Componentes de F. A força **F** é decomposta em componentes, como mostrado na Figura 2.44*b*. Como $F_{BA} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{u}_{BA}$, devemos primeiro definir o vetor unitário ao longo de BA e a força **F** como vetores cartesianos.

$$\mathbf{u}_{BA} = \frac{\mathbf{r}_{BA}}{r_{BA}} = \frac{(-2\mathbf{i} - 2\mathbf{j} + 1\mathbf{k})}{3} = -\frac{2}{3}\mathbf{i} - \frac{2}{3}\mathbf{j} + \frac{1}{3}\mathbf{k}$$

$$\mathbf{F} = 80 \text{ lb}\left(\frac{\mathbf{r}_{BC}}{r_{BC}}\right) = 80\left(\frac{-3\mathbf{j} + 1\mathbf{k}}{\sqrt{10}}\right) = -75{,}89\mathbf{j} + 25{,}30\mathbf{k}$$

Portanto:

$$F_{BA} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{u}_{BA} = (-75{,}89\mathbf{j} + 25{,}30\mathbf{k}) \cdot \left(-\frac{2}{3}\mathbf{i} - \frac{2}{3}\mathbf{j} + \frac{1}{3}\mathbf{k}\right)$$

$$= 0 + 50{,}60 + 8{,}43$$

$$= 59 \text{ lb}$$ ***Resposta***

Uma vez que o ângulo θ foi calculado por meio da Figura 2.44*b*, o mesmo resultado também pode ser obtido diretamente por trigonometria:

$$F_{BA} = 80 \cos 42{,}5° \text{ lb} = 59 \text{ lb}$$ ***Resposta***

O componente perpendicular é calculado por trigonometria,

$$F_{\perp} = F \operatorname{sen} \theta$$
$$= 80 \operatorname{sen} 42{,}5° \text{ lb}$$
$$= 54 \text{ lb}$$ ***Resposta***

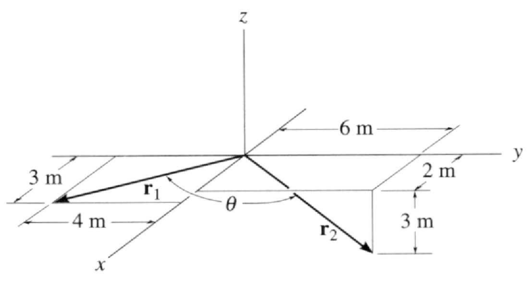
ou pelo teorema de Pitágoras:

$$F_{\perp} = \sqrt{F^2 - F_{BA}^2} = \sqrt{(80)^2 - (59)^2}$$
$$= 54 \text{ lb}$$ ***Resposta***

PROBLEMAS

2.109. Dados os três vetores **A**, **B** e **D**, demonstre que $\mathbf{A} \cdot (\mathbf{B} + \mathbf{D}) = (\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) + (\mathbf{A} \cdot \mathbf{D})$.

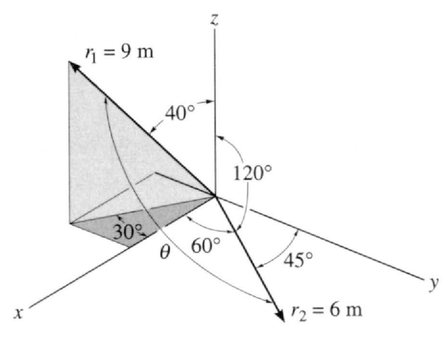
2.110. Determine o ângulo θ entre os dois vetores.



Problema 2.110

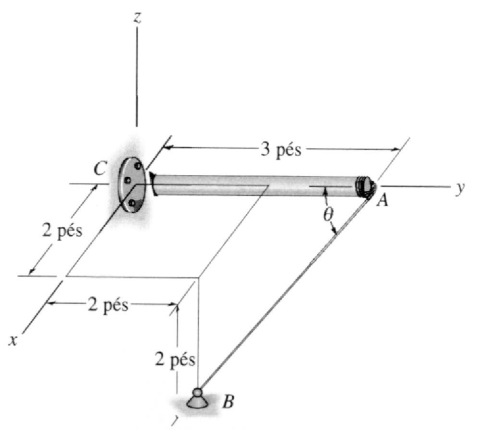
2.111. Determine o ângulo θ entre os dois vetores.

***2.112.** Determine a intensidade do componente de $\mathbf{r}_1$ projetada sobre $\mathbf{r}_2$ e a projeção de $\mathbf{r}_2$ sobre $\mathbf{r}_1$.



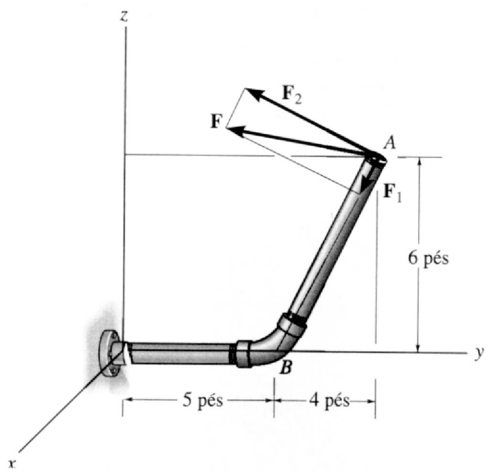
Problemas 2.111/112

2.113. Determine o ângulo θ entre o eixo y do poste e o arame AB.



Problema 2.113

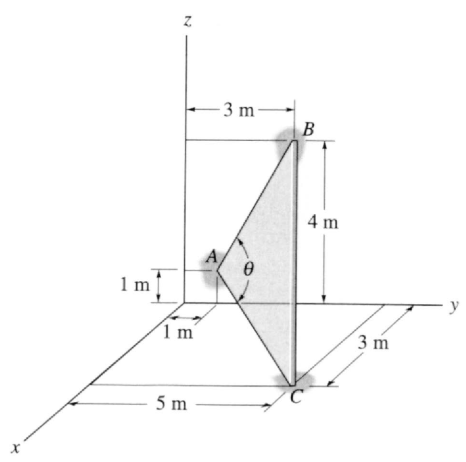
2.114. A força $\mathbf{F} = \{25\mathbf{i} - 50\mathbf{j} + 10\mathbf{k}\}$ N atua na extremidade de A do conjunto do tubo. Determine a intensidade dos componentes $\mathbf{F}_1$ e $\mathbf{F}_2$ que atuam ao longo do eixo de AB e na perpendicular a ele.



Problema 2.114

2.115. Determine o ângulo θ entre os lados da chapa triangular.

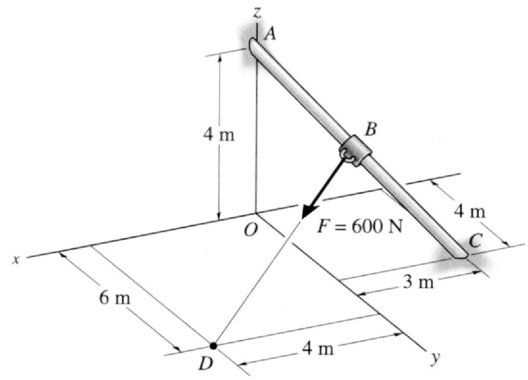
***2.116.** Determine o comprimento do lado BC da chapa triangular. Resolva o problema calculando a intensidade de $\mathbf{r}_{BC}$. Em seguida, verifique o resultado calculando primeiro θ, r_{AB} e r_{AC} e depois use a lei do cosseno.



Problemas 2.115/116

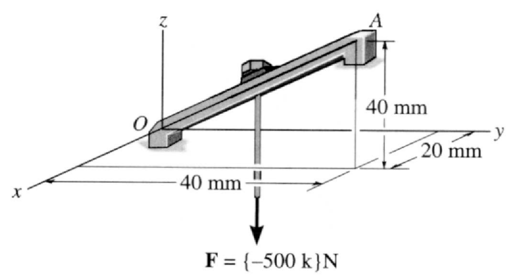
2.117. Determine os componentes de **F** que atuam ao longo da haste AC e perpendicularmente a ela. O ponto B está localizado no ponto médio da haste.

2.118. Determine os componentes de **F** que atuam ao longo da haste AC e perpendicularmente a ela. O ponto B está localizado sobre a haste a 3 m da extremidade C.



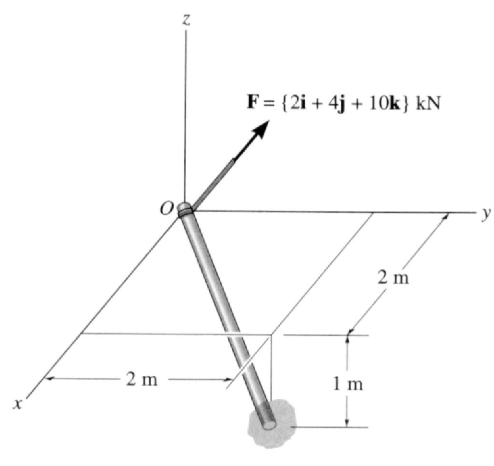
Problemas 2.117/218

2.119. O fixador é usado em um dispositivo. Se a força vertical que atua sobre o parafuso for $\mathbf{F} = \{-500\mathbf{k}\}$ N, determine as intensidades dos componentes $\mathbf{F}_1$ e $\mathbf{F}_2$ que atuam ao longo do eixo OA e perpendicularmente a ele.



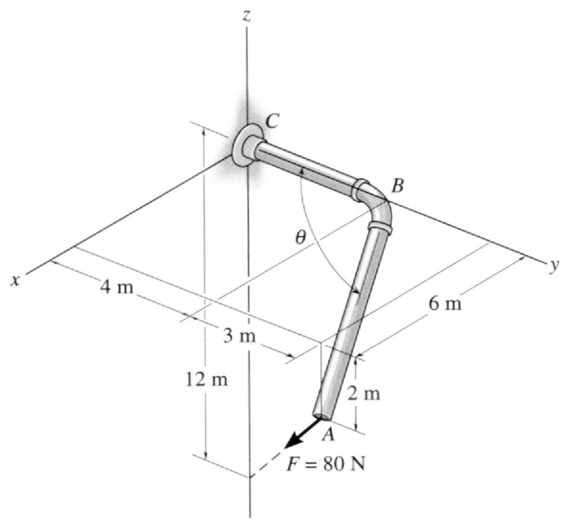
Problema 2.119

***2.120.** Determine a projeção da força **F** ao longo do poste.



Problema 2.120

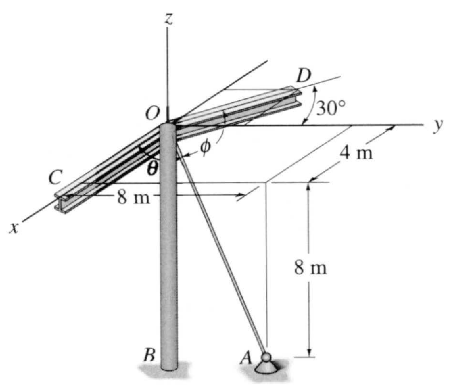
2.121. Determine o componente projetada da força de 80 N que atua ao longo do eixo AB do tubo.



Problema 2.121

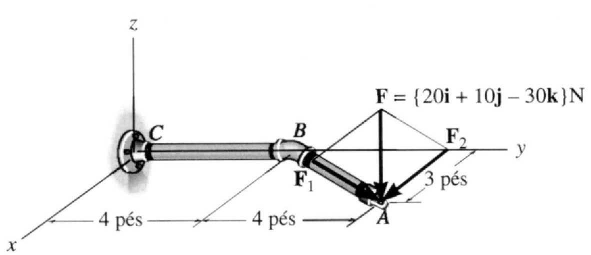
2.122. O cabo OA é usado para suportar a coluna OB. Determine o ângulo θ que ele forma com a viga OC.

2.123. O cabo OA é usado para suportar a coluna OB. Determine o ângulo ϕ que ele forma com a viga OD.



Problemas 2.122/123

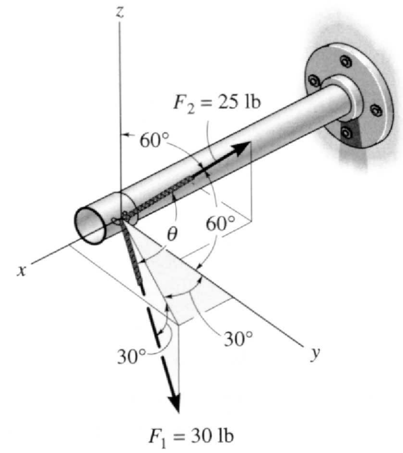
***2.124.** A força **F** atua sobre a extremidade A do conjunto do tubo. Determine as intensidades dos componentes $\mathbf{F}_1$ e $\mathbf{F}_2$ que atuam ao longo do eixo de AB e perpendicularmente a ele.



Problema 2.124

2.125. Dois cabos exercem forças sobre o tubo. Determine a grandeza do componente de $\mathbf{F}_1$ projetado ao longo da linha de ação de $\mathbf{F}_2$.

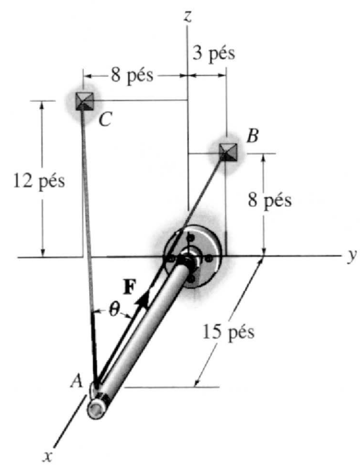
2.126. Determine o ângulo θ entre os dois cabos presos ao tubo.



Problemas 2.125/126

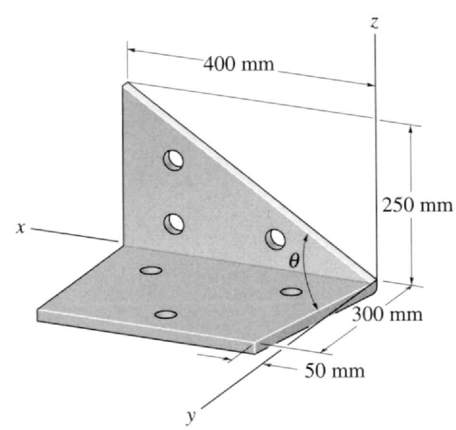
2.127. Determine o ângulo θ entre os cabos AB e AC.

***2.128.** Se **F** tem intensidade de 55 lb, determine as intensidades das projeções de seus componentes que atuam ao longo do eixo x e do cabo AC.



Problemas 2.127/128

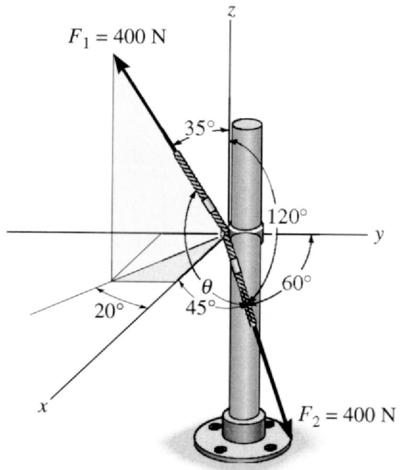
2.129. Determine o ângulo θ entre as bordas do suporte de chapa metálica.



Problema 2.129

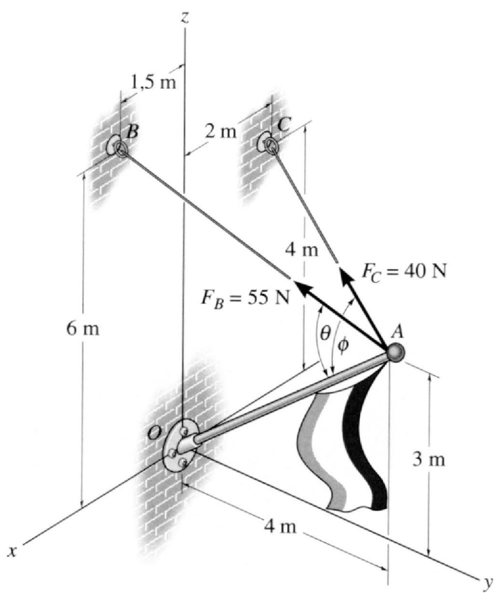
2.130. Cada um dos cabos exerce uma força de 400 N sobre o poste. Determine a intensidade da projeção do componente de $\mathbf{F}_1$ ao longo da linha de ação de $\mathbf{F}_2$.

2.131. Determine o ângulo θ entre os dois cabos presos ao poste.



Problemas 2.130/131

***2.132.** Determine os ângulos θ e ϕ entre os eixos OA do poste da bandeira e AB e AC de cada cabo, respectivamente.



Problema 2.132

REVISÃO DO CAPÍTULO

- ***Lei do Paralelogramo.*** Dois vetores são somados de acordo com a lei do paralelogramo. Os *componentes* formam os lados do paralelogramo e a *resultante* é a diagonal. Como os vetores são somados pela regra da adição, use a lei do triângulo para obter os componentes ou a resultante e, em seguida, use a lei dos senos e a lei dos cossenos para calcular seus valores.
- ***Vetores Cartesianos.*** Um vetor pode ser desmembrado em seus componentes cartesianos ao longo dos eixos x, y, z, de modo que $\mathbf{F} = F_x\mathbf{i} + F_y\mathbf{j} + F_z\mathbf{k}$.

  A intensidade de $\mathbf{F}$ é determinada pela equação $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$ e os ângulos diretores coordenados α, β, γ são determinados definindo-se o vetor unitário $\mathbf{u} = (F_x/F)\mathbf{i} + (F_y/F)\mathbf{j} + (F_z/F)\mathbf{k}$ na direção de $\mathbf{F}$. Os componentes de $\mathbf{u}$ representam $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$. Esses três ângulos são relacionados pela expressão $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$, de modo que dois dos três ângulos são independentes um do outro.
- ***Vetores Força e Posição.*** Um vetor posição é orientado entre dois pontos. É definido calculando-se a distância e a direção em que é preciso deslocar-se ao longo dos eixos x, y, z de um ponto (a origem) a outro ponto (a ponta). Se a linha de ação de uma força passa por esses dois pontos, então ela atua na mesma direção $\mathbf{u}$ que o vetor posição. A força é expressa como vetor cartesiano usando-se $\mathbf{F} = F\mathbf{u} = F(\mathbf{r}/r)$.
- ***Produto Escalar.*** O produto escalar entre dois vetores $\mathbf{A}$ e $\mathbf{B}$ é definido por $\mathbf{A}\cdot\mathbf{B} = AB\cos\theta$. Se $\mathbf{A}$ e $\mathbf{B}$ forem expressos como vetores cartesianos, então $\mathbf{A}\cdot\mathbf{B} = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$. O produto vetorial é usado em estática para calcular o ângulo entre os vetores, $\theta = \cos^{-1}(\mathbf{A}\cdot\mathbf{B}/AB)$. Também é empregado para determinar a projeção do componente de um vetor $\mathbf{A}$ sobre um eixo definido pelo seu vetor unitário $\mathbf{u}$, de modo que $A = A\cos\theta = \mathbf{A}\cdot\mathbf{u}$.

$\mathbf{F}_2 = \{350\mathbf{i}\}$ N, $\mathbf{F}_3 = \{-100\mathbf{j}\}$ N, $\theta = 67{,}0°$, $F_1 = 434$ N

2.55. $\theta = 117°$, $F_3 = 1{,}12\ F_1$

2.57. $F_R = 161$ lb, $\theta = 38{,}3°$

2.58. $F = 2{,}03$ kN, $F_R = 7{,}87$ kN,

2.59. $F_1 = 87{,}7$ N, $\alpha_1 = 46{,}9°$, $\beta_1 = 125°$, $\gamma_1 = 62{,}9°$, $F_2 = 98{,}6$ N, $\alpha_2 = 114°$, $\beta_2 = 150°$, $\gamma_2 = 72{,}3°$

2.61. $F = 50$ N, $\alpha = 74{,}1°$, $\beta = 41{,}3°$, $\gamma = 53{,}1°$

2.62. $F_R = 39{,}4$ lb, $\alpha = 52{,}8°$, $\beta = 141°$, $\gamma = 99{,}5°$

2.63. $\beta = 90°$, $\mathbf{F} = \{-30\mathbf{i} - 52{,}0\mathbf{k}\}$ N

2.65. $\mathbf{F}_1 = \{53{,}1\mathbf{i} - 44{,}5\mathbf{j} + 40\mathbf{k}\}$ lb, $\alpha_1 = 48{,}4°$, $\beta_1 = 124°$, $\gamma_1 = 60°$, $\mathbf{F}_2 = \{-130\mathbf{k}\}$ lb, $\alpha_2 = 90°$, $\beta_2 = 90°$, $\gamma_2 = 180°$

2.66. $\alpha_1 = 45{,}6°$, $\beta_1 = 53{,}1°$, $\gamma_1 = 66{,}4°$

2.67. $\alpha_1 = 90°$, $\beta_1 = 53{,}1°$, $\gamma_1 = 66{,}4°$

2.69. $\mathbf{F}_1 = \{176\mathbf{j} - 605\mathbf{k}\}$ lb, $\mathbf{F}_2 = \{125\mathbf{i} - 177\mathbf{j} + 125\mathbf{k}\}$ lb, $\mathbf{F}_R = \{125\mathbf{i} - 0{,}377\mathbf{j} - 480\mathbf{k}\}$ lb, $F_R = 496$ lb; $\alpha = 75{,}4°$, $\beta = 90{,}0°$, $\gamma = 165°$

2.70. $F_R = 369$ N, $\alpha = 19{,}5°$, $\beta = 78{,}3°$, $\gamma = 105°$

2.71. $F_2 = 66{,}4$ lb, $\alpha = 59{,}8°$, $\beta = 107°$, $\gamma = 144°$

2.73. $\mathbf{F}_1 = \{86{,}5\mathbf{i} + 186\mathbf{j} - 143\mathbf{k}\}$ N, $\mathbf{F}_2 = \{-200\mathbf{i} + 283\mathbf{j} + 200\mathbf{k}\}$ N, $\mathbf{F}_R = \{-113\mathbf{i} + 468\mathbf{j} + 56{,}6\mathbf{k}\}$ N, $F_R = 485$ N, $\alpha = 104°$, $\beta = 15{,}1°$, $\gamma = 83{,}3°$

2.74. $F_x = 1{,}28$ kN, $F_y = 2{,}60$ kN, $F_z = 0{,}776$ kN

2.75. $F = 2{,}02$ kN, $F_y = 0{,}523$ kN

2.77. $F_3 = 166$ N, $\alpha = 97{,}5°$, $\beta = 63{,}7°$, $\gamma = 27{,}5°$

2.78. $\alpha_{F_1} = 36{,}9°$, $\beta_{F_1} = 90{,}0°$, $\gamma_{F_1} = 53{,}1°$, $\alpha_R = 69{,}3°$, $\beta_R = 52{,}2°$, $\gamma_R = 45{,}0°$

2.79. $F_x = 40$ N, $F_y = 40$ N, $F_z = 56{,}6$ N

2.81. $r = 31{,}5$m, $\alpha = 69{,}6°$, $\beta = 116°$, $\gamma = 34{,}4°$

2.82. $\mathbf{r}_{AB} = \{2\mathbf{i} - 7\mathbf{j} - 5\mathbf{k}\}$ pés, $r_{AB} = 8{,}83$ pés, $\alpha = 76{,}9°$, $\beta = 142°$, $\gamma = 124°$

2.83. $\alpha = 73{,}4°$, $\beta = 64{,}6°$, $\gamma = 31{,}0°$

2.85. $\mathbf{r} = \{-2{,}35\mathbf{i} + 3{,}93\mathbf{j} + 3{,}71\mathbf{k}\}$ pés, $r = 5{,}89$ pés, $\alpha = 113°$, $\beta = 48{,}2°$, $\gamma = 51{,}0°$

2.86. $\mathbf{F} = \{404\mathbf{i} + 276\mathbf{j} - 101\mathbf{k}\}$ lb, $\alpha = 36{,}0°$, $\beta = 56{,}5°$, $\gamma = 102°$

2.87. $r_{AB} = 2{,}11$ m

2.89. $r_{AB} = 17{,}0$ pés, $\mathbf{F} = \{-160\mathbf{i} - 180\mathbf{j} + 240\mathbf{k}\}$ lb

2.90. $r_{AB} = 467$ mm

2.91. $r_{AD} = 1{,}50$ m, $r_{BD} = 1{,}50$ m, $r_{CD} = 1{,}73$ m

2.93. $\mathbf{F} = \{452\mathbf{i} + 370\mathbf{j} - 136\mathbf{k}\}$ lb, $\alpha = 41{,}1°$, $\beta = 51{,}9°$, $\gamma = 103°$

2.94. $F_R = 316$ N, $\alpha = 60{,}1°$, $\beta = 74{,}6°$, $\gamma = 146°$

2.95. $\mathbf{F}_A = \{285\mathbf{j} - 93{,}0\mathbf{k}\}$ N, $\mathbf{F}_C = \{159\mathbf{i} + 183\mathbf{j} - 59{,}7\mathbf{k}\}$ N

2.97. $\mathbf{F}_{AB} = \{75{,}5\mathbf{i} - 43{,}6\mathbf{j} - 122\mathbf{k}\}$ lb, $\mathbf{F}_{BC} = \{26{,}8\mathbf{i} + 33{,}5\mathbf{j} - 90{,}4\mathbf{k}\}$ lb, $F_R = 236$ lb, $\alpha = 64{,}3°$, $\beta = 92{,}5°$, $\gamma = 154°$

2.98. $\mathbf{F}_A = \{-43{,}5\mathbf{i} + 174\mathbf{j} - 174\mathbf{k}\}$ N, $\mathbf{F}_B = \{53{,}2\mathbf{i} - 79{,}8\mathbf{j} - 146\mathbf{k}\}$ N

2.99. $\mathbf{F}_1 = \{-26{,}2\mathbf{i} - 41{,}9\mathbf{j} + 62{,}9\mathbf{k}\}$ lb, $\mathbf{F}_2 = \{13{,}4\mathbf{i} - 26{,}7\mathbf{j} - 40{,}1\mathbf{k}\}$ lb, $F_R = 73{,}5$ lb, $\alpha = 100°$, $\beta = 159°$, $\gamma = 71{,}9°$

2.101. $\mathbf{F} = \{13{,}4\mathbf{i} + 23{,}2\mathbf{j} + 53{,}7\mathbf{k}\}$ lb

2.102. $\mathbf{F} = \{-6{,}61\mathbf{i} - 3{,}73\mathbf{j} + 9{,}29\mathbf{k}\}$ lb

2.103. $x = 7{,}65$ pés, $y = 4{,}24$ pés, $z = 3{,}76$ pés

2.105. $\mathbf{F}_{EA} = \{12\mathbf{i} - 8\mathbf{j} - 24\mathbf{k}\}$ kN, $\mathbf{F}_{EB} = \{12\mathbf{i} + 8\mathbf{j} - 24\mathbf{k}\}$ kN, $\mathbf{F}_{EC} = \{-12\mathbf{i} + 8\mathbf{j} - 24\mathbf{k}\}$ kN, $\mathbf{F}_{ED} = \{-12\mathbf{i} - 8\mathbf{j} - 24\mathbf{k}\}$ kN, $\mathbf{F}_R = \{-96\mathbf{k}\}$ kN

2.106. $F_R = 1{,}50$ kN, $\alpha = 77{,}6°$, $\beta = 90{,}6°$, $\gamma = 168°$

2.107. $\mathbf{F} = \{143\mathbf{i} + 248\mathbf{j} - 201\mathbf{k}\}$ lb

2.109. O componente de $(\mathbf{B} + \mathbf{D})$ na direção **A** é igual à soma dos componentes de **B** e **D** na direção **A**.

2.110. $\theta = 121°$

2.111. $\theta = 109°$

2.113. $\theta = 70{,}5°$

2.114. $F_1 = 19{,}4$ N, $F_2 = 53{,}4$ N

2.115. $\theta = 74{,}2°$

2.117. $F_{\|} = 99{,}1$ N, $F_{\perp} = 592$ N

2.118. $F_{\|} = 82{,}4$ N, $F_{\perp} = 594$ N

2.119. $F_1 = 333$ N, $F_2 = 373$ N

2.121. Proj. $F = 31{,}1$ N

2.122. $\theta = 70{,}5°$

2.123. $\phi = 65{,}8°$

2.125. $(F_1)_{F_2} = 5{,}44$ lb

2.126. $\theta = 100°$

2.127. $\theta = 34{,}2°$

2.129. $\theta = 82{,}0°$

2.130. $(\mathbf{F}_1)_{F_2} = 50{,}6$ N

2.131. $\theta = 97{,}3°$

2.133. $F_3 = 428$ lb, $\alpha = 88{,}3°$, $\beta = 20{,}6°$, $\gamma = 69{,}5°$

2.134. $F_3 = 250$ lb, $\alpha = 87{,}0°$, $\beta = 143°$, $\gamma = 53{,}1°$

2.135. $F_{BA} = 215$ lb, $\theta = 52{,}7°$

2.137. $\phi = \dfrac{\theta}{2}$, $F_R = 2F\cos\left(\dfrac{\theta}{2}\right)$

2.138. $\theta = 74{,}0°$, $\phi = 33{,}9°$

2.139. Proj $F_{AB} = 70{,}5$ N, Proj $F_{AC} = 65{,}1$ N

2.141. $\theta = 60°$, $P = 40$ lb, $T = 69{,}3$ lb

Capítulo 3

3.1. $F_1 = 435$ lb, $F_2 = 171$ lb

3.2. $\theta = 31{,}8°$, $F = 4{,}94$ kN

3.3. $\theta = 12{,}9°$, $F_1 = 552$ N

3.5. $F_1 = 1{,}83$ kN, $F_2 = 9{,}60$ kN

3.6. $\theta = 4{,}69°$, $F_1 = 4{,}31$ kN

3.7. $F_{BC} = 2{,}99$ kN, $F_{AB} = 3{,}78$ kN

3.9. $\theta = 34{,}2°$

3.10. $\theta = 11{,}5°$

3.11. $F = 1{,}13$ mN

3.13. $x_{AC} = 0{,}793$ m, $x_{AB} = 0{,}467$ m

3.14. $m = 12{,}8$ kg