

1.4 La primera ley de Newton

1.4.1 El principio de inercia

Todos los cuerpos que nos rodean están sometidos a la acción de una o varias fuerzas, algunas de ellas a distancia y otras de contacto. Sin embargo, existen situaciones en las cuales un cuerpo se encuentra aislado del efecto de otros cuerpos o fuerzas. Por ejemplo, las naves Voyager, enviadas al espacio para explorar otros planetas, en determinados tramos de su trayectoria se encuentran fuera de la influencia de cualquier otro cuerpo y, por tanto, se mueven con velocidad constante. También, si en algún momento un cuerpo se encuentra en reposo, fuera de la influencia de cualquier otro cuerpo, debe permanecer en reposo. El movimiento con velocidad constante y el reposo se consideran estados equivalentes.

En la primera ley, denominada el principio de inercia, Newton establece la relación entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y el tipo de movimiento que dicho cuerpo describe. El principio de inercia establece que:

Todo cuerpo permanece en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme si no actúa ninguna fuerza sobre él o si la fuerza neta que actúa sobre él es nula.

Observemos que la primera parte del principio de inercia se refiere a los cuerpos que se encuentran en reposo, y establece que sobre ellos no actúa fuerza alguna o que la suma de las fuerzas que actúan sobre ellos es nula. La segunda parte del principio de inercia establece que, si un cuerpo se mueve con velocidad constante en línea recta, entonces no actúan fuerzas sobre él o la fuerza neta es igual a cero.

La experiencia cotidiana muestra que un cuerpo que describe un movimiento rectilíneo se detiene luego de recorrer cierta distancia. Este hecho se debe a la interacción con el medio material sobre el cual se mueve, el cual se opone al deslizamiento del objeto. Si esto no existiera, un objeto que describe un movimiento rectilíneo continuaría moviéndose indefinidamente con velocidad constante. Por ejemplo, en las mesas de aire, se pone un disco sobre una superficie con agujeros por los que se expulsa aire, con lo cual se disminuye la fuerza de contacto y se permite un libre desplazamiento del disco sobre la mesa.

Los ejemplos, que hemos considerado, ilustran cómo los cuerpos tienen la tendencia a conservar su estado de movimiento o de reposo: un cuerpo en reposo parece oponer resistencia a ponerse en movimiento y un cuerpo en movimiento opone resistencia a detenerse. Esta tendencia a no cambiar su estado de movimiento se conoce con el nombre de **inercia**.



Figura 3. La primera ley de Newton es una síntesis de las ideas de Galileo acerca de la inercia.



Figura 4. El piloto de un avión experimenta fuerzas ficticias.

1.4.2 Sistemas de referencia inerciales

Consideremos un piloto de avión de acrobacias que se desplaza con velocidad constante describiendo una trayectoria rectilínea. Si no hay turbulencia, el piloto tiene la impresión de estar en reposo, y de hecho lo está con respecto a los asientos o las paredes del avión.

Ahora bien, si el avión disminuye su velocidad o toma una curva, el piloto siente la tendencia a moverse hacia delante o hacia un lado, respectivamente. En ambos casos el piloto ve modificado su estado de reposo sin que aparentemente se haya ejercido sobre él una fuerza externa que explique el fenómeno. Desde la interpretación del piloto, debe actuar una fuerza y de hecho parece experimentarla.

La fuerza extraña, que experimenta el piloto cuando el avión disminuye su velocidad o toma una curva es consecuencia del cambio en la velocidad del avión. Estas fuerzas, denominadas **fuerzas ficticias**, aparecen en sistemas de referencia que no mantienen la velocidad constante y suelen manifestarse con sensaciones estomacales como las que tenemos en un ascensor cuando arranca o se detiene.

Mientras el piloto del avión tiene la impresión de haber sido empujado, hacia delante o hacia un lado, respectivamente sin que pueda identificar el agente que le ejerce la fuerza externa, un observador externo al avión, situado en Tierra realiza una descripción diferente. Para dicho observador, el piloto describe un movimiento rectilíneo uniforme mientras no actúan fuerzas externas sobre él.

Para el observador externo, cuando el avión disminuye la rapidez o gira, el piloto tiende a continuar en línea recta con la velocidad con la cual se movía inicialmente, es decir, que tiende a mantenerse con movimiento rectilíneo uniforme.

El observador externo se encuentra en un sistema de referencia diferente al sistema de referencia del avión, el sistema de referencia del observador externo es un sistema de referencia inercial.

Un sistema de referencia inercial es aquel en el que es válido el principio de inercia.

Así mismo, cualquier sistema que se mueva con velocidad constante con respecto a un sistema de referencia inercial, es considerado también como un sistema inercial.

Los sistemas de referencia inerciales son abstracciones cuyo propósito es facilitar la interpretación y explicación de fenómenos. Por ejemplo, nuestro sistema de referencia habitual es la superficie de la Tierra, la cual gira alrededor del Sol y también en torno a su eje, por ende, no mantiene su velocidad constante con respecto al Sol.

Así mismo, el Sol gira en torno a su eje y alrededor de nuestra galaxia, lo que genera una variación en la velocidad y así sucesivamente.

En la práctica, un sistema de referencia determinado se podrá considerar como inercial si los efectos de la variación de su velocidad no son detectables, podemos considerar la superficie terrestre como sistema de referencia inercial, ya que los efectos de la rotación no generan cambios en los movimientos.

Algunos ejemplos de sistemas de referencia no inerciales son los que se encuentran en rotación como un carrusel o los que describen un movimiento acelerado como un ascensor en caída libre. En estos sistemas de referencia la primera ley de Newton no tiene validez y por esta razón se experimentan fuerzas para las cuales no podemos identificar el agente que las ejerce.

1.4.3 Masa inercial

Considera tres esferas de igual radio, pero de diferente material (de hierro, de madera y de icopor) que se encuentran inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal. Si a cada una de ellas le damos un ligero empujón, por medio de un sistema de resorte que a las tres les ejerce la misma fuerza durante el mismo tiempo, la esfera más difícil de mover es la que opone mayor resistencia al cambio de su estado de movimiento (mayor inercia), lo cual detectamos porque es la esfera que menor cambio en la rapidez experimenta a partir del empujón.

La **masa inercial** es una medida de la resistencia de una masa al cambio de su velocidad con relación a un sistema de referencia inercial.

Para el caso de las esferas de igual radio y diferente material, encontramos que la esfera de hierro experimenta menor cambio en la rapidez por efecto del empujón, razón por la cual le asignamos mayor masa inercial.

Físicamente

Sobre dos objetos que se encuentran inicialmente en reposo se aplican fuerzas iguales y ambos alcanzan la misma rapidez en el mismo tiempo. ¿Cómo son sus masas?

1.5 Algunas fuerzas comunes

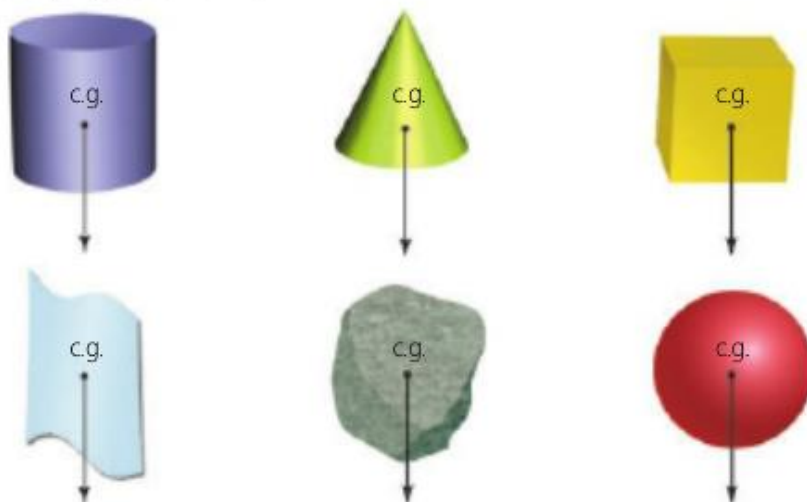


1.5.1 El peso de los cuerpos

Una de las fuerzas básicas de la naturaleza es la interacción gravitacional. Todo cuerpo que se encuentre en la proximidad de la Tierra experimenta una fuerza de atracción gravitacional. Esta fuerza ejercida por la Tierra sobre los objetos se denomina **peso** y el vector que la representa se considera dirigido hacia el centro de la Tierra. Para los objetos que se encuentran cerca de la superficie de la Tierra representamos el vector peso hacia abajo.

Puesto que los cuerpos están formados por una gran cantidad de pequeñas partículas, donde cada una de ellas tiene un peso determinado, el peso total del cuerpo corresponde a la suma de los pesos de dichas partículas. El punto de aplicación del vector peso es el **centro de gravedad** del cuerpo. Dependiendo de la forma del cuerpo y de cómo estén distribuidas las partículas que lo conforman, el centro de gravedad se ubica a mayor o menor distancia con respecto al centro geométrico de dicho cuerpo. Por ejemplo, el centro geométrico de un recipiente cilíndrico de aluminio completamente lleno con agua coincide con su centro geométrico, mientras que el centro de gravedad del recipiente parcialmente lleno de agua se ubica por debajo del centro geométrico del recipiente.

En la siguiente figura se representan el centro de gravedad (c.g.) de algunos cuerpos macizos, por ejemplo, de hierro.



Recuerda que...

La fuerza de la gravedad tiene las siguientes características:

- Es una fuerza universal.
- Es una fuerza de atracción.
- Es una fuerza cuya intensidad depende de la masa de los cuerpos y de la distancia existente entre ellos.

EJEMPLO

Una lancha se mueve en línea recta, en un lago, con rapidez constante. Determinar:

- Un diagrama en el que se representen las fuerzas que actúan sobre la lancha.
- Las relaciones que existen entre las fuerzas que actúan sobre la lancha.

Solución:

- Como la trayectoria de la lancha es rectilínea, sobre ella actúan las cuatro fuerzas que se muestran en la figura.



- La fuerza ejercida por el motor, \vec{F}_{mot} .
- La fuerza ascensional, \vec{F}_{as} , debida a la acción que el agua ejerce hacia arriba sobre la lancha.
- El peso, \vec{w} , de la lancha.
- La fuerza de resistencia, \vec{F}_{res} , que el agua ofrece y es opuesta al movimiento de la lancha.

- Puesto que la lancha se desplaza con velocidad constante, de acuerdo con el principio de inercia, la fuerza neta debe ser igual a cero.

$$\vec{F}_{neta} = \vec{F}_{mot} + \vec{F}_{as} + \vec{w} + \vec{F}_{res} = \vec{0}$$

Como la fuerza neta es cero, sus componentes deben ser iguales a cero, por tanto:

En dirección horizontal

$$\vec{F}_{mot} + \vec{F}_{res} = \vec{0}$$

Lo cual significa que:

$$\vec{F}_{mot} = -\vec{F}_{res}$$

En dirección vertical

$$\vec{F}_{as} + \vec{w} = \vec{0}$$

$$\vec{F}_{as} = -\vec{w}$$

De donde, en este caso, la norma de la fuerza que ejerce el motor es igual a la norma de la fuerza de resistencia y la norma del peso es igual a la norma de la fuerza ascensional.

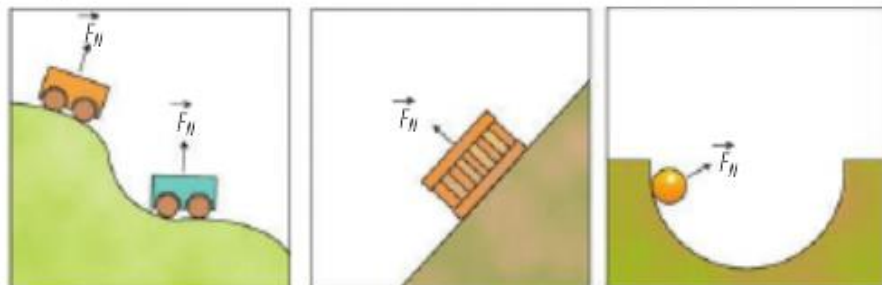
Físicamente

¿Cómo sería la situación planteada en el ejemplo, si la lancha se mantiene en reposo?

1.5.2 La fuerza normal

Todo cuerpo situado sobre una superficie experimenta una fuerza que esta le ejerce. Esta fuerza se denomina **fuerza normal** o simplemente **normal**. La fuerza normal (\vec{F}_N) es perpendicular a la superficie que la ejerce.

Cuando el plano sobre el cual está situado el cuerpo es horizontal, la normal es opuesta al peso, pero no ocurre así cuando el plano es inclinado. En la siguiente figura se observan algunas representaciones de la fuerza normal.



1.5.3 La fuerza de rozamiento



Ampliación multimedia

Un cuerpo que se desplaza sobre una superficie o sobre otro cuerpo, experimenta una fuerza opuesta al sentido de su movimiento, dicha fuerza es ejercida por la superficie de contacto y se denomina fuerza de rozamiento o fuerza de fricción (F_r), la cual se representa opuesta a la velocidad.

Este fenómeno se debe a que las superficies de contacto no son perfectamente lisas, sino que presentan rugosidades que encajan aleatoriamente entre sí, produciendo esta fuerza que se opone al movimiento (figura 5).

Aunque el rozamiento disminuye notablemente el rendimiento de ciertos mecanismos como el de los pistones de un motor, en algunas ocasiones es útil pues si no existiera la fricción varios sistemas no funcionarían, como, por ejemplo, los frenos de los automóviles.

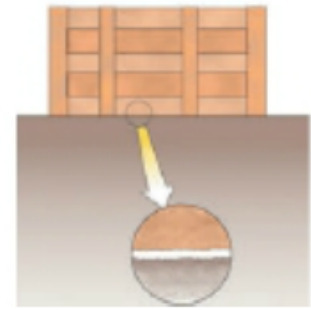
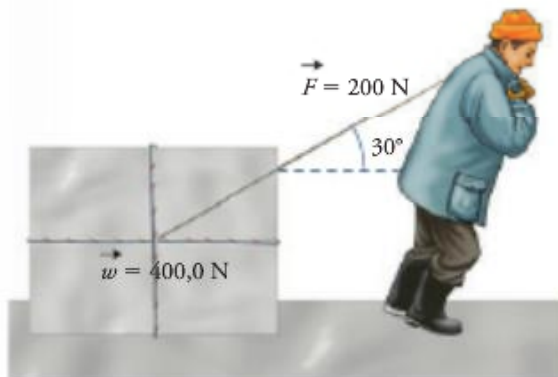


Figura 5. Rugosidades en las superficies producen fuerza de rozamiento.

EJEMPLO

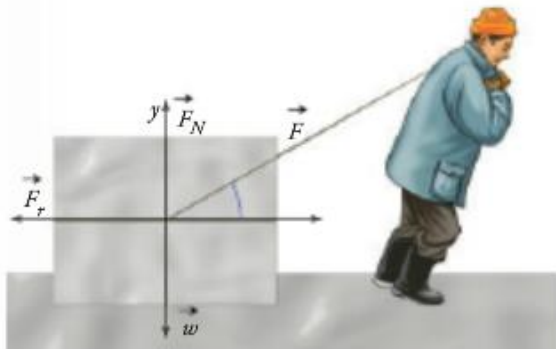
El peso de una caja es 400,0 N. Si un hombre le ejerce una fuerza de 200,0 N con una cuerda que forma con la horizontal un ángulo de 30°, determinar:

- Las fuerzas que actúan sobre la caja.
- La fuerza normal y la fuerza de rozamiento, si la caja se mueve con velocidad constante.



Solución:

- En la figura se muestran las fuerzas que actúan sobre la caja: El peso w , la fuerza de rozamiento F_r , la fuerza normal F_N y la fuerza F que ejerce el hombre.



- Las componentes de la fuerza F son:

$$F_x = F \cdot \cos \theta$$

$$F_y = F \cdot \sin \theta$$

Al reemplazar y calcular tenemos que:

$$F_x = 200,0 \text{ N} \cos 30^\circ = 173,2 \text{ N}$$

$$F_y = 200,0 \text{ N} \sin 30^\circ = 100,0 \text{ N}$$

Puesto que la caja se mueve con velocidad constante, la fuerza neta es igual a cero. Por tanto,

$$\vec{F} = (173,2; 100,0)$$

$$\vec{w} = (0; -400,0)$$

$$\vec{F}_N = (0; F_N)$$

$$\vec{F}_r = (-F_r; 0)$$

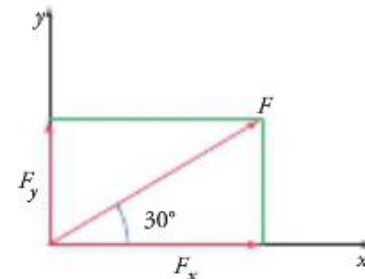
$$\vec{F}_{\text{neto}} = (0; 0)$$

Como la suma de las fuerzas verticales y horizontales es cero, entonces:

$$173,2 \text{ N} - F_r = 0, \text{ luego, } F_r = 173,2 \text{ N}$$

$$100,0 - 400 \text{ N} + F_N = 0, \text{ luego, } F_N = 300 \text{ N}$$

La fuerza normal mide 300 N y la fuerza de rozamiento mide 173,2 N.

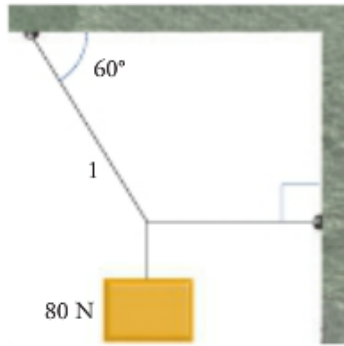




Con frecuencia, se ejercen fuerzas por medio de cuerdas o hilos. Si consideramos que estos son inextensibles, las fuerzas aplicadas sobre ellos se transmiten a los cuerpos a los cuales están unidos. La fuerza que se transmite por medio de un hilo recibe el nombre de tensión y la dirección del hilo determina la dirección de la tensión, \vec{T} .

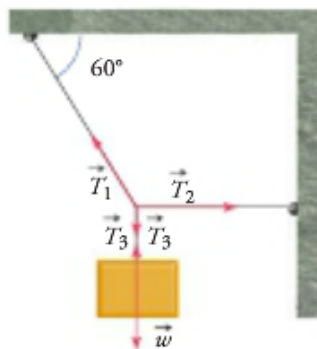
EJEMPLO

Para la situación de la figura, determinar la tensión de las cuerdas si la cuerda 1 se tensiona 80,0 N.



Solución:

Dibujemos las fuerzas que actúan sobre el punto de unión de las tres cuerdas: \vec{T}_1 , \vec{T}_2 y \vec{T}_3 . Además dibujemos las fuerzas que actúan sobre el objeto que cuelga, es decir, el peso \vec{w} dirigido hacia abajo y la tensión \vec{T}_3 . La tensión \vec{T}_3 actúa sobre el objeto hacia arriba y sobre el punto de unión de las tres cuerdas hacia abajo.



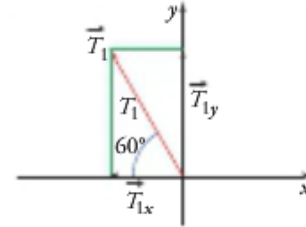
Puesto que el objeto se encuentra en reposo, la suma de las fuerzas es cero, por tanto, el peso \vec{w} y la tensión \vec{T}_3 tienen la misma norma.

Primer método de solución

Consideremos el punto de unión de las tres cuerdas y escribamos sus componentes. Las componentes de la tensión T_1 son:

$$\vec{T}_{1x} = -T_1 \cdot \cos 60^\circ = -80,0 \cdot \cos 60^\circ = -40,0 \text{ N}$$

$$\vec{T}_{1y} = T_1 \cdot \sin 60^\circ = 80,0 \cdot \sin 60^\circ = 69,3 \text{ N}$$



La componente en x de \vec{T}_2 llamada \vec{T}_{2x} mide igual a la norma de \vec{T}_2 que denominamos T_2 , pues la tensión \vec{T}_2 no tiene componente en y , es decir, que $T_{2y} = 0$.

A la componente en y de la tensión \vec{T}_3 , le anteponeamos un signo menos pues está dirigida hacia abajo y mide igual que la norma de T_3 . La componente en x de la tensión \vec{T}_3 es igual a cero. Como el sistema está en reposo, la fuerza neta debe ser cero, es decir, $\vec{F}_{neta} = (0, 0)$, así tenemos:

$$\vec{T}_1 = (-40,0, 69,3)$$

$$\vec{T}_2 = (T_2, 0)$$

$$\vec{T}_3 = (0, -T_3)$$

$$\vec{F}_{neta} = (0, 0)$$

A partir de las componentes en el eje x se tiene que: $-40 \text{ N} + T_2 = 0$, luego $T_2 = 40 \text{ N}$.

A partir de las componentes en el eje y se tiene que: $69,3 \text{ N} - T_3 = 0$, luego $T_3 = 69,3 \text{ N}$.

Por ende, las tensiones miden:

$$T_1 = 80,0 \text{ N}, T_2 = 40,0 \text{ N} \text{ y } T_3 = 69,3 \text{ N}.$$

Segundo método de solución

Se puede resolver la misma situación por medio de ecuaciones. Para ello, planteamos ecuaciones para las componentes en el eje x y en el eje y .

$$\text{En el eje } x: \quad -80,0 \cdot \cos 60^\circ + T_2 = 0$$

$$\text{De donde,} \quad -40 \text{ N} + T_2 = 0, \text{ luego } T_2 = 40 \text{ N}.$$

$$\text{En el eje } y: \quad 80,0 \cdot \sin 60^\circ - T_3 = 0$$

$$\text{De donde,} \quad 69,3 \text{ N} - T_3 = 0, \text{ luego } T_3 = 69,3 \text{ N}.$$

Obtenemos los mismos resultados, es decir,

$$T_1 = 80,0 \text{ N}, T_2 = 40,0 \text{ N} \text{ y } T_3 = 69,3 \text{ N}.$$



VERIFICO CONCEPTOS

- 1 Escribe V, si el enunciado es verdadero o F, si es falso.
 - Para que un cuerpo se mueva con velocidad constante, es necesario que los efectos de las fuerzas que actúan sobre él, se anulen entre sí.
 - La suma de todas las fuerzas que actúan simultáneamente sobre un cuerpo recibe el nombre de fuerza neta.
 - La fuerza que ejerce el Sol sobre los planetas es una fuerza de contacto.
 - Si la suma de las fuerzas que actúan sobre un objeto es igual a cero, el cuerpo se encuentra en reposo.
- 2 La fuerza que actúa entre los protones y los neutrones para formar los núcleos atómicos, recibe el nombre de:
 - a. nuclear fuerte
 - b. electromagnética
 - c. gravitacional
 - d. nuclear débil
- 3 Determina cuál de las siguientes fuerzas experimenta un cuerpo que descansa sobre una superficie:
 - a. Peso
 - b. Normal
 - c. Fricción
 - d. Tensión



ANALIZO Y RESUELVO

- 4 Responde. ¿Qué fuerza ocasiona que un jugador de hockey pueda detenerse sobre la pista cuando se desliza?
- 5 Un automóvil a gran velocidad llega a una esquina y al intentar dar el giro el conductor pierde el control. Describe cómo puede ser el movimiento del carro. Justifica tu respuesta.
- 6 Responde. ¿Por qué hay que aplicar más fuerza para empujar un carro cuando está quieto que cuando se mueve con velocidad constante?

- 7 Dibuja la fuerza normal que experimenta el cuerpo en cada una de las siguientes posiciones mostradas.



SOLUCIONO PROBLEMAS

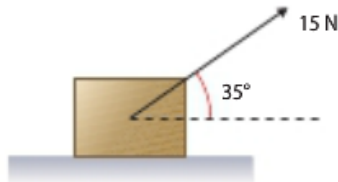
- 8 Se tienen dos resortes y la constante elástica de uno es igual a la mitad de la constante elástica del otro. Si el de mayor constante requiere de una fuerza de 25 N para elongarse 5 cm, ¿cuánto se elongará el otro al aplicarle una fuerza de 50 N?
- 9 A un resorte que pende verticalmente se le aplican fuerzas en uno de sus extremos, y se mide el alargamiento generado por la acción de cada fuerza. Los datos se muestran en la siguiente tabla:

Fuerza (N)	Alargamiento (cm)
0	0
4	2
8	4
12	6
16	8
20	10
24	12
28	14
32	16
36	18

- Construye la gráfica de fuerza en función del alargamiento del resorte.
- Determina el valor de la constante elástica del resorte.
- Responde. ¿Cuánto se estira el resorte al aplicar una fuerza de 40 N?

10 Un niño juega con una pelota unida a un hilo elástico. Si se estira 50 cm cuando el niño le ejerce una fuerza de 4 N, ¿cuánta fuerza deberá ejercer el niño para que el hilo se estire 65 cm?

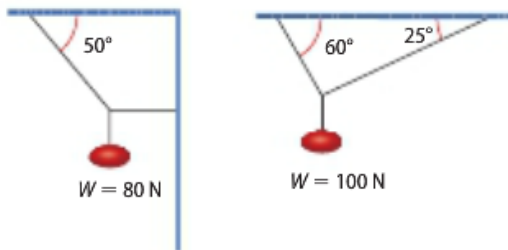
11 Responde. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal que experimenta el cuerpo, si su peso es de 45 N?



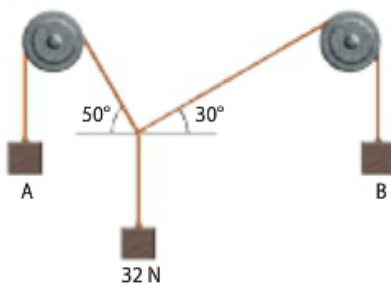
- a. 53,6 N
- b. 41,4 N
- c. 45 N
- d. 36,6 N

12 Para el ejercicio anterior, ¿qué valor debe tener la fuerza de fricción para que el cuerpo se mueva con velocidad constante?

13 Realiza el diagrama de las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo y determina el valor de la tensión en cada cuerda para que el cuerpo se mantenga en equilibrio.



14 Responde. ¿Qué peso deben tener el bloque A y el bloque B para que el sistema esté en equilibrio?



15 Dos niños halan una caja de revistas, aplicando fuerzas perpendiculares entre sí de 100 N y 120 N. ¿Cuál es la fuerza neta que aplican los niños sobre la caja?

16 El repartidor de un camión de leche empuja con velocidad constante una canasta con bolsas cuyo peso es de 705,6 N por un piso horizontal, mediante una fuerza de 450 N que forma un ángulo de 30° bajo la horizontal.

- a. Dibuja el diagrama de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.
- b. ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción?
- c. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal?

17 Dos fuerzas perpendiculares entre sí de 200 N y 350 N actúan sobre un cuerpo. ¿Qué norma y qué dirección debe tener una tercera fuerza para que el cuerpo se mantenga en equilibrio?

18 Una fuerza de 400 N actúa sobre un objeto en dirección 45° noreste.

- a. ¿En qué dirección se debe ejercer una fuerza de 500 N para que la fuerza neta esté dirigida al este?
- b. ¿Qué fuerza se debe aplicar para que la fuerza neta sea cero?

19 Un resorte de constante elástica k_1 , se estira una distancia d_1 , al suspender de él un objeto de peso w . Otro resorte se estira también una longitud d_1 cuando soporta un peso de $3w$. ¿Cómo debe ser el valor de su constante elástica con respecto a k_1 ?

20 Un cuerpo está sometido a la acción de tres fuerzas $\vec{F}_1 = 200 \text{ N}$, 50° al suroeste, $\vec{F}_2 = 320 \text{ N}$ al noreste y $\vec{F}_3 = 410 \text{ N}$, 30° al sureste.

¿Qué magnitud y dirección debe tener una cuarta fuerza para que el cuerpo se mueva con velocidad constante?