2

Vectores de fuerza

En este capítulo definiremos el concepto de fuerza concentrada y se proporcionarán los procedimientos para la suma de fuerzas, representación de las mismas por medio de sus componentes y su proyección a lo largo de un eje. Debido a que la fuerza es una cantidad vectorial, debemos usar las reglas del álgebra vectorial para su estudio. Empezaremos nuestro estudio definiendo los conceptos de cantidad escalar y vectorial y más adelante desarrollaremos algunas de las reglas fundamentales del álgebra vectorial.

2.1 Vectores y escalares

La mayoría de las cantidades físicas en la mecánica pueden ser expresadas matemáticamente por medio de escalares y vectores.

Escalar. Una cantidad que esté representada por un número positivo o negativo recibe el nombre de *escalar*. La masa, el volumen y la longitud son cantidades escalares que se utilizan con frecuencia en el estudio de la estática. En este libro, los escalares se indican con letras escritas en cursivas, por ejemplo el escalar A. Las operaciones matemáticas que involucran escalares siguen las mismas reglas que utiliza el álgebra elemental.

Vector. Un *vector* es una cantidad que tiene tanto una magnitud como una dirección. En estática las cantidades vectoriales que se presentan con frecuencia son la posición, la fuerza y el momento. Un vector en general se representa con una letra y una flecha sobre la misma, tal como $\vec{A}$. La magnitud se designa como $|\vec{A}|$ o simplemente A. En este libro los vectores se escribirán en negritas; por ejemplo, **A** se utiliza para representar el vector "A". Su magnitud, siempre una cantidad positiva, se escribe con cursivas, como $|A|$, o simplemente A cuando queda entendido que A es un escalar positivo.

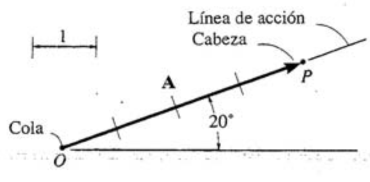


Fig. 2-1

Un vector se representa gráficamente con una flecha, la cual se utiliza para definir su magnitud, dirección y sentido. La *magnitud* del vector se indica con la longitud de la flecha; la *dirección,* con el ángulo entre un eje de referencia y la línea de acción de la flecha, y el *sentido,* con la punta de la flecha. Por ejemplo, el vector **A** mostrado en la figura 2-1 tiene una magnitud de cuatro unidades, una dirección de 20°, medida en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje horizontal y un sentido hacia arriba y a la derecha. Al punto O se le llama *cola* del vector, mientras que el punto P es la *punta* o *cabeza*.

2.2 Operaciones vectoriales

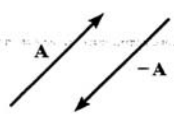
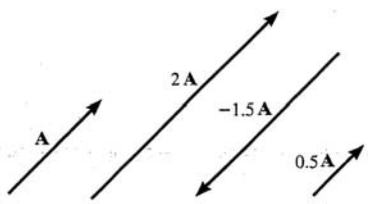


Fig. 2-2

Multiplicación y división de un vector por un escalar. El producto de un vector **A** con un escalar a se expresa como $a\mathbf{A}$ y se define como un vector que posee una magnitud $|a A|$. El *sentido* de $a\mathbf{A}$ es el *mismo* que el de **A** siempre y cuando a sea *positivo;* es *opuesto* a **A** si a es *negativo.* En consecuencia, el negativo de un vector se forma multiplicando dicho vector por el escalar (–1), figura 2-2. La división de un vector entre un escalar se realiza utilizando las reglas de la multiplicación, puesto que $\mathbf{A}/a = (1/a)\mathbf{A}$, $a \neq 0$. En la figura 2-3 se muestran ejemplos gráficos de estas operaciones.

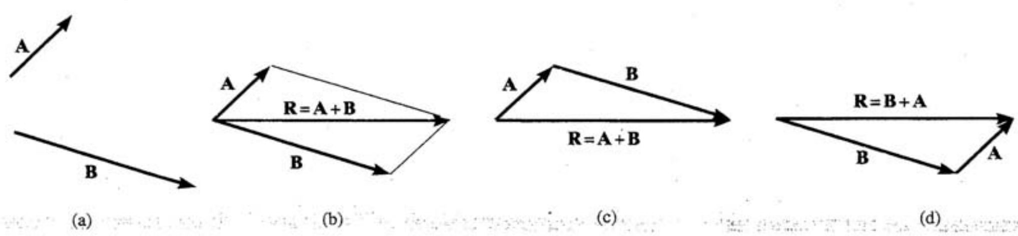


Multiplicación y división escalar

Fig. 2-3

Suma de vectores. Dos vectores **A** y **B** del mismo tipo (figura 2-4*a*) pueden sumarse para formar un vector "resultante" $\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$ utilizando la *regla del paralelogramo.* Para hacer esto, **A** y **B** se unen en sus colas; ver figura 2-4*b*. Las líneas paralelas dibujadas desde la punta de cada vector se intersectan en un punto común, formando así los lados adyacentes de un paralelogramo. Como se muestra, el vector resultante **R** es la diagonal del paralelogramo, la cual se extiende desde la colas de **A** y **B** hasta el punto de intersección de las líneas.

También podemos sumar **B** y **A** utilizando una *construcción triangular,* que es un caso especial de la regla del paralelogramo, en donde el vector **B** se suma al vector **A** de tal forma que se unen "cabeza con cola", es decir, conectando la cabeza de **A** a la cola de **B**; ver figura 2-4*c*. La resultante **R** se extiende desde la cola de **A** a la cabeza de **B**. De la misma forma, **R** se puede obtener sumándole a **A** el vector **B**; ver figura 2-4*d*. Comparando, se puede ver

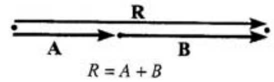


Suma de vectores

Fig. 2-4

que la suma de vectores es conmutativa; en otras palabras, los vectores pueden sumarse en cualquier orden, es decir, $\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{B} + \mathbf{A}$.

Como un caso especial, si los dos vectores **A** y **B** son *colineales*, es decir, ambos tienen la misma línea de acción, la regla del paralelogramo se reduce a una *suma escalar* o *algebraica* $R = A + B$, como se muestra en la figura 2-5.



Suma de vectores colineales

Fig. 2-5

Resta de vectores. La *diferencia* resultante entre dos vectores **A** y **B** del mismo tipo se puede expresar como

$$\mathbf{R}' = \mathbf{A} - \mathbf{B} = \mathbf{A} + (-\mathbf{B})$$

Este vector suma se muestra en la figura 2-6. La resta se define, por lo tanto, como un caso especial de la suma, puesto que las reglas de la suma de vectores también se aplican a la resta.

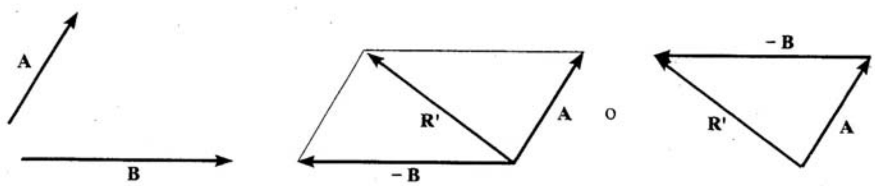
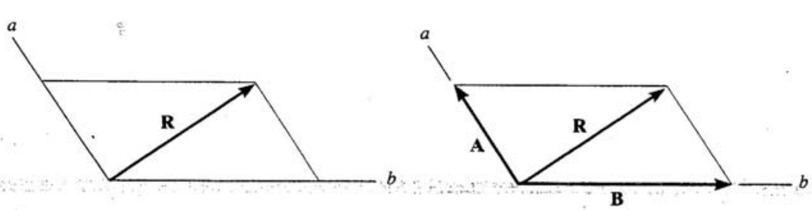


Fig. 2-6

Descomposición de un vector. Un vector se puede descomponer en dos "componentes" luego de conocerse las líneas de acción por medio de la regla del paralelogramo. Por ejemplo, si **R** en la figura 2-7*a* se va a descomponer en sus componentes que actúan a lo largo de las líneas *a* y *b*, se comienza en la *cabeza* de **R** y se empieza a dibujar una línea *paralela* a *a* hasta que intersecte a *b*. De la misma forma, una línea paralela a *b* se dibuja desde la *cabeza* de **R** hasta el punto de intersección con *a*; ver figura 2-7*a*. Las dos componentes de **A** y **B** se trazan de tal forma que se extiendan desde la cola de **R** hasta los puntos de intersección, como se muestra en la figura 2-7*b*.



(a) (b)

Fig. 2-7

2.3 Suma vectorial de fuerzas

Los experimentos han demostrado que una fuerza es una cantidad vectorial puesto que tiene una magnitud, una dirección y un sentido específicos y que se puede sumar de acuerdo con la regla del paralelogramo. Dos problemas muy comunes en la estática involucran tanto el determinar la fuerza resultante, conociendo sus componentes, como descomponer una fuerza conocida en sus dos componentes. Como se describió en la sección 2-2, estos dos problemas requieren la aplicación de la regla del paralelogramo.

Si se va a sumar más de dos fuerzas, es posible llevar a cabo la aplicación sucesiva de la regla del paralelogramo con la finalidad de obtener la fuerza resultante. Por ejemplo, si las tres fuerzas $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$ y $\mathbf{F}_3$ actúan en el punto O, (ver figura 2-8), se obtiene la resultante de dos fuerzas cualquiera —digamos $\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ — y después este vector resultante se suma a la tercera fuerza, obteniéndose de esta forma el vector resultante de las tres fuerzas; es decir, $\mathbf{F}_R = (\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2) + \mathbf{F}_3$. Utilizando la regla del paralelogramo para sumar más de dos fuerzas, como se muestra aquí, con frecuencia se requiere de la realización de muchos cálculos geométricos y trigonométricos para determinar los valores numéricos de la magnitud y dirección del vector resultante. En lugar de lo anterior, los problemas de este tipo se resuelven más fácilmente utilizando el "método de la componente rectangular" el cual se explica en la sección 2.4.

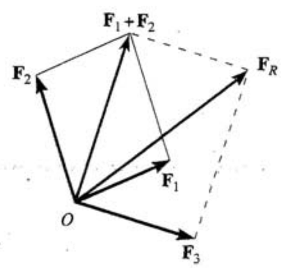


Fig. 2-8

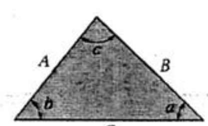
PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS

Los problemas que involucran la suma de dos fuerzas y contienen como máximo *dos incógnitas*, pueden resolverse utilizando el siguiente procedimiento:

Regla del paralelogramo. Haga un dibujo que muestre la suma vectorial utilizando la regla del paralelogramo. De ser posible, determine los ángulos interiores del paralelogramo que ilustra el problema. Recuerde que la suma de estos ángulos es de 360°. Los ángulos desconocidos, junto con las magnitudes de las fuerzas conocidas o desconocidas, deberán estar especificados claramente en el dibujo. Vuelva a dibujar la mitad del paralelogramo diseñado para ilustrar la suma de componentes triangular cabeza-cola.

Trigonometría. Utilizando la trigonometría, las dos incógnitas pueden determinarse a partir de los datos proporcionados en el triángulo. Si éste *no* contiene un ángulo de 90°, puede utilizarse la ley de los senos y/o la ley de los cosenos para su solución. Para el triángulo mostrado, estas fórmulas se proporcionan en la figura 2-9.

Los siguientes ejemplos ilustran este método numéricamente.



Ley del seno:

$$\frac{A}{\text{sen } a} = \frac{B}{\text{sen } b} = \frac{C}{\text{sen } c}$$

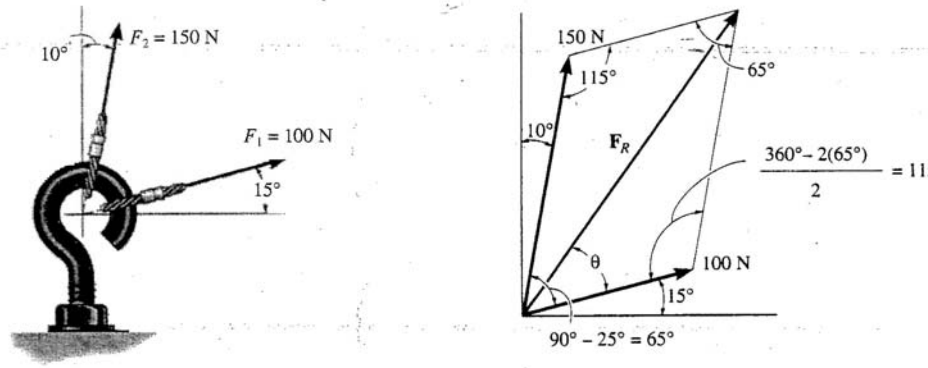
Ley del coseno:

$$C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB \cos c}$$

Fig. 2-9

Ejemplo 2–1

El gancho de la figura 2-10*a* se encuentra sujeto a dos fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$. Determine la magnitud y la dirección de la fuerza resultante.



(a) (b)

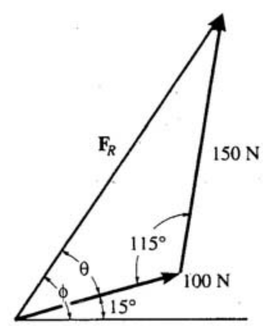
SOLUCION

La fuerza resultante se obtiene a partir de la regla del paralelogramo.

Regla del paralelogramo. La suma se muestra en la figura 2-10*b*. Las dos incógnitas son la magnitud de $\mathbf{F}_R$ y el ángulo θ (teta). De la figura 2-10*b*, se construye el triángulo de vectores mostrado en la figura 2-10*c*.

Trigonometría. F_R se determina utilizando la ley de cosenos:

$$F_R = \sqrt{(100\text{ N})^2 + (150\text{ N})^2 - 2(100\text{ N})(150\text{ N})\cos 115°}$$
$$= \sqrt{10\,000 + 22\,500 - 30\,000(-0.4226)} = 212.6\text{ N}$$
$$= 213\text{ N}$$ ***Respuesta***



(c)

Fig. 2-10

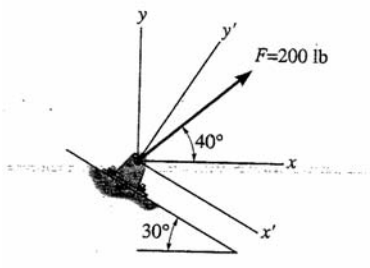
El ángulo θ se determina aplicando la ley de senos, utilizando el valor calculado de F_R.

$$\frac{150\text{ N}}{\text{sen }\theta} = \frac{212.6\text{ N}}{\text{sen }115°}$$
$$\text{sen }\theta = \frac{150\text{ N}}{212.6\text{ N}}(0.9063)$$
$$\theta = 39.8°$$

De esta forma, la dirección de φ (fi) de $\mathbf{F}_R$, medida con respecto a la horizontal, es

$$\phi = 39.8° + 15.0° = 54.8° \quad \measuredangle^{\phi}$$ ***Respuesta***

Ejemplo 2–2



(a)

Descomponga la fuerza de 200 libras que actúa en el perno; ver figura 2-11*a*, en sus componentes tanto (a) en las direcciones x y y, como (b) en las direcciones x' y y.

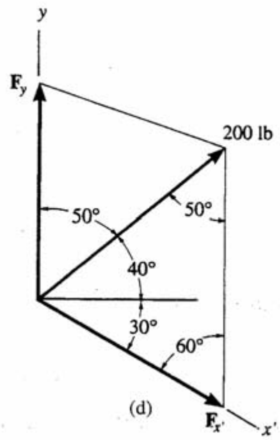
SOLUCION

En cada caso se usa la regla del paralelogramo para descomponer **F** en sus dos componentes, y después se construye el triángulo de vectores para determinar los valores numéricos por medio del uso de la trigonometría.

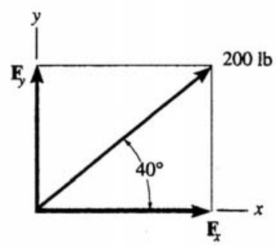
Parte (a). La fig. 2-11*b* muestra la suma de vectores $\mathbf{F} = \mathbf{F}_x + \mathbf{F}_y$. En particular, observe que la longitud de las componentes está a escala a lo largo de los ejes x y y formando, en primer lugar, líneas paralelas a los ejes de acuerdo con la regla del paralelogramo. Del triángulo de vectores, figura 2-11*c*,

$$F_x = 200 \text{ lb} \cos 40° = 153 \text{ lb} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

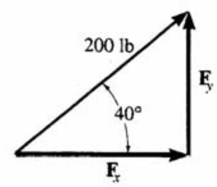
$$F_y = 200 \text{ lb sen } 40° = 129 \text{ lb} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$



(d)



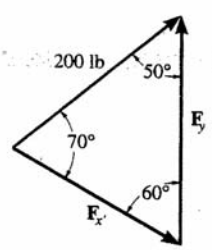
(b)



(c)

Fig. 2-11

Parte (b). La suma de vectores $\mathbf{F} = \mathbf{F}_{x'} + \mathbf{F}_y$ se muestra en la figura 2-11*d*. Observe cómo se construye el paralelogramo. Aplicando la ley de senos y utilizando los valores mostrados en el triángulo de vectores, figura 2-11*e*, obtenemos



(e)

$$\frac{F_{x'}}{\text{sen } 50°} = \frac{200 \text{ lb}}{\text{sen } 60°}$$

$$F_{x'} = 200 \text{ lb}\left(\frac{\text{sen } 50°}{\text{sen } 60°}\right) = 177 \text{ lb} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

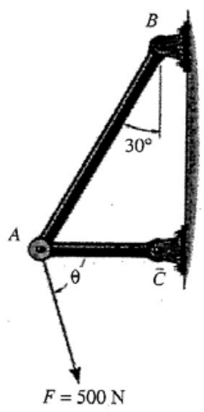
$$\frac{F_y}{\text{sen } 70°} = \frac{200 \text{ lb}}{\text{sen } 60°}$$

$$F_y = 200 \text{ lb}\left(\frac{\text{sen } 70°}{\text{sen } 60°}\right) = 217 \text{ lb} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

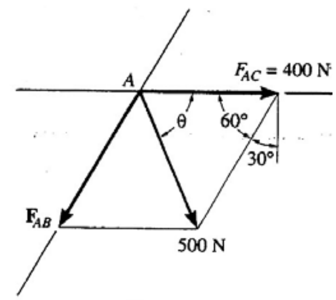
Ejemplo 2–3

La fuerza **F** que actúa en la estructura de la figura 2-12*a* tiene una magnitud de 500 N y se descompondrá en dos componentes que actúan a lo largo de los tirantes *AB* y *AC*. Determine el ángulo θ , medido *bajo* la horizontal, de tal forma que la componente $\mathbf{F}_{AC}$ esté dirigida de *A* hacia *C* y tenga una magnitud de 400 N.

Fig. 2-12



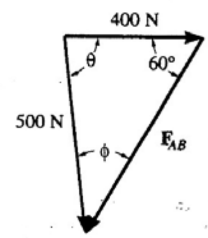
(a)



(b)

SOLUCION

Utilizando la regla del paralelogramo, la suma de vectores de las dos componentes genera el vector resultante y éste se muestra en la figura 2-12*b*. Observe cómo se descompone la fuerza resultante en las dos componentes $\mathbf{F}_{AB}$ y $\mathbf{F}_{AC}$, las cuales tienen líneas de acción específicas. El triángulo de vectores correspondiente se muestra en la figura 2-12*c*. El ángulo ϕ puede ser determinado utilizando la ley de senos:



(c)

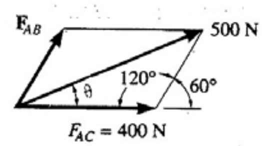
$$\frac{400\text{ N}}{\text{sen } \phi} = \frac{500\text{ N}}{\text{sen } 60°}$$

$$\text{sen } \phi = \left(\frac{400\text{ N}}{500\text{ N}}\right) \text{sen } 60° = 0.6928$$

$$\phi = 43.9°$$

De aquí que,

$$\theta = 180° - 60° - 43.9° = 76.1° \quad \measuredangle^{\theta} \qquad \textit{Respuesta}$$



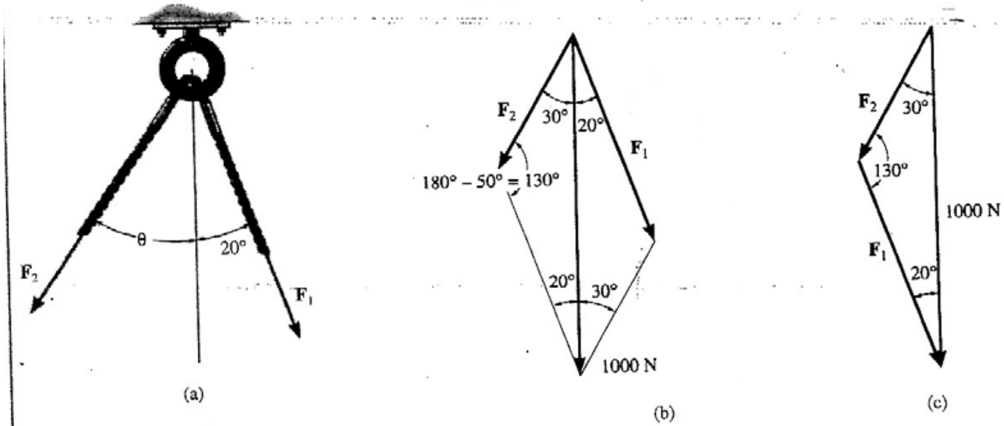
(d)

Utilizando este valor de θ, aplique la ley de cosenos y muestre que $\mathbf{F}_{AB}$ tiene una magnitud de 561 N.

Observe que **F** puede también estar dirigida a un ángulo θ *sobre* la horizontal, como se muestra en la figura 2-12*d*, y también generar la componente $\mathbf{F}_{AC}$. Muestre que en este caso θ = 16.1° y F_{AB} = 161 N.

Ejemplo 2–4

El anillo mostrado en la figura 2-13*a* está sometido a dos fuerzas, $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$. Si se requiere que la fuerza resultante tenga una magnitud de 1 kN y dirección vertical hacia abajo, determine: (a) las magnitudes de $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$ para $\theta = 30°$, y (b) las magnitudes de $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$; F_2 debe tener un valor mínimo.



SOLUCION

Parte (a). En la figura 2-13*b* se muestra un diagrama de la suma de vectores de acuerdo con la regla del paralelogramo. En el triángulo de vectores construido en la figura 2-13*c*, las magnitudes de las incógnitas F_1 y F_2 se pueden determinar utilizando la ley de senos.

$$\frac{F_1}{\text{sen } 30°} = \frac{1000 \text{ N}}{\text{sen } 130°}$$

$$F_1 = 653 \text{ N} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

$$\frac{F_2}{\text{sen } 20°} = \frac{1000 \text{ N}}{\text{sen } 130°}$$

$$F_2 = 446 \text{ N} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

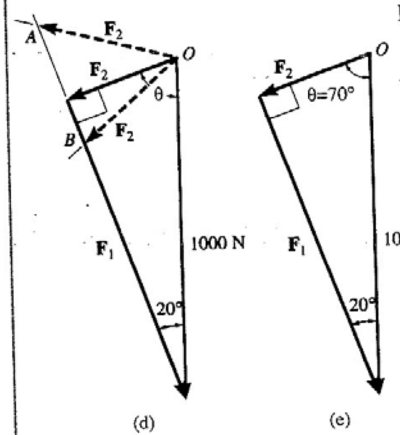


Fig. 2-13

Parte (b). Si θ no se especifica, entonces en el triángulo de vectores mostrado en la figura 2-13*d*, se infiere que $\mathbf{F}_2$ puede sumarse a $\mathbf{F}_1$ en diferentes formas para obtener la fuerza resultante de 1000 N. En particular, la longitud *mínima* o magnitud de $\mathbf{F}_2$ ocurrirá cuando su línea de acción sea *perpendicular a* $\mathbf{F}_1$. Cualquier otra dirección, tal como *OA* u *OB*, proporcionará un valor más grande que F_2. De aquí que, cuando $\theta = 90° - 20° = 70°$, F_2 será mínima. En el triángulo de vectores mostrado en la figura 2-13*e*, se puede ver que

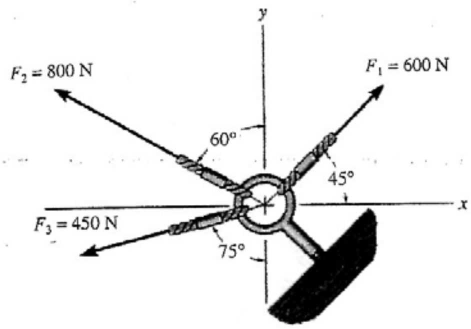
$$F_1 = 1000 \text{ sen } 70° \text{ N} = 940 \text{ N} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

$$F_2 = 1000 \text{ sen } 20° \text{ N} = 342 \text{ N} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

PROBLEMAS

2-1. Determine la magnitud de la fuerza resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ y su dirección, medida en sentido opuesto al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.

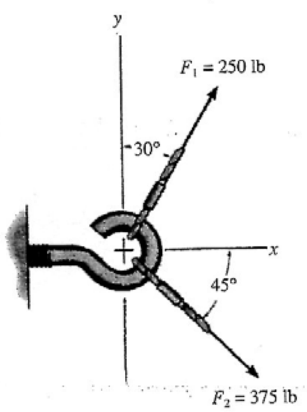
2-2. Determine la magnitud de la fuerza resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_3$ y su dirección, medida en sentido opuesto al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Probs. 2-1/2-2

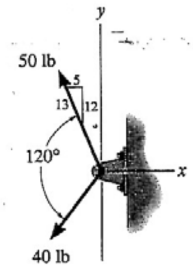
2-3. Determine la magnitud de la fuerza resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ y su dirección, medida en sentido opuesto al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.

***2-4.** Determine la magnitud de la fuerza resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2$ y su dirección, medida en sentido opuesto al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Probs. 2-3/2-4

2-5. Determine la magnitud de la fuerza resultante y su dirección medida en sentido opuesto al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.

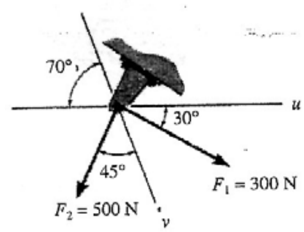


Prob. 2-5

2-6. Determine la magnitud de la fuerza resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ y su dirección, medida en el sentido de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las u.

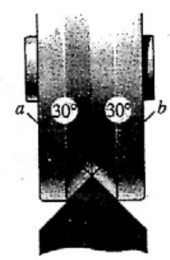
2-7. Descomponga la fuerza $\mathbf{F}_1$ en sus componentes, que actúan a lo largo de los ejes u y v, y determine las magnitudes de sus componentes.

***2-8.** Descomponga la fuerza $\mathbf{F}_2$ en sus componentes, que actúan a lo largo de los ejes u y v; determine las magnitudes de dichas componentes.



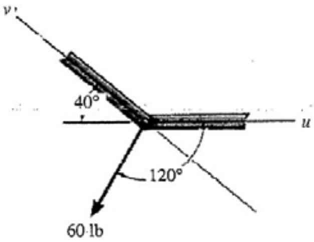
Probs. 2-6/2-7/2-8

2-9. La rueda acanalada en V se utiliza para que corra a lo largo de un riel. Si el riel ejerce una fuerza vertical de 200 libras sobre la rueda, determine las componentes de esta fuerza que actúa a lo largo de los ejes a y b, que son perpendiculares a los lados del riel.



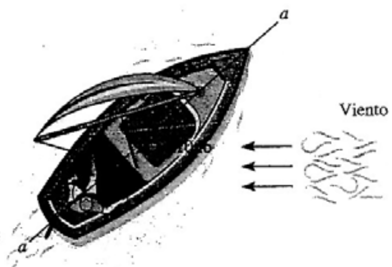
Prob. 2-9

2-10. Descomponga la fuerza de 60 libras en sus componentes que actúan a lo largo de los ejes u y v; determine las magnitudes de sus componentes.



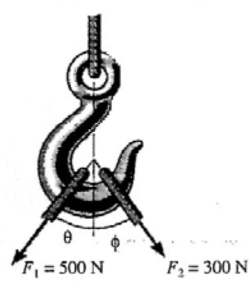
Prob. 2-10

2-11. El viento pega en la vela de un bote de tal forma que ejerce una fuerza resultante de $F = 110$ libras en dirección perpendicular a la vela. Descomponga esta fuerza en sus dos componentes, una paralela y otra perpendicular a la quilla *aa* del bote. *Nota*: la habilidad de navegar con el viento se conoce con el nombre de veleo y es posible debido a la fuerza paralela a la quilla del bote. La componente perpendicular tiende a ladear el bote o a empujarlo hacia adelante.



Prob. 2-11

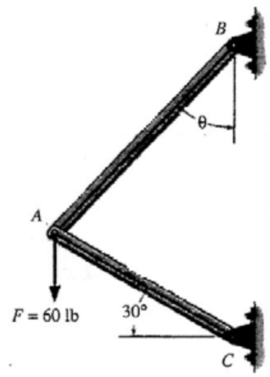
***2-12.** Un gancho está soportando las dos fuerzas del cable $F_1 = 500$ N y $F_2 = 300$ N. Si la resultante de estas fuerzas actúa en dirección vertical hacia abajo y tiene una magnitud de $F_R = 750$ N. Determine los ángulos θ y ϕ de los cables.



Prob. 2-12

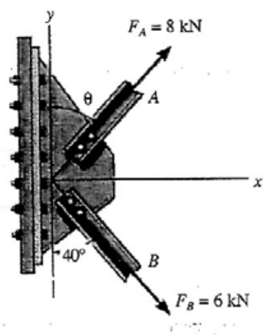
2-13. Una fuerza vertical de $F = 60$ libras actúa hacia abajo en el punto A de una estructura de dos partes. Determine las magnitudes de las dos componentes de **F** a lo largo de los ejes de las partes AB y AC. Tome el ángulo $\theta = 45°$.

2-14. Una fuerza vertical de $F = 60$ libras actúa hacia abajo en el punto A de una estructura de dos partes. Determine el ángulo θ ($0° \leq \theta \leq 90°$) del miembro AB de tal forma que la componente de **F** que actúa a lo largo del eje AB sea de 80 libras. ¿Cuál es la magnitud de la componente de la fuerza que actúa a lo largo del eje del miembro AC?



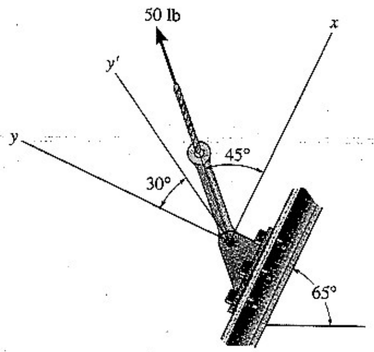
Probs. 2-13/2-14

2-15. La placa mostrada en la figura 2-15 está sujeta a las dos fuerzas A y B. Si $\theta = 60°$, determine la magnitud de la resultante de estas fuerzas y su dirección medida de acuerdo con el sentido de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Prob. 2-15

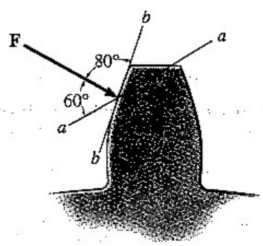
***2-16.** Descomponga la fuerza de 50 libras en sus componentes que actúan a lo largo de (a) los ejes x y y, y (b) los ejes x y y'.



Prob. 2-16

2-17. La fuerza que actúa sobre el diente de un engrane es F = 20 libras. Descomponga esta fuerza en dos componentes que actúen a lo largo de las líneas aa y bb.

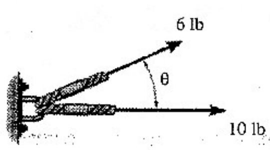
2-18. Se requiere que la componente de la fuerza **F** que actúa a lo largo de la línea aa tenga una magnitud de 30 libras. Determine la magnitud de **F** y sus componentes a lo largo de la línea bb.



Probs. 2-17/2-18

2-19. Dos fuerzas con magnitud de 10 y 6 libras actúan sobre un anillo. Si la magnitud de la fuerza resultante más grande que el anillo puede soportar es de 14 libras, determine el ángulo θ entre ambas fuerzas.

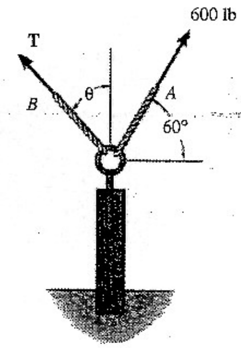
***2-20.** Determine el ángulo θ (0° ≤ θ ≤ 90°) entre las dos fuerzas de tal forma que la magnitud de la fuerza resultante que actúa sobre el anillo sea mínima. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza resultante?



Probs. 2-19/2-20

2-21. Un poste se removerá de la tierra utilizando las cuerdas A y B. La cuerda A está sujeta a una fuerza de 600 libras y está dirigida a 60° con respecto a la horizontal. Determine la fuerza T en la cuerda B si el poste comienza a elevarse cuando θ = 20°. Para que esto suceda, la fuerza resultante sobre el poste deberá estar dirigida verticalmente hacia arriba. Calcule también la magnitud de la fuerza resultante.

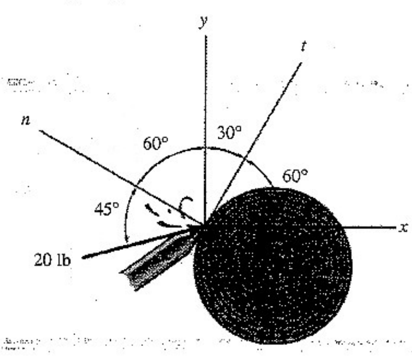
2-22. Un poste se removerá de la tierra utilizando las cuerdas A y B. La cuerda A está sujeta a una fuerza de 600 libras y está dirigida a 60° con respecto a la horizontal. Si la fuerza resultante que actúa sobre el poste es de 1200 libras, con dirección vertical hacia arriba, determine la fuerza T en la cuerda B y el ángulo correspondiente θ.



Probs. 2-21/2-22

2-23. Una lima ejerce una fuerza de 20 libras en un tronco cilíndrico que está girando en un torno. Descomponga esta fuerza en sus componentes que actúan (a) a lo largo de los ejes n y t y (b) a lo largo de los ejes x y y.

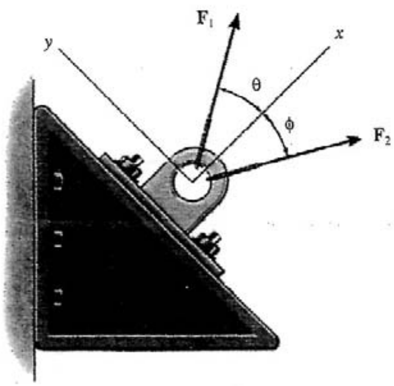
***2-24.** Una lima ejerce una fuerza de 20 libras en un tronco cilíndrico que está girando en un torno. Descomponga esta fuerza en sus componentes que actúan (a) a lo largo de los ejes n y y, (b) a lo largo de los ejes x y t.



Probs. 2-23/2-24

2-25. Si $\theta = 20°$ y $\phi = 35°$, determinar las magnitudes de $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$ de tal forma que la fuerza resultante tenga una magnitud de 20 libras y esté dirigida a lo largo del eje positivo de las x.

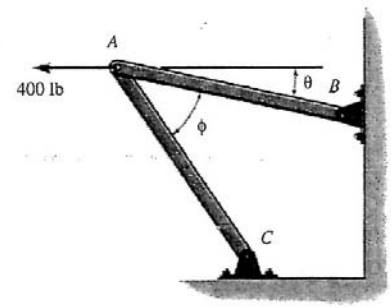
2-26. Si $F_1 = F_2 = 30$ libras, determine los ángulos θ y ϕ de tal forma que la fuerza resultante esté dirigida a lo largo del eje positivo de las x y tenga una magnitud de $F_R = 20$ libras.



Probs. 2-25/2-26

2-29. Determine el ángulo θ de diseño ($0° \leq \theta \leq 90°$) para el tirante AB de tal forma que la fuerza horizontal de 400 libras tenga una componente de 500 libras dirigida desde A hacia C. ¿Cuál es la componente de la fuerza que actúa a lo largo del miembro AB? Tome el valor de $\phi = 40°$.

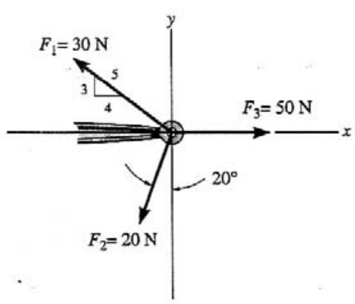
2-30. Determine el ángulo ϕ de diseño ($0° \leq \phi \leq 90°$) entre las estructuras AB y AC de tal forma que la fuerza horizontal de 400 libras tenga una componente de 600 libras que actúe hacia la izquierda, en la misma dirección que de B hacia A. Tome el valor de $\theta = 30°$.



Probs. 2-29/2-30

2-27. Determine la magnitud y dirección de la resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3$ de las tres fuerzas calculando primero la resultante $\mathbf{F}' = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ y después formando $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}' + \mathbf{F}_3$.

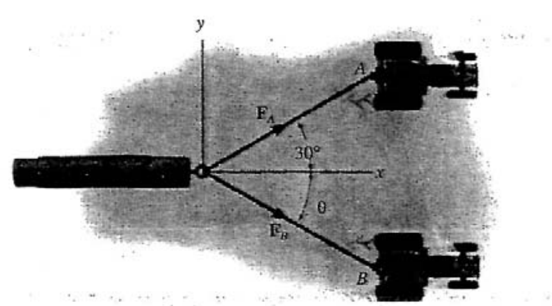
***2-28.** Determine la magnitud y dirección de la resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3$ de las tres fuerzas calculando primero la resultante $\mathbf{F}' = \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3$ y después formando $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}' + \mathbf{F}_1$.



Probs. 2-27/2-28

2-31. Un tronco de madera es remolcado por dos tractores A y B. Determine las magnitudes de las dos fuerzas de remolque $\mathbf{F}_A$ y $\mathbf{F}_B$ si se requiere que la fuerza resultante tenga una magnitud de $F_R = 10$ kN y esté dirigida a lo largo del eje de las x. Tome el valor de $\theta = 15°$.

***2-32.** Si la fuerza resultante $\mathbf{F}_R$ de dos fuerzas que están actuando sobre un tronco de madera se dirige a lo largo del eje positivo de las x y tiene una magnitud de 10 kN, determine el ángulo θ del cable amarrado al punto B tal que la fuerza $\mathbf{F}_B$ sobre este cable sea *mínima*. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza sobre cada cable en este caso?



Probs. 2-31/2-32

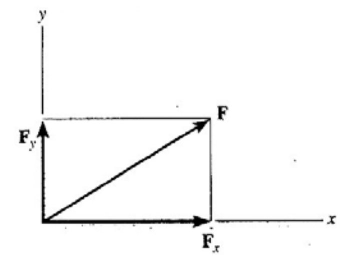
2.4 Suma de un sistema de fuerzas coplanares

Cuando se va a determinar la fuerza resultante de más de dos fuerzas, es más fácil determinar las componentes de cada fuerza a lo largo de ejes específicos, sumar estos componentes algebraicamente y después obtener la resultante, en vez de obtener ésta por la aplicación sucesiva de la regla del paralelogramo, como se vio en la sección 2.3. En esta ocasión descompondremos cada fuerza en sus componentes rectangulares $\mathbf{F}_x$ y $\mathbf{F}_y$, las cuales se ubican a lo largo de los ejes x y y, respectivamente; ver figura. 2-14*a*. Aunque se muestran aquí los ejes en forma horizontal y vertical, éstos pueden presentar cualquier inclinación, siempre y cuando permanezcan perpendiculares entre sí; ver figura 2-14*b*. En cualquier caso, por la regla del paralelogramo requerimos que:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_x + \mathbf{F}_y$$

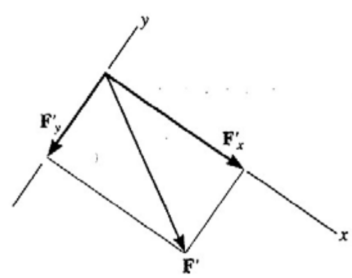
y

$$\mathbf{F}' = \mathbf{F}'_x + \mathbf{F}'_y$$



(a)

Como se muestra en la figura 2-14, el concepto de sentido de cada componente se representa *gráficamente* por la punta de la *flecha*. Para propósitos de *análisis*, sin embargo, debemos establecer una notación para representar el sentido de los componentes rectangulares para cada vector coplanar. Esto puede ser hecho de dos maneras.

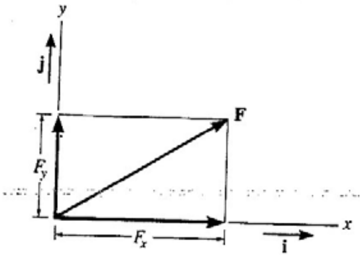


(b)

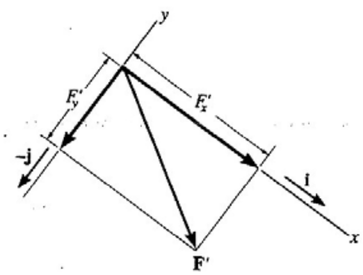
Fig. 2-14

Notación escalar. Puesto que a los ejes x y y se les han asignado direcciones positivas y negativas, la magnitud y dirección de las componentes rectangulares de una fuerza pueden expresarse en términos de *escalares algebraicos*. Por ejemplo, las componentes de $\mathbf{F}$ en la figura 2-14*a* se pueden representar por los escalares positivos F_x y F_y, ya que su dirección es a lo largo de los ejes x y *y positivos*, respectivamente. De la misma forma, las componentes de $\mathbf{F}'$ en la figura 2-14*b* son F'_x y $-F'_y$. Aquí la componente y es negativa puesto que $\mathbf{F}'_y$ está dirigida a lo largo del eje y negativo. Es importante recordar que la notación escalar se utiliza sólo para propósitos de cálculo, y no para representaciones gráficas en dibujos. A lo largo del texto, la *punta de un vector en cualquier* figura indica el sentido de aquél; los signos algebraicos no se utilizan para este propósito. Así, los vectores de las figuras 2-14*a* y 2-14*b* se designan utilizando notación (vectorial) en negritas.* Siempre que se escriban símbolos en cursivas junto a las flechas de los vectores en las figuras, éstos indican la *magnitud* del vector, que *siempre* es una cantidad *positiva*.

*Los signos negativos se utilizan solamente en figuras en negritas cuando muestren pares de vectores iguales aunque con sentidos opuestos, como en la figura 2-2.



(a)



(b)

Fig. 2-15

Notación vectorial cartesiana. También es posible representar las componentes de una fuerza en términos de vectores unitarios cartesianos. De esta forma se aplican más fácilmente los métodos del álgebra vectorial, lo cual hace en particular ventajosa la resolución de problemas en tres dimensiones. En dos dimensiones, los *vectores unitarios cartesianos* **i** y **j** se utilizan para designar las *direcciones* de los ejes *x* y *y*, respectivamente; ver figura 2-15*a*.* Estos vectores poseen una magnitud adimensional igual a la unidad, y su sentido (punta de la flecha) se describirá analíticamente por un signo positivo o negativo, dependiendo de si señalan a lo largo de los ejes *x* o *y* en sentido positivo o negativo.

Como se muestra en la figura 2-15a, la *magnitud* de cada componente de **F** es *siempre una cantidad positiva*, que se representa con los escalares (positivos) F_x y F_y. Por lo tanto, habiendo establecido la notación para representar la magnitud y la dirección de cada componente, podemos expresar **F** en la figura 2-15*a* como un *vector cartesiano*, es decir:

$$\mathbf{F} = F_x\mathbf{i} + F_y\mathbf{j}$$

Y de la misma forma, **F**′ en la figura 2-15*b* puede expresarse como:

$$\mathbf{F} = F'_x\mathbf{i} + F'_y(-\mathbf{j})$$

o simplemente

$$\mathbf{F}' = F'_x\mathbf{i} - F'_y\mathbf{j}$$

Resultantes de fuerzas coplanares. Cualquiera de los dos métodos que se acaban de describir para representar los componentes rectangulares de una fuerza puede utilizarse para determinar la fuerza resultante de varias *fuerzas coplanares*. Para lograrlo, en primer lugar se descompone cada fuerza en sus componentes en *x* y en *y*; después se suman las respectivas componentes utilizando el *álgebra escalar*, ya que éstas son colineales. La fuerza resultante se obtiene sumando las resultantes de las componentes *x* y *y* utilizando la regla del paralelogramo. Por ejemplo, considere las tres fuerzas de la figura 2-16*a*, que tienen las componentes *x* y *y* mostradas en la figura 2-16*b*. Para resolver este problema utilizando *notación vectorial cartesiana*, cada fuerza se representa primero como un vector cartesiano, es decir:

$$\mathbf{F}_1 = F_{1x}\mathbf{i} + F_{1y}\mathbf{j}$$
$$\mathbf{F}_2 = -F_{2x}\mathbf{i} + F_{2y}\mathbf{j}$$
$$\mathbf{F}_3 = F_{3x}\mathbf{i} - F_{3y}\mathbf{j}$$

*En escritura manual, los vectores unitarios normalmente se indican utilizando el acento circunflejo, por ejemplo, $\hat{\imath}$ y $\hat{\jmath}$.

El vector resultante es por lo tanto:

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_R &= \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3\\ &= F_{1x}\mathbf{i} + F_{1y}\mathbf{j} - F_{2x}\mathbf{i} + F_{2y}\mathbf{j} + F_{3x}\mathbf{i} - F_{3y}\mathbf{j}\\ &= (F_{1x} - F_{2x} + F_{3x})\mathbf{i} + (F_{1y} + F_{2y} - F_{3y})\mathbf{j}\\ &= (F_{Rx})\mathbf{i} + (F_{Ry})\mathbf{j}\end{aligned}$$

Entonces, si se utiliza la *notación escalar* de la figura 2-16*b*, puesto que x es positivo a la derecha y hacia arriba, tenemos

$(\overset{+}{\rightarrow})$ $$F_{Rx} = F_{1x} - F_{2x} + F_{3x}$$

$(+\uparrow)$ $$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} - F_{3y}$$

Estos resultados son los *mismos* que las componentes $\mathbf{i}$ y $\mathbf{j}$ de $\mathbf{F}_R$ que se determinaron anteriormente.

Por lo general, las componentes x y y de la resultante de cualquier número de fuerzas coplanares pueden representarse simbólicamente por la suma algebraica de las componentes x y y de todas las fuerzas, es decir

$$\begin{aligned}F_{Rx} &= \Sigma F_x\\ F_{Ry} &= \Sigma F_y\end{aligned} \qquad (2\text{-}1)$$

Cuando se aplican estas ecuaciones es importante usar los *signos convencionalmente* establecidos para las componentes; esto es, las componentes que tienen una dirección a lo largo de los ejes coordenados en sentido positivo se consideran escalares positivos, mientras que aquellas con dirección a lo largo de los ejes coordenados en sentido negativo se consideran escalares negativos. Si se sigue esta convención, entonces los signos de las componentes resultantes especificarán el sentido de éstas. Por ejemplo, un resultado positivo indica que la componente tiene un sentido que corre en la dirección positiva del eje coordenado.

Una vez que las componentes resultantes se determinan, éstas pueden ser dibujadas a lo largo de los ejes x y y con dirección correcta, y la fuerza resultante puede determinarse por la suma de vectores, como se muestra en la figura 2-16*c*. A partir de este diagrama, se puede determinar la magnitud de $\mathbf{F}_R$ por medio del teorema de Pitágoras; esto es,

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$$

También, el ángulo θ, que especifica la orientación de la fuerza, se determina con la ayuda de la trigonometría.

$$\theta = \tan^{-1}\left|\frac{F_{Ry}}{F_{Rx}}\right|$$

Los conceptos mencionados se ilustran numéricamente en los siguientes ejemplos.

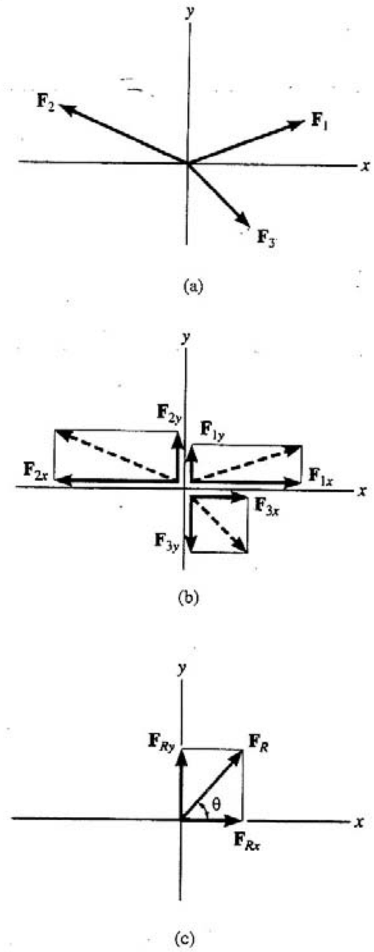


Fig. 2-16

Ejemplo 2–5

Determine las componentes x y y de las fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$ mostradas en la figura 2-17a. Exprese cada fuerza como un vector cartesiano.

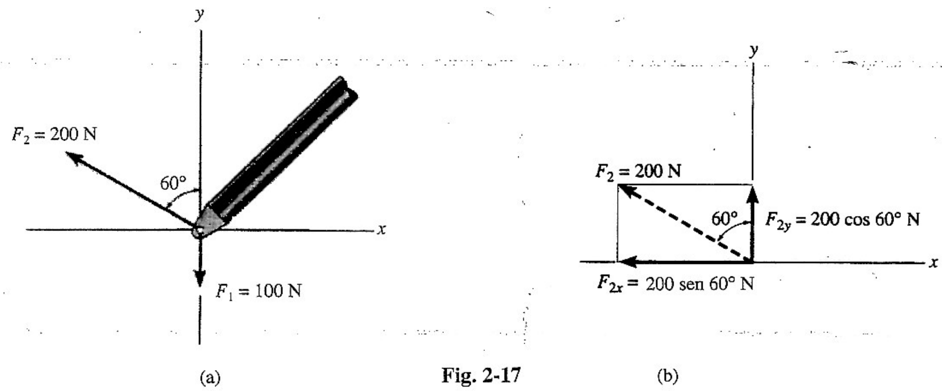


Fig. 2-17

SOLUCION

Notación escalar. Puesto que $\mathbf{F}_1$ actúa a lo largo del sentido negativo del eje de las y, y la magnitud de $\mathbf{F}_1$ es de 100 N, las componentes representadas en forma escalar son

$$F_{1x} = 0, \qquad F_{1y} = -100 \text{ N}$$ ***Respuesta***

o, de otra forma,

$$F_{1x} = 0, \qquad F_{1y} = 100 \text{ N} \downarrow$$ ***Respuesta***

Por medio de la regla del paralelogramo, $\mathbf{F}_2$ se puede descomponer en sus componentes x y y, figura 2-17b. La magnitud de cada componente se determina por trigonometría. Puesto que $\mathbf{F}_{2x}$ actúa en la dirección $-x$, y $\mathbf{F}_{2y}$ actúa en la dirección $+y$, tenemos

$$F_{2x} = -200 \text{ sen } 60° \text{ N} = -173 \text{ N} = 173 \text{ N} \leftarrow$$ ***Respuesta***

$$F_{2y} = 200 \cos 60° \text{ N} = 100 \text{ N} = 100 \text{ N} \uparrow$$ ***Respuesta***

Notación vectorial cartesiana. Habiendo calculado las magnitudes de los componentes de $\mathbf{F}_2$; ver figura 2-17b, podemos expresar cada una de las fuerzas como un vector cartesiano.

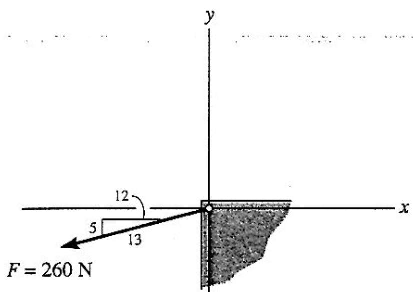
$$\mathbf{F}_1 = 0\mathbf{i} + 100 \text{ N}(-\mathbf{j})$$
$$= \{-100\mathbf{j}\} \text{ N}$$ ***Respuesta***

y

$$\mathbf{F}_2 = 200 \text{ sen } 60° \text{ N}(-\mathbf{i}) + 200 \cos 60° \text{ N}(\mathbf{j})$$
$$= \{-173\mathbf{i} + 100\mathbf{j}\} \text{ N}$$ ***Respuesta***

Ejemplo 2–6

Determine los componentes x y y de la fuerza **F** mostrada en la figura 2-18a.



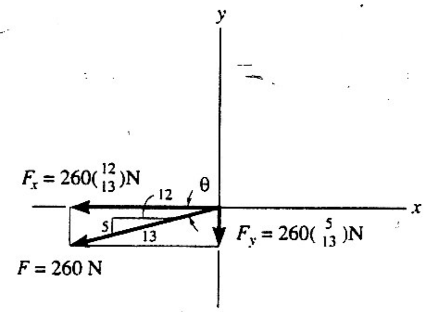


Fig. 2-18

SOLUCION

La fuerza se descompone en sus componentes x y y como se muestra en la figura 2-18b. En ésta, se indica la *pendiente* de la línea de acción de la fuerza. Podemos obtener de este "triángulo de pendientes" el ángulo de dirección θ, es decir, $\theta = \tan^{-1}(\frac{5}{12})$, y posteriormente proceder a determinar las magnitudes de las componentes de la misma manera como se hizo para $\mathbf{F}_2$ en el ejemplo 2-5. Un método más fácil, consiste en utilizar partes proporcionales de triángulos similares, es decir,

$$\frac{F_x}{260\text{ N}} = \frac{12}{13} \qquad F_x = 260\text{ N}\left(\frac{12}{13}\right) = 240\text{ N}$$

De igual manera,

$$F_y = 260\text{ N}\left(\frac{5}{13}\right) = 100\text{ N}$$

Observe que la magnitud de la *componente horizontal* F_x, se obtuvo multiplicando la magnitud de la fuerza por el cociente de la *pierna horizontal* de la pendiente del triángulo y la hipotenusa; mientras que la magnitud de la *componente vertical,* F_y, se obtuvo multiplicando la magnitud de la fuerza por el cociente de la *pierna vertical* y la hipotenusa. De aquí que, utilizando notación escalar,

$$F_x = -240\text{ N} = 240\text{ N}\leftarrow \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

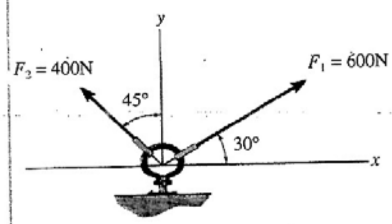
$$F_y = -100\text{ N} = 100\text{ N}\downarrow \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

Si **F** se expresa como un vector cartesiano, tenemos

$$\mathbf{F} = \{-240\mathbf{i} - 100\mathbf{j}\}\text{ N} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

Ejemplo 2–7

El enlace de la figura 2-19*a* está sujeto a dos fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$. Determine la magnitud y orientación de la fuerza resultante.



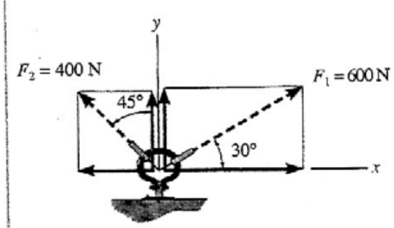
(a)

SOLUCION I

Notación escalar. Este problema se puede resolver utilizando la regla del paralelogramo; sin embargo, aquí descompondremos cada fuerza en sus componentes *x* y *y*; ver figura 2-19*b*, y sumaremos estas componentes algebraicamente. Tomando el sentido "positivo" de las componentes de la fuerza en los ejes *x* y *y* de acuerdo con las ecuaciones 2-1, tenemos

$$\overset{+}{\rightarrow} F_{Rx} = \Sigma F_x; \qquad F_{Rx} = 600 \cos 30° \text{ N} - 400 \text{ sen } 45° \text{ N} = 236.8 \text{ N} \rightarrow$$

$$+\uparrow F_{Ry} = \Sigma F_y; \qquad F_{Ry} = 600 \text{ sen } 30° \text{ N} + 400 \cos 45° \text{ N} = 582.8 \text{ N} \uparrow$$



(b)

La fuerza resultante, mostrada en la figura 2-19*c*, tiene una *magnitud* de

$$F_R = \sqrt{(236.8 \text{ N})^2 + (582.8 \text{ N})^2} = 629 \text{ N} \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

De la suma de vectores, figura 2-19*c*, el ángulo θ director es

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{582.8 \text{ N}}{236.8 \text{ N}}\right) = 67.9° \qquad \textbf{\textit{Respuesta}}$$

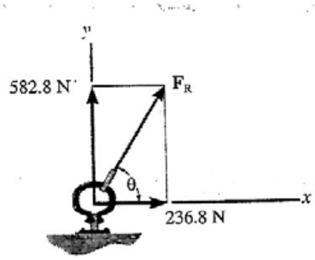
SOLUCION II

Notación vectorial cartesiana. De la figura 2-19*b*, cada una de las fuerzas expresadas como un vector cartesiano se representa así:

$$\mathbf{F}_1 = \{600 \cos 30°\mathbf{i} + 600 \text{ sen } 30°\mathbf{j}\} \text{ N}$$
$$\mathbf{F}_2 = \{-400 \text{ sen } 45°\mathbf{i} + 400 \cos 45°\mathbf{j}\} \text{ N}$$

De esta forma

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = (600 \cos 30° \text{ N} - 400 \text{ sen } 45° \text{ N})\mathbf{i} + (600 \text{ sen } 30° \text{ N} + 400 \cos 45° \text{N})\mathbf{j} = \{236.8\mathbf{i} + 582.8\mathbf{j}\} \text{ N}$$



(c)

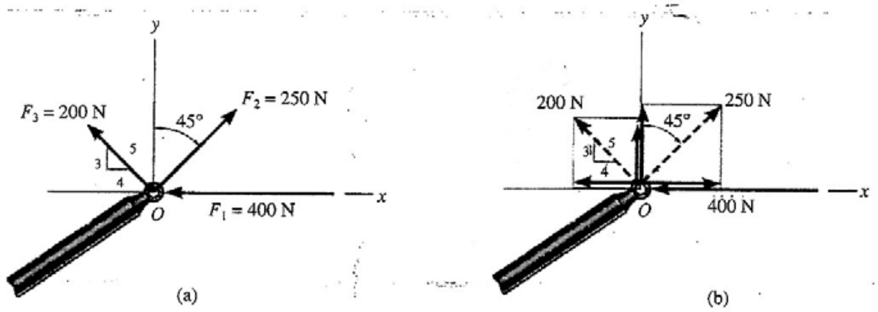
Fig. 2-19

La magnitud y dirección de $\mathbf{F}_R$ están determinadas igual que en la solución I de este problema.

Comparando los dos métodos de solución del problema, se puede ver que el uso de la notación escalar es más eficiente, puesto que las componentes escalares pueden encontrarse *directamente,* sin tener que expresar cada fuerza como un vector cartesiano antes de sumar las componentes. El análisis vectorial cartesiano, sin embargo, resulta más ventajoso para la resolución de problemas en tres dimensiones, como se mostrará más adelante.

Ejemplo 2-8

El extremo del anclaje O mostrado en la figura 2-20a está sujeto a tres fuerzas coplanares concurrentes. Determine la magnitud y orientación de la fuerza resultante.



SOLUCION

Cada fuerza se descompone en sus componentes x y y como se muestra en la figura 2-20b. Sumando los componentes en x, tenemos:

$$\xrightarrow{+} F_{Rx} = \Sigma F_x; \qquad F_{Rx} = -400 \text{ N} + 250 \text{ sen } 45^\circ \text{ N} - 200(\tfrac{4}{5}) \text{ N}$$
$$= -383.2 \text{ N} = 383.2 \text{ N} \leftarrow$$

El signo negativo indica que F_{Rx} actúa a la izquierda, es decir, en la dirección negativa de las x como lo indica la flecha pequeña. Sumando los componentes en y obtenemos:

$$+\uparrow F_{Ry} = \Sigma F_y; \qquad F_{Ry} = 250 \cos 45^\circ \text{ N} + 200(\tfrac{3}{5}) \text{ N}$$
$$= 296.8 \text{ N}\uparrow$$

La fuerza resultante, mostrada en la figura 2-20c, tiene una *magnitud* de

$$F_R = \sqrt{(-383.2)^2 + (296.8)^2}$$
$$= 485 \text{ N}$$ ***Respuesta***

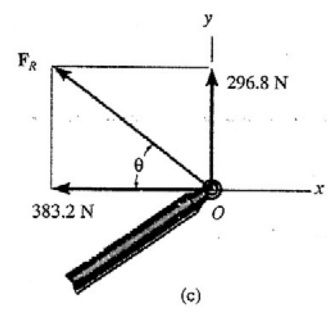


Fig. 2-20

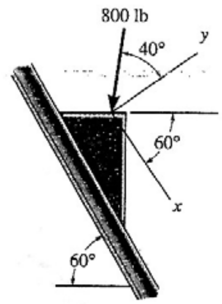
De la suma de vectores de la figura 2-20c, el ángulo θ director es:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{296.8}{383.2}\right) = 37.8^\circ$$ ***Respuesta***

Es importante darse cuenta que la única fuerza $\mathbf{F}_R$ mostrada en la figura 2-20c tiene el *mismo efecto* en el anclaje que las tres fuerzas de la figura 2-20a.

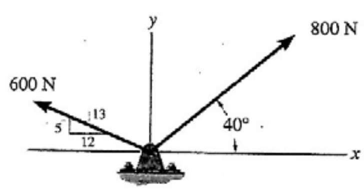
PROBLEMAS

2-33. Determine las componentes x y y de la fuerza de 800 libras.



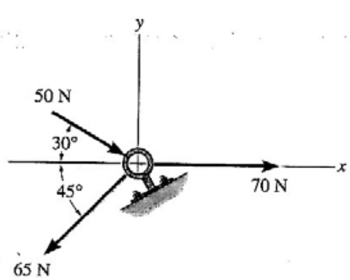
Prob. 2-33

2-34. Determine la magnitud de la fuerza resultante y su dirección, medidas en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Prob. 2-34

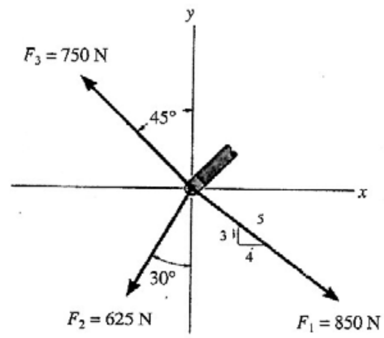
2-35. Determine la magnitud de la fuerza resultante y su dirección, medida en el sentido de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Prob. 2-35

***2-36.** Exprese las fuerzas $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$ y $\mathbf{F}_3$ como vectores cartesianos.

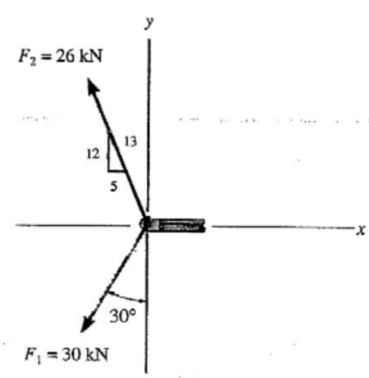
2-37. Determine la magnitud de la fuerza resultante y su dirección, medida en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Probs. 2-36/2-37

2-38. Exprese $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$ como vectores cartesianos.

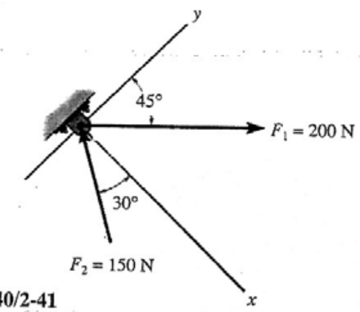
2-39. Determine la magnitud de la fuerza resultante y su dirección, medida en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Probs. 2-38/2-39

***2-40.** Determine las componentes x y y de las fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$.

2-41. Determine la magnitud de la fuerza resultante y su dirección, medida en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.



Probs. 2-40/2-41

2-42. Resuelva el problema 2-1 sumando el rectángulo o las componentes x y y de las fuerzas para obtener la fuerza resultante.

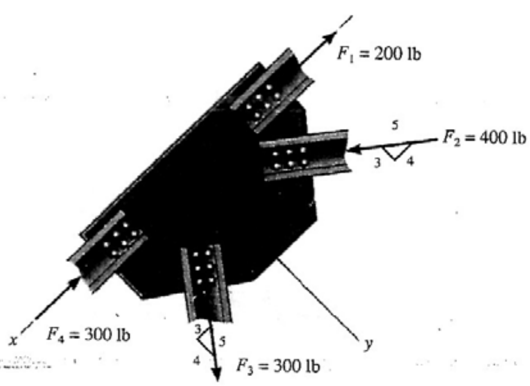
2-43. Resuelva el problema 2-2 sumando el rectángulo o las componentes x y y de las fuerzas para obtener la fuerza resultante.

***2-44.** Resuelva el problema 2-3 sumando el rectángulo o las componentes x y y de las fuerzas para obtener la fuerza resultante.

2-45. Resuelva el problema 2-15 sumando el rectángulo o las componentes x y y de las fuerzas para obtener la fuerza resultante.

2-46. Resuelva el problema 2-27 sumando el rectángulo o las componentes x y y de las fuerzas para obtener la fuerza resultante.

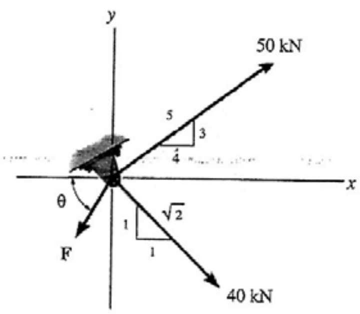
2-47. Determine las componentes x y y de cada una de las fuerzas que se encuentran actuando en el *plato* triangular del refuerzo del puente. Demuestre que el valor de la fuerza resultante es igual a cero.



Prob. 2-47

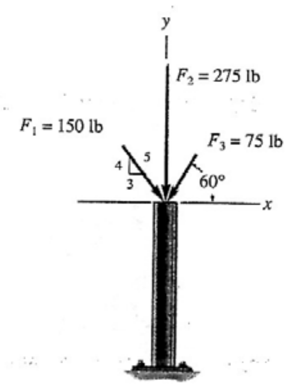
***2-48.** Si $\theta = 60°$ y $F = 20$ kN, determine la magnitud de la fuerza resultante y su dirección medida siguiendo el sentido de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x.

2-49. Determine la magnitud F y la dirección θ de la fuerza $\mathbf{F}$ de tal forma que la resultante de las tres fuerzas que actúan en la argolla sea igual a cero.



Probs. 2-48/2-49

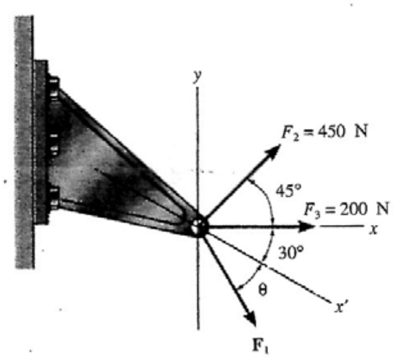
2-50. Exprese cada una de las tres fuerzas que actúan sobre la columna en forma vectorial cartesiana y calcule la magnitud de la fuerza resultante.



Prob. 2-50

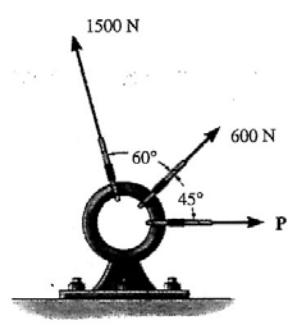
2-51. En una ménsula están actuando tres fuerzas. Determine la magnitud y la dirección θ de $\mathbf{F}_1$ de tal forma que la fuerza resultante esté dirigida a lo largo del eje positivo x', y tenga una magnitud de 1 kN.

***2-52.** Si $F_1 = 300$ N y $\theta = 20°$, determine la magnitud y la dirección, medida en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje x', de la fuerza resultante de las tres que actúan en la ménsula.



Probs. 2-51/2-52

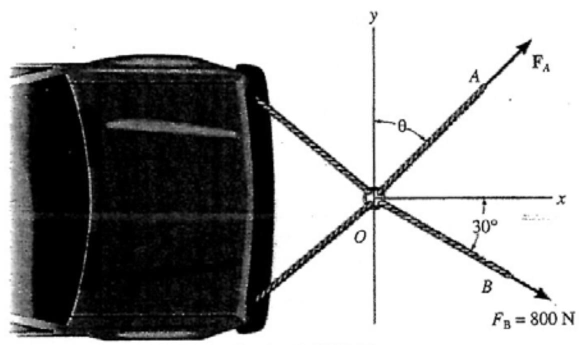
2-53. Tres fuerzas se encuentran actuando sobre un anillo. Determine el rango de valores que puede tener el vector **P** de tal forma que la magnitud de la fuerza resultante no exceda el valor de 2500 N. La fuerza **P** está siempre dirigida a la derecha.



Prob. 2-53

2-54. Determine la magnitud y dirección θ de $\mathbf{F}_A$ de tal forma que la fuerza resultante esté dirigida a lo largo del eje positivo de las x y tenga una magnitud de 1250 N.

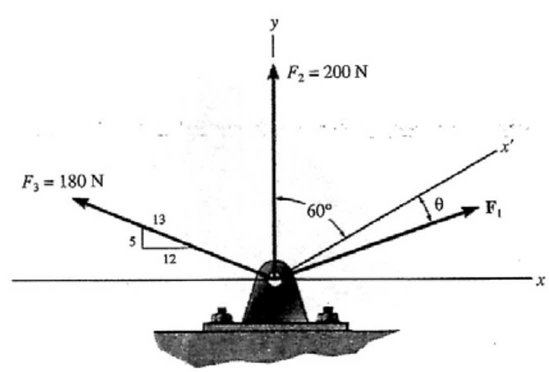
2-55. Si $F_A = 750$ N y $\theta = 45°$, determine la magnitud y dirección, medida en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x, de la fuerza resultante que actúa sobre el anillo en el punto O.



Probs. 2-54/2-55

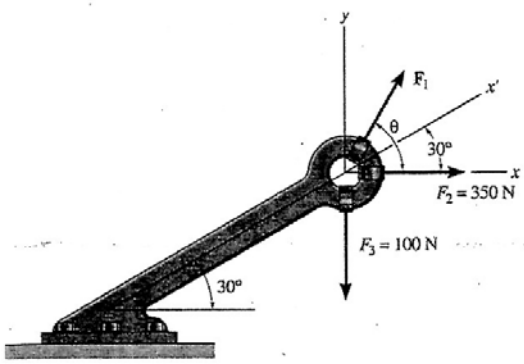
***2-56.** Tres fuerzas actúan en la ménsula. Determine la magnitud y dirección θ de $\mathbf{F}_1$ de tal forma que la fuerza resultante se dirija a lo largo del eje positivo de las x' y tenga una magnitud de 800 N.

2-57. Si $F_1 = 300$ N y $\theta = 10°$, determine la magnitud y dirección, medida ésta en sentido contrario al de las manecillas del reloj con respecto al eje positivo de las x', de la fuerza resultante que está actuando sobre la ménsula.



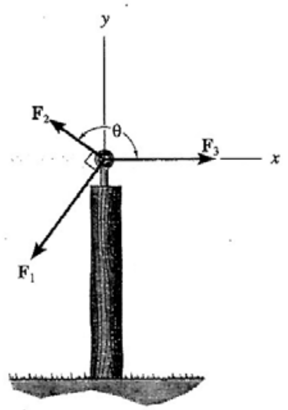
Probs. 2-56/2-57

2-58. Exprese cada una de las tres fuerzas que actúan en la ménsula en la forma vectorial cartesiana con respecto a los ejes x y y. Determine la magnitud y dirección θ de $\mathbf{F}_1$, de tal forma que la fuerza resultante esté dirigida a lo largo del eje positivo de las x' y tenga una magnitud de $F_R = 600$ N.



Prob. 2-58

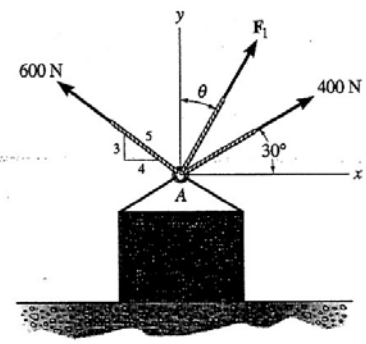
2-59. Las tres fuerzas concurrentes que actúan en el poste generan una fuerza resultante $\mathbf{F}_R = \mathbf{0}$. Si $F_2 = \frac{1}{2}F_1$, y $\mathbf{F}_1$ deberá tener un ángulo de 90° con respecto a $\mathbf{F}_2$, como se muestra en la figura, determine la magnitud de la fuerza F_3 requerida, expresada en términos de F_1 y el ángulo θ.



Prob. 2-59

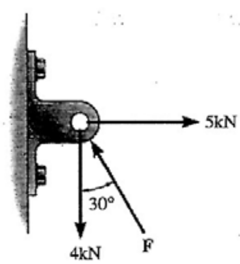
***2-60.** Determine la dirección θ del cable y la tensión que se requiere F_1, de tal forma que la fuerza resultante esté dirigida verticalmente hacia arriba y tenga una magnitud de 800 N.

2-61. Determine la magnitud y dirección de la fuerza resultante de la suma de tres fuerzas que actúan sobre el anillo A. Tomar los valores de $F_1 = 500$ N y $\theta = 20°$.



Probs. 2-60/2-61

2-62. Determine la magnitud de la fuerza $\mathbf{F}$ de tal forma que la magnitud de la resultante $\mathbf{F}_R$ de las tres fuerzas tenga un valor tan pequeño como sea posible. ¿Cuál será la magnitud mínima de $\mathbf{F}_R$?



Prob. 2-62