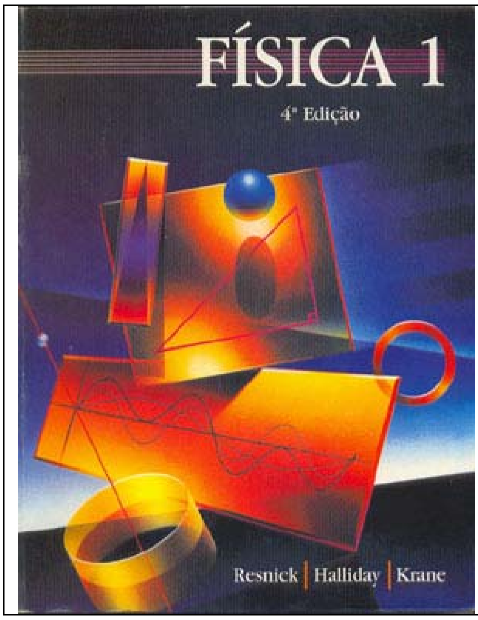
**PROBLEMAS RESOLVIDOS DE FÍSICA**

**Prof. Anderson Coser Gaudio**

**Departamento de Física – Centro de Ciências Exatas – Universidade Federal do Espírito Santo**

**http://www.cce.ufes.br/anderson**

**anderson@npd.ufes.br** **Última atualização: 21/07/2005 06:28 H**




**RESNICK, HALLIDAY, KRANE, FÍSICA, 4.ED., LTC, RIO DE JANEIRO, 1996.**

# FÍSICA 1

# Capítulo 14 - Equilíbrio de Corpos Rígidos

**Problemas**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | **08** | 09 | **10** |
| 11 | 12 | **13** | 14 | 15 | 16 | 17 | **18** | **19** | 20 |
| **21** | 22 | 23 | 24 | **25** | 26 | 27 | **28** | 29 | 30 |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | **46** | 47 | 48 | 49 | 50 |

## Problemas Resolvidos

**08.** Uma corrente flexível de peso *W* está suspensa entre dois pontos fixos, *A* e *B*, ao mesmo nível, como mostra a Fig. 21. Encontre (a) a força exercida pela corrente em cada extremidade e (b) a tensão no ponto mais baixo da corrente.

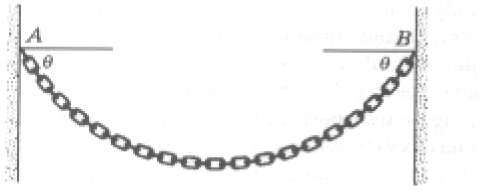
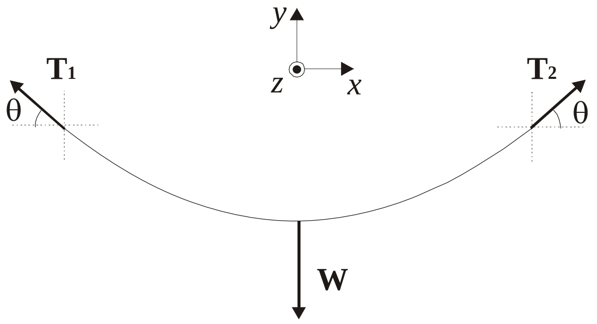



**Fig. 21** Problema 8.

(**Pág. 287**)

**Solução.**

(a) Esquema de forças sobre a corda:




Forças em *y*:

$$\sum F_y = 0$$

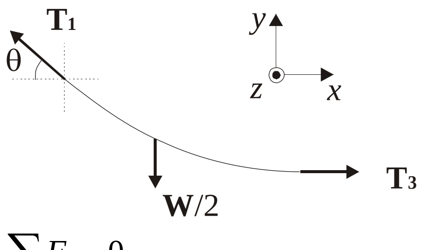
$$T_1 \operatorname{sen}\theta + T_2 \operatorname{sen}\theta - W = 0$$

Como $T_1 = T_2 = T$, temos:

$$2T \operatorname{sen}\theta = W$$

$$\boxed{T = \frac{W}{2\operatorname{sen}\theta}} \qquad (1)$$

(b) Forças em *x* na metade esquerda da corda:




$$\sum F_x = 0$$

$$T_3 - T_1 \cos\theta = 0$$

$$T_3 = T\cos\theta \qquad (2)$$

Substituindo-se (1) em (2):

$$T_3 = \frac{W}{2\operatorname{sen}\theta}\cos\theta$$

$$\boxed{T_3 = \frac{W}{2\tan\theta}}$$

[Início]

**10.** Uma esfera uniforme de peso $w$ e raio $r$ está suspensa está suspensa por uma corda presa a uma parede sem atrito; o ponto de suspensão encontra-se à distância $L$ acima do centro da esfera, como na Fig. 23. Encontre (a) a tensão na corda e (b) a força exercida na esfera pela parede.

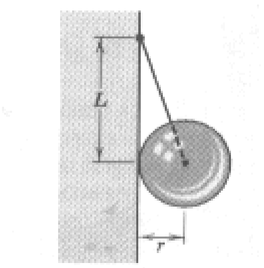
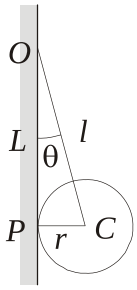



Fig. 23 Problema 10.

**(Pág. 287)**

**Solução.**

Considere o seguinte esquema:




No triângulo $OPC$ temos:

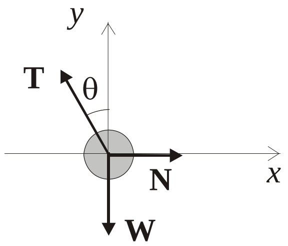
$$l = \sqrt{L^2 + r^2}$$

Portanto:

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{r}{\sqrt{L^2 + r^2}} \qquad (1)$$

$$\cos\theta = \frac{L}{\sqrt{L^2 + r^2}} \qquad (2)$$

(a) Esquema de forças sobre a esfera:




Forças em $y$:

$$\sum F_y = 0$$

$$T\cos\theta - W = 0 \qquad (3)$$

Substituindo-se (2) em (3):

$$\boxed{T = \frac{W\sqrt{L^2 + r^2}}{L}} \qquad (4)$$

(b) Forças em *x*:

$$\sum F_x = 0$$

$$N - T\,\text{sen}\,\theta = 0 \qquad (5)$$

Substituindo-se (1) e (4) em (4):

$$N = \frac{W\sqrt{L^2 + r^2}}{L}\frac{r}{\sqrt{L^2 + r^2}}$$

$$\boxed{N = \frac{r}{L}W}$$

[Início]

**13.** Um mergulhador que pesa 582 N está de pé sobre um trampolim uniforme de 4,48 m, cujo peso é de 142 N. O trampolim está preso por dois pedestais distantes 1,55 m, como mostra a Fig. 24. Encontre a tensão (ou compressão) em cada um dos pedestais.

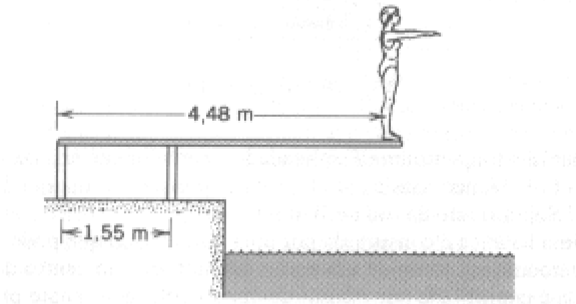
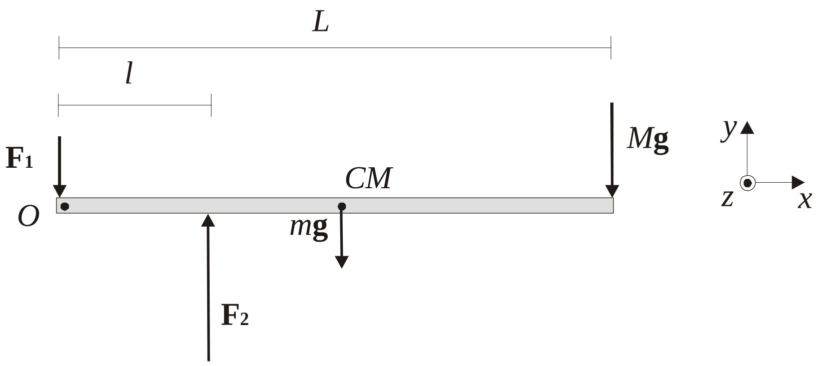



Fig. 24 Problema 13.

**(Pág. 287)**

**Solução.**

Considere o seguinte esquema:




Torques em *z* em relação ao ponto *O*:

$$\sum \tau_z = 0$$

$$lF_2 - \frac{L}{2}mg - LMg = 0$$

$$F_2 = \frac{L}{l}\left(\frac{mg}{2} + Mg\right) = 1.877,3806\cdots\ \text{N} \qquad (1)$$

$$F_2 \approx 1,89\ \text{kN}$$

Forças em $y$:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_2 - F_1 - mg - Mg = 0 \qquad (2)$$

Substituindo-se (1) em (2):

$$F_1 = \frac{L}{l}\left(\frac{mg}{2} + Mg\right) - mg - Mg = 0$$

$$F_1 = \frac{(L-2l)mg + (L-l)Mg}{2l} = 1.163,3806\cdots\ \text{N}$$

$$\boxed{F_1 \approx 1,16\ \text{kN}}$$

[Início]

**18.** Duas esferas lisas, idênticas e uniformes, cada uma com peso $W$, estão em repouso no fundo de um recipiente retangular fixo, como mostra a Fig. 26. A linha que une os centros das esferas faz um ângulo $\theta$ com a horizontal. Encontre as forças exercidas sobre as esferas (a) pelo fundo do recipiente, (b) pelas paredes laterais do recipiente, e (c) por uma sobre a outra.

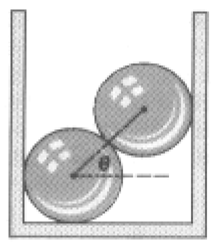
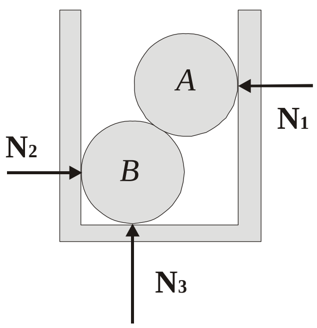



**Fig. 26** Problema 18.

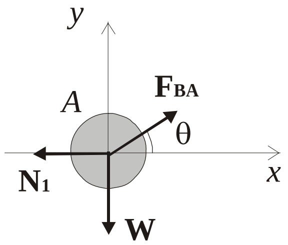
**(Pág. 288)**

**Solução.**

Esquema das forças normais:




Esquema de forças sobre a esfera $A$:




Em primeiro lugar vamos analisar as forças que agem sobre a esfera $A$. Forças em $y$:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{BA} \operatorname{sen}\theta - W = 0$$

$$\boxed{F_{BA} = \frac{W}{\operatorname{sen}\theta}} \qquad (1)$$

Forças em $x$:

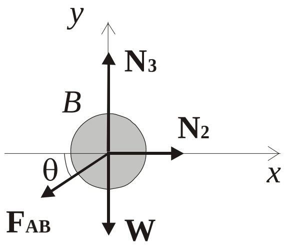
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{BA} \cos\theta - N_1 = 0 \qquad (2)$$

Substituindo-se (1) em (2) e resolvendo-se para $N_1$:

$$\boxed{N_1 = \frac{W}{\tan\theta}}$$

Agora vamos analisar as forças que agem sobre a esfera $B$.




Forças em $x$:

$$\sum F_x = 0$$

$$N_2 - F_{AB} \cos\theta = 0 \qquad (3)$$

Substituindo-se (1) em (3) e resolvendo-se para $N_2$ ($F_{AB} = F_{BA}$):

$$\boxed{N_2 = \frac{W}{\tan\theta}}$$

Forças em $y$:

$$\sum F_y = 0$$

$$N_3 - F_{AB} \operatorname{sen}\theta - W = 0 \qquad (4)$$

Substituindo-se (1) em (4) e resolvendo-se para $N_3$ ($F_{AB} = F_{BA}$):

$$\boxed{N_3 = 2W}$$

[Início]

**19.** Qual é a força mínima $F$ aplicada horizontalmente no eixo da roda da Fig. 27, necessária para levantá-la por sobre o degrau de altura $h$? Seja $r$ o raio da roda e $W$ o seu peso.

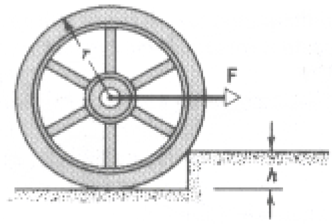
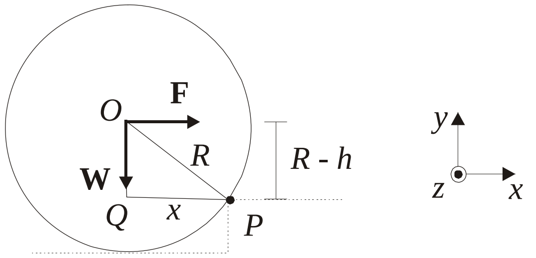



Fig. 27 Problema 19.

**(Pág. 288)**

**Solução.**

Considere o seguinte esquema:




Torques em $z$ em relação ao eixo que passa pelo ponto $P$:

$$\sum \tau_z = 0$$

$$xw - (R-h)F = 0$$

$$F = \frac{xw}{R-h} \qquad (1)$$

A partir do triângulo *OPQ* tem-se:

$$x = \sqrt{R^2 - (R-h)^2} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rh - h^2}$$

$$x = \sqrt{2Rh - h^2} \qquad (2)$$

Substituindo-se (2) em (1):

$$\boxed{F = \frac{\sqrt{2Rh-h^2}}{R-h}w}$$

[Início]

**21.** Uma esfera uniforme de massa *w* está em repouso limitada por dois planos inclinados em relação à horizontal de $\theta_1$ e $\theta_2$ respectivamente (Fig. 28). (a) Suponha que não haja atrito e determine as forças (módulos, direções e sentidos) que os planos exercem sobre as esferas. (b) Que diferença faria, em princípio, se o atrito fosse considerado?

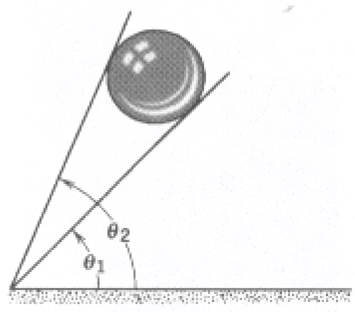
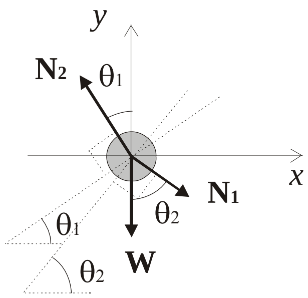



Fig. 28 Problema 21.

**(Pág. 288)**

**Solução.**

Considere o seguinte esquema:




Forças em *x*:

$$\sum F_x = 0$$

$$N_1 \operatorname{sen}\theta_2 - N_2 \operatorname{sen}\theta_1 = 0$$

$$N_1 = \frac{N_2 \operatorname{sen}\theta_1}{\operatorname{sen}\theta_2} \qquad (1)$$

Forças em *y*:

$$\sum F_y = 0$$

$$N_2 \cos\theta_1 - N_1 \cos\theta_2 - w = 0 \qquad (2)$$

Substituindo-se (1) em (2):

$$N_2 \cos\theta_1 - \frac{N_2 \operatorname{sen}\theta_1}{\operatorname{sen}\theta_2}\cos\theta_2 = w$$

$$N_2 \frac{\left(\operatorname{sen}\theta_2 \cos\theta_1 - \operatorname{sen}\theta_1 \cos\theta_2\right)}{\operatorname{sen}\theta_2} = w$$

$$N_2 \frac{\operatorname{sen}\left(\theta_2 - \theta_1\right)}{\operatorname{sen}\theta_2} = w$$

$$\boxed{N_2 = \frac{\operatorname{sen}\theta_2}{\operatorname{sen}\left(\theta_2 - \theta_1\right)} w} \qquad (3)$$

Substituindo-se (3) em (1):

$$\boxed{N_1 = \frac{\operatorname{sen}\theta_1}{\operatorname{sen}\left(\theta_2 - \theta_1\right)} w}$$

[Início]

**25.** Uma extremidade de uma barra uniforme que pesa 234 N e tem 0,952 m de comprimento é ligada a uma parede através de uma dobradiça. A outra extremidade é sustentada por um cabo que forma ângulos iguais de $27{,}0^{o}$ com a barra e a parede (veja a Fig. 31). (a) Encontre a tração no cabo. (b) Calcule as componentes horizontal e vertical da força sobre a dobradiça.

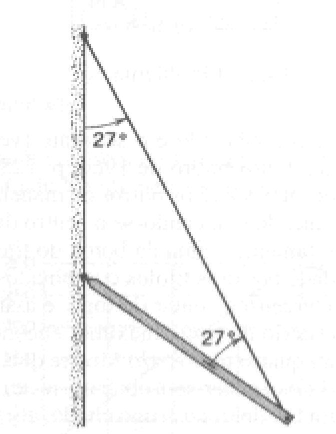
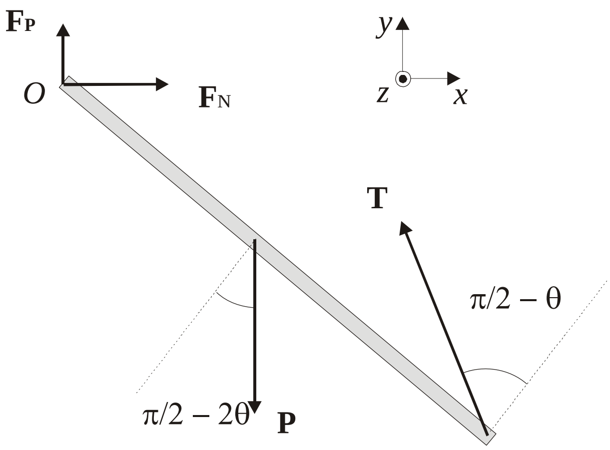



Fig. 31 Problema 25.

(**Pág. 289**)

**Solução.**

Considere o seguinte esquema de forças que atuam sobre a barra:




(a) Torques em relação ao ponto *O* na coordenada *z*:

$$\sum \tau_z = 0$$

$$-P\cos\left(\frac{\pi}{2}-2\theta\right)\times\frac{l}{2}+T\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)\times l=0$$

$$T=\frac{P\cos\left(\frac{\pi}{2}-2\theta\right)}{2\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)}=208{,}4955\cdots\text{N}$$

$$\boxed{T\approx 209\text{ N}}$$

(b) Forças em *x*:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_N - T\,\mathrm{sen}\,\theta = 0$$

$$F_N = T\,\mathrm{sen}\,\theta = 94,6549\cdots\ \mathrm{N}$$

$$\boxed{F_N \approx 94,7\ \mathrm{N}}$$

Forças em $y$:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_P - P + T\cos\theta = 0$$

$$F_P = P - T\cos\theta = 48,2291\cdots\ \mathrm{N}$$

$$\boxed{F_P \approx 48,2\ \mathrm{N}}$$

[Início]

**28.** Uma barra não uniforme, de peso $W$, está em repouso na posição horizontal, suspensa por duas cordas leves, como mostra a Fig. 33; os ângulos das cordas com a vertical são $\theta$ e $\phi$, respectivamente. O comprimento da barra é $L$. Encontre a distância $x$ da extremidade da esquerda até o centro de gravidade.

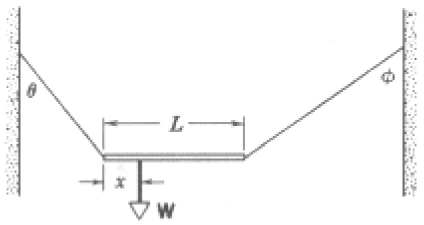
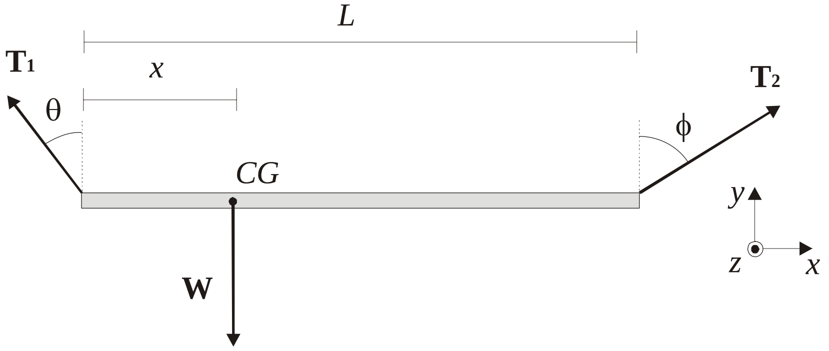



Fig. 33 Problema 28.

**(Pág. 289)**

**Solução.**

Considere o seguinte esquema das forças que atuam sobre a barra:




Torques na coordenada $z$ em relação à extremidade esquerda da barra:

$$\sum \tau_z = 0$$

$$-xW + LT_2\cos\phi = 0$$

$$T_2 = \frac{xW}{L\cos\phi} \qquad (1)$$

Torques na coordenada *z* em relação à extremidade direita da barra:

$$\sum \tau_z = 0$$

$$-LT_1\cos\theta + (L-x)W = 0$$

$$T_1 = \frac{(L-x)W}{L\cos\theta} \qquad (2)$$

Forças na coordenada *x*:

$$\sum F_x = 0$$

$$-T_1\,\text{sen}\,\theta + T_2\,\text{sen}\,\phi = 0$$

$$T_1\,\text{sen}\,\theta = T_2\,\text{sen}\,\phi \qquad (3)$$

Substituindo-se (1) e (2) em (3):

$$\frac{(L-x)W}{L\cos\theta}\,\text{sen}\,\theta = \frac{xW}{L\cos\phi}\,\text{sen}\,\phi$$

$$(L-x)\tan\theta = x\tan\phi$$

$$\boxed{x = \frac{L}{1+\dfrac{\tan\phi}{\tan\theta}}}$$

[Início]

**46.**

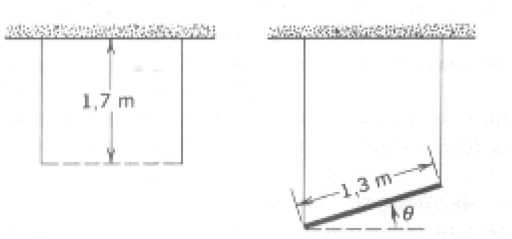



Fig. 44 Problema 46.

**(Pág. 291)**

**Solução.**

Considere o seguinte esquema da situação:

De acordo com o esquema temos:

$$\text{sen}\,\theta = \frac{\Delta l_1 - \Delta l_2}{L}$$

$$\theta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\Delta l_1 - \Delta l_2}{L}\right) \qquad (1)$$

Por definição, o módulo de Young é dado por:

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{FL}{A\Delta L}$$

$$\Delta L = \frac{FL}{EA} \qquad (2)$$

Utilizando-se a Eq. (2) para o fio de alumínio (fio da esquerda, que chamaremos de 1):

$$\Delta l_1 = \frac{T_1 l_0}{E_1 A_1} = \frac{\left(\frac{Mg}{2}\right) l_0}{E_1 \pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}$$

$$\Delta l_1 = \frac{2Mgl_0}{\pi E_1 d_1^2} \qquad (3)$$

Procedendo-se de maneira idêntica para o fio de aço (fio da esquerda, 2):

$$\Delta l_2 = \frac{2Mgl_0}{\pi E_2 d_2^2} \qquad (4)$$

Substituindo-se (3) e (4) em (1):

$$\theta = \operatorname{sen}^{-1}\left( \frac{\frac{2Mgl_0}{\pi E_1 d_1^2} - \frac{2Mgl_0}{\pi E_2 d_2^2}}{L} \right) = \operatorname{sen}^{-1}\left[ \frac{2Mgl_0}{\pi L} \left( \frac{1}{E_1 d_1^2} - \frac{1}{E_2 d_2^2} \right) \right] = 1{,}10905 \times 10^{-5} \cdots \text{rad}$$

$$\boxed{\theta \approx 1{,}1 \times 10^{-5} \text{ rad}}$$

Na solução deste problema, desprezou-se o pequeno ângulo que os fios passam a fazer com a vertical após a colocação da barra.

[Início]