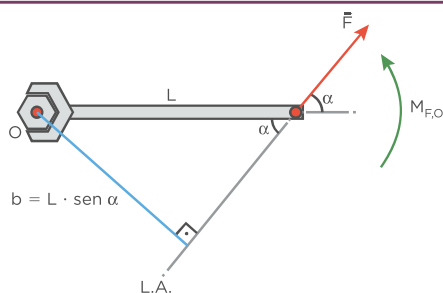
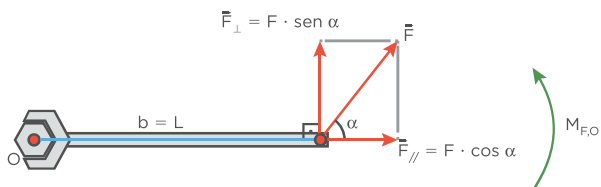


1º modo – obtendo o braço de alavanca b da força $\vec{F}$ em relação ao polo O em função de α e L .



2º modo – decompondo a força $\vec{F}$, obtendo as componentes $\vec{F}_\perp$, perpendicular ao eixo da barra, e $\vec{F}_\parallel$, paralela ao eixo da barra.



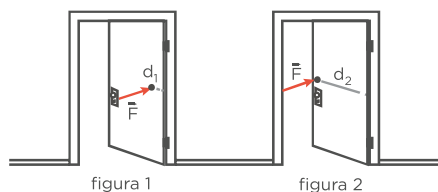
De um modo ou de outro, o momento $M_{F,O}$ será dado pela seguinte expressão:

$$M_{F,O} = \pm F \cdot L \cdot \sin \alpha$$

└ anti-horário
└ horário

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

- (PUC-SP) Podemos abrir uma porta aplicando uma força $\vec{F}$ em um ponto localizado próximo à dobradiça (figura 1) ou exercendo a mesma força $\vec{F}$ em um ponto localizado longe da dobradiça (figura 2). Sobre o descrito, é correto afirmar que



- a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 1, porque o momento da força $\vec{F}$ aplicada é menor.
- a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 1, porque o momento da força $\vec{F}$ aplicada é maior.
- a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 2, porque o momento da força $\vec{F}$ aplicada é menor.
- a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 2, porque o momento da força $\vec{F}$ aplicada é maior.
- não há diferença entre aplicarmos a força mais perto ou mais longe da dobradiça, pois o momento de $\vec{F}$ independe da distância d entre o eixo de rotação e o ponto de aplicação da força.

O momento de uma força é a grandeza física associada às condições para que essa força consiga provocar a rotação de um corpo rígido. Como o momento de uma força é calculado pelo produto da intensidade dessa força pelo seu braço de alavanca, quanto maior for o braço, mais intenso será o seu momento, ou seja, mais facilmente a porta será rotacionada (aberta).

- (Enem) Retirar a roda de um carro é uma tarefa facilitada por algumas características da ferramenta utilizada, habitualmente denominada chave de roda. As figuras representam alguns modelos de chaves de roda:



Em condições usuais, qual desses modelos permite a retirada da roda com mais facilidade?

- 1, em função de o momento da força ser menor.
- 1, em função da ação de um binário de forças.
- 2, em função de o braço da força aplicada ser maior.
- 3, em função de o braço da força aplicada poder variar.
- 3, em função de o momento da força produzida ser maior.

Considerando que as forças aplicadas nas extremidades das ferramentas têm as mesmas intensidades, os valores absolutos dos momentos produzidos por essas forças serão iguais a:

$$M_1 = F \cdot 20 + F \cdot 20 \therefore M_1 = F \cdot 40$$

$$M_2 = F \cdot 30$$

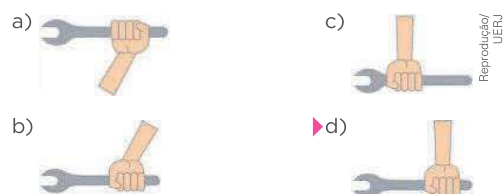
$$M_3 = F \cdot (25 - x) + F \cdot x \therefore M_3 = F \cdot 25$$

Logo, $M_1 > M_2 > M_3$.

- (Uerj) A figura abaixo ilustra uma ferramenta utilizada para apertar ou desapertar determinadas peças metálicas.



Para apertar uma peça, aplicando-se a menor intensidade de força possível, essa ferramenta deve ser segurada de acordo com o esquema indicado em:



O valor absoluto do momento da força $\vec{F}$ aplicada na ferramenta, em relação ao parafuso O, é dado por:

$$M_{F,O} = F \cdot L \cdot \sin \alpha$$

Em que α é o ângulo entre a linha de ação da força $\vec{F}$ e o eixo da ferramenta e L é a distância entre o ponto de aplicação de $\vec{F}$ e o parafuso O. Logo, para um dado momento $M_{F,O}$, quanto maior for L e maior for $\sin \alpha$, menos intensa será a força $\vec{F}$. Conclui-se, portanto, que a força deve ser aplicada na extremidade da ferramenta e perpendicularmente a ela, conforme ilustrado pela alternativa **d**.

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

- Leia a seção *Nesta aula*.
- Faça as questões 1 a 4 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

- Leia os itens 1 e 2 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

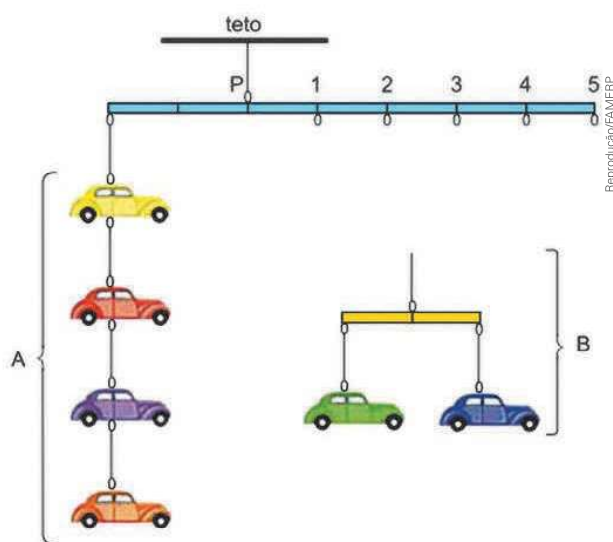
- Faça as questões 5 a 8 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

- Faça as questões 9 e 10 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

- (Famerp-SP) O pai de uma criança pretende pendurar, no teto do quarto de seu filho, um móbile constituído por: seis carrinhos de massas iguais, distribuídos em dois conjuntos, A e B; duas hastes rígidas de massas desprezíveis, com marcas igualmente espaçadas; e fios ideais. O conjunto A já está preso a uma das extremidades da haste principal do móbile.



Sabendo que o móbile será pendurado ao teto pelo ponto P, para manter o móbile em equilíbrio, com as hastes na horizontal, o pai da criança deverá pendurar o conjunto B, na haste principal, no ponto

- 5.
- 1.
- 4.
- 3.
- 2.

- Os pesos dos conjuntos são $P_A = 4 \cdot m \cdot g$ e $P_B = 2 \cdot m \cdot g$, em que m é a massa de cada carrinho.

- Adotando o polo em P, o braço de alavanca do peso do conjunto A é $b_A = 2d$. Note que o braço de alavanca da tração do fio que conecta o ponto P ao teto é nulo.

Assim, temos o seguinte equilíbrio de momentos:

$$\sum M_{F,0} = 0 \Rightarrow M_{P_A} + M_{P_B} = 0$$

Como P_A tende a girar a barra no sentido anti-horário em relação ao polo P, seu momento é positivo e, como o peso

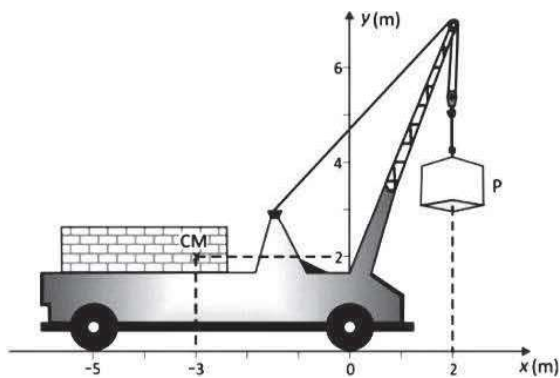
P_B tende a girar a barra no sentido horário em relação ao polo P, seu momento é negativo:

$$+4 \cdot m \cdot g \cdot 2 \cdot d - 2 \cdot m \cdot g \cdot b_B = 0 \therefore b_B = 4 \cdot d$$

Portanto, o conjunto B deverá ser pendurado no ponto 4.

Veja, no *Caderno do Professor*, observações sobre a resolução deste exercício.

— (Fuvest-SP)



Reprodução/FUVEST

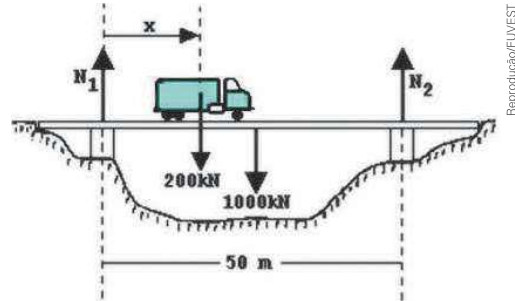
O guindaste da figura acima pesa 50 000 N sem carga e os pontos de apoio de suas rodas no solo horizontal estão em $x = 0$ e $x = -5$ m. O centro de massa (CM) do guindaste sem carga está localizado na posição ($x = -3$ m, $y = 2$ m). Na situação mostrada na figura, a maior carga P que esse guindaste pode levantar pesa

- a) 7 000 N
- b) 50 000 N
- c) 75 000 N
- d) 100 000 N
- e) 150 000 N

Quando a carga P for máxima, o guindaste estará na iminência de tombamento. Nesse caso, as normais nas rodas traseiras serão nulas. Adotando o polo no ponto de contato entre as rodas dianteiras e o solo, temos a seguinte equação de equilíbrio de momentos:

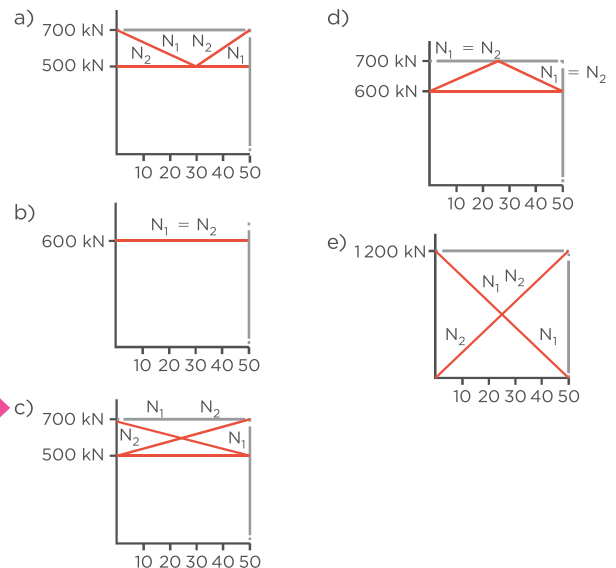
$$M_{PG} + M_P = 0 \Rightarrow +50000 \cdot 3 - P \cdot 2 = 0 \therefore P = 75000 \text{ N}$$

— (Fuvest-SP) Um caminhão, pesando 200 kN, atravessa com velocidade constante uma ponte que pesa 1 000 kN e é suportada por dois pilares distantes 50 m entre si.



Reprodução/FUVEST

O gráfico que melhor representa as forças de reação N_1 e N_2 nos dois pilares, em função da distância x do centro de massa do caminhão ao centro do primeiro pilar, é:



Adotando o polo O no ponto de apoio 1, temos o seguinte equilíbrio de momentos:

$$\sum M_{F,O} = 0 \Rightarrow +200 \cdot x + 1000 \cdot 25 - N_2 \cdot 50 = 0$$

$$\therefore N_2 = 4 \cdot x + 500$$

Para obter N_1 , basta escrever a equação de equilíbrio de forças, como segue:

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow N_1 - 200 - 1000 - N_2 = 0 \therefore N_1 + N_2 = 1200$$

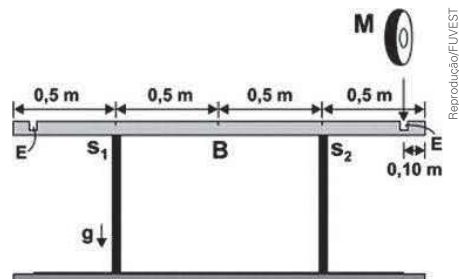
Como $N_2 = 4 \cdot x + 500$:

$$N_1 + N_2 = 1200 \Rightarrow 4 \cdot x + 500 + N_2 = 1200$$

$$\therefore N_2 = 700 - 4 \cdot x$$

Logo, a resposta correta é a alternativa **c**.

- (Fuvest-SP) Em uma academia de musculação, uma barra B, com 2,0 m de comprimento e massa de 10 kg, está apoiada de forma simétrica em dois suportes, S_1 e S_2 , separados por uma distância de 1,0 m, como indicado na figura. Para a realização de exercícios, vários discos, de diferentes massas M , podem ser colocados em encaixes, E, com seus centros a 0,10 m de cada extremidade da barra. O primeiro disco deve ser escolhido com cuidado, para não desequilibrar a barra.



Dentre os discos disponíveis, cujas massas estão indicadas a seguir, aquele de maior massa e que pode ser colocado em um dos encaixes, sem desequilibrar a barra, é o disco de:

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

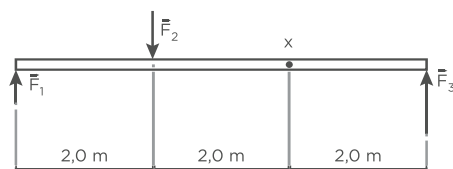
Considerando que o peso da barra esteja aplicado em B e que, no limite do tombamento, a normal no apoio 1 seja nula, temos o seguinte equilíbrio de momentos em relação ao apoio 2 (polo):

$$\sum M_{F,2} = 0 \Rightarrow +P_{\text{barra}} \cdot BS_2 - P \cdot S_2E = 0 \Rightarrow +m_{\text{barra}} \cdot g \cdot BS_2 - M \cdot g \cdot S_2E = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{barra}} \cdot BS_2 = M \cdot S_2E \Rightarrow 10 \cdot 0,5 = M \cdot (0,5 - 0,1) \therefore M = 12,5 \text{ kg}$$

Logo, dentre os discos disponíveis, aquele de maior massa e que pode ser colocado em um dos encaixes, sem desequilibrar a barra, é o disco de 10 kg.

- (Mack-SP) A barra homogênea, de peso desprezível, está sob a ação de três forças de intensidades $F_1 = 20 \text{ N}$, $F_2 = 40 \text{ N}$ e $F_3 = 60 \text{ N}$.



A rotação produzida na barra em torno do ponto x é

- a) no sentido anti-horário com um momento resultante de $1,2 \cdot 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$.
- b) no sentido horário com um momento resultante de $1,2 \cdot 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$.
- c) no sentido anti-horário com um momento resultante de $1,6 \cdot 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$.
- d) no sentido horário com um momento resultante de $1,6 \cdot 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$.
- e) inexistente.

A força $\vec{F}_1$ tende a rotacionar a barra, em relação ao ponto x , no sentido horário. Já as forças $\vec{F}_2$ e $\vec{F}_3$ tendem a rotacionar a barra, em relação ao ponto x , no sentido anti-horário. Logo, o momento resultante, utilizando a convenção de sinais para momentos, será:

$$M_R = M_{F_1} + M_{F_2} + M_{F_3}$$

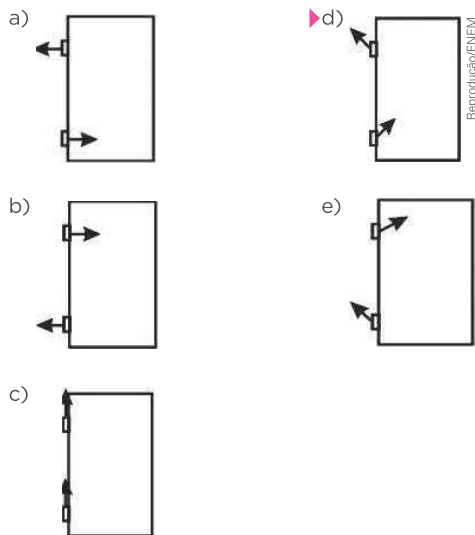
$$M_R = -F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2 + F_3 \cdot d_3$$

$$M_R = -20 \cdot 4 + 40 \cdot 2 + 60 \cdot 2$$

$$\therefore M_R = +120 \text{ N} \cdot \text{m} = +1,2 \cdot 10^2 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ (anti-horário)}$$

- (Enem) O mecanismo que permite articular uma porta (de um móvel ou de acesso) é a dobradiça. Normalmente, são necessárias duas ou mais dobradiças para que a porta seja fixada no móvel ou no portal, permanecendo em equilíbrio e podendo ser articulada com facilidade.

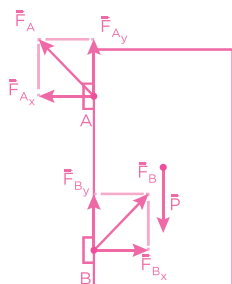
No plano, o diagrama vetorial das forças que as dobradiças exercem na porta está representado em



A força de cada dobradiça sobre a porta pode ser dividida em uma componente horizontal e outra vertical. O sentido dessas componentes pode ser determinado da seguinte maneira:

- Ambas as dobradiças devem empurrar a porta para cima a fim de equilibrar a ação do peso, que é para baixo.
- O peso tende a rotacionar a porta no sentido horário, arrancando a dobradiça superior e esmagando a dobradiça inferior. Logo, para equilibrar essa ação, a dobradiça superior deve puxar a porta para a esquerda e a dobradiça inferior deve empurrar a porta para a direita.

A figura seguinte resume essas ideias.

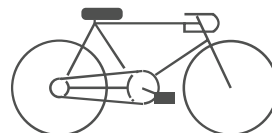


Logo, a resposta é d.

- (Enem)

As bicicletas possuem uma corrente que liga uma coroa dentada dianteira, movimentada pelos pedais, a uma coroa localizada no eixo da roda traseira, como mostra a figura.

O número de voltas dadas pela roda traseira a cada pedalada depende do tamanho relativo destas coroas.



Com relação ao funcionamento de uma bicicleta de marchas, onde cada marcha é uma combinação de uma das coroas dianteiras com uma das coroas traseiras, são formuladas as seguintes afirmativas:

- I. Numa bicicleta que tenha duas coroas dianteiras e cinco traseiras, temos um total de dez marchas possíveis onde cada marcha representa a associação de uma das coroas dianteiras com uma das traseiras.
- II. Em alta velocidade, convém acionar a coroa dianteira de maior raio com a coroa traseira de maior raio também.
- III. Em uma subida íngreme, convém acionar a coroa dianteira de menor raio e a coroa traseira de maior raio.

Entre as afirmações anteriores, estão corretas:

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

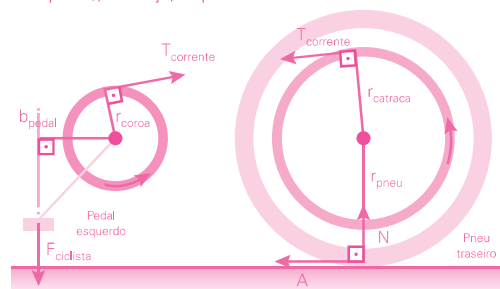
I. Correta. O número de marchas de uma bicicleta é dado pelo número de acoplamentos possíveis entre as coroas dianteiras e as traseiras, ou seja, pelo produto entre o número de coroas dianteiras e traseiras. Dessa maneira, temos: $2 \cdot 5 = 10$ marchas.

II. Incorreta. Para que a bicicleta tenha velocidade máxima, o pneu traseiro deve girar com a maior velocidade possível, ou seja, a velocidade angular da coroa traseira (catraca) deve ser máxima. Por outro lado, como o ciclista já está pedalando no seu limite, ou seja, o mais rapidamente possível, a velocidade angular da coroa dianteira é constante. Dessa maneira:

$$\omega_{\text{catraca}} \cdot r_{\text{catraca}} = \omega_{\text{coroa}} \cdot r_{\text{coroa}} \Rightarrow \underbrace{\omega_{\text{catraca}}}_{\text{máximo}} = \underbrace{\omega_{\text{coroa}}}_{\text{constante}} \cdot \frac{\underbrace{r_{\text{coroa}}}_{\text{máximo}}}{\underbrace{r_{\text{catraca}}}_{\text{mínimo}}}$$

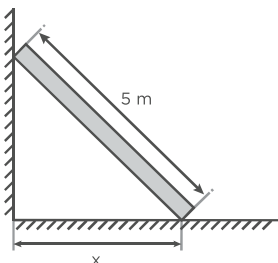
Conclusão: para pedalar com a maior velocidade possível, deve-se escolher a coroa de maior raio e a catraca de menor raio.

III. Correta. A combinação que permite pedalar com menor esforço físico, ou seja, aplicando a menor força possível, seja em uma subida íngreme, seja em uma arrancada a partir do repouso, é a mesma. Sendo assim, por simplicidade, analisaremos a situação em que a bicicleta se movimenta em um plano horizontal. O esquema seguinte mostra as forças que atuam apenas nos conjuntos (coroa + pedal) e (catraca + pneu), ou seja, suprimindo a corrente da análise de forças:



Veja, no *Caderno do Professor*, notas sobre a resolução deste exercício.

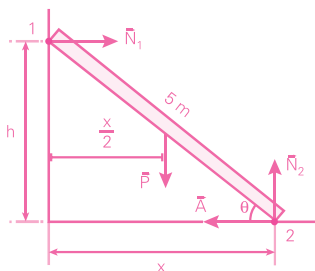
- (Uece) Uma escada está apoiada entre uma parede vertical sem atrito e o chão (horizontal), conforme mostra a figura a seguir.



Considerando que a escada se comporta como uma barra homogênea de 5 m e peso 100 N, e sabendo que o coeficiente de atrito estático entre a escada e o chão é 0,5, a distância máxima x que a base da escada pode estar da parede, sem deslizar, é, aproximadamente, igual a

- a) 1,5 m. c) 3,5 m.
b) 2,5 m. d) 4,5 m.

O esquema seguinte mostra a escada e as forças nela aplicadas.



Desse modo:

1ª) Equilíbrio de forças:

$$\begin{cases} \text{Na horizontal: } N_1 - A = 0 \Rightarrow N_1 = A \text{ (I)} \\ \text{Na vertical: } N_2 - P = 0 \Rightarrow N_2 = P = 100 \text{ (II)} \end{cases}$$

2ª) Equilíbrio de momentos em relação ao ponto 1:

$$N_2 \cdot x - A \cdot h - P \cdot \frac{x}{2} = 0 \Rightarrow N_2 \cdot x = A \cdot h + 100 \cdot \frac{x}{2} \\ \therefore N_2 \cdot x = A \cdot h + 50 \cdot x \text{ (III)}$$

3ª) Como a escada está na iminência do escorregamento:

$$A = \mu \cdot N_2$$

Do enunciado, $\mu = 0,5$. Logo, $A = 0,5 \cdot N_2$

Substituindo esse resultado em (III):

$$N_2 \cdot x = 0,5 \cdot N_2 \cdot h + 50 \cdot x \text{ (IV)}$$

Substituindo (II) em (IV):

$$100 \cdot x = \mu \cdot 100 \cdot h + 50 \cdot x \therefore x = h$$

Da figura, temos:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h}{x} \text{ e } x = h;$$

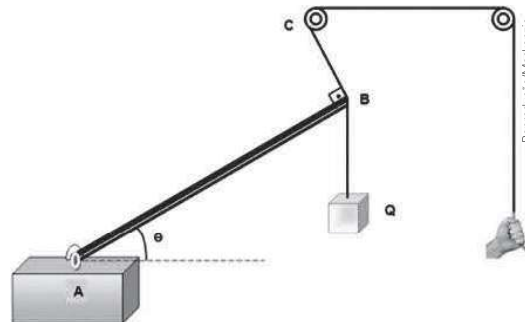
$$\operatorname{tg} \theta = 1 \therefore \theta = 45^\circ$$

$$\text{Também que: } \cos \theta = \frac{x}{5}.$$

Portanto, finalmente:

$$x = 5 \cdot \cos 45^\circ \Rightarrow x \approx 5 \cdot 0,7 \therefore x \approx 3,5 \text{ m}$$

- (Mack-SP) Com o intuito de facilitar seu trabalho, um operário construiu um artifício com cordas e polias fixas ideais e ainda uma barra homogênea de comprimento $L = 20 \text{ m}$, articulada no ponto A. A massa da barra vale $M_B = 60 \text{ kg}$ e o peso do bloco levantado tem módulo $Q = 500 \text{ N}$.

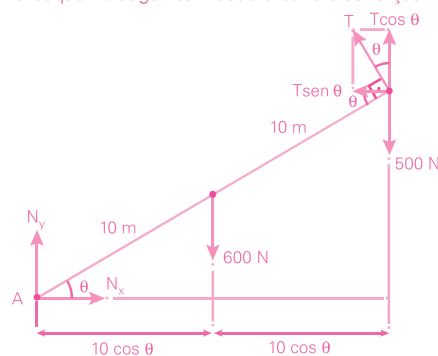


Considerando-se que o sistema está em equilíbrio no instante em que é retratado, que o módulo da aceleração gravitacional local seja $g = 10 \text{ m/s}^2$, que o trecho BC da corda esteja perpendicular à barra e que o valor do ângulo é $\theta = 53^\circ$, afirma-se corretamente que o módulo da reação horizontal da força na barra no ponto A vale, em N (newton),

Dados: $\sin 53^\circ = 0,80$; $\cos 53^\circ = 0,60$

- a) 650
b) 534
c) 400
d) 384
e) 250

O esquema seguinte mostra a barra e as forças nela aplicadas:



Como a barra está em equilíbrio estático:

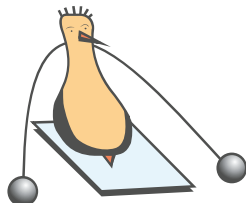
1ª) Equilíbrio de momentos em relação ao ponto A

$$T \cdot 20 - 600 \cdot 10 \cdot 0,6 - 500 \cdot 20 \cdot 0,6 = 0 \\ 20T = 3600 + 6000 \\ \therefore T = 480 \text{ N}$$

2ª) Equilíbrio horizontal de forças

$$N_x - T \sin \theta = 0 \\ N_x - 480 \cdot 0,8 = 0 \\ \therefore N_x = 384 \text{ N}$$

- (Unesp-SP) É dado um passarinho de madeira cujo centro de gravidade situa-se no seu próprio corpo. A seguir, fixamos no passarinho um arame com duas bolas de madeira conforme indica a figura.

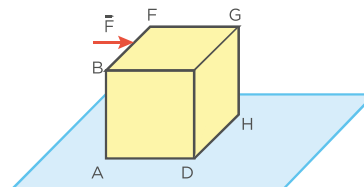


Apoiando-se o pé do passarinho numa superfície plana, ele permanece em equilíbrio estável porque o centro de gravidade do sistema (passarinho + fio com bolas) situa-se:

- no pescoço do passarinho, por onde passa o fio.
- na barriga do passarinho.
- no bico do passarinho.
- entre os olhos do passarinho.
- ▶ e) abaixo do ponto de apoio do passarinho na superfície plana.

Para que o passarinho permaneça em equilíbrio estável, seu centro de gravidade (ponto de aplicação da força peso) deve se situar abaixo do ponto de apoio (ponto de aplicação da normal). Dessa maneira, se o passarinho sofrer uma pequena perturbação, seu peso vai gerar um momento estabilizante.

- (PUC-PR) Uma caixa de forma cúbica, cheia de areia, de massa total 120 kg, repousa sobre uma superfície horizontal. Deseja-se fazer a caixa girar em torno de sua aresta DH, aplicando-se uma força $\vec{F}$ horizontal e perpendicularmente à aresta BF, conforme mostra a figura. Considerando-se $g = 10 \text{ m/s}^2$, são feitas as seguintes proposições:

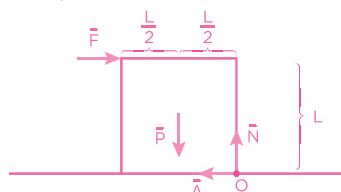


- Se a força $\vec{F}$ for aplicada horizontalmente, conforme indicado na figura, seu valor mínimo para iniciar o giro da caixa será de 600 N.
- Se a força $\vec{F}$ for aplicada horizontalmente em BF, conforme mostra a figura, o coeficiente de atrito mínimo entre a caixa e o piso, para que ocorra o giro, deve ser 0,5.
- O procedimento mais eficiente para se obter o giro, com menor força, é aplicar $\vec{F}$ na direção perpendicular ao plano que contém as diagonais BD e FH.

Está correta ou estão corretas:

- Apenas I e II.
- Apenas II e III.
- Apenas I e III.
- Apenas I.
- ▶ e) Todas.

I. Correta. A figura seguinte mostra as forças aplicadas na caixa quando ela estiver na iminência do giro.



Note que a caixa está descolando da superfície de apoio e, por isso, a normal está aplicada apenas na aresta DH.

Nessas condições, o valor absoluto do momento da força $\vec{F}$ em relação à aresta DH, denominado momento de tombamento, é $|M_F| = F \cdot L$. Já o valor absoluto do momento do peso da caixa em relação à mesma aresta, denominado momento estabilizante, é $|M_P| = P \cdot \frac{L}{2}$.

Para que a caixa comece a girar, devemos ter $|M_F| > |M_P|$.

Sendo $CD = AD$ e $P = 1\,200 \text{ N}$:

$$|M_F| > |M_P| \Rightarrow F \cdot CD > 1\,200 \cdot \frac{CD}{2} \therefore F > 600 \text{ N}$$

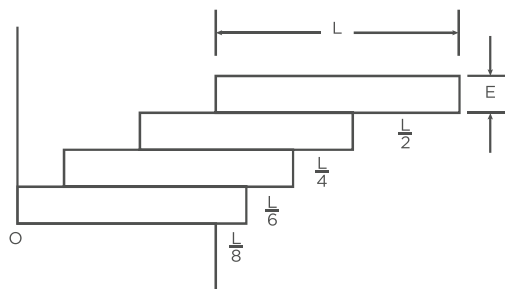
- II. Correta. Como a caixa está em repouso, há equilíbrio de forças, ou seja, $N = P$ e $F = A$.

Como $P = 1\,200 \text{ N}$ e $F_{\min} = 600 \text{ N}$ (item I), teremos, na iminência do escorregamento, que:

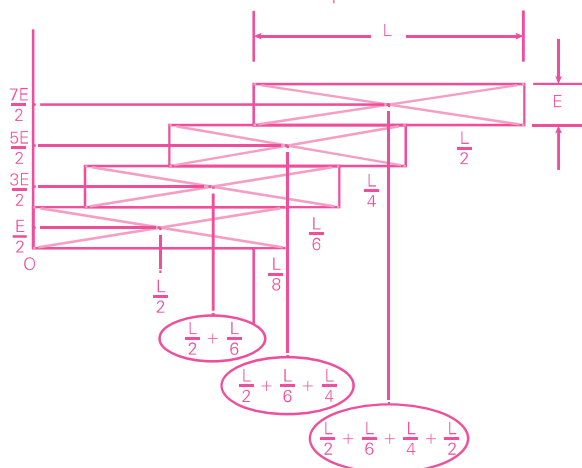
$$A = \mu \cdot N \Rightarrow 600 = \mu \cdot 1\,200 \therefore \mu_{\min} = 0,5$$

- III. Correta. O momento da força $\vec{F}$ será máximo quando o braço de alavanca da força $\vec{F}$ for máximo. Isso ocorrerá quando a medida do braço for igual à medida da diagonal do cubo.

- (UFPR) Quatro blocos homogêneos e idênticos de massa m , comprimento $L = 20$ cm e espessura $E = 8$ cm estão empilhados conforme mostra a figura a seguir. Considere que o eixo y coincide com a parede localizada à esquerda dos blocos, que o eixo x coincide com a superfície horizontal sobre a qual os blocos se encontram e que a intersecção desses eixos define a origem O . Com base nos dados da figura e do enunciado, calcule as coordenadas x e y da posição do centro de massa do conjunto de blocos.



Na figura do enunciado, mostram-se as abscissas e as ordenadas dos centros de massa dos blocos empilhados.



Logo:

$$x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + m_4 x_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

$$x_{CM} = \frac{m \cdot \frac{L}{2} + m \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{6} \right) + m \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{6} + \frac{L}{4} \right) + m \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{6} + \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \right)}{4m}$$

$$x_{CM} = \frac{m \left(\frac{42L}{12} \right)}{4m} = 0,875L = 0,875 \cdot 20$$

$$\therefore x_{CM} = 17,5 \text{ cm}$$

$$y_{CM} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + m_4 y_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

$$y_{CM} = \frac{m \cdot \frac{E}{2} + m \left(\frac{3E}{2} \right) + m \left(\frac{5E}{2} \right) + m \left(\frac{7E}{2} \right)}{4m}$$

$$y_{CM} = \frac{m \frac{16E}{2}}{4m} = 2E = 2 \cdot 8$$

$$\therefore y_{CM} = 16 \text{ cm}$$

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Tarefa Mínima

Aula 48

- Leia o item 1 da seção *Nestas aulas*.
- Faça as questões 16 a 19 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Aula 49

- Leia o item 2 da seção *Nestas aulas*.
- Faça as questões 31 a 34 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Aula 50

- Leia o item 3 da seção *Nestas aulas*.
- Faça as questões 46 a 49 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Complementar

Aula 48

- Leia o item 3 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 20 a 23 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Aula 49

- Leia o item 4 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 35 a 38 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Aula 50

- Leia o item 5 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.
- Faça as questões 50 a 53 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Tarefa Desafio

Aula 48

- Faça as questões 24 e 25 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Aula 49

- Faça as questões 39 e 40 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

Aula 50

- Faça as questões 54 e 55 do capítulo 1 de *Estática dos corpos sólidos e fluidos* do *Caderno de Estudos*.

- (Enem) Os densímetros instalados nas bombas de combustível permitem averiguar se a quantidade de água presente no álcool hidratado está dentro das especificações determinadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). O volume máximo permitido de água no álcool é de 4,9%. A densidade da água e do álcool anidro são de $1,00 \text{ g/cm}^3$ e $0,80 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br>. Acesso em: 5 dez. 2011 (adaptado).

A leitura no densímetro que corresponderia à fração máxima permitida de água é mais próxima de

- a) $0,20 \text{ g/cm}^3$.
- b) $0,81 \text{ g/cm}^3$.
- c) $0,90 \text{ g/cm}^3$.
- d) $0,99 \text{ g/cm}^3$.
- e) $1,80 \text{ g/cm}^3$.

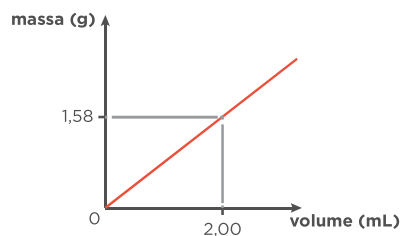
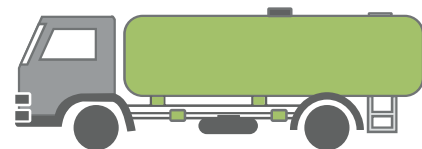
O volume máximo permitido de água no álcool é de 4,9%.

Logo, em uma amostra de 100 cm^3 , temos $4,9 \text{ cm}^3$ de água e $95,1 \text{ cm}^3$ de álcool. A densidade dessa mistura é:

$$d = \frac{m_{\text{álcool}} + m_{\text{água}}}{V_{\text{álcool}} + V_{\text{água}}} \Rightarrow d = \frac{0,8 \cdot 95,1 + 1 \cdot 4,9}{100}$$

$$\therefore d = 0,81 \text{ g/cm}^3$$

- (Falbe-SP) Um caminhão-tanque, estacionado sobre um piso plano e horizontal, tem massa de 12 toneladas quando o tanque transportador, internamente cilíndrico, de raio interno 1 m, está totalmente vazio. Quando esse tanque está completamente cheio de combustível, ele fica submetido a uma reação normal do solo de 309600 N.



Com base nessas informações e nas contidas no gráfico, referentes ao combustível transportado, determine o comprimento interno do tanque cilíndrico, em unidades do SI. Suponha invariável a densidade do combustível em função da temperatura.

- a) 8
- b) 10
- c) 12
- d) 15

1) Cálculo da massa de combustível

A massa de combustível (m_c) pode ser obtida pela diferença entre a massa do caminhão completamente carregado (m_t) e a massa do caminhão vazio (m):

$$m_c = m_t - m \Rightarrow m_c = 30960 - 12000 \therefore m_c = 18960 \text{ kg}$$

2) Cálculo da densidade d_c do combustível

A partir do gráfico, temos que:

$$d_c = \frac{1,58 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} \therefore d_c = 0,79 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

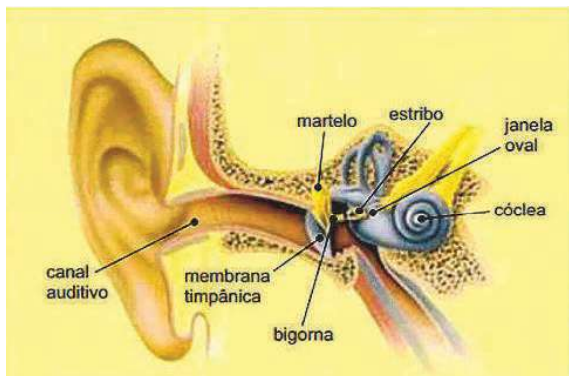
3) Cálculo do volume V do tanque

$$d_c = \frac{m_c}{V_c} \Rightarrow 0,79 \cdot 10^{-3} = \frac{18960}{V_c} \therefore V_c = 24 \text{ m}^3$$

4) Cálculo do comprimento L do tanque

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L \Rightarrow L = \frac{V}{\pi \cdot R^2} \Rightarrow L = \frac{24}{3 \cdot \pi^2} \therefore L = 8 \text{ m}$$

- (Unesp-SP) No sistema auditivo humano, as ondas sonoras são captadas pela membrana timpânica, que as transmite para um sistema de alavancas formado por três ossos (martelo, bigorna e estribo). Esse sistema transporta as ondas até a membrana da janela oval, de onde são transferidas para o interior da cóclea. Para melhorar a eficiência desse processo, o sistema de alavancas aumenta a intensidade da força aplicada, o que, somado à diferença entre as áreas das janelas timpânica e oval, resulta em elevação do valor da pressão.



Reprodução/UNESP

Considere que a força aplicada pelo estribo sobre a janela oval seja 1,5 vez maior do que a aplicada pela membrana timpânica sobre o martelo e que as áreas da membrana timpânica e da janela oval sejam $42,0 \text{ mm}^2$ e $3,0 \text{ mm}^2$, respectivamente. Quando uma onda sonora exerce sobre a membrana timpânica uma pressão de valor P_T a correspondente pressão exercida sobre a janela oval vale

- a) $42 P_T$
- b) $14 P_T$
- c) $63 P_T$
- d) $21 P_T$
- e) $7 P_T$

A intensidade da força F_O aplicada pelo estribo sobre a janela oval é 1,5 vez maior do que a intensidade da força F_M aplicada pela membrana timpânica sobre o martelo:

$$F_O = 1,5 F_M$$

Utilizando a definição de pressão média:

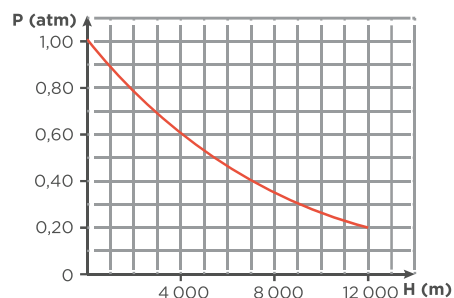
$$P_O \cdot A_O = 1,5 \cdot P_T \cdot A_T$$

Sendo $A_T = 42,0 \text{ mm}^2$ e $A_O = 3,0 \text{ mm}^2$:

$$P_O \cdot 3 = 1,5 \cdot P_T \cdot 42$$

$$\therefore P_O = 21 \cdot P_T$$

- (Fuvest-SP) Um avião que voa a grande altura é pressurizado para conforto dos passageiros. Para evitar sua explosão é estabelecido o limite máximo de 0,5 atmosfera para a diferença entre a pressão interna no avião e a externa. O gráfico representa a pressão atmosférica P em função da altura H acima do nível mar.



Se o avião voa a uma altura de 7000 metros e é pressurizado até o limite, os passageiros ficam sujeitos a uma pressão igual à que reina na atmosfera a uma altura de aproximadamente

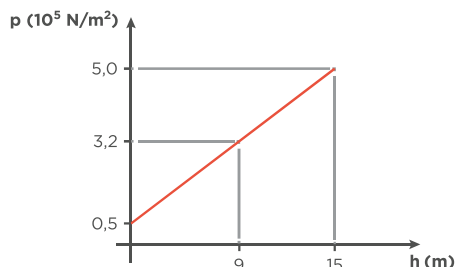
- a) 0 m
- b) 1000 m
- c) 2000 m
- d) 5500 m
- e) 7000 m

De acordo com o gráfico, a uma altitude de 7000 m, a pressão externa ao avião é 0,40 atm. Dessa maneira, para o avião não explodir, a diferença entre as pressões interna e externa não pode ultrapassar 0,5 atm. Assim, a pressão interna não pode ser superior a 0,9 atm.

Observando-se o gráfico, essa pressão equivale a uma altitude de 1000 m.

EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

- (Udesc) O gráfico a seguir ilustra a variação da pressão em função da profundidade, para um líquido contido em um reservatório aberto.



No local onde se encontra o reservatório, os valores da pressão atmosférica e da densidade do líquido são, respectivamente, iguais a:

- a) $5,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $3,0 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$
► b) $5,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ e $3,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
 c) $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
 d) $1,5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ e $3,6 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$
 e) $0,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $3,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

1) Quando a profundidade h é nula, a pressão é igual à pressão atmosférica. De acordo com o gráfico, $p_{\text{atm}} = 0,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

2) Segundo o gráfico, quando a profundidade é $h = 9 \text{ m}$, a pressão é $p = 3,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Sabendo que $p_{\text{atm}} = 0,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, temos, de acordo com o teorema de Stevin, que:

$$p = p_{\text{atm}} + d \cdot g \cdot h \Rightarrow 3,2 \cdot 10^5 = 0,5 \cdot 10^5 + d \cdot 10 \cdot 9$$

$$\therefore d = 3,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

- (PUC-RJ) Um pequeno balão esférico flexível, que pode aumentar ou diminuir de tamanho, contém 1,0 litro de ar e está, inicialmente, submerso no oceano a uma profundidade de 10,0 m. Ele é lentamente levado para a superfície, a temperatura constante. O volume do balão (em litros), quando este atinge a superfície, é

Dados:

- $p_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;
- $\rho_{\text{água}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$

- a) 0,25 b) 0,50 c) 1,0 **► d) 2,0** e) 4,0

A 10 m de profundidade, a pressão sobre o balão é dada por:

$$p_1 = p_{\text{atm}} + \rho_{\text{água}} \cdot g \cdot h \Rightarrow p_1 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10$$

$$\therefore p_1 = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Próximo à superfície, a pressão p_2 sobre o balão é praticamente igual à pressão atmosférica:

$$p_2 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Logo, de acordo com a lei de Boyle, temos:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$\text{Sendo } V_1 = 1,0 \text{ L:}$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow 2,0 \cdot 10^5 \cdot 1,0 = 1,0 \cdot 10^5 \cdot V_2$$

$$\therefore V_2 = 2,0 \text{ L}$$

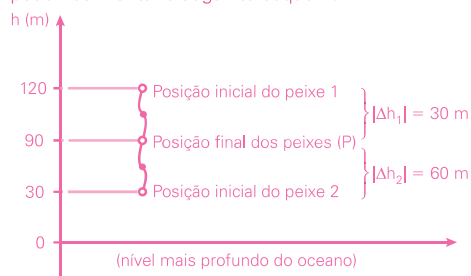
- (Unesp-SP) O relevo submarino de determinada região está representado pelas curvas de nível mostradas na figura, na qual os valores em metros representam as alturas verticais medidas em relação ao nível de referência mais profundo, mostrado pela linha vermelha.



Dois peixes, 1 e 2, estão inicialmente em repouso nas posições indicadas e deslocam-se para o ponto P, onde param novamente. Considere que toda a região mostrada na figura esteja submersa, que a água do mar esteja em equilíbrio e que sua densidade seja igual a 10^3 kg/m^3 . Se $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$, pode-se afirmar, considerando-se apenas os pontos de partida e de chegada, que, durante seu movimento, o peixe

- a) 2 sofreu uma redução de pressão de 3 atm.
 b) 1 sofreu um aumento de pressão de 4 atm.
 c) 1 sofreu um aumento de pressão de 6 atm.
► d) 2 sofreu uma redução de pressão de 6 atm.
 e) 1 sofreu uma redução de pressão de 3 atm.

A partir das curvas de nível apresentadas no enunciado, podemos montar o seguinte esquema:



Da situação descrita acima, tem-se:

• para o peixe 1, há um aumento de pressão decorrente de um aumento de profundidade, que pode ser calculado como:

$$\Delta p_1 = d \cdot g \cdot \Delta h_1 \Rightarrow \Delta p_1 = 10^3 \cdot 10 \cdot 30$$

$$\therefore \Delta p_1 = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa ou } \Delta p_1 = 3 \text{ atm}$$

• para o peixe 2, há uma redução de pressão decorrente de uma diminuição de profundidade, que pode ser calculada como:

$$\Delta p_2 = d \cdot g \cdot \Delta h_2 \Rightarrow \Delta p_2 = 10^3 \cdot 10 \cdot 60$$

$$\therefore \Delta p_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa ou } \Delta p_2 = 6 \text{ atm}$$