AULAS

45 e 46 Estática: equilíbrio do corpo extenso

NESTAS AULAS

Equilíbrio do corpo extenso

Quando um corpo extenso está em equilíbrio estático, ele não executa movimento de:

- **translação** e, portanto, a resultante das forças nele aplicadas é nula.

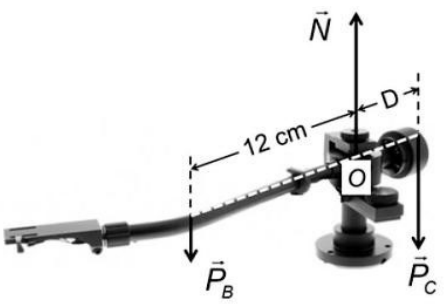
Não há translação $\Rightarrow$ R = 0 (equilíbrio de forças)

- **rotação** e, portanto, a resultante dos momentos, em relação a qualquer polo, é nula.

Não há rotação $\Rightarrow \sum M_{F,O} = 0$ (equilíbrio de momentos)

EM CLASSE **DESENVOLVENDO HABILIDADES**

1 (Unicamp-SP) A figura ao lado mostra o braço de um toca-discos de vinil. Nela são indicadas, nos seus respectivos pontos de atuação, as seguintes forças: peso do braço ($\vec{P}_B$), peso do contrapeso ($\vec{P}_C$) e força normal aplicada pelo suporte do braço ($\vec{N}$). Para que o braço fique em equilíbrio, é necessário que a soma dos torques seja igual a zero. No caso do braço da figura, o módulo do torque de cada força em relação ao ponto O (suporte do braço) é igual ao produto do módulo da força pela distância do ponto de aplicação da força até O. Adote torque positivo para forças que tendem a acelerar o braço no sentido horário e torque negativo para o sentido anti-horário.

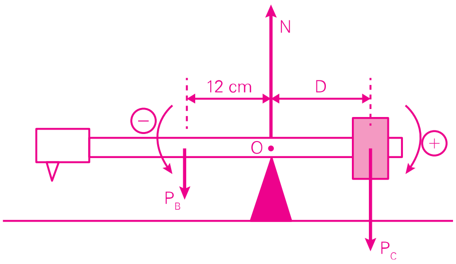


Reprodução/Unicamp, 2021.

Sendo $|\vec{P}_C| = 1{,}5$ N, $|\vec{P}_B| = 0{,}3$ N e $|\vec{N}| = 1{,}8$ N, qual deve ser a distância D do contrapeso ao ponto O para que o braço fique em equilíbrio?

a) 2,0 cm.
b) 2,4 cm.
c) 3,6 cm.
d) 6,0 cm.

Representado o esquema fornecido no enunciado, adotando o polo no ponto O e representando o sentido da tendência de rotação que cada força causa em relação ao mesmo polo, tem-se:



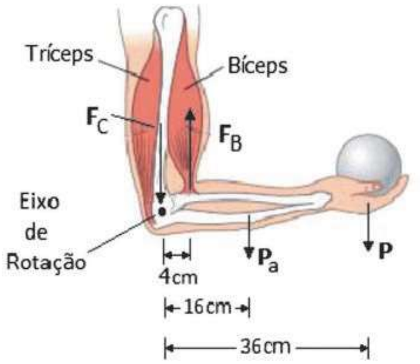
Estabelecendo a condição de equilíbrio para o movimento de rotação em relação ao polo O, tem-se:

$\Sigma M_O = 0 \Rightarrow +P_C \cdot D - P_B \cdot 12 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 1{,}5 \cdot D - 0{,}3 \cdot 12 = 0$

$\therefore D = 2{,}4$ cm

2 (UFRGS-RS) A figura abaixo representa esquematicamente o braço e o antebraço de uma pessoa que está sustentando um peso P. O antebraço forma um ângulo de 90° com o braço. F_B é a força exercida pelo bíceps sobre o antebraço, e F_C é a força na articulação do cotovelo.



Reprodução/UFRGS, 2020.

Sendo o módulo do peso P = 50 N e o módulo do peso do antebraço P_a = 20 N, qual é o módulo da força F_B?

a) 70 N.

b) 370 N.

c) 450 N.

d) 460 N.

▶e) 530 N.

Estabelecendo a condição de equilíbrio para o movimento de rotação em relação ao polo O, tem-se:

$\Sigma M_0 = 0 \Rightarrow F_B \cdot b_{F_B} - P_a \cdot b_{F_a} - P \cdot b_P = 0$

Substituindo-se os dados fornecidos:

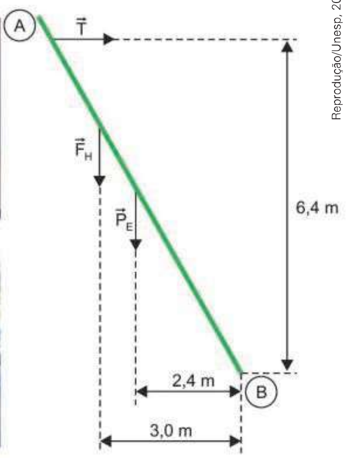
$F_B \cdot 4 - 20 \cdot 16 - 50 \cdot 36 = 0$

$\therefore F_B = 530$ N

3 (Unesp-SP) Para alcançar o teto de uma garagem, uma pessoa sobe em uma escada AB e fica parada na posição indicada na figura 1. A escada é mantida em repouso, presa por cordas horizontais, e apoiada no chão. Na figura 2 estão indicadas algumas distâncias e desenhadas algumas forças que atuam sobre a escada nessa situação: seu peso P_E = 300 N, a força aplicada pelo homem sobre a escada F_H = 560 N e a tração aplicada pelas cordas, $\vec{T}$. A força de contato com o solo, aplicada no ponto B, não está indicada nessa figura.

Figura 1

Figura 2



Reprodução/Unesp, 2021.

(www.google.com.br. Adaptado.)

Considerando um eixo passando pelo ponto B, perpendicular ao plano que contém a figura 2, para o cálculo dos momentos aplicados pelas forças sobre a escada, a intensidade da força de tração é

▶a) 375 N.

b) 280 N.

c) 430 N.

d) 525 N.

e) 640 N.

Como a escada está em equilíbrio, a soma dos momentos de todas as forças aplicadas na escada em relação a qualquer ponto é nula. Considerando-se o eixo que passa pelo ponto B e que é perpendicular ao plano que contém a figura 2 para o cálculo dos momentos, temos:

$M_T + M_{F_H} + M_{P_E} + M_{F_B} = 0$

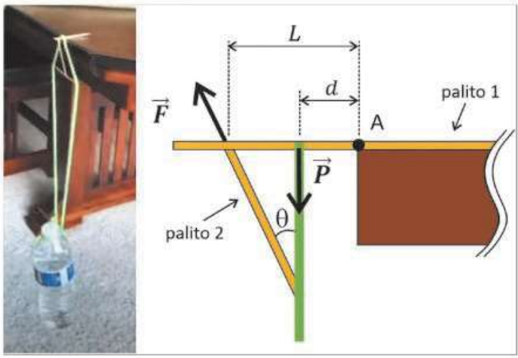
Em que M_T, M_{F_H}, M_{P_E} e M_{F_B} são, respectivamente, os momentos da tração $\vec{T}$, da força $\vec{F}_H$ aplicada pelo homem sobre a escada, do peso $\vec{P}_E$ da escada e da força $\vec{F}_B$ aplicada pelo chão sobre a escada em B.

Lembrando que o módulo do momento de uma força é o produto dessa força pelo seu braço de alavanca, e convencionando-se que os momentos são positivos quando a força tende a rotacionar o corpo no sentido anti-horário (note que $M_{F_B} = 0$, pois o braço de alavanca de $\vec{F}_B$ é nulo):

$-T \cdot 6{,}4 + 560 \cdot 3{,}0 + 300 \cdot 2{,}4 + 0 = 0$

$\therefore T = 375$ N

4 (Fuvest-SP) Um vídeo bastante popular na internet mostra um curioso experimento em que uma garrafa de água pendurada por uma corda é mantida suspensa por um palito de dente apoiado em uma mesa.



Reprodução/Fuvest, 2021.

O "truque" só é possível pelo uso de outros palitos, formando um tipo de treliça. A figura à direita da foto mostra uma visão lateral do conjunto, destacando duas das forças que atuam sobre o palito 1.

Nesta figura, $\vec{F}$ é a força que o palito 2 exerce sobre o palito 1 (aplicada a uma distância L do ponto A na borda da mesa), $\vec{P}$ é a componente vertical da força que a corda exerce sobre o palito 1 (aplicada a uma distância **d** do ponto A) e θ é o ângulo entre a direção da força $\vec{F}$ e a vertical. Para que o conjunto se mantenha estático, porém na iminência de rotacionar, a relação entre os módulos de $\vec{F}$ e $\vec{P}$ deve ser:

> Note e adote:
> - Despreze o peso dos palitos em relação aos módulos das forças $\vec{F}$ e $\vec{P}$.

▶ a) $|\vec{F}| = \dfrac{|\vec{P}|d}{L\cos\theta}$.

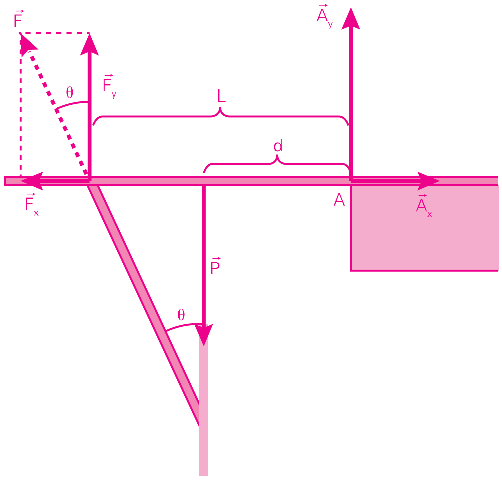
b) $|\vec{F}| = \dfrac{|\vec{P}|d}{L\,\text{sen}\,\theta}$.

c) $|\vec{F}| = |\vec{P}|\cos\theta$.

d) $|\vec{F}| = \dfrac{|\vec{P}|L\cos\theta}{d}$.

e) $|\vec{F}| = \dfrac{|\vec{P}|L\,\text{sen}\,\theta}{d}$.

Quando o conjunto estiver na iminência de tombamento, a ação da mesa sobre o palito 1 ocorrerá apenas no ponto A, por meio de uma força cujos componentes horizontal e vertical são $\vec{A}_x$ e $\vec{A}_y$. Nessa situação, temos o seguinte diagrama de forças:



Como o conjunto está em equilíbrio estático, o somatório dos momentos de todas as forças em relação a qualquer ponto é nulo. Adotando o ponto A como polo, temos:

$M_{F,A} + M_{P,A} = 0 \Rightarrow -|\vec{F}_y| \cdot L + |\vec{P}| \cdot d = 0$

Sendo $|\vec{F}_y| = |\vec{F}| \cdot \cos\theta$:

$-|\vec{F}| \cdot \cos\theta \cdot L + |\vec{P}| \cdot d = 0$

$\therefore |\vec{F}| = \dfrac{|\vec{P}| \cdot d}{L \cdot \cos\theta}$

ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Material de consulta: Caderno de Estudos 3 – Física – *Mecânica newtoniana* – Capítulo 27

Tarefa Mínima

Aula 45
- Leia a seção *Nestas aulas*.
- Faça as questões 11 a 14.

Aula 46
- Faça as questões 21 a 24.

Tarefa Complementar

Aula 45
- Leia o item 3.
- Faça as questões 15 a 18.

Aula 46
- Faça as questões 25 a 28.

Tarefa Desafio

Aula 45
- Faça as questões 19 e 20.

Aula 46
- Faça as questões 29 e 30.