### **UNIDADE 1**

# CINEMÁTICA – INTRODUÇÃO

#### Móvel

Chamamos de **móvel** o objeto que está em movimento. Os móveis podem ser classificados em:

**Ponto Material ou Partícula:** o móvel será considerado uma partícula quando suas dimensões puderem ser desconsideradas no estudo de um movimento.

**Corpo Extenso:** o móvel será um corpo extenso quando suas dimensões não forem desprezadas.

#### Atenção:

- 1) Não se pode desconsiderar a massa de uma partícula.
- **2)** Todo móvel que realizar movimento de rotação deverá ser considerado um corpo extenso.

#### Movimento e Repouso

Um móvel estará em movimento ou repouso dependendo do referencial adotado.

Exemplo: Um motorista de ônibus enquanto dirige está em movimento em relação à estrada, mas está em repouso em relação ao seu assento.

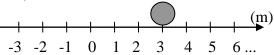
#### Trajetória

É a linha geométrica que representa o caminho descrito por uma partícula em movimento em relação a um dado referencial.

A trajetória é relativa, isto é, depende do referencial adotado.

### Posição em uma trajetória (Espaço)

Representado pela letra **x**, espaço é o valor algébrico da distância, medida sobre a trajetória, entre a posição ocupada por um móvel até a origem (O: ponto de referência)

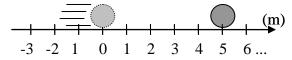


Na figura, o espaço ocupado pelo móvel representado pela esfera é  $\mathbf{x} = \mathbf{3} \mathbf{m}$ .

#### Deslocamento ( $\Delta \vec{x}$ )

É a distância entre a posição inicial e a posição final do móvel, sem se preocupar com a trajetória. É uma grandeza vetorial.

$$\Delta x = x - x_0$$

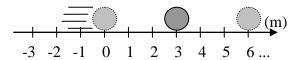


Considerando, na figura acima, que a posição inicial do móvel foi  $x_0=0$  e a posição final foi x=5m, o deslocamento escalar é calculado:

$$\Delta x = x - x_0 \Rightarrow \Delta x = 5 - 0 \Rightarrow \Delta x = 5m$$

#### Distância Percorrida (d)

É a medida da distância, sobre a trajetória, percorrida pelo corpo. É uma grandeza escalar.



Suponha que o móvel da figura acima partiu da posição  $x_0=0$ , deslocou-se até a posição  $x_1=6m$  e retornou para a posição final  $x_2=3m$ . Neste caso, o deslocamento foi:

$$\Delta x = x - x_0 \Rightarrow \Delta x = 3 - 0 \Rightarrow \Delta x = 3m$$

Para determinar a distância percorrida, deve-se somar os deslocamentos a favor ( $\Delta x_{ida}$ ) e contra ( $\Delta x_{volta}$ ) a trajetória:

$$d = \left| \Delta x_{ida} \right| + \left| \Delta x_{volta} \right|$$

No exemplo acima, o móvel deslocou-se por 6m a favor e 3m contra a trajetória. Portanto, a distância percorrida foi de 9m.

#### Velocidade Escalar Média (V<sub>m</sub>)

É o quociente entre a distância percorrida e o tempo gasto para percorrê-la.

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

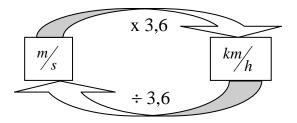
# Velocidade Média ou Velocidade Vetorial Média ( $\vec{V}_{\scriptscriptstyle m}$ )

É o quociente entre o deslocamento e o tempo gasto para realizá-lo.

$$\vec{V}_m = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

#### \*Unidades de Velocidade:

SI	CGS	Usual
m/s	cm/s	km/ h



#### Aceleração Média (a<sub>m</sub>)

É o quociente entre a variação de velocidade de um móvel  $(\Delta v)$  pelo intervalo de tempo correspondente  $(\Delta t)$ .

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

\*Unidade de aceleração (SI):  $\frac{m}{s^2}$ 

#### Exercícios de Sala 🖎

- 1. A respeito dos conceitos de ponto material e corpo extenso, assinale a alternativa correta:
- a) Um ponto material é um corpo de tamanho muito pequeno.
- b) Um corpo extenso é um corpo de tamanho muito grande.
- c) Ponto material é um corpo de massa desprezível em comparação com a de um homem.
- d) Ponto material é um corpo de tamanho e massa desprezíveis em comparação com o tamanho e a massa de um homem.
- e) Quando estudamos o movimento de rotação de um corpo, ele não pode ser considerado ponto material.
- **2.** (PUC-PR) Um automóvel percorre certo trecho com velocidade escalar média de 40 km/h e depois volta pelo mesmo trecho com velocidade escalar média de 60 km/h. Sua velocidade escalar média no trajeto de ida e volta foi, em km/h, igual a:

a) 48 b) zero d) 50 e) 60

c) 40

*c)* 00

### Tarefa Mínima 🖎

**3.** (UFAL) Uma pessoa percorreu, caminhando a pé, 6,0km em 20 minutos. A sua velocidade escalar média, em unidades do Sistema Internacional, foi de

a) 2,0

d) 8,0

b) 4,0

e) 10

c) 5,0

**4.** (UFV) Um aluno, sentado na carteira da sala, observa os colegas, também sentados nas respectivas carteiras, bem como um mosquito que voa perseguindo o professor que fiscaliza a prova da turma.

Das alternativas abaixo, a única que retrata uma análise correta do aluno é:

- a) A velocidade de todos os meus colegas é nula para todo observador na superfície da Terra.
- b) Eu estou em repouso em relação aos meus colegas, mas nós estamos em movimento em relação a todo observador na superfície da Terra.
- c) Como não há repouso absoluto, não há nenhum referencial em relação ao qual nós, estudantes, estejamos em repouso.
- d) A velocidade do mosquito é a mesma, tanto em relação aos meus colegas, quanto em relação ao professor.
- e) Mesmo para o professor, que não pára de andar pela sala, seria possível achar um referencial em relação ao qual ele estivesse em repouso.
- **5.** (FEI) Um automóvel percorre 300km. Na primeira metade deste percurso sua velocidade é de 75km/h e na segunda metade sua velocidade é o dobro da velocidade na primeira metade. Quanto tempo ele levará para realizar todo o percurso?

a) 2,5 h

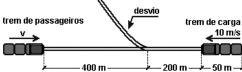
c) 3,5 h

e) 2,0 h

b) 3,0 h

d) 4,0 h

**6.** (UFRJ) Dois trens, um de carga e outro de passageiros, movem-se nos mesmos trilhos retilíneos, em sentidos opostos, um aproximando-se do outro, ambos com movimentos uniformes. O trem de carga, de 50 m de comprimento, tem uma velocidade de módulo igual a 10 m/s e o de passageiros, uma velocidade de módulo igual a v. O trem de carga deve entrar num desvio para que o de passageiros possa prosseguir viagem nos mesmos trilhos, como ilustra a figura. No instante focalizado, as distâncias das dianteiras dos trens ao desvio valem 200 m e 400 m, respectivamente.



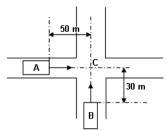
Calcule o valor máximo de v para que não haja colisão.

### Tarefa Complementar 🖎

**7.** (UFPE) A imprensa pernambucana, em reportagem sobre os riscos que correm os adeptos da "direção perigosa", observou que uma pessoa leva cerca de 4,0 s para completar uma ligação de um telefone celular ou colocar um CD no aparelho de som de seu carro. Qual a distância percorrida por um carro que se desloca a 72 km/h durante este intervalo de tempo no qual o motorista não deu a devida atenção ao trânsito?

a) 40 m b) 60 m c) 80 m d) 85 m e) 97 m

**8.** A figura mostra, em determinado instante, dois carros A e B em movimento retilíneo uniforme.



O carro A, com velocidade escalar 20 m/s, colide com o B no cruzamento C. Desprezando as dimensões dos automóveis, a velocidade escalar de B é:

a) 12 m/s

c) 8 m/s

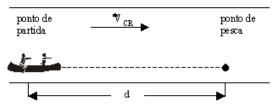
e) 4 m/s

b) 10 m/s d) 6 m/s

**9.** (UFSC) Descendo um rio em sua canoa, sem remar, dois pescadores levam 300 segundos para atingir o seu ponto de pesca, na mesma margem do rio e em trajetória retilínea. Partindo da mesma posição e remando, sendo a velocidade da canoa em relação ao rio igual a 2,0 m/s, eles atingem o seu ponto de pesca em 100 segundos. Após a pescaria, remando contra a correnteza do rio, eles gastam 600 segundos para retornar ao ponto de partida.

### Inclusão para a Vida





Considerando que a velocidade da correnteza  $V_{CR}$  é constante, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s**):

- 01. Quando os pescadores remaram rio acima, a velocidade da canoa em relação à margem foi igual a 4,00 m/s.
- 02. Não é possível calcular a velocidade com que os pescadores retornaram ao ponto de partida, porque a velocidade da correnteza não é conhecida.
- 04. Quando os pescadores remaram rio acima, a velocidade da canoa, em relação ao rio, foi de 1,50 m/s.
- 08. A velocidade da correnteza do rio é 1,00 m/s.
- 16. O ponto de pesca fica a 300 metros do ponto de partida.
- 32. Não é possível determinar a distância do ponto de partida até ao ponto de pesca.
- 64. Como a velocidade da canoa foi de 2,0 m/s, quando os pesca-dores remaram rio abaixo, então, a distância do ponto de partida ao ponto de pesca é 200 m.
- 10. (UFSC) Um trem A, de 150 metros de comprimento, deslocando-se do sul para o norte, começa a atravessar uma ponte férrea de pista dupla, no mesmo instante em que um outro trem B, de 500 metros de comprimento, que se desloca do norte para o sul, inicia a travessia da ponte. O maquinista do trem A observa que o mesmo se desloca com velocidade constante de 36 km/h, enquanto o maquinista do trem B verifica que o seu trem está a uma velocidade constante de 72 km/h, ambas as velocidades medidas em relação ao solo. Um observador, situado em uma das extremidades da ponte, observa que os trens completam a travessia da ponte ao mesmo tempo.

Assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S**):

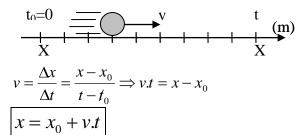
- 01. Como o trem **B** tem o dobro da velocidade do trem **A**, ele leva a metade do tempo para atravessar a ponte independentemente do comprimento dela.
- 02. A velocidade do trem  ${\bf A}$ , em relação ao trem  ${\bf B}$ , é de 108 km/h.
- 04. Não podemos calcular o comprimento da ponte, pois não foi fornecido o tempo gasto pelos trens para atravessá-la.
- 08. O comprimento da ponte é 200 metros.
- 16. Os trens atravessam a ponte em 35 segundos.
- 32. A velocidade do trem  ${\bf B}$ , em relação ao trem  ${\bf A}$ , é de 108 km/h.
- 64. O comprimento da ponte é 125 metros e os trens a atravessam em 15 segundos.

# **UNIDADE 2**

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME -MRU É o movimento em linha reta com velocidade de módulo constante.

$$v = const. = V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \neq 0$$

Função horária das posições:



#### Exercícios de Sala 🕿

*I.* (Fatec) A tabela fornece, em vários instantes, a posição s de um automóvel em relação ao km zero da estrada em que se movimenta.

t (h)	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
s (km)	200	170	140	110	80	50

A função horária que nos fornece a posição do automóvel, com as unidades fornecidas, é:

- a) s = 200 + 30t
- b) s = 200 30t
- c) s = 200 + 15t
- d) s = 200 15t
- e)  $s = 200 15t^2$
- **2.** (PUC-PR) Um automóvel parte de Curitiba com destino a Cascavel com velocidade de 60 km/h. 20 minutos depois parte outro automóvel de Curitiba com o mesmo destino à velocidade 80 km/h.

Depois de quanto tempo, contado a partir da partida do móvel A, o 2º automóvel alcançará o 1º?

- a) 60 min
- b) 70 min
- c) 80 min
- d) 90 min
- e) 56 min

### Tarefa Mínima 🖎

- **3.** (Mack) Uma partícula descreve um movimento retilíneo uniforme, segundo um referencial inercial. A equação horária da posição, com dados no S.I., é x=-2+5t. Neste caso podemos afirmar que a velocidade escalar da partícula é:
- a) 2m/s e o movimento é retrógrado.
- b) 2m/s e o movimento é progressivo.
- c) 5m/s e o movimento é progressivo
- d) 5m/s e o movimento é retrógrado.
- e) 2,5m/s e o movimento é retrógrado.
- **4.** (UFRJ) Nas Olimpíadas de 2004, em Atenas, o maratonista brasileiro Vanderlei Cordeiro de Lima liderava a prova quando foi interceptado por um fanático. A gravação cronometrada do episódio indica que ele perdeu

20 segundos desde o instante em que foi interceptado até o instante em que retomou o curso normal da prova.

Suponha que, no momento do incidente, Vanderlei corresse a 5,0 m/s e que, sem ser interrompido, mantivesse constante sua velocidade.

Calcule a distância que nosso atleta teria percorrido durante o tempo perdido.

- **5.** (UNESP) Num caminhão-tanque em movimento, uma torneira mal fechada goteja à razão de 2 gotas por segundo. Determine a velocidade do caminhão, sabendo que a distância entre marcas sucessivas deixadas pelas gotas no asfalto é de 2,5 metros.
- **6.** (Unitau) Uma motocicleta com velocidade constante de 20m/s ultrapassa um trem de comprimento 100m e velocidade 15m/s. A duração da ultrapassagem é:
- a) 5s.
- c) 20s.
- e) 30s.

- b) 15s.
- d) 25s.
- **7.** (Unitau) Uma motocicleta com velocidade constante de 20m/s ultrapassa um trem de comprimento 100m e velocidade 15m/s. O deslocamento da motocicleta durante a ultrapassagem é:
- a) 400m.
- c) 200m.
- e) 100m.

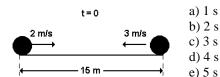
- b) 300m.
- d) 150m.

### Tarefa Complementar 🕾

- **8.** (Mack) Na última volta de um grande prêmio automobilístico, os dois primeiros pilotos que finalizaram a prova descreveram o trecho da reta de chegada com a mesma velocidade constante de 288 km/h. Sabendo que o primeiro colocado recebeu a bandeirada final cerca de 2,0 s antes do segundo colocado, a distância que os separava neste trecho derradeiro era de:
- a) 80 m.
- c) 160 m.
- e) 576 m.

- b) 144 m.
- d) 288 m.
- **9.** (PUC-SP) Duas bolas de dimensões desprezíveis se aproximam uma da outra, executando movimentos retilíneos e uniformes (veja a figura). Sabendo-se que as bolas possuem velocidades de 2m/s e 3m/s e que, no

instante t=0, a distância entre elas é de 15m, podemos afirmar que o instante da colisão é;



**10.** (UFPE) Um automóvel faz o percurso Recife-Gravatá a uma velocidade média de 50 km/h. O retorno, pela mesma estrada, é realizado a uma velocidade média de 80 km/h. Quanto, em percentual, o tempo gasto na ida é superior ao tempo gasto no retorno?

# **UNIDADE 3**

#### MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO - MRUV

Um movimento no qual o móvel mantém sua aceleração escalar constante e não nula, é denominado movimento uniformemente variado. Em consequência, a aceleração escalar instantânea (a) e a aceleração escalar média  $(a_m)$  são iguais.

$$a = const. = a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \neq 0$$

#### Equação horária das velocidades:

$$v = v_0 + a.t$$

### Equação horária das posições:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

### Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2.a.\Delta x$$

### Exercícios de Sala 🖎

- 1. (UNESP) Um veículo está rodando à velocidade de 36 km/h numa estrada reta e horizontal, quando o motorista aciona o freio. Supondo que a velocidade do veículo se reduz uniformemente à razão de 4 m/s em cada segundo a partir do momento em que o freio foi acionado, determine; a) o tempo decorrido entre o instante do acionamento do freio e o instante em que o veículo pára.
- b) a distância percorrida pelo veículo nesse intervalo de tempo.
- **2.** (PUC-Campinas) A função horária da posição s de um móvel é dada por s=20+4t-3t², com unidades do Sistema Internacional. Nesse mesmo sistema, a função horária da velocidade do móvel é;
- a) -16 3t
- c) 4 6t
- e) 4 1,5t

- b) -6t
- d) 4 3t

# Tarefa Mínima 🖎

- **3.** (UERJ) Ao perceber o sinal vermelho, um motorista, cujo carro trafegava a 80 km/h, pisa no freio e pára em 10 s.
- A desaceleração média do veículo, em km/h<sup>2</sup>, equivale, aproximadamente a:
- a)  $1.4 \times 10^{3}$
- c)  $1.8 \times 10^4$
- b)  $8.0 \times 10^{3}$
- d)  $2.9 \times 10^4$
- **4.** (PUC-RS) Um jogador de tênis recebe uma bola com velocidade de 20,0m/s e a rebate na mesma direção e em sentido contrário com velocidade de 30,0m/s. Se a bola

permanecer 0,100s em contato com a raquete, o módulo da sua aceleração média será de:

a)  $100 \text{m/s}^2$ 

c) 300 m/s<sup>2</sup>

e)  $600 \text{ m/s}^2$ 

b) 200 m/s<sup>2</sup>

d)  $500 \text{ m/s}^2$ 

**5.** (UFSCar) Em um piso horizontal um menino dá um empurrão em seu caminhãozinho de plástico. Assim que o contato entre o caminhãozinho e a mão do menino é desfeito, observa-se que em um tempo de 6 s o brinquedo foi capaz de percorrer uma distância de 9 m até cessar o movimento. Se a resistência oferecida ao movimento do caminhãozinho se manteve constante, a velocidade inicial obtida após o empurrão, em m/s, foi de:

a) 1,5.

c) 4,5.

e) 9,0

b) 3.0.

d) 6,0.

**6.** (PUC-Rio) Um carro viajando em uma estrada retilínea e plana com uma velocidade constante  $V_1$ =72km/h passa por outro que está em repouso no instante t=0 s. O segundo carro acelera para alcançar o primeiro com aceleração  $a_2$ =2,0m/s². O tempo que o segundo carro leva para atingir a mesma velocidade do primeiro é:

a) 1,0 s.

- c) 5,0 s.
- e) 20,0 s.

b) 2,0 s.

- d) 10,0 s.
- 7. (PUC-PR) Um automóvel trafega em uma estrada retilínea. No instante  $t=0\,$ s, os freios são acionados, causando uma aceleração constante até anular a velocidade, como mostra a figura.

A tabela mostra a velocidade em determinados instantes.



V (m/s)	t (s)
15	0
11	2
9	3

Com base nestas informações, são feitas algumas afirmativas a respeito do movimento:

- I O automóvel apresenta uma aceleração no sentido do deslocamento.
- II O deslocamento do veículo nos primeiros 2 s é 34 m.
- III A aceleração do veículo é -1,5 m/s<sup>2</sup>.
- IV A velocidade varia de modo inversamente proporcional ao tempo decorrido.
- V A velocidade do veículo se anula no instante 7,5 s.

Está correta ou estão corretas:

- a) somente I.
- c) somente III.
- e) II e V.

- b) I e II.
- d) IV e V.

# Tarefa Complementar 🕿

- 8. (PUC-RS) Um "motoboy" muito apressado, deslocandose a 30m/s, freou para não colidir com um automóvel a sua frente. Durante a frenagem, sua moto percorreu 30m de distância em linha reta, tendo sua velocidade uniformemente reduzida até parar, sem bater no automóvel. O módulo da aceleração média da moto, em m/s², enquanto percorria a distância de 30m, foi de:
- a) 10
- c) 30
- e) 108

- b) 15
- d) 45

- **9.** (UFSCar) Um partícula se move em uma reta com aceleração constante. Sabe-se que no intervalo de tempo de 10s ela passa duas vezes pelo mesmo ponto dessa reta, com velocidades de mesmo módulo, v=4,0m/s, em sentidos opostos. O módulo do deslocamento e o espaço percorrido pela partícula nesse intervalo de tempo são, respectivamente:
- a) 0,0 m e 10 m.
- c) 10 m e 5,0 m.
- e) 20 m e 20 m.
- b) 0,0 m e 20 m. d) 10 m e 10 m.
- 10. (UFSC) No momento em que acende a luz verde de um semáforo, uma moto e um carro iniciam seus movimentos, com acelerações constantes e de mesma direção e sentido. A variação de velocidade da moto é de 0,5 m/s e a do carro é de 1,0 m/s, em cada segundo, até atingirem as velocidades de 30 m/s e 20 m/s, respectivamente, quando, então, seguem o percurso em movimento retilíneo uniforme.

Considerando a situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S**).

- 01. A velocidade média da moto, nos primeiros 80 s, é de 20,5 m/s.
- 02. Após 60 s em movimento, o carro está 200 m à frente da moto.
- 04. A moto ultrapassa o carro a 1 200 m do semáforo.
- 08. A ultrapassagem do carro pela moto ocorre 75 s após ambos arrancarem no semáforo.
- 16. O movimento da moto é acelerado e o do carro é retilíneo uniforme, 50s após iniciarem seus movimentos.
- 32.40 s após o início de seus movimentos, o carro e a moto têm a mesma velocidade.

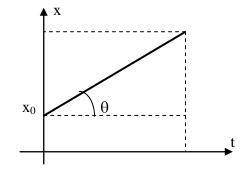
# **UNIDADE 4**

# GRÁFICOS CINEMÁTICOS

### **MOVIMENTO UNIFORME (MU)**

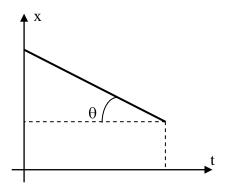
Posição X tempo  $\rightarrow$  tg  $\theta = |\mathbf{v}|$ 

Mov. Progressivo (v > 0)



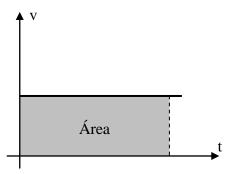
Mov. Retrógrado (v < 0)

# Inclusão para a Vida

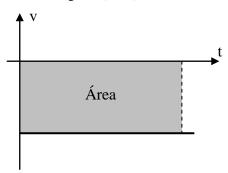


 $\underline{\text{Velocidade X tempo}} \rightarrow \mathbf{\acute{A}rea} = |\Delta \mathbf{x}|$ 

Mov. Progressivo (v > 0)



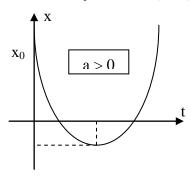
Mov. Retrógrado (v < 0)

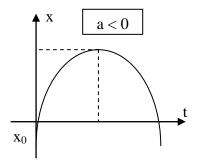


### Movimento Uniformemente Variado (MUV)

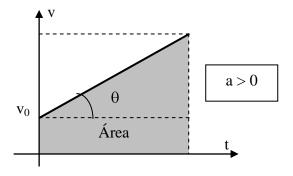
Posição X tempo

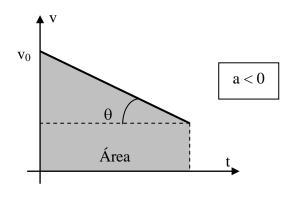
**Raízes:** instantes nos quais o móvel passa pela origem **Vértice:** mudança de sentido (v = 0)



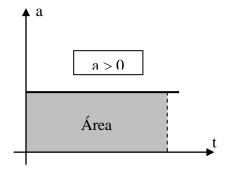


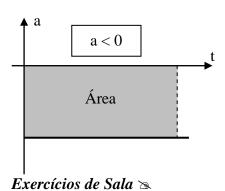
 $\frac{\text{Velocidade X tempo}}{\text{tg }\theta = |\mathbf{a}|} \rightarrow \mathbf{\acute{A}rea} = |\Delta \mathbf{x}|$ 



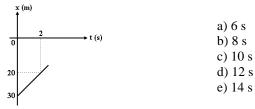


Aceleração X tempo  $\rightarrow$ Área =  $|\Delta \mathbf{v}|$ 

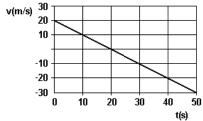




1. (Mack) Um móvel se desloca sobre uma reta conforme o diagrama a seguir. O instante em que a posição do móvel é de +20m é:



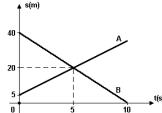
2. (UFPE) O gráfico a seguir mostra a velocidade de um objeto em função do tempo, em movimento ao longo do eixo x. Sabendo-se que, no instante t = 0, a posição do objeto é x = - 10 m, determine a equação x(t) para a posição do objeto em função do tempo.



- a)  $x(t) = -10 + 20t 0.5t^2$
- b)  $x(t) = -10 + 20t + 0.5t^2$
- c)  $x(t) = -10 + 20t 5t^2$
- d)  $x(t) = -10 20t + 5t^2$
- e)  $x(t) = -10 20t 0.5t^2$

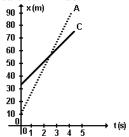
#### Tarefa Mínima 🔈

**3.** Duas partículas A e B se movem numa mesma trajetória e o gráfico a seguir indica suas posições (s) em função do tempo (t). Pelo gráfico podemos afirmar que as partículas:



- a) movem-se no mesmo sentido;
- b) movem-se em sentidos opostos;
- c) no instante t=0, encontram-se a 40m uma da outra;
- d) movem-se com a mesma velocidade;
- e) não se encontram.

**4.** (PUC-Campinas) Um caminhão C de 25m de comprimento e um automóvel A de 5,0m de comprimento estão em movimento em uma estrada. As posições dos móveis, marcadas pelo para-choque dianteiro dos veículos, estão indicadas no gráfico para um trecho do movimento. Em determinado intervalo de tempo o automóvel ultrapassa o caminhão.

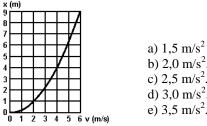


Durante a ultrapassagem completa do caminhão, o automóvel percorre uma distância, em metros, igual a

- c) 18
- e) 60

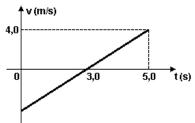
- b) 15
- d) 20

5. (Unifesp) Em um teste, um automóvel é colocado em movimento retilíneo uniformemente acelerado a partir do repouso até atingir a velocidade máxima. Um técnico constrói o gráfico onde se registra a posição x do veículo em função de sua velocidade v. Através desse gráfico, pode-se afirmar que a aceleração do veículo é:



- a)  $1.5 \text{ m/s}^2$
- c)  $2.5 \text{ m/s}^2$
- d)  $3.0 \text{ m/s}^2$
- e)  $3.5 \text{ m/s}^2$ .

**6.** (PUC-SP) O gráfico representa a variação da velocidade com o tempo de um móvel em movimento retilíneo uniformemente variado.

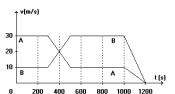


A velocidade inicial do móvel e o seu deslocamento escalar de 0 a 5,0 s valem, respectivamente:

- a) 4,0 m/s e 5,0 m
- d) 4,0 m/s e 5,0 m
- b) 6,0 m/s e 5,0 m
- e) 6,0 m/s e 25 m
- c) 4,0 m/s e 25 m

7. (FUVEST) Dois veículos A e B se deslocam em trajetórias retilíneas e paralelas uma à outra. No instante t=0s eles se encontram lado a lado. O gráfico adiante representa as velocidades dos dois veículos, em função do tempo, a partir desse instante e durante os 1200s seguintes. Os dois veículos estarão novamente lado a lado, pela primeira vez, no instante

# Inclusão para a Vida



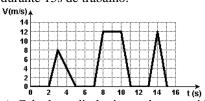
a) 400 s.b) 500 s.c) 600 s.

d) 800 s.

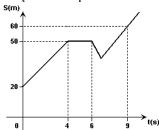
e) 1200 s.

### Tarefa Complementar 🖎

**8.** (UNESP) O gráfico na figura descreve o movimento de um caminhão de coleta de lixo em uma rua reta e plana, durante 15s de trabalho.



- a) Calcule a distância total percorrida neste intervalo de tempo.
- b) Calcule a velocidade média do veículo.
- **9.** (Fatec) Um objeto se desloca em uma trajetória retilínea. O gráfico a seguir descreve as posições do objeto em função do tempo.



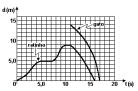
Analise as seguintes afirmações a respeito desse movimento:

- I Entre t = 0 e t = 4s o objeto executou um movimento retilíneo uniformemente acelerado.
- II Entre t = 4s e t = 6s o objeto se deslocou 50m.
- III Entre t = 4s e t = 9s o objeto se deslocou com uma velocidade média de 2m/s.

Deve-se afirmar que apenas

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas.

10. (UFSC) Um ratinho se afasta de sua toca em busca de alimento, percorrendo um trajetória retilínea. No instante t=11s, um gato pula sobre o caminho do ratinho e ambos disparam a correr: o ratinho retornando sobre a mesma trajetória em busca da segurança da toca e o gato atrás do ratinho. O gráfico da figura representa as posições do ratinho e do gato, em função do tempo, considerando que no instante t=0, o ratinho partiu da posição d=0, isto é, da sua toca.



Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S) sobre o movimento do ratinho e do gato:

- 01. O ratinho chega 1,0 segundo antes do gato que, portanto, não consegue alcançá-lo.
- 02. O ratinho se deslocou com velocidade constante entre os instantes t=5,0s e t=7,0s.
- 04. O movimento do ratinho foi sempre retilíneo e uniforme, tanto na ida como na volta.
- 08. O gato se encontrava a 5,0 metros do ratinho quando começou a persegui-lo.
- 16. O ratinho parou duas vezes no seu trajeto de ida e de volta até a toca.
- 32. O gato percorre uma distância maior que a do ratinho, em menor tempo, por isso o alcança antes que ele possa chegar à toca.

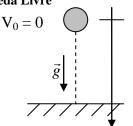
# **UNIDADE 5**

### QUEDA LIVRE E LANÇAMENTO VERTICAL

#### Considerações:

- 1) Como a aceleração da gravidade nas proximidades da Terra é considerada constante, nosso movimento será uniformemente variado. (MUV)
- 2) Em um mesmo lugar da Terra todos os corpos caem livremente com a mesma aceleração, independentemente do seu peso, forma ou tamanho. Isto é, naquele lugar da Terra o valor de g é o mesmo para qualquer corpo em queda livre.
- $\overline{3}$ ) Quando lançamos um corpo verticalmente para cima, quando este alcançar a altura máxima sua velocidade será nula (V = 0).

Queda Livre



 $H = \frac{g \cdot t^2}{2}$ 

v = g.t

 $v^2 = 2.g.\Delta h$ 

Lançamento vertical (para cima):

$$V = 0$$

$$\vec{g}$$

$$\vec{v}_0$$

$$H = v_0.t - \frac{g.t^2}{2}$$

 $v = v_0 - g.t$ 

 $v^2 = v_0^2 - 2.g.\Delta h$ 

#### Exercícios de Sala 🕿

- 1. Querendo determinar a altura de um edifício, um estudante deixou cair uma pedra do terraço e ela levou 3s para chegar ao chão.  $(g=10 \text{ m/s}^2)$
- a) Qual a altura que ele obteve para o edifício?
- b) Qual a velocidade da pedra ao chegar ao chão?
- 2. Uma bola é lançada para cima com velocidade de 20 m/s (g = 10 m/s<sup>2</sup>). Indique a afirmativa errada (despreze a resistência do ar):
- a) a bola atinge uma altura de 20 m.
- b) no ponto mais alto a velocidade da bola é nulo.
- c) no ponto mais alto a aceleração da bola é nula.
- d) a bola retorna ao ponto de partida com velocidade de 20 m/s.
- e) a bola volta ao ponto de partida depois de 4s.

### Tarefa Mínima 🖎

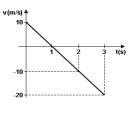
- 3. Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena: um jovem casal estava num mirante sobre um rio e alguém deixava cair lá de cima um biscoito. Passados alguns instantes, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, as velocidades iniciais são nulas, a altura de queda é a mesma e a resistência do ar é nula. Para Galileu Galilei, a situação física desse comercial seria interpretada como:
- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.
- e) impossível, porque o corpo mais pesado cai mais devagar devido à resistência do ar.
- **4.** (UFPE) Uma esfera de aço de 300 g e uma esfera de plástico de 60 g de mesmo diâmetro, são abandonadas simultaneamente do alto de uma torre de 60 m de altura. Qual a razão entre os tempos que levarão as esferas até atingirem o solo? (Despreze a resistência do ar).
- a) 5,0
- c) 1,0
- e) 0,2

- b) 3,0
- d) 0,5
- **5.** Um pára-quedista, quando a 120 m do solo, deixa cair uma bomba. Esta leva 4s para atingir o solo. Qual a velocidade de descida do pára-quedista? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).
- a) 1 m/s
- c) 5 m/s
- e) 10 m/s

- b) 2 m/s
- d) 8 m/s
- **6.** (UNESP) Para deslocar tijolos é comum vermos em obras de construção civil um operário no solo, lançando tijolos para outro que se encontra postado no piso superior. Considerando o lançamento vertical, a resistência do ar nula, a aceleração da gravidade igual a 10 m/s² e a

- distância entre a mão do lançador e a do receptor 3,2m, a velocidade com que cada tijolo deve ser lançado para que chegue às mãos do receptor com velocidade nula deve ser de:
- a) 5,2 m/s.
- c) 7,2 m/s.
- e) 9,0 m/s.

- b) 6,0 m/s.
- d) 8,0 m/s.
- 7. (UFRJ) De um ponto localizado a uma altura h do solo, lança-se uma pedra verticalmente para cima. A figura a seguir representa, em gráfico cartesiano, como a velocidade escalar da pedra varia, em função do tempo, entre o instante



entre o instante do lançamento (t = 0) e o instante em que chega ao solo (t = 3s).

- a) Em que instante a pedra retoma ao ponto de partida? Justifique sua resposta.
- b) Calcule de que altura h a pedra foi lançada.

### Tarefa Complementar 🕿

**8.** (PUC-PR) Em um planeta, isento de atmosfera e onde a aceleração gravitacional em suas proximidades pode ser considerada constante igual a 5 m/s², um pequeno objeto é abandonado em queda livre de determinada altura, atingindo o solo após 8 segundos.

Com essas informações, analise as afirmações:

- I A cada segundo que passa a velocidade do objeto aumenta em 5 m/s durante a queda.
- II A cada segundo que passa, o deslocamento vertical do objeto é igual a 5 metros.
- III A cada segundo que passa, a aceleração do objeto aumenta em 4 m/s² durante a queda.
- IV A velocidade do objeto ao atingir o solo é igual a 40 m/s.
- a) Somente a afirmação I está correta.
- b) Somente as afirmações I e II estão corretas.
- c) Todas estão corretas.

a) 40.0

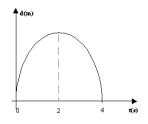
b) 38,0

- d) Somente as afirmações I e IV estão corretas.
- e) Somente as afirmações II e III estão corretas.
- **9.** (Cesgranrio) O Beach Park, localizado em Fortaleza-CE, é o maior parque aquático da América Latina situado na beira do mar. Uma de suas principais atrações é um toboágua chamado "Insano". Descendo esse toboágua, uma pessoa atinge sua parte mais baixa com velocidade de 28 m/s. Considerando a aceleração da gravidade g = 9,8 m/s<sup>2</sup> e desprezando os atritos, conclui-se que a altura do toboágua, em metros, é de:
- 10. (UFSC) Uma pequena bola é lançada verticalmente para cima, sob a ação somente da força peso, em um local onde a aceleração da gravidade é igual a 10 m/s<sup>2</sup>. O gráfico representa a

posição da bola em função do

c) 36,8

d) 32,4



e) 28,0

### Inclusão para a Vida

tempo.

Assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S**).

- 01. No instante 2,0 *s* a bola atingiu a altura máxima e a aceleração atuante sobre ela é nula.
- 02. No instante 2,0 s a velocidade da bola é nula, mas a aceleração e a força resultante que atua sobre ela apresentam valores diferentes de zero.
- 04. A velocidade inicial da bola é igual a 20 m/s.
- 08. A força resultante e a aceleração permanecem invariáveis durante todo o movimento.
- 16. No instante 2,0 *s* a velocidade da bola e a força resultante sobre ela são nulas.
- 32. O movimento pode ser descrito pela função  $d = 20t 5t^2$ .
- 64. A aceleração é variável e atinge o seu valor máximo no instante t = 4,0 s.

# **UNIDADE 6**

#### **VETORES**

### REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Graficamente representamos por um segmento de reta orientado.

O módulo corresponde ao número de vezes que um segmento representativo de uma unidade (u) cabe no vetor. A direção é a da reta r suporte do segmento orientado e o sentido é dado pela orientação do vetor.

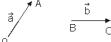


Os vetores podem ser designados:

- Por letras do alfabeto latino acompanhadas de uma pequena seta desenhada sobre elas.
- Atribuindo-se letras maiúsculas à origem e à extremidade do segmento de reta orientado.

### ADIÇÃO GRÁFICA DE VETORES

Consideremos dois segmentos de reta orientados contido no plano do papel, como ilustra a figura a seguir.



Esses segmentos representam dois vetores.

O vetor soma ( S ) pode ser obtido através da regra do polígono. Para o obtermos, devemos transladar o vetor , mantendo sua direção, seu sentido e seu módulo até que a origem de  $\vec{b}$  coincida com a extremidade de  $\vec{a}$  .

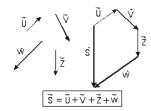


Observe que o vetor ( $\vec{S} = \vec{a} + \vec{b}$ ) tem origem no ponto 0 e extremidade no ponto C, fechando a linha poligonal aberta formada pelos vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$ .

Desse modo enunciamos a Regra do Polígono da seguinte maneira:

Quando dois ou mais vetores estão dispostos de modo que a origem de um coincida, com a extremidade do anterior, formando uma linha poligonal aberta, o vetor soma é aquele que fecha a linha poligonal, sendo que a sua origem coincide com a origem do primeiro e sua extremidade com a extremidade do último.

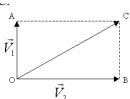
GENERALIZANDO: Sejam os vetores  $\vec{u}$ ,  $\vec{v}$ ,  $\vec{w}$  e  $\vec{z}$  como mostra a figura:



### REGRA DO PARALELOGRAMO

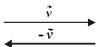
Consideremos os dois vetores  $\vec{V_1}$  e  $\vec{V_2}$  representados na figura por segmentos orientados de origens coincidentes, que formam entre si um ângulo.

Tracemos, pelo ponto A (extremidade de  $\vec{V_1}$ ), uma reta paralela ao vetor  $\vec{V_2}$  e, pelo ponto B  $\vec{v_2}$  (extremidade de  $\vec{V_2}$ ), uma reta paralela ao vetor  $\vec{V_1}$ . O vetor resultante ( $\vec{V_R}$ ) tem origem em 0 e extremidade em  $\vec{C_1}$ 



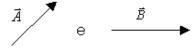
#### VETOR OPOSTO

Chama-se Vetor Oposto de um vetor  $\vec{v}$  o vetor  $-\vec{v}$  que possui o mesmo módulo, a mesma direção e sentido oposto ao de  $\vec{v}$ . Observe a figura:



### SUBTRAÇÃO DE VETORES

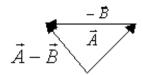
Consideremos os vetores:



 $\vec{A}-\vec{B}$  é a diferença entre os vetores. Portanto, para subtrair devemos adicionar  $\vec{A}$  ao oposto de  $\vec{B}$  {  $\vec{A}+(-\vec{B})$  }. Observe a figura:

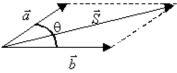
# Inclusão para a Vida

### Física A



# ADIÇÃO DE VETORES: MÉTODO ANALÍTICO

O módulo do vetor  $\vec{S}$ , grafado por  $|\vec{S}|$  ou apenas S, pode ser calculado através de uma adaptação da lei dos cosenos:



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

#### **Casos Particulares:**

$$a - \theta = 0^{\circ}$$
  $\Rightarrow$   $S = a + b$ 

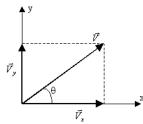
$$b - \theta = 90^{\circ}$$
  $\Rightarrow$   $S^2 = a^2 + b^2$ 

$$c - \theta = 180^{\circ} \implies S = a - b$$

### MULTIPLICAÇÃO DE UM NÚMERO REAL POR **UM VETOR**

O produto de um número real n não nulo por um vetor  $\overrightarrow{V}$ é um vetor  $\stackrel{\rightarrow}{M}$ , tal que sua direção é a mesma de  $\stackrel{\rightarrow}{V}$ , o módulo é igual ao produto n. $|\overrightarrow{V}|$  e seu sentido é o mesmo de  $\overrightarrow{V}$ , se n for positivo, e o oposto de  $\overrightarrow{V}$ , se n for negativo.

### DECOMPOSIÇÃO DE UM VETOR EM DUAS DIREÇÕES PERPENDICULARES



$$v_y = v. \operatorname{sen} \theta$$

$$v_x = v.\cos\theta$$

### Exercícios de Sala 🛎

**1.** (UFSE) Os vetores  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , perpendiculares entre si, têm módulos 9 m e 12 m respectivamente. O vetor resultante  $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$  tem, em m, módulo:

- b) 9
- c) 12
- d) 15 e) 21

2. (ACAFE) Considere dois vetores de módulos respectivamente iguais a 3 unidades e 4 unidades. O módulo do vetor resultante sempre será:

- a) 7 unidades na operação de adição.
- b) 1 unidade na operação de subtração.
- c) Um valor entre 1 unidade e 7 unidades na operação de adição.
- d) 5 unidades na operação de adição
- e) 2 unidades na operação de subtração.
- 3.(UFRN) Uma pessoa se desloca, sucessivamente, 5 metros de norte para sul, 12 metros de leste para oeste e 10 metros de sul para norte. O vetor deslocamento resultante tem módulo, em m:
- a) 5
- c) 13

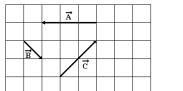
- b)12
- d) 15

### Tarefa Mínima 🖎

**4.** (UFRO) Dados dois vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$  de módulos iguais, a diferença  $\vec{a}$  -  $\vec{b}$  é melhor representada pelo vetor:



5. (FATEC) Dados os vetores A, B e C, representados na figura abaixo, onde cada quadrícula apresenta lado correspondente a uma unidade de medida, é correto afirmar que a resultante dos vetores tem módulo:



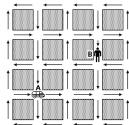
- 1 h)
- 2 3 c)
- 4 d)
- **6.** (MACK) Com seis vetores de módulo iguais a 8u, construiu-se o hexágono regular a seguir. O módulo do vetor resultante desses 6 vetores é:
  - a) 40 u
  - b) 32 u
  - c) 24 u
  - d) 16 u
  - e) zero



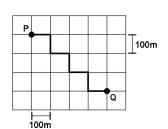
### Tarefa Complementar 🖎

7. (UNICAMP) A figura a seguir representa um mapa da cidade de Vectoria o qual indica a direção das mãos do tráfego. Devido ao congestionamento, os veículos trafegam com a velocidade média de 18km/h. Cada quadra desta cidade mede 200m por 200m (do centro de uma rua ao centro de outra rua). Uma ambulância localizada em A precisa pegar um doente localizado bem no meio da quadra em B, sem andar na contramão.

### Inclusão para a Vida



- a) Qual o menor tempo gasto (em minutos) no percurso de A para B?
- b) Qual é o módulo do vetor velocidade média (em km/h) entre os pontos A e B?
- **8.** (PUC-Camp) Num bairro, onde todos os quarteirões são quadrados e as ruas paralelas distam 100m uma da outra, um transeunte faz o percurso de P a Q pela trajetória representada no esquema a seguir.



O deslocamento vetorial desse transeunte tem módulo, em metros, igual a

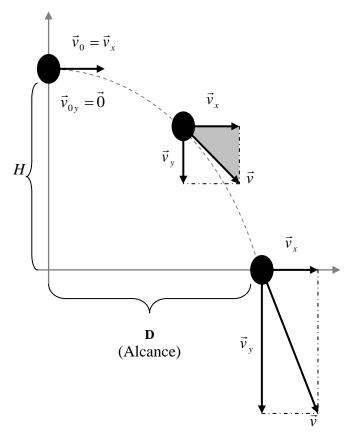
- a) 300
- d) 500
- b) 350
- e) 700
- c) 400

# **UNIDADE 7**

### LANÇAMENTO HORIZONTAL E OBLÍQUO

### LANÇAMENTO HORIZONTAL

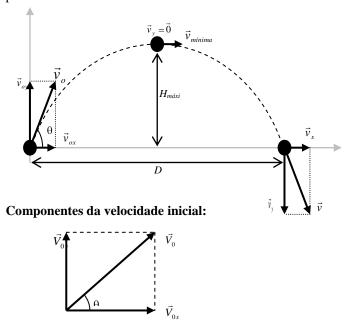
Equações do Lançamento Horizontal				
Na Vertical	Na Horizontal			
$v_{0y} = 0$				
$a_y = g$	$v_{0x} = v_0$ (constante)			
$h = \frac{1}{2} g t^2$	$v_{0x} = v_0$ (constante) $a_x = 0$ $D = v_0 t$			
$v_y = g.t$				



### LANÇAMENTO OBLÍQUO

Assim como no lançamento horizontal, o lançamento oblíquo é o movimento descrito pela soma de dois movimentos, um na direção vertical e outro na direção horizontal. Desprezando a resistência do ar, o movimento na vertical é um lançamento vertical e, na direção horizontal, um movimento retilíneo uniforme.

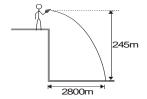
A rigor, não há diferença entre o lançamento horizontal e o lançamento oblíquo; o que muda são apenas as condições iniciais, que agora dependem do ângulo de inclinação da velocidade inicial em relação à horizontal. Em ambos os casos os projéteis descrevem trajetórias parabólicas.



$$V_{ox} = V_0 \cdot \cos \theta$$
$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin \theta$$

### Exercícios de Sala 🖎

1. A figura mostra a trajetória de um projétil disparado horizontalmente de um canhão. Despreze os atritos com o ar e adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Calcule:



a) tempo de queda do projétil(t).

b) a intensidade da velocidade com que o projétil abandona o canhão.

- **2.** (UFSC) Uma jogadora de basquete joga uma bola com velocidade de módulo 8 m/s, formando um ângulo de 60° com a horizontal, para cima. O arremesso é tão perfeito que a atleta faz a cesta sem que a bola toque no aro. Desprezando a resistência do ar, assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s):
- 01. O tempo gasto pela bola para alcançar o ponto mais alto da sua trajetória é de 0,5 s.
- 02. O módulo da velocidade da bola, no ponto mais alto da sua trajetória, é igual a 4 m/s.
- 04. A aceleração da bola é constante em módulo, direção e sentido desde o lançamento até a bola atingir a cesta.
- 08. A altura que a bola atinge acima do ponto de lançamento é de 1,8 m.
- 16. A trajetória descrita pela bola desde o lançamento até atingir a cesta é uma parábola.
- **3.** (ITA) Um avião está a 8,0 km de altura e voa horizontalmente a 700 km/h, patrulhando as costas brasileiras. Em dado instante, ele observa um submarino inimigo parado na superfície. Desprezando as forças de resistência do ar e adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  podemos afirmar que o tempo de que dispõe o submarino para se deslocar após o avião ter soltado uma bomba é de:
  - a) 108 s.
- b) 20 s
- c) 30 s.

- d) 40 s
- e) Não é possível determiná-lo se não for conhecida a distância inicial entre o avião e o submarino.

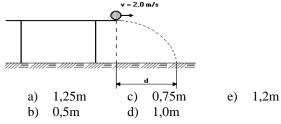
### Tarefa Mínima 🖎

**4.** (Cesgranrio) Para bombardear um alvo, um avião em vôo horizontal a uma altitude de 2,0 km solta uma bomba quando a sua distância horizontal até o alvo é de 4,0 km. Admite-se que a resistência do ar seja desprezível. Para atingir o mesmo alvo, se o avião voasse com a mesma velocidade, mas agora a uma altitude de apenas 0,50 km, ele teria que soltar a bomba a uma distância horizontal do alvo igual a:

- a) 0,25 km.
- c) 1,0 km.
- e) 2,0 km.

- b) 0,50 km.
- d) 1,5 km.

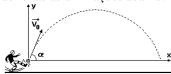
**5.** (Fei) Uma esfera de aço de massa 200 g desliza sobre uma mesa plana com velocidade igual a 2m/s. A mesa está a 1,8 m do solo. A que distância da mesa a esfera irá tocar o solo? Obs: despreze o atrito. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 



### Tarefa Complementar 🖎

- **7.** (PUC-CAMP) Um projétil é lançado segundo um ângulo de  $30^{\circ}$  com a horizontal, com uma velocidade de 200 m/s. Supondo a aceleração da gravidade igual e  $10 \text{m/s}^2$  e desprezando a resistência do ar, o intervalo de tempo entre as passagens do projétil pelos pontos de altura 480 m acima do ponto de lançamento, em segundos, é: DADOS: sen  $30^{\circ} = 0.50$ ; cos  $30^{\circ} = 0.87$ 
  - a) 2,0
- c) 6,0
- e) 12

- b) 4,0
- d) 8.0
- **8.** (PUC-SP) Suponha que em uma partida de futebol, o goleiro, ao bater o tiro de meta, chuta a bola, imprimindo-lhe uma velocidade  $\vec{v}_0$  cujo vetor forma, com a horizontal, um ângulo  $\alpha$ . Desprezando a resistência do ar, são feitas as afirmações abaixo.



- I No ponto mais alto da trajetória, a velocidade vetorial da bola é nula.
- II A velocidade inicial  $\vec{v}_0$  pode ser decomposta segundo as direções horizontal e vertical.
- III No ponto mais alto da trajetória é nulo o valor da aceleração da gravidade.
- IV No ponto mais alto da trajetória é nulo o valor da componente vertical da velocidade.

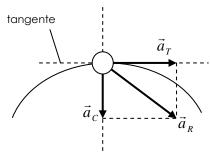
#### Estão corretas:

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

# **UNIDADE 8**

# MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME – MCU

# COMPONENTES DA ACELERAÇÃO – ACELERAÇÃO CENTRÍPETA:



 $\vec{a}_T$ : varia o módulo do vetor velocidade.

 $\vec{a}_C$ : varia a direção do vetor velocidade.

$$\vec{a}_R = \vec{a}_T + \vec{a}_R$$

$$a_R^2 = a_T^2 + a_R^2$$

Para calcular o módulo da aceleração centrípeta,

utilizaremos a seguinte fórmula:

$$a_C = \frac{v^2}{R}$$

onde R é o raio da trajetória.

#### MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

Um objeto realiza um movimento circular uniforme (que passaremos a abreviar MCU) quando o movimento se realizar sobre uma circunferência ( $a_C=0$ )e o módulo da velocidade do objeto não variar ( $a_T=0$ ).

### PERÍODO E FREQÜÊNCIA

Período (T): tempo necessário para o móvel completar uma volta

Freqüência (f): número de voltas que o móvel realiza em uma unidade de tempo

$$f = \frac{\text{n° de voltas}}{\text{tempo}}$$

Comparando o número de voltas com o tempo, temos:

Nº de voltas

Tempo T

1 f

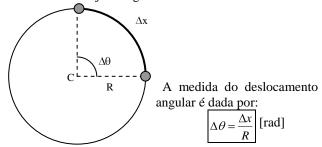
1



No SI, a unidade de período é o segundo (s) e de freqüência é o hertz (Hz) ou rotações por segundo (rps).

#### DESLOCAMENTO ANGULAR

Num MCU, o deslocamento angular corresponde ao ângulo varrido pelo móvel quando realiza um deslocamento. Veja na figura:



#### VELOCIDADE ANGULAR MÉDIA

Corresponde ao ângulo descrito na unidade de tempo.

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \text{ [rad/s]}$$

Para 1 volta completa, temos  $\Delta \theta = 2.\pi$  e  $\Delta t = T$ :

$$\omega = \frac{2.\pi}{T}$$

Como  $\frac{1}{T} = f$ , temos que:

$$\omega = 2.\pi.f$$

# RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE ESCALAR E VELOCIDADE ANGULAR

Para 1 volta completa, temos  $\Delta x = 2.\pi R$  e  $\Delta t = T$ :

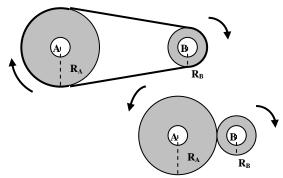
$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2.\pi . R}{T} = 2.\pi . R. f$$

Como 
$$2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \omega$$
,

$$V = \omega . R$$

#### TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO CIRCULAR

Um movimento circular pode ser transmitido de uma roda (polia) para outra através de dois procedimentos básicos: ligação das polias por uma correia ou corrente ou pelo contato entre elas (Ex.: engrenagens). Veja as figuras:



$$\begin{aligned} V_A &= V_B \\ \omega_A . R_A &= \omega_B . R_B \\ f_A . R_A &= f_B . R_B \end{aligned}$$

#### Exercícios de Sala 🕿

**1.**(UFSC) Obtenha a soma dos valores numéricos associados às opções **corretas**:

Em relação a um corpo que executa um movimento circular uniforme, podemos dizer que:

- 01. Por existir uma variação na direção do vetor velocidade, o corpo possuirá uma aceleração centrípeta.
- 02. A aceleração centrípeta é um vetor perpendicular à velocidade e dirigida para o centro da trajetória.
- 04. O vetor velocidade tem módulo constante, mas a sua direção varia continuamente.
- 08. A aceleração centrípeta é inversamente proporcional ao quadrado do raio da circunferência.
- 16. O tempo gasto para efetuar uma volta completa é denominado freqüência (em Hz) do movimento.
- 32. A velocidade angular será dada por  $2\pi$  dividido por T (período) e se refere ao ângulo descrito na unidade de tempo.
- **2.** A figura abaixo mostra uma bicicleta em movimento retilíneo e uniforme cuja roda maior tem raio de 0,5 m e a menor 0,25 m. A roda menor gira com freqüência de 4,0 Hz.



#### Determine:

- a) a frequência da roda maior.
- b) a velocidade escalar da bicicleta.

### Tarefa Mínima 🖎

- **3.** (EUM) Qual das seguintes propriedades caracteriza o movimento de um satélite artificial em torno da Terra, admitindo que o movimento seja circular uniforme?
- a) Velocidade constante em módulo e direção.
- b) Aceleração constante, paralela ao vetor velocidade.
- c) Aceleração radial constante em módulo.
- d) Aceleração constante com um componente paralelo ao vetor velocidade e o outro perpendicular a ela.
- e) Aceleração nula.
- **4.** (UCS) Para calcular a velocidade angular de uma partícula que descreve um movimento circular uniforme, basta conhecer:
- a) a aceleração centrípeta.
- b) o período de revolução.
- c) a velocidade escalar linear.
- d) o raio do círculo descrito.
- e) o diâmetro do círculo descrito.
- **5.** (FCC) Uma partícula executa um movimento uniforme sobre uma circunferência de raio 20 cm. Ela percorre metade da circunferência em 2,0 s. A freqüência, em Hz, e o período, em s, valem, respectivamente:
- a) 4,0 e 0,25
- c) 1,0 e 1,0
- e) 0,25 e 4,0

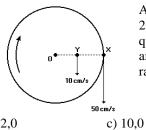
- b) 2,0 e 0,50
- d) 0,50 e 2,0

- **6.** (FEI) Determine a velocidade angular do ponteiro dos segundos de um relógio analógico.
- a) 60 rad/s
- c)  $30\pi \text{ rad/s}$
- e)  $\pi/30 \text{ rad/s}$

- $60\pi \text{ rad/s}$
- d)  $\pi/60 \text{ rad/s}$

### Tarefa Complementar 🖎

- **7.** (UFMA) Num movimento circular uniforme, quadruplicando o raio e dobrando a velocidade, o módulo da aceleração centrípeta:
  - a) é metade da anterior.
  - b) Não se altera.
  - c) É o dobro da anterior.
  - d) É a quarta parte da anterior.
- **8.** (UECE) A figura mostra um disco que gira em torno do centro O. A velocidade do ponto X é 50cm/s e a do ponto Y é de 10cm/s.



A distância XY vale 20cm. Pode-se afirmar que o valor da velocidade angular do disco, em radianos por segundo, é:

- a) 2,0 b) 5,0
  - 0 d) 20,0

## **UNIDADE 9**

### DINÂMICA

Dinâmica é a parte da Mecânica que estuda os movimentos dos corpos, analisando as causas que explicam como um corpo em repouso pode entrar em movimento, como é possível modificar o movimento de um corpo ou como um corpo em movimento pode ser levado ao repouso. Essas causas são, como veremos, as **forças**.

### **FORÇA**

É uma interação entre dois corpos. É a causa da aceleração de um corpo. Sem ela, não é possível alterar a velocidade de um objeto.

A força tem *intensidade, direção* e *sentido*, ou seja, ela é uma grandeza vetorial.

Quanto à sua **natureza**, uma força pode ser de *contato* (por exemplo, a força feita por uma criança para puxar um carrinho de brinquedo através de um barbante) ou de *campo*, quando pode existir força mesmo a distância, sem que haja contato entre os corpos (forças gravitacional, elétrica e magnética).

#### 2. 1ª Lei de Newton ou Princípio da Inércia

Esta lei explica os estados de movimento dos objetos para os quais a força resultante é zero.

Quando a força resultante que atua em um objeto é nula  $(F_R=0)$ , dizemos que este objeto se encontra em **equilíbrio**.

### Inclusão para a Vida

equilíbrio estático (repouso) equilíbrio dinâmico (MRU)

#### 3. 2ª Lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica

Quando a força resultante que atua em um determinado objeto for diferente de zero, este objeto estará sujeito a uma aceleração que é diretamente proporcional à força resultante. A resultante  $F_{\it R}$  das forças que atuam em um corpo de massa m produz uma aceleração  $\vec{a}$  tal que:

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

 $\vec{F}_{\scriptscriptstyle R}$  e  $\vec{a}$  são vetores que possuem a mesma direção, o mesmo sentido e intensidade proporcionais. No SI, a unidade de força é o Newton (N).

Força Peso: é a força de atração que a Terra exerce nos corpos.

Quando um corpo está em movimento sob ação exclusiva de seu peso, ele adquire uma aceleração chamada aceleração da gravidade.

De acordo com a 2ª Lei de Newton:

### 4. 3ª Lei de Newton ou Princípio da Ação e Reação

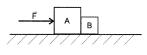
As forças sempre existem aos pares.

Quando um corpo A aplica uma força  $\vec{F}_A$  num corpo B, este aplica em A uma força  $\vec{F}_{\scriptscriptstyle B}$ . As forças ( $\vec{F}_{\scriptscriptstyle A}$  e  $\vec{F}_{\scriptscriptstyle B}$ ) têm a mesma intensidade, a mesma direção e sentidos opostos. Uma das forças é chamada de Ação e a outra de Reação.

#### Exercícios de Sala 🖎

- 1. (ACAFE) Um carro segue por uma estrada com várias malas sobre o seu teto. Numa curva fechada para a esquerda, uma das malas que não estava bem presa é atirada para a direita do motorista. Tal fato é explicado:
- a) Pela lei da gravidade.
- b)Pela conservação da energia.
- c) Pelo princípio da inércia.
- d)Pelo princípio da ação e reação.
- e) Pelo princípio de Pascal.
- **2.** (UFSC) A figura abaixo mostra o bloco **A** de **6kg** em contato com o bloco B de 4kg, ambos em movimento sobre uma superfície horizontal sem atrito, sob a ação da

força horizontal módulo 50N. O módulo, em newtons, da resultante das forças que atuam sobre o bloco A é:



= mg

**3.** (UFMG) Um homem que pesa 80 kgf está sobre uma balança de mola dentro de um elevador em movimento vertical. Se o elevador está descendo, a balança acusa um valor maior ou menor do que 80 kgf? Justifique sua resposta.

### Tarefa Mínima 🕿

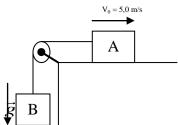
- 4. (FCMSCSP) Não é necessária a existência de uma força resultante atuando:
- a) Quando se passa do estado de repouso ao de movimento uniforme.
- b) Para manter o corpo em movimento retilíneo e uniforme.
- c) Para manter um corpo em movimento circular e
- d) Para mudar a direção de um objeto sem alterar o módulo de sua velocidade.
- e) Em nenhum dos casos anteriores.

### **5.** (FUVEST) Adote: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Um homem tenta levantar uma caixa de 5kg que esta sobre uma mesa aplicando uma força vertical de 10N. Nesta situação, o valor da força que a mesa aplica na caixa é:



- a) 0N
- b)5N
- c) 10N d) 40N
- e) 50N
- **6.** (UNIMEP) Um corpo A de massa  $m_A = 1.6$  kg está unido por um fio a um outro B de massa  $m_B = 0.40$  kg. No instante inicial, o corpo A tinha uma velocidade de módulo 5,0 m/s e se movia para a direita, conforme sugere a figura abaixo. Desprezando os atritos, após 5 s, qual o módulo e o sentido da velocidade do corpo A?

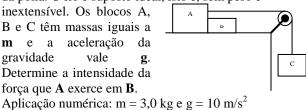


- 7. (UFRGS) Um elevador começa a subir, a partir do andar térreo, com aceleração de módulo 5,0 m/s<sup>2</sup>. O peso aparente de um homem de 60 kg no interior do elevador, supondo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , é igual a:
- a) 60 N
- c) 300 N
- e) 900 N

- b) 200 N
- d) 600 N

8. No esquema desprezam-se todos os atritos e a inércia da polia. O fio é suposto ideal, isto é, sem peso e

inextensível. Os blocos A, B e C têm massas iguais a **m** e a aceleração gravidade vale Determine a intensidade da força que **A** exerce em **B**.



9. (FCMSCSP) Uma balança de mola é colocada em um elevador que está descendo com movimento retardado e aceleração de módulo igual a 0,2 g, no qual g é o módulo da aceleração da gravidade local. Uma pessoa de massa 70 kg está sobre a balança. Sendo g = 10 m/s<sup>2</sup>, a balança indicará:

a) 70 N

c) 140 Ne) 210 N

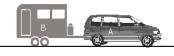
b) 700 N

d) 840 N

### Tarefa Complementar

**10.** (UFSC) A figura representa um automóvel A, rebocando um trailer B, em uma estrada plana e horizontal. A massa do automóvel e a massa do trailer são, respectivamente, iguais a 1.500 kg e 500 kg. Inicialmente, o conjunto parte do repouso atingindo a velocidade de 90 km/h em 20 segundos.

Desprezam-se efeitos da força de resistência do ar sobre o veículo e o reboque.



Em relação à situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

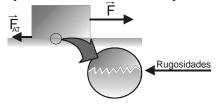
- 01. A intensidade da força transmitida ao trailer é a mesma da força resultante sobre o conjunto.
- 02. Até atingirem a velocidade de 90 km/h, o automóvel e seu reboque terão percorrido 250 m.
- 04. O trailer exerce uma força de 625 N sobre o automóvel.
- 08. A força resultante sobre o conjunto é igual a 2500 N.
- 16. A aceleração do conjunto é igual a 1,25 m/s<sup>2</sup>.
- 32. Não havendo nenhuma força que se oponha ao movimento do trailer, o automóvel não necessita fazer nenhuma força adicional para acelerá-lo.
- 64. A força que o automóvel faz sobre o trailer não pode ter a mesma intensidade da força que o trailer faz sobre o automóvel porque, neste caso, o sistema permaneceria em repouso.

# UNIDADE 10

#### ATRITO E PLANO INCLINADO

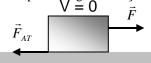
#### **ATRITO**

Considere um corpo de peso P em repouso sobre uma superfície horizontal. Vamos aplicar ao corpo uma força  $\vec{F}$  que tende a deslocá-lo na direção horizontal. As superfícies em contato apresentam rugosidades que se opõem ao deslocamento do corpo.



Esta força que aparece no sentido contrário ao movimento ou à tendência de movimento do corpo em relação à superfície é denominada força de atrito ( $\dot{F}_{AT}$ ).

O Atrito Estático atua sobre corpos em repouso sujeitos a uma força não suficiente para colocá-los em movimento. Como o corpo permanece em repouso, de acordo com a Primeira Lei de Newton, a resultante das forças que nele atuam é igual a zero. Nesse caso, a força de atrito estático sempre será igual à força motriz. V = 0



 $\left| \vec{F}_{AT} \right| = \left| \vec{F} \right|$ 

Força de Destaque é o máximo valor suportado pelo atrito estático. Se a força motriz for maior que a força de destaque, o corpo entra em movimento e o atrito deixa de ser estático. Portanto, enquanto o corpo está em repouso, a força de atrito estático tem o mesmo valor da força motriz e não pode superar a força de destaque, logo:

$$0 < F_{ATest} < F_{destaque}$$

$$0 < F_{\textit{ATest}} < F_{\textit{destaque}}$$
 
$$\boxed{F_{\textit{destaque}} = \mu_e.N}$$

 $\mu_e$  = coeficiente de atrito estático

N = Força de reação normal à superfície.

O Atrito Cinético ou Dinâmico ocorre quando o corpo se encontra em movimento e é constante, independente de sua velocidade ou tipo de movimento.

$$F_{ATdin} = \mu_d.N$$

 $\mu_d$  = coeficiente de atrito dinâmico

#### Atenção!

É mais fácil manter um corpo em movimento do que iniciá-lo. Por quê? Porque o coeficiente de atrito estático é maior do que o dinâmico.

$$\mu_e > \mu_d$$

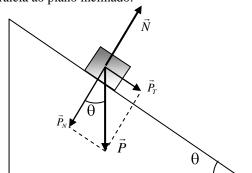
#### PLANO INCLINADO

Considere um corpo deslizando num plano inclinado, sem atrito, e formando um ângulo  $\theta$  com a horizontal.

Sobre o corpo atuam as forças peso P e a reação normal N. É comum decompor o peso P em duas forças componentes:

PN: normal ao plano inclinado e equilibrada pela reação normal N;

PT: paralela ao plano inclinado.



### Exercícios de Sala 🖎

**1.** Um bloco de massa m=1,0 kg está em repouso sobre um plano horizontal no qual existe atrito. Sabe-se que o coeficiente de atrito estático entre o bloco e o plano vale 0,5 e o coeficiente de atrito dinâmico vale 0,4. Adote g=10 m/s<sup>2</sup>. Aplica-se sobre o bloco uma força horizontal constante de intensidade F.



Para cada valor de F na tabela a seguir, marque:

- a) o valor da intensidade da força de atrito;
- b) o tipo de atrito: estático (E) ou dinâmico(D);
- c) o módulo da aceleração do bloco.

F	$F_{AT}$	Tipo	a
2,0			
4,0			
5,0			
6,0			
7,0			

Obs: as unidades estão no SI.

**2.** (MACK) A figura mostra um corpo de massa 50 kg sobre um plano inclinado sem atrito, que forma um ângulo  $\theta$  com a horizontal. A intensidade da força  $\vec{F}$  que fará o corpo subir o plano inclinado com aceleraçã $\vec{\phi}$  constante de



 $2.0 \text{ m/s}^2 \text{ \'e}$ :

- b) 300 N
- c) 200 N
- d) 100 Ne) 50 N
- Tarefa Mínima 🖎
- **3.** (UDESC) Uma força horizontal  $\vec{F}$  comprime um bloco de peso 10 N contra uma parede vertical.
  - O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a parede é 0,20. Qual o menor valor da intensidade da força  $\vec{F}$  para o bloco permanecer em equilíbrio?



- **4.** (AMAN) Um automóvel se move em uma estrada horizontal, com velocidade constante de 30 m/s. Num dado instante o carro é freado e, até parar, desliza sobre a estrada numa distância de 75 m. Determinar o coeficiente de atrito entre os pneus e a estrada. Usar  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
  - a) 0,2
- c) 0,4
- e) 0,6

- b) 0,3
- d) 0.5
- **5.** (VUNESP) No sistema a seguir, A tem massa  $m_A$ =10kg. B tem massa  $m_B$ =15kg.  $\alpha$ =45°. Qual será o coeficiente de atrito entre as superfícies em contacto, do corpo A com o plano, para que o corpo se desloque com movimento uniforme?



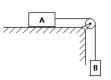
Observações: g = 10m/s²; o peso da corda, o atrito no eixo da roldana e a massa da roldana são desprezíveis.

**6.** (MACK) A ilustração a seguir refere-se a uma certa tarefa na qual o bloco B dez vezes mais pesado que o bloco A deverá descer pelo plano inclinado com velocidade constante. Considerando que o fio e a polia são ideais, o coeficiente de atrito cinético entre o bloco B e o plano deverá ser:

Dados:  $sen \alpha = 0.6$   $cos \alpha = 0.8$ a) 0,500
b) 0,750
c) 0,875
d) 1,33

**7.** (FATEC) O corpo A, de massa 10kg, apoiado sobre uma superfície horizontal, está parado, prestes a deslizar, preso por um fio ao corpo B, de massa 2,0kg.

e) 1,50



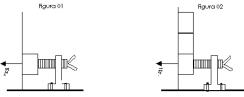
Considerando-se o fio e a roldana ideais e adotando  $g=10 \text{m/s}^2$ , o coeficiente de atrito estático entre o corpo A e a superfície vale

Dados) g 
$$\frac{2.0}{0.10}$$
 m/s<sup>2</sup>; sen  $\theta = 0.020$ 

e) 0,50

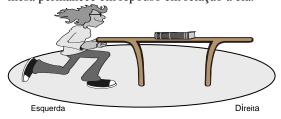
# Tarefa Complementar

**9.** (UFSC) Uma prensa é utilizada para sustentar um bloco apoiado em uma parede vertical, como ilustrado na **Figura 1**. O bloco e a parede são sólidos e indeformáveis. A prensa exerce uma força de 10<sup>4</sup> N sobre o bloco, na direção perpendicular às superfícies em contato. A massa do bloco é de 50 kg e o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a parede é 0,35. Em seguida, mais blocos de mesma massa são colocados em cima do primeiro, como é mostrado na **Figura 2**, porém a força que a prensa exerce permanece inalterada.



Em relação à situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s).** 

- 01. Com a força aplicada é possível sustentar um total de sete blocos iguais ao primeiro.
- 02. A força que a parede exerce sobre o primeiro bloco é igual a 10<sup>4</sup> N e a força de atrito estático entre a parede e o bloco é igual a 3500 N.
- 04. A força necessária para sustentar apenas um bloco é igual a 175 N.
- 08. A força de atrito estático entre a parede e os blocos acima do primeiro é nula.
- 16. Se o coeficiente de atrito estático entre a parede e o bloco for nulo, a prensa não sustentará o primeiro bloco contra a parede por maior que seja a força aplicada  $\vec{F}$ .
- 32. Quanto mais polidas forem as superfícies em contato da parede e do bloco, menor será o coeficiente de atrito e, portanto, menor será o número de blocos que a força aplicada poderá sustentar.
- 64. Como o peso de cada bloco é de 500 N, a força  $\vec{F}$  aplicada pela prensa poderá sustentar 20 blocos.
- 10. (UFSC) No que diz respeito ao atrito, é  ${\color{blue} \mathbf{correto}}$  afirmar:
- 01. É uma coisa extremamente inútil em qualquer circunstância prática.
- 02. É um dos fatores que mais contribuem para o desgaste de diversos tipos de equipamentos e utensílios, como engrenagens mecânicas, solas de sapatos, pneus, etc.
- 04. Se o atrito não existisse teríamos muita dificuldade para executar determinadas tarefas como, por exemplo, caminhar.
- 08. A força de atrito, a que um dado corpo se acha submetido, é proporcional à força normal que a superfície exerce sobre o corpo.
- 16. O coeficiente de atrito cinético é proporcional à velocidade adquirida por um corpo, e a sua unidade S. I. é o newton.metro/segundo (Nm/s).
- 32. O coeficiente de atrito cinético é sempre numericamente superior ao coeficiente de atrito estático.
- 11. (UFSC) Um homem empurra uma mesa com uma força horizontal  $\vec{F}$ , da esquerda para a direita, movimentando-a neste sentido. Um livro solto sobre a mesa permanece em repouso em relação a ela.



Considerando a situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s**).

- 01. Se a mesa deslizar com velocidade constante, a força de atrito sobre o livro não será nula.
- 02. Como o livro está em repouso em relação à mesa, a força de atrito que age sobre ele é igual, em módulo, à força  $\vec{F}$  .

- 04. Se a mesa deslizar com aceleração constante, atuarão sobre o livro somente as forças peso, normal e a força  $\vec{F}$  .
- 08. Se a mesa deslizar com aceleração constante, a força de atrito que atua sobre o livro será responsável pela aceleração do livro.
- 16. Se a mesa deslizar com velocidade constante, atuarão somente as forças peso e normal sobre o livro.
- 32. Se a mesa deslizar com aceleração constante, o sentido da força de atrito que age sobre o livro será da esquerda para a direita.

### **UNIDADE 11**

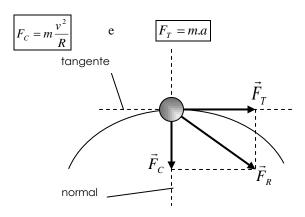
### COMPONENTES DA FORÇA RESULTANTE

O Princípio Fundamental da Dinâmica estabelece que, para produzir uma aceleração a num ponto material, deve ser aplicada nesse ponto uma força resultante F tal que F = ma.

Nessas condições, se um ponto material descreve uma curva, existe aceleração centrípeta e, portanto, existem forças com componentes normais à trajetória. A resultante das forças componentes normais à trajetória recebe o nome de *resultante centrípeta* ou *força centrípeta Fc*.

Se o módulo da velocidade de um ponto material varia, existe aceleração tangencial e, portanto, forças com componentes tangentes à trajetória. A resultante destas forças componentes recebe o nome de *resultante tangencial* ou *força tangencial*  $F_T$ .

Considere um ponto material em movimento curvilíneo sob ação de várias forças que, quando decompostas, resultam em  $Fc\ e\ F_T$  conforme a figura. Para calcular o valor da força centrípeta e da força tangencial temos, respectivamente, que:



$$\boxed{\vec{F}_R = \vec{F}_C + \vec{F}_T}$$

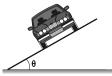
$$\boxed{F_R^2 = F_C^2 + \vec{F}_C}$$

No caso de o movimento curvilíneo ser **uniforme**, a resultante tangencial é nula, pois o módulo da velocidade não varia. A resultante de todas as forças é a **resultante centrípeta**.

### Inclusão para a Vida

#### Exercícios de Sala 🕿

*I.* (UNIMEP) Determinar a inclinação que deve ter uma estrada, em uma curva de 400 m de raio, para que um carro, com velocidade de módulo 40 m/s, não derrape,



independentemente do coeficiente de atrito. Adote g = 10 m/s<sup>2</sup>.

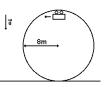
- **2.** Um pêndulo é constituído por um fio ideal de comprimento 0,50 m e esfera pendular de massa 3,0 kg. Quando a esfera pendular realiza uma oscilação circular e passa pelo ponto mais baixo (fio vertical), sua velocidade tem módulo igual a 2,0 m/s. Adote g = 10 m/s<sup>2</sup>. Pede-se:
- a) a intensidade da resultante centrípeta, quando a esfera passa pelo ponto mais baixo;
- b) a intensidade da força tensora no fio nessa posição.

### Tarefa Mínima 🖎

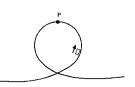
- **3.** (ACAFE) O barco viking é um entretenimento encontrado em diversos parques de diversão. Analisando o movimento de ida e volta do barco somente no ápice do movimento, observa-se que é o movimento de um pêndulo simples. Em relação ao exposto, a alternativa verdadeira é:
- a) as forças que atual sobre o passageiro são a força centrípeta, a força peso e a força normal.
- b) O módulo da força normal que o assento exerce sobre o passageiro é maior no ponto mais baixo da trajetória.
- c) O módulo da força-peso do passageiro é maior no ponto mais baixo da trajetória.
- d) O módulo da força-peso do passageiro é sempre igual ao módulo da força normal que o assento exerce sobre ele.
- e) A força resultante sobre o passageiro é sempre a força centrípeta.
- **4.** (UFRGS) Uma moto descreve uma circunferência vertical no globo da morte de raio 4 m ( $g=10 \text{ m/s}^2$ ). A massa total da moto é 150 kg. A velocidade da moto no ponto mais alto é 12 m/s. A força que a moto exerce no globo, em N, é:
- a) 1500
- c) 3900
- e) n. d. a.

- b) 2400
- d) 4000
- **5.** (UFPR) Qual a velocidade máxima que um carro pode fazer uma curva horizontal de 25 m de raio, se o coeficiente de atrito estático entre os pneus e a estrada é 0.8? (Use  $g=10 \text{ m/s}^2$ )
- **6.** (FUVEST) A figura a seguir mostra, num plano vertical, parte dos trilhos do percurso circular de uma "montanha russa" de um parque de diversões. A velocidade mínima que o carrinho deve ter, ao passar pelo ponto mais alto da trajetória, para não desgrudar dos trilhos vale, em metros por segundo:

- a)  $\sqrt{20}$
- b)  $\sqrt{40}$
- c)  $\sqrt{80}$
- d)  $\sqrt{160}$
- e)  $\sqrt{320}$



**7.** (UFMG) Observe o desenho. Esse desenho representa um trecho de uma montanha russa. Um carrinho passa pelo ponto P e não cai.

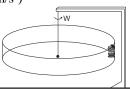


Pode-se afirmar que, no ponto P,

- a) a força centrífuga que atua no carrinho o empurra sempre para frente.
- a força centrípeta que atua no carrinho equilibra o seu peso.
- c) a força centrípeta que atua no carrinho mantém sua trajetória circular.
- d) a soma das forças que o trilho faz sobre o carrinho equilibra seu peso.
- e) o peso do carrinho é nulo nesse ponto.

### Tarefa Complementar 🖎

**8.** (UFSC) Deseja-se construir um brinquedo para um parque de diversões, que consiste de um cilindro sem assoalho que gira em torno de um eixo vertical, com velocidade angular  $\omega=2$  rad/s, no qual as pessoas ficariam "pressionadas" contra a parede interior sem escorregar para baixo, conforme a figura. Considerando-sque o coeficiente de atrito estático entre a parede e as costas das pessoas seja  $\mu=0.5$ , qual o raio mínimo, em m, que deverá ter o cilindro para que as pessoas não escorreguem? (Use g=10 m/s²)



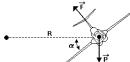
**9.** (UFSC) Um piloto executa um "looping" com seu avião – manobra acrobática em que a aeronave descreve um arco de circunferência no plano vertical – que atinge, no ponto mais baixo da trajetória, ao completar a manobra, a velocidade máxima de 540 km/h. O raio da trajetória é igual a 450 m e a massa do piloto é 70 kg. Nessas manobras acrobáticas devemos considerar que a maior aceleração que o organismo humano pode suportar é 9g (g = aceleração da gravidade).



Com base nos dados fornecidos, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s**).

01. Se o raio de trajetória fosse menor do que 250 m, o piloto seria submetido a uma aceleração centrípeta máxima maior do que 9g (nove vezes a aceleração da gravidade).

- 02. A força centrípeta sobre o piloto, na parte mais baixa da trajetória, é cinco vezes maior do que o seu peso.
- 04. O piloto é submetido a uma aceleração centrípeta máxima igual a 5g (cinco vezes a aceleração da gravidade).
- 08. A velocidade mínima para que o avião complete a volta, no topo da trajetória, é igual a 270 km/h.
- 16. A força que o avião faz sobre o piloto, na parte mais baixa da trajetória, é igual a 4200 N.
- 32. A força que o piloto faz sobre o avião é igual ao seu peso, em toda a trajetória.
- 64. O piloto é submetido a uma aceleração centrípeta máxima no topo da trajetória, quando a força de sustentação do avião é mínima.
- **10.** (UFSC) Um avião descreve uma curva em trajetória circular com velocidade escalar constante, num plano horizontal, conforme está representado na figura, onde F é a força de sustentação, perpendicular às asas; P é a força peso;  $\alpha$  é o ângulo de inclinação das asas em relação ao plano horizontal; R é o raio de trajetória. São conhecidos os valores:  $\alpha$ =45°; R=1000 metros; massa do avião=10000kg.



Assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**, considerando, para efeito de cálculos, apenas as forças indicadas na figura.

- 01. Se o avião realiza movimento circular uniforme, a resultante das forças que atuam sobre ele é nula.
- 02. Se o avião descreve uma trajetória curvilínea, a resultante das forças externas que atuam sobre ele é, necessariamente, diferente de zero.
- 04. A força centrípeta é, em cada ponto da trajetória, a resultante das forças externas que atuam no avião, na direção do raio da trajetória.
- 08. A força centrípeta sobre o avião tem intensidade igual a 100000N.
- 16. A velocidade do avião tem valor igual a 360km/h.
- 32. A força resultante que atua sobre o avião não depende do ângulo de inclinação das asas em relação ao plano horizontal.

# **UNIDADE 12**

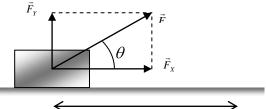
### TRABALHO E POTÊNCIA

#### **TRABALHO**

É a quantidade de energia transformada ou transferida através da aplicação de uma força.

Matematicamente, o trabalho é definido da seguinte maneira:

$$\tau = F.d$$



Observe, na ilustração anterior, que o deslocamento se dá na direção horizontal. Desta forma, a componente  $F_Y$  não influencia no movimento, portanto não realiza trabalho. Assim, o trabalho será:

$$\tau = F_X.d$$

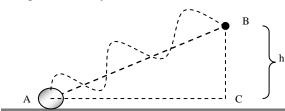
Como  $F_x = F \cdot \cos \theta$ , temos que:

$$\tau = F.d.\cos\theta$$
 [J]

$$\begin{cases} \tau > 0 \Rightarrow motor \\ \tau < 0 \Rightarrow resistente \end{cases}$$

#### Trabalho da Força Peso

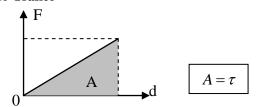
Considere que um objeto deva se deslocar entre os pontos A e B na figura abaixo: A força peso realiza trabalho apenas na direção vertical (altura).



# $\tau_{neso} = \pm P.h$

Se o objeto desce: trabalho **motor** (+) Se o objeto sobe: trabalho **resistente** (-)

### Método Gráfico



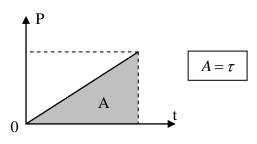
#### 2. Potência

**Potência** é a rapidez com que se realiza um trabalho.

$$P_{M} = \frac{\tau}{\Lambda t}$$
 [W]

Outras unidades: 1 HP = 746 W1 CV = 735 W

#### Método Gráfico



#### RENDIMENTO

É a relação entre a potência útil  $(P_U)$  e a potência total  $(P_T)$  de um sistema mecânico.

$$\eta = \frac{P_U}{P_T}$$

Atenção!

• Rendimento é uma grandeza adimensional;

• Será sempre menor do que 1 e maior do que 0;

 $0 \le \eta < 1$ 

• Pode ser expresso em porcentagem.

 $\eta_{\%} = \eta.100\%$ 

### Exercícios de Sala 🕿

**1.** (ACAFE) Um bloco de 10 kg é puxado por uma força de 200 N que forma um ângulo de 60° com a horizontal. O bloco desloca-se 20 m sobre uma superfície horizontal, sem atrito. Determine o trabalho total realizado sobre o bloco.

a) 200 J

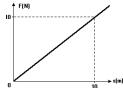
- c) 1000 J
- e) 2000 J

- b) 600 J
- d) 1400 J

**2.** (FEI) Uma força F paralela à trajetória de seu ponto de aplicação varia com o deslocamento de acordo com a figura a seguir. Qual é o trabalho realizado pela força F no deslocamento de 1 a 5 m?



e) 10J



**3.** (UEL) Um operário ergue, do chão até uma prateleira a 2,0 m de altura, uma saca de soja de massa 60 kg, gastando 2,5 s na operação. A potência média despendida pelo operário, em watts, é no mínimo,

Dados:  $g = 10 \text{m/s}^2$ 

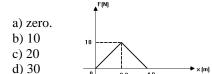
 $2,4.10^2$ 

- a)
- c) 3,5.10<sup>2</sup>
   d) 4,8.10<sup>2</sup>
- e)  $6.0.10^2$

b)  $2,9.10^2$ 

# Tarefa Mínima 🖎

**4.** (UEL) O trabalho realizado por  $\vec{F}$ , no deslocamento de x = 0 até x = 4,0 m, em joules, vale:



**5.** (FEI) Um corpo de massa 5kg é retirado de um ponto A e levado para um ponto B, distante 40m na horizontal e 30m na vertical traçadas a partir do ponto A. Qual é o módulo do trabalho realizado pela força peso?

- a) 2500 J
- c) 900 J
- e) 1500 J

b) 2000 J

e) 40

d) 500 J

**6.** (VUNESP) Um motor de potência útil igual a 125 W, funcionando como elevador, eleva a 10 m de altura, com velocidade constante, um corpo de peso igual a 50 N, no tempo de:

a)

b)

- 0,4 s 2,5 s
- c) 12,5 sd) 5,0 s
- e) 4,0 s
- **7.** (UFRJ) Uma pessoa caminha sobre um plano horizontal. O trabalho realizado pelo peso desta pessoa é
- a) sempre positivo.
- b) sempre negativo.
- c) sempre igual a zero.
- d) positivo, se o sentido do deslocamento for da esquerda para a direita.
- e) negativo, se o sentido do deslocamento for da direita para a esquerda.

**8.** (UEL) Um guindaste ergue um fardo, de peso 1,0.10<sup>3</sup> N, do chão até 4,0 m de altura, em 8,0 s. A potência média do motor do guindaste, nessa operação, em watts, vale:

- a)  $1,0.10^2$
- c)  $2.5 \cdot 10^2$
- e)  $2.0 \cdot 10^3$

- b)  $2,0.10^2$
- d)  $5.0 \cdot 10^2$

**9.** (FGV) Um veículo de massa 1500 kg gasta uma quantidade de combustível equivalente a 7,5.  $10^6$  J para subir um morro de 100 m e chegar até o topo. O rendimento do motor do veículo para essa subida será de:

- a) 75 %
- c) 60 %
- e) 20 %

- b) 40 %
- d) 50 %

### Tarefa Complementar 🖎

10. (UFSC) Um homem ergue um bloco de 100 newtons a uma altura de 2,0 metros em 4,0 segundos com velocidade constante. Qual a potência em watts desenvolvida pelo homem?

11. (UFSC) Um homem empurra uma caixa ladeira abaixo. Assinale a(s) proposição(ões) que relaciona(m) a(s) força(s) que realiza(m) trabalho(s) positivo(s).

- 01. Força-peso da caixa.
- 02. Força normal sobre a caixa
- 04. Força de atrito cinético.
- 08. Força do homem sobre a caixa.
- 16. Força de resistência do ar sobre a caixa.

- 12. (UFSC) Em relação ao conceito de trabalho, é correto afirmar que:
- 01. Quando atuam somente forças conservativas em um corpo, a energia cinética deste não se altera.
- 02. Em relação à posição de equilíbrio de uma mola, o trabalho realizado para comprimi-la por uma distância *x* é igual ao trabalho para distendê-la por *x*.
- 04. A força centrípeta realiza um trabalho positivo em um corpo em movimento circular uniforme, pois a direção e o sentido da velocidade variam continuamente nesta trajetória.
- 08. Se um operário arrasta um caixote em um plano horizontal entre dois pontos *A* e *B*, o trabalho efetuado pela força de atrito que atua no caixote será o mesmo, quer o caixote seja arrastado em uma trajetória em ziguezague ou ao longo da trajetória mais curta entre *A* e *B*.
- 16. Quando uma pessoa sobe uma montanha, o trabalho efetuado sobre ela pela força gravitacional, entre a base e o topo, é o mesmo, quer o caminho seguido seja íngreme e curto, quer seja menos íngreme e mais longo.
- 32. O trabalho realizado sobre um corpo por uma força conservativa é nulo quando a trajetória descrita pelo corpo é um percurso fechado.

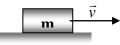
# **UNIDADE 13**

#### **ENERGIA**

#### ENERGIA CINÉTICA

Podemos calcular a energia cinética de um corpo de massa  $\mathbf{m}$  que se movimenta com uma velocidade  $\mathbf{v}$  da seguinte forma:





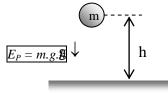
### TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA

O trabalho da resultante das forças agentes em um corpo em determinado deslocamento mede a variação de energia cinética ocorrida nesse deslocamento.

$$\tau = \Delta E_c$$

#### ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Chamamos de energia potencial gravitacional a energia armazenada em um sistema devido à sua posição em um campo de gravidade, em outras palavras, a sua altura em relação à referência.



#### ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Energia potencial elástica é a energia armazenada em um corpo elástico deformado. Para calcular essa energia calculamos o trabalho da força elástica para, a partir da posição de equilíbrio, produzir uma deformação  ${\bf x}$  na mola de constante elástica  ${\bf K}$ .

$$E_{pe} = \frac{K.x^2}{2}$$

#### ENERGIA MECÂNICA

É a soma da energia cinética com a energia potencial de um sistema físico.

$$E_M = E_c + E_p$$

# SISTEMAS CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

Forças conservativas são aquelas as quais está associada uma energia potencial, como o peso e a força elástica. Quando um corpo está sob ação de uma força conservativa que realiza trabalho resistente, a energia cinética diminui, mas em compensação ocorre um aumento de energia potencial. Quando a força conservativa realiza trabalho motor, a energia cinética aumenta, o que corresponde a uma diminuição equivalente de energia potencial. Quando, em um sistema de corpos, as forças que realizam trabalho são todas conservativas, o sistema é chamado sistema conservativo.

**Forças dissipativas** são aquelas que, quando realizam trabalho, este é sempre resistente, em qualquer deslocamento. Como conseqüência, a energia mecânica de um sistema, sob ação de forças dissipativas, diminui.

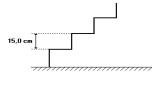
#### Conservação da Energia Mecânica

A energia mecânica de um sistema permanece constante quando este se movimenta sob ação de forças conservativas e eventualmente de outras forças que realizam trabalho nulo.

#### Exercícios de Sala 🖎

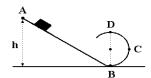
**1.** (UDESC) Um homem, cuja massa é igual a 80,0 kg, sobe uma escada com velocidade escalar constante. Sabe-

se que a escada possui 20 degraus e a altura de cada degrau é de 15,0 cm. DETERMINE a energia gasta pelo homem para subir toda a escada.



Dado:  $g = 10.0 \text{ m/s}^2$ 

**2.** (MACK) Um pequeno bloco de massa m é abandonado do ponto A e desliza ao longo de um trilho sem atrito, como mostra a figura a seguir. Para que a força que o trilho exerce sobre o bloco no ponto D seja igual ao seu peso, supondo ser R o raio do arco de circunferência, de diâmetro BD, a altura h deve ser igual a:



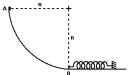
- a) 2R.b) 2,5R.
- b) 2,5R.
- d) 3,5R.
- e) 4R.

Tarefa Mínima 🔊

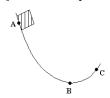
**3.** (UFRS) Uma pedra de 4 kg de massa é colocada em um ponto A, 10m acima do solo. A pedra é deixada cair livremente até um ponto B, a 4 m de altura.

Quais é, respectivamente, a energia potencial no ponto A, a energia potencial no ponto B e o trabalho realizado sobre a pedra pela força peso? (Use g=10 m/s² e considere o solo como nível zero para energia potencial).

- a) 40 J, 16 J e 24 J.
- d) 400 J, 160 J e 560 J.
- b) 40 J, 16 J e 56 J.
- e) 400 J, 240 J e 560 J.
- c) 400 J, 160 J e 240 J.
- **4.** (FATEC) Um objeto de massa 400g desce, a partir do repouso no ponto A, por uma rampa, em forma de um quadrante de circunferência de raio R=1,0m. Na base B, choca-se com uma mola de constante elástica k=200N/m. Desprezando a ação de forças dissipativas em todo o movimento e adotando  $g=10m/s^2$ , a máxima deformação da mola é de:



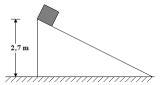
- a) 40cm
- b) 20cm
- c) 10cm
- d) 4,0cm
- e) 2,0cm
- **5.** (UFPE) Um bloco é solto no ponto A e desliza sem atrito sobre a superfície indicada na figura a seguir. Com relação ao bloco, podemos afirmar:



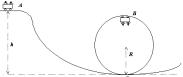
- a) A energia cinética no ponto B é menor que no ponto C;
- b) A energia cinética no ponto A é maior que no ponto B;
- c) A energia potencial no ponto A é menor que a energia cinética no ponto B;
- d) A energia total do bloco varia ao longo da trajetória ABC:
- e) A energia total do bloco ao longo da trajetória ABC é constante.

### Tarefa Complementar >

6. (UFSC) Um corpo parte do repouso deslizando do topo de um plano inclinado, de uma altura de 2,7m em relação ao plano horizontal (veja figura a seguir). Devido ao atrito, ele perde 1/3 de sua energia mecânica inicial, no percurso do topo até a base do plano inclinado. Calcule então, a velocidade, em m/s, com que o corpo chega na base.



7. (UFSC) Nos trilhos de uma *montanha-russa*, um carrinho com seus ocupantes é solto, a partir do repouso, de uma posição A situada a uma altura h, ganhando velocidade e percorrendo um círculo vertical de raio  $R = 6.0 \, m$ , conforme mostra a figura. A massa do carrinho com seus ocupantes é igual a 300 kg e se despreza a ação de forças dissipativas sobre o conjunto.



Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

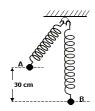
- 01. Na ausência de forças dissipativas a energia mecânica do carrinho se conserva, isto é, a soma da energia potencial gravitacional e da energia cinética tem igual valor nas posições *A*, *B* e *C*, respectivamente.
- 02. A energia mecânica mínima para que o carrinho complete a trajetória, sem cair, é igual a 4 500 J.
- 04. A posição A, de onde o carrinho é solto para iniciar seu trajeto, deve situar-se à altura mínima h = 15 m para que o carrinho consiga completar a trajetória passando pela posição B, sem cair.
- 08. A velocidade mínima na posição B, ponto mais alto do círculo vertical da *montanha-russa*, para que o carrinho não caia é  $\sqrt{60}$  m/s.
- 16. A posição A, de onde o carrinho é solto para iniciar seu trajeto, deve se situar à altura mínima h = 12 m para que o carrinho consiga completar a trajetória passando pela posição B, sem cair.
- 32. Podemos considerar a conservação da energia mecânica porque, na ausência de forças dissipativas, a única força atuante sobre o sistema é a força peso, que é uma força conservativa.
- 64. A energia mecânica do carrinho no ponto C é menor do que no ponto A.
- **8.** (UFSC) A figura mostra um bloco, de massa m = 500 g, mantido encostado em uma mola comprimida de X = 20 cm. A constante elástica da mola é K = 400 N/m. A mola é solta e empurra o bloco que, partindo do repouso no ponto **A**, atinge o ponto **B**, onde pára. No percurso entre os pontos **A** e **B**, a força de atrito da superfície sobre o bloco dissipa 20% da energia mecânica inicial no ponto **A**.



Assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

- 01. Na situação descrita, não há conservação da energia mecânica.
- 02. A energia mecânica do bloco no ponto **B** é igual a 6,4 J.
- 04. O trabalho realizado pela força de atrito sobre o bloco, durante o seu movimento, foi 1,6 J.

- 08. O ponto  ${\bf B}$  situa-se a 80 cm de altura, em relação ao ponto  ${\bf A}$ .
- 16. A força peso não realizou trabalho no deslocamento do bloco entre os pontos **A** e **B**, por isso não houve conservação da energia mecânica do bloco.
- 32. A energia mecânica total do bloco no ponto **A** é igual a 8.0 J.
- 64. A energia potencial elástica do bloco, no ponto **A**, é totalmente transformada na energia potencial gravitacional do bloco, no ponto **B**.
- **9.** (UFSC) Na figura abaixo, a esfera tem massa igual a 2,0 kg e se encontra presa na extremidade de uma mola de massa desprezível e constante elástica de 500 N/m. A esfera está, inicialmente, em repouso, mantida na posição **A**, onde a mola não está deformada. A posição **A**



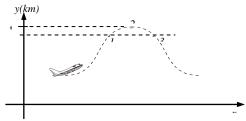
se situa a 30 cm de altura em relação à posição **B**.

Soltando a esfera, ela desce sob a ação da gravidade. Ao passar pelo ponto **B**, a mola se encontra na vertical e distendida de 10 cm. Desprezam-se as dimensões da esfera e os efeitos da resistência do ar.

Considerando-se a situação física descrita, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s**).

- 01. A velocidade da esfera no ponto mais baixo da trajetória, ponto  $\mathbf{B}$ , é igual a  $\sqrt{6.0}$  m/s.
- 02. Toda a energia potencial gravitacional da esfera, na posição A, é transformada em energia cinética, na posição B.
- 04. A velocidade da esfera no ponto  $\mathbf{B}$  é igual a  $\sqrt{3,5}$  m/s.
- 08. A força resultante sobre a esfera na posição  $\boldsymbol{B}$  é igual a 30 N.
- 16. A energia mecânica da esfera, na posição  $\mathbf{B}$ , é igual à sua energia potencial gravitacional na posição  $\mathbf{A}$ .
- 32. Parte da energia potencial gravitacional da esfera, na posição A, é convertida em energia potencial elástica, na posição B.
- 64. A energia cinética da esfera, na posição  $\boldsymbol{B}$ , é igual a sua energia potencial gravitacional, na posição  $\boldsymbol{A}$ .
- **10.** (UFSC) A figura abaixo mostra o esquema (fora de escala) da trajetória de um avião. O avião sobe com grande inclinação até o ponto 1, a partir do qual tanto a ação das turbinas quanto a do ar se cancelam totalmente e ele passa a descrever uma trajetória parabólica sob a ação única da força peso. Durante a trajetória parabólica, objetos soltos dentro do avião parecem flutuar. O ponto 2 corresponde à altura máxima de *10 km*.

Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).



01. A componente horizontal da velocidade é constante entre os pontos 1, 2 e 3.

- 02. Para justificar por que os objetos flutuam, a força gravitacional da Terra sobre os objetos não pode ser desprezada entre os pontos 1, 2 e 3.
- 04. Os objetos parecem flutuar porque a força de atração gravitacional da Terra sobre eles é desprezível.
- 08. A aceleração vertical, em relação ao solo, a *10 km* de altura (ponto *2*), vale zero.
- 16. A energia cinética do avião, em relação ao solo, tem o mesmo valor no ponto *I* e no ponto 3.
- 32. A energia potencial gravitacional do avião no ponto *1* é menor do que no ponto 2.

### UNIDADES 14 e 15

### QUANTIDADE DE MOVIMENTO, IMPULSO E COLISÕES

### QUANTIDADE DE MOVIMENTO

A quantidade de movimento (ou Momento Linear)  $\vec{Q}$  de uma partícula de massa  $\mathbf{m}$  e velocidade vetorial  $\vec{v}$  (conforme a figura) é uma grandeza vetorial, definida como:

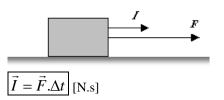


$$\vec{Q} = m.\vec{v}$$
 [kg.m/s]

Num sistema de partículas, a quantidade de movimento do sistema é igual a <u>soma vetorial</u> das quantidades de movimento de cada partícula do sistema.

#### IMPULSO DE UMA FORÇA CONSTANTE

É uma grandeza vetorial definida como o produto da força aplicada  $\vec{F}$  pelo intervalo de tempo  $\Delta t$  que ela atuou:



#### TEOREMA DO IMPULSO

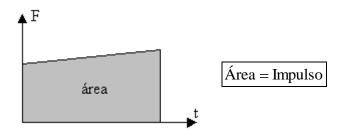
O impulso de uma força constante  $\vec{F}$ , em um intervalo de tempo  $\Delta t$ , é igual à variação da quantidade de movimento produzida por essa força, no intervalo de tempo  $\Delta t$ .

 $\vec{I} = \Delta \vec{Q}$ 

#### IMPULSO DE UMA FORÇA VARIÁVEL

Quando a intensidade de uma força varia no decorrer do tempo, ela pode ser representada num gráfico da força em função do tempo.

# Inclusão para a Vida



# PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Ao analisarmos o movimento de um sistema de corpos precisaremos separar as forças que atuam em nos corpos em dois conjuntos: o das **forças internas** e o das **forças externas**. Uma força é chamada de interna quando ela é exercida por um corpo de sistema sobre outro corpo do mesmo sistema. Uma força atuante num corpo do sistema é chamada de externa quando é exercida por um corpo que está fora do sistema.

Quando a resultante das forças externas é igual a zero, dizemos que este sistema é *isolado de forças externas*. Exemplos de sistemas isolados: Explosões e Colisões.

Em um sistema isolado, a quantidade de movimento é constante. O enunciado em negrito constitui o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento.

#### COLISÕES

#### Fases de uma Colisão

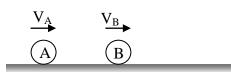
<u>Fase de Deformação</u>: inicia quando os corpos entram em contato e termina quando eles possuem a mesma velocidade. Nesta fase há transformação de energia cinética em energia potencial elástica e outros tipos de energia, como sonora, térmica, etc. (perdas).

<u>Fase de Restituição</u>: começa quando os corpos têm a mesma velocidade e termina quando eles se separam. Nesta fase, a energia potencial elástica volta a ser cinética, com ou sem perda de energia mecânica.

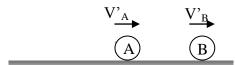
#### Coeficiente de Restituição

Considere a colisão unidimensional do exemplo abaixo:

\* Antes da colisão



\* Depois da colisão



A velocidade relativa entre os corpos antes da colisão é chamada de velocidade de aproximação, e é dada por:

$$\overline{V_{AP}}=V_A$$
 -  $V_B$ 

Após a colisão, a velocidade relativa entre os corpos é chamada de velocidade de afastamento, e é calculada como:

$$V_{AF} = V'_B - V'_A$$

O coeficiente de restituição é o número que mede a intensidade de segunda fase, e é calculado como:

$$e = \frac{V_{AF}}{V_{AP}}$$

#### Tipos de colisão

#### Colisão (Perfeitamente) Elástica

- e = 1
- Não há perda de energia mecânica
- Duas fases

# Colisão Parcialmente Elástica ou Parcialmente Inelástica

- 0<e<1
- Há perda de Energia Mecânica
- Duas Fases

#### Colisão (Perfeitamente) Inelástica

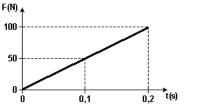
- e = 0
- Há a maior perda de energia
- Apenas a fase de deformação
- Os corpos não se separam depois da colisão

Todos os tipos de colisão são considerados sistemas isolados de forças externas, por isso, a quantidade de movimento total do sistema se conserva.

#### Exercícios de Sala 🕿

- 1. (UEL) Se os módulos das quantidades de movimento de dois corpos são iguais, necessariamente eles possuem
- a) mesma energia cinética.
- b) velocidade de mesmo módulo.
- c) módulos das velocidades proporcionais às suas massas.
- d) mesma massa e velocidades de mesmo módulo.
- e) módulos das velocidades inversamente proporcionais às suas massas.
- **2.** (UERJ) Uma bola de futebol de massa igual a 300 g atinge uma trave da baliza com velocidade de 5,0 m/s e volta na mesma direção com velocidade idêntica.
- O módulo do impulso aplicado pela trave sobre a bola, em N.s, corresponde a:
- a) 1.5
- b) 2,5
- c) 3,0
- d) 5,0

**3.** (UFPE) A força resultante que atua sobre um bloco de 2,5kg, inicialmente em repouso, aumenta uniformemente de zero até 100N em 0,2s, conforme a figura a seguir. A velocidade final do bloco, em m/s, é:



# Tarefa Mínima 🖎

**4.** (UFSM) Um corpo de massa 2 kg varia sua velocidade de 10 m/s para 30 m/s, sob a ação de uma força constante. O impulso da força sobre o corpo é, em Ns,

a) 20

b) 30

c) 40

a) 2,0

b) 4,0

c) 6,0 d) 8,0 e) 10

d) 60

e) 80

**5.** (PUC-Campinas) Um corpo de massa "m" se encontra em repouso sobre uma superfície horizontal, sem atrito, quando é submetido à ação de uma força F, constante, paralela à superfície, que lhe imprime uma aceleração de 2,0m/s². Após 5,0s de movimento o módulo da sua quantidade de movimento vale 20kg. m/s.

A massa "m" do corpo, em kg, vale

a) 5,0

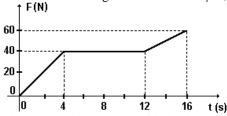
b) 2,0

c) 1,0

d) 0,20

e) 0,10

**6.** (PUC-Campinas) Um garoto de 58kg está sobre um carrinho de rolimã que percorre uma pista em declive. A componente da força resultante que age no garoto, na direção do movimento, tem módulo representado no gráfico, para um pequeno trecho do movimento. Sabe-se que a velocidade do garoto no instante  $t_1$ =2,0s é 3,0m/s.



Pode-se concluir que velocidade do garoto em m/s, no instante  $t_2$ =16s, é igual a

a) 13

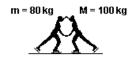
b) 16

c) 19

d) 43

e) 163

7. (PUC-PR) Dois patinadores, um de massa 100kg e outro de massa 80kg, estão de mãos dadas em repouso sobre uma pista de gelo, onde o atrito é desprezível. Eles empurramse mutuamente e deslizam na mesma direção, porém em sentidos opostos. O patinador de 100kg adquire uma velocidade de 4m/s. A velocidade relativa de um dos patinadores em relação ao outro é, em módulo, igual a:



a) 5 m/s

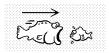
b) 4 m/s

c) 1 m/s

d) 9 m/s e) 20 m/s



**8.** (UERJ) Um peixe de 4kg, nadando com velocidade de 1,0m/s, no sentido indicado pela figura, engole um peixe de 1kg, que estava



em repouso, e continua nadando no mesmo sentido.

A velocidade, em m/s, do peixe maior, imediatamente após a ingestão, é igual a:

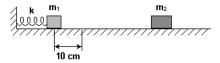
a) 1,0

b) 0.8

c) 0,6

d) 0,4

**9.** (UFPE) Um bloco de massa  $m_1 = 100$  g comprime uma mola de constante elástica k = 360 N/m, por uma distância x = 10.0 cm, como mostra a figura. Em um dado instante, esse bloco é liberado, vindo a colidir em seguida com outro bloco de massa  $m_2 = 200$  g, inicialmente em repouso. Despreze o atrito entre os blocos e o piso. Considerando a colisão perfeitamente inelástica, determine a velocidade final dos blocos, em m/s.



10. (PUC-SP) Dois carros, A e B, de massas iguais, movem-se em uma estrada retilínea e horizontal, em sentidos opostos, com velocidades de mesmo módulo. Após se chocarem frontalmente, ambos param imediatamente devido à colisão.

Pode-se afirmar que, no sistema, em relação à situação descrita,

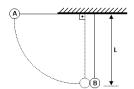


- a) há conservação da quantidade de movimento do sistema e da sua energia cinética total.
- b) não há conservação da quantidade de movimento do sistema, mas a energia cinética total se conserva.
- c) nem a quantidade de movimento do sistema e nem a energia cinética total se conservam.
- d) a quantidade de movimento do sistema é transformada em energia cinética.
- e) há conservação da quantidade de movimento do sistema, mas não da sua energia cinética total.

#### Tarefa Complementar 🖎

11. (UFSC) As esferas A e B da figura têm a mesma massa e estão presas a fios inextensíveis, de massas desprezíveis e de mesmo comprimento, sendo L a distância do ponto de suspensão até o centro de massa das esferas e igual a 0,80m. Inicialmente, as esferas se encontram em repouso e mantidas nas posições indicadas.

### Inclusão para a Vida



Soltando-se a esfera A, ela desce, indo colidir de forma perfeitamente elástica com a esfera B. Desprezam-se os efeitos da resistência do ar.

Assinale a(s) proposição(ões) correta(s)

- 01. Considerando o sistema constituído pelas esferas A e B, em se tratando de um choque perfeitamente elástico, podemos afirmar que há conservação da quantidade de movimento total e da energia cinética total do sistema.
- 02. Não é possível calcular o valor da velocidade da esfera A no instante em que se colidiu com a esfera B, porque não houve conservação da energia mecânica durante seu movimento de descida e também porque não conhecemos a sua massa.
- 04. A velocidade da esfera A, no ponto mais baixo da trajetória, imediatamente antes colidir com a esfera B, é 4,0m/s.
- 08. Durante o movimento de descida da esfera A, sua energia mecânica permanece constante e é possível afirmar que sua velocidade no ponto mais baixo da trajetória, imediatamente antes de colidir com a esfera B, é de 3,0m/s.
- 16. Imediatamente após a colisão, a esfera B se afasta da esfera A com velocidade igual a 4,0m/s.
- 32. Após a colisão, a esfera A permanece em repouso.
- 64. Após a colisão, a esfera A volta com velocidade de 4,0m/s, invertendo o sentido do seu movimento inicial.
- 12. (UFSC) Na segunda-feira, 12 de junho de 2000, as páginas esportivas dos jornais nacionais eram dedicadas ao tenista catarinense Gustavo Kuerten, o "Guga", pela sua brilhante vitória e conquista do título de bicampeão do Torneio de Roland Garros. Entre as muitas informações sobre a partida final do Torneio, os jornais afirmavam que o saque mais rápido de Gustavo Kuerten foi de 195 km/h. Em uma partida de tênis, a bola atinge velocidades superiores a 200km/h.

Consideremos uma partida de tênis com o "Guga" sacando: lança a bola para o ar e atinge com a raquete, imprimindo-lhe uma velocidade horizontal de 180km/h (50m/s). Ao ser atingida pela raquete, a velocidade horizontal inicial da bola é considerada nula. A massa da bola é igual a 58 gramas e o tempo de contato com a raquete é 0,01s.

Assinale a(s) proposição(ões) **verdadeira(s)**:

- 01. A força média exercida pela raquete sobre a bola é igual a 290N.
- 02. A força média exercida pela bola sobre a raquete é igual àquela exercida pela raquete sobre a bola.
- 04. O impulso total exercido sobre a bola é igual a 2,9N.s.
- 08. O impulso total exercido pela raquete sobre a bola é igual a variação da quantidade de movimento da bola.
- 16. Mesmo considerando o ruído da colisão, as pequenas deformações permanentes da bola e da raquete e o aquecimento de ambas, há conservação da energia

- mecânica do sistema (bola + raquete), porque a resultante das forças externas é nula durante a colisão.
- 32. O impulso exercido pela raquete sobre a bola é maior do que aquele exercido pela bola sobre a raquete, tanto assim que a raquete recua com velocidade de módulo muito menor que a da bola.

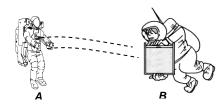
13. (UFSC) O air-bag, equipamento utilizado em veículos para aumentar a segurança dos seus ocupantes em uma colisão, é constituído por um saco de material plástico que se infla rapidamente quando ocorre uma desaceleração violenta do veículo, interpondo-se entre o motorista, ou o passageiro, e a estrutura do veículo. Consideremos, por exemplo, as colisões frontais de dois veículos iguais, a uma mesma velocidade, contra um mesmo obstáculo rígido, um com air-bag e outro sem air-bag, e com motoristas de mesma massa. Os dois motoristas sofrerão, durante a colisão, a mesma variação de velocidade e a mesma variação da quantidade de movimento. Entretanto, a colisão do motorista contra o air-bag tem uma duração maior do que a colisão do motorista diretamente contra a estrutura do veículo. De forma simples, o air-bag aumenta o tempo de colisão do motorista do veículo, isto é, o intervalo de tempo transcorrido desde o instante imediatamente antes da colisão até a sua completa imobilização. Em consequência, a força média exercida sobre o motorista no veículo com air-bag é muito menor, durante a colisão.

Considerando o texto acima, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s)**.

- 01 A variação da quantidade de movimento do motorista é igual à variação da quantidade de movimento do veículo.
- 02. A variação da quantidade de movimento do motorista do veículo é a mesma, em uma colisão, com ou sem a proteção do *air-bag*.
- 04.O impulso exercido pela estrutura do veículo sobre o motorista é igual à variação da quantidade de movimento do motorista.
- 08.A colisão do motorista contra o *air-bag* tem uma duração maior do que a colisão do motorista diretamente contra a estrutura do veículo.
- 16.O impulso exercido sobre o motorista é o mesmo, em uma colisão, com *air-bag* ou sem *air-bag*.
- 32. Tanto a variação da quantidade de movimento do motorista como o impulso exercido para pará-lo são iguais, com ou sem *air-bag*; portanto, a força média exercida sobre ele é a mesma, também.
- 64. A grande vantagem do *air-bag* é aumentar o tempo de colisão e, assim, diminuir a força média atuante sobre o motorista.
- **14.** (UFSC) Dois astronautas,  $A \in B$ , se encontram livres na parte externa de uma estação espacial, sendo desprezíveis as forças de atração gravitacional sobre eles. Os astronautas com seus trajes espaciais têm massas  $m_A = 100 \text{ kg}$  e  $m_B = 90 \text{ kg}$ , além de um tanque de oxigênio transportado pelo astronauta A, de massa 10 kg. Ambos estão em repouso em relação à estação espacial, quando o astronauta A lança o tanque de oxigênio para o astronauta B com uma velocidade de 5,0 m/s. O tanque choca se com

o astronauta  $\boldsymbol{B}$  que o agarra, mantendo-o junto a si, enquanto se afasta.

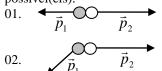
Considerando como referencial a estação espacial, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S**):

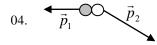


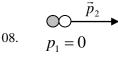
- 01. Considerando que a resultante das forças externas é nula, podemos afirmar que a quantidade de movimento total do sistema constituído pelos dois astronautas e o tanque se conserva.
- 02. Antes de o tanque ter sido lançado, a quantidade de movimento total do sistema constituído pelos dois astronautas e o tanque era nula.
- 04. Como é válida a terceira lei de Newton, o astronauta *A*, imediatamente após lançar o tanque para o astronauta *B*, afasta-se com velocidade igual a 5,0 m/s.
- 08. Após o tanque ter sido lançado, a quantidade de movimento do sistema constituído pelos dois astronautas e o tanque permanece nula.
- 16. Imediatamente após agarrar o tanque, o astro-nauta **B** passa a se deslocar com velocidade de módulo igual a 0.5 m/s.

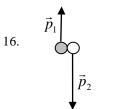
**15.** (UFSC) Durante as festividades comemorativas da Queda da Bastilha, na França, realizadas em 14 de julho de 2005, foram lançados fogos de artifício em homenagem ao Brasil. Durante os fogos, suponha que um rojão com defeito, lançado obliquamente, tenha explodido no ponto mais alto de sua trajetória, partindo-se em apenas dois pedaços que, imediatamente após a explosão, possuíam quantidades de movimento  $\vec{p}_1$  e  $\vec{p}_2$ .

Considerando-se que todos os movimentos ocorrem em um mesmo plano vertical, assinale a(s) proposição(ões) que apresenta(m) o(s) par(es) de vetores  $\vec{p}_1$  e  $\vec{p}_2$  fisicamente possível(eis).





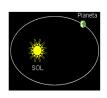




### **UNIDADE 16**

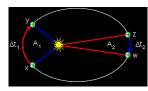
#### AS LEIS DE KEPLER

#### PRIMEIRA LEI DE KEPLER



Cada planeta gira em torno do Sol em trajetória elíptica, de modo que o Sol fica em um dos focos da elipse. O ponto de maior aproximação com o Sol se chama PERIELIO, enquanto que o de maior aproximação se chama AFÉLIO.

#### SEGUNDA LEI DE KEPLER

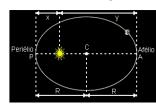


O segmento de reta que liga o Sol a um planeta descreve uma área que é proporcional ao tempo de percurso.

Assim, a velocidade escalar de um planeta não é

constante: quanto mais longe do Sol (Afélio), menor a velocidade

#### TERCEIRA LEI DE KEPLER



A distância entre o periélio e o afélio é chamada de eixo maior da elipse. Assim a distância média **R** é também chamada de **semi-eixo maior** da elipse

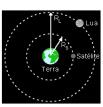
Há casos em que a elipse é

muito pouco achatada, sendo praticamente uma circunferência. É o caso, por exemplo, dos planetas Vênus e Netuno. Nesses casos, o raio médio R é o próprio raio da circunferência. Os cálculos de Kepler

nos leva à conclusão de que:

 $\frac{\mathsf{T}^2}{\mathsf{R}^3}$  = constante

#### SATÉLITES DE UM PLANETA



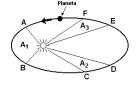
Mais tarde, usando a lei da gravitação de Newton (que veremos na próxima aula) foi possível demonstrar que as leis de Kepler valem para qualquer sistema em que temos um corpo de massa muito

"grande" em torno do qual giram corpos de massas "pequenas". É o caso, por exemplo, de um planeta e seus satélites.

### Exercícios de Sala 🖎

1. (UERJ) A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol.

Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas -A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, e A<sub>3</sub> - apresentam a seguinte relação:

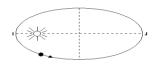


# Inclusão para a Vida

- a)  $A_1 = A_2 = A_3$
- c)  $A_1 < A_2 < A_3$
- b)  $A_1 > A_2 = A_3$ d)  $A_1 > A_2 > A_3$
- **2.** (UNIRIO) Um satélite de telecomunicações está em sua órbita ao redor da Terra com períodos T. Uma viagem do Ônibus Espacial fará a instalação de novos equipamentos nesse satélite, o que duplicará sua massa em relação ao valor original. Considerando que permaneça com a mesma órbita, seu novo período T' será:
- a) T' = 9T
- c) T' = T
- d) T' = 1/3T
- e) T' = 1/9T

### Tarefa Mínima 🖎

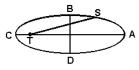
- **3.** (UFMG) A figura a seguir representa a órbita elíptica de um cometa em trono do sol.
- Com relação aos módulos das velocidades desse cometa nos pontos I e J,  $v_i$  e  $v_j$ , e aos módulos das acelerações nesses mesmos pontos, ai e aj, pode-se afirmar que
- a)  $v_i < v_i e a_i < a_i$
- b)  $v_i < v_i e a_i > a_i$
- c)  $v_i = v_i e a_i = a_i$
- d)  $v_i > v_j e a_i < a_j$
- e)  $v_i > v_i$  e  $a_i > a_j$



- **4.** (UFF) Os eclipses solar e lunar fenômenos astronômicos que podem ser observados sem a utilização de instrumentos ópticos - ocorrem sob determinadas condições naturais. A época de ocorrência, a duração e as circunstâncias desses eclipses dependem da geometria variável do sistema Terra-Lua-Sol.
- Nos eclipses solar e lunar as fases da Lua são, respectivamente:
- a) minguante e nova
- b) minguante e crescente
- c) cheia e minguante
- d) nova e cheia
- e) cheia e cheia
- 5. (ITA) Estima-se que, em alguns bilhões de anos, o raio médio da órbita da Lua estará 50% maior do que é atualmente. Naquela época, seu período, que hoje é de 27,3 dias, seria:
- a) 14,1 dias.
- c) 27,3 dias.
- e) 50,2 dias.

- b) 18,2 dias.
- d) 41,0 dias.
- 6. (UFMG) Suponha que a massa da lua seja reduzida à metade do seu valor real, sem variar o seu volume. Suponha, ainda, que ela continue na mesma órbita em torno da terra.
- Nessas condições o período de revolução da lua, T(lua), em torno da terra, e a aceleração da gravidade na lua, g(lua), ficariam
- a) T(lua) aumentado e g(lua) aumentada.
- b) T(lua) diminuído e g(lua) diminuída.
- c) T(lua) inalterado e g(lua) aumentada.
- d) T(lua) inalterado e g(lua) diminuída.
- e) T(lua) inalterado e g(lua) inalterada.

(UNITAU) Um satélite artificial S descreve uma órbita elíptica em torno da Terra, sendo que a Terra está no foco, conforme a figura adiante.



Indique a alternativa **correta**:

- a) A velocidade do satélite é sempre constante.
- b) A velocidade do satélite cresce à medida que o satélite caminha ao longo da curva ABC.
- c) A velocidade do ponto B é máxima.
- d) A velocidade do ponto D é mínima.
- e) A velocidade tangencial do satélite é sempre nula.
- 8. (UFRJ) Um satélite geoestacionário, portanto com período igual a um dia, descreve ao redor da Terra uma trajetória circular de raio R. Um outro satélite, também em órbita da Terra, descreve trajetória circular de raio R/2. Calcule o período desse segundo satélite.

### Tarefa Complementar 🖎

- **9.** (UFSC) Sobre as leis de Kepler, assinale a(s) proposição(ões) **verdadeira(s)** para o sistema solar.
- 01. O valor da velocidade de revolução da Terra, em torno do Sol, quando sua trajetória está mais próxima do Sol, é maior do que quando está mais afastada do mesmo.
- 02. Os planetas mais afastados do Sol têm um período de revolução, em torno do mesmo, maior que os mais próximos.
- 04. Os planetas de maior massa levam mais tempo para dar uma volta em torno do Sol, devido à sua inércia.
- 08. O Sol está situado num dos focos da órbita elíptica de um dado planeta.
- 16. Quanto maior for o período de rotação de um dado planeta, maior será o seu período de revolução em torno do Sol.
- 32. No caso especial da Terra, a órbita é exatamente uma circunferência.
- **10.** (UFSC) Durante aproximados 20 anos, o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe realizou rigorosas observações dos movimentos planetários, reunindo dados que serviram de base para o trabalho desenvolvido, após sua morte, por seu discípulo, o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630). Kepler, possuidor de grande habilidade matemática, analisou cuidadosamente os dados coletados por Tycho Brahe, ao longo de vários anos, tendo descoberto três leis para o movimento dos planetas. Apresentamos, a seguir, o enunciado das três leis de Kepler.
- 1ª lei de Kepler: Cada planeta descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, da qual o Sol ocupa um dos focos.
- 2ª lei de Kepler: O raio-vetor (segmento de reta imaginário que liga o Sol ao planeta) "varre" áreas iguais, em intervalos de tempo iguais.
- 3<sup>a</sup> lei de Kepler: Os quadrados dos períodos de translação dos planetas em torno do Sol são proporcionais aos cubos dos raios médios de suas órbitas.

# Inclusão para a Vida

Assinale a(s) proposição(ões) que apresenta(m) conclusão(ões) **correta(s**) das leis de Kepler:

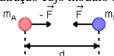
- 01. A velocidade média de translação de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao raio médio de sua órbita.
- 02. O período de translação dos planetas em torno do Sol não depende da massa dos mesmos.
- 04. Quanto maior o raio médio da órbita de um planeta em torno do Sol, maior será o período de seu movimento.
- 08. A 2ª lei de Kepler assegura que o módulo da velocidade de translação de um planeta em torno do Sol é constante.
- 16. A velocidade de translação da Terra em sua órbita aumenta à medida que ela se aproxima do Sol e diminui à medida que ela se afasta.
- 32. Os planetas situados à mesma distância do Sol devem ter a mesma massa.
- 64. A razão entre os quadrados dos períodos de translação dos planetas em torno do Sol e os cubos dos raios médios de suas órbitas apresentam um valor constante.

# **UNIDADE 17**

# GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

### LEI DE NEWTON PARA A GRAVITAÇÃO

Dadas duas partículas de massas  $m_A$  e  $m_B$ , separadas por uma distância **d**, existe entre elas um par de forças de atração cujo módulo é dado por:



$$F = G \frac{m_A . m_B}{d^2}$$

No qual **G** é uma constante, chamada **constante de gravitação universal** e cujo valor no SI é:

$$G = 6,673.10^{-11} \frac{N.m^2}{kg^2}$$

#### SATÉLITE ESTACIONÁRIO

Chamamos de satélite estacionário (ou geoestacionário) um satélite que gira em torno da Terra de modo que, para um observador na Terra o satélite **parece** estar **parado**. Para que isso ocorra a órbita do satélite deve estar no plano do equador, e seu período de translação (T) deve ser igual



ao período de rotação da Terra.

T = 24 h = 86 400 s

Os satélites estacionários são utilizados para as transmissões de TV e telefonia a longas distâncias. O sinal é enviado ao satélite e deste para

outro ponto da Terra.

### ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE



Consideremos uma partícula de massa  $\mathbf{m}$  a uma distância  $\mathbf{d}$  do centro da Terra. Essa partícula será atraída pela Terra com uma força  $\vec{\mathsf{F}}$  de intensidade  $\mathbf{F}$  dada por

$$F = G \frac{Mm}{d^2}$$

No qual M é a massa da Terra. Essa força é o peso do corpo e assim, podemos escrever

$$F = P = mg$$

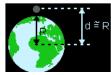
Onde **g** é a aceleração da gravidade. Assim:

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

ou: 
$$g = \frac{G M}{d^2}$$

Vemos então que o valor da aceleração da gravidade diminui com o aumento de **d**: quanto mais afastados da Terra estivermos, menor o valor de g.

Para um ponto situado próximo da superfície da Terra, o valor de  ${\boldsymbol d}$  é aproximadamente igual ao raio  ${\boldsymbol R}$  da Terra. Assim, o valor de  ${\boldsymbol g}$  próximo da superfície  $(g_s)$  é dado por:



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

Quando fazemos a medida de **g** obtemos valores diferentes em diferentes pontos da superfície da Terra. Isso ocorre por vários motivos.

Um dos motivos é que a Terra não é esférica e nem homogênea. Outro motivo é a rotação da Terra. Por causa da mesma, há uma pequena tendência de os corpos serem expelidos para fora da Terra (devido à inércia). Assim, mesmo que a Terra fosse rigorosamente esférica e homogênea o valor medido de **g** iria variar com a latitude. Desse modo, o valor medido de **g** é máximo nos pólos e mínimo no equador.

### Exercícios de Sala 🖎

1. (UNESP) A força gravitacional entre um satélite e a Terra é F. Se a massa desse satélite fosse quadruplicada e a distância entre o satélite e o centro da Terra aumentasse duas vezes, o valor da força gravitacional seria

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

2. (UFMG) O Pequeno Príncipe, do livro de mesmo nome,

de Antoine de Saint-Exupéry, vive em um asteróide pouco maior que esse personagem, que tem a altura de uma criança terrestre.



Em certo ponto desse asteróide, existe uma rosa, como ilustrado na figura ao lado:

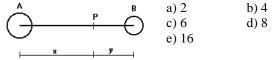
Após observar essa figura, Júlia formula as seguintes hipóteses:

- I O Pequeno Príncipe não pode ficar de pé ao lado da rosa, porque o módulo da força gravitacional é menor que o módulo do peso do personagem.
- II Se a massa desse asteróide for igual à da Terra, uma pedra solta pelo Pequeno Príncipe chegará ao solo antes de uma que é solta na Terra, da mesma altura.

### Inclusão para a Vida

Analisando essas hipóteses, podemos concluir que

- a) apenas a I está correta.
- b) apenas a II está correta.
- c) as duas estão corretas.
- d) nenhuma das duas está correta.
- **3.** (PUC-MG) Dois corpos A e B, de massas 16M e M, respectivamente, encontram-se no vácuo e estão separadas de uma certa distância. Observa-se que outro corpo, de massa M, fica em repouso quando colocado no ponto P, conforme a figura. A razão x/y entre as distâncias indicadas é igual a:



**4.** (Unicamp) A atração gravitacional da Lua e a força centrífuga do movimento conjunto de rotação da Lua e da Terra são as principais causas do fenômeno das marés. Essas forças fazem com que a água dos oceanos adquira a forma esquematizada (e exagerada)

na figura adiante. A influência do Sol no fenômeno das marés é bem menor, mas não desprezível, porque quando a atração do Sol e



da Lua se conjugam a maré se torna mais intensa.

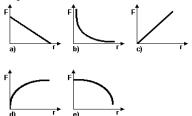
- a) Quantas marés altas ocorrem em um dia em um mesmo local?
- b) Como estará a maré no Brasil quando a Lua estiver bem acima do Japão?
- c) Faça um desenho mostrando a Terra, a Lua e o Sol na situação em que a maré é mais intensa. Qual é a fase da Lua nessa situação?

# Tarefa Mínima 🖎

- **5.** (ACAFE) A imprensa comentava, antes das Olimpíadas de Sydney, que os atletas teriam uma maior dificuldade em quebrar alguns recordes olímpicos, como os do arremesso de peso, do salto em distância e do salto em altura. Do ponto de vista da Física, o comentário da imprensa se baseava:
- a) na alimentação dos atletas em Sydney.
- b) no clima australiano.
- c) na longitude de Sydney.
- d) na diferença de fuso-horário.
- e) na latitude de Sydney.
- $\pmb{6}$ . (ACAFE) A distância do centro da Terra à Lua é, aproximadamente,  $\pmb{60}$  vezes o raio da Terra. Sendo  $\pmb{g_T}$  o valor da aceleração da gravidade da Terra na sua superfície, a aceleração da gravidade da Terra num ponto da órbita da Lua será de, aproximadamente:
- a)  $g_T/60$
- b)  $g_T/3600$
- c)  $60g_T$

- d)  $g_T/6$
- e) 6g<sub>T</sub>

- 7. (ACAFE) Certa vez, um mineiro, estando no extremo sul do Chile, enviou para São Paulo, por meio de um amigo, uma determinada quantidade de ouro, cuidadosamente pesada numa balança de molas. Quando o ouro foi entregue, pesava menos do que antes e o amigo foi preso por furto. Considerando que os dois locais estão na mesma altitude, pode-se afirmar que a prisão foi:
- a) justa, pois o ouro deveria ter peso maior em São Paulo.
- b)injusta, pois a aceleração da gravidade é menor no extremo sul do Chile do que em São Paulo.
- c) justa, pois a massa de ouro entregue foi menor.
- d)justa, pois o ouro deveria ter o mesmo peso nos dois locais.
- e) injusta, pois a aceleração da gravidade é maior no extremo sul do Chile do que em São Paulo.
- **8.** (UFC) Considere duas massas puntiformes sob ação da força gravitacional mútua. Assinale a alternativa que contém a melhor representação gráfica da variação do módulo da força gravitacional sobre uma das massas, em função da distância entre ambas.



**9.** (PUC-PR) O movimento planetário começou a ser compreendido matematicamente no início do século XVII, quando Johannes Kepler enunciou três leis que descrevem como os planetas se movimentam ao redor do Sol, baseando-se em observações astronômicas feitas por Tycho Brahe. Cerca de cinqüenta anos mais tarde, Isaac Newton corroborou e complementou as leis de Kepler com sua lei de gravitação universal.

Assinale a alternativa, dentre as seguintes, que NÃO está de acordo com as idéias de Kepler e Newton:

- a) A força gravitacional entre os corpos é sempre atrativa.
- b) As trajetórias dos planetas são elipses, tendo o Sol como um dos seus focos.
- c) O quadrado do período orbital de um planeta é proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol.
- d) A força gravitacional entre duas partículas é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao cubo da distância entre elas.
- e) Ao longo de uma órbita, a velocidade do planeta, quando ele está mais próximo ao Sol (periélio), é maior do que quando ele está mais longe dele (afélio).
- 10. (UFRN) O turismo chegou ao espaço! No dia 30/04/2001, o primeiro turista espacial da história, o norte-americano Denis Tito, a um custo de 20 milhões de dólares, chegou à Estação Espacial Internacional, que está se movendo ao redor da Terra. Ao mostrar o turista flutuando dentro da estação, um repórter erroneamente disse: "O turista flutua devido à ausência de gravidade". A explicação correta para a flutuação do turista é:

- a) a força centrípeta anula a força gravitacional exercida pela Terra.
- b) na órbita da estação espacial, a força gravitacional exercida pela Terra é nula.
- c) a estação espacial e o turista estão com a mesma aceleração, em relação à Terra.
- d) na órbita da estação espacial, a massa inercial do turista é nula.
- 11. (Sobral) O grupo Paralamas do Sucesso gravou há algum tempo uma bela música chamada "Tendo a Lua".

#### Tendo a Lua

Hoje joguei tanta coisa fora
Vi o meu passado passar por mim
Cartas e fotografias, gente que foi embora
A casa fica bem melhor assim
O céu de Ícaro tem mais poesia que o de Galileu
E lendo teus bilhetes, eu penso no que fiz
Querendo ver o mais distante e sem saber voar
Desprezando as asas que você me deu
Tendo a Lua aquela gravidade aonde o homem flutua
Merecia a visita não de militares, mas de bailarinos e de
você e eu.

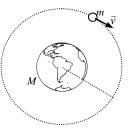
(CD Acústico MTV Paralamas do Sucesso, 1999 - EMI)

Do ponto de vista da Física, analise a letra da música e verifique as afirmações a seguir, assinalando a **verdadeira**:

- a) Na Lua, um homem pode realmente flutuar, pois não há gravidade.
- b) A gravidade própria da Lua na sua superfície é cerca de 1/6 da gravidade própria da Terra na sua superfície. Assim, um homem que pesa 900 N na Terra (onde g =  $10 \text{ m/s}^2$ ), na Lua terá peso aproximado de 150 N.
- c) O homem flutua ao caminhar na Lua porque no satélite a sua massa diminui.
- d) Está errado dizer que na Lua o homem flutua, pois lá não existe atmosfera.
- e) A aceleração da gravidade da Lua é cerca de 6 vezes maior que a aceleração da gravidade da Terra, entretanto neste satélite da Terra, a massa do homem não varia, fazendo quem que seu peso permaneça sempre constante.

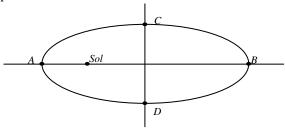
#### Tarefa Complementar 🖎

12. (UFSC) Um satélite artificial, de massa m, descreve uma órbita circular de raio R em torno da Terra, com velocidade orbital  $\vec{v}$  de valor constante, conforme representado esquematicamente na figura. (Desprezam-se interações da Terra e do satélite com outros corpos.)



Considerando a Terra como referencial na situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s)**:

- 01. O satélite sofre a ação da força gravitacional exercida pela Terra, de módulo igual a  $F_G=G\, \frac{Mm}{R^2}$ , onde G é a constante de gravitação universal e M é a massa da Terra.
- 02. Para um observador na Terra, o satélite não possui aceleração.
- 04. A força centrípeta sobre o satélite é igual à força gravitacional que a Terra exerce sobre ele.
- 08. A aceleração resultante sobre o satélite tem a mesma direção e sentido da força gravitacional que atua sobre ele
- 16. A aceleração resultante sobre o satélite independe da sua massa e é igual a  $G\frac{M}{R^2}$ , onde G é a constante de gravitação universal e M é a massa da Terra.
- 32. A força exercida pelo satélite sobre a Terra tem intensidade menor do que aquela que a Terra exerce sobre o satélite; tanto assim que é o satélite que orbita em torno da Terra e não o contrário.
- **13.** (UFSC) A figura abaixo representa a trajetória de um planeta em torno do Sol. Esta trajetória é elíptica e os segmentos de reta entre os pontos A e B e entre C e D são, respectivamente, o eixo maior e o eixo menor da elipse. Esta figura está fora de escala, pois a excentricidade das órbitas planetárias é pequena e as suas trajetórias se aproximam de circunferências.



A tabela abaixo apresenta dados astronômicos aproximados de alguns planetas:

	DISTÂNCIA MÉDIA AO SOL	MASSA	RAIO MÉDIO
Terra	$d_{TS}$	$m_T$	$R_T$
Saturno	$10 d_{TS}$	$95 m_T$	$9R_T$
Urano	$20 d_{TS}$	$14 m_T$	$4 R_T$
Netuno	$30 d_{TS}$	$17 m_T$	$4 R_T$

 $d_{TS}$ : distância média da Terra ao Sol

 $m_T$ : massa da Terra

 $R_T$ : raio da Terra

Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01. O módulo da velocidade de um planeta quando passa por *A* é maior do que quando passa por *B*.
- 02. O período de Urano é cerca de 2,8 vezes o período de Saturno.
- 04. O período de Netuno é de aproximadamente 52 anos.
- 08. O módulo da força média que o Sol exerce sobre Saturno é cerca de nove vezes maior que o módulo da força média que o Sol exerce sobre a Terra.
- 16. O módulo da força que Urano exerce sobre um corpo na sua superfície é aproximadamente quatro vezes

Inclusão para a Vida

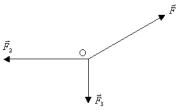
maior que o módulo da força que a Terra exerce sobre este corpo na sua superfície.

# **UNIDADE 18 E 19**

# ESTÁTICA

### EOUILÍBRIO ESTÁTICO DO PONTO MATERIAL

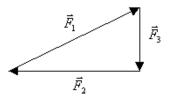
Considere o ponto O onde estão aplicadas as seguintes forças:



Para que o ponto O esteja em equilíbrio estático (repouso), é necessário que a força resultante que atua sobre este ponto seja nula ( $\vec{F}_R = \vec{0}$ ).

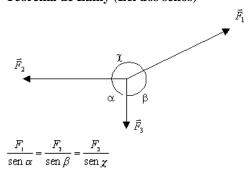
#### Método do Polígono Fechado

Para que a força resultante seja nula, somam-se os vetores pelo método da linha poligonal e a figura encontrada deverá ser um

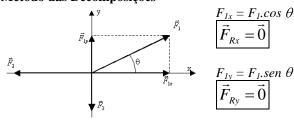


encontrada deverá ser um polígono fechado. Para o exemplo acima, teremos:

#### Teorema de Lamy (Lei dos senos)



#### Método das Decomposições



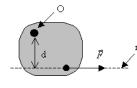
#### Equilíbrio Estático do Corpo Extenso

Para os corpos extensos, pode-se ter movimentos de translação e rotação. Para o movimento de translação, a condição de equilíbrio é que a força resultante aplicada

seja nula ( $\vec{F}_R = \vec{0}$ ). Para o movimento de rotação, é necessário que a soma dos momentos das forças que atuam neste corpo (torques) seja zero ( $\sum M_F^O = 0$ ).

#### Momento de uma Força (ou Torque)

É a grandeza relacionada com o movimento de rotação de um corpo extenso.



Onde:

O → pólo

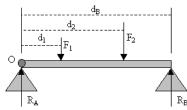
d → braço de alavanca

 $r \rightarrow reta$  suporte da força F

$$M_F^O = \pm F.d$$
 [N.m]

O momento será **positivo** quando o corpo girar no sentido **anti-horário** e **negativo** quando o corpo girar no sentido **horário**.

#### Condição de Equilíbrio de Rotação



Identificar todas as forças que atuam no corpo extenso (se for para considerar o **peso** do corpo, ele deverá estar concentrado no centro de massa do objeto que, para corpos homogêneos e simétricos, estará localizado no **centro do corpo**);

- Escolher a posição do pólo (Dica: considere o pólo num local por onde "passa" uma força que você não conhece e não quer calcular);
- Calcular o momento de cada força em relação ao pólo escolhido (Cuidado para não mudar o pólo de posição);
- Somar todos os momentos e igualar a zero. A partir daí, você terá uma equação com uma única variável. Isole-a e calcule o que se pede.

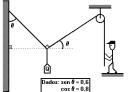
### Exercícios de Sala 🖎

**1.** (FUVEST) Um bloco de peso P é suspenso por dois fios de massa desprezível, presos a paredes em A e B, como mostra a figura adiante. Pode-se afirmar que o módulo da força que tenciona o fio preso em B, vale:

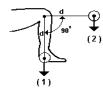


- a) P/2
- b) P/ $\sqrt{2}$ .
- c) P.
- d)  $\sqrt{2}$  P.
- e) 2 P.

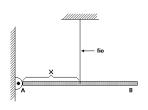
2. (Mackenzie) No esquema representado, o homem exerce sobre a corda uma força de 120 N e o sistema ideal se encontra em equilíbrio. O peso da carga Q é:



- a) 120N.
- b) 200N.
- c) 240N.
- d) 316N.
- e) 480N.
- 3. (UDESC) Um paciente, em um programa de reabilitação de uma lesão de joelho, executa exercícios de extensão de joelho usando um sapato ferro de 15N. de Calcule, JUSTIFICANDO seu raciocínio passo a passo, até atingir o resultado:



- a) a massa do sapato de ferro;
- b) a quantidade de torque gerado no joelho pelo sapato de ferro, nas posições (1) e (2), mostradas na figura, sabendo que a distância entre o centro de gravidade do sapato de ferro e o centro articular do joelho é 0,4 metros.
- 4. (Cesgranrio) Um fio, cujo limite de resistência é de 25N, é utilizado para manter em equilíbrio, na posição horizontal, uma haste de metal. homogênea, de comprimento AB=80cm e peso=15N. A barra



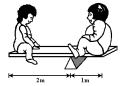
é fixa em A, numa parede, através de uma articulação, conforme indica a figura.

A menor distância x, para a qual o fio manterá a haste em equilíbrio, é:

- a) 16cm
- c) 30cm
- e) 40cm

- b) 24cm
- d) 36cm
- 5. (UFPE) Uma tábua uniforme de 3m de comprimento é usada como gangorra por duas crianças com massas 25kg e 54kg. Elas sentam sobre as extremidades

da tábua de modo que o sistema fica em equilíbrio quando apoiado em uma pedra distante 1,0m da criança mais pesada. Qual a massa, em kg, da tábua? Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 



# Tarefa Mínima 🖎

6. (Cesgranrio) Na figura a seguir, uma esfera rígida se encontra em equilíbrio, apoiada em uma parede vertical e presa por um fio ideal e inextensível. Sendo P o peso da esfera e 2P a força máxima que o fio suporta antes de arrebentar, o ângulo formado entre a parede e o fio é de:



- a) 30° b) 45°
- c) 60°
- d) 70°
- e) 80°

7. (FAAP) Na estrutura representada, a barra homogênea AB pesa 40N e é articulada em A.

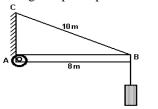
a) 133,3 N

b) 33,3 N

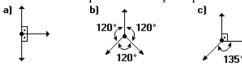
c) 166,6 N

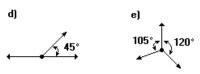
d) 66,6 N e) 199,9 N

A carga suspensa pesa 60N. A tração no cabo vale:

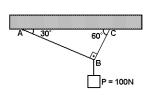


8. (Mackenzie) Um corpo, que está sob a ação de 3 forças coplanares de mesmo módulo, está em equilíbrio. Assinale a alternativa na qual esta situação é possível.





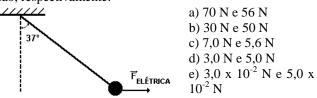
**9.** (Unirio)



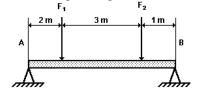
Na figura ao lado, o corpo suspenso tem o peso 100N. Os fios são ideais e têm pesos desprezíveis, o sistema está em equilíbrio estático (repouso). A tração na corda AB, em N, é: (Dados:  $g=10 \text{m/s}^2$ ; sen30°=0,5

 $\cos 30^{\circ} = \sqrt{3}/2$ ). a) 20 b) 40 c) 50 d) 80 e) 100

**10.** (Fatec) Uma pequena esfera de massa igual a 4,0 g, carregada eletricamente, está suspensa por uma corda. Sob a ação de uma força elétrica horizontal, a corda se desloca até que atinge o equilíbrio ao formar um ângulo de 37° com a vertical. Sabendo que cos  $37^{\circ} = 0.80$  e sen  $37^{\circ} =$ 0,60, a intensidade da força elétrica e a tensão na corda são, respectivamente:

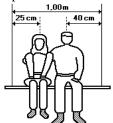


11. (FEI) A barra a seguir é homogênea da seção constante e está apoiada nos pontos A e B. Sabendo-se que a reação no apoio A é R<sub>A</sub>=200kN, e que F<sub>1</sub>=100kN e  $F_2$ =500kN, qual é o peso da barra?



- a) 300 kN
- b) 200 kN c) 100 kN
- d) 50 kN
- e) 10 kN

12. (Cesgranrio) Cristiana e Marcelo namoram em um balanço constituído por um assento horizontal de madeira de peso desprezível e preso ao teto por duas cordas verticais. Cristiana pesa  $4.8 \times 10^2$ N e Marcelo,  $7.0 \times 10^2$ N. Na situação descrita na figura, o balanço está parado, e os centros de gravidade da moça e do rapaz distam 25cm e 40cm, respectivamente, da corda que, em cada caso, está mais próxima de cada um. Sendo de 1,00m a distância que separa as duas cordas, qual a tensão em cada uma delas?



a) Cristiana:  $1.6 \times 10^2 \text{N}$  e Marcelo:  $10.2 \times 10^2$ N

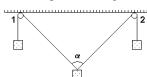
Cristiana:  $3.2 \times 10^2 \text{N}$  e Marcelo:  $8,6 \times 10^2$ N

Cristiana:  $4.0 \times 10^2 \text{N}$  e Marcelo:  $7.8 \times 10^2$ N

Cristiana:  $4.8 \times 10^2 \text{N}$  e Marcelo:  $7.0 \times 10^2$ N

Cristiana:  $6.4 \times 10^2 \text{N}$  e Marcelo:  $5.4 \times 10^2$ N

13. (PUC-Camp) Três blocos de massas iguais são pendurados no teto através de dois fios que passam livremente pelas argolas 1 e 2. Considerando desprezíveis as massas dos fios e as eventuais forças de atrito, o sistema pode oscilar. Durante a oscilação, a aceleração dos corpos será nula quando o ângulo  $\alpha$  indicado na figura for:



a) maior que 120°

b) igual a 120°

c) igual a 90°

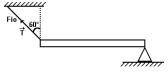
d) igual a 60°

c) 50.

e) menor que 60°

### **14.** (UFSM)

Uma barra homogênea e horizontal de 2m comprimento e 10kg de massa tem uma



extremidade apoiada e a outra suspensa por um fio ideal, conforme a figura. Considerando a aceleração gravitacional como 10m/s<sup>2</sup>, o módulo da tensão no fio (T, em N) é:

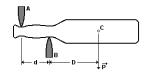
a) 20.

b) 25.

d) 100. e) 200.

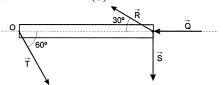
15. (UFRJ) A figura mostra uma garrafa mantida em repouso por dois suportes A e B. Na situação considerada a garrafa está na horizontal e os suportes exercem sobre ela forças verticais. O peso da garrafa e seu conteúdo tem um módulo igual a 1,4kgf e seu centro de massa C se situa a uma distância horizontal D=18cm do suporte B.

Sabendo que a distância horizontal entre os suportes A e B é d=12cm, determine o sentido da força que o suporte A exerce sobre a garrafa e calcule seu módulo.



#### Tarefa Complementar

**16.** (UFSC) A figura abaixo mostra as forças de módulos Q = 10N, R = 70N, S = 20N e T = 40N que atuam sobre uma barra homogênea, com peso de módulo 30N e com 2m de comprimento, que tende a girar em torno do ponto O. Assinale a(s) proposição(ões) VERDADEIRA(S).



01. O momento da força T em relação ao ponto O é igual a

02. O momento da força S em relação ao ponto O é igual ao momento da força R em relação ao ponto O.

04. O momento da força Q em relação ao ponto O tem módulo igual a 20N.m.

08. O momento do peso da barra em relação ao ponto O é igual ao momento da força R em relação ao ponto O.

16. A barra está em equilíbrio de rotação.

32. O momento resultante em relação ao ponto O é nulo.

17. (UFSC) O andaime suspenso (figura 1), conhecido como máquina pesada ou trec trec, é indicado para serviços de revestimento externo, colocação de pastilhas, mármores, cerâmicas e serviços de pedreiro. Um dispositivo situado no andaime permite que o pedreiro controle o sistema de polias para se movimentar verticalmente ao longo de um prédio. A figura 2 mostra um andaime homogêneo suspenso pelos cabos A, B, C e D, que passam por polias situadas no topo do edifício e formam ângulos de 90° com o estrado do andaime.



Figura 1 Cabo B Cabo C Cabo D Cabo A lado lado esquerdo direito Estrado Figura 2

Chama-se: o peso do andaime de  $\vec{P}_A$ , e o seu módulo de  $P_A$ ; o peso de um pedreiro que está no andaime de  $\vec{P}_P$ , e o seu módulo  $P_p$ ; as tensões exercidas pelos cabos A, B, Ce D no andaime de  $\vec{T}_A$ ,  $\vec{T}_B$ ,  $\vec{T}_C$  e  $\vec{T}_D$ , e seus módulos de  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , respectivamente.

Considerando que o segmento de reta auxiliar ST passa pelo centro do estrado o dividindo em duas partes de comprimentos iguais e que o andaime não apresenta movimento de aualauer rotação, assinale proposição(ões) CORRETA(S).

- 01.  $T_A + T_B + T_C + T_D = P_A + P_P$  somente se o andaime
- 02.  $\vec{T}_A$  +  $\vec{T}_B$  +  $\vec{T}_C$  +  $\vec{T}_D$  =  $-(\vec{P}_A + \vec{P}_P)$  se o andaime estiver descendo e acelerando.
- 04.  $T_A + T_B = T_C + T_D$  se o pedreiro estiver sobre o segmento de reta ST do estrado do andaime e o andaime estiver em movimento uniforme na vertical.
- 08.  $T_C + T_D > T_A + T_B$  somente se o pedreiro estiver mais próximo da extremidade direita do estrado do andaime, independentemente do andaime estar em movimento na vertical.
- 16. Se o pedreiro estiver mais próximo da extremidade esquerda do estrado do andaime e o andaime estiver em

$$T_A + T_B > T_C + T_D.$$

# UNIDADE 20 E 21

### HIDROSTÁTICA I

### MASSA ESPECÍFICA X DENSIDADE

A massa específica (µ) de uma substância é a razão entre a massa (m) de uma quantidade da substância e o volume (V) correspondente:

$$\mu = \frac{\mathsf{m}}{\mathsf{V}}$$

Uma unidade muito usual para a massa específica é o g/cm<sup>3</sup>, mas no SI a unidade é o kg/m<sup>3</sup>. A relação entre elas é a seguinte:

$$1\frac{g}{cm^3} = \frac{10^{-3} \, kg}{10^{-6} \, m^3} = 10^3 \, kg \, I \, m^3$$

#### Observação:

É comum encontrarmos o termo densidade (d) em lugar de massa específica (µ). Usa-se "densidade" para representar a razão entre a massa e o volume de objetos sólidos (ocos ou maciços), e "massa específica" para fluidos.

#### **PRESSÃO**

Consideremos uma força  $\mathbf{F}$  aplicada perpendicularmente a uma superfície com área A. Definimos a pressão (p) aplicada pela força sobre a área pela seguinte relação:

$$p = \frac{\left|\vec{F}\right|}{A}$$

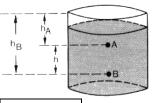
No SI, a unidade de pressão é o pascal (Pa) que corresponde a N/m<sup>2</sup>.

O conceito de pressão nos permite entender muitos dos fenômenos físicos que nos rodeiam. Por exemplo, para cortar um pedaço de pão, utilizamos o lado afiado da faca

(menor área), pois, para uma mesma força, quanto menor a área, maior a pressão produzida.

#### Pressão Hidrostática - Princípio de Stevin

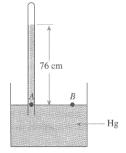
"A diferença entre as pressões em dois pontos considerados no seio de um líquido em equilíbrio (pressão no ponto mais profundo e a pressão no ponto menos profundo) vale o produto da massa especifica do líquido pelo módulo da aceleração da gravidade do local onde é feita a observação, pela diferença entre as profundidades consideradas".



A partir do Teorema de Stevin podemos concluir:

- → A pressão aumenta com a profundidade. Para pontos situados na superfície livre, a pressão correspondente é igual à exercida pelo gás ou ar sobre ela. Se a superfície livre estiver ao ar atmosférico, a pressão correspondente será a pressão atmosférica,  $p_{atm}$ .
- → Pontos situados em um mesmo líquido e em uma mesma horizontal ficam submetidos à mesma pressão.
- → A superfície livre dos líquidos em equilíbrio é horizontal.

#### Pressão Atmosférica e a Experiência de Torricelli



O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) realizou uma experiência para determinar pressão atmosférica ao nível do mar. Ele usou um tubo aproximadamente 1,0 m comprimento, cheio de mercúrio (Hg) e extremidade tampada.

Depois, colocou o tubo, em pé e com a boca tampada para baixo, dentro de um recipiente que também continha mercúrio. Torricelli observou que, após destampar o tubo, o nível do mercúrio desceu e se estabilizou na posição correspondente a 76 cm, restando o vácuo na parte vazia do tubo.

A pressão no ponto A é igual à pressão no ponto B. Assim:

$$\begin{aligned} p_B &= p_A \rightarrow p_{ATM} = p_{coluna(Hg)} \\ p_{ATM} &= 76cmHg = 760mmHg = 1,01x10^5 \ Pa \end{aligned}$$

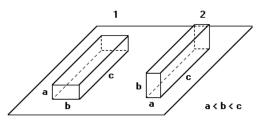
### Exercícios de Sala 🕿

1. (FAAP) A massa de um bloco de granito é 6,5t e a densidade do granito é 2.600kg/m<sup>3</sup>. Qual o volume do bloco?

- a)  $0.0025 \text{ m}^3$
- c)  $0.25 \text{ m}^3$
- e) 25,00 m<sup>3</sup>
- b) 0,025 m<sup>3</sup>
- d)  $2.50 \text{ m}^3$

### Inclusão para a Vida

**2.** (VUNESP) Um tijolo, com as dimensões indicadas, é colocado sobre uma mesa com tampo de borracha, inicialmente da maneira mostrada em 1 e, posteriormente, na maneira mostrada em 2.



Na situação 1, o tijolo exerce sobre a mesa uma força  $F_1$  e uma pressão  $p_1$ ; na situação 2, a força e a pressão exercidas são  $F_2$  e  $p_2$ .

Nessas condições, pode-se afirmar que:

a) 
$$F_1 = F_2$$
 e  $p_1 = p_2$ 

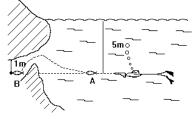
b) 
$$F_1 = F_2 e p_1 > p_2$$

c) 
$$F_1 = F_2 e p_1 < p_2$$
 d)  $F_1 > F_2 e p_1 > p_2$ 

$$e) \; F_1 \! < \! F_2 \, e \; p_1 \! < \! p_2$$

**3.** (Unicamp) Um mergulhador persegue um peixe a 5,0m abaixo da superfície de um lago. O peixe foge da posição A e se esconde em uma gruta na posição B, conforme mostra a figura a seguir. A pressão atmosférica na superfície da água é igual a  $P_0$ =1,0.10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>.

Adote  $g = 10 \text{m/s}^2$ .



- a) Qual a pressão sobre o mergulhador?
- b) Qual a variação de pressão sobre o peixe nas posições A e B?

#### Tarefa Mínima 🖎

- **4.** (Cesgranrio) Eva possui duas bolsas A e B, idênticas, nas quais coloca sempre os mesmos objetos. Com o uso das bolsas, ela percebeu que a bolsa A marcava o seu ombro. Curiosa, verificou que a largura da alça da bolsa A era menor do que a da B. Então, Eva concluiu que:
- a) o peso da bolsa B era maior.
- b) a pressão exercida pela bolsa B, no seu ombro, era menor.
- c) a pressão exercida pela bolsa B, no seu ombro, era maior.
- d) o peso da bolsa A era maior.
- e) as pressões exercidas pelas bolsas são iguais, mais os pesos são diferentes.
- **5.** (ENEM) A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina. Para diminuir os efeitos práticos

dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques NÃO fossem subterrâneos:

- I Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia, pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.
- II Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.
- III Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente

a) I é correta.

b) II é correta

c) III é correta

d) I e II são corretas.

- e) II e III são corretas.
- **6.** (UFSM) Um cliente está há muito tempo, de pé, numa fila de Banco, com os dois pés apoiados no solo, exercendo, assim, certa pressão sobre o mesmo. Levantando uma perna, de modo que apenas um dos pés toque o solo, a pressão que o cliente exerce fica multiplicada por

a) 1/4.

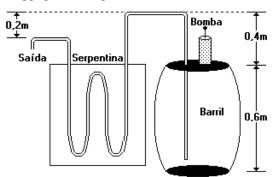
b) 1/2.

c) 1.

d) 2.

e) 4.

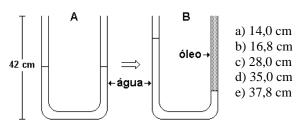
7. (Unicamp) Um barril de chopp completo, com bomba e serpentina, como representado na figura a seguir, foi comprado para uma festa. A bomba é utilizada para aumentar a pressão na parte superior do barril forçando assim o chopp pela serpentina. Considere a densidade do chopp igual à da água.



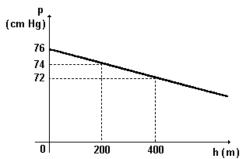
- a) Calcule a mínima pressão aplicada pela bomba para que comece a sair chopp pela primeira vez no início da festa (barril cheio até o topo, serpentina inicialmente vazia).
- b) No final da festa o chopp estará terminando. Qual deve ser a mínima pressão aplicada para o chopp sair pela saída quando o nível do líquido estiver a 10 cm do fundo do barril, com a serpentina cheia?
- **8.** (ITA) Um vaso comunicante em forma de U possui duas colunas da mesma altura h=42,0cm, preenchidas com água até a metade. Em seguida, adiciona- se óleo de massa específica igual a 0,80g/cm<sup>3</sup> à uma das colunas até a coluna estar totalmente preenchida, conforme a figura B. A coluna de óleo terá comprimento de:

### Inclusão para a Vida

### Física A



**9.** (PUC-Camp) O gráfico adiante mostra a relação aproximada entre a pressão atmosférica e a altitude do lugar, comparada ao nível do mar.



Em uma cidade a 1.000m de altitude, a pressão atmosférica, em  $N/m^2$ , vale aproximadamente Dados: Densidade do  $Hg = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 

 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 

a)  $7.0 \times 10^4$ 

d)  $1.0 \times 10^5$ 

b)  $8.0 \times 10^4$ 

e)  $1.1 \times 10^5$ 

c)  $9.0 \times 10^4$ 

### Tarefa Complementar 🖎

10. (UFSC) Um recipiente cheio de água até a borda tem massa total (água+recipiente) de 1.200g. Coloca-se dentro do recipiente uma pedra de massa 120g que, ao afundar, provoca o extravasamento de parte do líquido. Medindo-se a massa do recipiente com a água e a pedra, no seu interior, encontrou-se 1.290g. Calcule o valor da massa específica da pedra em g/cm³, sabendo que a massa específica da água é 1,0g/cm³.

**11.** (UDESC) O nível da água em uma represa está a 15,0 m de altura da base. Sabendo-se que a água está em repouso e que a pressão atmosférica na superfície é igual a  $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , DETERMINE a pressão exercida na base da represa.

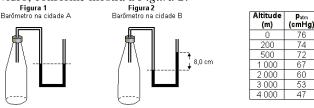
Dados: massa específica da água =  $\mu = 1.0 \text{ x } 10^3 \text{ kg/m}^3$  aceleração da gravidade no local =  $g = 10.0 \text{m/s}^2$ 

12. (UFSC) Os alunos de uma escola, situada em uma cidade A, construíram um barômetro para comparar a pressão atmosférica na sua cidade com a pressão atmosférica de outra cidade, B.

Vedaram uma garrafa muito bem, com uma rolha e um tubo de vidro, em forma de U, contendo mercúrio. Montado o barômetro, na cidade A, verificaram que a altura das colunas de mercúrio eram iguais nos dois ramos do tubo, conforme mostra a  $Figura\ 1$ .

O professor os orientou para transportarem o barômetro com cuidado até a cidade *B*, a fim de manter a vedação da garrafa, e forneceu-lhes a *Tabela* abaixo, com valores aproximados da pressão atmosférica em função da altitude.

Ao chegarem à cidade *B*, verificaram um desnível de 8,0 cm entre as colunas de mercúrio nos dois ramos do tubo de vidro, conforme mostra a *Figura 2*.



Considerando a situação descrita e que os valores numéricos das medidas são aproximados, face à simplicidade do barômetro construído, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s**).

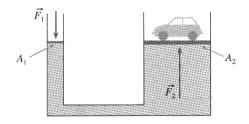
- 01. Na cidade A, as alturas das colunas de mercúrio nos dois ramos do tubo em U são iguais, porque a pressão no interior da garrafa é igual à pressão atmosférica externa.
- 02. A pressão atmosférica na cidade **B** é 8,0 cmHg menor do que a pressão atmosférica na cidade **A**.
- 04. Sendo a pressão atmosférica na cidade *A* igual a 76 cmHg, a pressão atmosférica na cidade *B* é igual a 68 cmHg.
- 08. A pressão no interior da garrafa é praticamente igual à pressão atmosférica na cidade *A*, mesmo quando o barômetro está na cidade *B*.
- 16. Estando a cidade *A* situada ao nível do mar (altitude zero), a cidade *B* está situada a mais de 1000 metros de altitude.
- 32. Quando o barômetro está na cidade *B*, a pressão no interior da garrafa é menor do que a pressão atmosférica local.
- 64. A cidade B se encontra a uma altitude menor do que a cidade A.

# **UNIDADE 22**

### HIDROSTÁTICA II

#### PRINCÍPIO DE PASCAL

O acréscimo de pressão produzido num líquido em equilíbrio se transmite integralmente a todos os pontos do líquido.



Sendo  $\Delta p_1 = \Delta p_2$  e lembrando que  $\Delta p = F/A$  , escrevemos:

$$\frac{\mathbf{F}_1}{\mathbf{A}_1} = \frac{\mathbf{F}_2}{\mathbf{A}_2}$$

Inclusão para a Vida

Como  $A_2 > A_1$ , temos  $F_2 > F_1$ , ou seja, a intensidade da força é diretamente proporcional à área do tubo. A prensa hidráulica é uma máquina que multiplica a força aplicada.

#### Princípio de Arquimedes

Contam os livros que o sábio grego Arquimedes (282-212 AC) descobriu, enquanto tomava banho, que um corpo imerso na água se torna mais leve devido a uma força exercida pelo líquido sobre o corpo, vertical e para cima, que alivia o peso do corpo. Essa força do líquido sobre o

corpo é denominada **empuxo Ē**.

Portanto, num corpo que se encontra imerso em um líquido, agem duas forças: a força peso ( $\vec{P}$ ), devida à interação com o campo gravitacional terrestre, e a força de empuxo ( $\vec{E}$ ), devida à sua interação com o líquido.

Quando um corpo está totalmente imerso em um líquido, podemos ter as seguintes condições:

- \* se ele permanece parado no ponto onde foi colocado, a intensidade da força de empuxo é igual à intensidade da força peso (E = P);
- \* se ele afundar, a intensidade da força de empuxo é menor do que a intensidade da força peso (E < P); e
- \* se ele for levado para a superfície, a intensidade da força de empuxo é maior do que a intensidade da força peso (E > P).

Para saber qual das três situações irá ocorrer, devemos enunciar o princípio de Arquimedes:

Todo corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás) sofre, por parte do fluido uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

Seja  $V_{\rm f}$  o volume de fluido deslocado pelo corpo. Então a massa do fluido deslocado é dada por:

$$\mathbf{m_f} = \mathbf{d_f} \mathbf{V_f}$$

A intensidade do empuxo é igual ao do peso dessa massa deslocada:

$$E = m_f g = d_f V_f g$$

Para corpos totalmente imersos, o volume de fluido deslocado é igual ao próprio volume do corpo. Neste caso, a intensidade do peso do corpo e do empuxo são dadas por:

$$P = d_c V_c g e E = d_f V_c g$$

Comparando-se as duas expressões observamos que:

- \* se  $d_c > d_f$ , o corpo desce em movimento acelerado  $(F_R = P E)$ ;
- \* se  $d_c < d_f$  , o corpo sobe em movimento acelerado  $(F_R = E P);$
- \* se  $d_c = d_f$ , o corpo encontra-se em equilíbrio.

Quando um corpo mais denso que um líquido é totalmente imerso nesse líquido, observamos que o valor do seu peso, dentro desse líquido, é aparentemente menor do que no ar. A diferença entre o valor do peso real e do peso aparente corresponde ao empuxo exercido pelo líquido:

$$P_{aparente} = P_{real} - E$$

#### Flutuação

Para um corpo flutuando em um líquido, temos as condições a seguir.

1) Ele se encontra em equilíbrio:

$$\mathbf{E} = \mathbf{I}$$

2) O volume de líquido que ele desloca é menor do que o seu volume:

 $V_{deslocado} < V_{corpo}$ 

3) Sua densidade é menor do que a densidade do líquido:

 $d_{corpo} < d_{liquido}$ 

4) O valor do peso aparente do corpo é nulo:

$$P_{aparente} = P - E = O$$

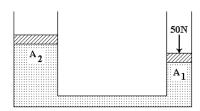
A relação entre os volumes imersos e total do corpo é dada por:

$$E = P \rightarrow d_{liquido}V_{imerso}g = d_{corpo}V_{corpo}g$$

$$\frac{V_{\text{imerso}}}{V_{\text{corpo}}} = \frac{d_{\text{corpo}}}{d_{\text{liquide}}}$$

### Exercícios de Sala 🖎

**01.** (**Fei-94**) No macaco hidráulico representado na figura a seguir, sabe-se que as áreas das secções transversais dos vasos verticais são  $A_1 = 20 \text{cm}^2$  e  $A_2 = 0.04 \text{m}^2$ . Qual é o peso máximo que o macaco pode levantar quando fazemos uma força de 50N em  $A_1$ ?

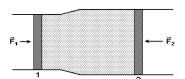


- a) 100 N
- b) 1000 N
- c) 200 kgf
- d) 1000 kgf
- e) 10000 kgf
- **2.** (UFPR) Considerando os conceitos de pressão e empuxo, é **correto** afirmar:
- 01. A pressão em um ponto no fundo de um tanque que contém água em equilíbrio depende da altura da coluna de água situada acima desse ponto.
- 02. Se um objeto flutua na água com 1/3 do seu volume submerso, então sua densidade é igual a 1/3 da densidade da água.
- 04. Quando um objeto se encontra em repouso no fundo de um reservatório contendo água, a intensidade do empuxo é menor que a intensidade do peso do objeto.
- 08. Dadas duas banquetas de mesma massa, uma com três pernas e outra com quatro, e cada perna com a mesma secção reta, a de três pernas exercerá menor pressão sobre o solo.
- 16. A prensa hidráulica, o freio hidráulico e a direção hidráulica são exemplos de aplicação do Princípio de Arquimedes.

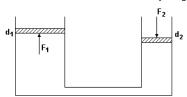
**3.** (Unitau) Um navio de 100 toneladas, após receber certa quantidade de sacos de café, de 60kg cada, passou a ter um volume submerso V=160m<sup>3</sup>. Quantas sacas de café entraram no navio se a densidade da água é 1,0g/cm<sup>3</sup>?

### Tarefa Mínima 🖎

**4.** (UFES) A tubulação da figura a seguir contém líquido incompressível que está retido pelo êmbolo 1 (de área igual a  $10.0 \text{cm}^2$ ) e pelo êmbolo 2 (de área igual a  $40.0 \text{cm}^2$ ). Se a força  $\mathbf{F}_1$  tem módulo igual a 2.00 N, a força  $\mathbf{F}_2$ , que mantém o sistema em equilíbrio, tem módulo igual a:



- a) 0,5 N
- b) 2,0 N
- c) 8,0 N d) 500,0 N
- e) 800,0 N
- **5.** (UEL) Na prensa hidráulica representada a seguir, os diâmetros dos êmbolos são  $d_1$  e  $d_2$ , tais que  $d_1$ =2 $d_2$ .



A relação  $F_1/F_2$  entre as intensidades das forças exercidas nos dois êmbolos, quando situados no mesmo nível, vale:

- a) 4
- 1/2

- b) 2
- e) 1/4
- c) 1
- **6.** (Vunesp) Um bloco de madeira, quando posto a flutuar livremente na água, cuja massa específica à 1,00g/cm³, fica com 44% de seu volume fora d'água. A massa específica média dessa madeira, em g/cm³, é:
- a) 0,44
- b) 0,56
- c) 1,00

- d) 1,44
- e) 1,56
- **7.** (Fuvest) Icebergs são blocos de gelo flutuantes que se desprendem das geleiras polares. Se apenas 10% do volume de um iceberg fica acima da superfície do mar e se a massa específica da água do mar vale 1,03g/cm³, podemos afirmar que a massa específica do gelo do iceberg, em g/cm³, vale, aproximadamente:
- a) 0,10.
- c) 0,93.
- e) 1,00.

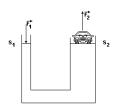
- b) 0,90.
- d) 0.97.
- **8.** (UDESC) Leia com atenção e analise as afirmativas.
- I Pontos a igual profundidade, em um mesmo líquido em equilíbrio, suportam pressões iguais.
- II A pressão que um líquido exerce no fundo de um recipiente depende do volume do líquido nele contido.
- III Um corpo imerso em um líquido sofrerá um empuxo tanto maior quanto maior for profundidade em que estiver.
- IV Um navio flutua porque o peso da água deslocada é igual ao seu peso.

Assinale a alternativa correta:

- a) todas as afirmativa estão corretas;
- b) somente está correta a afirmativa I;
- c) somente estão corretas as afirmativas I, II e III;
- d) somente estão corretas as afirmativas I e IV;
- e) somente estão corretas as afirmativas I, III e IV.

### Tarefa Complementar 🖎

 $\begin{array}{llll} \textbf{9.} & (\text{UFF}) & \text{Uma} & \text{prensa} \\ \text{hidráulica,} & \text{sendo} & \text{utilizada} \\ \text{como elevador de um carro} \\ \text{de peso P, se encontra em} \\ \text{equilíbrio, conforme a figura.} \\ \text{As secções retas dos pistões} \\ \text{são indicadas por } S_1 \text{ e } S_2, \\ \text{tendo-se } S_2 \!\!=\!\! 4S_1. \end{array}$ 



A força exercida sobre o fluido é  $\mathbf{F}_1$  e a força exercida pelo fluido é  $\mathbf{F}_2$ .

A situação descrita obedece:

- a) ao Princípio de Arquimedes e, pelas leis de Newton, conclui-se que F<sub>1</sub>=F<sub>2</sub>=P;
- b) ao Princípio de Pascal e, pelas leis de ação e reação e de conservação da energia mecânica, conclui-se que F<sub>2</sub>=4F<sub>1</sub>=P;
- c) ao Princípio de Pascal e, pela lei da conservação da energia, conclui-se que F₂=1/4F1≠P;
- d) apenas às leis de Newton e  $F_1=F_2=P$ ;
- e) apenas à lei de conservação de energia.

#### 10. (UFSC) Assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

- 01. Usando um canudinho seria muito mais fácil tomar um refrigerante na Lua do que na Terra, porque a força de atração gravitacional na Lua é menor.
- 02. É possível a medida aproximada da altitude pela variação da pressão atmosférica.
- 04. Uma pessoa explodiria se fosse retirada da atmosfera terrestre para o vácuo. A pressão interna do corpo seria muito maior do que a pressão externa (nula, no vácuo) e "empurraria" as moléculas para fora do corpo. Este é um dos motivos pelos quais os astronautas usam roupas especiais para missões fora do ambiente pressurizado de suas naves.
- 08. Para repetir a experiência realizada por Evangelista Torricelli, comparando a pressão atmosférica com a pressão exercida por uma coluna de mercúrio, é necessário conhecer o diâmetro do tubo, pois a pressão exercida por uma coluna líquida depende do seu volume.
- 16. Vários fabricantes, para facilitar a retirada da tampa dos copos de requeijão e de outros produtos, introduziram um furo no seu centro, selado com plástico. Isso facilita tirar a tampa porque, ao retirar o selo, permitimos que o ar penetre no copo e a pressão atmosférica atue, também, de dentro para fora.
- 32. Quando se introduz a agulha de uma seringa numa veia do braço, para se retirar sangue, este passa da veia para a seringa devido à diferença de pressão entre o sangue na veia e o interior da seringa.
- 64. Sendo correta a informação de que São Joaquim se situa a uma altitude de 1353 m e que Itajaí está ao nível

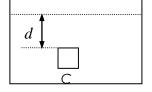
do mar (altitude = 1 m), podemos concluir que a pressão atmosférica é maior em São Joaquim, já que ela aumenta com a altitude.

11. (UFSC) A figura representa um navio flutuando em equilíbrio, submetido à ação apenas do seu próprio peso e do empuxo exercido pela água.



Considerando a situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**:

- 01. O empuxo exercido sobre o navio é maior do que o seu peso. Caso contrário, um pequeno acréscimo de carga provocaria o seu afundamento.
- 02. O empuxo exercido sobre o navio é igual ao seu peso.
- 04. Um volume de água igual ao volume submerso do navio tem o mesmo peso do navio.
- 08. Mesmo sendo construído com chapas de aço, a densidade média do navio é menor do que a densidade da água.
- 16. Se um dano no navio permitir que água penetre no seu interior, enchendo-o, ele afundará totalmente, porque, cheio de água sua densidade média será maior do que a densidade da água.
- 32. Sendo o empuxo exercido sobre o navio igual ao seu peso, a densidade média do navio é igual à densidade da água.
- **12.** (UFSC) Um corpo C, de formato cúbico, tem massa igual a 0.08~kg e massa específica igual a  $800~kg/m^3$ . Ele é mantido inicialmente submerso, em repouso, em um líquido de massa específica



igual a  $1200 \text{ kg/m}^3$  também em repouso em um tanque. A parte superior desse corpo está a uma distância d=4 m da superfície do líquido, como está representado na figura abaixo.

Em um determinado instante, o corpo é solto e, após certo intervalo de tempo, aflora à superfície do líquido.

Desprezando qualquer tipo de atrito e desconsiderando a força de empuxo do ar sobre o corpo, assinale a(s) proposição(ões) **correta(s)**.

- 01. O módulo da força de empuxo que o líquido exerce no corpo *C*, na posição mostrada na figura acima, é maior que o módulo da força peso desse corpo.
- 02. Imediatamente após ser liberado, o corpo *C* adquire um movimento retilíneo uniforme vertical para cima.
- 04. O trabalho realizado pela força de empuxo que o líquido exerce sobre o corpo *C*, no percurso *d*, é igual a 4.8 *J*.
- 08. Quando o corpo C estiver flutuando livremente na superfície do líquido, terá 1/3 de seu volume submerso.

16. Um outro corpo, de volume igual ao do corpo *C*, somente permaneceria em equilíbrio quando totalmente imerso nesse líquido se o seu peso tivesse módulo igual a *1.2 N*.

### **GABARITO**

Unidade 1	Unidade 6	Unidade 11	Unidade 16	
1) e	01) d	01) $tg \theta = 0.4$	01. a	
2) a	02) c		01. a 02. c	Unidade 20 e 21
3) c	03) c	02) a) 24N b) 54N	03. e	01. d
4) e	04) e	03) b	04. d	01. d 02. c
5) b	05) a	04) c	04. d 05. e	02. $^{\circ}$ 03. 1,5.10 $^{5}$ N/m $^{2}$ /Zero
	06) b	05) $10\sqrt{2}$ m/s	06. d	04. b
6) 16		06) c		
7) c	07) a) 3 min. b) 10	07) c	07. b	05. e
8) a 9) 28	km/h 08) d	08) 5m	08. $6\sqrt{2} \text{ h}$	06. d $07. a) 4.10^3 \text{N/m}^2$
	08) d	09) 30	09. 11	b) $7.10^3 \text{N/m}^2$
10) 58	Unidade 7	10) 45	10. 86	08. d
Unidade 2	1) a) 7s b) 400 m/s	II	TI 11 1 4M	09. c
1) d	2) 22	Unidade 12	Unidade 17	10. 04
2) a	3) d	01. e	01. d	11. $2.5.10^5 \text{N/m}^2$
3) c	4) e	02. c	02. b	12. 15
4) 100 m	5) e	03. d 04. c	03. b	12. 13
5) 5 m/s	6) c	04. c 05. e	04. a) duas	Unidade 22
6) c	7) c	06. e	b) maré alta	01. b
7) a	7) C	07. c	c)	02. 07
8) c	Unidade 8	07. c 08. d	Lua Hova Sol	03. 1000
9) c	01) 39	08. d 09. e	maré baixa alta	04. a
10) 60	02) a) 2Hz b) $2\pi$ m/s		05. e	05. a
10) 00	03) c	10. 50	06. b	06. b
Unidade 3	04) b	11. 09	07. e	07. c
1) a) 2,5m/s b) 12,5m	05) e	12. 50	08. b	07. c 08. d
2) c	06) e	Unidada 12	09. d	09. b
3) d	07) b	<b>Unidade 13</b> 01. 2400J	10. c	10. 54
4) d	08) a	01. 24003 02. b	11. b	11. 30
5) b	08) a	02. b 03. c	12. 29	12. 21
6) c	Unidade 9	04. b	13. 03	13.
7) d	1) c	05. e		13.
8) b	2) 30	06. 06	Unidade 18 e 19	
9) b	3)	07. 13	01. d	
10) 52	4) b	08. 35	02. b	
10) 32	5) e	09. 60	03. a) 1,5 kg	
Unidade 4	6) 5 m/s ←	10. 51	b) (1) zero; (2) 6	
1) c	7) e	10. 31	N.m	
2) a	8) 10	Unidade 14 E 15	04. b	
3) b	9) d	01. e	05. 8 kg	
4) e	10) 30	02. c	06. c	
5) b	10) 30	03. b	07. a	
6) b	Unidade 10	04. c	08. b	
7) d	1)	05. b	09. c	
8) a) 60 m b) 4 m/s	2) a	06. a	10. e	
9) c	3) 50	07. d	11. c	
10) 25	4) e	08. b	12. e	
10, 20	5) 1,1	09. 02	13. b	
Unidade 5	6) c	10. e	14. d	
1) a) 45m b) 30m/s	7) c	11. 60	15. 2,1 kgf vertical	
2) c	8) 59	12. 15	para baixo	
3) d	9) 46	13. 94	16. 49	
4) c	10) 56	14. 27	17. 28	
5) e	10,00	15. 09		
6) d		13. 07		
7) a) 2 s b) 30 m				
8) d				
9) a				
10) 46				
•				