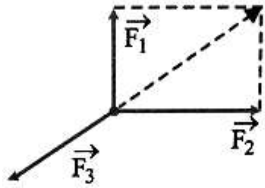


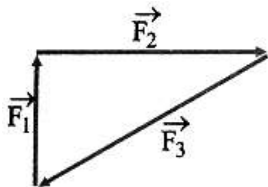
## MÓDULO 01 – ESTÁTICA

### Equilíbrio do ponto material

A condição necessária e suficiente para o equilíbrio de um ponto material é que a força resultante sobre ele seja nula:

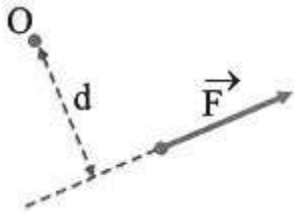


$$R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$



Sendo a força resultante nula, o polígono de forças é fechado.

### Momento (ou torque) de uma força em relação a um ponto O



$$M = \pm F d$$

O sinal do Momento depende de uma condição arbitrária. Por exemplo: quando a força  $\vec{F}$  tende a girar o corpo no sentido anti-horário, o momento é considerado positivo.

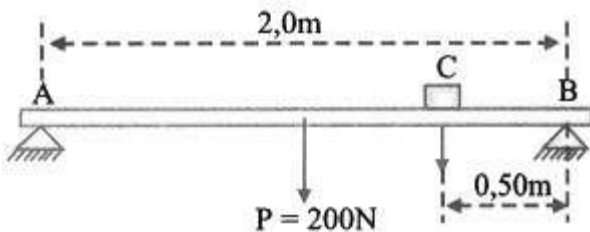
### Equilíbrio de um corpo extenso

Para o equilíbrio de um corpo extenso, temos duas condições:

- Força resultante nula.
- A soma dos **momentos**, em relação a qualquer ponto, deve ser nula.

#### Exemplos:

a) Na figura abaixo temos uma viga homogênea e de peso 200N. Sabemos que o bloco C pesa 20N. Quais as intensidades das reações nos apoios A e B.



Resolução:

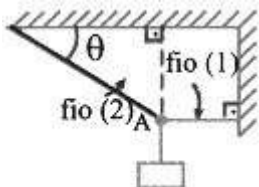
Adotaremos os momentos em relação ao ponto A:

$$200 \cdot 1 + 20 \cdot 1,5 = F_B \cdot 2,0 \Rightarrow F_B = 115\text{N}$$

Adotaremos os momentos em relação ao ponto B:

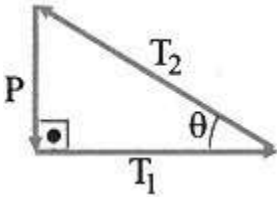
$$20 \cdot 0,5 + 200 \cdot 1 = F_A \cdot 2,0 \Rightarrow F_A = 105\text{N}$$

b) Na figura abaixo o bloco tem peso P. Obtenha as intensidades das forças tensoras nos fios (1) e (2).



**Resolução:**

Para o equilíbrio do ponto A, temos:



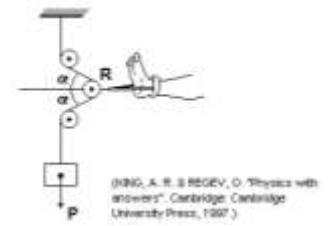
$$1) \operatorname{tg} \theta = \frac{P}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{P}{\operatorname{tg} \theta}$$

$$2) \operatorname{sen} \theta = \frac{P}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{P}{\operatorname{sen} \theta}$$

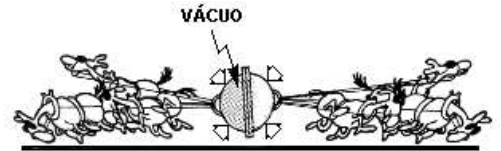
**EXERCÍCIOS PROPOSTOS**

**01. (Uerj)** Em uma sessão de fisioterapia, a perna de um paciente acidentado é submetida a uma força de tração que depende do ângulo  $\alpha$ , como indica a figura a seguir. O ângulo  $\alpha$  varia deslocando-se a roldana R sobre a horizontal. Se, para um mesmo peso P, o fisioterapeuta muda  $\alpha$  de  $60^\circ$  para  $45^\circ$ , o valor da tração na perna fica multiplicado por:

- a)  $\sqrt{3}$       b)  $\sqrt{2}$       c)  $\sqrt{3}/2$       d)  $\sqrt{2}/2$



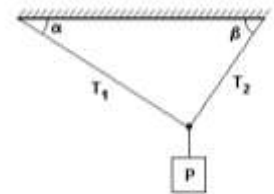
**02. (Uerj)** Considere a situação abaixo, que ilustra a conhecida experiência dos hemisférios de Magdeburgo. Na experiência original, foram utilizados 16 cavalos divididos em 2 grupos de 8, cada qual capaz de exercer uma força resultante F sobre o hemisfério. Imagine que o idealizador do experimento só dispusesse de 8 cavalos para tracionar, com a mesma força F, um dos hemisférios, e prendesse o outro a um tronco resistente e fixo no chão. Seja T a tração total exercida pelas cordas sobre os hemisférios nessa nova situação e  $T_0$ , a da experiência original. Assim, a razão  $T/T_0$  é igual a:



(ALVARENGA, Beatriz & MÁXIMO, Antônio. "Curso de Física". Rio de Janeiro: Harbra, 1987.)

- a) 1      b) 1/2      c) 1/4      d) 1/8

**03. (Uerj)** Um corpo de peso P encontra-se em equilíbrio, suspenso por três cordas inextensíveis. Observe, na figura, o esquema das forças  $T_1$  e  $T_2$ , que atuam sobre o nó de junção das cordas, e os respectivos ângulos,  $\alpha$  e  $\beta$ , que elas formam com o plano horizontal. Fazendo a decomposição dessas forças, um aluno escreveu o seguinte sistema de equações:



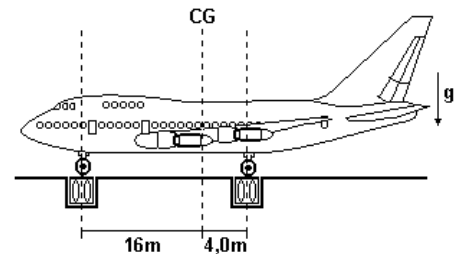
$$T_1 \operatorname{sen} \alpha + T_2 \operatorname{sen} \beta = P$$

$$T_1 \operatorname{cos} \alpha - T_2 \operatorname{cos} \beta = 0$$

Sabendo que  $\alpha$  e  $\beta$  são ângulos complementares, o aluno pôde determinar a seguinte expressão do  $\operatorname{cos} \beta$  em função de  $T_1$ ,  $T_2$ , e P:

- a)  $(T_1 P)/(T_1^2 + T_2^2)$       b)  $(T_2 P)/(T_1^2 + T_2^2)$       c)  $P^2/(T_1^2 + T_2^2)$       d)  $(T_1 T_2)/(T_1^2 + T_2^2)$

**04. (Fuvest)** Um avião, com massa  $M = 90$  toneladas, para que esteja em equilíbrio em vôo, deve manter seu centro de gravidade sobre a linha vertical CG, que dista 16m do eixo da roda dianteira e 4,0m do eixo das rodas traseiras, como na figura a seguir. Para estudar a distribuição de massas do avião, em solo, três balanças são colocadas sob as rodas do trem de aterrissagem. A balança sob a roda dianteira indica  $M_A$  e cada uma das que estão sob as rodas traseiras indica  $M_B$ . Uma distribuição de massas, compatível com o equilíbrio do avião em vôo, poderia resultar em indicações das balanças, em toneladas, correspondendo aproximadamente a

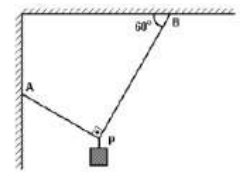


- a)  $M_A = 0$  e  $M_B = 45$   
 b)  $M_A = 10$  e  $M_B = 40$   
 c)  $M_A = 18$  e  $M_B = 36$   
 d)  $M_A = 30$  e  $M_B = 30$   
 e)  $M_A = 72$  e  $M_B = 9,0$

**05. (Ufpe)** Uma menina de 50 kg caminha sobre uma prancha com 10m de comprimento e 10kg de massa. A prancha está apoiada em suas extremidades, nos pontos A e B, como mostra a figura. No instante em que a força normal em B é igual ao dobro da normal em A, a que distância, em METROS, a menina se encontra do ponto B?

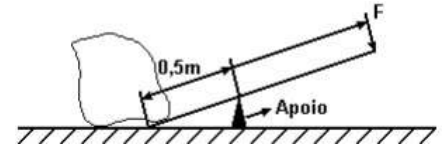


**06. (Ufpe)** A figura mostra um peso de 44 N suspenso no ponto P de uma corda. Os trechos AP e BP da corda formam um ângulo de  $90^\circ$ , e o ângulo entre BP e o teto é igual a  $60^\circ$ . Qual é o valor, em newtons, da tração no trecho AP da corda?



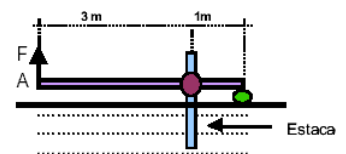
**07. (Fei 99)** Um garoto deseja mover uma pedra de massa  $m = 500$  kg. Ele dispõe de uma barra com 3m de comprimento, sendo que apoiou a mesma conforme a figura. Aproximadamente que força  $F$  terá que fazer para mexer a pedra se ele apoiar a barra a 0,5m da pedra? Obs.: Desprezar a altura do apoio.

- a)  $F = 1000$  N
- b)  $F = 2500$  N
- c)  $F = 3000$  N
- d)  $F = 3500$  N
- e)  $F = 5000$  N

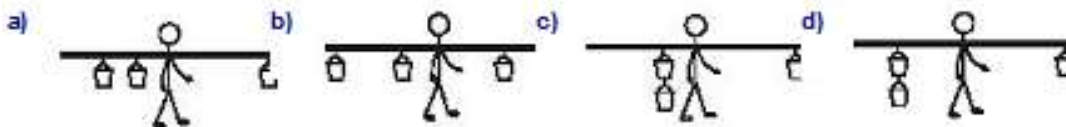
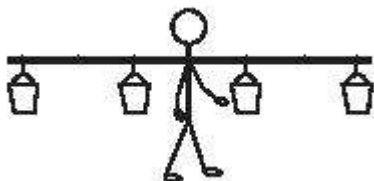


**08. (Pucpr)** Para arrancar uma estaca do solo é necessário que atue sobre ela uma força vertical de 600N. Com este objetivo foi montado o arranjo a seguir, com uma viga de peso desprezível, como representado na figura. A força mínima necessária que deve ser aplicada em A é:

- a) 600 N
- b) 300 N
- c) 200 N
- d) 150 N
- e) 250 N



**09. (Ufmg)** Para carregar quatro baldes idênticos, Nivaldo pendura-os em uma barra, como mostrado na figura adiante. Essa barra é homogênea e possui suportes para os baldes, igualmente espaçados entre si, representados na figura pelos pontos escuros. Para manter uma barra em equilíbrio, na horizontal, Nivaldo a apóia, pelo ponto médio, no ombro. Nivaldo, então, removeu um dos baldes e rearranja os demais de forma a manter a barra em equilíbrio, na horizontal, ainda apoiada pelo seu ponto médio. Assinale a alternativa que apresenta um arranjo POSSÍVEL para manter os baldes em equilíbrio nessa nova situação.



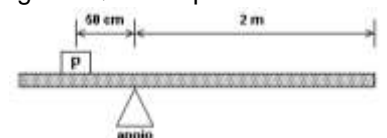
**10. (Ufpr)** Uma pessoa encostou uma escada na parede, conforme a figura. A escada tem massa  $m$  e comprimento  $l$ . Considere que há atrito somente entre o chão e a escada e que o centro de massa da escada localiza-se no seu ponto médio. Com base nessas informações, é correto afirmar:

- (01) É necessário que haja atrito entre o chão e a escada para que ela esteja em equilíbrio.
- (02) A força que o chão exerce sobre a escada deve ter uma componente vertical de módulo igual ao peso da escada.
- (04) A força que a parede vertical exerce sobre a escada independe do peso desta.
- (08) Para que a escada permaneça em equilíbrio, a força de atrito entre a escada e o chão será tanto maior quanto maior for o ângulo  $\alpha$ .
- (16) Como a escada encontra-se em equilíbrio estático, a resultante dos momentos das forças sobre ela é nula.



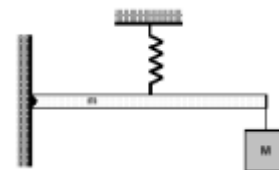
**11. (Ufrs)** A figura a seguir representa uma alavanca constituída por uma barra homogênea e uniforme, de comprimento de 3m, e por um ponto de apoio fixo sobre o solo. Sob a ação de um contrapeso  $P$  igual a 60 N, a barra permanece em equilíbrio, em sua posição horizontal, nas condições especificadas na figura. Qual é o peso da barra?

- a) 20 N.
- b) 30 N.
- c) 60 N.
- d) 90 N.
- e) 180 N.



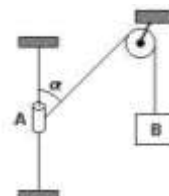
**12. (Ufsm)** A figura representa uma barra homogênea em equilíbrio horizontal, de massa  $m$  e comprimento  $L$ , estando uma das extremidades articulada a uma parede. Na extremidade oposta, está suspenso um corpo de massa  $M$ , estando essa barra sustentada em sua metade por uma mola de constante elástica  $K$ . Nessa situação, a mola está distendida de

- a)  $M.g/K$
- b)  $2.M.g/K$
- c)  $g.(M + m)/K$
- d)  $g.(2M + m)/K$
- e)  $m.g/K$



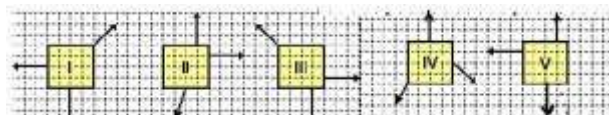
**13. (Mackenzie)** O corpo A, de massa  $m_A$ , pode deslizar sem atrito ao longo de um eixo vertical fixo que passa pelo seu interior. Prende-se a esse corpo uma extremidade do fio que passa pela roldana e suspende, na outra extremidade, o corpo B de massa  $m_B$ . O fio e a polia são ideais. O equilíbrio do sistema ocorre quando o ângulo  $\alpha$  indicado na figura é dado por:

- a)  $\alpha = \arccos(m_B/m_A)$
- b)  $\alpha = \arccos(m_A/m_B)$
- c)  $\alpha = \arcsen(m_B/m_A)$
- d)  $\alpha = \arcsen(m_A/m_B)$
- e)  $\alpha = \arctg(m_A/m_B)$

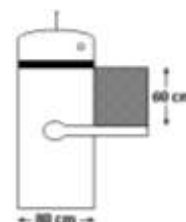


**14. (Uel)** As placas I, II, III, IV e V estão submetidas a forças cujas direções estão indicadas no esquema e suas respectivas intensidades devem ser ajustadas para que a resultante seja nula e as placas fiquem em equilíbrio estático. Em uma das placas, o acerto das intensidades das forças para obter o equilíbrio estático é impossível. Essa placa é a

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

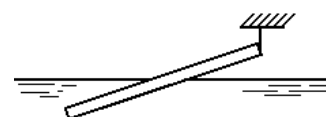


**15. (Ufrj)** Um robô equipado com braços mecânicos é empregado para deslocar cargas uniformemente distribuídas em caixas cúbicas de lado 60 cm. Suponha que o robô possa ser considerado como um paralelepípedo retangular de base quadrada de lado 80 cm e massa 240 kg, também uniformemente distribuída. Suponha também que os braços mecânicos tenham massa desprezível e que a carga permaneça junto do robô. Calcule o maior valor possível da massa da carga que o robô pode sustentar sem tombar.



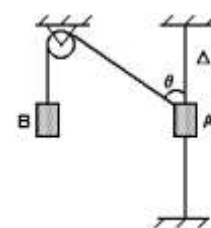
**16. (Fatec)** Uma haste de madeira, uniforme e homogênea, é presa por um fio na sua extremidade e fica com sua metade mergulhada em água, como mostra o esquema. Se o peso da haste é  $P$ , o empuxo que ela sofre por parte da água tem intensidade

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



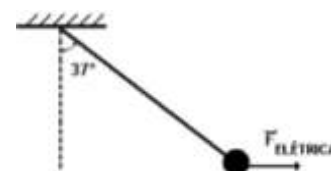
**17. (UERJ-97)** Considere o sistema em equilíbrio representado na figura a seguir. O corpo A tem massa  $m_A$  e pode deslizar ao longo do eixo  $\Delta$ ; o corpo B tem massa  $m_B$ ; a roldana é fixa e ideal; o eixo vertical  $\Delta$  é rígido, retilíneo e fixo entre o teto e o solo; o fio que liga os corpos A e B é inextensível. Sabendo-se que  $m_B > m_A$  e desprezando-se todos os atritos,

- a) escreva, na forma de uma expressão trigonométrica, a condição de equilíbrio do sistema, envolvendo o ângulo  $\theta$  e as massas de A e B.
- b) explique, analisando as forças que atuam no bloco A, o que ocorrerá com o mesmo, se ele for deslocado ligeiramente para baixo e, em seguida, abandonado.



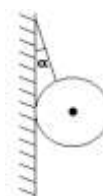
**18. (Fatec)** Uma pequena esfera de massa igual a 4,0 g, carregada eletricamente, está suspensa por uma corda. Sob a ação de uma força elétrica horizontal, a corda se desloca até que atinge o equilíbrio ao formar um ângulo de  $37^\circ$  com a vertical. Sabendo que  $\cos 37^\circ = 0,80$  e  $\sin 37^\circ = 0,60$ , a intensidade da força elétrica e a tensão na corda são, respectivamente:

- a) 70 N e 56 N
- b) 30 N e 50 N
- c) 7,0 N e 5,6 N
- d) 3,0 N e 5,0 N
- e)  $3,0 \times 10^{-2}$  N e  $5,0 \times 10^{-2}$  N



**19. (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)  $30^\circ$
- b)  $45^\circ$
- c)  $60^\circ$
- d)  $70^\circ$
- e)  $80^\circ$



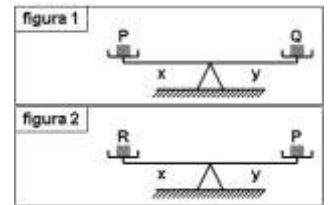
**20. (Uerj)** Um técnico de laboratório, suspeitando de uma desigualdade no tamanho dos braços  $x$  e  $y$  de sua balança, adota o procedimento abaixo para estabelecer com precisão o valor de um peso  $P$ :

1 - coloca  $P$  no prato esquerdo da balança e o equilibra com um peso conhecido  $Q$  (Figura 1).

2 - coloca  $P$  no prato direito da balança e o equilibra com um peso conhecido  $R$  (Figura 2).

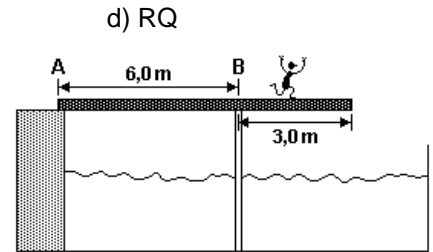
Dessa forma, o técnico conclui que o valor preciso de  $P$ , em função de  $R$  e  $Q$ , é determinado pela seguinte relação:

- a)  $\sqrt{(R/Q)}$                       b)  $R/Q$                       c)  $\sqrt{(RQ)}$



**21. (Pucmg)** Na figura desta questão, um jovem de peso igual a 600 N corre por uma prancha homogênea, apoiada em A e articulada no apoio B. A prancha tem o peso de 900 N e mede 9,0m. Ela não está presa em A e pode girar em torno de B. A máxima distância que o jovem pode percorrer, medida a partir de B, sem que a prancha gire, é:

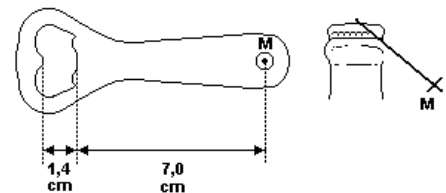
- a) 1,75 m                      b) 2,00 m                      c) 2,25 m                      d) 2,50 m



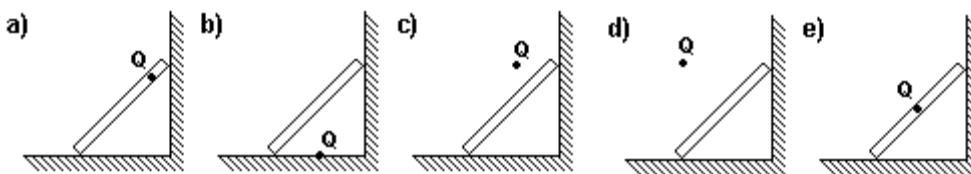
**22. (Vunesp)** As figuras a seguir representam esquematicamente, à esquerda, um abridor de garrafas e, à direita, esse abridor abrindo uma garrafa. Em ambas as figuras,  $M$  é ponto de aplicação da força que uma pessoa exerce no abridor para abrir a garrafa.

a) Faça a figura da direita e nela represente as forças que atuam sobre o abridor enquanto a pessoa abre a garrafa. Nomeie as forças representadas e faça uma legenda explicando quem as exerce. Não considere o peso do abridor.

b) Supondo que essas forças atuem perpendicularmente ao abridor, qual o valor mínimo da razão  $F_p/F_a$  entre o módulo da força exercida pela pessoa,  $\vec{F}_p$  e o módulo da força  $\vec{F}_a$  que retira a tampa e abre a garrafa.

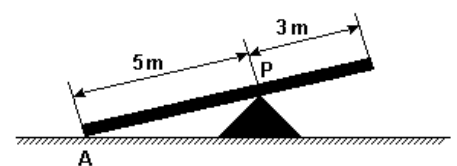


**23. (Uff)** Uma escada homogênea, apoiada sobre um piso áspero, está encostada numa parede lisa. Para que a escada fique em equilíbrio, as linhas de ação das forças que agem sobre a escada devem convergir para um mesmo ponto  $Q$ . Assinale a opção que ilustra a situação descrita e apresenta o ponto  $Q$  mais bem localizado.



**24. (Fuvest)** Uma prancha rígida, de 8 m de comprimento, está apoiada no chão (em A) e em um suporte P, como na figura. Uma pessoa, que pesa metade do peso da prancha, começa a caminhar lentamente sobre ela, a partir de A. Pode-se afirmar que a prancha desencostará do chão (em A), quando os pés dessa pessoa estiverem à direita de P, e a uma distância desse ponto aproximadamente igual a

- a) 1,0 m                      b) 1,5 m                      c) 2,0 m                      d) 2,5 m                      e) 3,0 m



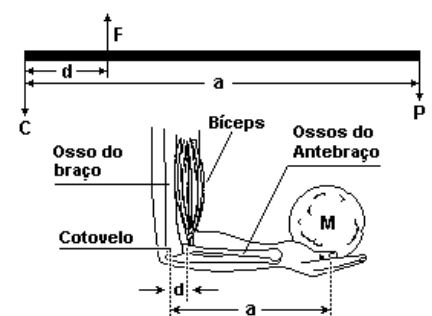
**25. (Uerj)** Na figura acima, o ponto F é o centro de gravidade da vassoura. A vassoura é serrada no ponto F e dividida em duas partes: I e II. A relação entre os pesos  $P_1$  e  $P_2$ , das partes I e II respectivamente, é representada por:

- a)  $P_1 = P_2$                       b)  $P_1 > P_2$                       c)  $P_1 = 2 P_2$                       d)  $P_1 < P_2$



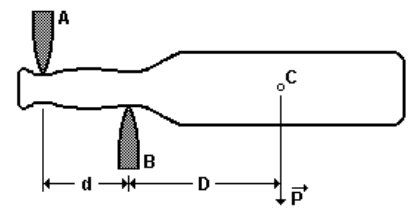
**26. (Unicamp)** O bíceps é um dos músculos envolvidos no processo de dobrar nossos braços. Esse músculo funciona num sistema de alavanca como é mostrado na figura a seguir. O simples ato de equilibrarmos um objeto na palma da mão, estando o braço em posição vertical e o antebraço em posição horizontal, é o resultado de um equilíbrio das seguintes forças: o peso  $P$  do objeto, a força  $F$  que o bíceps exerce sobre um dos ossos do antebraço e a força  $C$  que o osso do braço exerce sobre o cotovelo. A distância do cotovelo até a palma da mão é  $a=0,30$  m e a distância do cotovelo ao ponto em que o bíceps está ligado a um dos ossos do antebraço é de  $d=0,04$  m. O objeto que a pessoa está segurando tem massa  $M=2,0$  kg. Despreze o peso do antebraço e da mão.

a) Determine a força  $F$  que o bíceps deve exercer no antebraço.



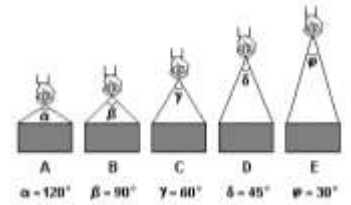
b) Determine a força C que o osso do braço exerce nos ossos do antebraço.

**27. (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 situa-se a uma distância horizontal  $D=18$  cm do suporte B. Sabendo que a distância horizontal entre os suportes A e B é  $d=12$  cm, determine o sentido da força que o suporte A exerce sobre a garrafa e calcule seu módulo.



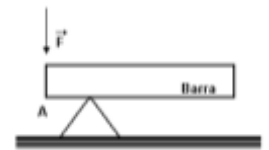
**28. (Fuvest)** Um mesmo pacote pode ser carregado com cordas amarradas de várias maneiras. A situação, dentre as apresentadas, em que as cordas estão sujeitas a maior tensão é

- a) A      b) B      c) C      d) D      e) E



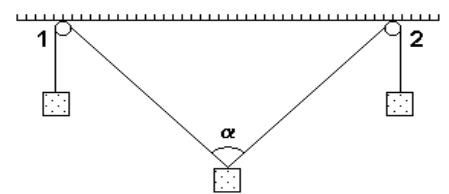
**29. (Ufsm)** A figura mostra uma barra homogênea com peso de módulo 200 N e comprimento de 1 m, apoiada a 0,2m da extremidade A, onde se aplica uma força  $\vec{F}$  que a equilibra. O módulo da força  $\vec{F}$  vale, em N

- a) 50.      b) 100.      c) 200.      d) 300.      e) 400.



**30. (Puccamp)** 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 por

- a) maior que  $120^\circ$       b) igual a  $120^\circ$       c) igual a  $90^\circ$   
 d) igual a  $60^\circ$       e) menor que  $60^\circ$



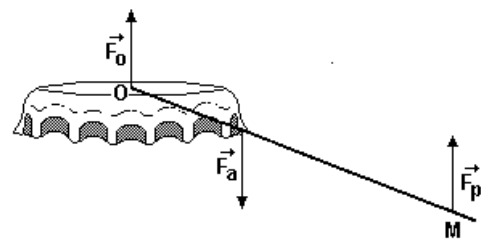
**31. (Unirio)** O corpo M representado na figura pesa 80 N e é mantido em equilíbrio por meio da corda AB e pela ação da força horizontal  $\vec{F}$  de módulo 60 N. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a intensidade da tração na corda AB, suposta ideal, em N, é:

- a) 60      b) 80      c) 100      d) 140      e) 200



**GABARITO**

01. B  
 02. A  
 03. A  
 04. C  
 05. 3  
 06. 22  
 07. A  
 08. D  
 09. A  
 10. V - V - F - F - V  
 11. C  
 12. D  
 13. B  
 14. E  
 15. 320 kg  
 16. E  
 17. a)  $\cos \theta = m_A / m_B$ ; b) O ângulo  $\theta$  diminuindo, a componente da tensão T ao longo do eixo  $\Delta$  aumenta e tende a fazer com que o bloco A retorne à sua posição de equilíbrio inicial.  
 18. E  
 19. C  
 20. C  
 21. C  
 22. a) Observe o esquema a seguir:



- $\vec{F}_p$  = força exercida pela pessoa que opera o abridor.  
 $\vec{F}_a$  = força de reação que a tampinha exerce no abridor na região da borda da tampinha.  
 $\vec{F}_o$  = força de reação que a tampinha exerce no abridor na região central da tampinha.  
 b)  $F_p/F_a = 1/6$   
 23. C  
 24. C  
 25. D  
 26. a) 150 N; b) 130 N  
 27. A força que o suporte A exerce sobre a garrafa aponta para baixo, uma vez que o suporte A está à esquerda do suporte B.  $|\vec{F}| = 2,1 \text{ kgf}$ .  
 28. A  
 29. D  
 30. B  
 31. C

## Módulo Nº 02 – Energia e Suas Transformações

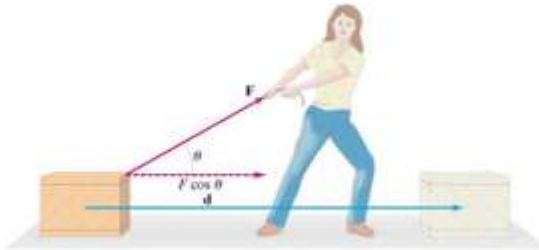
### 2.1 – Trabalho de uma Força ( $\tau_F$ )

- Grandeza escalar que mede a quantidade de energia que uma força transfere para um corpo. É definida por:

$$\tau_F = |\vec{F}| \cdot |\vec{d}| \cdot \cos \alpha$$

**Unidade:**

Newton(N) . metro(m) = Joule (J)



Realização de trabalho da força F sobre o bloco

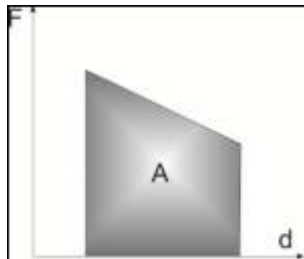
**Se:**

$\triangleright 0^0 \leq \alpha < 90^0 \Rightarrow \cos \alpha > 0 \Rightarrow \tau > 0 \Rightarrow$  trabalho motor;

$\triangleright \alpha = 90^0 \Rightarrow \cos \alpha = 0 \Rightarrow \tau = 0 \Rightarrow$  trabalho nulo;

$\triangleright 90^0 < \alpha < 180^0 \Rightarrow \cos \alpha < 0 \Rightarrow \tau < 0 \Rightarrow$  trabalho resistente;

### 2.2 – Trabalho de Força Variável ( $\tau_F$ )



$$\tau = \overset{n}{\text{Área}}$$

### 2.3 - Trabalho de Forças Conservativas

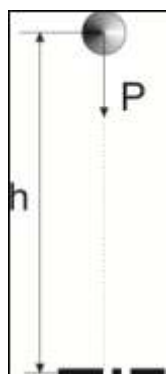
Uma força é dita conservativa se o trabalho que ela realiza sobre um corpo que se desloca entre dois pontos não depende da trajetória seguida pelo corpo, mas apenas das posições inicial e final.

Uma força é conservativa se o trabalho que ela realiza sobre um corpo que descreve um percurso fechado é zero.

**Exemplos de forças conservativas:**

- força gravitacional (força Peso)
- força elástica
- força elétrica

#### 2.3.1 – Trabalho da Força Peso ( $\tau_p$ )



$$\tau_p = m \cdot g \cdot h \text{ (descida)}$$

$$\tau_p = -m \cdot g \cdot h \text{ (subida)}$$

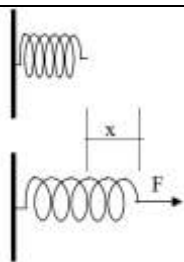
Onde:

m  $\rightarrow$  massa do corpo

g  $\rightarrow$  aceleração da gravidade

h  $\rightarrow$  altura

#### 2.3.2 – Trabalho da Força Elástica ( $\tau_{Fel}$ )



$$\tau_{F_{elástica}} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Onde:

K → constante elástica da mola

x → elongação da mola

### 2.3.3 – Trabalho da Força Elétrica ( $\tau_{F_{elétrica}}$ )

$$\tau_{F_{elétrica}} = q \cdot U$$

Onde:

q → carga elétrica

U → diferença de potencial (ddp)

### 2.4 – Teorema da Energia Cinética (TEC)

“O trabalho da força resultante em um sistema físico é dado pela variação da energia cinética do sistema.”

$$\tau_{F_{res}} = \Delta \varepsilon_{cin} \Rightarrow \tau_{F_{res}} = \varepsilon_{cin}^{final} - \varepsilon_{cin}^{inicial}$$

$$\tau_{F_{res}} = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

### 2.5 – ENERGIA MECÂNICA ( $E_{mec}$ )

“Capacidade de realizar trabalho”

A energia mecânica é a soma das energias: cinética mais as potenciais. No caso teremos:

$$E_{mec} = \varepsilon_{cin} + \varepsilon_{grav}^{pot} + \varepsilon_{elast}^{pot}$$

#### 2.5.1 – Energia Cinética ( $\varepsilon_{cin}$ )

“Energia associada ao movimento de um corpo.”

$$\varepsilon_{cin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Onde:

m → massa do corpo

v → velocidade do corpo

#### 2.5.2 – Energia Potencial Gravitacional ( $\varepsilon_{grav}^{pot}$ )

“Energia associada a posição que o corpo se encontra em relação a um referencial”

$$\varepsilon_{grav}^{pot} = m \cdot g \cdot h$$

Onde:

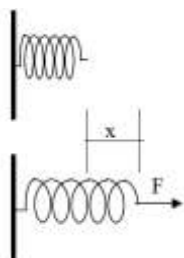
m → massa do corpo

g → aceleração da gravidade

h → altura

#### 2.5.3 – Energia Potencial Elástica ( $\varepsilon_{elast}^{pot}$ )

“Energia associada a uma mola deformada”



Onde:

K → constante elástica da

x → elongação da mola

$$\varepsilon_{elast}^{pot} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \quad \text{mola}$$



## 2.6 – Sistemas Conservativos

“Sistema em que a energia mecânica fica constante em qualquer ponto da trajetória”

$$E_{\text{mec}} = \text{constante}$$

## 2.7 – Sistemas Não-Conservativos

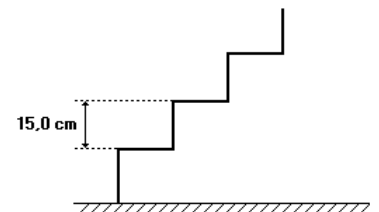
“Sistema em que a energia mecânica varia de um ponto para outro na trajetória”

$$E_{\text{mec}} \neq \text{constante}$$

$$\tau_{F_{\text{não-conservativa}}} = E_{\text{mec}}^{\text{final}} - E_{\text{mec}}^{\text{inicial}}$$

### EXERCÍCIOS

01. Em um dado ponto de um sistema um corpo possui 200 J de energia cinética e 500 J de energia potencial. Qual o valor da energia mecânica desse corpo?
02. Em um dado ponto de um sistema um corpo possui 200 J de energia cinética e 500 J de energia potencial. Se o valor da energia potencial passa para 400 J, qual o novo valor da energia cinética desse corpo?
03. Em um dado ponto de um sistema um corpo possui 500 J de energia cinética e 800 J de energia potencial. Qual o valor da energia mecânica desse corpo, se a energia cinética passar a ser 100 J?
04. Lembrando que um corpo de massa 2 quilogramas movendo-se com uma velocidade de 1 metro por segundo tem uma energia cinética igual à 1 joule determine a energia cinética de um corpo de massa 200 kg que se move com uma velocidade igual à:  
a) 1 metro por segundo.  
b) 5 metros por segundo.
05. Preencha os espaços em branco usando apropriadamente as palavras FORÇA ou ENERGIA. O estilingue exerceu uma grande \_\_\_\_\_ na pedra que passou a se mover com muita \_\_\_\_\_. Ao atingir a vidraça a pedra aplicou nesta uma \_\_\_\_\_ que a partiu em pedaços. Devido ao impacto a pedra perdeu muita \_\_\_\_\_.
06. Se soltarmos um tijolo ele vai \_\_\_\_\_ (ganhar ou perder?) energia cinética. Para onde vai ou de onde vem essa energia cinética?
07. Dê um exemplo de uma situação em que a energia potencial elástica se transforma em energia cinética ou vice-versa.
08. A energia associada com VELOCIDADE é a \_\_\_\_\_ enquanto que a energia \_\_\_\_\_ está relacionada com FORÇA.
09. Qual a energia potencial gravitacional de um corpo de 30 kg, que está a 30 m acima do solo, em relação ao próprio solo? Dado que  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
10. Qual a energia cinética de um corpo que possui massa de 45 kg e velocidade de 10 m/s?
11. (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:  $g = 10,0 \text{ m/s}^2$

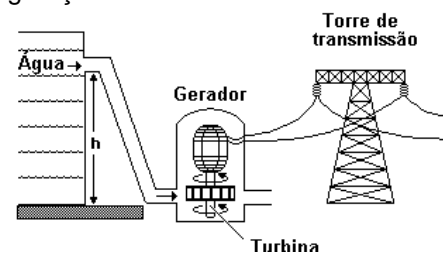


12. (Unesp) Uma preguiça de massa 1,2 kg desprende-se do galho de uma árvore, à beira de um penhasco, e cai verticalmente. Sua velocidade cresce até 42m/s, quando se torna constante, devido à resistência do ar.  
a) Considerando  $g = 10\text{m/s}^2$ , calcule a intensidade máxima da força de resistência do ar.  
b) Em seguida, felizmente, a preguiça cai sobre uma vegetação arbustiva, que amortece a queda, parando-a completamente. Calcule a quantidade de energia mecânica dissipada na interação da preguiça com a vegetação. (Despreze o trabalho realizado pela força peso durante o freamento na vegetação.)

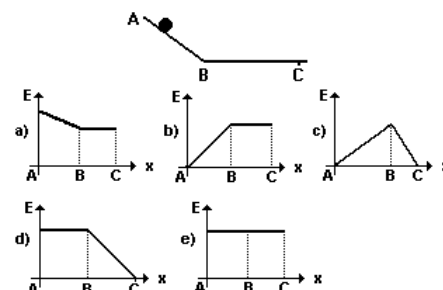
**13. (Enem)** Na figura a seguir está esquematizado um tipo de usina utilizada na geração de eletricidade.

Analisando o esquema, é possível identificar que se trata de uma usina:

- hidrelétrica, porque a água corrente baixa a temperatura da turbina.
- hidrelétrica, porque a usina faz uso da energia cinética da água.
- termoelétrica, porque no movimento das turbinas ocorre aquecimento.
- eólica, porque a turbina é movida pelo movimento da água.
- nuclear, porque a energia é obtida do núcleo das moléculas de água.



**14. (Mackenzie)** A figura a seguir mostra um corpo que é abandonado do topo do plano inclinado AB sem atrito e percorre o trecho BC, que apresenta atrito, parando em C. O gráfico que melhor representa a energia mecânica E desse corpo em função da posição x é:

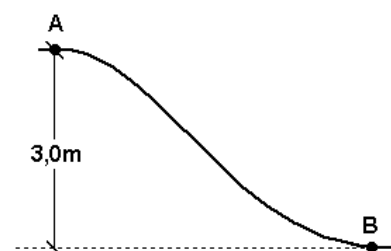


**15. (Mackenzie)** Uma bola de borracha de 1kg é abandonada da altura de 10m. A energia perdida por essa bola ao se chocar com o solo é 28J. Supondo  $g=10\text{m/s}^2$ , a altura atingida pela bola após o choque com o solo será de:

- 2,8 m
- 4,2 m
- 5,6 m
- 6,8 m
- 7,2 m

**16. (Uel)** Um corpo de massa  $m=0,50\text{kg}$  desliza por uma pista inclinada, passando pelo ponto A com velocidade  $V_A=2,0\text{m/s}$  e pelo ponto B com velocidade  $V_B=6,0\text{m/s}$ . Adote  $g=10\text{m/s}^2$ . Considerando também a figura, a perda de energia mecânica devido ao atrito no deslocamento de A para B vale, em joules,

- 8,0
- 7,0
- 4,0
- 7,0
- 8,0



**17. (Uerj)** Duas goiabas de mesma massa,  $G_1$  e  $G_2$ , desprendem-se, num mesmo instante, de galhos diferentes. A goiaba  $G_1$  cai de uma altura que corresponde ao dobro daquela de que cai  $G_2$ . Ao atingirem o solo, a razão  $\frac{\epsilon_{c2}}{\epsilon_{c1}}$ , entre as energias cinéticas de  $G_2$  e  $G_1$ , terá o seguinte valor:

- 1/4
- 1/2
- 2
- 4

**18. (Uff)** Uma bola de borracha é abandonada a 2,0m acima do solo. Após bater no chão, retorna a uma altura de 1,5m do solo. A percentagem da energia inicial perdida na colisão da bola com o solo é:

- 5 %
- 15 %
- 20 %
- 25 %
- 35 %

**19. (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 são, respectivamente, a energia potencial no ponto A, a energia potencial no ponto B e o trabalho realizado sobre a pedra pela força peso? (Use  $g=10\text{ m/s}^2$  e considere o solo como nível zero para energia potencial).

- 40 J, 16 J e 24 J.
- 40 J, 16 J e 56 J.
- 400 J, 160 J e 240 J.
- 400 J, 160 J e 560 J.
- 400 J, 240 J e 560 J.

**20. (Unirio)** Quando a velocidade de um móvel duplica, sua energia cinética:

- reduz-se a um quarto do valor inicial
- reduz-se à metade.
- fica multiplicada por  $\sqrt{2}$
- duplica.
- quadruplica.

## GABARITO

01. 700 J  
02. 300 J  
03. 1300 J  
04. a) 100 J  
b) 2500 J  
05. O estilingue exerceu uma grande FORÇA na pedra que passou a se mover com muita ENERGIA.  
06. Ganhar. Da energia potencial gravitacional.  
07. Quando esticamos um elástico, o soltamos e ele é lançado longe.  
08. Cinética - potencial  
09. 9000 J  
10. 2250 J  
11. 2400 J  
12. a) 12 N  
b) 1,06 kJ  
13. B  
14. D  
15. E  
16. D  
17. B  
18. D  
19. C  
20. E

## MÓDULO 3 - HIDROSTÁTICA

### 3.1.1 – Densidade (d)

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow \begin{cases} m \rightarrow \text{massa do corpo} \\ V \rightarrow \text{volume do corpo} \end{cases}$$

Unidades:

$$\frac{g}{cm^3}; \frac{kg}{\ell}; \frac{kg}{m^3}$$

Conversão de unidades:

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1 \frac{kg}{\ell} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

### 3.1.2 – Massa Específica ( $\mu$ )

É a densidade absoluta do material homogêneo que constitui um corpo.

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow \begin{cases} m \rightarrow \text{massa da substância} \\ V \rightarrow \text{volume da substância} \end{cases}$$

Unidades:

$$\frac{g}{cm^3}; \frac{kg}{\ell}; \frac{kg}{m^3}$$

Conversão de unidades:

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1 \frac{kg}{\ell} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

Tabela – Massa Específica de Algumas Substâncias

Substância	$\mu$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\mu$ (kg/m <sup>3</sup> )
Água	1,0	1.000
Gelo	0,92	920
Álcool	0,79	790
Ferro	7,8	7.800
Chumbo	11,2	11.200
Mercúrio	13,6	13.600

## EXERCÍCIOS

01. Ao misturarmos dois líquidos, um de densidade 1,0 g/cm<sup>3</sup>, com outro de densidade 2,0 g/cm<sup>3</sup>, em iguais quantidades em volume, qual será a densidade da mistura?
02. Ao misturarmos dois líquidos, um de densidade 1,0 g/cm<sup>3</sup>, com outro de densidade 2,0 g/cm<sup>3</sup>, em iguais quantidades em massa, qual será a densidade da mistura?

03. Qual a densidade de um cubo de aresta 2 cm e massa igual a 64 g?

04. (Faap) A massa de um bloco de granito é 6,5 t e a densidade do granito é 2 600 kg/m<sup>3</sup>. Qual o volume do bloco?  
a) 0,0025 m<sup>3</sup>      b) 0,025 m<sup>3</sup>      c) 0,25 m<sup>3</sup>      d) 2,50 m<sup>3</sup>      e) 25,00 m<sup>3</sup>

05. (Faap) Um frasco vazio tem massa igual a 30g; cheio de água, 110g e cheio de outro líquido 150g. A densidade deste líquido em relação à água contida no frasco é de:  
a) 0,66      b) 4,00      c) 3,67      d) 1,5      e) 5,00

06. (Fatec) Um tapete pesando 75N tem dimensões 2,5m x 2,0m. Adotando-se g=10m/s<sup>2</sup>, a densidade superficial do tapete, em kg/m<sup>2</sup>, é:  
a) 0,067      b) 0,15      c) 0,67      d) 1,5      e) 15

07. Uma lata contém 900 cm<sup>3</sup> de óleo de massa específica igual a 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Podemos concluir que a lata contém, de óleo:  
a) 1000 g      b) 900 g      c) 810      d) 800      e) 100

08. (Mackenzie) Assinale a alternativa correta.

- a) Dois corpos de mesma densidade têm necessariamente a mesma massa.
- b) Dois corpos de mesma densidade têm necessariamente o mesmo volume.
- c) Dois corpos de mesma densidade têm necessariamente a mesma massa e o mesmo volume.
- d) Dois corpos de mesma densidade possuem a mesma massa quando possuem também o mesmo volume.
- e) As alternativas (c) e (d) são ambas corretas.

09. (Uel) Dois blocos maciços de alumínio são tais que as dimensões de um deles são exatamente três vezes maiores que as dimensões homólogas do outro. A razão entre as massas dos blocos maior e menor é  
a) 3      b) 6      c) 9      d) 18      e) 27

10. (Unaerp) Uma mistura de leite enriquecido com sais minerais e água cujas densidades são respectivamente, 1,10 g/cm<sup>3</sup> e 1,00 g/cm<sup>3</sup>, possui, em volume, 70% em leite e 30% em água. A densidade da mistura será em g/cm<sup>3</sup>:  
a) 1,01.      b) 1,03.      c) 1,05.      d) 1,07.      e) 1,09.

### GABARITO

01. 1,5 g/cm<sup>3</sup>.      03. 8 g/cm<sup>3</sup>      05. D      07. C      09. E  
02. 1,33 g/cm<sup>3</sup>.      04. D      06. D      08. D      10. D

### 3.2. – Pressão (p)

$$p = \frac{F_N}{A} \Rightarrow \begin{cases} F_N \rightarrow \text{Força Normal} \\ A \rightarrow \text{Área} \end{cases}$$

Unidades:

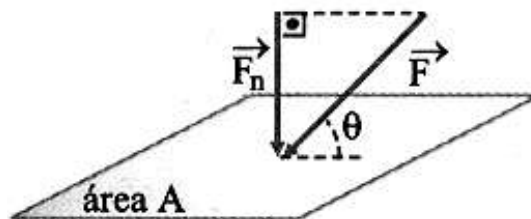
$$\frac{N}{m^2} = \text{Pascal (Pa)}$$

$$\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2} = \text{Bária (ba)}$$

$$\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = \text{atm}$$

mmHg = milímetros de Mercúrio

mca = metros de coluna d'água



Conversão de Unidades:

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 10 \text{ mca}$$

### EXERCÍCIOS

01. Uma mesa de 40 x 20 cm recebe a aplicação de uma força correspondente a 1600N. Calcule.

- a) a área da mesa.
- b) a pressão.

02. A pressão ao nível do mar é de 1atm. Um mergulho na água do mar de 10m equivale a pressão atmosférica de 1atm. Qual a pressão total a qual um mergulhador está sujeito num mergulho de 30m?

03. (Udesc) Aproximadamente 50% do peso corporal é sustentado pela quinta vértebra lombar. Qual a pressão exercida sobre a área de 20 centímetros quadrados dessa vértebra, em um homem ereto de 800N de peso? DESCREVA passo a passo seu raciocínio, até chegar ao resultado.

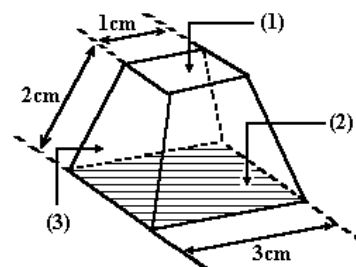
04. (Ufpe) Um adulto de 80 kg e uma criança de 20 kg desejam andar sobre pernas de pau. Para isto dispõem de uma madeira leve e resistente em forma de varas de seção reta circular e diferentes diâmetros. Quantas vezes o diâmetro da madeira usada pelo adulto deve ser maior do que aquele usado pela criança para que a pressão em cada uma das varas seja a mesma?

05. (Faap) Uma pessoa de 70 kgf está sentada numa cadeira de 2 kgf, cujas pernas têm  $2 \text{ cm}^2$  de base cada uma. Quando a pessoa levanta os pés do chão a pressão que a cadeira, com seus quatro pés, faz sobre o chão, é de:  
a)  $2 \text{ kgf/cm}^2$       b)  $18 \text{ kgf/cm}^2$       c)  $9 \text{ kgf/cm}^2$       d)  $28 \text{ kgf/cm}^2$       e)  $72 \text{ kgf/cm}^2$

06. Uma pessoa está parada sobre um plano horizontal, apoiada sobre os dois pés. Quando se apoia apenas sobre um pé, a pressão que a pessoa exerce sobre o plano horizontal, é:  
a) igual à anterior  
b) maior que à anterior  
c) menor que à anterior  
d) independente do tamanho do pé da pessoa  
e) independente do peso da pessoa

07. Um cubo de ferro, de aresta igual a 0,1m, está apoiado sobre uma mesa horizontal. Sendo o peso do cubo igual a 78N, então a pressão ( $P = F / S$ ) que o cubo exerce na mesa, em  $\text{N/m}^2$ , será:  
a) 390      b) 780      c) 3900      d) 7800      e) 9360

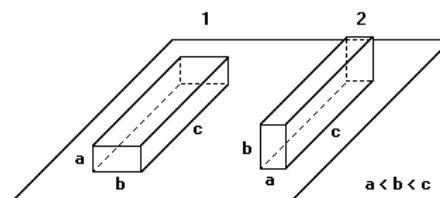
08. Na figura, temos um corpo de ferro maciço em forma de um tronco de pirâmide regular com bases (1) e (2) quadrangulares. Quando apoiado sobre uma mesa, a pressão exercida sobre esta será:  
a) máxima se for apoiado pela base (2);  
b) máxima se for apoiado pela base (1);  
c) máxima se for apoiado pela face lateral (3);  
d) mínima se for apoiado pela base (1);  
e) mínima se for apoiado pela face lateral (3).



09. (Udesc) Sobre uma cadeira de peso igual a 20N senta-se uma pessoa de 54kg. Cada perna da cadeira tem  $4,0 \text{ cm}^2$  de base. Se a pessoa ficar de pé sobre a cadeira, a pressão (em  $\text{N/m}^2$ ) exercida pela cadeira sobre o chão é de:  
a)  $1,4 \times 10^5$       b)  $3,5 \times 10^5$       c)  $5,0 \times 10^5$       d)  $2,5 \times 10^4$       e)  $1,0 \times 10^4$

10. (Unesp) Um tijolo, com as dimensões indicadas, é colocado sobre uma mesa com tampo de borracha, inicialmente da maneira mostrada em 1 e, posteriormente, da 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  $p_1 < p_2$



**GABARITO**

01. a)  $800 \text{ cm}^2$   
b)  $2 \text{ N/cm}^2$   
02. 4 atm

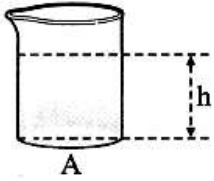
03.  $2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$   
04. 2.  
05. C

06. B  
07. D  
08. B

09. B  
10. C

### 3.3 – Pressão Hidrostática ( $p_H$ ) ou Pressão Efetiva

É a pressão exercida apenas pela coluna de fluido.



$$p_H = \frac{\text{Peso}}{\text{Área}} = \frac{mg}{A}, \text{ mas } m = d \cdot V \text{ e } V = A \cdot h, \text{ então}$$

$$p_H = \frac{dVg}{A} = \frac{dAhg}{A} \Rightarrow p_H = d \cdot g \cdot h$$

Onde:

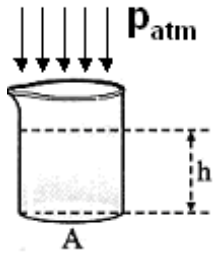
$d$  → densidade

$g$  → aceleração da gravidade

$h$  → profundidade

### 3.4 – Pressão Absoluta ( $p_{\text{abs}}$ )

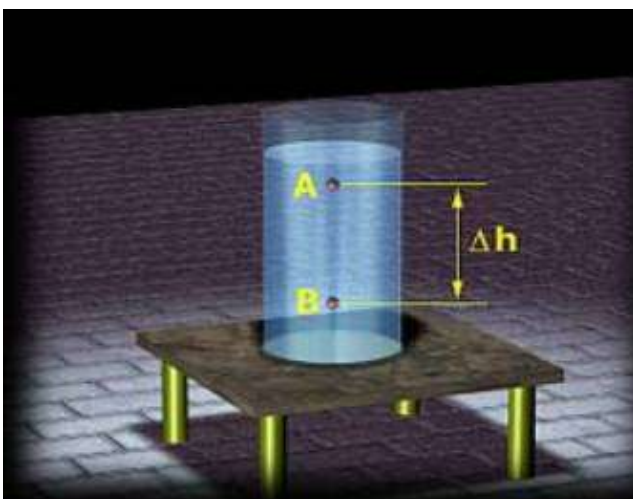
É a pressão exercida pela coluna de fluido somada com a pressão atmosférica.



$$p_{\text{abs}} = p_{\text{atm}} + p_H \Rightarrow \boxed{p_{\text{abs}} = p_{\text{atm}} + dgh}$$

### 3.5 – Teorema de Stevin

“A diferença de pressão entre dois pontos de um líquido em equilíbrio é devido somente a pressão hidrostática entre os dois pontos do líquido.”



$$\Delta p = p_B - p_A = (p_{\text{atm}} + dgh_B) - (p_{\text{atm}} + dgh_A) = dg(h_B - h_A)$$

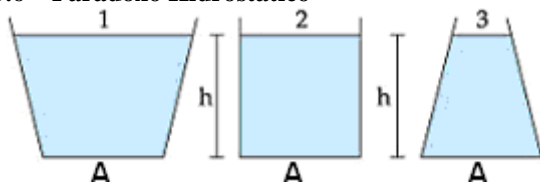
$$\boxed{\Delta p = dg\Delta h}$$

**Consequência do Teorema de Stevin:**

“Pontos situados numa mesma horizontal de um líquido em equilíbrio estão sob a mesma pressão”

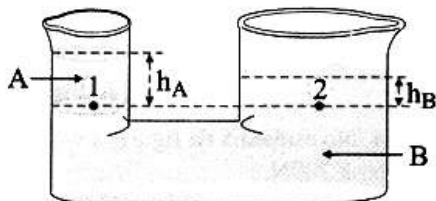
$$\boxed{\text{Se } \Rightarrow h_A = h_B \Rightarrow p_A = p_B}$$

### 3.6 – Paradoxo Hidrostático



Se analisarmos a consequência do teorema de Stevin, veremos que as pressões exercidas nos fundos dos três recipientes são iguais, pois os líquidos e as colunas de líquido são iguais.

### 3.7 – Vasos Comunicantes



Devido à consequência do Teorema de Stevin, podemos afirmar que a pressão no ponto 1 é igual à pressão no ponto 2.

$$P_1 = P_2 \Rightarrow P_{atm} + P_H^A = P_{atm} + P_H^B \Rightarrow P_H^A = P_H^B$$

$$d_A \cdot g \cdot h_A = d_B \cdot g \cdot h_B \Rightarrow d_A \cdot h_A = d_B \cdot h_B$$

$$d_A \cdot h_A = d_B \cdot h_B$$

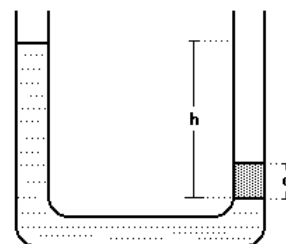
Ou ainda:

$$\frac{d_A}{d_B} = \frac{h_B}{h_A}$$

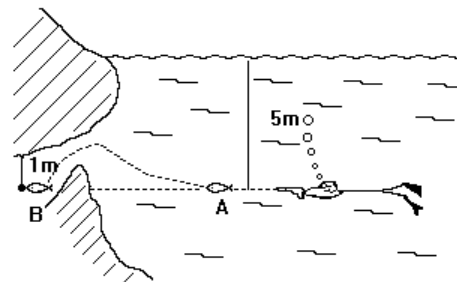
As alturas líquidas, medidas a partir da superfície de separação, são inversamente proporcionais às respectivas densidades.

### EXERCÍCIOS

**01. (Ufc)** A figura a seguir representa um tubo aberto em forma de U, com área da secção reta A, que contém um líquido de densidade  $\rho_L$ . Dentro do tubo, no seu ramo direito, há um objeto de altura d, área de secção reta igual à do tubo e de densidade  $\rho_0 = 8\rho_L$ , que repousa sobre a superfície do líquido. No ramo esquerdo do tubo a superfície livre do líquido está a uma altura h acima da sua superfície no ramo direito. Calcule a razão h/d quando o sistema está em equilíbrio. Despreze qualquer atrito.



**02. (Ufpe)** Qual a força em Newtons que deve suportar cada  $\text{mm}^2$  de área da parede de um submarino projetado para trabalhar submerso em um lago a uma profundidade máxima de 100 m, mantendo a pressão interna igual à atmosférica? dado: densidade da água =  $10^3 \text{ kg/m}^3$



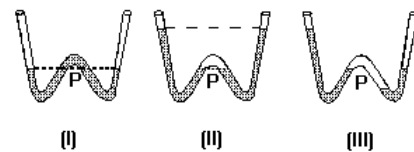
**03. (Unicamp)** Um mergulhador persegue um peixe a 5,0 m abaixo da superfície de um lago. O peixe foge da posição A e se esconde em uma gruta na posição B, conforme mostra a figura a seguir. A pressão atmosférica na superfície da água é igual a  $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ . Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

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

**04. (Unicamp)** Suponha que o sangue tenha a mesma densidade que a água e que o coração seja uma bomba capaz de bombeá-lo a uma pressão de 150 mm de mercúrio acima da pressão atmosférica. Considere uma pessoa cujo cérebro está 50 cm acima do coração e adote, para simplificar, que 1 atmosfera = 750 mm de mercúrio.

- a) Até que altura o coração consegue bombear o sangue?  
 b) Suponha que esta pessoa esteja em outro planeta. A que aceleração gravitacional máxima ela pode estar sujeita para que ainda receba sangue no cérebro?

**05. (Cesgranrio)** Uma mangueira de plástico transparente, contendo um pouco d'água, é suspensa por duas extremidades, junto a uma parede vertical, ficando sua parte central apoiada em um prego (P). As figuras mostram três situações para a mangueira, com diferentes configurações para a água em seu interior.

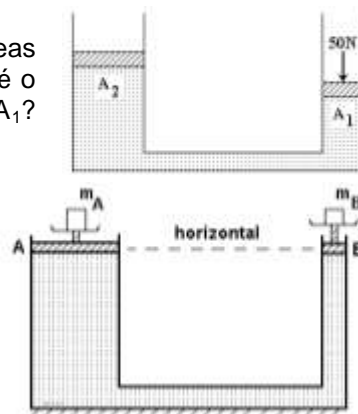


Das situações apresentadas, é (são) possível (eis):

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

**06. (Fei)** 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 50 N em  $A_1$ ?

- a) 100 N      b) 1000 N      c) 200 kgf      d) 1000 kgf      e) 10000 kgf

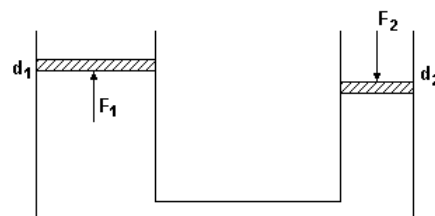


**07. (Fuvest)** Considere o arranjo da figura a seguir, onde um líquido está confinado na região delimitada pelos êmbolos A e B, de áreas  $a = 80 \text{ cm}^2$  e  $b = 20 \text{ cm}^2$ , respectivamente. O sistema está em equilíbrio. Despreze os pesos dos êmbolos e os atritos. Se  $m_A = 4,0 \text{ kg}$ , qual o valor de  $m_B$ ?

- a) 4 kg  
 b) 16 kg  
 c) 1 kg  
 d) 8 kg  
 e) 2 kg

**08. (Uel)** Na prensa hidráulica representada a seguir, os diâmetros dos êmbolos são  $d_1$  e  $d_2$ , tais que  $d_1 = 2d_2$ . A relação  $F_1/F_2$  entre as intensidades das forças exercidas nos dois êmbolos, quando situados no mesmo nível, vale

- a) 4  
 b) 2  
 c) 1  
 d) 1/2  
 e) 1/4



**09. (Unitau)** A prensa hidráulica é baseada:

- a) no princípio de Pascal.      b) no princípio de Arquimedes.      c) na lei de Stevin.  
 d) na lei de Coulomb.      e) na lei de Avogadro.

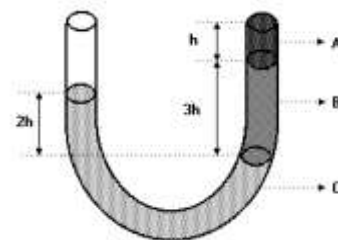
**10. (Cesgranrio)** A pressão atmosférica ao nível do mar consegue equilibrar uma coluna de 76 cm de mercúrio. A essa pressão chamamos de 1,0 atm. Se, ao invés de mercúrio, tivéssemos usado água, a altura da coluna de água seria, aproximadamente, igual a:

(Dados: a densidade da H<sub>2</sub>O é  $10^3 \text{ kg/m}^3$  e  $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$ )

- a) 1,0 m      b) 76 m      c)  $7,6 \times 10^{-1} \text{ m}$       d) 7,6 m      e) 10 m

**11. (Mackenzie)** Num tubo em U, de extremidades abertas, encontram-se em equilíbrio três líquidos não miscíveis, conforme a figura a seguir. Os líquidos A e B têm densidades respectivamente iguais a  $0,80 \text{ g/cm}^3$  e  $1,0 \text{ g/cm}^3$ . A densidade do líquido C é:

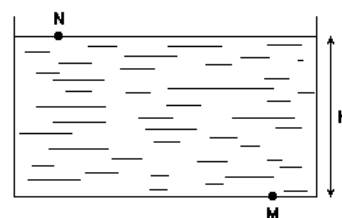
- a)  $0,2 \text{ g/cm}^3$ .  
 b)  $1,9 \text{ g/cm}^3$ .  
 c)  $2,7 \text{ g/cm}^3$ .  
 d)  $3,6 \text{ g/cm}^3$ .  
 e)  $5,4 \text{ g/cm}^3$ .





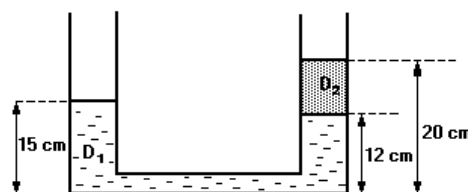
**12. (Puccamp)** O recipiente representado pela figura contém um líquido homogêneo, incompressível e em equilíbrio, com densidade de  $0,75 \text{ g/cm}^3$ . A diferença de pressão hidrostática entre um ponto no fundo do recipiente (M) e outro na superfície (N) vale  $3,0 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ . Adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a profundidade do líquido (h), em cm, vale

- a) 10  
b) 20  
c) 30  
d) 35  
e) 40



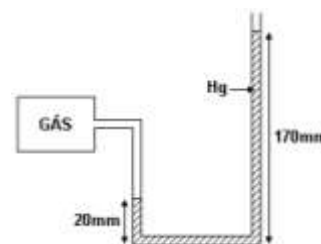
**13. (Uel)** Um tubo em U contém um líquido de massa específica  $D_1$ , desconhecida. Uma pequena quantidade de um segundo líquido, de massa específica  $D_2 = 1,5 \text{ g/cm}^3$ , não miscível com o primeiro, é colocada em um dos ramos do tubo. A situação de equilíbrio é mostrada na figura a seguir. A massa específica  $D_1$ , em  $\text{g/cm}^3$ , vale

- a) 4,0                      b) 3,0                      c) 2,4                      d) 2,0                      e) 1,8



**14. (Uel)** Para medir a pressão p exercida por um gás, contido num recipiente, utilizou-se um manômetro de mercúrio, obtendo-se os valores indicados na figura a seguir. A pressão atmosférica local medida por um barômetro indicava 750 mm Hg. O valor de p, em mm Hg, vale

- a) 150  
b) 170  
c) 750  
d) 900  
e) 940



**15. (Uel)** Um tubo em U, longo, aberto nas extremidades, contém mercúrio de densidade  $13,6 \text{ g/cm}^3$ . Em um dos ramos coloca-se água, de densidade  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , até ocupar uma altura de 32 cm. No outro ramo coloca-se óleo, de densidade  $0,8 \text{ g/cm}^3$ , que ocupa altura de 6,0 cm. O desnível entre as superfícies livres nos dois ramos, em cm, é de

- a) 38  
b) 28  
c) 24  
d) 20  
e) 15



**GABARITO**

- |                        |            |                   |       |       |       |
|------------------------|------------|-------------------|-------|-------|-------|
| 01. 8.                 | b) zero.   | b) $g \approx 40$ | 07. C | 11. B | 15. C |
| 02. 1,0 N.             | 04. a) 204 | $\text{m/s}^2$ .  | 08. A | 12. E |       |
| 03. a) 1,5 .           | cm.        | 05. A             | 09. A | 13. A |       |
| $10^5 \text{ N/m}^2$ . |            | 06. B             | 10. E | 14. D |       |

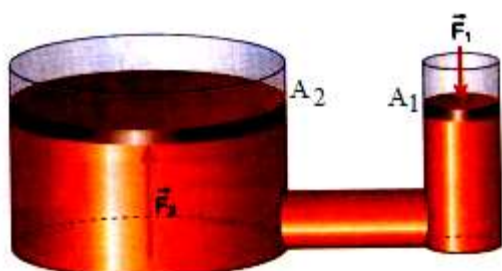
**3.8 – Princípio de Pascal**

“Os líquidos transmitem integralmente as variações de pressão que recebem.”

- Se ocorrer um acréscimo de pressão no ponto A ( $\Delta p_A$ ) acarretará um mesmo acréscimo em todos os pontos do líquido, ou seja,  $\Delta p_B = \Delta p_A$ .

**13.8.1 - Prensa Hidráulica:**

É uma aplicação da Lei de Pascal.

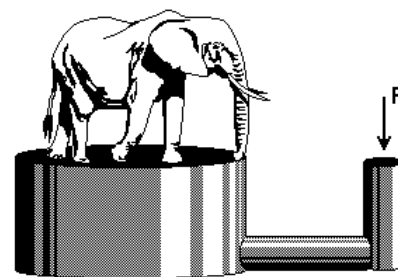


$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \text{Vantagem Mecânica da Prensa}$$

## EXERCÍCIOS

**01. (Uerj)** Um adestrador quer saber o peso de um elefante. Utilizando uma prensa hidráulica, consegue equilibrar o elefante sobre um pistão de  $2000\text{cm}^2$  de área, exercendo uma força vertical  $F$  equivalente a  $200\text{N}$ , de cima para baixo, sobre o outro pistão da prensa, cuja área é igual a  $25\text{cm}^2$ . Calcule o peso do elefante.



**02. (Fatec)** Um esquema simplificado de uma prensa hidráulica está mostrado na figura a seguir. Pode-se fazer uso de uma alavanca para transmitir uma força aplicada à sua extremidade, amplificando seu efeito várias vezes. Supondo que se aplique uma força de  $10\text{N}$  à extremidade A da alavanca e sabendo que a razão entre a área do êmbolo maior pela área do êmbolo menor é de 5, o módulo da força  $\vec{F}$  que o êmbolo maior aplicará sobre a carga será de:

- a)  $4\text{ N}$
- b)  $20\text{ N}$
- c)  $50\text{ N}$
- d)  $100\text{ N}$
- e)  $200\text{ N}$

**03. (Fgv)** O macaco hidráulico consta de dois êmbolos: um estreito, que comprime o óleo, e outro largo, que suspende a carga. Um sistema de válvulas permite que uma nova quantidade de óleo entre no mecanismo sem que haja retorno do óleo já comprimido. Para multiplicar a força empregada, uma alavanca é conectada ao corpo do macaco. Tendo perdido a alavanca do macaco, um caminhoneiro de massa  $80\text{ kg}$ , usando seu peso para pressionar o êmbolo pequeno com o pé, considerando que o sistema de válvulas não interfira significativamente sobre a pressurização do óleo, poderá suspender uma carga máxima, em  $\text{kg}$ , de

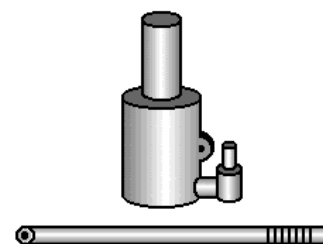
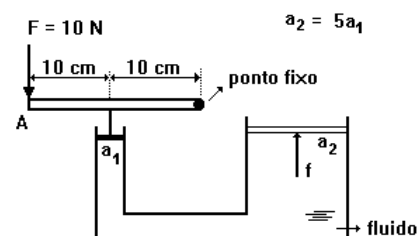
Dados:

diâmetro do êmbolo menor =  $1,0\text{ cm}$

diâmetro do êmbolo maior =  $6,0\text{ cm}$

aceleração da gravidade =  $10\text{ m/s}^2$

- a)  $2\ 880$ .
- b)  $2\ 960$ .
- c)  $2\ 990$ .
- d)  $3\ 320$ .
- e)  $3\ 510$ .



**04.** O princípio de Pascal afirma que:

- a) A pressão no interior de um líquido independe da profundidade;
- b) As moléculas de um líquido se atraem fortemente;
- c) Todos os líquidos possuem mesma pressão hidrostática;
- d) A pressão de um ponto, no fundo de um frasco cheio de líquido, depende da área do fundo do frasco;
- e) A pressão aplicada a um líquido em equilíbrio se transmite integralmente a todos os pontos do líquido e das paredes do frasco que o contém.

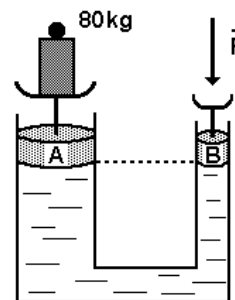
**05.** O sistema de freio hidráulico de um veículo está baseado no princípio

- a) de Pascal.
- b) de Arquimedes.
- c) da ação e reação.
- d) da inércia.

**06.** No início do século XX, a indústria e o comércio da cidade de São Paulo possibilitaram uma qualidade de vida melhor para seus habitantes. Um dos hábitos saudáveis, ligados à higienização bucal, foi a utilização de tubos de pasta dental e as respectivas escovas de dente. Considerando um tubo contendo pasta dental de densidade homogênea, uma pessoa resolve apertá-lo. A pressão exercida sobre a pasta, dentro do tubo, será

- a) maior no fundo do tubo, se se apertar no fundo.
- b) menor no fundo do tubo, se se apertar perto do bico de saída.
- c) maior no meio do tubo, se se apertar no meio.
- d) menor no fundo do tubo, se se apertar no meio.
- e) igual em todos os pontos, qualquer que seja o local apertado.

**07. (Mackenzie)** Dispõe-se de uma prensa hidráulica conforme o esquema a seguir, na qual os êmbolos A e B, de pesos desprezíveis, têm diâmetros respectivamente iguais a 40cm e 10cm. Se desejarmos equilibrar um corpo de 80kg que repousa sobre o êmbolo A, deveremos aplicar em B a força perpendicular  $\vec{F}$ , de intensidade:

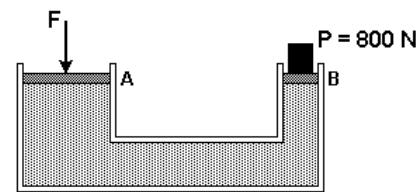


Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

- a) 5,0 N
- b) 10 N
- c) 20 N
- d) 25 N
- e) 50 N

**08. (Pucpr)** A figura representa uma prensa hidráulica. Determine o módulo da força F aplicada no êmbolo A, para que o sistema esteja em equilíbrio.

- a) 800 N
- b) 1600 N
- c) 200 N
- d) 3200 N
- e) 8000 N



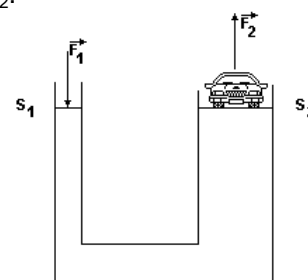
Área da seção A =  $1 \text{ m}^2$   
 Área da seção B =  $0,25 \text{ m}^2$

**09. (Uff)** Uma prensa hidráulica, sendo utilizada como elevador de um carro de peso P, encontra-se em equilíbrio, conforme a figura. As seções retas dos pistões são indicadas por  $S_1$  e  $S_2$ , tendo-se  $S_1 = 4S_2$ .

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

A situação descrita obedece:

- a) ao Princípio de Arquimedes e, pelas leis de Newton, conclui-se que  $F_1 = F_2 = P$ ;
- b) ao Princípio de Pascal e, pelas leis de ação e reação e de conservação da energia mecânica, conclui-se que  $F_2 = 4F_1 = P$ ;
- c) ao Princípio de Pascal e, pela lei da conservação da energia, conclui-se que:  $F_2 = 1/4F_1 \neq P$ ;
- d) apenas às leis de Newton e  $F_1 = F_2 = P$ ;
- e) apenas à lei de conservação de energia.



**10. (Ufsm)** Um braço mecânico de um trator usado para fazer valetas tem um sistema hidráulico que se compõe, basicamente, de dois cilindros conectados por uma mangueira resistente a altas pressões, todos preenchidos com óleo. Se, no equilíbrio, P é a pressão num cilindro, a pressão no outro, que tem área 10 vezes maior, é

- a) 10 P
- b) 5 P
- c) P
- d) P/5
- e) P/10

**GABARITO**

- |                                 |       |       |       |       |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 01. $1,6 \times 10^4 \text{ N}$ | 03. A | 05. A | 07. E | 09. B |
| 02. D                           | 04. E | 06. E | 08. D | 10. C |

**3.9 - Teorema de Arquimedes(Empuxo)**

Quando um sólido é imerso (total ou parcialmente) em um fluido (líquido ou gás) em equilíbrio, o sólido recebe do fluido uma força resultante denominada EMPUXO, com as seguintes características:

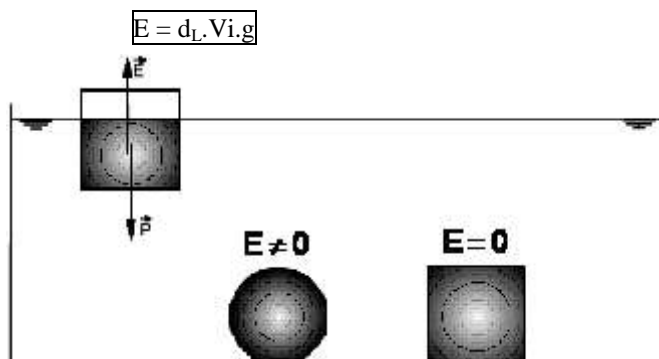
- a) **Intensidade:** igual a do peso do fluido deslocado pelo sólido.
- b) **Direção:** vertical
- c) **Sentido:** de baixo para cima.

$$E = d_L \cdot V_i \cdot g$$

onde:

$d_L$  → densidade do fluido;

$V_i$  → volume imerso



### 3.9.1 – Peso Aparente ( $P_{ap}$ )

Para um sólido totalmente imerso em um líquido, define-se peso aparente ( $P_{ap}$ ) pela relação:

$$P_{ap} = P - E$$

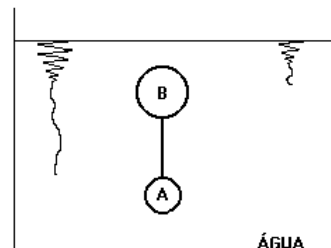
Se:

- $d_S > d_L \Rightarrow P_{ap} > 0 \Rightarrow$  o corpo afunda em Movimento Uniformemente Variado (MUV)
- $d_S = d_L \Rightarrow P_{ap} = 0 \Rightarrow$  o corpo flutua imerso.
- $d_S < d_L \Rightarrow P_{ap} < 0 \Rightarrow$  o corpo tem que está submerso e irá subir em MUV (afloira).

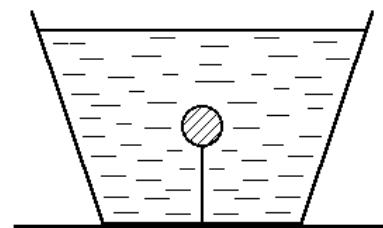
### EXERCÍCIOS

**01. (Fuvest)** Duas esferas A e B ligadas por um fio inextensível de massa e volume desprezíveis encontram-se em equilíbrio, imersas na água contida num recipiente, conforme ilustra a figura adiante. A esfera A possui volume de  $20 \text{ cm}^3$  e densidade igual a  $5,0 \text{ g/cm}^3$ . A esfera B possui massa de  $120 \text{ g}$  e densidade igual a  $0,60 \text{ g/cm}^3$ . Sendo de  $1,0 \text{ g/cm}^3$  a densidade da água, determine:

- o empuxo sobre a esfera B.
- a tração no fio que liga as esferas.



**02. (Unesp)** Uma pequena bola de borracha está presa por um fio leve ao fundo de um recipiente cheio de água, como mostra a figura adiante. Se o volume da bola submersa for  $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$  e sua massa for  $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$ , qual será a tensão no fio? (Considere a aceleração da gravidade local igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e a massa específica da água  $10^3 \text{ kg/m}^3$ ).



**03. (Unesp)** Um bloco de madeira, cujo volume é  $1,0 \text{ m}^3$ , fica com 70% de seu volume submerso, quando é posto a flutuar livremente na água. Sabendo que a massa específica da água é de  $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e que  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , determine:

- o empuxo exercido pela água no bloco;
- a força vertical que deverá ser aplicada ao bloco, se quisermos mantê-lo totalmente submerso.

**04. (Unesp)** Considere o Princípio de Arquimedes aplicado às situações descritas e responda.

- Um submarino está completamente submerso, em repouso, sem tocar o fundo do mar. O módulo do empuxo, exercido pela água no submarino, é igual, maior ou menor que o peso do submarino?
- Quando o submarino passa a flutuar, em repouso, na superfície do mar, o novo valor do empuxo, exercido pela água do submarino, será menor que o valor da situação anterior (completamente submerso). Explique por quê.

**05. (Unicamp)** Uma bexiga de festa de crianças está cheia com  $5,4$  litros de ar. Um mergulhador a carrega para o fundo de um lago de  $8,0$  metros de profundidade. Considere  $1 \text{ atm} = 10 \text{ m}$  de água,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Pergunta-se:

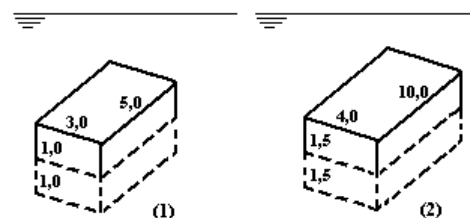
- Qual o volume da bexiga no fundo do lago?
- Qual a força de empuxo sobre a bexiga quando ela está no fundo do lago?
- Onde o empuxo é maior: imediatamente abaixo da superfície do lago ou no fundo? Justifique.

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

**07. (Cesgranrio)** Dois paralelepípedos de mesmo material cujas dimensões, respectivamente, são  $2,0 \text{ cm} \times 3,0 \text{ cm} \times 5,0 \text{ cm}$  e  $3,0 \text{ cm} \times 4,0 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ , flutuam em líquidos (1) e (2), permanecendo imersos até a metade de suas alturas, conforme ilustram as figuras:

Sobre a razão  $d_1/d_2$ , entre as densidades desses líquidos, é correto afirmar que ela vale:

- $1/4$
- $1/2$
- $1$
- $2$
- $4$

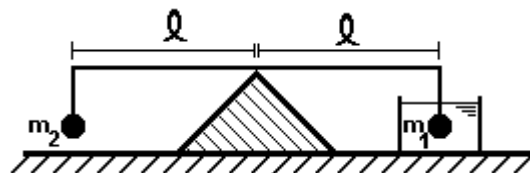


**08. (Fei)** Sabe-se que a densidade do gelo é  $0,92 \text{ g/cm}^3$ , a do óleo é  $0,8 \text{ g/cm}^3$  e a da água é de  $1,0 \text{ g/cm}^3$ . A partir destes dados podemos afirmar que:

- a) o gelo flutua no óleo e na água
- b) o gelo afunda no óleo e flutua na água
- c) o gelo flutua no óleo e afunda na água
- d) o óleo flutua sobre a água e o gelo flutua sobre o óleo
- e) a água flutua sobre o gelo e afunda sobre o óleo

**09. (Fuvest)** Uma esfera de volume  $0,6 \text{ cm}^3$  tem massa  $m_1 = 1,0 \text{ g}$ . Ela está completamente mergulhada em água e presa, por um fio fino, a um dos braços de uma balança de braços iguais, como mostra a figura a seguir. É sabido que o volume de  $1,0 \text{ g}$  de água é de  $1,0 \text{ cm}^3$ . Então a massa  $m$ , que deve ser suspensa no outro braço da balança, para mantê-la em equilíbrio é:

- a) 0,2 g
- b) 0,3 g
- c) 0,4 g
- d) 0,5 g
- e) 0,6 g



**10. (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  $1,03 \text{ g/cm}^3$ , podemos afirmar que a massa específica do gelo do iceberg, em  $\text{g/cm}^3$ , vale, aproximadamente:

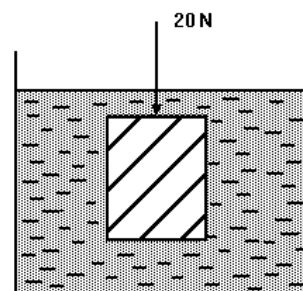
- a) 0,10.
- b) 0,90.
- c) 0,93.
- d) 0,97.
- e) 1,00.

**11. (Puccamp)** Um bloco de madeira de volume  $200 \text{ cm}^3$  flutua em água, de densidade  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , com 60% de seu volume imerso. O mesmo bloco é colocado em um líquido de densidade  $0,75 \text{ g/cm}^3$ . O volume submerso do bloco, vale, em  $\text{cm}^3$ ,

- a) 150
- b) 160
- c) 170
- d) 180
- e) 190

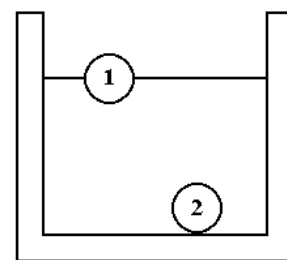
**12. (Uel)** Um cilindro maciço é mantido totalmente imerso em um líquido mediante a aplicação de uma força vertical, de intensidade  $20 \text{ N}$ , conforme mostra a figura a seguir. Quando abandonado, o cilindro flutua, ficando em equilíbrio com  $1/3$  do seu volume imerso. Nestas condições, o peso do cilindro, em newtons, vale

- a) 5,0
- b) 10
- c) 15
- d) 20
- e) 25



**13. (Ufpe)** Duas esferas de volumes iguais e densidades  $d_1$  e  $d_2$  são colocadas num recipiente contendo um líquido de densidade  $d$ . A esfera 1 flutua e a esfera 2 afunda, como mostra a figura a seguir. Qual das relações entre as densidades é verdadeira?

- a)  $d_2 > d_1 > d$
- b)  $d_1 > d_2 > d$
- c)  $d_2 > d > d_1$
- d)  $d > d_2 > d_1$
- e)  $d_1 > d > d_2$

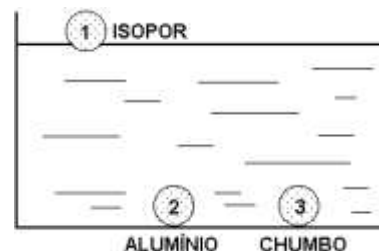


**14. (Unesp)** Um bloco de madeira, quando posto a flutuar livremente na água, cuja massa específica é  $1,00 \text{ g/cm}^3$ , fica com 44% de seu volume fora d'água. A massa específica média dessa madeira, em  $\text{g/cm}^3$ , é:

- a) 0,44
- b) 0,56
- c) 1,00
- d) 1,44
- e) 1,56

**15. (Unesp)** Três esferas maciças e de mesmo tamanho, de isopor (1), alumínio (2) e chumbo (3), são depositadas num recipiente com água. A esfera 1 flutua, porque a massa específica do isopor é menor que a da água, mas as outras duas vão ao fundo (veja figura a seguir) porque, embora a massa específica do alumínio seja menor que a do chumbo, ambas são maiores que a massa específica da água. Se as intensidades dos empuxos exercidos pela água nas esferas forem, respectivamente,  $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_3$ , tem-se:

- a)  $E_1 = E_2 = E_3$ .
- b)  $E_1 < E_2 < E_3$ .
- c)  $E_1 > E_2 > E_3$ .
- d)  $E_1 < E_2 = E_3$ .
- e)  $E_1 = E_2 < E_3$ .



---

**GABARITO**

01. a) 2,0 N.	b) O empuxo diminui.	volume da bexiga é	10. C
b) 0,80 N.	05. a) 3,0 litros.	maior.	11. B
02. 4,0 N.	b) 30 N.	06. 1000.	12. B
03. a) 7,0 kN.	c) Maior logo abaixo da	07. C	13. C
b) 3,0 kN.	superfície, onde o	08. B	14. B
04. a) $E = P$		09. C	15. D