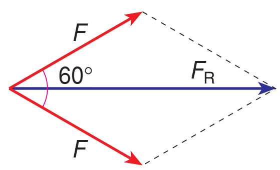
**P.461** De $F_1 = 3$ N, $F_2 = 7$ N e sendo $F_2 - F_1 \leqslant F_R \leqslant F_2 + F_1$, temos:

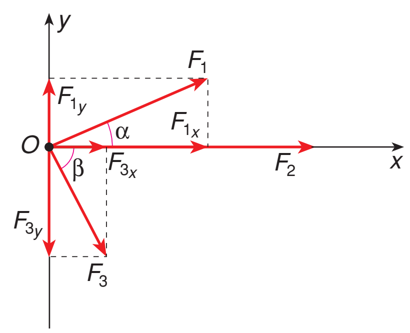
$$\boxed{4\text{ N} \leqslant F_R \leqslant 10\text{ N}}$$

**P.462** Para a determinação de intensidade da resultante, podemos aplicar a lei dos cossenos:




$$F_R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 60°$$
$$F_R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot 0,5$$
$$F_R^2 = 3F^2$$
$$\boxed{F_R = F\sqrt{3}}$$

**P.463** Para a determinação da resultante pelo método das projeções, adotamos um sistema cartesiano *xy* com a origem *O* coincidente com o ponto de atuação das três forças.




- Projeção de $\vec{F}_1$ em *x*:

$F_{1_x} = F_1 \cdot \cos \alpha = 3 \cdot 0,8 \Rightarrow F_{1_x} = 2,4$ N

- Projeção de $\vec{F}_2$ em *x*:

$F_{2_x} = F_2 = 5$ N

- Projeção de $\vec{F}_3$ em *x*:

$F_{3_x} = F_3 \cdot \cos \beta = 2 \cdot 0,6 \Rightarrow F_{3_x} = 1,2$ N

A projeção da força resultante na direção *x* é dada por:

$F_{R_x} = F_{1_x} + F_{2_x} + F_{3_x} = 2,4 + 5 + 1,2 \Rightarrow F_{R_x} = 8,6$ N

- Projeção de $\vec{F}_1$ em *y*:

$F_{1_y} = F_1 \cdot \text{sen } \alpha = 3 \cdot 0,6 \Rightarrow F_{1_y} = 1,8$ N

- Projeção de $\vec{F}_2$ em *y*:

$F_{2_y} = 0$

- Projeção de $\vec{F}_3$ em *y*:

$F_{3_y} = -F_3 \cdot \text{sen } \beta = -2 \cdot 0,8 \Rightarrow F_{3_y} = -1,6$ N

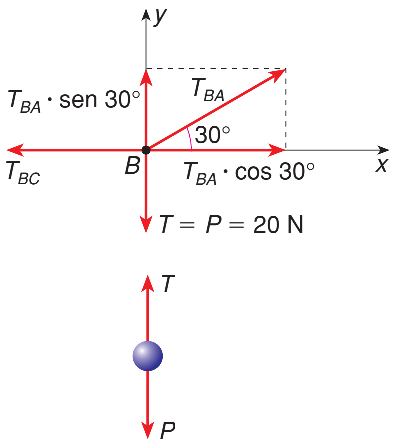
A projeção da força resultante na direção *y* é dada por:

$F_{R_y} = F_{1_y} + F_{2_y} + F_{3_y} = 1,8 + 0 - 1,6 \Rightarrow F_{R_y} = 0,2$ N

A intensidade $F_R$ da resultante é dada por:

$$F_R^2 = F_{R_x}^2 + F_{R_y}^2 \Rightarrow F_R^2 = (8,6)^2 + (0,2)^2 \Rightarrow \boxed{F_R \simeq 8,6\text{ N}}$$

**P.464** Isolemos o ponto $B$, onde concorrem os três fios. Observe que a tração no fio vertical tem módulo igual ao peso $P$. Vamos resolver esse exercício pelo método das projeções.




- Projeções em $x$:

$T_{BA} \cdot \cos 30° - T_{BC} = 0$

$T_{BA} \cdot 0{,}87 = T_{BC}$ ①

- Projeções em $y$:

$T_{BA} \cdot \text{sen } 30° - P = 0$

$T_{BA} \cdot 0{,}50 = 20$

$\boxed{T_{BA} = 40 \text{ N}}$

Em ①: $40 \cdot 0{,}87 = T_{BC} \Rightarrow \boxed{T_{BC} = 34{,}8 \text{ N}}$

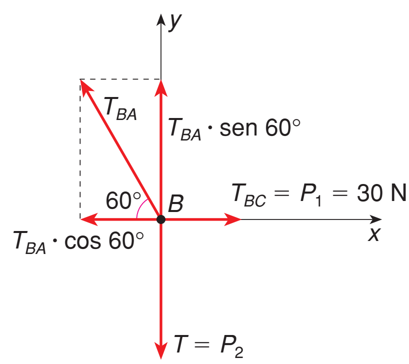
**P.465** Isolemos o ponto $B$, onde concorrem os três fios, sendo que a tração no fio $BC$ tem módulo igual ao peso do bloco 1. Utilizando o método das projeções, temos:

a) Projeções em $x$:

$T_{BC} - T_{BA} \cdot \cos 60° = 0$

$30 - T_{BA} \cdot 0{,}50 = 0$

$\boxed{T_{BA} = 60 \text{ N}}$



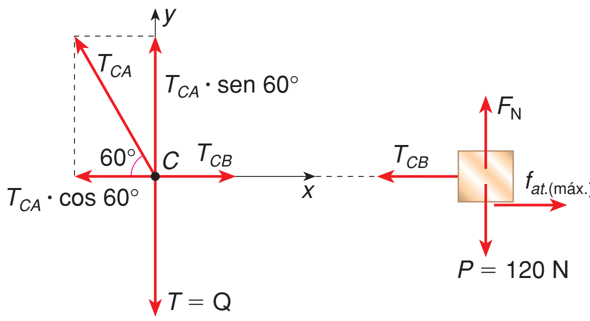

b) Projeções em $y$:

$T_{BA} \cdot \text{sen } 60° - P_2 = 0$

$60 \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} - P_2 = 0$

$\boxed{P_2 = 30\sqrt{3} \text{ N}}$

**P.466** Isolemos o ponto *C* e o bloco:




a) Estando o bloco na iminência de movimento, a força de atrito estático é máxima:

$f_{at.(máx.)} = \mu F_N = \mu P = 0{,}30 \cdot 120$

$\boxed{f_{at.(máx.)} = 36 \text{ N}}$

b) Utilizando o método das projeções no equilíbrio do ponto *C*, temos:

- Projeções em *x*:

$T_{CB} - T_{CA} \cdot \cos 60° = 0$

$T_{CB} = T_{CA} \cdot 0{,}50$

Mas: $T_{CB} = f_{at.(máx.)} = 36$ N

Logo: $36 = T_{CA} \cdot 0{,}50 \Rightarrow T_{CA} = 72$ N

- Projeções em *y*:

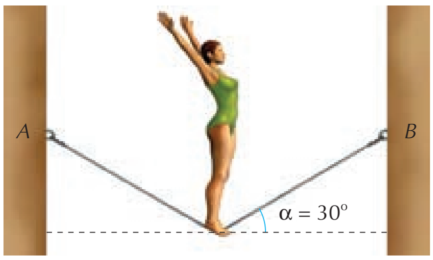
$T_{CA} \cdot \text{sen } 60° - Q = 0$

$$72 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - Q = 0$$

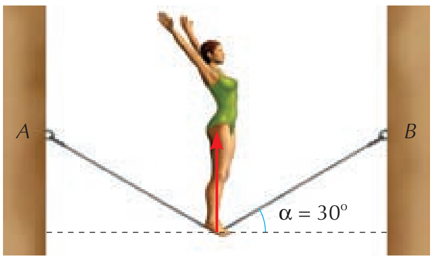
$\boxed{Q = 36\sqrt{3} \text{ N}}$

**P.467** A resultante das forças que *D* e *E* exercem em *C* deve anular o peso de *C*. Portanto, essa resultante tem direção vertical, sentido de baixo para cima e módulo 150 N.

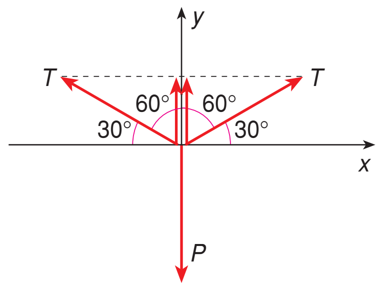
**P.468** a)




b)



c)




Projeções em $y$:

$T \cdot \cos 60° + T \cdot \cos 60° - P = 0$

$2T \cdot \cos 60° = P$

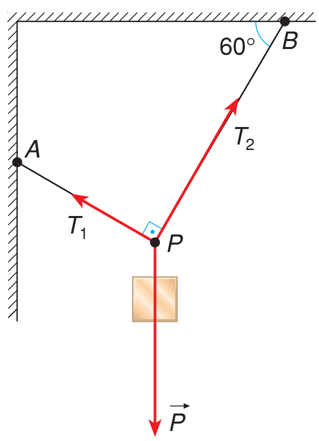
$2T \cdot \frac{1}{2} = P$

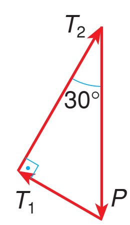
$T = P$

Como m = 70 kg, temos: $P = mg = 70 \cdot 10 \Rightarrow P = 700$ N

Daí, vem: $\boxed{T = 700 \text{ N}}$

**P.469** Usando o método da linha poligonal fechada, vem:




No triângulo formado, temos $\text{sen } 30° = \frac{T_1}{P}$. Portanto, vem:

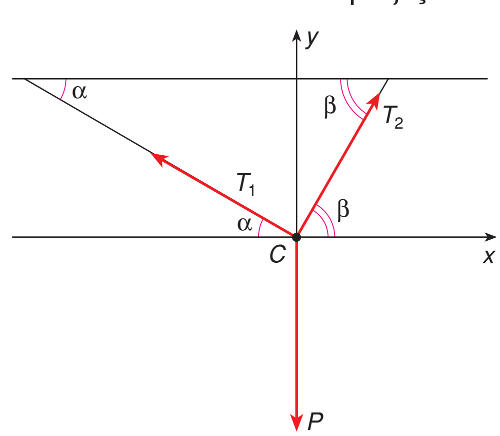
$T_1 = P \cdot \text{sen } 30° = 44 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{T_1 = 22 \text{ N}}$

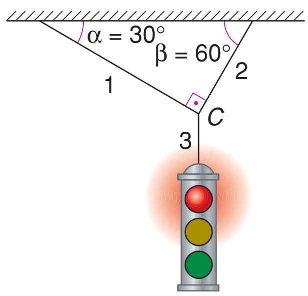
**P.470** a) As trações (tensões) nos fios serão iguais quando os ângulos forem iguais ($\alpha = \beta$). De fato, analisando o equilíbrio no ponto $C$ e considerando as projeções em $x$, temos:

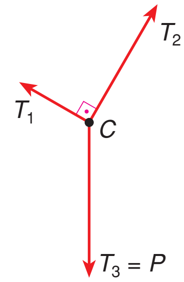
$T_2 \cdot \cos \beta - T_1 \cdot \cos \alpha = 0$

$T_2 \cdot \cos \beta = T_1 \cdot \cos \alpha$

Sendo $T_1 = T_2$, resulta $\alpha = \beta$.



b) 

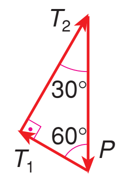

Para o cabo 3, vem:

$T_3 = P = 100$ N

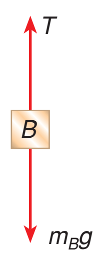
Usando o método da linha poligonal fechada, vem:

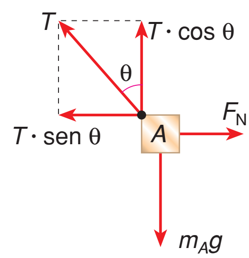
$T_1 = P \cdot \text{sen } 30° = 100 \cdot \dfrac{1}{2} \Rightarrow T_1 = 50$ N

$T_2 = P \cdot \text{sen } 60° = 100 \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow T_2 = 50\sqrt{3}$ N




**P.471** a)




A partir da condição de equilíbrio para o corpo *B*, temos:

$T = m_B g$ ①

Aplicando a condição de equilíbrio na direção *y*, para o corpo *A*, temos:

$T \cdot \cos \theta - m_A g = 0$ ②

Substituindo ① em ②, temos:

$m_B g \cdot \cos \theta = m_A g$

$\boxed{m_B \cdot \cos \theta = m_A}$

b) Deslocando-se o corpo *A* ligeiramente para baixo, o ângulo θ diminui e, portanto, o cos θ aumenta. A componente $T \cdot \cos \theta$ fica ligeiramente maior do que $m_A g$, e o corpo sobe e passa a oscilar em torno da posição de equilíbrio. O equlíbrio é **estável**.

**P.472** As componentes das forças dos elásticos $A$ e $B$ na direção $y$ devem ter intensidades iguais, ou seja:

$$F_A \cdot \cos 45° = F_B \cdot \cos 30°$$

Substituindo os valores, temos: $\sqrt{3} \cdot 10^{-2} \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} = F_B \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow F_B = \sqrt{2} \cdot 10^{-2}$ N

Pela lei de Hooke, calcula-se a deformação do elástico $B$:

$F_B = kx \Rightarrow \sqrt{2} \cdot 10^{-2} = 2\sqrt{2} \cdot x \Rightarrow x = 5 \cdot 10^{-3}$ m $\Rightarrow x = 5$ mm

Por uma regra de três simples e direta, temos:

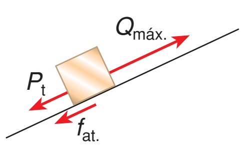
$$\left.\begin{array}{l} 1 \text{ volta} \text{ ——— } 1 \text{ mm} \\ N \text{ ——— } 5 \text{ mm} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{N = 5 \text{ voltas}}$$

**P.473** $P_t = P \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow P_t = 50 \cdot \dfrac{1}{2} \Rightarrow P_t = 25$ N

$P_n = P \cdot \cos 30° \Rightarrow P_n = 50 \cdot 0{,}87 \Rightarrow P_n = 43{,}5$ N

$f_{at.} = \mu \cdot F_N \Rightarrow f_{at.} = \mu \cdot P_n \Rightarrow f_{at.} = 0{,}2 \cdot 43{,}5 \Rightarrow f_{at.} = 8{,}7$ N

$Q$ máximo (corpo de peso $P$ na iminência de subir):

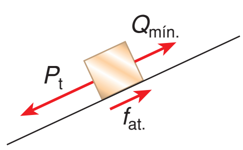



$Q_{máx.} = P_t + f_{at.}$

$Q_{máx.} = 25 + 8{,}7$

$Q_{máx.} = 33{,}7$ N

$Q$ mínimo (corpo de peso $P$ na iminência de descer):




$Q_{mín.} + f_{at.} = P_t$

$Q_{mín.} + 8{,}7 = 25$

$Q_{mín.} = 16{,}3$ N

Portanto: $\boxed{16{,}3 \text{ N} \leqslant Q \leqslant 33{,}7 \text{ N}}$

Se a força de atrito for nula, $Q$ deve ser igual a $P_t$ e, portanto, igual a 25 N. Esse valor pertence ao intervalo de variação de $Q$ para que haja equilíbrio.