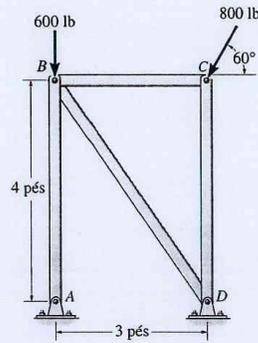


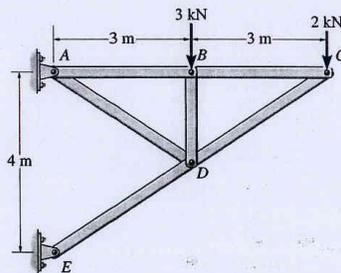
6.18. Determine a força em cada elemento da treliça e indique se esses elementos estão sob tração ou compressão. *Dica:* a componente horizontal da força em *A* deve ser nulo. Por quê?



Problema 6.18

6.19. Determine a força em cada elemento da treliça e indique se esses elementos estão sob tração ou compressão. *Dica:* a força resultante no pino *E* atua ao longo do elemento *ED*. Por quê?

\*6.20. Cada elemento da treliça é uniforme e tem massa por unidade de comprimento de 8 kg/m. Remova as cargas externas de 3 kN e 2 kN e determine a força aproximada em cada elemento devido ao peso da treliça. Indique se esses elementos estão sob tração ou compressão. Solucione o problema *admitindo* que o peso de cada elemento pode ser representado como uma força vertical, metade da qual é aplicada nas extremidades de cada um dos elementos.



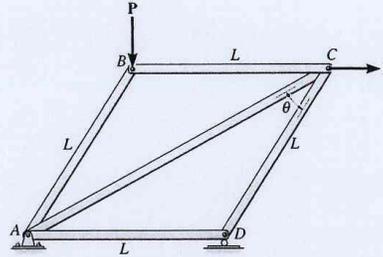
Problemas 6.19/20

6.21. Determine a força em cada elemento da treliça em termos do carregamento externo e indique se esses elementos estão tracionados ou comprimidos.

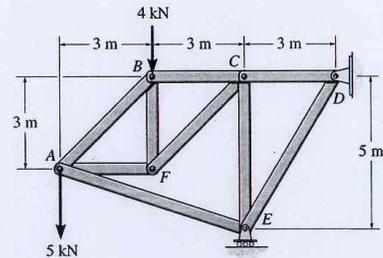
6.22. A máxima força de tração permissível em um elemento de treliça é  $(F_t)_{\max} = 2 \text{ kN}$  e a máxima força de compressão permissível é  $(F_c)_{\max} = 1,2 \text{ kN}$ . Determine as intensidades máximas  $P$  das duas cargas que podem ser aplicadas à treliça. Suponha que  $L = 2 \text{ m}$  e  $\theta = 30^\circ$ .

6.23. Determine a força em cada elemento da treliça e indique se esses elementos estão sob tração ou compressão.

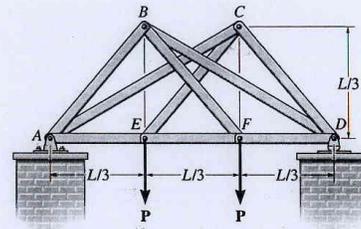
\*6.24. Determine a força em cada elemento da tesoura dupla em termos da carga  $P$  e indique se esses elementos estão sob tração ou compressão.



Problemas 6.21/22



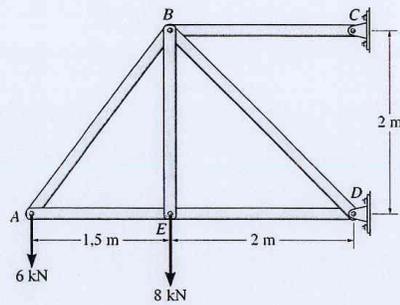
Problema 6.23



Problema 6.24

6.25. Determine a força em cada elemento da treliça e indique se esses elementos estão sob tração ou compressão. *Dica:* o componente vertical da força em *C* deve ser igual a zero. Por quê?

6.26. Cada elemento da treliça é uniforme e tem massa por unidade de comprimento de 8 kg/m. Remova as cargas externas de 6 kN e 8 kN e determine a força aproximada em cada elemento devido ao peso da treliça. Indique se esses elementos estão sob tração ou compressão. Solucione o problema *admitindo* que o peso de cada elemento pode ser representado como uma força vertical, metade da qual é aplicada à extremidade de cada elemento.

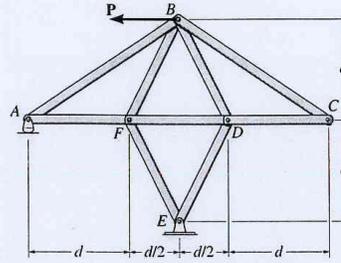


Problemas 6.25/26

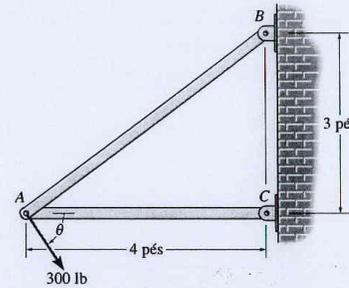
6.27. Determine a força em cada elemento da treliça em termos da carga  $P$  e indique se esses elementos estão sob tração ou compressão.

\*6.28. Se a força máxima que qualquer elemento pode sustentar é 4 kN de tração e 3 kN de compressão, determine a força máxima  $P$  que pode ser sustentada no ponto  $B$ . Considere que  $d = 1$  m.

■6.29. A treliça de dois elementos está sujeita a uma força de 300 lb. Determine a faixa de  $\theta$  para a aplicação da carga, de forma que a força em cada elemento não exceda 400 lb (T) ou 200 lb (C).



Problemas 6.27/28



Problema 6.29

## 6.4 O MÉTODO DAS SEÇÕES

O método das seções é utilizado para determinar as forças atuantes dentro de um corpo. Ele baseia-se no princípio segundo o qual, se um corpo está em equilíbrio, então qualquer parte dele também está em equilíbrio. Por exemplo, considere os dois elementos da treliça mostrados na Figura 6.14. Para determinarmos as forças internas aos elementos, qualquer seção imaginária, como a indicada pela linha preta horizontal que está dividindo a garra em duas partes, pode ser utilizada para cortar cada elemento em duas partes e, como consequência, 'expor' cada força interna, tornando-a externa no diagrama de corpo livre mostrado no lado direito da figura. Podemos ver claramente que a condição de equilíbrio requer que os elementos sob tração (T) estejam sujeitos a um 'puxão' e os elementos sob compressão (C) estejam sujeitos a um 'empurrão'.

O método das seções também pode ser utilizado para 'cortar' ou seccionar os elementos de uma treliça completa. Se seccionamos a treliça em duas e desenharmos o diagrama de corpo livre de uma de suas partes, podemos então aplicar as equações de equilíbrio para determinar as forças nos elementos na 'seção de corte' da parte isolada. Como somente três equações de equilíbrio independentes ( $\Sigma F_x = 0$ ,  $\Sigma F_y = 0$ ,  $\Sigma M_O = 0$ ) podem ser aplicadas à parte isolada da treliça, devemos tentar selecionar uma seção que, em geral, passe por não mais do que três elementos nos quais as forças são desconhecidas. Por exemplo, considere a treliça na Figura 6.15a. Para determinarmos a força no elemento GC, a seção aa deve ser apropriada. Os diagramas de corpo livre das duas partes

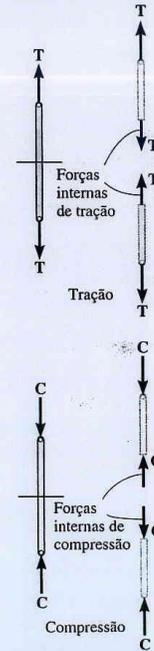
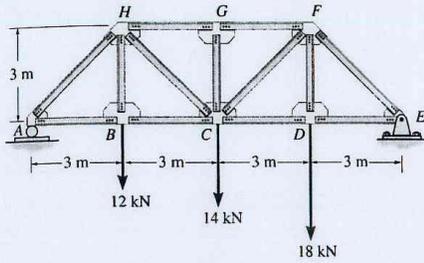


Figura 6.14

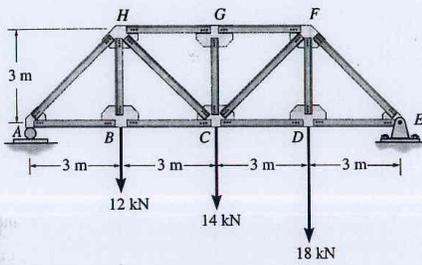
**PROBLEMAS**

6.30. Determine as forças nos elementos  $BC$ ,  $HC$  e  $HG$  para a treliça da ponte e indique se eles estão sob tração ou compressão.



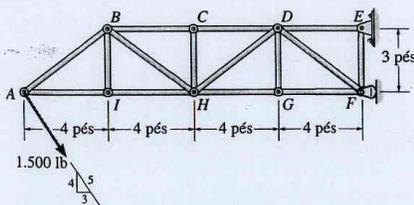
Problema 6.30

6.31. Determine as forças nos elementos  $GF$ ,  $CF$  e  $CD$  para a treliça da ponte e indique se eles estão sob tração ou compressão.



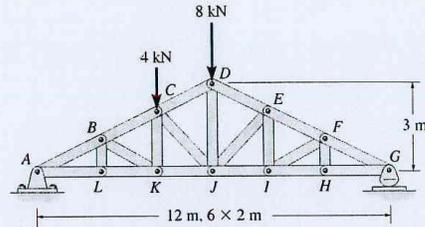
Problema 6.31

\*6.32. Determine a força nos elementos  $DE$ ,  $DF$  e  $GF$  da treliça em balanço e indique se eles estão sob tração ou compressão.



Problema 6.32

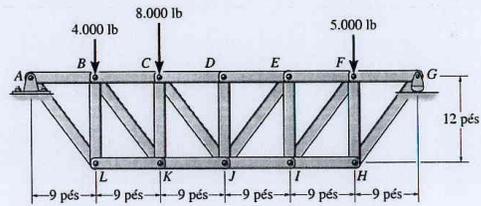
6.33. A treliça de telhado sustenta o carregamento vertical mostrado na figura. Determine a força nos elementos  $BC$ ,  $CK$  e  $KJ$  e indique se eles estão sob tração ou compressão.



Problema 6.33

6.34. Determine a força nos elementos  $CD$ ,  $CJ$ ,  $KJ$  e  $DJ$  da treliça, que é utilizada como apoio do piso de uma ponte. Indique se esses elementos estão sob tração ou compressão.

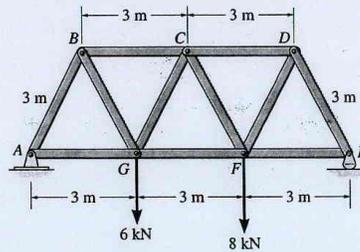
6.35. Determine a força nos elementos  $EI$  e  $JI$  da treliça, que é utilizada como apoio do piso de uma ponte. Indique se esses elementos estão sob tração ou compressão.



Problemas 6.34/35

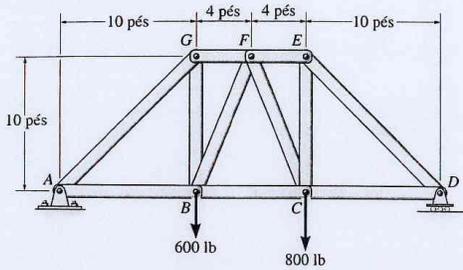
\*6.36. Determine as forças nos elementos  $BG$ ,  $CG$  e  $GF$  da treliça Warren. Indique se eles estão sob tração ou compressão.

6.37. Determine as forças nos elementos  $CD$ ,  $CF$  e  $FG$  da treliça Warren. Indique se eles estão sob tração ou compressão.



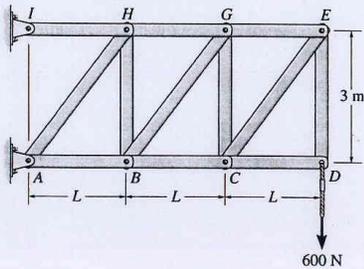
Problemas 6.36/37

6.38. Determine as forças desenvolvidas nos elementos  $GB$  e  $GF$  da treliça da ponte e indique se eles estão sob tração ou compressão.



Problema 6.38

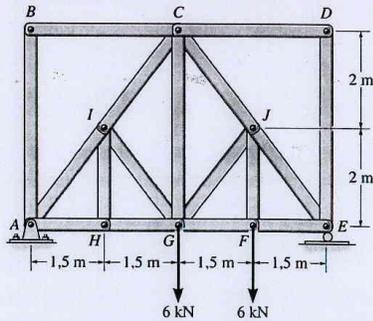
6.39. A treliça sustenta a carga vertical de 600 N. Determine as forças nos elementos  $BC$ ,  $BG$  e  $HG$  em função da variação da dimensão  $L$ . Faça um gráfico dos resultados de  $F$  (considere nas ordenadas as forças de tração como positivas) versus  $L$  (na abscissa) para  $0 \leq L \leq 3$  m.



Problema 6.39

\*6.40. Determine as forças nos elementos  $IC$  e  $CG$  da treliça e indique se eles estão sob tração ou compressão. Indique também todos os elementos com força nula.

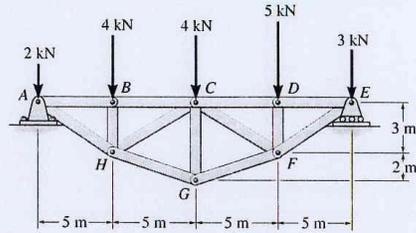
6.41. Determine as forças nos elementos  $JE$  e  $GF$  da treliça e indique se eles estão sob tração ou compressão. Indique também todos os elementos com força nula.



Problemas 6.40/41

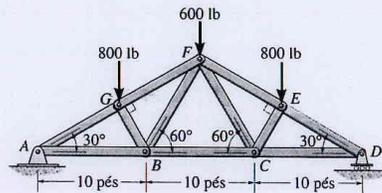
6.42. Determine as forças nos elementos  $BC$ ,  $HC$  e  $HG$ . Após a treliça ser seccionada, utilize uma única equação de equilíbrio para o cálculo de cada força. Indique se esses elementos estão sob tração ou compressão.

6.43. Determine as forças nos elementos  $CD$ ,  $CF$  e  $CG$  e indique se eles estão sob tração ou compressão.



Problemas 6.42/43

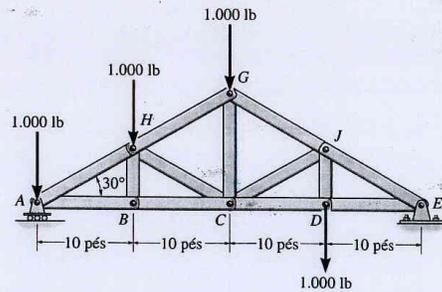
\*6.44. Determine as forças nos elementos  $GF$ ,  $FB$  e  $BC$  da treliça Fink e indique se eles estão sob tração ou compressão.



Problema 6.44

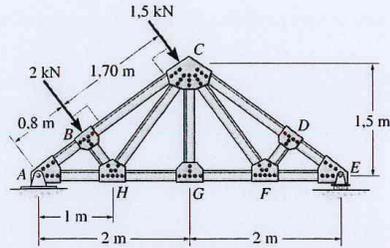
6.45. Determine as forças no elemento  $GJ$  da treliça e indique se ele está sob tração ou compressão.

6.46. Determine as forças no elemento  $GC$  da treliça e indique se ele está sob tração ou compressão.



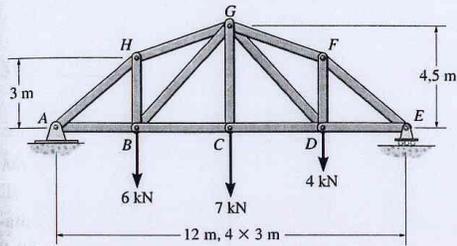
Problemas 6.45/46

6.47. Determine as forças nos elementos  $GF$ ,  $CF$  e  $CD$  da treliça de telhado e indique se eles estão sob tração ou compressão.



Problema 6.47

\*6.48. Determine as forças nos elementos  $BG$ ,  $HG$  e  $BC$  da treliça e indique se eles estão sob tração ou compressão.



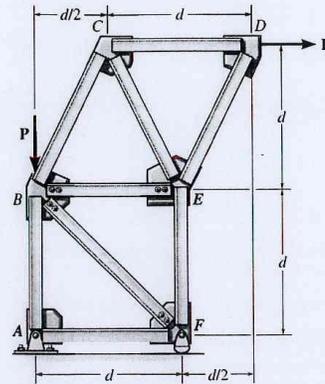
Problema 6.48

6.49. A treliça enviesada é submetida à carga mostrada na figura. Determine as forças nos elementos  $CB$ ,  $BE$  e  $EF$  e indique se eles estão sob tração ou compressão. Considere que todos os nós estão fixados por pinos.

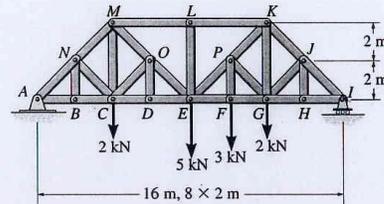
6.50. A treliça enviesada é submetida à carga mostrada na figura. Determine as forças nos elementos  $AB$ ,  $BF$  e  $EF$  e indique se eles estão sob tração ou compressão. Considere que todos os nós estão fixados por pinos.

6.51. Determine as forças nos elementos  $CD$  e  $CM$  da treliça da Ponte de Baltimore e indique se eles estão sob tração ou compressão. Indique também todos os elementos de força nula.

\*6.52. Determine as forças nos elementos  $EF$ ,  $EP$  e  $LK$  da treliça da Ponte de Baltimore e indique se eles estão sob tração ou compressão. Indique também todos os elementos de força nula.



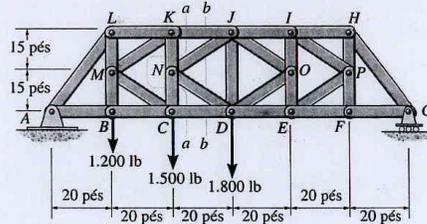
Problemas 6.49/50



Problemas 6.51/52

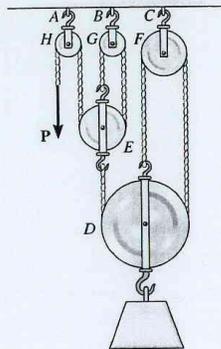
6.53. Determine as forças nos elementos  $KJ$ ,  $NJ$ ,  $ND$  e  $CD$  da treliça  $K$  e indique se eles estão sob tração ou compressão. Dica: faça os cortes  $aa$  e  $bb$ .

6.54. Determine as forças nos elementos  $JI$  e  $DE$  da treliça  $K$  e indique se eles estão sob tração ou compressão.



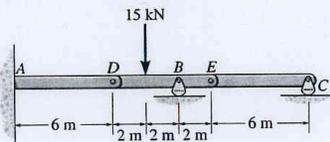
Problemas 6.53/54

6.71. Determine a força  $P$  necessária para manter a massa de 20 kg suspensa, utilizando o equipamento espanhol Burton. Quais são as reações nos ganchos de sustentação  $A$ ,  $B$  e  $C$ ?



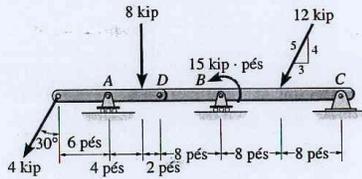
Problema 6.71

\*6.72. A viga composta é fixada em  $A$  e apoiada por roletas em  $B$  e  $C$ . Existem articulações (pinos) em  $D$  e em  $E$ . Determine as reações nos apoios.



Problema 6.72

6.73. A viga composta é apoiada por pinos em  $C$  e por roletas em  $A$  e  $B$ . Existe uma articulação (pino) em  $D$ . Determine as reações nos apoios. Despreze a espessura da viga.

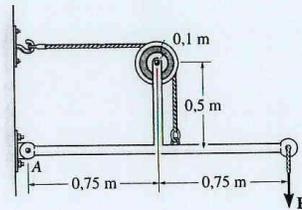


Problema 6.73

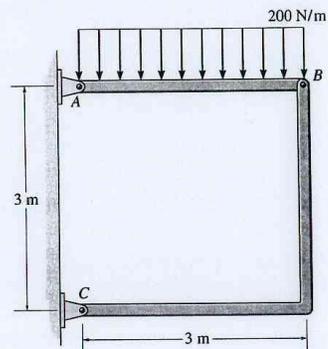
6.74. Determine a maior força  $P$  que deve ser aplicada à estrutura, sabendo-se que a maior força resultante em  $A$  deve ter intensidade de 2 kN.

6.75. Determine os componentes horizontais e verticais das forças nos pinos  $A$  e  $C$  da estrutura de dois elementos.

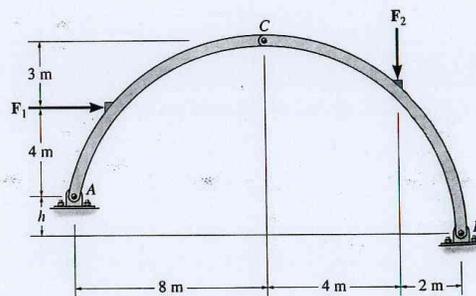
\*6.76. O arco com três dobradiças sustenta as cargas  $F_1 = 8$  kN e  $F_2 = 5$  kN. Determine os componentes verticais e horizontais das reações nos pinos em  $A$  e  $B$ . Considere que  $h = 2$  m.



Problema 6.74

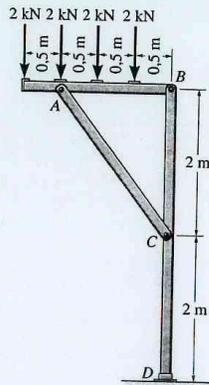


Problema 6.75



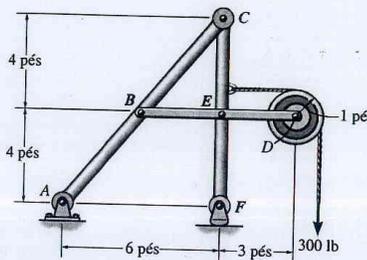
Problema 6.76

6.77. Determine os componentes horizontais e verticais das forças nos pinos  $A$ ,  $B$  e  $C$  e as reações para o apoio fixo  $D$  da estrutura de três elementos.



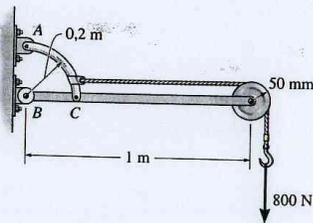
Problema 6.77

6.78. Determine os componentes horizontal e vertical da força em C exercida pelo elemento ABC sobre o elemento CEF.



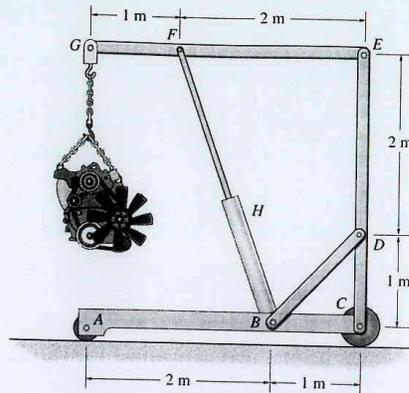
Problema 6.78

6.79. Determine os componentes horizontais e verticais das forças que os pinos em A, B e C exercem em seus elementos interligados.



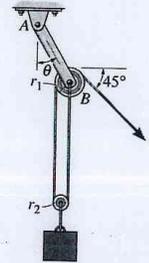
Problema 6.79

6.80. O macaco hidráulico sustenta um motor de 125 kg. Determine a força que a carga produz no elemento DB e no FB, o qual contém o cilindro hidráulico H.



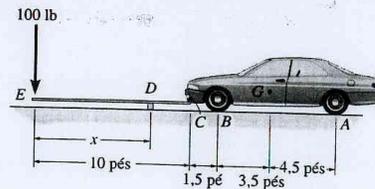
Problema 6.80

6.81. Determine a força  $P$  na corda e o ângulo  $\theta$  que o elemento de ligação da polia superior, AB, forma com a vertical. Despreze as massas das polias e do elemento AB. O bloco tem peso de 200 lb e a corda está fixada no pino em B. As polias têm raio  $r_1 = 2$  pol e  $r_2 = 1$  pol.



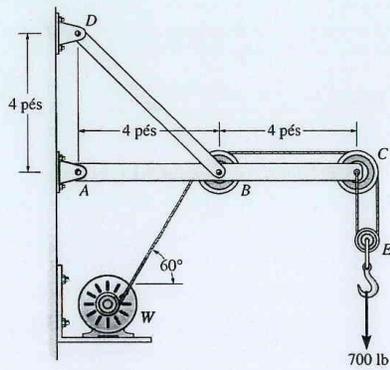
Problema 6.81

6.82. A parte dianteira do automóvel deve ser levantada utilizando uma tábua de 10 pés de comprimento, rígida e sem atrito. O automóvel tem peso de 3.500 lb e centro de gravidade em G. Determine a posição  $x$  do suporte para que uma força de 100 lb aplicada em E levante as rodas da frente do automóvel.



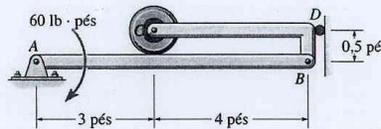
Problema 6.82

6.83. O guindaste de parede sustenta uma carga de 700 lb. Determine os componentes horizontais e verticais das reações nos pinos A e D. Qual é a força sobre o cabo no tambor W?



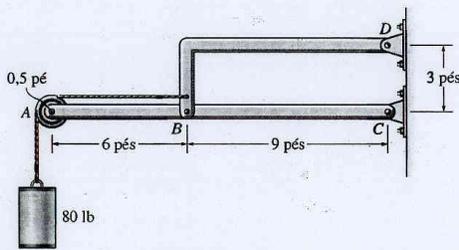
Problema 6.83

\*6.84. Determine a força que o rolete liso C aplica na viga AB. Quais são os componentes vertical e horizontal da reação no pino A? Despreze o peso da estrutura e do rolete.



Problema 6.84

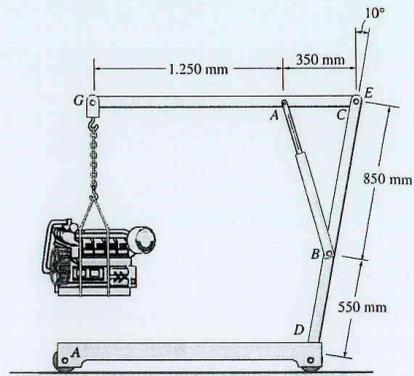
6.85. Determine os componentes horizontais e verticais das forças que os pinos exercem no elemento ABC.



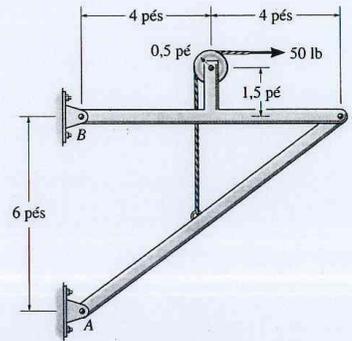
Problema 6.85

6.86. O macaco hidráulico da figura é utilizado para sustentar o motor de 200 kg. Determine a força que atua no cilindro hidráulico AB, os componentes horizontal e vertical da força no pino C e as reações no suporte fixo D.

6.87. Determine os componentes horizontais e verticais das forças nos pinos B e C.

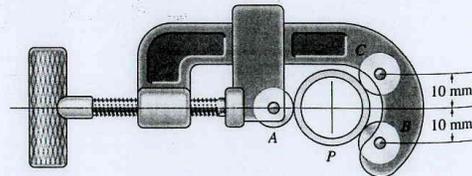


Problema 6.86



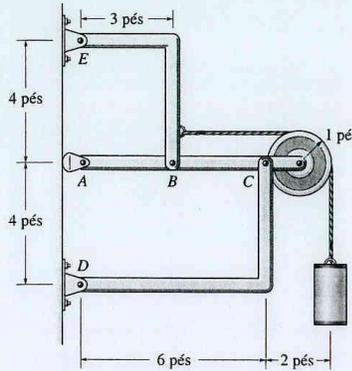
Problema 6.87

\*6.88. O cortador de tubos mantém pressionado o tubo P. Sabendo-se que o disco em A aplica uma força normal  $F_A = 80 \text{ N}$  no tubo, determine as forças normais dos discos B e C sobre o tubo. Calcule também a reação do pino sobre o disco em C. Cada um dos discos tem raio de 7 mm e o tubo tem raio externo de 10 mm.



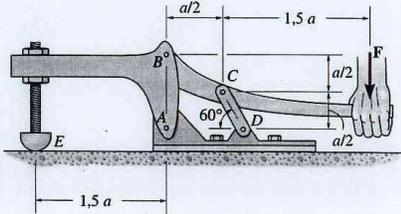
Problema 6.88

6.89. Determine os componentes horizontais e verticais das forças em cada pino. O cilindro suspenso tem peso de 80 lb.



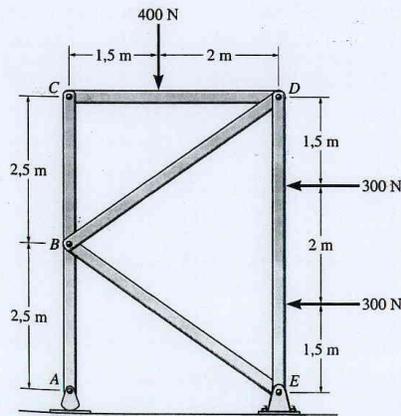
Problema 6.89

6.90. O cabo da prensa de alavanca articulada está sujeito a uma força  $F$ . Determine a força de prensagem vertical que atua em  $E$ .



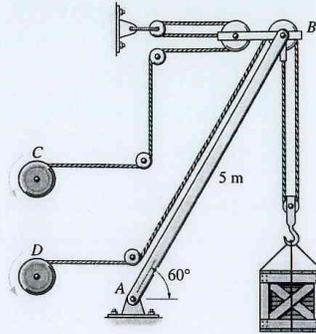
Problema 6.90

6.91. Determine os componentes horizontais e verticais das forças que os pinos em  $A$ ,  $B$  e  $C$  aplicam no elemento  $ABC$  da estrutura.



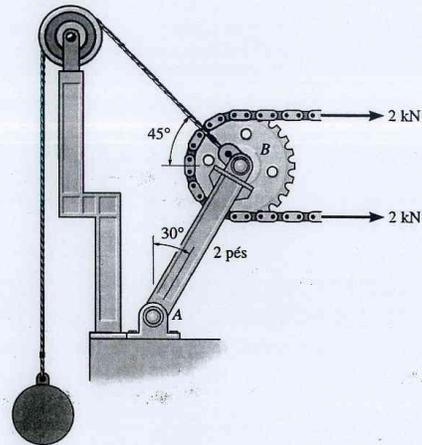
Problema 6.91

\*6.92. O guindaste é conectado por um pino ao pivô em  $A$ . Determine a maior massa que pode ser sustentada pelo guindaste se a força máxima que o pino em  $A$  é capaz de suportar é de 18 kN.



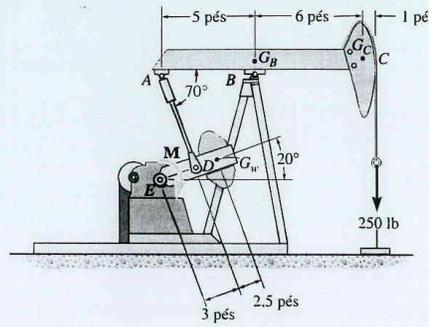
Problema 6.92

6.93. Determine a massa que o cilindro suspenso deve ter para que a tração na corrente em torno da engrenagem de rotação livre seja de 2 kN. Qual é a intensidade da força resultante no pino  $A$ ?



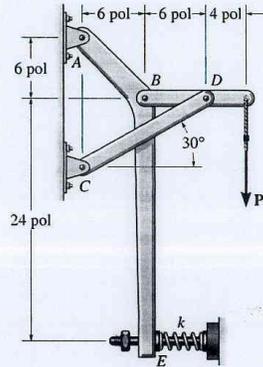
Problema 6.93

6.94. A unidade de bombeamento é usada para recuperar óleo. Quando a viga móvel  $ABC$  está na posição horizontal, a força que atua no cabo é de 250 lb. Determine o torque  $M$  que deve ser aplicado pelo motor para superar essa carga. A cabeça do cavalo  $C$  pesa 60 lb e tem o centro de gravidade em  $G_C$ . A viga móvel  $ABC$  tem peso de 130 lb e centro de gravidade em  $G_B$ , enquanto o contrapeso tem 200 lb e centro de gravidade em  $G_W$ . O puxador  $AD$  é conectado com pinos em suas extremidades e tem peso desprezível.



Problema 6.94

6.95. Determine a força  $P$  no cabo, sabendo-se que a mola está comprimida em 0,5 pol quando o mecanismo está na posição mostrada na figura. A mola tem rigidez  $k = 800 \text{ lb/pé}$ .

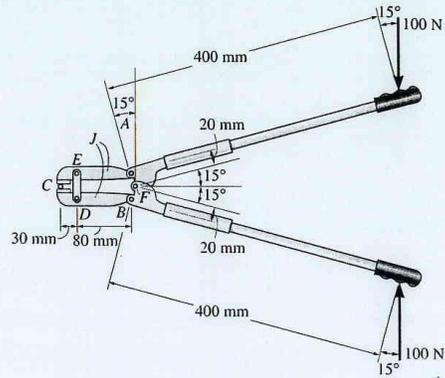


Problema 6.95

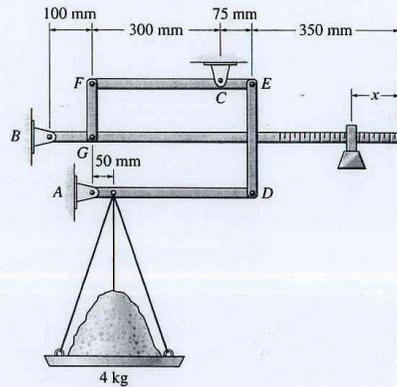
\*6.96. Determine a força que os mordentes  $J$  do cortador de metal exercem no cabo liso  $C$ , sendo de 100 N as forças aplicadas aos pegadores. Os mordentes são presos por pinos em  $E$  e  $A$ ,  $D$  e  $B$ . Há também um pino em  $F$ .

6.97. O arranjo composto da balança de prato é mostrado na figura. Se a massa no prato é 4 kg, determine os componentes horizontais e verticais das forças nos pinos  $A$ ,  $B$  e  $C$  e a distância  $x$  da massa de 25 g para manter a balança equilibrada.

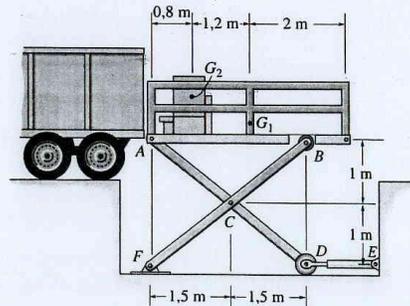
6.98. A plataforma de elevação em formato de tesoura consiste em dois conjuntos de elementos cruzados e dois cilindros hidráulicos  $DE$ , localizados simetricamente em cada lado da plataforma. O elevador tem massa uniforme de 60 kg, com centro de gravidade em  $G_1$ . A carga de 85 kg, com centro de gravidade em  $G_2$ , é centralizada entre cada lado do elevador. Determine as forças em cada um dos cilindros hidráulicos para a condição de equilíbrio. Roletas são colocados em  $B$  e  $D$ .



Problema 6.96

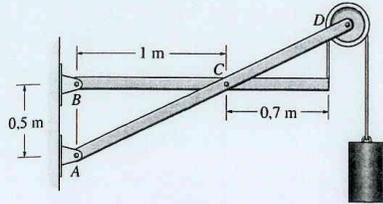


Problema 6.97



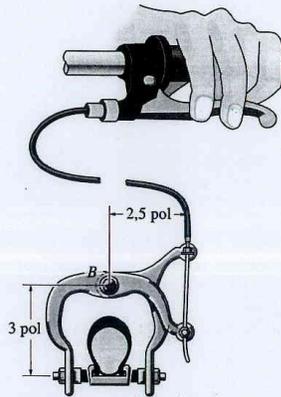
Problema 6.98

6.99. Determine os componentes horizontais e verticais que as forças nos pinos em  $A$ ,  $B$  e  $C$  aplicam na estrutura. O cilindro tem massa de 80 kg. A polia tem raio de 0,1 m.



Problema 6.99

\*6.100. Pressionando o freio de mão da bicicleta, o ciclista provoca no cabo do freio uma tração de 50 lb. Se o mecanismo de ajuste do freio é conectado por um pino em  $B$ , determine a força normal que cada sapata do freio exerce no aro da roda. São essas as forças capazes de fazer com que a roda pare de girar? Explique.

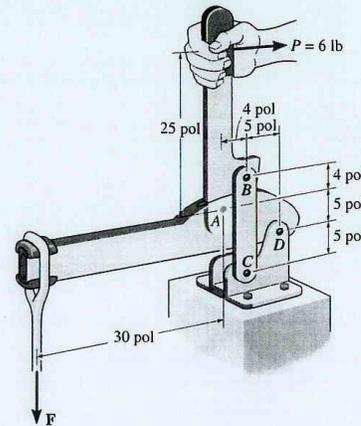


Problema 6.100

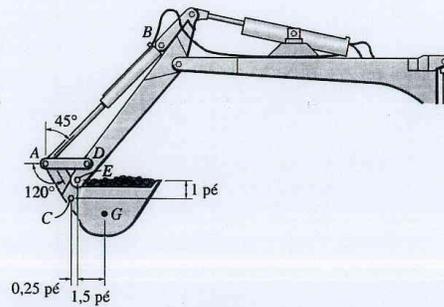
6.101. Sendo  $P = 6$  lb a força aplicada perpendicularmente ao braço do mecanismo, determine a amplitude da força  $F$  para a condição de equilíbrio. Os elementos são todos conectados por pinos em  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ .

6.102. A caçamba da retroescavadeira e seu conteúdo têm peso de 1.200 lb e centro de gravidade em  $G$ . Determine as forças do cilindro hidráulico  $AB$  e as forças nos elementos de ligação  $AC$  e  $AD$  para que a carga seja mantida na posição mostrada. A caçamba é conectada por pino em  $E$ .

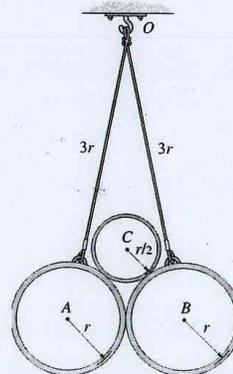
6.103. Dois tubos lisos  $A$  e  $B$ , ambos com o mesmo peso  $W$ , são suspensos de um ponto comum  $O$  por meio de cordas de iguais comprimentos. Um terceiro tubo  $C$  é posicionado entre  $A$  e  $B$ . Determine o maior peso que  $C$  pode ter sem perturbar o equilíbrio.



Problema 6.101



Problema 6.102



Problema 6.103