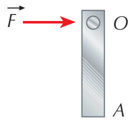
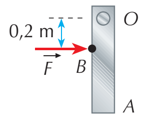
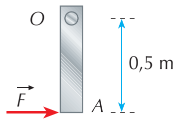
EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 180 Uma barra OA situada num plano vertical pode girar em torno do ponto de suspensão O. Determine o momento da força $\vec{F}$ de intensidade 10 N em relação ao ponto O nos casos indicados abaixo:

a) 

b) 

c) 

d) 

Solução:

Nas situações (a) e (b) os momentos são nulos, pois são nulas as distâncias de O às linhas de ação das forças. Observe nesses casos que a força $\vec{F}$ não tende a produzir rotação da barra OA em torno de O.

c) Da definição de momento, e observando que $\vec{F}$ tende a produzir rotação de OB em torno de O no sentido anti-horário, temos $M_O = +Fd$. Sendo $F = 10$ N e $d = 0{,}2$ m, vem:

$$M_O = 10 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{M_O = 2\ \text{N} \cdot \text{m}}$$

d) Nesse caso, $d = 0{,}5$ m. Portanto: $M_O = +Fd = 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{M_O = 5\ \text{N} \cdot \text{m}}$

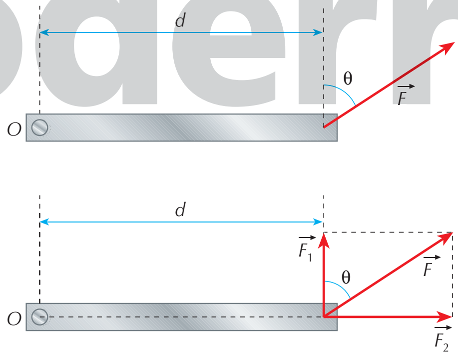
Respostas: a) zero; b) zero; c) 2 N · m; d) 5 N · m

Observação:

Nas situações (c) e (d) os momentos não são nulos e as forças tendem a produzir rotação da barra OA em torno de O. Observe que na situação (d) é mais fácil fazer girar a barra em torno de O (maior momento em módulo) do que em (c). Dessa maneira podemos dizer que: **o momento da força $\vec{F}$ em relação ao ponto O mede a eficiência da força em produzir rotação da barra em torno desse ponto.**

R. 181 Determine o momento da força $\vec{F}$ indicada na figura ao lado em relação ao ponto O.

Dados: $F = 10$ N; $d = 1$ m; $\theta = 60°$



Solução:

Vamos inicialmente decompor a força $\vec{F}$, na direção da barra e na direção perpendicular à barra. O momento de $\vec{F}$ em relação a O é igual ao momento de $\vec{F}_1$ em relação a O, pois o momento de $\vec{F}_2$ é nulo.

Assim: $M_{O_F} = M_{O_{F_1}} = +F_1 d$ (sentido anti-horário)

Sendo $F_1 = F \cdot \cos\theta$, vem:

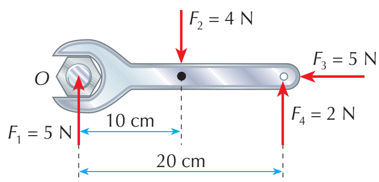
$$M_{O_F} = F \cdot \cos\theta \cdot d \Rightarrow M_{O_F} = 10 \cdot \cos 60° \cdot 1 \Rightarrow$$

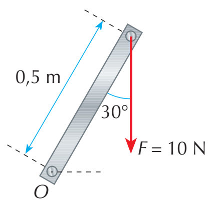
$$\Rightarrow M_{O_F} = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \Rightarrow \boxed{M_{O_F} = 5\ \text{N} \cdot \text{m}}$$

Resposta: 5 N · m

EXERCÍCIO PROPOSTO

P. 474 Nas figuras abaixo determine os momentos das forças dadas em relação ao ponto O.

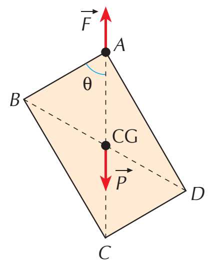
a) 

b) 

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 187 De uma chapa uniforme e homogênea recorta-se um retângulo com medidas $AB = 10$ cm e $AD = 10\sqrt{3}$ cm, conforme a figura ao lado.
Suspende-se a chapa pelo vértice A. Determine, na posição de equilíbrio, o ângulo que a reta AB forma com a vertical.

Solução:
Na posição de equilíbrio o ponto de suspensão A e o centro de gravidade CG devem pertencer à mesma reta vertical.
No triângulo ABC, temos:

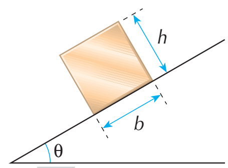


$$\text{tg}\ \theta = \frac{BC}{AB} = \frac{10\sqrt{3}}{10} = \sqrt{3}$$

Portanto: $\boxed{\theta = 60°}$

Resposta: 60°

R. 188 O coeficiente de atrito estático entre um bloco homogêneo e um plano inclinado vale $\mu_e = 0{,}80$. O bloco é colocado em repouso sobre o plano inclinado (dados: sen $\theta = 0{,}60$; cos $\theta = 0{,}80$; $b = 1{,}5$ cm).



a) Demonstre que o bloco não escorrega ao longo do plano inclinado.
b) Determine o máximo valor da altura h do bloco para que ele fique apoiado sem tombar.

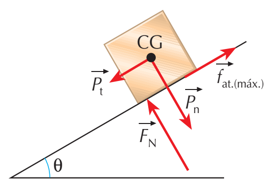
Solução:
a) Quando o bloco está na **iminência de escorregar**, a força de atrito atinge seu valor máximo:

$$f_{\text{at.(máx.)}} = \mu_e F_N = \mu_e P_n = \mu_e \cdot P \cdot \cos\theta$$

Estando o bloco em equilíbrio, vem:

$$P_t = f_{\text{at.(máx.)}} \Rightarrow P \cdot \text{sen}\ \theta = \mu_e \cdot P \cdot \cos\theta \Rightarrow \text{tg}\ \theta = \mu_e$$

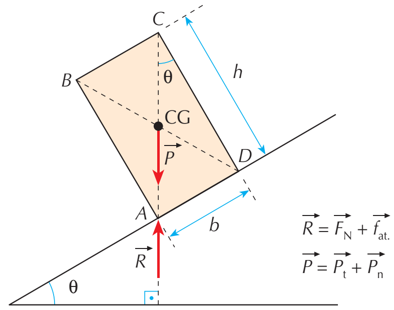
Se tg $> \mu_e$ o bloco escorrega, e se tg $\theta < \mu_e$ o bloco não escorrega nem está na iminência de escorregar.
No caso em questão:



$$\text{tg}\ \theta = \frac{\text{sen}\ \theta}{\cos\theta} = \frac{0{,}60}{0{,}80} = 0{,}75$$

Sendo $\mu_e = 0{,}80$, concluímos que tg $\theta < \mu_e$ e, portanto, **o bloco não escorrega**.

b) O máximo valor da altura h do bloco corresponde à **iminência de tombamento**. Nessas condições, a reta vertical que contém a força $\vec{R}$ que o plano exerce no bloco passa pelo extremo A da base de apoio. Observe que $\vec{R} = \vec{F}_N + \vec{f}_{\text{at.}}$. Para que $\vec{R}$ anule $\vec{P}$ temos, na iminência de tombamento, a situação mostrada na figura ao lado.
Da figura, concluímos que o ângulo $A\hat{C}D$ também vale θ. No triângulo ACD, temos:



$$\text{tg}\ \theta = \frac{b}{h} \Rightarrow \frac{\text{sen}\ \theta}{\cos\theta} = \frac{b}{h}$$

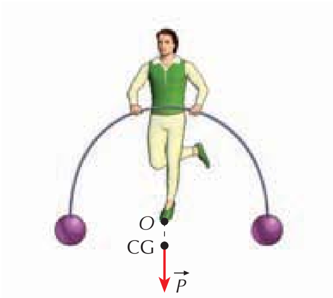
São dados: sen $\theta = 0{,}60$; cos $\theta = 0{,}80$; $b = 1{,}5$ cm.
Logo:

$$\frac{0{,}60}{0{,}80} = \frac{1{,}5}{h} \Rightarrow \boxed{h = 2{,}0\ \text{cm}}$$

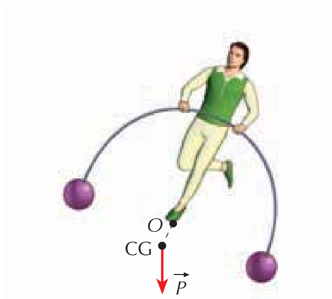
Respostas: a) tg $\theta < \mu_e$; b) 2,0 cm

R. 189 O centro de gravidade de um boneco de madeira situa-se no seu próprio corpo. Fixamos no boneco um arame com duas bolas de madeira, conforme a figura. Apoiando-se a ponta do pé do boneco numa superfície plana, ele permanece em equilíbrio. Observa-se que, afastando-se o boneco ligeiramente da posição de equilíbrio (girando-o em torno do ponto de apoio), ele tende a voltar à posição de equilíbrio, isto é, **o equilíbrio é estável**. O que se pode afirmar, nessas condições, a respeito da posição do centro de gravidade do sistema (boneco + arame com bolas) em relação ao ponto de apoio?

Solução:
Sendo **o equilíbrio estável, o centro de gravidade CG do sistema fica abaixo do ponto de apoio O**. De fato, ao afastarmos ligeiramente o sistema da posição de equilíbrio, girando-o em torno do ponto O, o peso $\vec{P}$ do sistema passa a ter momento em relação ao ponto O. Esse momento tende a restaurar a posição de equilíbrio.



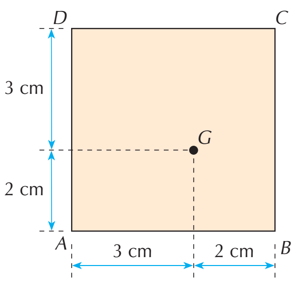
Posição de equilíbrio estável
O momento de $\vec{P}$ em relação a O é nulo.



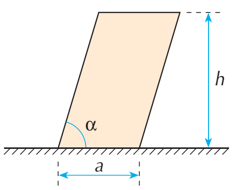
Posição deslocada de um certo ângulo
O momento de $\vec{P}$ em relação a O não é nulo e tende a restaurar a posição de equilíbrio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 479 O centro de gravidade de uma placa quadrada não homogênea coincide com o ponto indicado por G na figura. Determine a tangente do ângulo entre a vertical e o lado $\overline{AB}$ quando a placa, em equilíbrio, é suspensa por A.

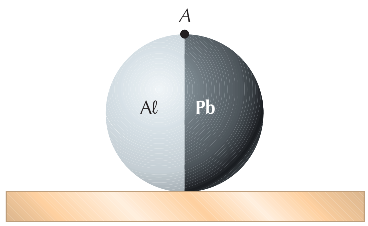


P. 480 (EEM-SP) É dado um prisma homogêneo oblíquo, de base quadrada de lado a e altura h, com densidade (massa específica) d.



Determine:
a) o menor valor que pode ter o ângulo α para que o prisma fique apoiado sobre uma das bases sem tombar;
b) o peso do prisma nas condições do item (a).

P. 481 Uma esfera, constituída de partes iguais de alumínio (Aℓ) e chumbo (Pb), foi abandonada sobre um plano horizontal, conforme mostra a figura.



a) A esfera permanece em equilíbrio na posição mostrada na figura? Como seria a posição de equilíbrio estável e de equilíbrio instável? Faça esquemas.
b) Faça um esquema da posição de equilíbrio que a esfera atinge ao ser suspensa pelo ponto A.