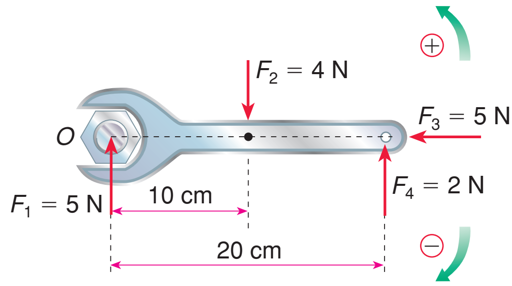
P.474 a)



Pela definição de momento e considerando que, se uma força tende a produzir rotação do corpo em torno de um ponto, no sentido horário, terá momento negativo, obtemos:

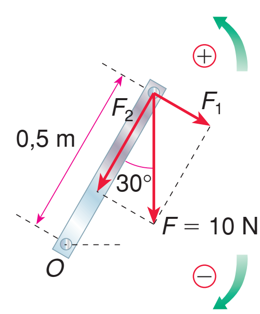
$M_{F_1} = F_1 \cdot 0 \Rightarrow \boxed{M_{F_1} = 0}$

$M_{F_2} = -F_2 \cdot d_2 = -4 \cdot 0{,}1 \Rightarrow \boxed{M_{F_2} = -0{,}4 \text{ N} \cdot \text{m}}$

$M_{F_3} = F_3 \cdot 0 \Rightarrow \boxed{M_{F_3} = 0}$

$M_{F_4} = +F_4 \cdot d_4 = +2 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{M_{F_4} = 0{,}4 \text{ N} \cdot \text{m}}$

b) Decompondo a força $\vec{F}$ nas componentes $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, pode-se obter o momento da força $\vec{F}$ em relação ao ponto O pela soma algébrica dos momentos das componentes:



$M_F = M_{F_1} + M_{F_2}$

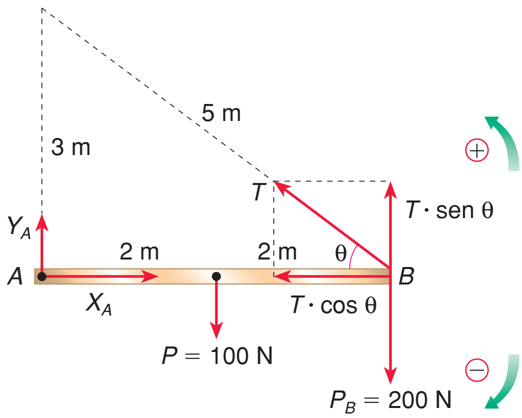
$M_F = -F_1 \cdot d + F_2 \cdot 0$

$M_F = -F \cdot \text{sen } 30° \cdot d$

$M_F = -10 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5$

$\boxed{M_F = -2{,}5 \text{ N} \cdot \text{m}}$

P.475 Isolando a barra AB e impondo as condições de equilíbrio:



1ª) Resultante nula

Projeções em x:

$X_A - T \cdot \cos\theta = 0$

$X_A - T \cdot \dfrac{4}{5} = 0$

$X_A = \dfrac{4}{5}T$ ①

Projeções em y:

$Y_A + T \cdot \text{sen}\,\theta = P + P_B$

$Y_A + T \cdot \dfrac{3}{5} = 100 + 200$

$Y_A + \dfrac{3}{5}T = 300$ ②

2ª) Soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto B

$M_{Y_A} + M_P = 0$

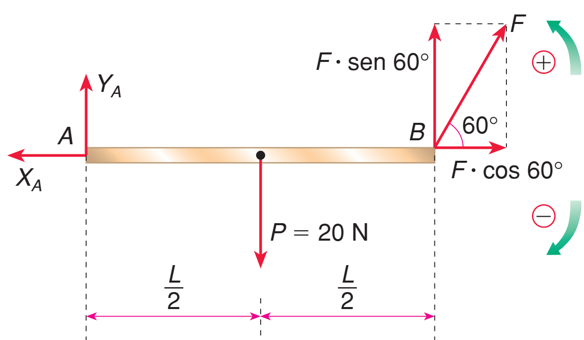
$-Y_A \cdot 4 + 100 \cdot 2 = 0$

$\boxed{Y_A = 50\text{ N}\uparrow}$ (componente vertical da reação da articulação A)

De ②: $\boxed{T = \dfrac{1.250}{3}\text{ N}}$

De ①: $\boxed{X_A = \dfrac{1.000}{3}\text{ N}\rightarrow}$ (componente horizontal da reação da articulação A)

P.476 a) e b) Isolando a barra AB e impondo as condições de equilíbrio, temos:



1ª) Resultante nula

Projeções em x:

$F \cdot \cos 60° - X_A = 0$

$F\dfrac{1}{2} = X_A$ ①

Projeções em y:

$Y_A + F \cdot \text{sen}\,60° - P = 0$

$Y_A + F\dfrac{\sqrt{3}}{2} = 20$ ②

2ª) Soma algébrica dos momentos nula em relação a *B*

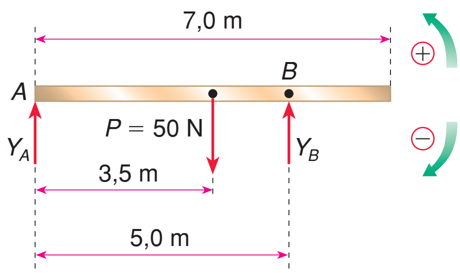
$M_{Y_A} + M_p = 0$

$-Y_A L + 20\dfrac{L}{2} = 0$

$\boxed{Y_A = 10 \text{ N} \uparrow}$

De ①: $\boxed{F = \dfrac{20\sqrt{3}}{3} \text{ N}}$ e de ②: $\boxed{X_A = \dfrac{10\sqrt{3}}{3} \text{ N} \leftarrow}$

P.477 Isolando a barra *AB* e impondo as condições de equilíbrio:



1ª) Resultante nula

Projeções em *y*:

$Y_A + Y_B - P = 0$

$Y_A + Y_B = 50$ ①

2ª) Soma algébrica dos momentos nula em relação a *A*

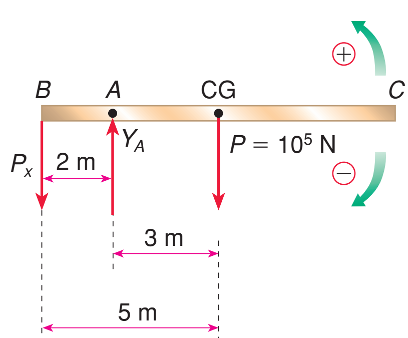
$M_{Y_B} + M_P = 0$

$Y_B \cdot 5{,}0 - 50 \cdot 3{,}5 = 0$

$\boxed{Y_B = 35 \text{ N}}$

De ①: $\boxed{Y_A = 15 \text{ N}}$

P.478



Soma algébrica dos momentos nula em relação a *A*

$M_{P_x} + M_P = 0$

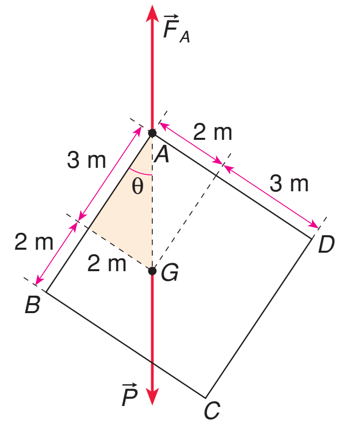
$P_x \cdot 2 - 10^5 \cdot 3 = 0$

$\boxed{P_x = 1{,}5 \cdot 10^5 \text{ N}}$

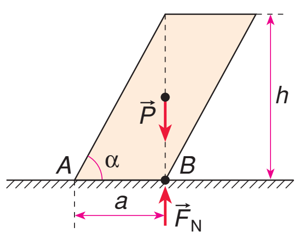
P.479 Na posição de equilíbrio, o ponto de suspensão A e o centro de gravidade G devem pertencer à mesma reta vertical.

Da figura:

$$\boxed{\text{tg}\ \theta = \frac{2}{3}}$$



P.480 a) O menor valor de α corresponde ao prisma na iminência de tombar em torno de B. Nessas condições, o peso $\vec{P}$ e a reação $\vec{F}_N$ estão na mesma vertical, conforme a figura.

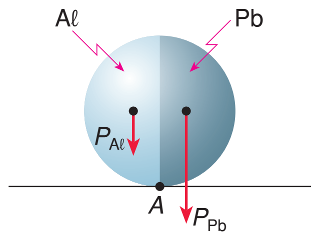


Portanto, $\text{tg}\ \alpha = \frac{h}{a}$, ou seja:

$$\boxed{\alpha \text{ é o ângulo cuja tangente é } \frac{h}{a}.}$$

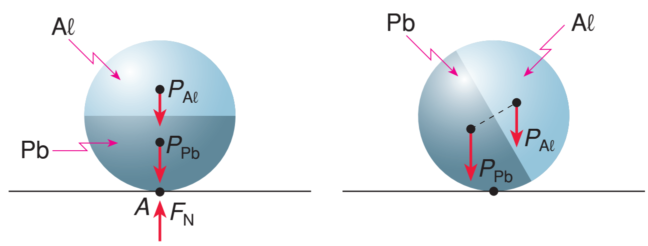
b) $P = mg \Rightarrow P = dVg \Rightarrow \boxed{P = da^2hg}$

P.481 a) A esfera **não** permanece em equilíbrio na posição em que foi abandonada.



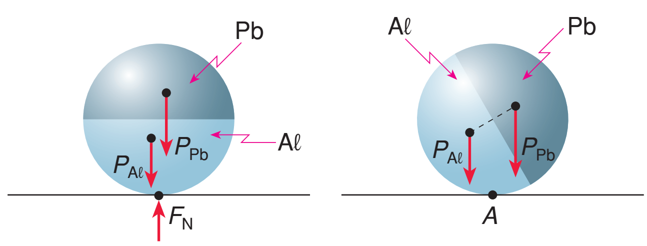
Sendo $P_{Pb} > P_{A\ell}$, concluímos que os momentos de P_{Pb} e $P_{A\ell}$, em relação ao ponto de apoio A, não se anulam. A tendência da esfera é girar no sentido horário, de modo que a semiesfera de chumbo ocupe a parte inferior.

Posição de equilíbrio estável



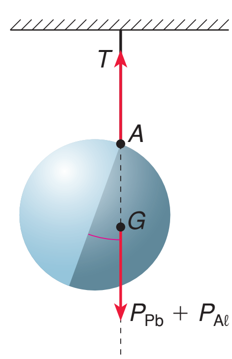
Deslocando-se ligeiramente a esfera da posição de equilíbrio, sua tendência é voltar.

Posição de equilíbrio instável



Deslocando-se ligeiramente a esfera da posição de equilíbrio, a esfera se afasta mais dessa posição.

b) O centro de gravidade (G) do sistema está localizado do lado do chumbo. Assim, na posição de equilíbrio os pontos A e G estão na mesma vertical.

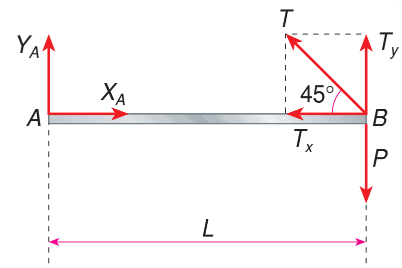


P.482 Vamos calcular os momentos dos pesos em relação ao centro do parafuso.

- Jovem: $M_J = Fd \Rightarrow M_J = 750\ \text{N} \cdot 20\ \text{cm} \Rightarrow M_J = 15.000\ \text{N} \cdot \text{cm}$
- Namorada: $M_N = Fd \Rightarrow M_N = 510\ \text{N} \cdot 30\ \text{cm} \Rightarrow M_N = 15.300\ \text{N} \cdot \text{cm}$

Sendo $M_N > M_J$, concluímos que a moça consegue soltar o segundo parafuso.

P.483 Condições de equilíbrio



1º) **Resultante nula**

Projeções em x:

$X_A - T_x = 0 \Rightarrow X_A = T_x$ ①

Projeções em y:

$Y_A + T_y - P = 0 \Rightarrow Y_A + T_y = P$ ②

2º) **Soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto A (polo)**

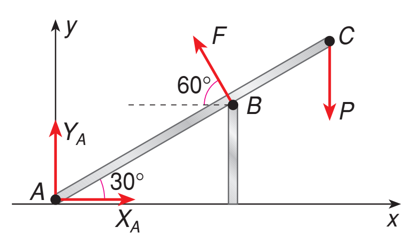
$M_A = M_{T_y} + M_P = 0 \Rightarrow T_y \cdot L - P \cdot L = 0 \Rightarrow T_y = P = 55\ \text{N}$

Mas: $T_x = T_y$ (o ângulo é de 45°)

Logo, de ①, vem: $\boxed{X_A = 55\ \text{N}}$

De ②: $Y_A = 0$

P.484 Condições de equilíbrio:



1º) **Resultante nula**

Projeções em x:

$$X_A - F \cdot \cos 60° = 0 \Rightarrow X_A = \frac{F}{2} \quad ①$$

Projeções em y:

$$Y_A + F \cdot \text{sen } 60° - P = 0 \Rightarrow Y_A = P - F \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad ②$$

2º) **Soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto A (polo)**

a) $M_A = M_F + M_P = 0 \Rightarrow F \cdot AB - P \cdot AC \cdot \cos 30° = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow F \cdot (AC - BC) = P \cdot AC \cdot \cos 30° \Rightarrow$

$$\Rightarrow F \cdot (80 - 30) = 80\sqrt{3} \cdot 80 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \boxed{F = 192\ \text{N}}$$

b) De ①: $X_A = \dfrac{192}{2} \Rightarrow \boxed{X_A = 96\ \text{N}}$

De ②: $Y_A = 80\sqrt{3} - 192 \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow Y_A = -16\sqrt{3}\ \text{N} \Rightarrow \boxed{|Y_A| = 16\sqrt{3}\ \text{N}}$

Observação:

O sinal negativo indica que $\vec{Y}_A$ tem sentido oposto ao adotado na figura.

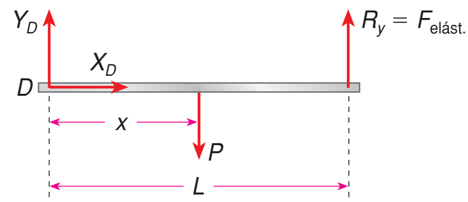
P.485 $F_{\text{elást.}} = R_y = 600 \cdot 0{,}3 \Rightarrow F_{\text{elást.}} = 180$ N

Soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto *D*

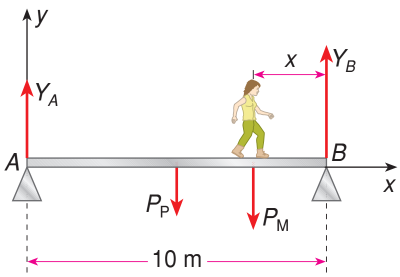
$F_{\text{elást.}} \cdot L - Px = 0$

$180 \cdot 3{,}0 = 300 \cdot x$

$\boxed{x = 1{,}8 \text{ m}}$



P.486



$y_B = 2y_A$

$P_P = M_P \cdot g = 100$ N

$P_M = M_M \cdot g = 500$ N

Condições de equilíbrio:

1º) Resultante nula

Projeções em y:

$y_A + y_B - P_P - P_M = 0 \Rightarrow y_A + 2y_A = P_P + P_M \Rightarrow 3y_A = 100 + 500 \Rightarrow y_A = 200$ N

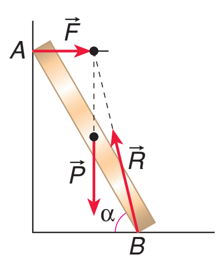
2º) Soma algébrica dos momentos nula em relação ao ponto *B* (polo)

$M_B = M_{P_P} + M_{P_M} + M_{Y_A} = 0 \Rightarrow P_P \cdot 5 + P_M \cdot x - y_A \cdot 10 = 0 \Rightarrow$

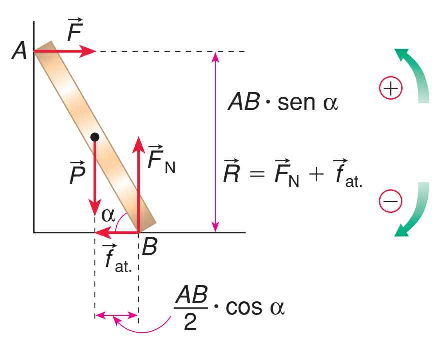
$\Rightarrow 100 \cdot 5 + 500 \cdot x - 200 \cdot 10 = 0 \Rightarrow \boxed{x = 3 \text{ m}}$

P.487 a) As forças que agem na barra são três: o peso $\vec{P}$, a reação $\vec{F}$ da parede e a reação $\vec{R}$ do chão.

Observe que essas três forças são concorrentes. A reação $\vec{R}$ tem componentes $\vec{f}_{\text{at.}}$ e $\vec{F}_N$.



ou



b) Resultante nula: $\begin{cases} F = f_{at.} & ① \\ F_N = P & ② \end{cases}$

Soma algébrica dos momentos é nula em relação a B:

$$P \cdot \frac{AB}{2} \cdot \cos\alpha - F \cdot AB \cdot \text{sen}\,\alpha = 0 \Rightarrow \text{tg}\,\alpha = \frac{P}{2F} \quad ③$$

Substituindo ① em ②, temos: $\text{tg}\,\alpha = \dfrac{P}{2f_{at.}}$

A tangente do menor ângulo corresponde à barra na iminência de escorregar, isto é, a força de atrito estática deve ser máxima e igual a μF_N. Portanto:

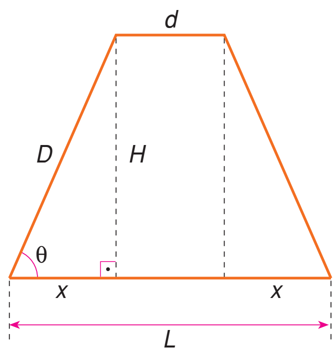
$$\text{tg}\,\alpha = \frac{P}{2\mu F_N} \overset{②}{\Rightarrow} \text{tg}\,\alpha = \frac{P}{2\mu P} \Rightarrow \text{tg}\,\alpha = \frac{1}{2\mu} \Rightarrow \text{tg}\,\alpha = \frac{1}{2 \cdot 0{,}25} \Rightarrow \boxed{\text{tg}\,\alpha = 2}$$

P.488 a) Com o atleta com os braços na vertical, temos:

$2T = P$

$$T = \frac{P}{2} = \frac{mg}{2} = \frac{600}{2}$$

$\boxed{T = 300\text{ N}}$



b) Da figura ao lado:

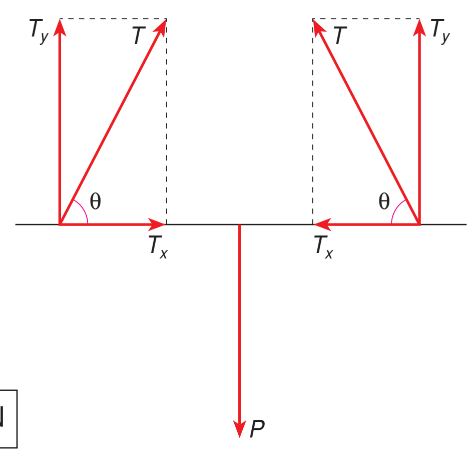
$L = d + 2x$

$1{,}5 = 0{,}5 + 2x$

$\boxed{x = 0{,}5\text{ m}}$

Portanto:

$$\text{tg}\,\theta = \frac{H}{x} = \frac{3{,}0}{0{,}5} = 6{,}0$$



Para o equilíbrio do atleta, devemos ter:

$2T_y = P \Rightarrow 2T \cdot \text{sen}\,\theta = P \quad ①$

A componente horizontal de T é dada por:

$T_x = T \cdot \cos\theta \quad ②$

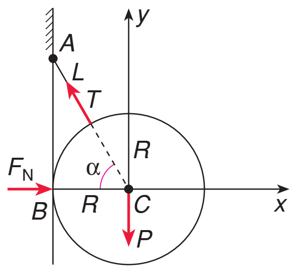
De ①: $T = \dfrac{P}{2 \cdot \text{sen}\,\theta}$

Em ②:

$$T_x = \frac{P}{2 \cdot \text{sen}\,\theta} \cdot \cos\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_x = \frac{P}{2 \cdot tg\,\theta} = \frac{600}{2 \cdot 6{,}0} \Rightarrow \boxed{T_x = 50\text{ N}}$$

P.489



Como $L = R$, concluímos que o ângulo α é igual a 60°:

$$\cos \alpha = \frac{R}{L + R} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{L}{2L} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60°$$

Projeções em y:

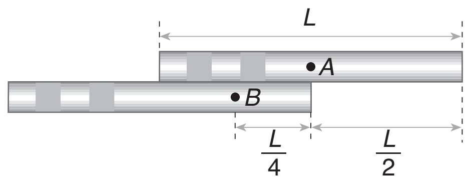
$$T \cdot \text{sen } 60° = P \Rightarrow T\frac{\sqrt{3}}{2} = 10 \cdot \sqrt{3} \Rightarrow \boxed{T = 20 \text{ N}}$$

Projeções em x:

$$T \cdot \cos 60° = F_N \Rightarrow 20\frac{1}{2} = F_N \Rightarrow \boxed{F_N = 10 \text{ N}}$$

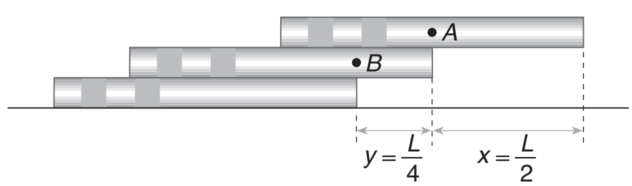
P.490 Comece analisando os dois livros superiores. O máximo valor de x corresponde ao primeiro livro na iminência de tombar. Nesse caso: $x = \frac{L}{2} \Rightarrow \boxed{x = 10 \text{ cm}}$

O centro de gravidade do conjunto dos dois livros superiores pertence à vertical pelo ponto B:



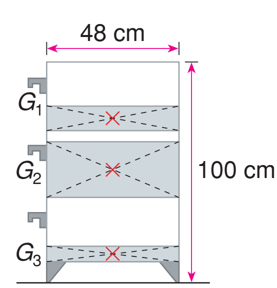
A é o centro de gravidade do livro superior.

Na iminência de tombamento temos:



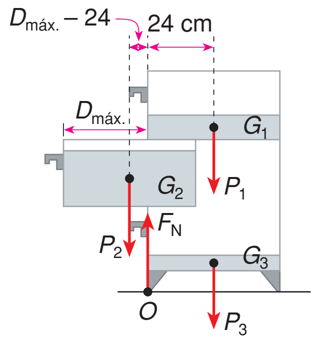
Portanto: $y = \frac{L}{4} \Rightarrow \boxed{y = 5 \text{ cm}}$

P.491 a) Como as distribuições de massa são uniformes e as massas das gavetas e do gaveteiro são desprezíveis, o centro de massa de cada gaveta coincide com o centro de massa das massas colocadas nas gavetas, que é o centro geométrico (encontro das diagonais).



(Corte transversal pelo centro do gaveteiro fechado)

b) Na situação em que a distância D for máxima, a força normal entre o chão e o gaveteiro estará aplicada apenas no apoio esquerdo do gaveteiro. A figura ao lado indica as forças que agem no gaveteiro nessa situação.



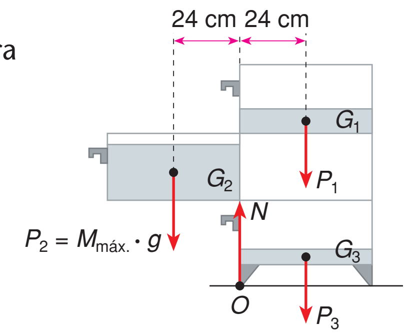
Adotando o ponto O como polo, isto é, considerando a soma algébrica dos momentos nula, em relação ao ponto O, resulta:

$P_1 \cdot 24 + P_3 \cdot 24 = P_2 \cdot (D_{máx.} - 24)$

$10 \cdot 24 + 30 \cdot 24 = 80 \cdot (D_{máx.} - 24)$

$\boxed{D_{máx.} = 36 \text{ cm}}$

c) O diagrama das forças atuantes no gaveteiro, para essa situação, está representado ao lado.



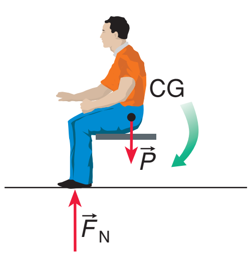
Ainda adotando o ponto O como polo, resulta:

$P_1 \cdot 24 + P_3 \cdot 24 = P_2 \cdot 24$

$10 \cdot 24 + 30 \cdot 24 = M_{máx.} \cdot 10 \cdot 24$

$\boxed{M_{máx.} = 4 \text{ kg}}$

P.492

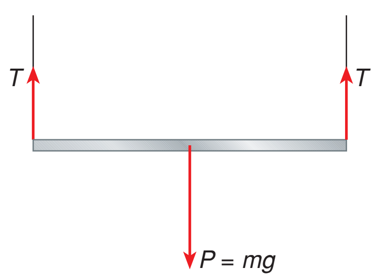


Quando a pessoa tende a se levantar, ela perde contato com a cadeira, e a reta vertical em seu centro de gravidade não passa pela base de apoio, que são seus pés. Nessas condições, o momento do peso $\vec{P}$ em relação ao ponto de apoio (pés da pessoa) faz com que ela volte à posição original, sem conseguir levantar-se.

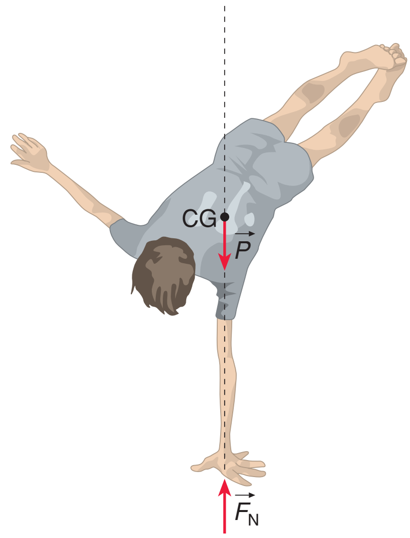
P.493 No equilíbrio do sistema:

$2T = P \Rightarrow T = \dfrac{P}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \dfrac{m \cdot g}{2} = \dfrac{45 \cdot 10}{2} \Rightarrow \boxed{T = 225 \text{ N}}$



P.494 Para haver equilíbrio, a vertical traçada pelo centro de gravidade do menino deve passar por sua mão (base de apoio entre o menino e o chão). Assim, a soma dos momentos das forças externas atuantes é nula em relação ao centro de gravidade.



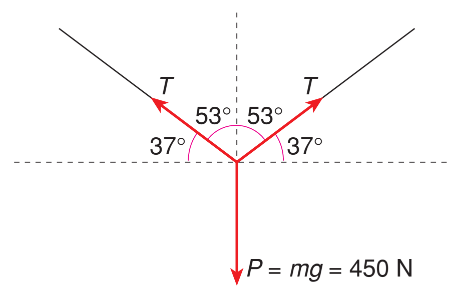
P.495 Para o equilíbrio do acrobata devemos ter:

$2T \cdot \cos 53° = P$

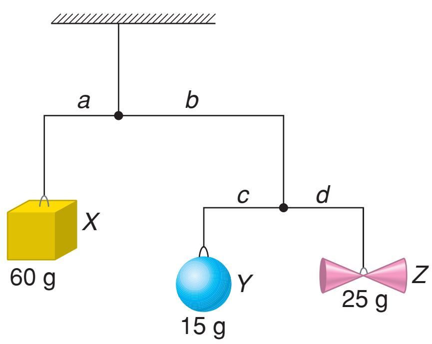
Sendo $\cos 53° = \text{sen } 37° = 0{,}6$, vem:

$2T \cdot 0{,}6 = 450$

$\boxed{T = 375 \text{ N}}$



P.496 Um dos móbiles possíveis é o seguinte:



É dado que:

$a + b = 30$ cm

$c + d = 20$ cm

No equilíbrio do sistema YZ, temos:

$P_y \cdot c = P_z \cdot d$

$m_y \cdot g \cdot c = m_z \cdot g \cdot d$

$15c = 25d$

$d = 0{,}6c$

Em $c + d = 20$ cm, vem:

$c + 0{,}6c = 20$ cm

$1{,}6c = 20$ cm

$\boxed{c = 12{,}5 \text{ cm}}$

$d = 0{,}6c = 0{,}6 \cdot 12{,}5$

$\boxed{d = 7{,}5 \text{ cm}}$

No equilíbrio do sistema $X + (YZ)$, temos:

$P_x \cdot a = (P_y + P_z) \cdot b$

$m_x \cdot g \cdot a = (m_y + m_z) \cdot g \cdot b$

$60 \cdot a = (15 + 25) \cdot b$

$60a = 40b$

$b = 1{,}5a$

Como $a + b = 30$ cm, vem:

$a + 1{,}5a = 30$ cm

$2{,}5a = 30$ cm

$\boxed{a = 12 \text{ cm}}$

$b = 1{,}5 \cdot a = 1{,}5 \cdot 12$

$\boxed{b = 18 \text{ cm}}$