

Unidade VIII: Estática e Equilíbrio de um corpo rígido

8.1 - Equilíbrio: Um corpo pode estar em equilíbrio das seguintes formas:

- Equilíbrio estático** - É aquele no qual o corpo está em repouso, isto é, sua velocidade é nula no decorrer do tempo.
- Equilíbrio dinâmico** - É aquele no qual o corpo está em movimento retilíneo uniforme, isto é, sua velocidade é constante em módulo ($v = \text{cte}$) e diferente de zero e também mantém a mesma direção e sentido.

No tópico a seguir, estudaremos o equilíbrio estático dos corpos.

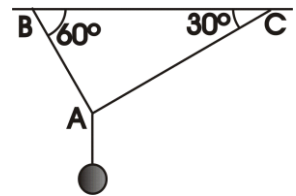
8.2 - Equilíbrio estático de um ponto material:

Para que um ponto material esteja em equilíbrio estático é necessário e suficiente que a resultante de todas as forças que nele agem seja nula e que $v = 0$.

$$\mathbf{R} = \mathbf{0} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} R_x &= 0 \\ R_y &= 0 \end{aligned}$$

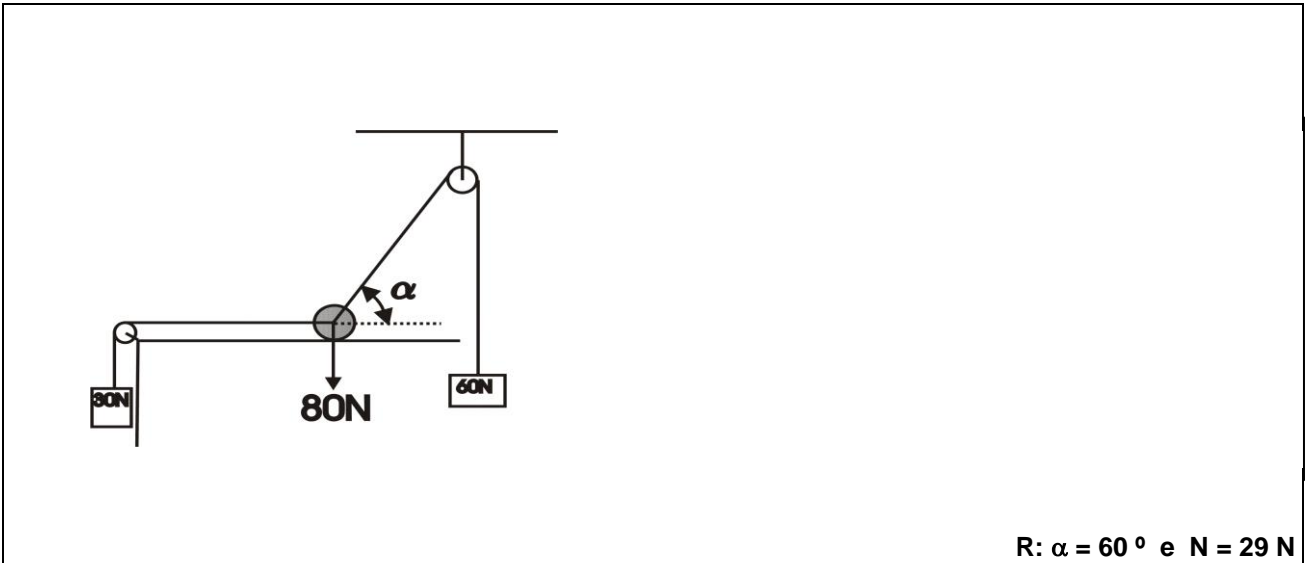
Vamos ver no primeiro exercício como esta condição funciona:

Exemplo 1: Um corpo de peso 80 N é mantido em equilíbrio por dois fios, conforme indica a figura. Determinar a intensidade das trações suportadas pelos fios AB e AC.



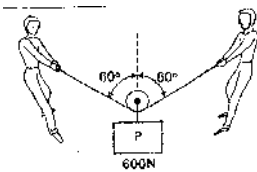
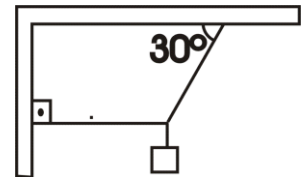
$$\mathbf{R}: T_1 = 40 \text{ N e } T_2 = 40 \sqrt{3} \text{ N}$$

Exemplo 2: Sabendo-se que o sistema indicado na figura está em equilíbrio, determinar o ângulo α e a reação normal do apoio sobre a esfera. Adotar $\sin 60^\circ = 0,85$.



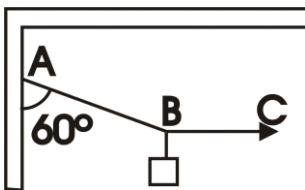
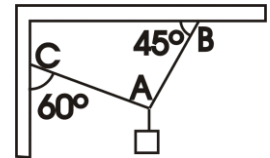
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO:

01) Um corpo de peso 400 N encontra-se em equilíbrio, como mostra a figura. Determine a intensidade das forças tensoras nas cordas, supostas de pesos desprezíveis.



02) Duas pessoas carregam uma carga utilizando uma corda que passa por uma polia, conforme ilustra a figura. Calcule a intensidade da força que cada pessoa está exercendo.

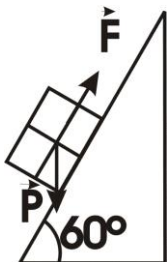
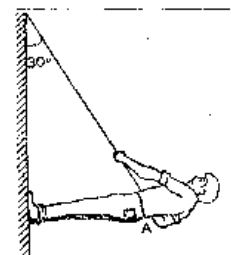
03) Calcule a força em cada um dos fios AB e AC, sabendo que o peso do corpo pendurado é de 26 N. Adote $\sin 45^\circ = 0,7$ e $\cos 30^\circ = 0,8$.



04) Um bloco de peso $P = 80\text{ N}$ é sustentado por fios, como indica a figura.
 a) Qual a intensidade da tração no fio AB?
 b) Qual a intensidade da tração no fio horizontal BC?

05) O homem indicado na figura tem massa 70 kg e está em equilíbrio. Sabendo que o homem se encontra numa posição horizontal, que seu peso age no ponto A e que $\cos 30^\circ = 0,8$. Calcule:

- a) a força tensora no fio;
- b) a reação oposta aos pés do homem pela parede.



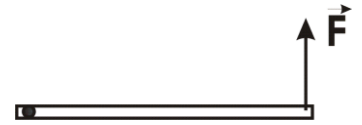
06) Um corpo de peso 200 N encontra-se em equilíbrio sobre um plano inclinado sob a ação de uma força F paralela ao plano. Desprezando-se os atritos, calcule:

- a) a intensidade de F .
- b) a intensidade da força normal que o corpo exerce sobre o plano inclinado.

8.3 - Momento de uma força:

É mais fácil abrir uma porta quando aplicamos a força cada vez mais distante do eixo de rotação. Portanto há uma relação entre a força aplicada e a distância do ponto de aplicação ao eixo de rotação. Esta relação é denominada de momento.

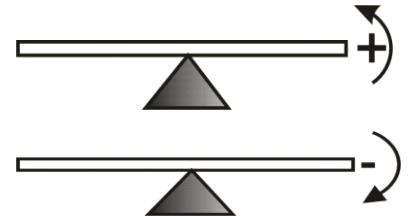
8.3.1 - Definição: O momento de uma força \vec{F} , em relação a um ponto O fixo, é o produto da força \vec{F} pela distância d do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação. (sempre perpendicular à alavanca)



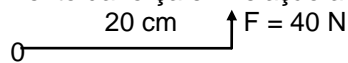
8.3.2 - Unidades: No SI = N . m No CGS = dyn . cm

obs. 1º) O momento de uma força tende sempre a causar um movimento de rotação.

- 2º) O momento pode ser positivo ou negativo:
 a) rotação anti-horária - momento positivo.
 b) rotação horária - momento negativo.



Exemplo 1: Ache o momento da força em relação ao ponto O.



R: $M_{F,0} = 8 \text{ N.m}$

Exemplo 2: Uma régua de 30 cm de comprimento é fixada numa parede no ponto O, em torno do qual pode girar. Calcular os momentos de F_1 e F_2 de intensidade 50N e 60N, respectivamente, em relação ao ponto O.

R: $M_{F1,0} = 0$ $M_{F2,0} = -18 \text{ N.m}$

Exemplo 3: Dada a figura, ache o momento de F em relação ao ponto A. Dado $F = 6\text{N}$.

R: 3 N.m

8.4 - Momento Resultante:

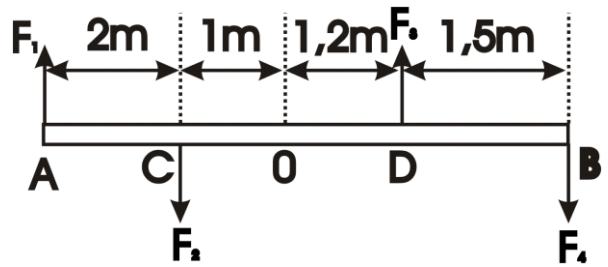
O momento resultante de um sistema de forças em relação a um ponto é a soma algébrica dos momentos das forças componentes em relação ao mesmo ponto.

Exemplo: Considerar as forças atuantes sobre a barra AB de peso desprezível, indicadas na figura.

Determinar:

- a) o momento de cada uma das forças em relação ao ponto O.
- b) o momento resultante em relação ao ponto O.

Dados: $F_1 = 8\text{ N}$ $F_2 = 6\text{ N}$ $F_3 = 10\text{ N}$ $F_4 = 20\text{ N}$

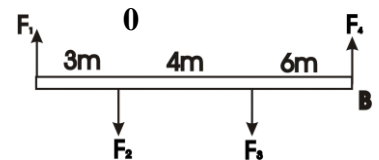


R: a) $M_{F1,0} = -24\text{ Nm}$ $M_{F2,0} = 6\text{ Nm}$ $M_{F3,0} = 12\text{ Nm}$ $M_{F4,0} = -54\text{ Nm}$ b) -60 N.m sentido horário.

Exercício de aprendizagem:

Uma barra de peso desprezível está sob a ação de forças, como indica a figura. Dados: $F_1 = 10\text{ N}$; $F_2 = 8\text{ N}$; $F_3 = 6\text{ N}$ e $F_4 = 4\text{ N}$. Determine:

- a) o momento de cada força em relação ao ponto O;
- b) o momento resultante em relação ao ponto O;
- c) o sentido em que a barra gira.



R: a) $-30, 0, -24, 40\text{ Nm}$ b) -14 Nm c) horário

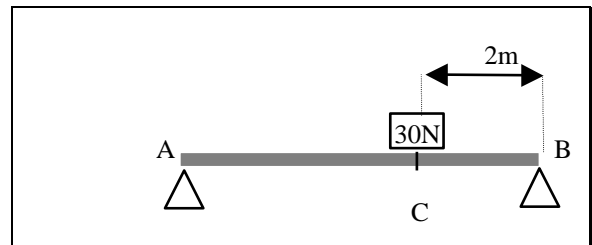
8.5 Equilíbrio estático de um corpo extenso:

As condições necessárias e suficientes para que um corpo extenso, isto é, de dimensões não desprezíveis, se mantenha em equilíbrio estático são:

C O N D I Ç Õ E S	1 ^a	A resultante de todas as forças que nele agem é nula.	$R_x = 0$ $R = 0 \Rightarrow$ $R_y = 0$	Esta condição faz com que o corpo não tenha movimentos de translação.
	2 ^a	A soma algébrica dos momentos de todas as forças que nele atuam em relação a um mesmo ponto é nula.	$\sum M = 0$	Esta condição faz com que o corpo não tenha movimento de rotação.

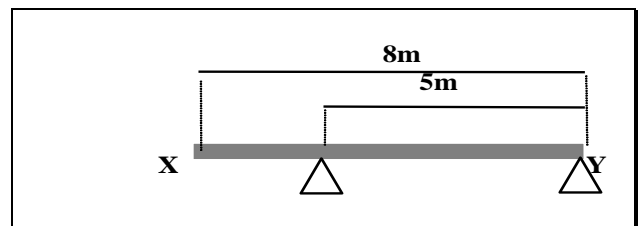
obs. Se no problema tiver um corpo homogêneo, você deverá considerar que o peso da viga estará bem no centro da viga. Isto ocorre para todos os corpos homogêneos e simétricos.

Exemplo: Uma viga de 6 metros de comprimento, pesando 100N, está apoiada nas duas extremidades A e B e suporta um peso de 30N, conforme indica a figura: Calcular a intensidade das reações nos apoios A e B.



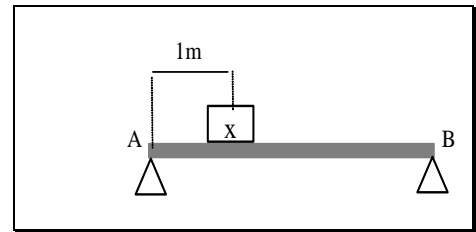
R: $R_A = 60N$ e $R_B = 70N$

A viga homogênea de peso 80N indicada na figura está em equilíbrio e apoiada nos pontos X e Y. Calcule as reações nos apoios.

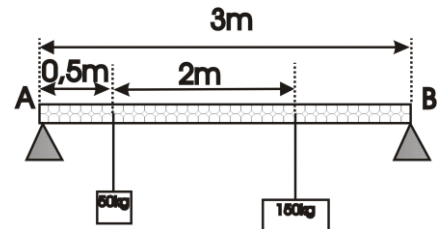


Exercícios de Fixação:

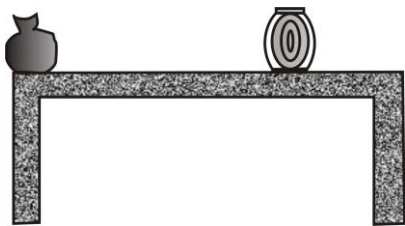
01) A viga indicada na figura tem 4 metros de comprimento, pesa 80N e está apoiada nos pontos A e B. Sabendo que o peso do corpo X é de 20N, calcule as reações nos apoios A e B.



02) O sistema apresentado na figura está em equilíbrio. Sabendo que a barra é homogênea e de secção reta uniforme e que o peso do corpo é 100 N, determine o peso da barra.

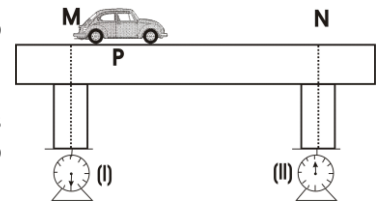


03) A barra AB é uniforme e tem massa igual a 100 kg. Ela está apoiada nas suas extremidades e suporta as massas ilustradas na figura. Adotando $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, determine as reações nos apoios A e B.

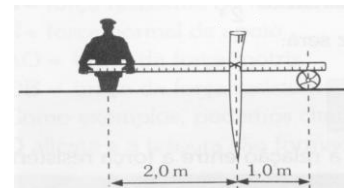


04) Um balcão de madeira homogênea, com espessura constante, está apoiado no piso plano e horizontal. O balcão tem 8 metros de comprimento e 50 kg de massa. Numa de suas extremidades está apoiado um saco de 30 kg, e a $\frac{3}{4}$ dessa extremidade está apoiado um barril de 100 kg de massa. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine as reações de apoio que o balcão recebe de seus pés.

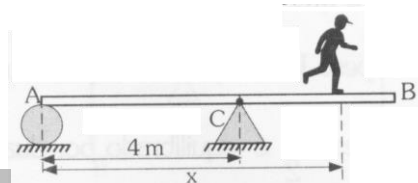
05) Um modelo (maquete) de uma ponte é recortado em material homogêneo (madeira prensada por ex.) e repousa sobre duas balanças. Um automóvel de brinquedo anda sobre a ponte com velocidade constante. No instante em que o automóvel passa por P, tal que $MP = \frac{1}{4} MN$, as indicações das balanças são: balança (I) = 16N e balança (II) = 12N. Determine os pesos do modelo da ponte e do automóvel.



06) Um homem e um menino se propõem a transportar um pedaço de madeira de 9 metros de comprimento e 500N de peso, cujo centro de gravidade está situado a 2 m de uma das extremidades. Se o homem se colocar no extremo mais próximo do centro de gravidade, determine a posição que o menino deverá ocupar, a contar do outro extremo, para que faça um terço da força do homem.



07) Para arrancar uma estaca do solo, deve-se puxá-la com uma força de 1500N, verticalmente. Determine a força mínima que o homem deve fazer para arrancar a estaca, usando o arranjo indicado na figura.



08) Uma barra homogênea AB da figura tem 6 metros de comprimento e pesa 1 000N. Há um ponto fixo C no qual a barra é articulada sem atrito. A barra repousa sobre a extremidade A. Determine a máxima distância x que um homem que pesa 800N pode percorrer sobre a barra, partindo de A, sem que ela gire em torno de C.

Respostas:

01) $N_A = 55 \text{ N}$ e $N_B = 45 \text{ N}$ 2) 200 N

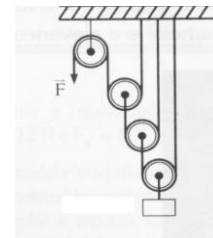
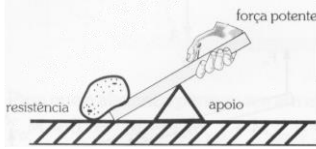
03) $N_A = \frac{3490}{3} \text{ N}$ e $N_B = \frac{5390}{3} \text{ N}$ 04) 800N e 1 000N

05) 20N (ponte) e 8N (automóvel) 06) 1 m 07) 500N 08) 5,25 m

8.6 - Máquinas Simples:

O Homem, com suas descobertas e criações, lentamente começou a compreender a natureza e aprendeu a controlá-la e a aproveitá-la. Para levantar e locomover grandes pesos acima de sua capacidade muscular, o homem criou dispositivos que facilitam sua ação. Esses dispositivos práticos são chamados de máquinas simples.

As mais comuns são a talha exponencial e a alavanca:



Alavanca

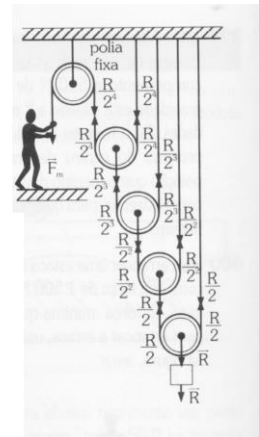
Talha exponencial

8.6.1 - Talha exponencial: Consiste em uma associação de polias móveis com uma só polia fixa, como se mostrou na figura acima. Na próxima figura temos:

F_m = força motriz e R = força resistente

Para que a talha permaneça em equilíbrio temos que o peso R equilibrado por duas forças de intensidade R/2.

- O peso R/2 é equilibrado por duas forças de intensidade R/2²
- O peso R/2² é equilibrado por duas forças de intensidade R/2³
- O peso R/2³ é equilibrado por duas forças de intensidade R/2⁴



Se tivermos n polias móveis, a força motriz será:

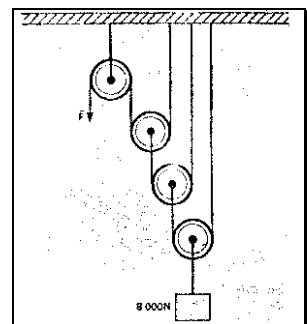
$$F_m = \frac{R}{2^n}$$

Denomina-se vantagem mecânica da talha a relação entre a força resistente e a força motriz.

$$\text{vantagem mecânica} = \frac{R}{F_m}$$

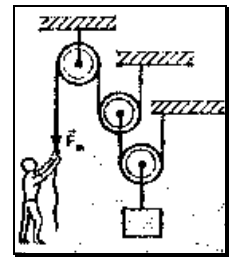
Exercícios de aprendizagem:

1) O corpo indicado na figura tem peso de 8000N e está em equilíbrio estático. Calcular a intensidade da força **F** e a vantagem mecânica da talha exponencial.



R: F = 1 000N e VM = 8

2) Ache a intensidade da força F_m que o homem está fazendo para equilibrar o peso de 4 00N . O fio e a polia são ideais.



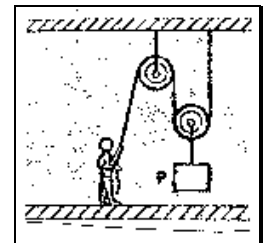
R: 100 N

3) Um peso de 5120 N deve ser equilibrado por meio de uma talha exponencial. Determine o número de polias móveis dessa talha, sabendo que a força motriz tem intensidade de 10 N.

R : 9 polias

4) Considere o esquema representado na figura. As roldanas e a corda são ideais. O corpo suspenso da roldana móvel tem peso $P = 600\text{ N}$.

- Qual o módulo da força vertical (para baixo) que o homem deve exercer sobre a corda para equilibrar o sistema?
- Para cada 1 (um) metro de corda que o homem puxa, quanto se eleva o corpo suspenso?



R: a) 300 N b) 0,5 m

8.6.2 - Alavanca: É uma barra que pode girar em torno de um ponto de apoio. Temos três tipos de alavancas:

- **alavanca interfixa:**

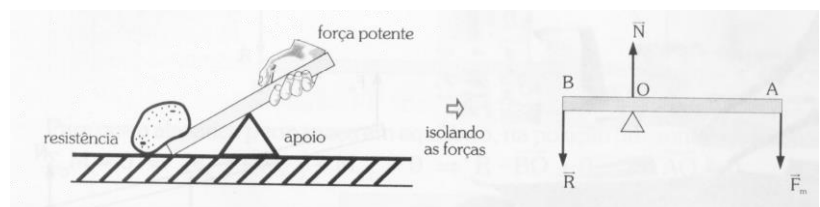
\vec{F}_m = força motriz ou força potente.

\vec{R} = força resistente ou resistência.

\vec{N} = força normal de apoio.

AO = braço da força motriz.

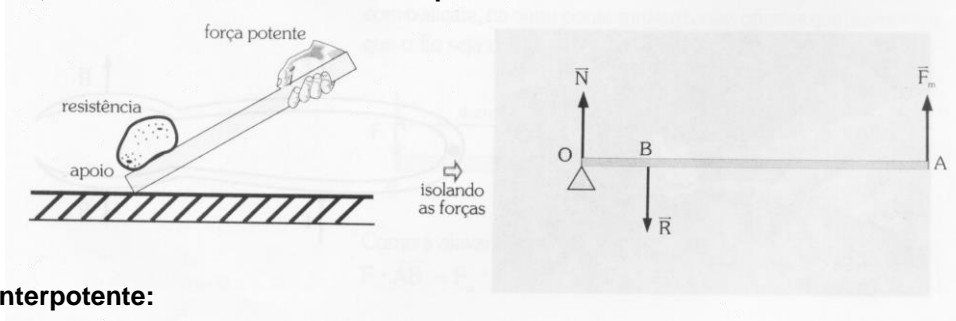
OB = braço da força resistente.



Como exemplos, podemos citar as balanças e as tesouras.

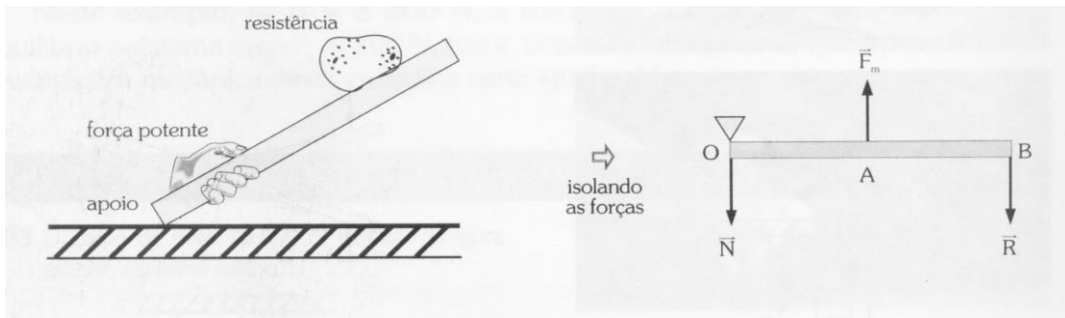
- alavanca inter-resistente:

Como exemplos, temos o carrinho de mão e o quebra-nozes.

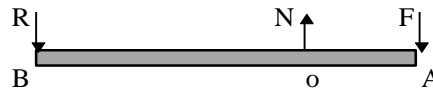


- alavanca interpotente:

Exemplos: pinça e o quebra-gelo.



8.7 - Condição de equilíbrio de uma alavanca:



Considere a alavanca interfixa da figura.

Para que a alavanca permaneça em equilíbrio, na posição horizontal, devemos ter:

$$\sum_0 M = 0 \Rightarrow M_{R,o} + M_{N,o} + M_{F,o} = 0$$

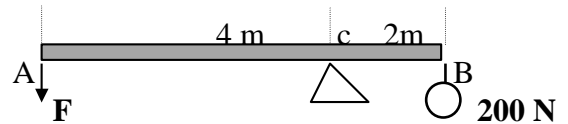
sendo assim: $R \cdot \overline{BO} + 0 - F \cdot \overline{AO} = 0$

$R \cdot \overline{BO} = F \cdot \overline{AO}$

Note que o produto da força resistente pelo seu braço é igual ao produto da força motriz pelo seu braço. Esta relação, embora demonstrada para a alavanca interfixa, é válida também para as alavancas inter-resistentes e interpotentes.

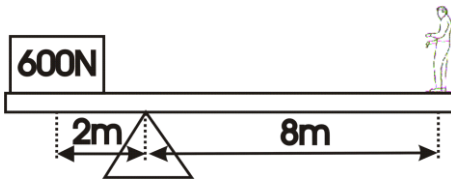
Exemplo:

Considerar a alavanca de peso desprezível indicado na figura:
Sabendo-se que ela está em equilíbrio e disposta horizontalmente determine a intensidade de F.



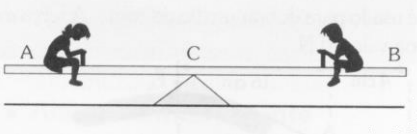
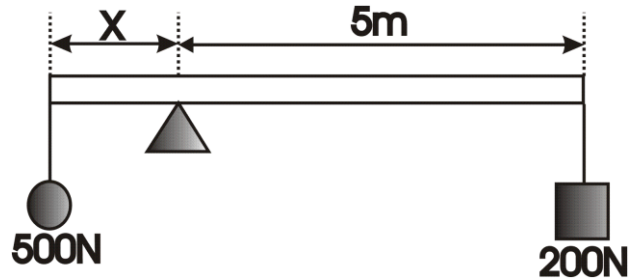
R: 100 N

Exercícios de Fixação:



01) Calcule o peso do garoto indicado na figura para que a barra de peso desprezível permaneça em equilíbrio na posição horizontal.

02) A barra indicada na figura tem peso desprezível e está em equilíbrio na posição horizontal. Determine x.



03) O esquema representa uma gangorra homogênea, com secção transversal constante, que tem 7 metros de comprimento e está apoiada em C, distante 3 metros de A. Na extremidade A está um garoto de peso 400 N . Qual é o peso do garoto sentado em B para que a gangorra fique em equilíbrio na horizontal?

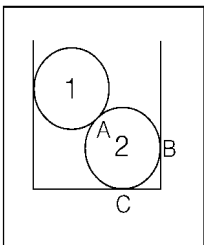
04) Com o auxílio de uma alavanca interfixa de 3 metros de comprimento e de peso desprezível, pretende-se equilibrar horizontalmente um corpo de peso 400N, colocado numa das extremidades. Sabendo que a força potente tem intensidade 80N, determine a localização do ponto de apoio.

Respostas: 01) 150N 02) 2m 03) 300N 04) a 2,5 m da força potente.

Vestibular:

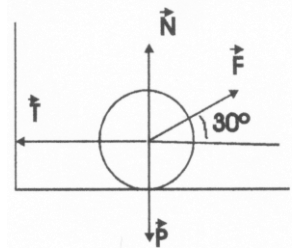
01) Um corpo de 60N está suspenso ao teto por dois fios, que formam com o teto ângulos de 60°. A força de tração em cada fio é de:
 a) 34,6N b) 51,8N c) 86,0N d) 91,3N e) 120N

02) Duas esferas rígidas 1 e 2, de mesmo diâmetro, estão em equilíbrio dentro de uma caixa, como mostra a figura a seguir. Considerando nulo o atrito entre todas as superfícies, assinale o diagrama que representa corretamente as forças de contato que agem sobre a esfera 2 nos pontos A, B e C.



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

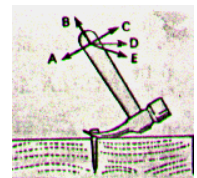
03) A figura representa uma esfera de peso $10\sqrt{3}$ N, apoiada sobre uma superfície horizontal presa à parede vertical por meio de um fio inextensível e de massa desprezível.



Se $F = 20\sqrt{3}$ N, as intensidades de T e N são, respectivamente:

- a) 30N e 0
- b) 30N e $20\sqrt{3}$ N
- c) $20\sqrt{3}$ N e $20\sqrt{3}$ N
- d) $15\sqrt{3}$ e $20\sqrt{3}$ N

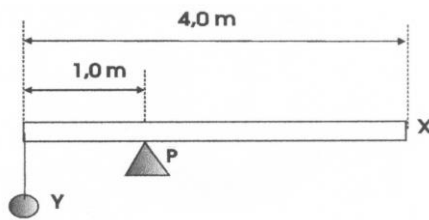
04) Querendo arrancar um prego com um martelo, conforme mostra a figura, qual das forças indicadas (todas elas de mesma intensidade) será mais eficiente?



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

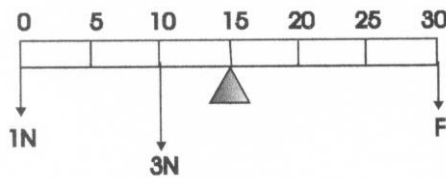
06) Na figura a seguir está representado um sistema mecânico em equilíbrio estático. X é uma barra rígida cilíndrica e homogênea, P é

um apoio fixo, y é uma esfera de massa igual a 2,0 kg, pendurada na barra por um fio de massa desprezível. Qual é, em quilograma, a massa da barra?



- a) 1,0 b) 2,0 c) 3,0 d) 4,0 e) 5,0

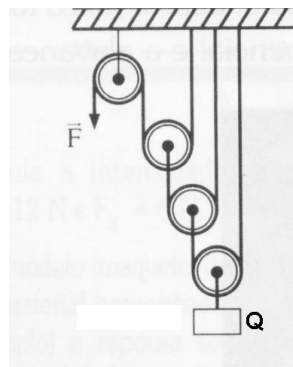
07) A figura mostra numa régua homogênea em equilíbrio estático, sob a ação de várias forças. Quanto vale F em N?



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

08) No sistema da figura, o peso das cordas, das polias e o peso da alavanca, bem como os atritos, são desprezíveis. O peso Q vale 80N. O valor da força P que equilibra o sistema é:

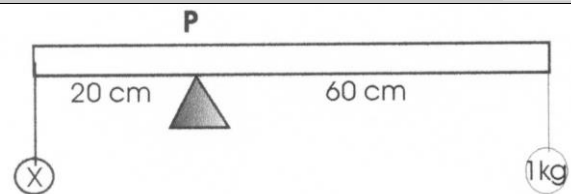
- a) 10N b) 2,5N c) 3N
d) 1,5N e) n.r.a.



09) Duas pessoas carregam um bloco de concreto que pesa 900N. O bloco está suspenso em uma barra AB, de peso desprezível, de 1,5m de comprimento, cujas extremidades se apoiam nos respectivos ombros. O bloco está a 0,5m da extremidade A. A força aplicada pela extremidade B, no ombro do carregador, será:

- a) 1800N b) 900N c) 600N d) 450N e) 300N

10) Na figura está representada uma barra rígida apoiada em P. Em uma extremidade está pendurado um corpo de massa igual a 1,0 kg. Qual deve ser a massa (X) do outro corpo, que está pendurado na outra extremidade, para que o sistema fique em equilíbrio na posição indicada na figura? (Considere desprezíveis a massa da barra e os atritos.)



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

11) A tesoura é uma combinação de duas alavancas:



- a) interfixas.
b) inter-resistentes.
c) interpotentes.
d) uma interfixa e outra inter-resistente.
e) uma interfixa e outra interpotente.

12) Um gordo de massa 100 kg está sentado na ponta duma gangorra de braços desiguais. Para que a gangorra fique em equilíbrio, estando um magro de 40 kg na outra ponta, qual dos dois deve estar mais próximo do apoio da gangorra, e qual a relação entre a distâncias deste e do outro personagem e o ponto de apoio?

- a) O gordo, relação 1 para 2,5.
b) O magro, relação 1 para 2,5.
c) O gordo, relação 1 para 4.
d) O magro, relação 1 para 4.
e) As distâncias são iguais.

13) Em uma alavanca interfixa, uma força motriz de 2 unidades equilibra uma resistência de 50 unidades. O braço da força motriz mede 2,5 metros; o comprimento do braço da resistência é:

- a) 1m b) 5m c) 0,1m d) 125m e) n.r.a.

Respostas:

- 01) a 02) a 03) a 04) c 05) b 06) b
07) e 08) a 09) e 10) a 11) a 12) c



Aula de Física

Aula particular de Física pela internet, individual ou em grupo.

(21) 98469-9906 - [Whatsapp](#)

Programas Skype ou [TeamViewer](#)

Veja como funciona em

www.medeirosjf.net

