VECTORES: Descomposición de un vector en términos de sus componentes rectangulares. Producto escalar o punto y producto vectorial o cruz.

RAPIDEZ, DESPLAZAMIENTO Y VELOCIDAD: INTRODUCCIÓN A LOS VECTORES 1

UNA CANTIDAD ESCALAR, o un **escalar**, no tiene una dirección en el espacio. Son escalares muchos conceptos de la física, como longitud, tiempo, temperatura, masa, densidad, carga y volumen; cada uno tiene una escala o tamaño, pero no una dirección asociada. El número de estudiantes en una clase, la cantidad de azúcar en un frasco y el costo de una casa son cantidades escalares conocidas.

Los escalares se especifican mediante números comunes y se suman y restan igual que ellos. Dos dulces en una caja más siete en otra dan un total de nueve dulces.

DISTANCIA (l)**:** Subir a un vehículo y recorrer una distancia, cierta longitud en el espacio, la cual se simboliza mediante la letra l. Suponga que obtiene del odómetro una lectura de 100 millas (o 161 km); ésa es la distancia a la que llegó sin tomar en cuenta la ruta que siguió, las colinas o las vueltas. Asimismo, el insecto de la figura 1-1 caminó una distancia l medida a lo largo de una ruta sinuosa; l también se denomina la **longitud de la trayectoria** y es una cantidad escalar. (Por cierto, casi todas las personas evitan utilizar d para la distancia debido a que se utiliza mucho en la representación de derivadas.)

LA RAPIDEZ PROMEDIO (MAGNITUD PROMEDIO DE LA RAPIDEZ) (v_{prom}) es una medida de qué tan rápido viaja un objeto en el espacio y también es una cantidad escalar. Imagine un objeto que tarda un tiempo t para recorrer una distancia l. La ***rapidez promedio*** durante ese intervalo se define mediante

$$\textit{Rapidez promedio} = \frac{\text{distancia total recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

$$v_{prom} = \frac{l}{t}$$

Las unidades de rapidez cotidianas son las millas por hora, pero en el trabajo científico se usan kilómetros por hora (km/h) o, mejor aún, metros por segundo (m/s). Como se observa, la rapidez es parte del concepto más incluyente de velocidad, y por eso se usa la letra v. Puede surgir un problema con la rapidez promedio de un objeto, pero también puede tratar el caso especial de una ***rapidez constante*** v, dado que $v_{prom} = v = l/t$ (consulte el problema 1.3).

También puede ver esta definición escrita como $v_{prom} = \Delta l/\Delta t$, en donde el símbolo Δ significa "el cambio en". Esa notación simplemente subraya que se trata con intervalos de tiempo (Δt) y de espacio (Δl). Si se traza una curva de **distancia contra tiempo** y se observan dos puntos P_i y P_f en ella, su separación en el espacio (Δl) es el *aumento* y en el tiempo (Δt) es el *transcurso*. Por tanto, $\Delta l/\Delta t$ es la *pendiente* de la línea dibujada desde la ubicación inicial P_i a la ubicación final P_f. *La pendiente es la rapidez promedio durante ese intervalo específico* (consulte el problema 1.5). Recuerde que la distancia recorrida, por ejemplo, la que indica el odómetro de un vehículo, siempre es positiva y nunca disminuye; por tanto, la gráfica de l contra t siempre es positiva y nunca disminuye.

RAPIDEZ INSTANTÁNEA (v): Hasta aquí se ha definido la "rapidez promedio", pero también se suele necesitar la rapidez de un objeto en un momento específico, por ejemplo, 10 s después de 1:00. Asimismo, se puede pedir la velocidad de algo AHORA. Ése es un nuevo concepto llamado la ***rapidez instantánea***, pero se puede definir al desarrollar la idea de la rapidez promedio. Lo que se necesita es la rapidez promedio determinada en un intervalo de tiempo infinitamente pequeño centrado en el instante deseado. De manera formal, eso se plantea como

$$v = \lim_{\Delta t \leftarrow 0} \left[\frac{\Delta l}{\Delta t}\right]$$

SUMA DE VECTORES: El concepto de "vector" no queda definido por completo hasta que se establecen algunas reglas de comportamiento. Por ejemplo, ¿cómo se suman varios vectores (desplazamientos, fuerzas, lo que sea)? El insecto de la figura 1-2 camina de P_1 a P_2, se detiene y después continúa a P_3. Experimenta dos desplazamientos, $\vec{s}_1$ y $\vec{s}_2$, los cuales se combinan para producir un desplazamiento neto $\vec{s}$. Aquí, $\vec{s}$ se denomina la ***resultante*** o suma de los dos desplazamientos y es el equivalente físico de los dos tomados juntos $\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$.

MÉTODO DE PUNTA A COLA (O DEL POLÍGONO): Los dos vectores de la figura 1-2 muestran cómo se suman de manera gráfica dos (o más) vectores. Simplemente ponga la cola del segundo ($\vec{s}_2$) en la punta del primero ($\vec{s}_1$); en tal caso, la resultante va del punto inicial P_1 (la cola de $\vec{s}_1$) al punto final P_2

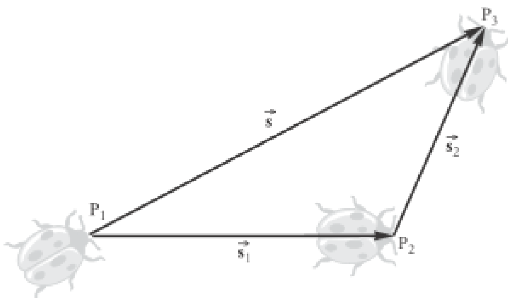


Figura 1-2

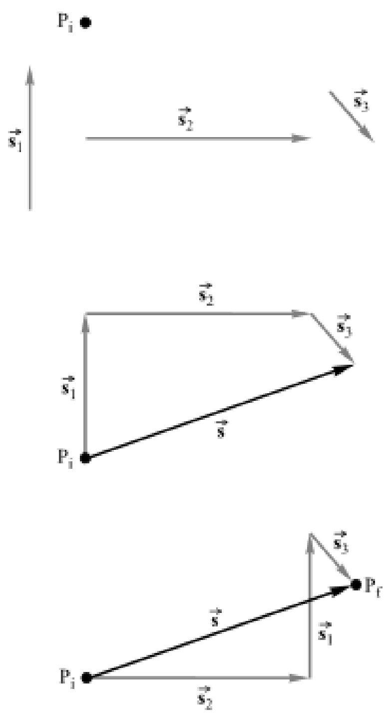


Figura 1-3

(la punta de $\vec{s}_2$). La figura 1-3*a* es más general; presenta un punto inicial P_i y tres vectores desplazamiento. Si se sigue de la cola a la punta estos tres desplazamientos *en cualquier orden* [figuras 1-3*b* y *c*] se llega al mismo punto final P_f, y la misma resultante $\vec{s}$. En otras palabras

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \vec{s}_3 = \vec{s}_2 + \vec{s}_1 + \vec{s}_3 \text{ etcétera.}$$

Siempre y cuando el insecto comience en P_i y efectúe los tres desplazamientos, en cualquier secuencia, terminará en P_f.

El mismo procedimiento de punta a cola se aplica a cualquier tipo de vector, ya sea de desplazamiento, velocidad, fuerza u otra cosa. En consecuencia, en la figura 1-4 se presenta la resultante ($\vec{R}$) **R**obtenida al sumar los vectores genéricos $\vec{A}$, $\vec{B}$ y $\vec{C}$. El tamaño o la **magnitud** de un vector, por ejemplo $\vec{R}$, es su *valor absoluto* y se indica simbólicamente como $|\vec{R}|$; en este momento se verá cómo calcularlo. Una práctica común, aunque no es siempre una buena idea, es representar la magnitud de un vector con una letra en cursivas, por ejemplo, $R = |\vec{R}|$.

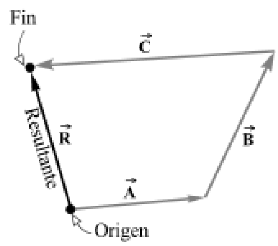


Figura 1-4

MÉTODO DEL PARALELOGRAMO para sumar dos vectores: la resultante de dos vectores unidos sus orígenes en un punto y que forman cualquier ángulo se puede representar mediante la diagonal de un paralelogramo. Se dibujan los dos vectores como los lados del paralelogramo y la resultante es su diagonal, como en la figura 1-5. La resultante tiene una dirección que se aleja del origen de los dos vectores.

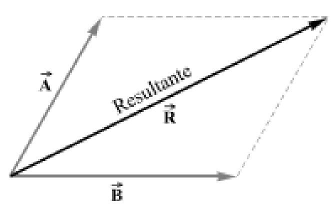


Figura 1-5

SUSTRACCIÓN O RESTA DE VECTORES: Para restar un vector $\vec{B}$ de un vector $\vec{A}$ se invierte la dirección de $\vec{B}$ y se suma individualmente al vector $\vec{A}$, es decir, $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$.

LAS FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS se definen en relación con un ángulo recto. Para el triángulo rectángulo de la figura 1-6, por definición

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{\text{opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{B}{C}, \qquad \cos\theta = \frac{\text{adyacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{A}{C}, \qquad \tan\theta = \frac{\text{opuesto}}{\text{adyacente}} = \frac{B}{A}$$

Se suelen utilizar en las formas

$$B = C \operatorname{sen}\theta \qquad A = C\cos\theta \qquad B = A\tan\theta$$

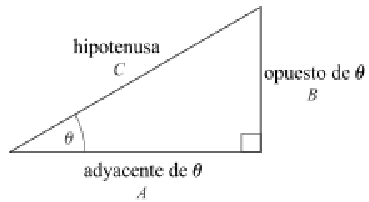


Figura 1-6

UNA COMPONENTE DE UN VECTOR es su valor real en una dirección determinada. Por ejemplo, la componente x de un desplazamiento es el desplazamiento paralelo al eje x causado por el desplazamiento determinado. Un vector en tres direcciones se puede considerar como la resultante de sus vectores componentes resueltas a lo largo de tres direcciones *mutuamente perpendiculares*. Asimismo, un vector en dos dimensiones se resuelve en dos vectores componentes que actúan a lo largo de dos direcciones mutuamente perpendiculares. La figura 1-7 muestra el vector $\vec{\mathbf{R}}$ y sus vectores componentes x y y, $\vec{\mathbf{R}}_x$ y $\vec{\mathbf{R}}_y$, los cuales tienen magnitudes

$$|\vec{\mathbf{R}}_x| = |\vec{\mathbf{R}}| \cos\theta \qquad \text{y} \qquad |\vec{\mathbf{R}}_y| = |\vec{\mathbf{R}}|_x \operatorname{sen}\theta$$

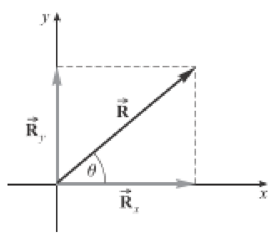


Figura 1-7

lo cual equivale a

$$R_x = R\cos\theta \qquad \text{y} \qquad R_y = R\operatorname{sen}\theta$$

MÉTODO DE COMPONENTES PARA SUMAR VECTORES: Cada vector se resuelve en sus componentes x, y y z, con las componentes que tienen direcciones negativas consideradas como negativas. La componente escalar x R_x de la resultante $\vec{\mathbf{R}}$ es la suma algebraica de todas las componentes escalares de x. Las componentes escalares de y y de z de la resultante se obtienen de manera similar. Con las componentes conocidas, la magnitud de la resultante se determina mediante

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

En dos dimensiones, el ángulo de la resultante con el eje x se encuentra a partir de la relación

$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x}$$

LOS VECTORES UNITARIOS tienen una magnitud de uno y se representan con un símbolo en negritas coronado con un acento circunflejo. Los vectores unitarios especiales $\hat{\mathbf{i}}$, $\hat{\mathbf{j}}$ y $\hat{\mathbf{k}}$ se asignan a los ejes x, y y z, respectivamente. Un vector $3\hat{\mathbf{i}}$ representa un vector de 3 unidades en la dirección $+x$, mientras que $-5\hat{\mathbf{k}}$ representa un vector de 5 unidades en la dirección $-z$. Un vector $\vec{\mathbf{R}}$ que tiene componentes x, y y z escalares R_x, R_y y R_z, respectivamente, se escribe como $\vec{\mathbf{R}} = R_x\hat{\mathbf{i}} + R_y\hat{\mathbf{j}} + R_z\hat{\mathbf{k}}$.

Introducción a los vectores

UNA MAGNITUD ESCALAR es aquella que solo tiene módulo, como por ejemplo, el tiempo, el volumen, la masa y la densidad de los cuerpos, el trabajo, la cantidad de dinero, etc.

Los escalares se suman por los métodos ordinarios del álgebra; por ejemplo: $2 \text{ s} + 5 \text{ s} = 7 \text{ s}$.

UNA MAGNITUD VECTORIAL es aquella que, además de módulo, posee dirección y sentido. Por ejemplo:

1) *El desplazamiento:* Un avión que vuela a una distancia de 160 km hacia el sur.
2) *La velocidad:* Un barco que navega a 20 nudos hacia el este.
3) *La fuerza:* Una fuerza de 10 kp aplicada a un cuerpo según la vertical y con sentido hacia arriba.

Una magnitud vectorial se representa por medio de una flecha a una cierta escala. La Longitud de la flecha representa el módulo del vector —desplazamiento, velocidad, fuerza, etc.—. La línea sobre la que se encuentra es la dirección del vector —desplazamiento, etc.—, y el sentido es el indicado por la flecha.

Los vectores se suman por métodos geométricos.

EL VECTOR RESULTANTE de un sistema es un vector único que produce los mismos efectos que todos los dados.

EL VECTOR EQUILIBRANTE de un sistema dado es un vector único capaz de compensar la acción de todos los vectores, actuando simultáneamente. Tiene el mismo módulo y dirección que el vector resultante, pero sentido contrario.

METODO DEL PARALELOGRAMO PARA LA SUMA VECTORIAL. La resultante de dos vectores cuyas direcciones forman un ángulo se representa por un vector cuya dirección es la diagonal del paralelogramo formado con los vectores dados y cuyo origen coincide con el común de ambos.

METODO DEL POLIGONO PARA LA SUMA VECTORIAL. Este método de hallar el vector resultante consiste en dibujar, a escala, y a partir de un punto cualquiera, cada uno de los vectores dados, de forma que el origen de uno de ellos coincida con el extremo del anterior. El orden en que se van tomando los vectores es arbitrario. La longitud del segmento que une el punto de partida con el extremo del último vector es el módulo, tanto del vector resultante como del equilibrante.

El vector resultante tiene por origen el punto de partida y por extremo el del último vector.

El vector equilibrante tiene por origen el extremo del último vector y por extremo, el punto de partida.

SUSTRACCION DE VECTORES. Para restar el vector B del vector A basta con sumar, geométricamente, el vector A con el opuesto al B; es decir, $A - B = A + (-B)$.

COMPONENTE DE UN VECTOR según una dirección es la proyección del vector sobre dicha dirección. Por ejemplo, la componente horizontal de un vector es su proyección sobre la dirección horizontal. Todo vector se puede considerar como el resultante de dos o más componentes del mismo el vector suma de las componentes es igual al vector original. En general, lo más cómodo es descomponer un vector en sus proyecciones o componentes según dos direcciones perpendiculares entre sí, cuando se trate de problemas en el plano, y en tres, si es en el espacio.

PROBLEMAS RESUELTOS

3.1 [I] Cuatro fuerzas coplanares actúan sobre un cuerpo en el punto O presentado en la figura 3-1a. Determine su resultante de manera gráfica.

A partir de O se grafican uno tras otro los cuatro vectores, como en la figura 3-1b. Se ubica el extremo de la cola de cada vector en la punta del anterior. La flecha de O a la punta del último vector representa la resultante de los vectores.

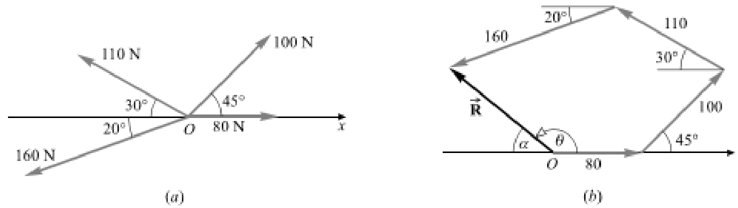


Figura 3-1

Se mide R del dibujo a escala en la figura 3-1b y se observa que es 119 N. El ángulo α se mide con un transportador y es de 37°. Por tanto, la resultante hace un ángulo $\theta = 180° - 37° = 143°$ con el eje x positivo. La resultante es 119 N en 143°.

3.2 [II] Las cinco fuerzas coplanares presentadas en la figura 3-2a actúan sobre un objeto. Encuentre su resultante.

1) Primero se determinan las componentes x y y de cada fuerza. Éstas son las siguientes:

Fuerza	Componente x	Componente y
19.0 N	19.0 N	0 N
15.0 N	(15.0 N) cos 60.0° = 7.50 N	(15.0 N) sen 60.0° = 13.0 N
16.0 N	−(16.0 N) cos 45.0° = −11.3 N	(16.0 N) sen 45.0° = 11.3 N
11.0 N	−(11.0 N) cos 30.0° = −9.53 N	−(11.0 N) sen 30.0° = −5.50 N
22.0 N	0 N	−22.0 N

Observe los signos + y − para indicar una dirección.

EJEMPLO 8. Encuentra la resultante al sumar 3 vectores cuyos datos son:

$\vec{A}$ = 300 m, 60º ; $\vec{B}$ = 400 m, 140º ; $\vec{C}$ = 540 m, 290º

Datos del vector: Magnitud, dirección r , θ	Componentes horizontales $x = r \cos\theta$	Componentes verticales $y = r \operatorname{sen}\theta$
A = 300 m, 60º	Ax = (300 m)(cos 60°) = (300 m) (0.500) = 150 m	Ay = (300 m)(sen 60°) = (300 m) (0.866) = 259.8 m
B = 400 m, 140º	Bx = (400 m) (cos 140º) = (400 m) (-0.766) = - 306.4 m	By = (400 m) (sen 140º) = (400 m) (0.643) = 257.2 m
C = 540 m, 290º	Cx = (540 m) (cos 290º) = (540 m) (0.342) = 184.7 m	Cy = (540 m) (sen 290º) = (540 m) (-0.940) = - 507.6 m
Suma de componentes:	Rx = 150m – 306.4m + 184.7m R x = 28.3 m	Ry = 259.8m + 257.2m – 507.6m Ry = 9.4 m

Obteniendo el vector resultante:

$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2} = \sqrt{(28.3\text{ m})^2 + (9.4\text{ m})^2} = \sqrt{800.9\text{ m}^2 + 88.4\text{ m}^2} = \sqrt{889.3\text{ m}^2}$$

$|R| = 29.8$ m

$\theta = \tan^{-1}$ (Ry/Rx) = $\tan^{-1}$ (9.4 m / 28.3 m) = $\tan^{-1}$ (0.332) = 18.4º

el signo (+) nos indica que el ángulo del vector resultante, se mide en el sentido contrario al descrito por las manecillas de un reloj, a partir del eje "x" positivo.

EJEMPLO 9. Encuentra la resultante al sumar 3 vectores fuerza, cuyos datos son:

$\vec{F_1}$ = 500 N, 160º ; $\vec{F_2}$ = 800 N, 240º ; $\vec{F_3}$ = 600 N, 320º

Datos del vector: Magnitud, dirección	Componentes horizontales Fx = F cos θ	Componentes verticales Fy = F sen θ
$\mathbf{F_1}$ = 500 N, 160º	F_{1X} = (500 N) (cos 160º) = (500 N) (-0.940) = 470 N	F_{1Y} = (500 N) (sen 160º) = (500 N) (0.342) = 171 N

2) La resultante $\vec{\mathbf{R}}$ tiene componentes $R_x = \Sigma F_x$ y $R_y = \Sigma F_y$, en donde se lee ΣF_x como "la suma de todas las componentes de la fuerza x". En tal caso, se tiene

$$R_x = 19.0\ \text{N} + 7.50\ \text{N} - 11.3\ \text{N} - 9.53\ \text{N} + 0\ \text{N} = +5.7\ \text{N}$$
$$R_y = 0\ \text{N} + 13.0\ \text{N} + 11.3\ \text{N} - 5.50\ \text{N} - 22.0\ \text{N} = -3.2\ \text{N}$$

3) La magnitud de la resultante es

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 6.5\ \text{N}$$

4) Por último, se traza la resultante igual que en la figura 3-2b y se halla su ángulo. Se observa que

$$\tan\phi = \frac{3.2\ \text{N}}{5.7\ \text{N}} = 0.56$$

a partir de la cual $\phi = 29°$. Entonces, $\theta = 360° - 29° = 331°$. La resultante es 6.5 N en 331° (o $-29°$) o $\vec{\mathbf{R}} = 6.5$ N — 331° DESDE EL EJE $+x$.

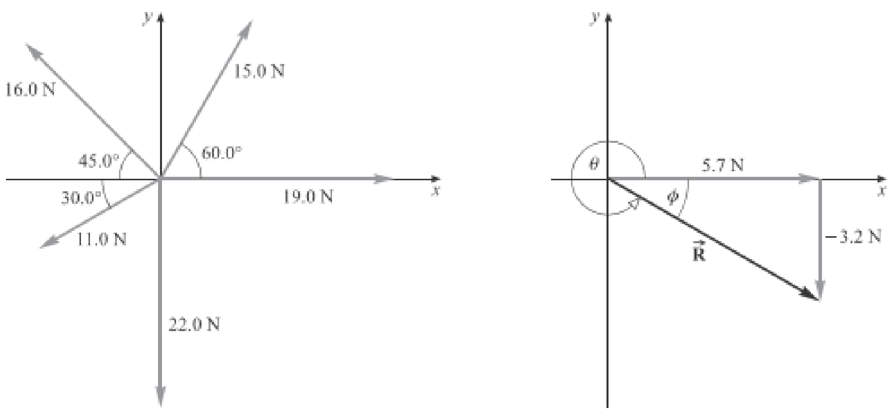


Figura 3-2

3.3 [II] Resuelva el problema 3.1 mediante el método de componentes. Obtenga una respuesta con una magnitud de dos cifras significativas.

Las fuerzas y sus componentes son:

Fuerza	Componente x	Componente y
80 N	80 N	0
100 N	(100 N) cos 45° = 71 N	(100 N) sen 45° = 71 N
110 N	−(110 N) cos 30° = −95 N	(110 N) sen 30° = 55 N
160 N	−(160 N) cos 20° = −150 N	−(160 N) sen 20° = −55 N

Observe el signo de cada componente. Para determinar la resultante, se tiene

$$R_x = \Sigma F_x = 80\ \text{N} + 71\ \text{N} - 95\ \text{N} - 150\ \text{N} = -94\ \text{N}$$
$$R_y = \Sigma F_y = 0 + 71\ \text{N} + 55\ \text{N} - 55\ \text{N} = 71\ \text{N}$$

La resultante se presenta en la figura 3-3; ahí, se ve que

$$R = \sqrt{(94\ \text{N})^2 + (71\ \text{N})^2} = 1.2 \times 10^2\ \text{N}$$

Además, $\tan\alpha = (71\ \text{N})/(94\ \text{N})$, a partir de lo cual $\alpha = 37°$. Por tanto, la resultante es 118 N en $180° - 37° = 143°$ o $\vec{\mathbf{R}} = 118$ N — 143° DESDE EL EJE $+x$.

3.4 [II] Una fuerza de 100 N hace un ángulo de θ con el eje x y tiene una componente y escalar de 30 N. Encuentre la componente x escalar de la fuerza y el ángulo θ. (Recuerde que el número 100 N tiene tres cifras significativas, mientras que 30 N sólo tiene dos.)

Los datos se trazan aproximadamente en la figura 3-4. Se pretende encontrar F_x y θ. Se sabe que

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{30\ \text{N}}{100\ \text{N}} = 0.30$$

$\theta = 17.46°$, y por tanto, con dos cifras significativas, $\theta = 17°$. En tal caso, mediante cos θ, se tiene

$$F_x = (100\ \text{N})\cos 17.46° = 95\ \text{N}$$

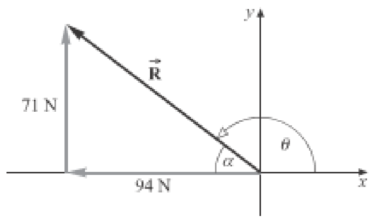


Figura 3-3

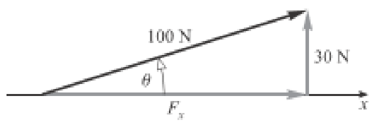


Figura 3-4

3.5 [I] Un niño jala una cuerda atada a un trineo con una fuerza de 60 N. La cuerda hace un ángulo de 40° con el suelo. *a*) Calcule el valor real del tirón que tiende a mover el trineo por el suelo. *b*) Calcule la fuerza que tiende a elevar el trineo verticalmente.

Como se aprecia en la figura 3-5, las componentes de la fuerza de 60 N son 39 N y 46 N. *a*) El tirón sobre el suelo es la componente horizontal, 46 N. *b*) La fuerza elevadora es la componente vertical, 39 N.

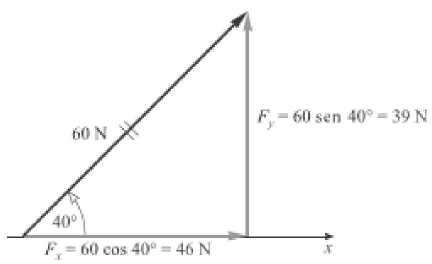


Figura 3-5

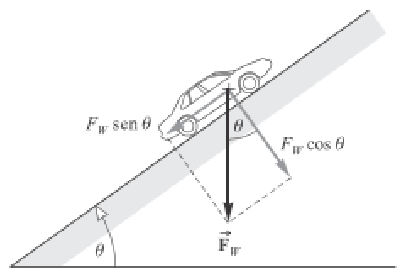


Figura 3-6

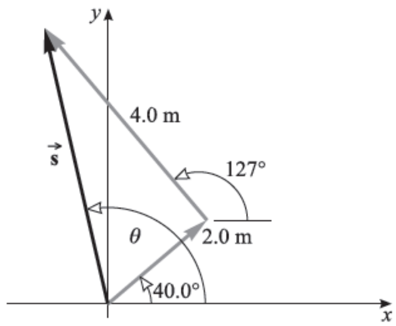
3.7 [II] Tres fuerzas que actúan sobre una partícula están dadas mediante $\vec{F}_1 = (20\hat{i} - 36\hat{j} + 73\hat{k})$ N, $\vec{F}_2 = (-17\hat{i} + 21\hat{j} - 46\hat{k})$ N y $\vec{F}_3 = (-12\hat{k})$ N. Encuentre su vector resultante. Determine también la magnitud de la resultante con dos cifras significativas.

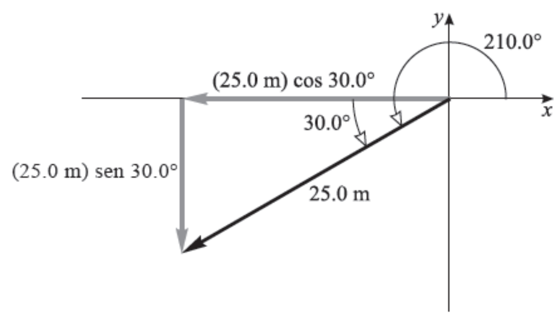
Se sabe que

$$R_x = \Sigma F_x = 20\ \text{N} - 17\ \text{N} + 0\ \text{N} = 3\ \text{N}$$
$$R_y = \Sigma F_y = -36\ \text{N} + 21\ \text{N} + 0\ \text{N} = -15\ \text{N}$$
$$R_z = \Sigma F_z = 73\ \text{N} - 46\ \text{N} - 12\ \text{N} = 15\ \text{N}$$

1.8 [I] Mediante el método gráfico, encuentre la resultante de los dos desplazamientos siguientes: 2.0 m en 40° y 4.0 m en 127°, y los ángulos considerados en relación con el eje $+x$, como es costumbre. Proporcione la respuesta con dos cifras significativas. (Consulte en el apéndice A lo relacionado con las cifras significativas.)

Seleccione los ejes x y y presentados en la figura 1-9 y coloque los desplazamientos a escala, de punta a cola desde el origen. Observe que todos los ángulos se miden desde el eje $+x$. El vector resultante $\vec{s}$ apunta del punto inicial al punto final, como se observa. Se mide su longitud en el diagrama a escala para encontrar su magnitud, 4.6 m. Con un transportador, se mide que su ángulo θ es 101°. Por tanto, el desplazamiento resultante es 4.6 m en 101°.





1.9 [I] Encuentre las componentes x y y de un desplazamiento de 25.0 m con un ángulo de 210.0°.

El vector desplazamiento y sus componentes se presentan en la figura 1-10. Las componentes escalares son

$$\text{componente } x = -(25.0 \text{ m}) \cos 30.0° = -21.7 \text{ m}$$
$$\text{componente } y = -(25.0 \text{ m}) \operatorname{sen} 30.0° = -12.5 \text{ m}$$

Observe en particular que cada componente apunta en la dirección de la coordenada negativa y, por tanto, debe considerarse como negativa.

1.10 [II] Despeje el problema 1.8 mediante componentes rectangulares.

Se resuelve cada vector en componentes rectangulares, igual que en las figuras 1-11a y b. (Se pone un símbolo de cruz en el vector original para mostrar que es reemplazado por sus componentes.) La resultante tiene componentes escalares de

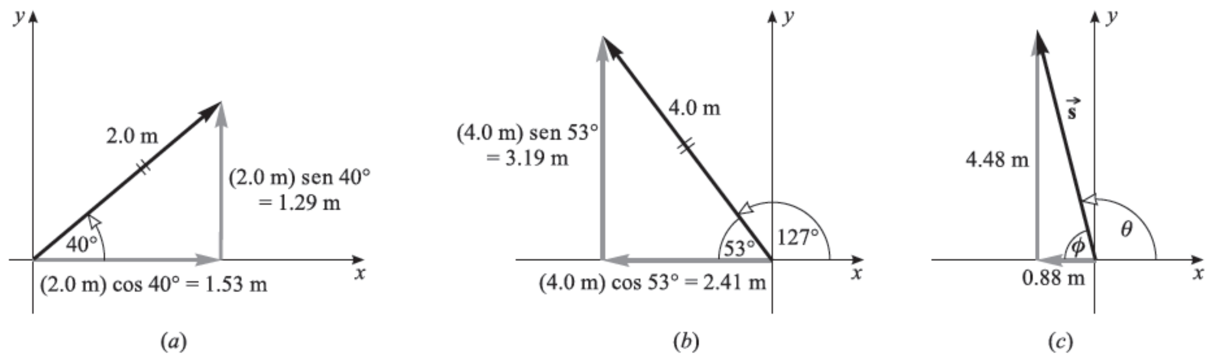
$$s_x = 1.53 \text{ m} - 2.41 \text{ m} = -0.88 \text{ m} \qquad s_y = 1.29 \text{ m} + 3.19 \text{ m} = -4.48 \text{ m}$$

Observe que debe asignar un valor negativo a las componentes que apuntan en la dirección negativa.

La resultante se presenta en la figura 1.11c; ahí se ve que

$$s = \sqrt{(0.88 \text{ m})^2 + (4.48 \text{ m})^2} = 4.6 \text{ m} \qquad \tan \phi = \frac{4.48 \text{ m}}{0.88 \text{ m}}$$

y $\phi = 79°$, a partir de lo cual $\theta = 180° - \phi = 101°$. Por tanto, $\vec{s} = 4.6 \text{ m} - 101°$ DESDE EL EJE $+x$; recuerde que las direcciones de los vectores deben expresarse de manera explícita.



1.11 [II] Sume los dos vectores desplazamiento siguientes mediante el método del paralelogramo: 30 m a 30° y 20 m a 140°. Recuerde que los números como 30 m y 20 m tienen dos cifras significativas.

Los vectores se dibujan con un origen común en la figura 1-12*a*. Se construye un paralelogramo al utilizarlos como lados, como en la figura 1-12*b*. Entonces la resultante $\vec{S}$ se representa con la diagonal. Al medir, se encuentra que $\vec{s}$ es 30 m en 72°.