corpo de manter a sua velocidade vetorial, a menos que seja aplicado sobre ele uma força resultante.

### 2ª Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

$$F_R = ma$$

### 3ª Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação)

Para toda força existe uma reação de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto. Os pares ação-reação são aplicados em corpos diferentes, de modo que eles nunca se anulam.

### Força de Atrito

$$F_{at} = \mu N$$

Onde  $\mu$  é o coeficiente de atrito e  $N$  a força normal.

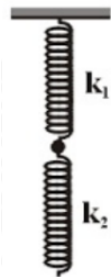
### Força Elástica

Lei de Hooke:

$F_{el} = -kx$ , onde  $k$  é o constante elástica da mola (N/m) e  $x$  é a deformação da mola.

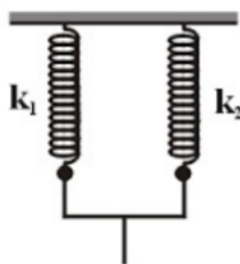
Associação de molas em série:

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$



Associação de molas em paralelo:

$$k_{eq} = k_1 + k_2$$



## EXERCÍCIOS

1. Seu colega lhe diz que a inércia é uma força que mantém as coisas em seus lugares, em repouso ou em movimento. Você concorda? Explique por quê.

2. (OBF 2017) Você empurra com velocidade constante um bloco retangular de madeira sobre um determinado piso, aplicando-lhe uma força  $F_1$ . Você decide virar o bloco de tal forma que ele fique agora com a face de menor área (duas vezes menor) sobre o piso. Nessa nova posição, para manter a mesma velocidade anterior, você deve aplicar uma força  $F_2$  que é aproximadamente:

- a) Quatro vezes maior que  $F_1$ ;
- b) Quatro vezes menor que  $F_1$ ;
- c) Igual a  $F_1$ ;
- d) A metade de  $F_1$ ;
- e) O dobro de  $F_1$ .

3. (OBF 2019) Durante uma aula sobre queda livre de corpos próximos à superfície da terra, um dos alunos do Professor Physicson perguntou: “Professor, qual o peso equivalente que uma pedrinha de massa 0,5 kg teria ao chegar ao solo, caindo em queda livre do 5º andar de um edifício?” Para responder a essa pergunta, o Professor escreveu no quadro quatro possíveis respostas:

- I. O peso da pedra não varia pelo fato de ela estar em repouso ou caindo;
- II. Considerando a altura total igual a 10,0 m, seria de 50,0 N;
- III. O peso da pedra varia conforme o solo, se ele é fofo ou duro;
- IV. A força que a pedra exerce sobre o solo depende se ele é fofo ou duro.

Analisando as afirmações, podemos acertadamente afirmar que:

- a) Somente III e IV estão corretas;
- b) Somente II e III estão corretas;
- c) Somente I e IV estão corretas;
- d) Todas estão corretas;
- e) Todas estão erradas.

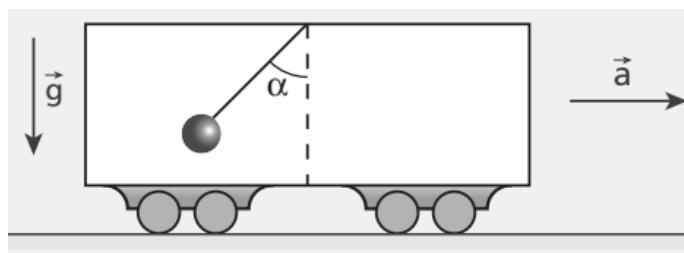
4. (OBF 2019) Considere as seguintes situações do cotidiano:

- I. Um carro, subindo uma rua de forte declive, em movimento retilíneo e uniforme;
- II. Um carro, percorrendo uma pista circular, com movimento uniforme;
- III. Um menino, lançando uma bola vertical para cima e atingindo o ponto mais alto de sua trajetória.

Analisando essas informações e identifique em qual(is) dela(s) a força resultante é nula:

- a) Somente em III;
- b) Somente em II;
- c) Em I e II;
- d) Em I, II e III;
- e) Somente em I.

5. (Tópicos) Considere um veículo, como o representado abaixo, em movimento retilíneo sobre um plano horizontal. Pelo fato de estar acelerado para a direita, um pêndulo preso ao seu teto desloca-se em relação à posição de equilíbrio, formando um ângulo  $\alpha$  com a vertical.

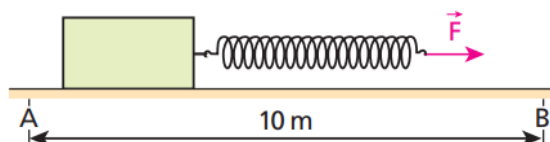


São conhecidos o ângulo  $\alpha$ , o módulo da aceleração da gravidade ( $g$ ) e a massa da esfera ( $m$ ) atada ao fio ideal.

- Qual o módulo da aceleração  $a$  do veículo?
- O módulo de  $a$  depende de  $m$ ?

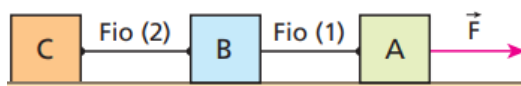
6. (Tópicos) Um corpo de massa  $4,0 \text{ kg}$  cai, a partir do repouso, no campo gravitacional terrestre, suposto de intensidade constante, de módulo  $10 \text{ m/s}^2$ . A força de resistência que o corpo recebe do ar durante a queda tem intensidade dada, em newtons, pela expressão  $F_r = 10v^2$ , em que  $v$  é o módulo de sua velocidade. Admitindo que a altura de queda seja suficientemente grande, calcule a velocidade-limite atingida pelo corpo.

7. (FEI) O bloco da figura, de massa  $m = 4,0 \text{ kg}$ , desloca-se sob a ação de uma força horizontal constante de intensidade  $F$ . A mola ideal, ligada ao bloco, tem comprimento natural (isto é, sem deformação)  $\ell_0 = 14,0 \text{ cm}$  e constante elástica  $K = 160 \text{ N/m}$ .



Desprezando-se as forças de atrito e sabendo-se que as velocidades escalares do bloco em A e B são, respectivamente, iguais a  $4,0 \text{ m/s}$  e  $6,0 \text{ m/s}$ , qual é, em centímetros, o comprimento da mola durante o movimento?

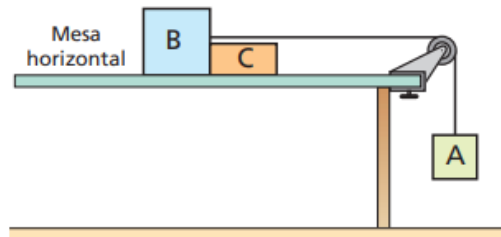
8. (Tópicos) Na montagem esquematizada na figura, os blocos A, B e C têm massas iguais a  $2,0 \text{ kg}$  e a força  $F$ , paralela ao plano horizontal de apoio, tem intensidade  $12 \text{ N}$ .



Desprezando todas as forças resistentes, calcule:

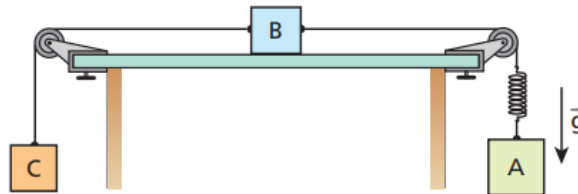
- o módulo da aceleração do sistema;
- as intensidades das forças de tração estabelecidas nos fios ideais (1) e (2).

9. (Tópicos) Na figura, os blocos A, B e C têm massas respectivamente iguais a  $3M$ ,  $2M$  e  $M$ ; o fio e a polia são ideais. Os atritos são desprezíveis e a aceleração da gravidade tem intensidade  $g$ .



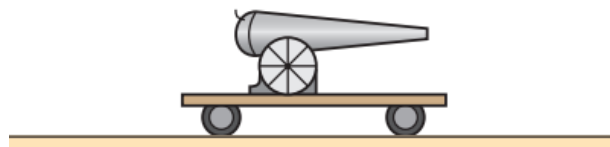
Admitindo os blocos em movimento sob a ação da gravidade, calcule as intensidades da força de tração no fio ( $T$ ) e da força de contato trocada por B e C ( $F$ ).

10. (Tópicos) Na montagem experimental abaixo, os blocos A, B e C têm massas  $m_A = 5,0$  kg,  $m_B = 3,0$  kg e  $m_C = 2,0$  kg. Desprezam-se os atritos e a resistência do ar. Os fios e as polias são ideais e adota-se  $|g| = 10$  m/s<sup>2</sup>.



No fio que liga A com B, está intercalada uma mola leve, de constante elástica  $3,5 \cdot 10^3$  N/m. Com o sistema em movimento, calcule, em centímetros, a deformação da mola.

11. (Tópicos) O esquema seguinte representa um canhão rigidamente ligado a um carrinho, que pode deslizar sem atrito sobre o plano horizontal.



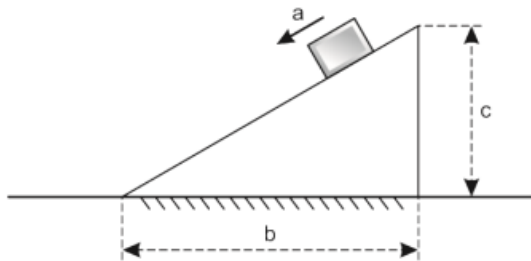
O sistema, inicialmente em repouso, dispara horizontalmente um projétil de 20 kg de massa, que sai com velocidade de  $1,2 \cdot 10^2$  m/s. Sabendo que a massa do conjunto canhão-carrinho perfaz  $2,4 \cdot 10^3$  kg e desprezando a resistência do ar, calcule o módulo da velocidade de recuo do conjunto canhão-carrinho após o disparo.

12. (OBF 2017) Considere um cavalo puxando um caixote que pesa 1300,0 kg, sobre um plano horizontal rugoso, à velocidade constante. A ação produzida pelo cavalo tem uma correspondente reação do caixote, evidenciada por um dinamômetro entre eles que indica 260,0 N de força. Nesse sentido, o coeficiente de atrito cinético entre a superfície e o caixote deve ser igual a:

- a) 0,01
- b) 0,20
- c) 0,10
- d) 0,30

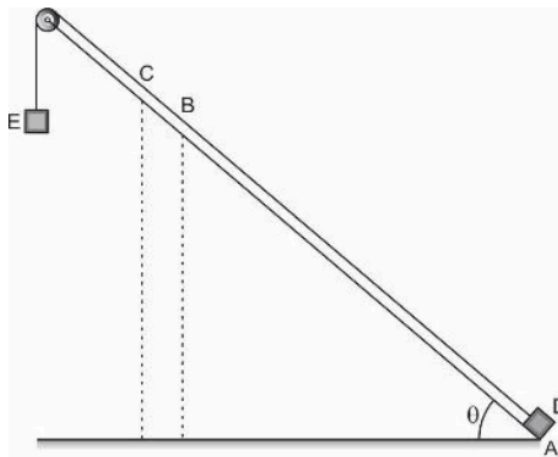
e) 0,02

13. (OBC) Um pequeno bloco de massa  $m$  desce um plano inclinado, fixo no solo. Seja  $\mu$  o coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e o plano inclinado. São dadas as dimensões  $b$  e  $c$  indicadas na figura. Seja  $g$  o módulo da aceleração da gravidade. A aceleração escalar  $a$  do bloco é dada por:



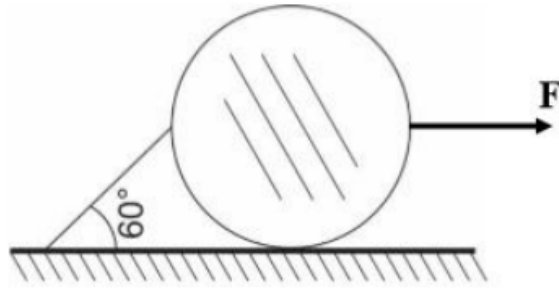
- a)  $a = g \cdot b \cdot c (1 - \mu) / \sqrt{b^2 + c^2}$
- b)  $a = g \cdot (c + \mu \cdot b)$
- c)  $a = g \cdot (c - \mu \cdot b)$
- d)  $a = g \cdot (c + \mu \cdot b) / \sqrt{b^2 + c^2}$
- e)  $a = g \cdot (c - \mu \cdot b) / \sqrt{b^2 + c^2}$

14. (OBC - adapt.) Um bloco D, parte do ponto A puxado pelo bloco E. Os dois blocos, de dimensões desprezíveis, têm mesma massa  $m$ . Sabe-se que  $\sin\theta = 0,60$  e  $\cos\theta = 0,80$ . O coeficiente de atrito entre o bloco D e o plano inclinado é  $\mu = 0,40$ . Despreze a resistência do ar e considere o módulo da aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Ao atingir o ponto B, o fio se rompe. O bloco D sobe até chegar ao ponto C e, a seguir, desce.



Determine o módulo das acelerações do bloco D durante a subida nos trechos AB e BC.

15. (OBF 2017) Uma bola homogênea de peso  $100\sqrt{3} \text{ N}$  encontra-se apoiada sobre uma superfície plana, sem atrito e presa por uma corda inextensível, conforme a figura abaixo. Considerando que a mesma se encontra em equilíbrio e submetida à ação de uma força  $F$  de intensidade igual a  $50 \text{ N}$ , determine a intensidade da reação normal entre a bola e o plano, considerando o centro da bola como sendo o ponto de intersecção das forças aplicadas sobre ela, além de desprezar qualquer tipo de rotação na mesma.

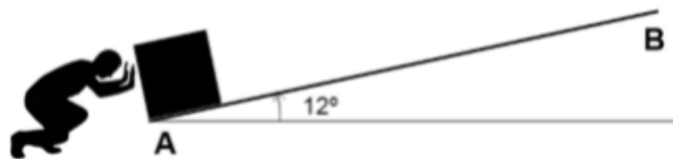


- a) 300 N
- b)  $150\sqrt{3}$  N
- c)  $300\sqrt{3}$  N
- d) 100 N
- e)  $125\sqrt{3}$  N

16. (OBF 2020) Uma caixa de massa 5,0 kg em repouso no ponto A de um plano inclinado sofre um impulso instantâneo de um menino. Após percorrer 4,5 m, a caixa para no ponto B. Considerando desprezível a resistência do ar e sabendo que o coeficiente de atrito cinético entre as superfícies em contato é  $\mu = 0,20$ , determine aproximadamente a velocidade, em m/s, imprimida no caixote no ponto A.

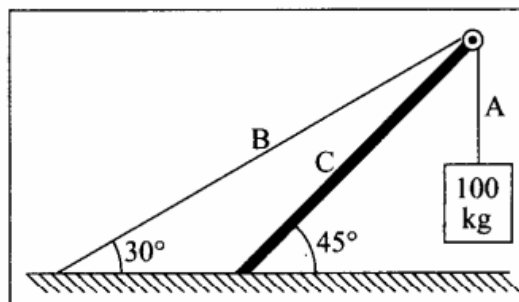
Dados:  $\sin 12^\circ = 0,20$  e  $\cos 12^\circ = 0,98$ .

- a) 9,4
- b) 8,4
- c) 6,0
- d) 4,6
- e) 5,2



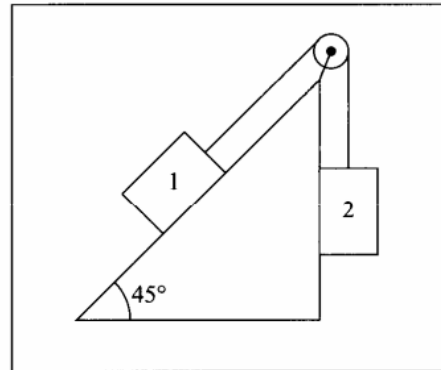
17. (Moysés) Um acrobata de 60 kg se equilibra no centro de uma corda bamba de 20 m de comprimento. O centro desceu 30 cm em relação às extremidades, presas em suportes fixos. Qual é a tensão em cada metade da corda?

18. (Moysés) No sistema representado na figura, calcule as tensões nas cordas A e B e a compressão na viga C, desprezando as massas da viga e das cordas.

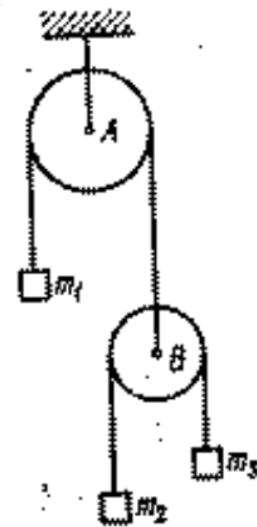


19. (Moysés) Uma bala de fuzil de massa igual a 20 g atinge uma árvore com velocidade de 500 m/s, penetrando nela a uma profundidade de 10 cm. Calcule a força média (em N e em kgf) exercida sobre a bala durante a penetração.

20. (Moysés) No sistema da figura, o bloco 1 tem massa de 10 kg e seu coeficiente de atrito estático com o plano inclinado é 0,5. Entre que valores mínimo e máximo pode variar a massa  $m$  do bloco 2 para que o sistema permaneça em equilíbrio?



21. (Saraeva) Determinar as acelerações dos blocos de massas  $m_1$ ,  $m_2$  e  $m_3$  e a tensão das cordas no sistema representado, se  $m_1 = m_2 + m_3$ . As massas das cordas e das polias são insignificantes em comparação com as massas dos blocos.



### A.3. Trabalho, potência e energia

#### Trabalho

Trabalho é transferência de energia. É a energia recebida ou perdida por um corpo, em sua relação com o meio, devido à atuação de uma força  $F$  ao longo de um deslocamento  $d$ .



Se a força atuante não for constante, para encontrar o trabalho temos que fazer uma integral, isto é, calcular a área entre a função e o eixo horizontal do gráfico  $F(d)$ .

Trabalho positivo = trabalho motor

Trabalho negativo = trabalho resistente

#### Potência

Potência é uma grandeza usada para determinar a quantidade de trabalho que é realizada em um processo.

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$
$$P = F \cdot v \cdot \cos \theta$$

#### Rendimento

Já o rendimento é a razão entre a potência útil e a potência total.

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}$$

#### Energia

Energia é a capacidade de realizar trabalho.

#### Energia cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

#### Energia potencial gravitacional:

$$E_{pg} = mgh$$

### **Energia potencial elástica:**

$$E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2$$

### **Teorema da Energia Cinética**

$$\tau = \Delta E_c$$

### **Trabalho de uma força conservativa**

Força conservativa: força cujo trabalho entre dois pontos independe da trajetória escolhida.

Exemplos: força peso, força elástica e força elétrica.

$$\tau_{FC} = - \Delta E_p$$

### **Teorema da Energia Mecânica**

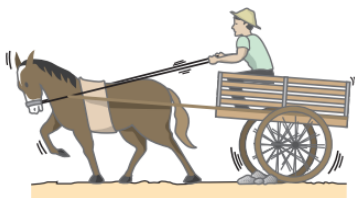
$$\tau_{FNC} = \Delta E_m$$

Onde FNC = força não conservativa ou força dissipativa (exemplo: força de atrito),  
 $E_m$  = energia mecânica, que é a soma de todas as formas de energia de um corpo.

Sem ação de forças dissipativas, a energia mecânica de um sistema se conserva.

## EXERCÍCIOS

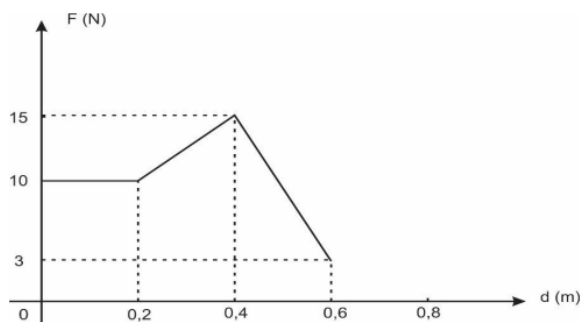
1. (Tópicos) Na figura abaixo, embora puxe a carroça com uma força horizontal de 1000 N, o burro não consegue tirá-la do lugar devido ao entrave de uma pedra:



Qual o trabalho da força do burro sobre a carroça?

2. (Tópicos) Um homem empurra um carrinho ao longo de uma estrada plana, comunicando a ele uma força constante, paralela ao deslocamento, e de intensidade  $3,0 \cdot 10^2$  N. Determine o trabalho realizado pela força aplicada pelo homem sobre o carrinho, considerando um deslocamento de 15 m.

3. (OBF 2017) A figura abaixo mostra o gráfico da força (F) que atua sobre um corpo de massa 1000,0 g em função do deslocamento produzido. Sabe-se que inicialmente o corpo estava em repouso. Para este caso, determine o trabalho realizado entre 0,0 m e 0,6 m.

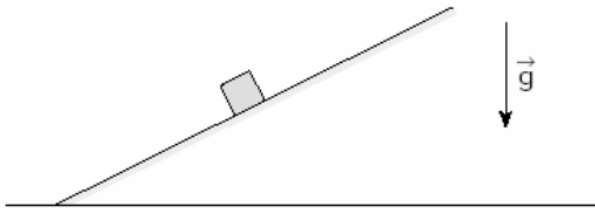


- a) 4,5 N.m
- b) 6,3 N.m
- c) 3,6 J
- d) 4,8 J
- e) 4,8 N.m

4. (Fuvest) Um carregador em um depósito empurra, sobre o solo horizontal, uma caixa de massa 20 kg, que inicialmente estava em repouso. Para colocar a caixa em movimento, é necessária uma força horizontal de intensidade 30 N. Uma vez iniciado o deslizamento, são necessários 20 N para manter a caixa movendo-se com velocidade constante.

- a) Determine os coeficientes de atrito estático e cinético entre a caixa e o solo.
- b) Qual seria o trabalho realizado pelo carregador se a força horizontal aplicada inicialmente fosse de 20 N? Justifique sua resposta.

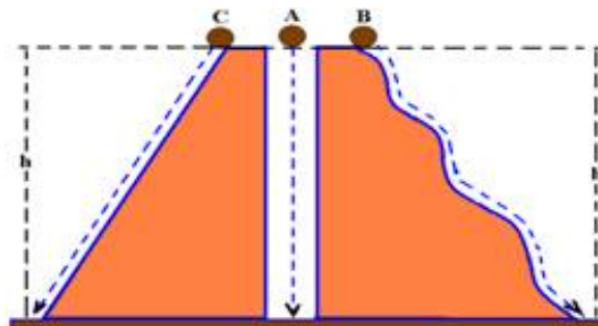
5. (UFSCar 2001) O bloco da figura desce espontaneamente o plano inclinado com velocidade constante, em trajetória retilínea.



Desprezando-se qualquer ação do ar, durante esse movimento, atuam sobre o bloco:

- a) duas forças, e ambas realizam trabalho.
- b) duas forças, mas só uma realiza trabalho.
- c) três forças, e todas realizam trabalho.
- d) três forças, mas só duas realizam trabalho.
- e) três forças, mas só uma realiza trabalho.

6. (UNIRIO) Três corpos idênticos de massa  $M$  deslocam-se entre dois níveis como mostra a figura. A caindo livremente; B deslizando ao longo de um tobogã e C descendo uma rampa, sendo, em todos os movimentos, desprezíveis as forças dissipativas.



Com relação ao módulo do trabalho ( $W$ ) realizado pela força peso dos corpos, pode-se afirmar que:

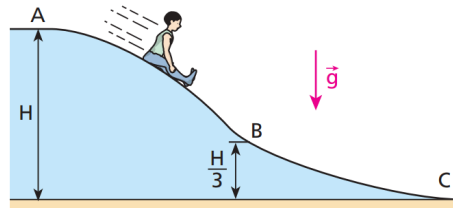
- a)  $W_C > W_B > W_A$
- b)  $W_C = W_B > W_A$
- c)  $W_C > W_B = W_A$
- d)  $W_C = W_B = W_A$
- e)  $W_C < W_B > W_A$

7. (Fuvest) A equação da velocidade de um móvel de 20 quilogramas é dada por  $v = 3,0 + 0,2t$  (SI). Podemos afirmar que a energia cinética desse móvel, no instante  $t = 10$  s, vale:

- a) 45 J

- b)  $1,0 \cdot 10^2 \text{ J}$
- c)  $2,0 \cdot 10^2 \text{ J}$
- d)  $2,5 \cdot 10^2 \text{ J}$
- e)  $2,0 \cdot 10^3 \text{ J}$

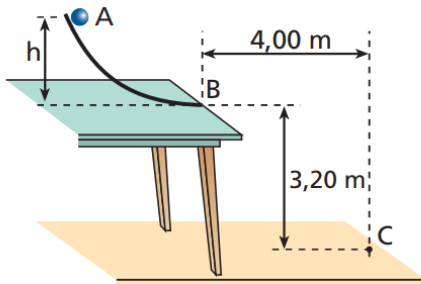
8. (Tópicos) Um garoto de massa  $m = 30 \text{ kg}$  parte do repouso do ponto A do escorregador perfilado na figura e desce, sem sofrer a ação de atritos ou da resistência do ar, em direção ao ponto C:



Sabendo que  $H = 20 \text{ m}$  e que  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule:

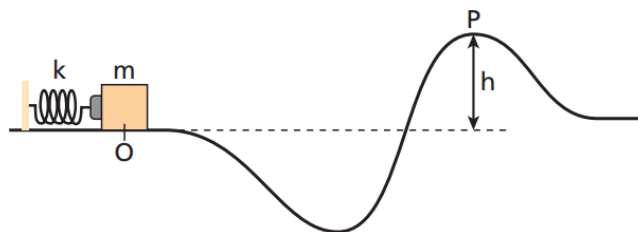
- a) a energia cinética do garoto ao passar pelo ponto B;
- b) a intensidade de sua velocidade ao atingir o ponto C.

9. (Mack) Uma bolinha é abandonada do ponto A do trilho liso AB e atinge o solo no ponto C. Supondo que a velocidade da bolinha no ponto B seja horizontal, a altura  $h$  vale:



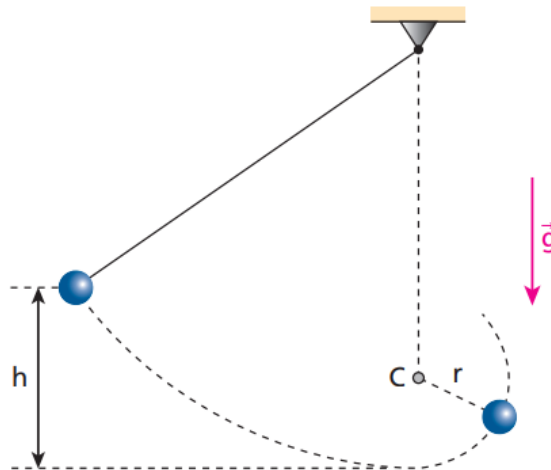
- a) 1,25 m.
- b) 1,75 m.
- c) 2,00 m.
- d) 2,25 m.
- e) 2,50 m.

10. (OBF) Um bloco de massa  $m = 0,60 \text{ kg}$ , sobre um trilho de atrito desprezível, comprime uma mola de constante elástica  $k = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ , conforme a figura abaixo.



Considere que a energia potencial gravitacional seja zero na linha tracejada. O bloco, ao ser liberado, passa pelo ponto P ( $h = 0,60$  m), onde 75% de sua energia mecânica é cinética. Adote  $g = 10,0$  m/s<sup>2</sup> e despreze o efeito do ar. Qual foi a compressão da mola, em cm?

11. (Vunesp - UFTM) A figura, fora de escala, mostra um pêndulo simples abandonado à altura  $h$  do ponto mais baixo da trajetória. Na vertical que passa pelo ponto de sustentação, um pino faz o fio curvar-se e o pêndulo passa a descrever uma trajetória circular de raio  $r$  e centro C.



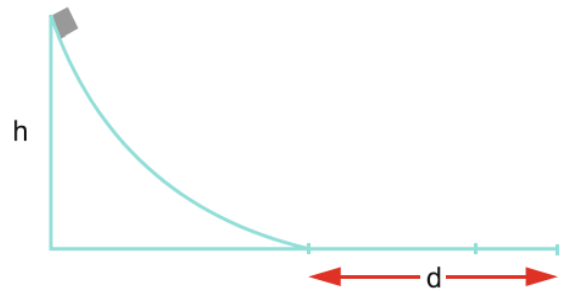
O menor valor de  $h$  para que a esfera pendular descreva uma circunferência completa é igual a:

- a)  $1,0r$ .
- b)  $1,5r$ .
- c)  $2,0r$ .
- d)  $2,5r$ .
- e)  $3,0r$

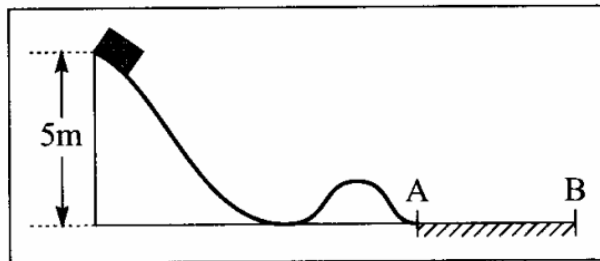
12. (OBF 2020) Para facilitar a exploração espacial, os cientistas buscam desenvolver motores que possam acelerar as naves durante um período de tempo longo e com baixo consumo de combustível. Uma alternativa é o sistema de propulsão elétrica de íons. Atualmente estão sendo desenvolvidos propulsores deste tipo que podem proporcionar até 100 kW de potência e alcançar velocidades de 15 km/s a 30 km/s. Considere um foguete de massa 6000 kg equipado com um sistema deste. Quanto tempo, em horas, o sistema de propulsão deve funcionar, a plena potência (100 kW), para alcançar a velocidade de 20 km/s partindo do repouso? (Admita em suas considerações que o jato de íons tem massa desprezível.)

- a)  $1,2 \times 10^7$
- b)  $6,0 \times 10^4$
- c)  $2,0 \times 10^4$
- d)  $3,3 \times 10^3$
- e)  $6,0 \times 10^2$

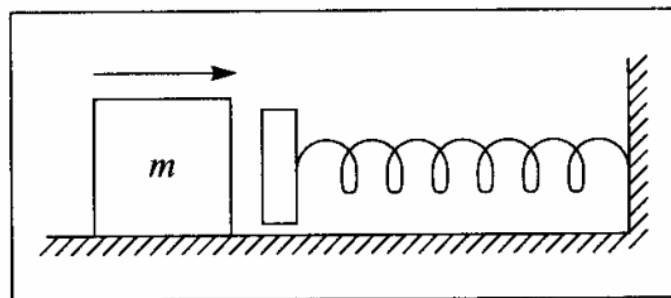
13. (Kamal) Num parque de diversão há um tobogã sem atrito. Uma pessoa desce uma altura  $h$ , deslizando pelo brinquedo, sem qualquer resistência. Após a rampa há um tablado horizontal rugoso, com objetivo de cessar o movimento da pessoa. Qual a distância horizontal  $d$  necessária para frear completamente a pessoa considerando que o coeficiente de atrito é  $\mu$ ? A distância depende da massa da pessoa?



19. (Moisés) Um carrinho desliza do alto de uma montanha russa de 5 m de altura, com atrito desprezível. Chegando ao ponto A, no sopé da montanha, ele é freado pelo terreno AB coberto de areia (veja a Figura), parando em 1,25 s. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o carrinho e a areia?

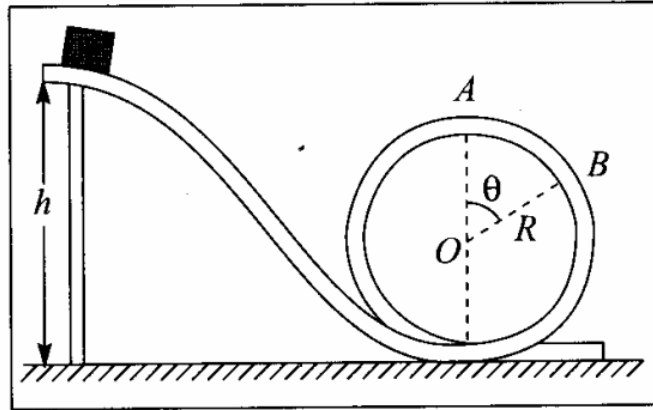


14. (Moisés) Um bloco de massa  $m = 5$  kg, deslizando sobre uma mesa horizontal, com coeficiente de atrito cinético e estático 0,5 e 0,6, respectivamente, colide com uma mola de massa desprezível, de constante de mola  $k = 250$  N/m, inicialmente na posição relaxada (veja Figura). O bloco atinge a mola com velocidade de 1 m/s.

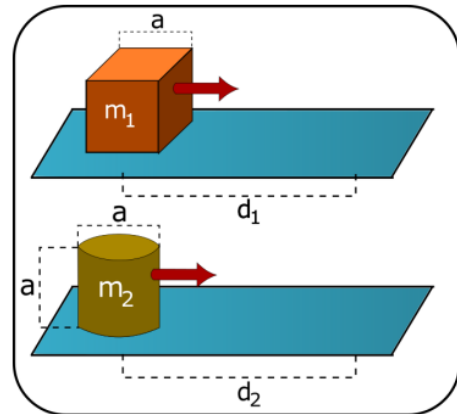


- Qual é a deformação máxima da mola?
- Que acontece depois que a mola atinge sua deformação máxima?
- Que fração da energia inicial é dissipada pelo atrito nesse processo?

15. (Moisés) Num parque de diversões, um carrinho desce de uma altura  $h$  para dar a volta no “loop” de raio  $R$  indicado na figura. Desprezando o atrito do carrinho com o trilho, qual é o menor valor  $h_1$  de  $h$  necessário para permitir ao carrinho dar a volta toda?



16. (OBF 2018) As figuras abaixo mostram duas situações, nas quais dois blocos de formas cúbica e cilíndrica feitos do material, homogêneo, isotrópico com distribuição uniforme e que serão lançados sobre as superfícies horizontais e rugosas de mesmo coeficiente de atrito. Os blocos cúbico e cilíndrico são lançados com as energias cinéticas  $K_1$  e  $K_2$  respectivamente. Sejam  $d_1$  e  $d_2$  as distâncias percorridas pelos blocos cúbico e cilíndrico respectivamente sobre a superfície rugosa até parar, de forma que  $d_1 = 3 d_2$ . Determine a razão  $K_1/K_2$ .



## A.4. Impulso, quantidade de movimento e sua conservação

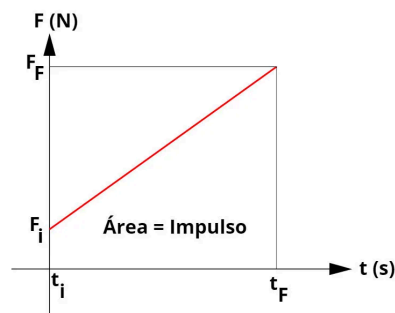
### Impulso

O impulso é o resultado da ação de uma força em um corpo ao longo do tempo.

Quando a força aplicada for **CONSTANTE**, o impulso pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$I = F \cdot \Delta t$$

Se a força atuante **NÃO** for constante, para encontrar o impulso temos que calcular a área entre a função e o eixo horizontal do gráfico  $F(t)$ .



### Quantidade de Movimento (ou Momento Linear)

O conceito de quantidade de movimento surge a partir da 2ª Lei de Newton que estabelece que a força resultante de um corpo causa uma variação no estado de inércia do mesmo, essa variação pode ser definida como o momento linear.

$$Q = mv$$

Importante! Momento linear é uma grandeza vetorial, portanto, atente-se ao sinal da velocidade (positivo ou negativo).

### Teorema do Impulso

O teorema do impulso define que o ato de impulsionar é variar a quantidade de movimento de um corpo.

$$I = \Delta Q$$

### Conservação do momento linear

Em sistemas em que atuam apenas forças internas a quantidade de movimento sempre se conserva.

$$Q_o = Q_f$$

### **Importante!**

Forças externas são aquelas que surgem a partir da interação entre corpos que pertencem e corpos que não pertencem ao sistema. Ex: Força de atrito.

Forças internas são aquelas que surgem da interação entre corpos do mesmo sistema.

### **Colisões mecânicas**

Colisões sempre constituem um sistema mecanicamente isolado, isto é, SEMPRE conservam a quantidade de movimento.

Coefficiente de restituição:

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

Onde  $v_1$  e  $v_2$  são as velocidades dos corpos 1 e 2 antes da colisão, e  $v_1'$  e  $v_2'$  são as velocidades dos corpos 1 e 2 após a colisão.

O coeficiente de restituição é a razão entre a velocidade relativa de afastamento e a velocidade relativa de aproximação. E ele se refere a porcentagem de energia que é conservada durante a colisão.

Os tipos de colisão são os seguintes:

a) **Elásticas ou perfeitamente elásticas:** há conservação de energia e o coeficiente de restituição é total, ou 100% ( $e = 1$ ).

b) **Parcialmente elásticas:** não há conservação de energia. Logo, o coeficiente de restituição não é 100% tampouco 0% ( $0 < e < 1$ ).

c) **Inelásticas:** não há conservação de energia. Nessa colisão há perda máxima de energia, e o coeficiente de restituição é nulo, os corpos acabam tendo as mesmas velocidades vetoriais finais após a colisão ( $e = 0$ ).

### **Colisões bidimensionais**

Quando temos uma colisão bidimensional devemos decompor o problema em duas direções perpendiculares, x e y. Faz-se a conservação da quantidade de movimento na direção x e depois na direção y, separadamente.

## EXERCÍCIOS

1. (Tópicos - Adaptada) Um garoto de massa 48 kg está de pé sobre um skate de massa 2,0 kg, inicialmente em repouso sobre o solo plano e horizontal. Em determinado instante, ele lança horizontalmente uma pedra de massa 5,0 kg, que adquire uma velocidade de afastamento de módulo 11 m/s. Sendo  $v_G$  o módulo da velocidade do garoto em relação ao solo imediatamente após o lançamento, calcule  $v_G$ .

2. (Moysés) Um atirador, com um rifle de 2 kg apoiado ao ombro, dispara uma bala de 15 g, cuja velocidade na boca da arma (extremidade do cano) é de 800 m/s.

a) Com que velocidade inicial a arma recua?

b) Que impulso transmite ao ombro do atirador?

c) Se o recuo é absorvido pelo ombro em 0,05 s, qual é a força média exercida sobre ele?

3. (Moysés) Calcule a magnitude da força da força impulsiva que atua em cada um dos exemplos seguintes:

a) Num saque de jogo de tênis, a bola, de massa igual a 60 g, é lançada com uma velocidade de 40 m/s; o tempo de contato com a raquete é da ordem de 0,005 s.

b) Um jogador de futebol cobra um pênalti, chutando a bola com uma velocidade de 20 m/s. A massa da bola é de 450 g e a duração do chute é da ordem de 0,01 s.

c) Uma pessoa de 80 kg pula do alto de um muro de 2,5 m de altura, caindo em pé (sem dobrar os joelhos). A duração do impacto é de 0,01 s.

d) Um carro de 1,5 tonelada, a 60 km/h, bate num muro. A duração do choque é de 0,1 s.

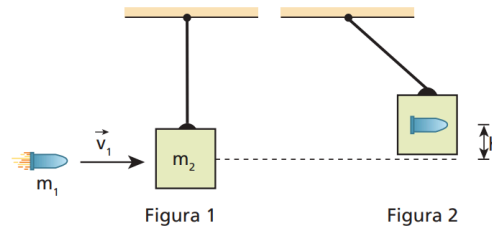
4. ) (UFPE) Uma menina de 40 kg é transportada na garupa de uma bicicleta de 10 kg, a uma velocidade constante de módulo 2,0 m/s, por seu irmão de 50 kg. Em dado instante, a menina salta para trás com velocidade de módulo 2,5 m/s em relação ao solo. Após o salto, o irmão continua na bicicleta, afastando-se da menina. Qual o módulo da velocidade da bicicleta, em relação ao solo, imediatamente após o salto? Admita que durante o salto o sistema formado pelos irmãos e pela bicicleta seja isolado de forças externas.

a) 3,0 m/s.   b) 3,5 m/s.   c) 4,0 m/s.   d) 4,5 m/s.   e) 5,0 m/s.

5. (Fuvest) Dois patinadores de massas iguais deslocam-se numa mesma trajetória retilínea, com velocidades escalares respectivamente iguais a 1,5 m/s e 3,5 m/s. O patinador mais rápido persegue o outro. Ao alcançá-lo, salta verticalmente e agarra-se às suas costas, passando os dois a deslocarem-se com velocidade escalar  $v$ . Desprezando o atrito, calcule o valor de  $v$ .

6. (Tópicos - Adaptada) Duas partículas 1 e 2, de massas respectivamente iguais a 3,0 kg e 2,0 kg, percorrem uma mesma reta orientada com velocidades escalares  $v_1 = 2,0$  m/s e  $v_2 = -8,0$  m/s. Supondo que essas partículas colidam e que o coeficiente de restituição do impacto seja 0,5, determine as velocidades escalares de 1 e de 2 imediatamente após o impacto.

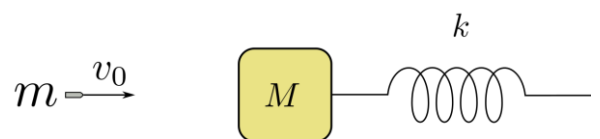
7. (UFJF) A figura 1 a seguir ilustra um projétil de massa  $m_1 = 20 \text{ g}$  disparado horizontalmente com velocidade de módulo  $v_1 = 200 \text{ m/s}$  contra um bloco de massa  $m_2 = 1,98 \text{ kg}$ , em repouso, suspenso na vertical por um fio de massa desprezível. Após sofrerem uma colisão perfeitamente inelástica, o projétil fica incrustado no bloco e o sistema projétil-bloco atinge uma altura máxima  $h$ , conforme representado na figura 2.



Desprezando-se a força de resistência do ar e adotando-se  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , resolva os itens abaixo.

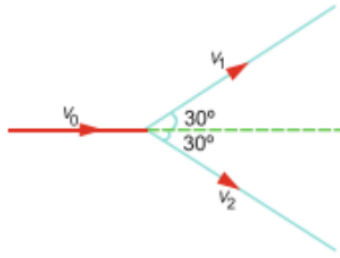
- Calcule o módulo da velocidade que o sistema projétil-bloco adquire imediatamente após a colisão.
- Calcule o valor da altura máxima  $h$  atingida pelo sistema projétil-bloco após a colisão.

8. (OBF 2020) Em um laboratório de física, é usado um sistema massa-mola para determinar a velocidade com que um projétil é disparado. O sistema é constituído por um bloco de massa  $M = 5,00 \text{ kg}$  que está apoiado em uma superfície horizontal de atrito desprezível e está preso a uma parede rígida vertical através de uma mola de constante elástica  $k = 4500 \text{ N/m}$ . Para fazer a medida da velocidade  $v_0$  de um projétil de massa  $m = 10,0 \text{ g}$ , o mesmo é disparado contra o bloco, que está inicialmente em repouso, nas condições mostradas na figura. A parte do bloco que recebe o impacto é feita de um material deformável que aloja o projétil em seu interior. Considere que a mola se deforma apenas depois do projétil se alojar completamente no bloco (colisão projétil-bloco instantânea). Determine a velocidade  $v_0$  do projétil, em  $\text{m/s}$ , no caso em que a medida da amplitude de oscilação do bloco após o impacto é de  $2,50 \text{ cm}$ .



9. (Kamal) Uma bala de massa  $5 \text{ g}$  é lançada horizontalmente dentro de um bloco de madeira de  $2 \text{ kg}$ , apoiado sobre uma mesa. A bala permanece presa dentro do bloco que se move por  $2 \text{ m}$ . Se o coeficiente de atrito entre o bloco e a mesa é  $0,2$ , encontre a velocidade inicial da bala.

10. (Kamal) Uma esfera que se move a  $9 \text{ m/s}$  colide com outra idêntica que está em repouso. Após a colisão, a direção de cada bola faz um ângulo de  $30^\circ$  com a direção original de movimento (ver figura). Encontre as velocidades das duas bolas após a colisão. A energia cinética do sistema é conservada no processo de colisão?



11. Um homem de massa 70 kg, sentado em uma cadeira de rodas inicialmente em repouso sobre o solo plano e horizontal, lança horizontalmente um pacote de massa 2,0 kg com velocidade de intensidade 10 m/s. Sabendo que, imediatamente após o lançamento, a velocidade do conjunto homem-cadeira de rodas tem intensidade igual a 0,25 m/s, calcule a massa da cadeira de rodas.

## A.5. Estática

### Equilíbrio

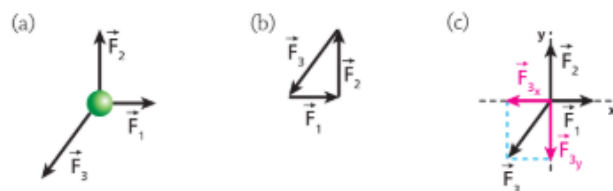
Quando um corpo tem velocidade constante, isto significa que está em equilíbrio. Esse equilíbrio pode ser dinâmico, se a velocidade for diferente de zero, e pode ser estático, se a velocidade for igual a zero. O equilíbrio estático pode ser dividido em 3 casos:

- **Indiferente:** qualquer perturbação no corpo o leva a uma nova posição, onde permanece parado;
- **Instável:** qualquer perturbação no corpo o tira do equilíbrio e da posição inicial de maneira definitiva, repouso não ocorre mais;
- **Estável:** qualquer perturbação no corpo o tira do equilíbrio e da posição inicial, mas a força é restauradora, isto é, o corpo entra em oscilação, dissipa energia, e retorna à posição inicial de equilíbrio.

### Equilíbrio de um ponto material

A condição para um ponto material estar em equilíbrio em relação a um referencial é que a resultante das forças que nele atuam seja nula.

As figuras a seguir representam uma partícula em equilíbrio e as forças atuantes.



Em **(a)**, a partícula está sob a ação exclusiva de três forças no plano do papel.

Em **(b)**, as três forças são somadas pela regra do polígono, obtendo -se uma linha poligonal fechada, razão pela qual a força resultante é nula e a partícula encontra -se em equilíbrio.

Em **(c)**, analisamos a força resultante por meio da decomposição das forças segundo duas retas perpendiculares x e y:  $F_{3x}$  equilibra  $F_1$  e  $F_{3y}$  equilibra  $F_2$

Ou seja, **Condição para o equilíbrio:**  $\sum F_x = \sum F_y = \sum F_z = 0$

### Torque (ou Momento de uma força)

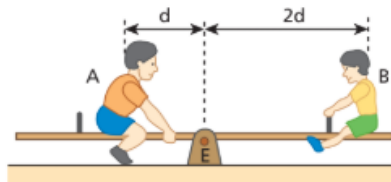
Torque representa a facilidade de uma força para realizar uma rotação em um corpo em relação a um determinado eixo.

Exemplos:

Uma pessoa deseja fechar uma porta, como sugere a figura, a eficiência da força em fazer a porta rodar é maior se forem maiores a intensidade e/ou a distância entre o local onde ela é aplicada e o eixo de rotação



Numa gangorra, verifica-se que, se o peso do garoto A é o dobro do peso do garoto B, é necessário que a distância de B até o eixo E seja o dobro da distância de A até esse mesmo eixo para que ambos fiquem em equilíbrio.



Ou seja,

$$\tau = F \cdot b$$

Onde  $b$  é o braço da força, que é a menor distância entre o eixo e a linha de ação da força.

O valor de  $b$  normalmente é  $d \cdot \sin\theta$ , onde  $d$  é a distância do eixo ao ponto de aplicação da força.

### Condições de equilíbrio do corpo extenso

Para um corpo extenso estar em equilíbrio, é necessário satisfazer duas condições:

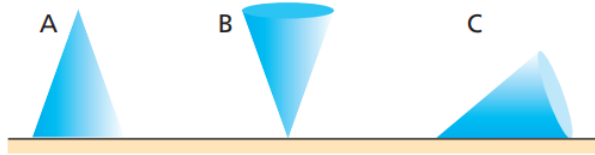
Equilíbrio de translação (forças):  $\sum F_x = \sum F_y = \sum F_z = 0$

Equilíbrio de rotação (torque):  $\sum \tau_x = 0$ ,

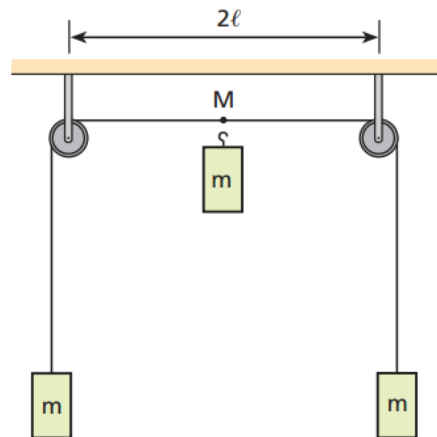
O que significa, na prática:  $\sum \tau_{horários} = \sum \tau_{anti-horários}$

# EXERCÍCIOS

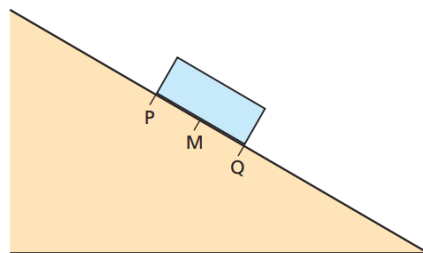
1. (Tópicos) De que tipo é o equilíbrio dos cones homogêneos A, B e C representados na figura: estável, instável ou indiferente?



2. (Tópicos) Em cada uma das extremidades de um fio considerado ideal, que passa por duas pequenas polias também supostas ideais, está suspenso um corpo de massa igual a  $m$ . Um terceiro corpo de massa  $m$  é suspenso do ponto médio  $M$  do fio e baixado até a posição de equilíbrio. Determine, em função de  $\ell$ , (ver figura), quanto desceu o terceiro corpo.



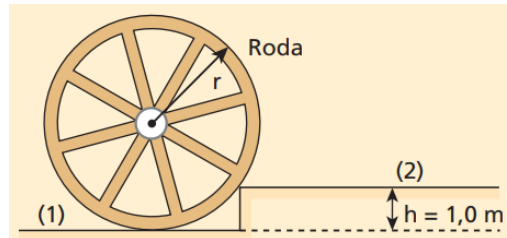
3. (Tópicos) A figura representa um paralelepípedo homogêneo em repouso num plano inclinado.  $M$  é o ponto médio do segmento  $PQ$ .



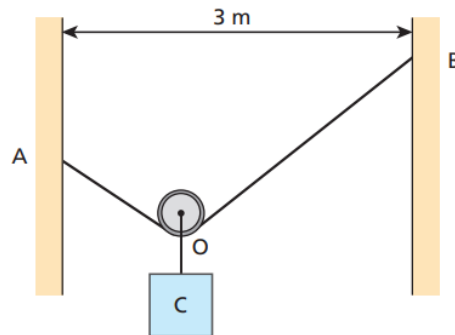
A força normal resultante que o paralelepípedo recebe do plano está aplicada:

- a) no ponto  $M$ .
- b) no ponto  $Q$ .
- c) entre  $P$  e  $M$ .
- d) entre  $M$  e  $Q$ .
- e) talvez no ponto  $P$ .

4. (Tópicos) Na figura, temos uma roda, de peso igual a  $100\sqrt{3}$  kgf e raio  $r$  igual a 2,0 m, que deve ser erguida do plano horizontal (1) para o plano horizontal (2). Calcule a intensidade da força horizontal, aplicada no centro de gravidade da roda, capaz de erguê-la, sabendo que o centro de gravidade da roda coincide com seu centro geométrico.



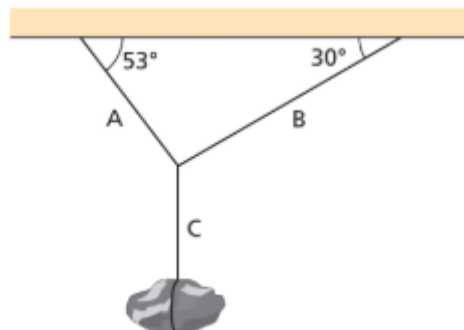
5. (Tópicos) Na figura, temos duas paredes verticais, um fio ideal de 5 m de comprimento preso aos pontos A e B das paredes, uma polia ideal e um corpo C, suspenso em equilíbrio do eixo da polia, de 400 N de peso:



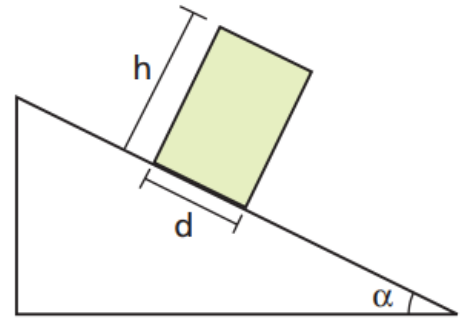
Responda:

- Qual a intensidade da tração no fio?
- A intensidade da tração no fio depende do desnível entre A e B?

6. Uma pedra de 664 N de peso encontra -se em repouso, suspensa por três cordas leves A, B e C, como representa a figura. Calcule as intensidades das trações nas cordas ( $T_A$ ,  $T_B$  e  $T_C$ ). Use:  $\sin 30^\circ = 0,50$ ;  $\cos 30^\circ = 0,87$ ;  $\sin 53^\circ = 0,80$ ;  $\cos 53^\circ = 0,60$ .

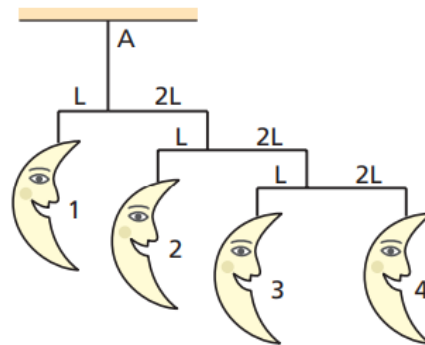


7. (ITA) Considere um bloco de base  $d$  e altura  $h$  em repouso sobre um plano inclinado de ângulo  $\alpha$ . Suponha que o coeficiente de atrito estático seja suficientemente grande para que o bloco não deslize pelo plano. O valor máximo da altura  $h$  do bloco para que a base  $d$  permaneça em contato com o plano é:



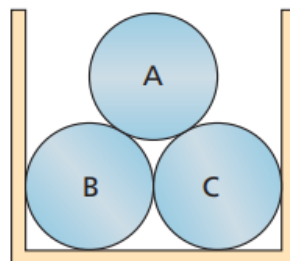
- a)  $d/\alpha$ .
- b)  $d/\sin \alpha$ .
- c)  $d/\sin^2 \alpha$ .
- d)  $d \cotg \alpha$ .
- e)  $d \cotg \alpha/\sin \alpha$ .

8. (ITA) Um brinquedo que as mães utilizam para enfeitar quartos de crianças é conhecido como móbile. Considere o móbile de luas esquematizado na figura. As luas estão presas, por meio de fios de massas desprezíveis, a três barras horizontais, também de massas desprezíveis. O conjunto todo está em equilíbrio e suspenso de um único ponto A. Se a massa da lua 4 é de 10 g, então a massa da lua 1, em kg, é igual a:



- a) 180
- b) 80
- c) 0,36
- d) 0,18
- e) 9

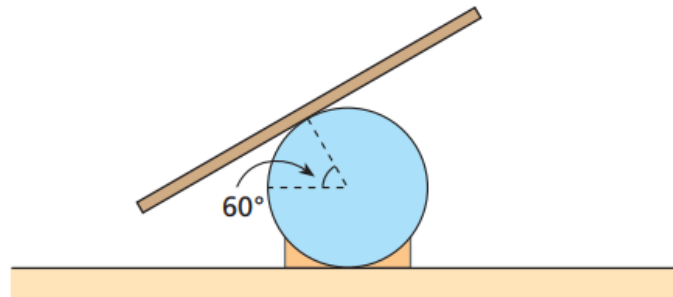
9. (Fuvest) Três cilindros iguais, A, B e C, cada um com massa  $M$  e raio  $R$ , são mantidos empilhados com seus eixos horizontais, por meio de muretas laterais verticais, como mostra a figura. Suponha que os cilindros B e C, ao serem introduzidos no sistema, ficaram apenas justapostos, sem qualquer compressão entre eles. Desprezando qualquer efeito de atrito, determine, em função de  $M$  e  $g$ :



- a) o módulo da força  $F_{AB}$  que o cilindro A exerce sobre o cilindro B;
- b) o módulo da força  $F_{PB}$  que o piso exerce sobre o cilindro B;

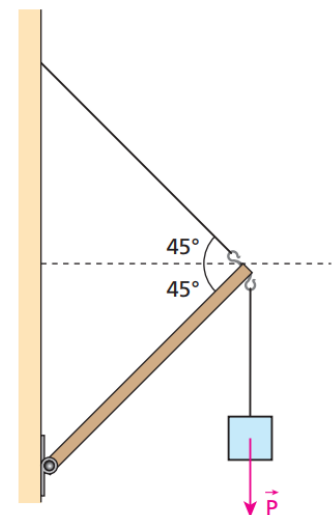
c) o módulo da força  $F_{MC}$  que a mureta exerce sobre o cilindro C.

10. (Mack) Uma tábua rígida é colocada sobre um cilindro fixo, ficando em equilíbrio e na iminência de escorregar, como mostra a figura. Determine o coeficiente de atrito estático entre a tábua e o cilindro.

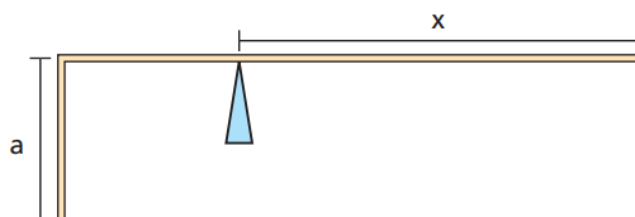


11. (Aman) Veja a figura ao lado. A tração máxima que a corda superior pode suportar é de  $400\sqrt{2}$  N e a compressão máxima que a escora pode aguentar é de  $600\sqrt{2}$  N. A corda vertical é suficientemente resistente para tolerar qualquer peso envolvido no problema. O maior peso de um corpo em repouso que pode ser sustentado pela estrutura da figura, considerando desprezível o peso da escora, é:

- a) 800 N.
- b) 1000 N.
- c) 200 N.
- d) 600 N.
- e) 400 N.

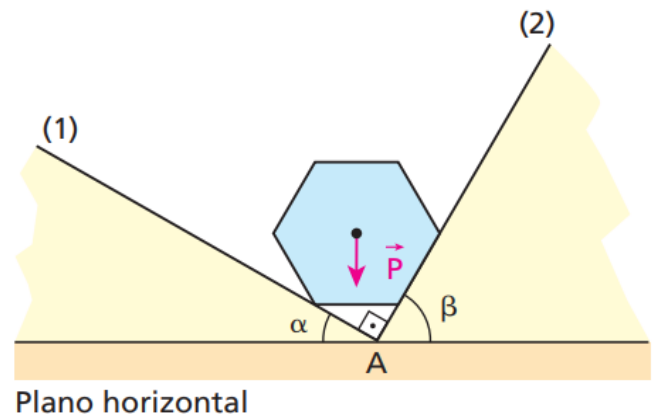


12. (UFPI) Um arame homogêneo de 23 cm de comprimento é dobrado, como indica a figura, em que  $a = 5$  cm.



Para que o arame apoiado se mantenha em equilíbrio, qual deve ser o comprimento  $x$ ?

13. (Tópicos) Na figura ao lado, (1) e (2) são duas rampas planas perfeitamente lisas que se interceptam em uma reta horizontal, que passa por A e é perpendicular ao plano do papel. Nas rampas, apoia-se um prisma reto, hexagonal, regular e homogêneo, cujo peso  $P$  tem intensidade de 100 N.



Sabendo que  $\sin \alpha = 3/5$  e  $\cos \alpha = 4/5$ , determine as intensidades das forças aplicadas pelo prisma sobre as rampas.

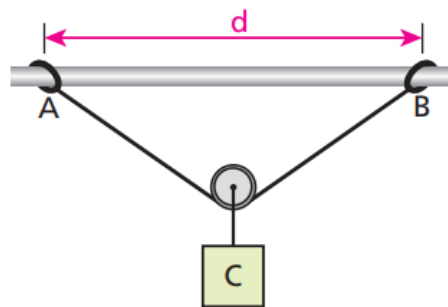
14. A figura a seguir representa uma corrente de peso igual a 40 N, cujas extremidades estão em um mesmo nível horizontal, presas em dois suportes.



Considerando iguais a  $45^\circ$  os ângulos  $\theta$  indicados na figura, determine a intensidade da força:

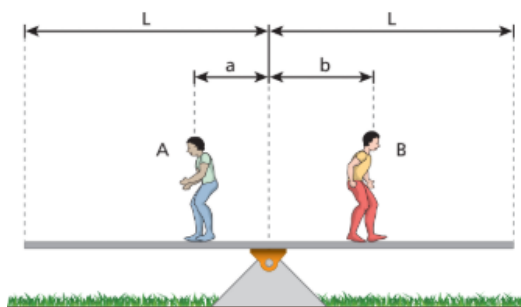
- que a corrente exerce em cada suporte;
- de tração no ponto mais baixo da corrente.

15. (Tópicos) Na figura abaixo, temos um cano metálico horizontal e duas argolas leves, A e B, nas quais está amarrado um fio considerado ideal, de 1,20 m de comprimento. Desse fio, está suspenso, em equilíbrio, um corpo C de massa 10 kg por meio de uma pequena polia também considerada ideal.



Determine a máxima distância  $d$  permitida entre as argolas para que o sistema permaneça em equilíbrio, sendo 0,75 o coeficiente de atrito estático entre cada argola e o cano.

16. Uma gangorra encontra-se em equilíbrio como na figura a seguir, sustentando duas crianças A e B, de massas iguais a  $m_A$  e  $m_B$ , em repouso sobre ela.

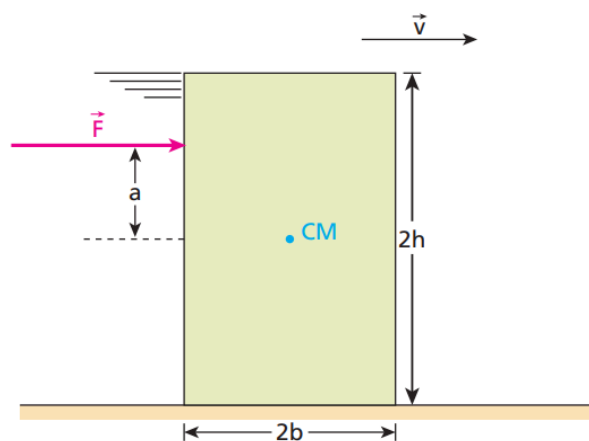


Em um certo instante, a criança B passa a caminhar lentamente para a direita, com velocidade constante de intensidade  $V_B$ . Para manter a gangorra em equilíbrio, nesse mesmo instante a criança A passa a caminhar lentamente para a esquerda, com velocidade constante de intensidade  $V_A$ , e consegue seu objetivo.

a) Considerando que os comprimentos  $a$ ,  $b$  e  $L$  indicados na figura estejam em escala, qual das crianças chega primeiro ao final da gangorra em equilíbrio?

b) Determine  $v_A$  em função de  $m_A$ ,  $m_B$  e  $v_B$ .

17. (Tópicos) Um paralelepípedo homogêneo de massa  $m$ , base quadrada de aresta  $2b$  e altura  $2h$  encontra-se em movimento retilíneo uniformemente variado, escorregando numa superfície plana e horizontal. Em certo instante, passa a atuar nele uma força constante  $F$ , na mesma direção e no mesmo sentido do movimento. A linha de ação dessa força e o centro de massa (CM) do corpo são coplanares e ela dista  $a$  de CM. Sendo  $\mu$  o coeficiente de atrito cinético entre o paralelepípedo e a superfície em que se apoia, e  $g$  a intensidade do campo gravitacional:



a) determine a intensidade de  $F$  para que o corpo não tombe;

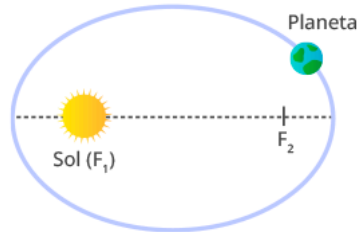
b) determine o máximo valor de  $\mu$  compatível com o não tombamento ( $F = 0$ );

c) supondo satisfeita a condição do item b, qual é o valor de  $a$  que garante o não tombamento, independentemente da intensidade de  $F$ ?

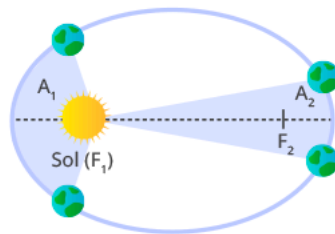
## A.6. Gravitação

### Leis de Kepler

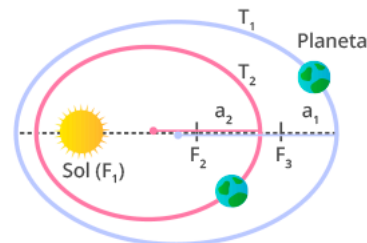
**1ª lei - Lei das Órbitas:** os planetas descrevem órbitas elípticas ao redor do Sol.



**2ª lei - Lei das Áreas:** a velocidade areolar dos planetas é constante, ou seja, em um mesmo intervalo de tempo é sempre percorrida a mesma área.



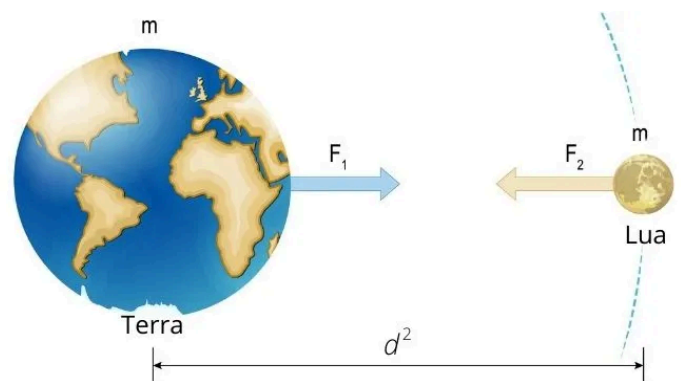
**3ª lei - Lei dos Períodos:**  $\frac{T^2}{R^3}$  é constante para um mesmo sistema, sendo T o período de translação do astro e R a distância dele até o astro central (Sol, no caso do sistema solar).



### Lei da Gravitação Universal

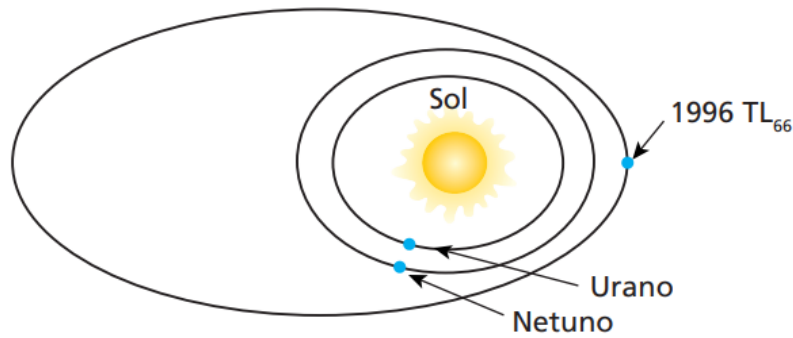
$$F = \frac{GMm}{d^2}$$

- F - Força Gravital
- G - Constante Gravital Universal
- M - Massa do corpo A
- m - Massa do corpo B
- d - Distância entre os corpos



# EXERCÍCIOS

1. (PUC) A figura abaixo representa o Sol, três astros celestes e suas respectivas órbitas em torno do Sol: Urano, Netuno e o objeto recentemente descoberto [década de 1990], de nome 1996 TL<sub>66</sub>.



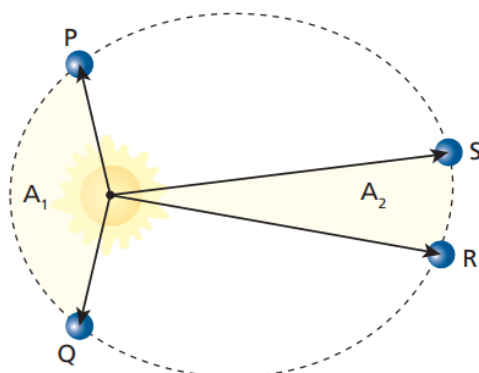
Analise as afirmativas a seguir:

- I. Essas órbitas são elípticas, estando o Sol em um dos focos dessas elipses.
- II. Os três astros representados executam movimento uniforme em torno do Sol, cada um com um valor de velocidade diferente dos outros.
- III. Dentre os astros representados, quem gasta menos tempo para completar uma volta em torno do Sol é Urano.

Indique:

- a) se todas as afirmativas são corretas.
- b) se todas as afirmativas são incorretas.
- c) se apenas as afirmativas I e II são corretas.
- d) se apenas as afirmativas II e III são corretas.
- e) se apenas as afirmativas I e III são corretas.

2. (Tópicos) Na figura a seguir, está representada a órbita elíptica de um planeta em torno do Sol:



Se os arcos de órbita PQ e RS são percorridos em intervalos de tempo iguais, qual a razão entre as áreas A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>?

3. Considere um planeta hipotético gravitando em órbita circular em torno do Sol. Admita que o raio da órbita desse planeta seja o quádruplo do raio da órbita da Terra. Nessas condições, qual o período de translação do citado planeta, expresso em anos terrestres?

4. Considerando que a distância de Marte ao Sol seja de aproximadamente 1,52 U.A., calcule o período de translação de Marte (em anos terrestres).

5. (Unifor) A força de atração gravitacional entre dois corpos de massas  $M$  e  $m$ , separados de uma distância  $d$ , tem intensidade  $F$ . Então, a força de atração gravitacional entre dois outros corpos de massas  $M/2$  e  $m/2$ , separados de uma distância  $d/2$ , terá intensidade:

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

6. (Tópicos) Um meteorito adentra o campo gravitacional terrestre e, sob sua ação exclusiva, passa a se mover de encontro à Terra, em cuja superfície a aceleração da gravidade tem módulo  $10 \text{ m/s}^2$ . Calcule o módulo da aceleração do meteorito quando ele estiver a uma altitude de nove raios terrestres.

7. (OBF 2020) Um estudante analisa uma situação hipotética na qual os planos de translação da Lua em torno da Terra e da Terra em torno do Sol seriam coincidentes e concluiu que nesta condição:

I. A fase da Lua Cheia coincidiria com o eclipse lunar.

II. Seria possível ver, da Terra, todas as faces da Lua.

III. Não haveria eclipses solares.

É (são) correta(s) a(s) conclusões:

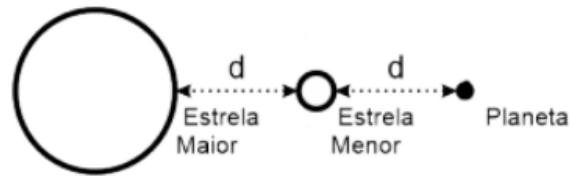
- a) I
- b) II
- c) I e II
- d) I e III
- e) II e III

### **Texto para questões 8 e 9:**

Um dos focos da astronomia é o estudo dos sistemas binários, sistemas onde uma estrela orbita em torno de outra. Um destes sistemas é o HD 142527. Para compreender melhor como tais sistemas se formam e evoluem, os astrônomos se valeram do Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) para fazer uma nova e detalhada observação do disco protoplanetário em torno do sistema HD 142527, um sistema binário a cerca de 450 anos-luz da Terra em um aglomerado estelar jovem, conhecido como Associação Escorpião-Centauro. O sistema HD 142527 consiste de uma estrela principal com um pouco mais que o dobro da massa do Sol e uma pequena companheira com apenas cerca de um terço da massa do Sol. Elas estão separadas mais ou menos pela distância entre o Sol e Saturno.

8. (OBF 2020) Considere que um planeta com massa aproximadamente igual a massa de Saturno orbite essas estrelas. Quando esse planeta passar pela posição representada na figura, a razão entre a força gravitacional resultante que essas estrelas nele exercem e a força gravitacional que o Sol exerce em Saturno é

- a)  $7/3$
- b)  $4/3$
- c)  $6/5$
- d)  $5/6$
- e)  $3/7$



9. (OBF 2020) Durante um debate sobre o texto são feitas três afirmações:

I. Qualquer sonda lançada da Terra irá levar 450 anos para alcançar o HD 142527.

II. Um evento, ocorrido no HD 142527 e observado aqui da Terra hoje, aconteceu há 450 anos atrás.

III. As trajetórias de eventuais planetas desse sistema são elipses na qual cada estrela do binário ocupa um dos focos.

É (são) correta(s) a(s) afirmativa(s):

- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e II
- e) II e III

## B. Termologia

### B.1. Termometria

#### Definições

**Calor:** energia térmica em trânsito.

**Temperatura:** grandeza que mede o grau de agitação das moléculas de um sistema.

**Equilíbrio Térmico:** dois corpos estão em equilíbrio térmico se suas temperaturas são iguais.

#### Escala Fahrenheit

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

#### Escala Kelvin

$$T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273$$

## EXERCÍCIOS

1. (Tópicos) Um professor de Física inventou uma escala termométrica que chamou de escala X. Comparando-a com a escala Celsius, ele observou que  $-4\text{ }^{\circ}\text{X}$  correspondiam a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e  $44\text{ }^{\circ}\text{X}$  equivaliam a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Que valores essa escala X assinalaria para os pontos fixos fundamentais?

2. (Unaerp) Durante um passeio em outro país, um médico, percebendo que seu filho está “quente”, utiliza um termômetro com escala Fahrenheit para medir sua temperatura. O termômetro, após o equilíbrio térmico, registra  $98,6\text{ }^{\circ}\text{F}$ . O médico, então:

a) deve correr urgente para o hospital mais próximo, o garoto está mal,  $49,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

b) não se preocupa, ele está com  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ , manda o garoto brincar e mais tarde mede novamente sua temperatura.

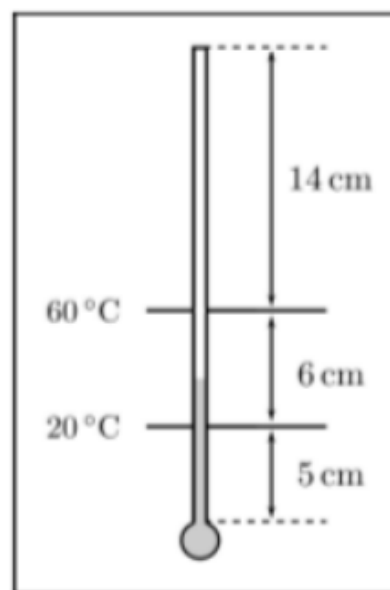
c) fica preocupado, ele está com  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , então lhe dá para ingerir uns quatro comprimidos de antitérmico.

d) faz os cálculos e descobre que o garoto está com  $32,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

e) fica preocupado, ele está com  $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dá um antitérmico ao garoto e o coloca na cama sob cobertores.

3. (Tópicos) Um termômetro foi graduado, em graus Celsius, incorretamente. Ele assinala  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  para o gelo em fusão e  $97\text{ }^{\circ}\text{C}$  para a água em ebulição, sob pressão normal. Qual a única temperatura que esse termômetro assinala corretamente, em graus Celsius?

4. (OBF) Em um laboratório didático, uma estudante deve fazer as marcas para a escala linear de um termômetro de mercúrio. O equipamento foi fabricado encerrando-se uma certa quantidade de mercúrio em um recipiente de vidro, de coeficiente de dilatação desprezível, de paredes muito nas e inicialmente vazio (vácuo). A figura abaixo ilustra esquematicamente o recipiente, que é formado por um bulbo esférico ligado a um tubo cilíndrico muito fino (capilar). Ele está acoplado a uma placa fixa sobre a qual devem ser feitas as marcas da escala. Para efeitos de calibração, o equipamento vem com duas marcas já feitas e que correspondem às temperaturas de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A tarefa da estudante é acrescentar duas outras marcas  $T_m$  e  $T_M$  que devem corresponder, respectivamente, às mínima e máxima temperaturas que esse equipamento pode medir. Considerando ainda que as marcas devem ser feitas para valores inteiros de temperatura na escala Celsius, quais os valores de  $T_m$  e  $T_M$  que a estudante deve acrescentar à escala?



5. (UEPB) Em 1851, o matemático e físico escocês William Thomson, que viveu entre 1824 e 1907, mais tarde possuidor do título de Lorde Kelvin, propôs a escala absoluta de temperatura, atualmente conhecida como escala Kelvin de temperatura (K). Utilizando-se das informações contidas no texto, indique a alternativa correta:

- a) Com o avanço da tecnologia, atualmente, é possível obter a temperatura de zero absoluto.
- b) Os valores dessa escala estão relacionados com os da escala Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ), por meio da expressão  $K = ^{\circ}\text{F} + 273$ .
- c) A partir de 1954, adotou-se como padrão o ponto tríplice da água, temperatura em que a água coexiste nos três estados – sólido, líquido e vapor. Isso ocorre à temperatura de  $0,01^{\circ}\text{F}$  ou  $273,16\text{ K}$ , por definição, e à pressão de  $610\text{ Pa}$  ( $4,58\text{ mm Hg}$ ).
- d) Kelvin é a unidade de temperatura comumente utilizada nos termômetros brasileiros.
- e) Kelvin considerou que a energia de movimento das moléculas dos gases atingiria um valor mínimo de temperatura, ao qual ele chamou zero absoluto.

6. (Unirio) Em uma certa escala termométrica A, os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água ao nível do mar são, respectivamente,  $30^{\circ}$  e  $210^{\circ}$ . Em outra escala termométrica B, os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água ao nível do mar são, respectivamente,  $-10^{\circ}$  e  $230^{\circ}$ , como mostra a figura abaixo. Há uma temperatura que é representada em ambas as escalas pelo mesmo número. Sabendo-se que a temperatura de um corpo está entre os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água ao nível do mar a probabilidade de que sua temperatura seja maior do que x vale:

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

7. O que é maior, um aumento de temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$  ou um de  $1^{\circ}\text{F}$ ?

8. (Unesp) Uma panela com água é aquecida de  $25^{\circ}\text{C}$  para  $80^{\circ}\text{C}$ . A variação de temperatura sofrida pela panela com água, nas escalas Kelvin e Fahrenheit, foi de:

- a)  $32\text{ K}$  e  $105^{\circ}\text{F}$ .
- b)  $55\text{ K}$  e  $99^{\circ}\text{F}$ .
- c)  $57\text{ K}$  e  $105^{\circ}\text{F}$ .

d) 99 K e 105°F.

e) 105 K e 32°F.

9. (ITA-SP) Para medir a febre de pacientes, um estudante de medicina criou sua própria escala linear de temperaturas. Nessa nova escala, os valores de 0 (zero) e 10 (dez) correspondem, respectivamente, a 37°C e 40°C. A temperatura de mesmo valor numérico em ambas as escalas é aproximadamente:

a) 52,9 °C

b) 28,5 °C

c) 74,3 °C

d) - 8,5 °C

e) - 28,5 °C

10. (ITA) O verão de 1994 foi particularmente quente nos Estados Unidos da América. A diferença entre a máxima temperatura do verão e a mínima do inverno anterior foi de 60°C. Qual o valor dessa diferença na escala Fahrenheit?

a) 33°F

b) 60°F

c) 92°F

d) 108°F

e) 140°F

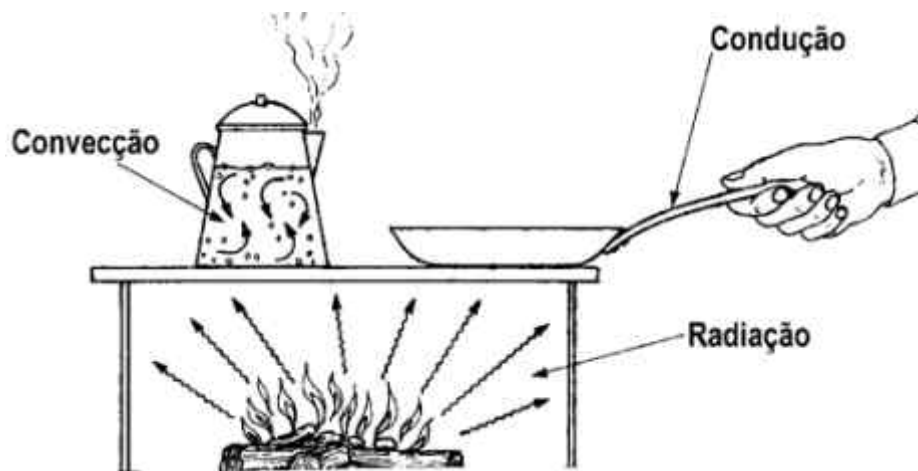
## B.2. O calor e sua propagação

### Processos de propagação de calor

**Condução:** processo de transferência de energia térmica através de um meio material, sem transporte de matéria.

**Convecção:** processo no qual a energia térmica muda de local, acompanhando o deslocamento ascendente ou descendente, do próprio material aquecido.

**Irradiação:** processo de propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas. Ao serem absorvidas, essas ondas se transformam em energia térmica.



### Lei de Fourier

Estabelece que o fluxo de calor em um material é proporcional à variação de temperatura.

**Cálculo do fluxo de calor:**

$$\Phi = \frac{kA\Delta T}{l}$$

Onde  $\Phi$  é medido em cal/s (ou J/s), e  $k$  é o coeficiente de condutibilidade térmica.

Corpos em regime estacionário têm o fluxo de calor constante em todos os pontos.

## EXERCÍCIOS

1. Em um dia frio, por que o chão de porcelanato aparenta estar mais gelado do que um de madeira?
2. Se você se sente confortável no ar a  $20^{\circ}\text{C}$ , por que um banho a  $20^{\circ}\text{C}$  lhe parece tão frio?
3. Em um dia quente, duas pessoas saem descalças: uma pisa no asfalto e outra na grama. Ambas estão sob a mesma temperatura ambiente, mas a que pisa no asfalto sente muito mais calor nos pés. **Explique:**
  - a) Se tanto o asfalto quanto a grama estão à mesma temperatura, por que um deles parece mais quente?
  - b) Como a capacidade térmica dos materiais influencia essa sensação?
  - c) Se um carro ficar estacionado ao sol por várias horas, por que os bancos de couro ficam mais quentes que os de tecido?
4. Identifique a forma de propagação de calor predominante nos seguintes fenômenos(Justifique):
  - a) Aquecimento de uma colher de metal colocada em uma panela com água fervente.
  - b) Aquecimento das camadas superiores da água em uma panela devido ao movimento do líquido.
  - c) Aquecimento da Terra pela energia proveniente do Sol.
5. Considere uma barra metálica homogênea com uma extremidade mantida a  $100^{\circ}\text{C}$  e a outra a  $0^{\circ}\text{C}$ . Descreva qualitativamente como o calor se propaga através da barra e o que aconteceria se ambas as extremidades fossem mantidas à mesma temperatura.
6. (Tópicos) Imagine dois corpos A e B com temperaturas  $T_A$  e  $T_B$ , sendo  $T_A > T_B$ . Quando colocamos esses corpos em contato térmico, podemos afirmar que ocorre o seguinte fato:
  - a) Os corpos se repelem.
  - b) O calor flui do corpo A para o corpo B por tempo indeterminado.
  - c) O calor flui do corpo B para o corpo A por tempo indeterminado.
  - d) O calor flui de A para B até que ambos atinjam a mesma temperatura.
  - e) Não acontece nada.
7. (Tópicos) No café da manhã, uma colher metálica é colocada no interior de uma caneca que contém leite bem quente. A respeito desse acontecimento, são feitas três afirmativas.
  - I. Após atingirem o equilíbrio térmico, a colher e o leite estão a uma mesma temperatura.
  - II. Após o equilíbrio térmico, a colher e o leite passam a conter quantidades iguais de energia térmica.

III. Após o equilíbrio térmico, cessa o fluxo de calor que existia do leite (mais quente) para a colher (mais fria).

Podemos afirmar que:

- a) somente a afirmativa I é correta;
- b) somente a afirmativa II é correta;
- c) somente a afirmativa III é correta;
- d) as afirmativas I e III são corretas;
- e) as afirmativas II e III são corretas.

8. (OBF 2018) As situações que se seguem descrevem processos diferentes de aquecimento e que sugerem explicações científicas a partir do que aprendemos nas aulas de física, Vejamos:

Situação I: Esfregar uma mão na outra aquece as duas;

Situação II: Uma batata colocada dentro de uma panela de água fervente se aquece;

Situação III: Uma resistência elétrica aquece a água que passa pelo chuveiro elétrico;

Situação IV: A temperatura da água colocada dentro de uma garrafa térmica é aumentada quando a garrafa é agitada vigorosamente.

As situações em que ocorre passagem de calor de um corpo para o outro são:

- a) I, II, III e IV;
- b) I, II e IV;
- c) II e III;
- d) I e IV;
- e) II, III e IV

9. (Tópicos) Analise as proposições e indique a verdadeira.

- a) Calor e energia térmica são a mesma coisa, podendo sempre ser usados tanto um termo como o outro, indiferentemente.
- b) Dois corpos estão em equilíbrio térmico quando possuem quantidades iguais de energia térmica.
- c) O calor sempre flui da região de menor temperatura para a de maior temperatura.
- d) Calor é energia térmica em trânsito, fluindo espontaneamente da região de maior temperatura para a de menor temperatura.
- e) Um corpo somente possui temperatura maior que a de um outro quando sua quantidade de energia térmica também é maior que a do outro.

10. (Tópicos) Numa noite muito fria, você ficou na sala assistindo à televisão. Após algum tempo, foi para a cama e deitou-se debaixo das cobertas (lençol, cobertor e edredom). Você nota que a cama está muito fria, apesar das cobertas, e só depois de algum tempo o local se torna aquecido. Isso ocorre porque:

- a) o cobertor e o edredom impedem a entrada do frio que se encontra no meio externo;
- b) o cobertor e o edredom possuem alta condutividade térmica;
- c) o cobertor e o edredom possuem calor entre suas fibras, que, ao ser liberado, aquece a cama;
- d) o cobertor e o edredom não são aquecedores, são isolantes térmicos, que não deixam o calor liberado por seu corpo sair para o meio externo;

e) sendo o corpo humano um bom absorvedor de frio, após algum tempo não há mais frio debaixo das cobertas.

11. Enrole um casaco de pele ao redor de um termômetro. A temperatura se eleva? Explique.

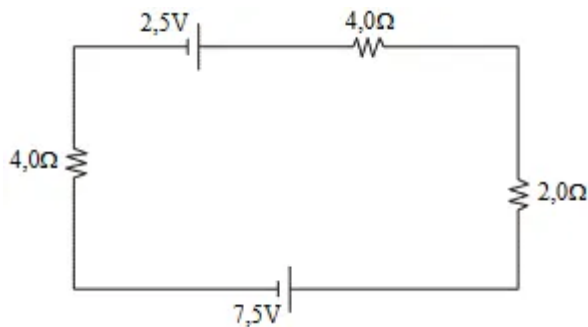
12. (Tópicos) Uma garrafa e uma lata de refrigerante permanecem durante vários dias em uma geladeira. Quando pegamos a garrafa e a lata com as mãos desprotegidas para retirá-las da geladeira, temos a impressão de que a lata está mais fria do que a garrafa. Isso é explicado pelo fato de:

- 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.

13. (UFSC) Identifique a(s) proposição(ões) verdadeira(s):

- (01) Um balde de isopor mantém o refrigerante gelado porque impede a saída do frio.
- (02) A temperatura de uma escova de dentes é maior que a temperatura da água da pia; mergulhando-se a escova na água, ocorrerá uma transferência de calor da escova para a água.
- (04) Se tivermos a sensação de frio ao tocar um objeto com a mão, isso significa que esse objeto está a uma temperatura inferior à nossa.
- (08) Um copo de refrigerante gelado, pousado sobre uma mesa, num típico dia de verão, recebe calor do meio ambiente até ser atingido o equilíbrio térmico.
- (16) O agasalho, que usamos em dias frios para nos mantermos aquecidos, é um bom condutor de calor.
- (32) Os esquimós, para se proteger do frio intenso, constroem abrigos de gelo porque o gelo é um isolante térmico. Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.

14. (UEA) Os exaustores na foto abaixo são dispositivos usados para retirar o ar quente do interior de um ambiente, sem qualquer acionamento artificial.

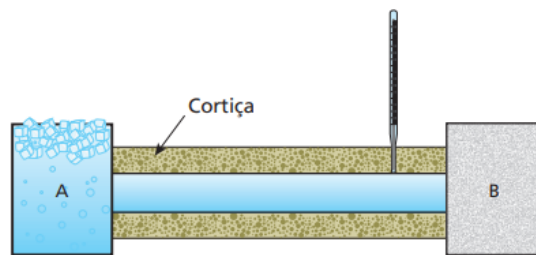


Mesmo assim, as hélices dos exaustores giram. Uma explicação correta para o movimento das hélices é:

- A) a passagem do ar quente da parte interna para a externa, através do exaustor.
- B) a passagem do ar quente da parte externa para a interna, através do exaustor.
- C) a passagem do ar frio da parte externa para a interna, através do exaustor.
- D) a propagação do calor por condução da parte interna para o meio exterior.
- E) a propagação do calor por irradiação da parte interna para o meio exterior.

15. (Unama) A figura a seguir apresenta uma barra de chumbo de comprimento 40 cm e área de secção transversal  $10 \text{ cm}^2$  isolada com cortiça; um termômetro fixo na barra calibrado na escala Fahrenheit, e dois dispositivos A e B que proporcionam, nas extremidades da barra, as temperaturas correspondentes aos pontos do vapor e do gelo, sob pressão normal, respectivamente. Considerando a intensidade da corrente térmica constante ao longo da barra, determine a temperatura registrada no termômetro, sabendo que ele se encontra a 32 cm do dispositivo A.

Dado: coeficiente de condutibilidade térmica do chumbo =  $8,2 \cdot 10^{-2} \text{ cal cm/cm}^2\text{ }^\circ\text{C s}$

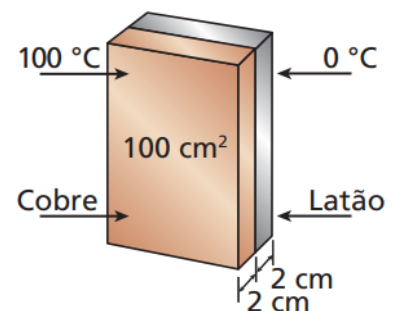
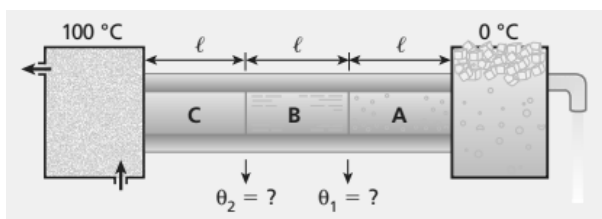


Questão Desafio:

16. (Tópicos) Três barras cilíndricas idênticas em comprimento e secção são ligadas formando uma única barra, cujas extremidades são mantidas a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . A partir da extremidade mais fria, as condutibilidades térmicas dos materiais das barras valem:

$$(0,20), (0,50) \text{ e } (1,0) \frac{\text{kcal m}}{\text{h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Supondo que em volta das barras exista um isolamento de vidro e desprezando quaisquer perdas de calor, calcule a temperatura nas junções onde uma barra é ligada à outra.



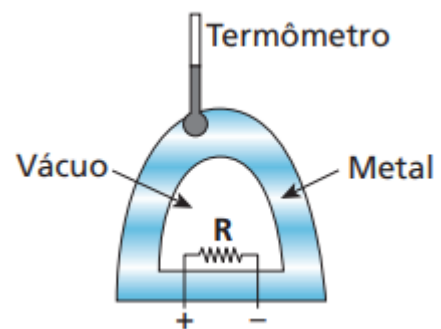
17. (Tópicos) A condutividade térmica do cobre é aproximadamente quatro vezes maior que a do latão. Duas placas, uma de cobre e outra de latão, com  $100 \text{ cm}^2$  de área e  $2,0 \text{ cm}$  de espessura, são justapostas como ilustra a figura dada ao lado. Considerando-se que as faces externas do conjunto sejam mantidas a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , qual será a temperatura na interface da separação das placas quando for atingido o regime estacionário?

18. Se um bloco metálico tem uma área de  $0,5 \text{ m}^2$ , espessura de  $0,1 \text{ m}$  e condutividade térmica de  $200 \text{ W/m.K}$ , e a diferença de temperatura entre suas faces é de  $50 \text{ K}$ , qual será a taxa de transferência de calor ( $Q/t$  ou  $tQ/t$ )?

- a)  $10.000 \text{ W}$
- b)  $5.000 \text{ W}$
- c)  $1.000 \text{ W}$
- d)  $500 \text{ W}$

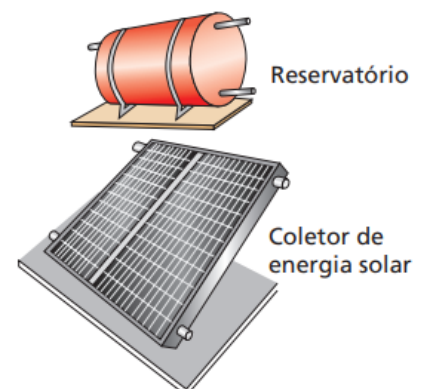
19. (UFRN) Matilde é uma estudante de Arquitetura que vai fazer o seu primeiro projeto: um prédio a ser construído em Natal (RN). Ela precisa prever a localização de um aparelho de ar-condicionado para uma sala e, por ter estudado pouco Termodinâmica, está em dúvida se deve colocar o aparelho próximo do teto ou do piso. Ajude Matilde, dando-lhe uma sugestão sobre a escolha que ela deve fazer nesse caso. (Justifique a sua sugestão.)

20. (UFV) Um resistor  $R$  é colocado dentro de um recipiente de parede metálica – no qual é feito vácuo – que possui um termômetro incrustado em sua parede externa. Para ligar o resistor a uma fonte externa ao recipiente, foi utilizado um fio, com isolamento térmico, que impede a transferência de calor para as paredes do recipiente. Essa situação encontra-se ilustrada na figura acima. Ligando o resistor, nota-se que a temperatura indicada pelo termômetro aumenta, mostrando que há transferência de calor entre o resistor e o termômetro. Pode-se afirmar que os processos responsáveis por essa transferência de calor, na ordem correta, são:

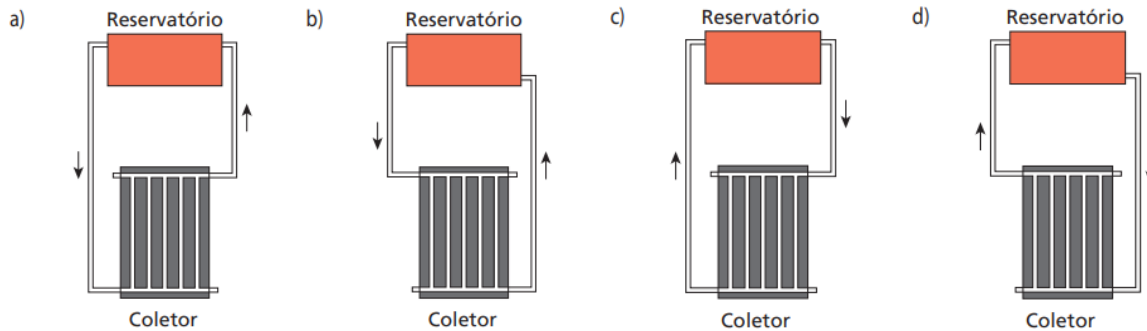


- a) primeiro convecção e depois radiação.
- b) primeiro convecção e depois condução.
- c) primeiro radiação e depois convecção.
- d) primeiro radiação e depois condução.
- e) primeiro condução e depois convecção.

21. (UFMG) Atualmente, a energia solar está sendo muito utilizada em sistemas de aquecimento de água. Nesses sistemas, a água circula entre um reservatório e um coletor de energia solar. Para o perfeito funcionamento desses sistemas, o reservatório deve estar em um nível superior ao do coletor, como mostrado nesta figura: No coletor, a água circula através



de dois canos horizontais ligados por vários canos verticais. A água fria sai do reservatório, entra no coletor, onde é aquecida, e retorna ao reservatório por convecção. Nas quatro alternativas, estão representadas algumas formas de se conectar o reservatório ao coletor. As setas indicam o sentido de circulação da água. Indique a alternativa em que estão corretamente representados o sentido da circulação da água e a forma mais eficiente para se aquecer toda a água do reservatório.

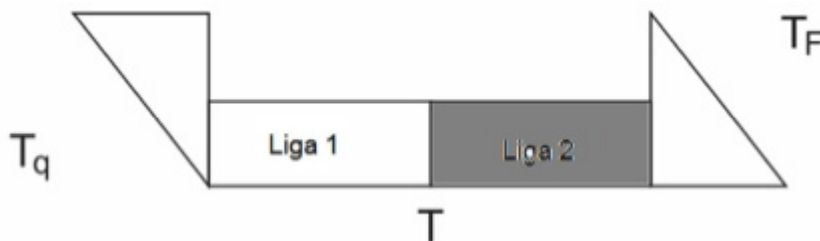


22. (OBF 2020) Considere duas barras cilíndricas de mesmo comprimento e área de seção transversal, feitas de materiais diferentes, com condutividades térmicas  $k_1$  e  $k_2$ . As barras estão conectadas em série entre duas temperaturas fixas  $T_a$  e  $T_b$  ( $T_a > T_b$ ). No estado estacionário, qual é a relação entre as taxas de transferência de calor  $\Phi_1$  e  $\Phi_2$  através de cada barra?

- a)  $\Phi_1 = \Phi_2$
- b)  $\Phi_1 > \Phi_2$
- c)  $\Phi_1 < \Phi_2$
- d) Depende dos valores de  $k_1$  e  $k_2$

Questão Desafio:

23. (OBF 2015) Considerando o processo de condução, tome uma barra de Liga 1 que está em contato térmico com uma barra de Liga 2 com o mesmo comprimento e área. Para fins experimentais a extremidade livre da barra de Liga 1 é mantida à temperatura de  $80^\circ\text{C}$  e a extremidade livre da barra de Liga 2 é mantida a  $30^\circ\text{C}$



Qual a temperatura aproximada na junção, considerando o regime estacionário e que o meio externo não interfira no processo?

Considere  $k_1 = 320 \text{ J/m.s.oC}$  e  $k_2 = 440 \text{ J/m.s.oC}$ , onde  $k_1$  e  $k_2$  são os coeficientes de condutibilidade térmica das Ligas 1 e 2 respectivamente:

- A) 20,4 °C
- B) 32,8 °C
- C) 42,2 °C
- D) 51,1 °C
- E) 58,8 °C

24. (Uepa) O efeito estufa é um fenômeno natural, característico de planetas onde existe atmosfera. Ele acontece na atmosfera da Terra e também na de Vênus, onde o efeito é muito acentuado e a temperatura alcança valores de cerca de 460 °C. Embora importante para a manutenção da vida no planeta, hoje é uma preocupação para muitos ambientalistas e cientistas. Com base em seus conhecimentos sobre o efeito estufa, analise as seguintes afirmativas:

I. Existem materiais, como o vidro, que permitem a passagem de luz, mas dificultam a passagem de radiação térmica. Numa estufa com cobertura de vidro, por exemplo, parte da luz que entra é absorvida pelas plantas. Estas, sendo aquecidas, emitem radiação infravermelha, que tem dificuldade para atravessar o vidro e aquece o interior da estufa. Esse efeito é semelhante ao que acontece na atmosfera da Terra, daí o nome “efeito estufa”.

II. O efeito estufa é importante porque retém o calor na Terra, possibilitando a vida de animais e vegetais. Sua intensificação é que é danosa, ocasionando o aumento da temperatura do planeta. Como consequência disso, dentre outras ocorrências, parte da ilha do Marajó poderá ser inundada e os furacões no Caribe poderão ser mais frequentes e devastadores.

III. No efeito estufa, a radiação solar atravessa a atmosfera, parte é absorvida pela Terra e parte é refletida. Uma parcela da radiação absorvida é reemitida na forma de raios ultravioleta (ondas de calor), que têm pequeno comprimento de onda e dos quais uma pequena parte é absorvida, principalmente pelo gás carbônico, vapor de água e metano, nas altas camadas atmosféricas, criando um manto quente na superfície da Terra.

IV. Na Lua, não há ocorrência de efeito estufa em virtude de não existir atmosfera. Isso é uma das causas de as temperaturas no nosso satélite variarem entre 2150 °C durante a noite e 100 °C durante o dia. Estão corretas somente as afirmativas:

- a) I, II e IV.
- b) I, II e III.
- c) I, III e IV.
- d) I e II.
- e) II e IV.

25. (Tópicos) Numa sauna, para separar a sala de banho do escritório, usou-se uma parede de tijolos com 12 cm de espessura. A parede foi revestida do lado mais quente com uma camada de madeira com 6 cm de espessura e, do lado mais frio, com uma camada de cortiça com 3 cm de espessura. A temperatura da sauna é mantida a 70 °C, enquanto a do ambiente do escritório, a 20 °C. Determine as temperaturas nos pontos de separação madeira/tijolo e tijolo/cortiça, após ser estabelecido o regime permanente.

**Dados:**  $k_{\text{madeira}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ cal/s cm } ^\circ\text{C};$

$$k_{\text{tijolo}} = 15 \cdot 10^{-4} \text{ cal/s cm } ^\circ\text{C};$$

$$k_{\text{cortiça}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ cal/s cm } ^\circ\text{C}.$$

26. (OBF 2016) Em regiões frias usam-se aquecedores para aumentar a temperatura em ambientes fechados. Para que não haja desperdício de energia, é preciso levar em conta a perda de calor através das paredes e janelas da casa. Considere, por exemplo, uma janela de vidro com 0,7 m de largura, 1,2 m de altura e 12 mm de espessura e condutividade térmica de 0,8 W/m.K. Com que potência o calor é perdido por essa janela quando a temperatura interna é 20°C e a temperatura externa é 10°C?

## B.3. Calorimetria

A calorimetria estuda os fenômenos relacionados às trocas de energia térmica.

### Calor sensível

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Onde  $c$  é o calor específico em cal/g °C, ou seja, é a quantidade de calor necessária para elevar em 1 °C a temperatura de 1 g de determinada substância.

### Capacidade térmica

$$C_p = m \cdot c$$

### Calor latente

$$Q = m \cdot L$$

Onde  $L$  é o calor latente em cal/g, ou seja, é a quantidade de calor  $Q$  que uma massa  $m$  de um corpo necessita para sofrer uma **mudança de estado físico**.

### Sistema físico termicamente isolado

A soma dos calores trocados num sistema isolado é sempre zero, isto é, a soma, em módulo, dos calores perdidos é igual a dos calores recebidos.

$$\sum Q = 0$$

### Calorímetro

A mistura térmica de dois ou mais corpos, principalmente quando um deles está no estado líquido, requer um recipiente adequado. A esse tipo de recipiente damos o nome de calorímetro.

Tipos de calorímetros:

- calorímetros adiabáticos ideais: são aqueles que não participam da troca de calor e não permitem a troca de calor com meio externo;
- calorímetros adiabáticos reais: são aqueles que participam da troca de calor e não permitem a troca de calor com meio externo;
- calorímetros diatérmicos reais: participam da troca de calor e permitem trocas de calor com meio externo.

## EXERCÍCIOS

1. (UFMG) Observe na figura, um ferreiro que aquece uma ferradura e a esfria, em seguida, em um balde cheio de água, à temperatura ambiente.



Quando o equilíbrio térmico é atingido, a água se aquece a poucos graus Celsius, enquanto a ferradura se resfria de algumas centenas de graus, na mesma escala de temperatura. A grandeza física que determina essa diferença de comportamento entre a água e a ferradura é:

- a) o peso.
- b) o volume.
- c) o calor específico.
- d) a capacidade térmica.

2.(OBF 2024) Em um dia de verão, uma estudante de física encheu um copo com água e com alguns cubos de gelo. O copo estava inicialmente seco e à temperatura ambiente e foi enchido cuidadosamente, sem derramar, até a borda. Além disso, ela se certificou que nenhum cubo de gelo estaria tocando o fundo do copo. Após alguns instantes, ela observou que o copo acumulava gotas de água na parte externa e que parte do gelo havia fundido. Considere as seguintes assertivas sobre a situação descrita.

- 1. Houve condensação da umidade do ar na parte exterior do copo.
- 2. O gelo fundido elevou o nível da água e provocou seu escoamento pela borda do copo.
- 3. A água cede calor para a fusão do gelo.

As assertivas verdadeiras são:

- (a) apenas 1
- (b) apenas 2
- (c) apenas 1 e 3
- (d) apenas 2 e 3
- (e) todas

3. (OBF 2017) No laboratório de química, uma aluna fez uma experiência em que colocava um bloco de gelo ( $-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) dentro de um Becker. Em seguida ela fornece calor ao sistema (Becker + gelo), utilizando-se da chama de um bico de Bunsen de potência constante. Ao longo da experiência, ela notou que o gelo começou a derreter. Tomando o termômetro ela aferiu novamente a temperatura do gelo, constatando que o gelo enquanto funde

- a) Recebe calor, mas sua temperatura aumenta;
- b) Cede calor e sua temperatura aumenta;
- c) Cede calor e sua temperatura diminui
- d) Recebe calor, mas sua temperatura permanece constante;
- e) Cede calor e sua temperatura permanece constante.

4. (OBF 2019) Em um calorímetro de capacidade térmica desprezível, coloca-se 150 g de água a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 50 g de gelo a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O calorímetro está isolado termicamente. Sabendo que o calor latente de fusão do gelo é  $80\text{ cal/g}$ , calcule a quantidade de calor necessária para derreter todo o gelo e a temperatura final do sistema.

5. (OBF 2020) As pessoas em algumas regiões do Brasil têm, no mês de outubro de 2020, enfrentado dias muito quentes. Em função disto, é frequente, nos meios de comunicação, ouvirmos as palavras calor, temperatura e sensação térmica em diferentes contextos. A sensação térmica, ou temperatura aparente, é a forma como os nossos corpos percebem a temperatura do ar. Esta temperatura é afetada por características ambientais que modificam a taxa com a qual nossos corpos transferem calor para o ambiente. Em uma discussão de sala de aula sobre esse assunto, três afirmativas foram feitas:

- I. As três grandezas calor, temperatura e sensação térmica são medidas na mesma unidade.
- II. A transpiração, através da evaporação do suor, é uma das formas pelas quais o corpo humano cede calor para o ambiente.
- III. Locais onde a umidade relativa do ar é maior podem produzir uma sensação térmica de temperatura mais elevada mesmo em temperaturas ambientes mais amenas.

É (são) correta(s) a(s) afirmativa(s):

- a) apenas I
- b) apenas II
- c) apenas III
- d) II e III
- e) I e III

6. (OBF 2017 - adapt.) Meu avô, cansado das panelas de barro, quer comprar uma panela que esquente rápido e uniformemente a comida. Para isso, ele procurou a sua neta, uma física que entende de Termodinâmica, que lhe aconselhou a procurar no comércio uma panela feita de um material que tenha:

- a) alto calor específico e alta condutividade térmica.

- b) alto calor específico e baixa condutividade térmica.
- c) baixo calor específico e alta condutividade térmica.
- d) baixo calor específico e baixa condutividade térmica.

7. (OBF 2024) Em um laboratório com temperatura ambiente controlada há duas placas quadradas que estão há bastante tempo apoiadas em uma bancada de madeira. Uma das placas é de metal e a outra é de plástico. Um estudante de física encosta rapidamente os dedos na placa de metal e depois na de plástico e tem a sensação que a de metal é mais fria. Depois, sobre cada placa coloca um cubo de gelo de mesma massa e observa que o gelo derrete mais rapidamente na placa de metal. Sejam  $T_m$  e  $T_p$ , respectivamente, as temperaturas iniciais das placas de metal e plástico, podemos afirmar que:

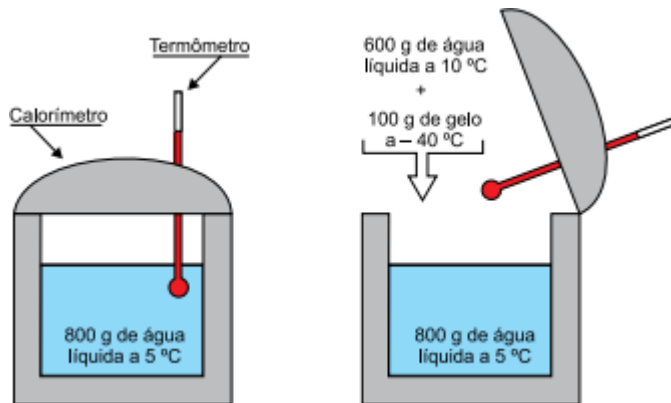
- (a)  $T_m = T_p$  e o metal é melhor condutor de calor que o plástico.
- (b)  $T_m = T_p$  e o plástico é melhor condutor de calor que o metal.
- (c)  $T_m < T_p$  e o metal é melhor condutor de calor que o plástico.
- (d)  $T_m < T_p$  e o plástico é melhor condutor de calor que o metal.
- (e)  $T_m > T_p$  e o metal é melhor condutor de calor que o plástico.

8. (OBF 2018 - adapt.) Uma panela de pressão, daquelas usadas para cozinhar mais rapidamente o feijão nosso de cada dia, apresenta essa enorme vantagem sobre uma panela comum aberta, devido ao fato:

- a) do ponto de ebulição da água que envolve o feijão, na panela de pressão, ser superior a  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- b) das paredes da panela de pressão ser espessa, conservando, por muito tempo, o calor em seu interior;
- c) da temperatura de ebulição dos líquidos no interior da panela de pressão ser reduzida;
- d) do aumento da temperatura reduzir a pressão no interior da panela de pressão, facilitando a expansão dos alimentos;
- e) da pressão comprimir os alimentos, facilitando o cozimento.

9. (ENEM 2022) Em um experimento de calorimetria realizado no nível do mar, um estudante colocou  $600\text{ g}$  de água a  $10\text{ }^\circ\text{C}$  e  $100\text{ g}$  de gelo a  $-40\text{ }^\circ\text{C}$  em um calorímetro ideal,

onde já existiam 800 g de água a 5 °C, em equilíbrio térmico com o calorímetro.



Sabendo que o calor específico da água líquida é 1 cal/(g·°C), que o calor específico do gelo é 0,5 cal/(g·°C) e que o calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g, depois de atingido o novo equilíbrio térmico havia, dentro do calorímetro:

- 1500g de água líquida a 10 °C.
- 1450 g de água líquida e 50 g de gelo a 0 °C.
- 1500 g de gelo a -5 °C.
- 1500 g de água líquida a 0 °C.
- 1500 g de gelo a 0 °C.

10. (OBF 2017) Em outra experiência, realizada em nível do mar, o Professor Physicson solicitou de um grupo de alunos que colocassem um litro de água num recipiente pequeno e outro litro de água numa bacia grande, ambos abertos conforme as figuras abaixo, deixando-os exposto ao sol entre os horários de 10 h às 14 h. Ao final da experiência, os alunos recolheram a água dos recipientes, mediram os seus volumes e constataram acertadamente que:

- Havia mais água no recipiente menor do que na bacia, pois quanto maior a área de exposição, maior será o processo de evaporação;
- Havia mais água no recipiente menor do que na bacia, pois quanto maior a área de exposição, menor será o processo de evaporação;
- Havia mais água no recipiente menor, pois quanto menor a área de exposição, maior será a intensidade da radiação solar;

- I e II estão corretas;
- II e III estão corretas;
- Somente I está correta;



- d) I e III estão corretas;
- e) Todas corretas;

11. (Tópicos) Em um recipiente termicamente isolado e com capacidade térmica desprezível, misturam-se 200 g de água a 10 °C com um bloco de ferro de 500 g a 140 °C. Qual a temperatura final de equilíbrio térmico? Dados: calor específico da água = 1,0 cal/g °C; calor específico do ferro = 0,12 cal/g °C.

12. (UFTM) Dona Joana é cozinheira e precisa de água a 80 °C para sua receita. Como não tem um termômetro, decide misturar água fria, que obtém de seu filtro, a 25 °C, com água fervente. Só não sabe em que proporção deve fazer a mistura. Resolve, então, pedir ajuda a seu filho, um excelente aluno de física. Após alguns cálculos, em que levou em conta o fato de morarem no litoral, e em que desprezou todas as possíveis perdas de calor, ele orienta sua mãe a misturar um copo de 200 mL de água do filtro com uma quantidade de água fervente, em mL, igual a V. Determine V.

13. (Olimpíada Paulista de Física) Deseja-se preparar um banho em um ofurô. Sabe-se que a temperatura da água da torneira é de 20 °C, e que a temperatura ideal da água para o banho é de 36 °C. Quantos litros de água fervendo deve-se misturar com a água da torneira para obter 100 litros de água na temperatura ideal para o banho?

14. (ITA) Em um calorímetro de capacidade térmica desprezível, coloca-se 100 g de etanol a 70 °C e 200 g de água a 20 °C. Sabendo que o calor específico do etanol é 0,6 cal/g°C e o da água é 1 cal/g°C, calcule a temperatura de equilíbrio final do sistema.

15. (Fuvest - adapt.) Dois recipientes de material termicamente isolante contêm cada um 10 g de água a 0 °C. Deseja-se aquecer até uma mesma temperatura os conteúdos dos dois recipientes, mas sem misturá-los. Para isso, é usado um bloco de 100 g de uma liga metálica inicialmente à temperatura de 90 °C. O bloco é imerso durante certo tempo em um dos recipientes e depois transferido para o outro, nele permanecendo até ser atingido o equilíbrio térmico. O calor específico da água é dez vezes maior que o da liga metálica. Qual a temperatura do bloco metálico logo antes de ser transferido para o segundo recipiente?

16. (Cefet) As temperaturas de ebulição da água nas cidades A e B são, respectivamente, 96 °C e 100 °C. É correto afirmar que:

- a) a altitude de B é maior que a de A.
- b) as duas cidades estão ao nível do mar.
- c) a cidade A está acima do nível do mar.
- d) a pressão atmosférica em A é maior que em B.
- e) as duas cidades possuem a mesma pressão atmosférica.

17. (Ufes) Os cozinheiros sabem que um bom pudim deve ser cozido em banho-maria: a forma contendo o pudim é mergulhada em um recipiente no qual se mantém água fervendo. A razão física para esse procedimento é que:

- a) o cozimento se dá à pressão controlada.
- b) o cozimento se dá à temperatura controlada.
- c) a água é um bom isolante térmico.
- d) o peso aparente do pudim é menor, devido ao empuxo (princípio de Arquimedes).
- e) a expansão volumétrica do pudim é controlada.

18. (Tópicos) Um jovem apaixonado entrou em uma joalheria e escolheu um anel para presentear sua namorada. O joalheiro garantiu que no anel, de 10 gramas, 90% eram ouro e 10% eram cobre. Para ter certeza, o estudante levou o anel até o laboratório de Física da sua escola e realizou um experimento de calorimetria, a fim de determinar a massa real de ouro. O anel foi aquecido em uma estufa até atingir a temperatura de  $522\text{ }^{\circ}\text{C}$  e, em seguida, foi colocado no interior de um calorímetro com água. O sistema calorímetro-água tem capacidade térmica equivalente à de 100 gramas de água e está à temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A temperatura final de equilíbrio térmico foi de  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sabe-se que:

I. o calor específico da água vale  $1,00\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ ; o do ouro,  $0,030\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ ; e o do cobre,  $0,090\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ .

II. o calor específico de uma liga metálica é igual à média ponderada dos calores específicos dos metais integrantes da liga, sendo as respectivas massas os pesos da média.

Dessa forma, o estudante determinou que a massa real de ouro no anel era, aproximadamente, igual a:

- a) 5,0 gramas;
- b) 7,5 gramas;
- c) 8,3 gramas;
- d) 9,0 gramas;
- e) 9,8 gramas.

19. (USP) Em um calorímetro de capacidade térmica desprezível, coloca-se 150 g de água a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 50 g de gelo a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O calorímetro está isolado termicamente. Sabendo que o calor latente de fusão do gelo é  $80\text{ cal/g}$ , calcule a quantidade de calor necessária para derreter todo o gelo e a temperatura final do sistema.

20. (OBF) Um calorímetro de capacidade térmica desprezível contém 100 g de água a  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Em seguida, adiciona-se 200 g de água a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sabendo que a capacidade térmica específica da água é  $1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ , calcule a temperatura final do sistema após o equilíbrio térmico

Questões Desafio:

21. (OBF 2016) Aquários de peixes tropicais devem ser mantidos à temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ . Para tanto, são usados aquecedores com termostatos, que aquecem a água até que a temperatura desejada seja atingida. A limpeza periódica é feita substituindo-se parte da água do aquário por água nova, mas deve-se evitar variações bruscas de temperatura. Considere

um aquário de 100 L dos quais 40 L são substituídos por água a 20°C, equipado com um aquecedor de 100 W. Responda as perguntas desprezando outros corpos que não a massa de água e considerando que não há trocas de calor com o ambiente.

a) Qual será a temperatura de equilíbrio da água depois da substituição e antes do termostato ser ligado?

b) Quanto tempo será necessário para que o aquário volte à temperatura de 30°C? Considere o calor específico da água igual  $c = 4 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$ .

22. (OBF 2020) Uma ducha com água aquecida eletricamente, de potência 4,20 kW, ou seja, que utiliza energia elétrica a uma taxa 4,20 kJ por segundo, liga automaticamente quando a torneira é aberta permitindo uma vazão mínima de 3,00 litros de água por minuto. A partir daí, à medida que a torneira é aberta para permitir vazões maiores, o aquecedor elétrico permanece operando à mesma potência. A vazão máxima desta ducha é de 6,60 litros de água por minuto.

a) Qual a temperatura máxima possível da água liberada pela ducha em um dia de inverno, em °C, no qual a água que entra na ducha está a 15,0 °C?

b) Se a ducha está ligada, qual a temperatura mínima possível da água liberada em um dia de verão, em °C, no qual a água que entra na ducha está a 24,0 °C?

## Lista de aproximações e constantes

- $\sqrt{2} = 1,4$
- $\sqrt{3} = 1,7$
- $\sqrt{5} = 2,2$
- $\pi = 3$
- densidade da água =  $1,0 \text{ g/cm}^3$
- densidade do gelo =  $0,92 \text{ g/cm}^3$
- $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$
- calor específico da água líquida =  $1,0 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- calor específico do gelo =  $0,50 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- calor latente de fusão da água =  $80 \text{ cal g}^{-1}$
- calor latente de vaporização da água =  $540 \text{ cal g}^{-1}$
- velocidade da luz no vácuo =  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- velocidade do som no ar =  $340 \text{ m/s}$
- constante de gravitação universal =  $6,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- aceleração da gravidade =  $10,0 \text{ m/s}^2$