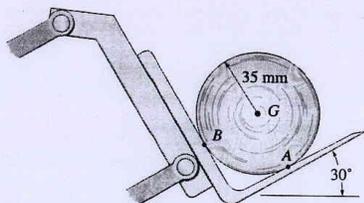


Nota: As forças internas de um elemento em outro são iguais em intensidade, porém colineares e de sentidos opostos. Não devem ser incluídas aqui, uma vez que se cancelam mutuamente.

Figura 5.11

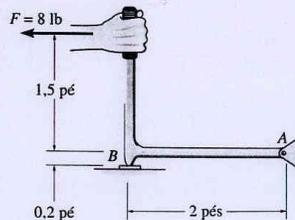
PROBLEMAS

5.1. Desenhe o diagrama de corpo livre do rolo de papel de 50 kg que tem centro de massa em  $G$  e está em equilíbrio sobre a lâmina sem atrito do carregador de papel. Explique o significado de cada força atuando no diagrama. (Veja a Figura 5.7b.)



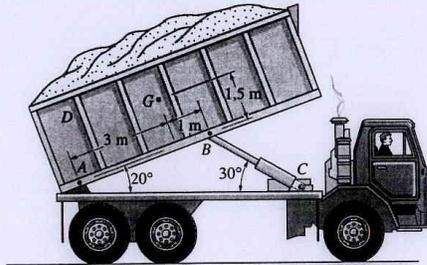
Problema 5.1

5.2. Desenhe o diagrama de corpo livre da perfuradora manual que é fixada por um pino em  $A$  e pressiona a superfície lisa em  $B$ .



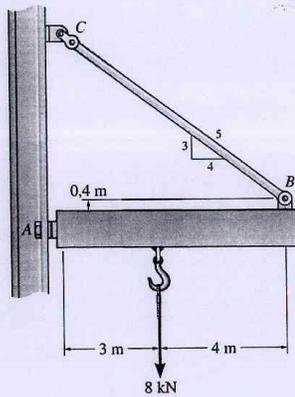
Problema 5.2

5.3. Desenhe o diagrama de corpo livre da caçamba  $D$  do caminhão, que tem peso de 5.000 lb e centro de gravidade em  $G$ . A caçamba é apoiada por um pino em  $A$  e por um cilindro hidráulico  $BC$  conectado por pino (haste curta). Explique o significado de cada força no diagrama. (Veja a Figura 5.7b.)



Problema 5.3

\*5.4. Desenhe o diagrama de corpo livre do guindaste de lança  $AB$ , que está conectado por um pino em  $A$  e é sustentado pelo elemento (haste)  $BC$ .

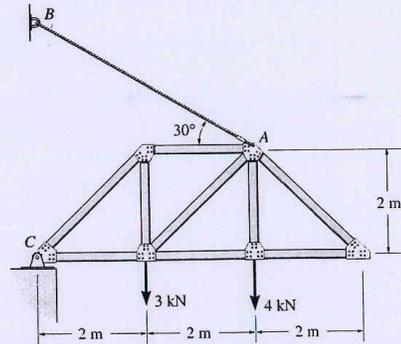


Problema 5.4

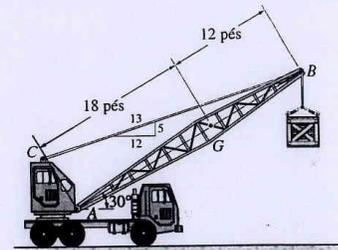
5.5. Desenhe o diagrama de corpo livre da treliça, que é sustentada pelo cabo  $AB$  e por um pino  $C$ . Explique o significado de cada força atuante no diagrama. (Veja a Figura 5.7b.)

5.6. Desenhe o diagrama de corpo livre da lança do guindaste  $AB$ , que tem peso de 650 lb e centro de gravidade em  $G$ . A lança é sustentada por um pino em  $A$  e um cabo  $BC$ . A carga de 1.250 lb está pendurada por um cabo preso em  $B$ . Explique o significado de cada força atuante no diagrama. (Veja a Figura 5.7b.)

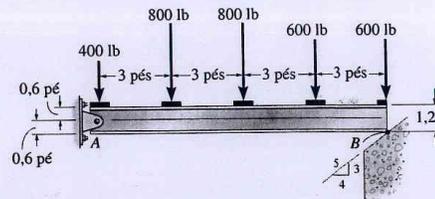
5.7. Desenhe o diagrama de corpo livre da viga, que é conectada por um pino em  $A$  e se apóia sobre um plano inclinado sem atrito em  $B$ .



Problema 5.5

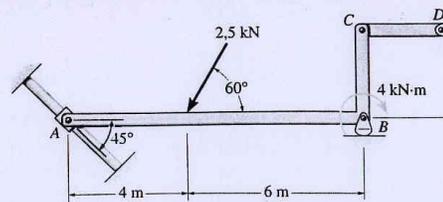


Problema 5.6



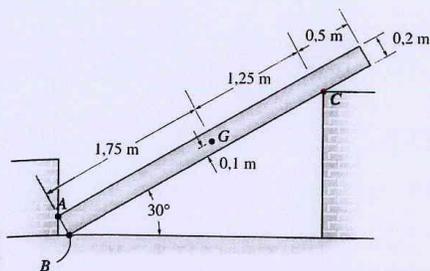
Problema 5.7

\*5.8. Desenhe o diagrama de corpo livre da barra  $ABC$  é sustentado por um colar deslizante sem atrito em  $A$  um rolete em  $B$  e por uma haste curta  $CD$ . Explique o significado de cada uma das forças que atuam no diagrama. (Veja a Figura 5.7b.)



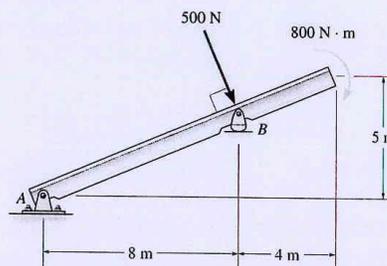
Problema 5.8

5.9. Desenhe o diagrama de corpo livre da barra uniforme, que tem massa de 100 kg e centro de massa em  $G$ . Os apoios  $A$ ,  $B$  e  $C$  são lisos.



Problema 5.9

5.10. Desenhe o diagrama de corpo livre da viga, que é conectada por um pino em  $A$  e por um balancim em  $B$ .



Problema 5.10

### 5.3 EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO

Na Seção 5.1 desenvolvemos as duas equações que são a condição necessária e suficiente para o equilíbrio de um corpo rígido:  $\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{0}$  e  $\Sigma \mathbf{M}_O = \mathbf{0}$ . Quando o corpo está sujeito a um sistema de forças no plano  $x-y$ , as forças podem ser desmembradas em seus componentes  $x$  e  $y$ . Conseqüentemente, as condições para o equilíbrio em duas dimensões são:

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \\ \Sigma M_O = 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Nesse caso,  $\Sigma F_x$  e  $\Sigma F_y$  representam, respectivamente, as somas algébricas dos componentes  $x$  e  $y$  de todas as forças atuantes no corpo e  $\Sigma M_O$  representa a soma algébrica dos momentos de binário e dos momentos de todos os componentes de forças em relação a um eixo perpendicular ao plano  $x-y$ , passando pelo ponto arbitrário  $O$ , que pode pertencer ao corpo ou estar fora dele.

**Conjuntos Alternativos de Equações de Equilíbrio.** Apesar de as equações 5.2 serem *mais freqüentemente* usadas para solucionar problemas de equilíbrio coplanar, dois conjuntos *alternativos* de três equações de equilíbrio independentes também podem ser usados. Um desses conjuntos é:

$$\begin{cases} \Sigma F_a = 0 \\ \Sigma M_A = 0 \\ \Sigma M_B = 0 \end{cases} \quad (5.3)$$

Quando se utilizam essas equações, é necessário que uma linha que passa pelos pontos  $A$  e  $B$  não seja perpendicular ao eixo  $a$ . Para provar que as equações 5.3 obedecem às condições de equilíbrio, considere o diagrama de corpo livre de um corpo irregular mostrado na Figura 5.12a. Utilizando os métodos da Seção 4.8, todas as forças no diagrama de corpo livre podem ser substituídas por uma força resultante equivalente  $\mathbf{F}_R = \Sigma \mathbf{F}$ , que atua no ponto  $A$ , e um momento resultante  $\mathbf{M}_{R,A} = \Sigma \mathbf{M}_A$ , como na Figura 5.12b. Se a condição  $\Sigma M_A = 0$  é satisfeita, é necessário que  $\mathbf{M}_{R,A} = \mathbf{0}$ . Além disso, para que  $\mathbf{F}_R$  satisfaça

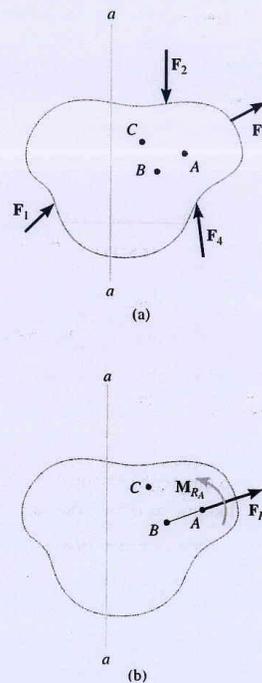
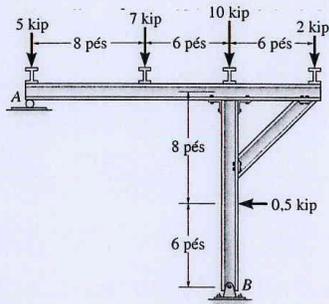
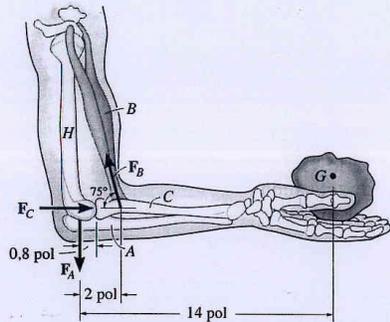


Figura 5.12



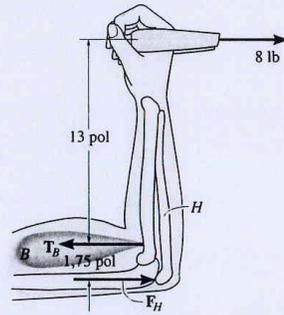
Problema 5.20

5.21. Quando se segura uma pedra de 5 lb em equilíbrio, o úmero  $H$ , considerado liso, exerce uma força normal  $F_C$  e  $F_A$  no rádio  $C$  e no cúbito  $A$ , como mostra a figura. Determine essas forças e a força  $F_B$  que o bíceps  $B$  exerce sobre o rádio para manter o equilíbrio. A pedra tem centro de massa em  $G$ . Despreze o peso do braço.



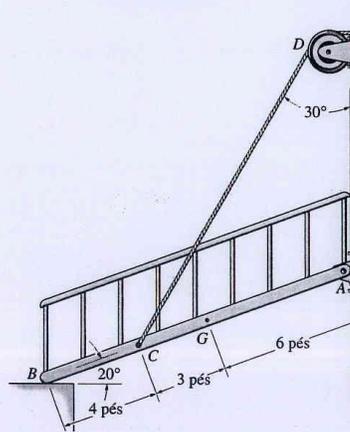
Problema 5.21

5.22. O homem está puxando uma carga de 8 lb com um dos braços e segurando como mostra a figura. Determine a força  $F_H$  exercida no osso úmero  $H$  e a tensão desenvolvida no músculo bíceps  $B$ . Despreze o peso do braço.



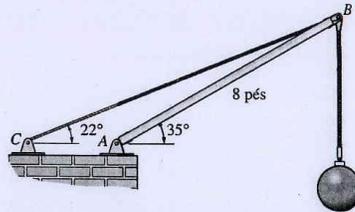
Problema 5.22

5.23. A rampa de um navio tem peso de 200 lb e o centro de gravidade em  $G$ . Determine a força do cabo em  $CD$  necessária para apenas iniciar o levantamento da rampa (isto é, apenas o suficiente para que a reação em  $B$  seja nula). Determine também os componentes horizontal e vertical da força na articulação (pino) em  $A$ .



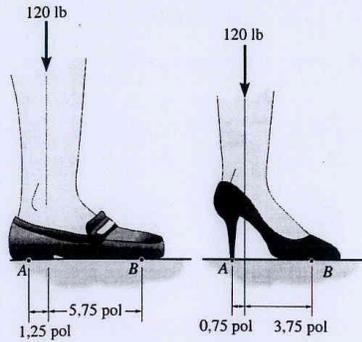
Problema 5.23

\*5.24. Determine a intensidade da força no pino  $A$  e no cabo  $BC$  necessária para sustentar a carga de 500 lb. Despreze o peso da haste  $AB$ .



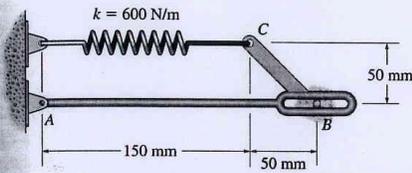
Problema 5.24

5.25. Compare a força exercida nos dedos e no calcanhar de uma mulher de 120 lb quando ela está usando sapatos de salto normal e de salto alto. Suponha que todo o seu peso esteja concentrado em um pé e que as reações acontecem nos pontos  $A$  e  $B$ , como mostrado na figura.



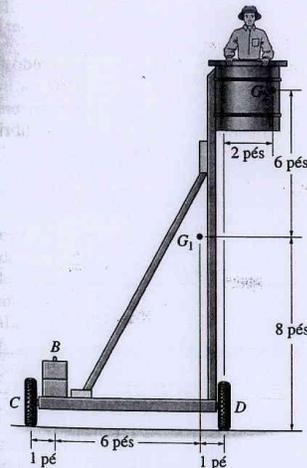
Problema 5.25

5.26. Determine as reações nos pinos  $A$  e  $B$ . No estado de repouso, a mola tem comprimento de 80 mm.



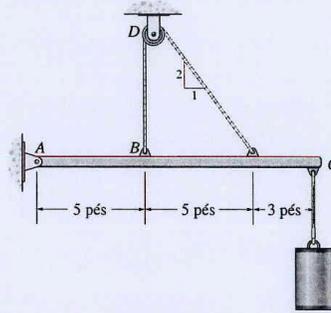
Problema 5.26

5.27. A estrutura da plataforma tem peso de 250 lb e centro de gravidade em  $G_1$  e deve ser capaz de sustentar uma carga máxima de 400 lb colocada no ponto  $G_2$ . Determine o menor contrapeso  $W$  que deve ser colocado em  $B$  para evitar que a plataforma tombe.



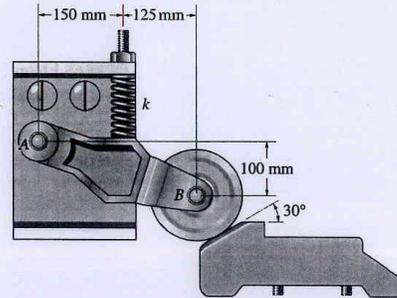
Problema 5.27

\*5.28. Determine a força no cabo e os componentes horizontal e vertical da reação do pino em  $A$ . A polia em  $D$  é sem atrito e o cilindro pesa 80 lb.



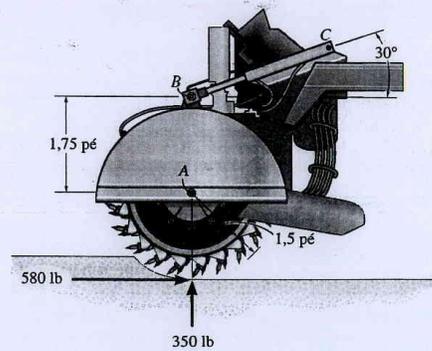
Problema 5.28

5.29. O dispositivo é usado para manter a porta de um elevador aberta. Se a mola tem rigidez de  $k = 40 \text{ N/m}$  e está comprimida em 0,2 m, determine os componentes horizontal e vertical da reação no pino  $A$  e a força resultante no mancal da roda  $B$ .



Problema 5.29

5.30. O cortador está sujeito a uma força horizontal de 580 lb e a uma força normal de 350 lb. Determine os componentes horizontal e vertical da força que atua no pino  $A$  e a força ao longo do cilindro hidráulico  $BC$  (um elemento de duas forças).



Problema 5.30