LEYES FUNDAMENTALES DE LA DINÁMICA

Para resolver estos ejercicios debes aplicar el criterio de signos que hemos propuesto al principio del cuaderno, e identificar con claridad los datos y las incógnitas en todos los casos.

Como la velocidad, la aceleración y la fuerza son magnitudes vectoriales, has de conocer en todos los casos su dirección y su sentido y así determinar su signo.

Todos los ejercicios que tratamos se basan en las tres leyes de Newton, o leyes fundamentales de la dinámica, por tanto, debes conocerlas.

Recuerda que son las fuerzas las que originan los movimientos y sus cambios. Éstos los has estudiado en cinemática, pero ahora volvemos a encontrarlos. Debes, pues, recordar los conceptos fundamentales de esa otra parte importante de la Física.

PROBLEMAS RESUELTOS

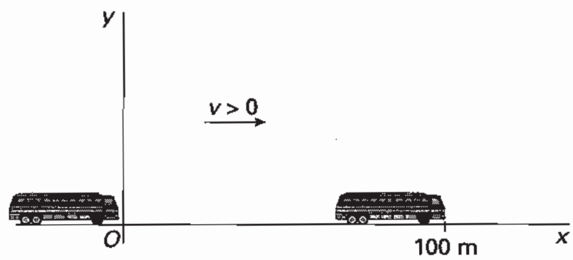
Un autocar de 6,2 t se desplaza por una carretera horizontal a 90 km/h. Frena y se detiene en 8 s.

a) ¿Qué fuerza ejercen los frenos?

b) ¿Qué distancia recorre durante la frenada?

Solución

a) Vamos a situar el punto de referencia en el punto en donde empiezan a actuar los frenos. Suponemos que ese punto es el origen de un sistema de coordenadas cartesianas, y que el autocar se desplaza en el sentido del semieje positivo de las x, como se puede ver en la figura.



De acuerdo con nuestro criterio de signos, disponemos de los siguientes *datos:*

- Masa del autocar: $m = 6{,}2 \cdot 10^3$ kg.
- Posición inicial: $x_0 = 0$.

- Velocidad inicial: $v_0 = \dfrac{90 \cdot 10^3 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 25 \text{ m s}^{-1}$.
- Velocidad final: $v = 0$, porque el autobús se detiene.
- Tiempo: $t = 8$ s.

Las *incógnitas* son la fuerza **F** que ejercen los frenos, y en consecuencia la aceleración, y la posición final del autocar x.

La aceleración de frenado del autocar es la correspondiente a un movimiento rectilíneo uniformemente variado:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 25 \text{ m s}^{-1}}{8 \text{ s}} = -3{,}1 \text{ m s}^{-2}$$

IMPORTANTE

El signo negativo de la aceleración indica que tiene el sentido del semieje negativo de las x; es decir, tiene sentido contrario a la velocidad.

La ley fundamental de la dinámica nos permite obtener la fuerza ejercida por los frenos:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

y como **F** y **a** tienen la misma dirección, la del eje de las x, podemos utilizar sus módulos:

$$F = ma = 6{,}2 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot (-3{,}1 \text{ m s}^{-2}) = -1{,}92 \cdot 10^4 \text{ N} = -19{,}2 \text{ kN}$$

b) Por tratarse de un movimiento uniformemente variado y rectilíneo, la posición final del autocar es:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + 25 \text{ m s}^{-1} \cdot 8 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot (-3{,}1 \text{ m s}^{-2}) \cdot (8 \text{ s})^2$$

$$x = 100{,}8 \text{ m}$$

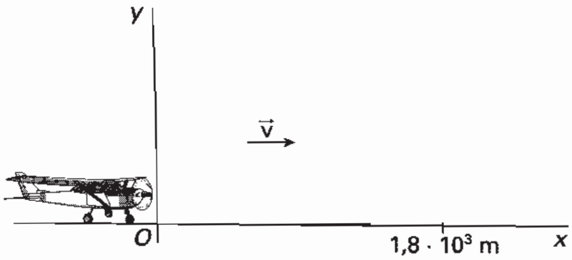
Mientras dura la frenada, el autocar recorre 100,8 m.

Un avión de 80 t, que está parado en la cabecera de pista, arranca y alcanza la velocidad de despegue, 162 km h^{-1}, tras recorrer 1,8 km por la pista. ¿Qué fuerza, supuesta constante, han ejercido sus motores?

Solución

Tomamos como referencia un sistema de coordenadas cartesianas, y suponemos que el avión está inicialmente situado en el origen de coordenadas, desplazándose en el sentido del semieje positivo de las x, es decir, con velocidad positiva.

Disponemos de los siguientes *datos:*



- Masa del avión: $m = 80 \cdot 10^3$ kg.
- Posición inicial del avión: $x_0 = 0$.
- Posición final del avión en la pista: $x = 1{,}8 \cdot 10^3$ m.
- Velocidad inicial: $v_0 = 0$ (el avión parte del reposo).
- Velocidad en el momento del despegue: $v = 162 \text{ km h}^{-1} = \dfrac{162 \cdot 10^3 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 45 \text{ m s}^{-1}$.

La aceleración constante del avión en su movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado por la pista de despegue es:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)\ ; \quad a = \frac{v^2 - v_0^2}{2(x - x_0)}$$

Al introducir los datos del problema se obtiene el siguiente valor de la aceleración:

$$a = \frac{(45 \text{ m s}^{-1})^2 - 0}{2(1{,}8 \cdot 10^3 \text{ m} - 0)} = 0{,}56 \text{ m s}^{-2}$$

IMPORTANTE

El signo positivo de la aceleración indica que tiene el sentido del semieje positivo de las x. Tiene igual sentido que la velocidad.

La segunda ley de Newton nos permite calcular la fuerza realizada por los motores:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

Como los vectores **F** y **a** tienen la misma dirección podemos utilizar sus módulos:

$$F = ma = 80 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 0{,}56 \text{ m s}^{-2} = 4{,}48 \cdot 10^4 \text{ N} = 44{,}8 \text{ kN}$$

Una patinadora de masa $m = 50$ kg se desliza sobre una superficie horizontal de hielo, gracias a una fuerza constante de 12 N, paralela al suelo, que tira de ella, sin que el hielo oponga ninguna resistencia a su avance. Calcula su aceleración y su velocidad cuando haya recorrido 25 m.

Solución

Consideremos a la patinadora situada en el origen de unos ejes de coordenadas cartesianas y desplazándose en el sentido del semieje positivo de las x. En estas circunstancias, tanto la velocidad como la aceleración son positivas, y tenemos los siguientes datos e incógnitas:

Datos:

- Masa de la patinadora: $m = 50$ kg.
- Fuerza constante: $F = 12$ N.
- Espacio o distancia recorrida: $x = 25$ m.
- Velocidad inicial: $v_0 = 0$, porque parte del reposo en el punto de referencia elegido, el origen de coordenadas.
- Posición inicial: $x_0 = 0$, porque inicia el movimiento en el origen de coordenadas.

Incógnitas:

- La velocidad de la patinadora y su aceleración.

Como la masa y la fuerza son constantes, la aceleración también lo será; por consiguiente, el movimiento de la patinadora es rectilíneo y uniformemente acelerado. Podemos calcular su aceleración a partir de la ecuación fundamental de la dinámica:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

Como la fuerza y la aceleración tienen la misma dirección podemos utilizar sus módulos:

$$F = m \cdot a \; ; \quad a = \frac{F}{m} = \frac{12 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 0{,}24 \text{ m s}^{-2}$$

El cálculo de la velocidad es un problema de cinemática. Con los datos que tenemos, la ecuación más adecuada es:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

que se simplifica al considerar que tanto x_0 como v_0 son nulos.

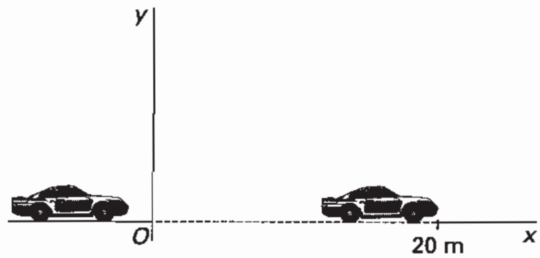
$$v^2 = 2ax \; ; \quad v = \sqrt{2ax} = \sqrt{2 \cdot 0{,}24 \text{ m s}^{-2} \cdot 25 \text{ m}} = 3{,}5 \text{ m s}^{-1}$$

Un coche de masa $m = 1{,}4$ t se aproxima a un semáforo con una velocidad de 50 km h^{-1}. Cuando está a 20 m de distancia frena y se detiene en el semáforo. ¿Qué fuerza media realizan los frenos?

Solución

Si tomamos como referencia el punto en donde empieza a frenar el coche, tenemos los siguientes *datos:*

- Masa del coche: $m = 1.400$ kg.
- Velocidad inicial: $v_0 = 50 \text{ km h}^{-1} = \dfrac{50 \cdot 10^3 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 13{,}9 \text{ m s}^{-1}$.
- Velocidad final: $v_f = 0$, porque el coche se detiene.
- Distancia recorrida: $x = 20$ m.



La *incógnita* es la fuerza media que realizan los frenos, y podemos calcularla determinando previamente la aceleración de frenado correspondiente a un movimiento uniformemente decelerado:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)\ ; \qquad a = \frac{v^2 - v_0^2}{2(x - x_0)}$$

De acuerdo con nuestro sistema de referencia $x_0 = 0$, y la aceleración es:

$$a = \frac{0 - (13{,}9\ \text{m s}^{-1})^2}{2 \cdot 20\ \text{m}} = -4{,}8\ \text{m s}^{-2}$$

El principio fundamental de la dinámica nos permite calcular la fuerza media realizada por los frenos:

$$F = ma = 1{,}4 \cdot 10^3\ \text{kg} \cdot (-4{,}8\ \text{m s}^{-2}) = -6{,}7 \cdot 10^3\ \text{N} = -6{,}7\ \text{kN}$$

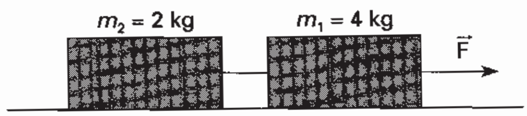
IMPORTANTE

La fuerza es negativa porque se opone al movimiento del coche, tiene el mismo sentido que la aceleración y sentido opuesto a la velocidad.

Los bloques m_1 y m_2 de la figura se hallan unidos mediante una cuerda, y se sitúan sobre una superficie horizontal sin rozamiento. La fuerza $F = 36$ N arrastra todo el conjunto. Calcula:

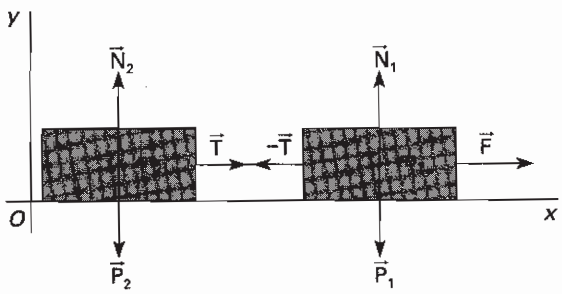
a) La aceleración con que se mueven.

b) La tensión de la cuerda que une ambos bloques.



Solución

En un problema de dinámica siempre es necesario conocer las fuerzas que actúan, pero si además, como ocurre en este caso, aparecen varias, es imprescindible hacer un esquema con todas las que intervienen:



Las fuerzas $\mathbf{P}_1$ y $\mathbf{P}_2$ son los pesos de los bloques; son fuerzas verticales y se dirigen hacia el centro de la Tierra. Están equilibradas por las fuerzas $\mathbf{N}_1$ y $\mathbf{N}_2$ que representan la reacción del plano.

La fuerza $\mathbf{T}$ es la acción que el bloque m_1 ejerce sobre el m_2 y que transmite la cuerda. Según el principio de acción y reacción, el bloque m_2 ejerce sobre el m_1 una reacción $-\mathbf{T}$. Por tanto, el valor numérico de la tensión es idéntico en ambos extremos.

a) Si suponemos que la fuerza **F** arrastra todo el conjunto en el sentido del semieje positivo de las x, las fuerzas que tengan ese sentido, el del movimiento, serán positivas, y negativas las que tengan el sentido contrario.

Según la ley fundamental de la dinámica, la aceleración del conjunto es la siguiente:

$$\Sigma \mathbf{F} = \Sigma m \cdot \mathbf{a} ; \quad \Sigma F = F - T + T = F$$

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{36 \text{ N}}{4 \text{ kg} + 2 \text{ kg}} = 6 \text{ m s}^{-2}$$

b) Para calcular la tensión de la cuerda aislamos ambos bloques y aplicamos a cada uno de ellos la ecuación principal de la dinámica.

IMPORTANTE

Recuerda que las fuerzas que tienen el mismo sentido que el movimiento son positivas, y negativas las que tienen sentido contrario.

Para el bloque 1:

$$F - T = m_1 \cdot a ; \quad T = F - m_1 \cdot a = 36 \text{ N} - 4 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m s}^{-2} = 12 \text{ N}$$

Para el bloque 2:

$$T = m_2 \cdot a = 2 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m s}^{-2} = 12 \text{ N}$$

Como ya sabíamos, el valor numérico de la tensión es el mismo en ambos extremos de la cuerda.

Resolviendo el sistema formado a partir de las dos últimas ecuaciones podríamos calcular la aceleración del conjunto y la tensión de la cuerda:

$$F - T = m_1 \cdot a$$
$$T = m_2 \cdot a$$

Por ejemplo, sumando ambas ecuaciones eliminamos T y obtenemos la aceleración:

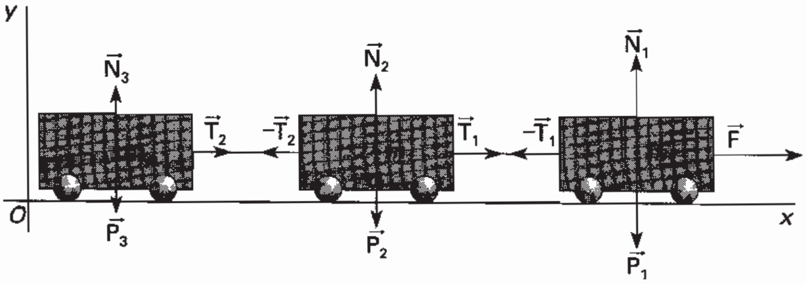
$$F - T + T = m_1 \cdot a + m_2 \cdot a ; \quad F = (m_1 + m_2)a$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{36 \text{ N}}{6 \text{ kg}} = 6 \text{ m s}^{-2}$$

Una locomotora de 50 t arrastra dos vagones de 30 t y 25 t respectivamente. Si la locomotora ejerce una fuerza de tracción de 62 kN, ¿cuál es la aceleración del conjunto y la tensión que se ejerce sobre cada vagón? Suponemos que no existen rozamientos.

Solución

En la figura se han dibujado todas las fuerzas que intervienen.



Las fuerzas $\mathbf{P}_1$, $\mathbf{P}_2$ y $\mathbf{P}_3$ son los pesos de la locomotora y los vagones; son fuerzas verticales y se dirigen hacia el centro de la Tierra. Están equilibradas por las correspondientes reacciones del plano $\mathbf{N}_1$, $\mathbf{N}_2$ y $\mathbf{N}_3$.

Según la ley de acción y reacción, si la locomotora ejerce una fuerza $\mathbf{T}_1$ sobre el primer vagón, éste ejerce una fuerza sobre la locomotora $-\mathbf{T}_1$. Análogamente, la fuerza $-\mathbf{T}_2$ es la reacción de $\mathbf{T}_2$.

Si suponemos que la fuerza $\mathbf{F}$ arrastra todo el conjunto en el sentido del semieje positivo de las x, las fuerzas que tengan ese sentido, el del movimiento, son positivas, y negativas las que tengan el sentido contrario.

La aceleración del conjunto locomotora-vagones y las tensiones $\mathbf{T}_1$ y $\mathbf{T}_2$ las obtenemos al aplicar la ecuación fundamental de la dinámica $\Sigma\, \mathbf{F} = \Sigma\, m \cdot \mathbf{a}$ a cada uno de los vagones y a la locomotora, por separado, aislados uno de los otros.

Si el segundo vagón se desplaza en el sentido positivo del eje de las x es porque existe una fuerza $\mathbf{T}_2$ que actúa sobre él, con la misma dirección y sentido que la aceleración:

$$T_2 = m_3 \cdot a$$

En el primer vagón, la ecuación fundamental de la dinámica nos permite escribir:

$$T_1 - T_2 = m_2 \cdot a$$

Esta misma ecuación aplicada a la locomotora tiene la siguiente forma:

$$F - T_1 = m_1 \cdot a$$

Resolviendo el sistema formado por estas tres últimas ecuaciones obtenemos la aceleración y las tensiones T_1 y T_2:

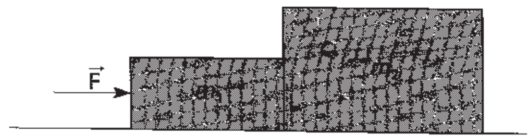
$$T_2 = 25 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot a$$

$$T_1 - T_2 = 30 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot a$$

$$62 \cdot 10^3 \text{ N} - T_1 = 50 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot a$$

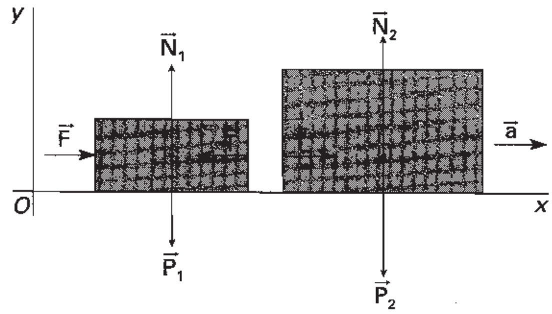
$$a = 0{,}59 \text{ m s}^{-2}\,; \quad T_1 = 32{,}4 \text{ kN}\,; \quad T_2 = 14{,}7 \text{ kN}$$

Los bloques $m_1 = 4$ kg y $m_2 = 6$ kg de la figura se apoyan sobre una superficie horizontal, sin rozamiento. La fuerza $F = 30$ N empuja al conjunto de los dos bloques que están en contacto. Calcula la aceleración del conjunto y las fuerzas de acción y reacción entre los bloques.



Solución

Para resolver el problema hemos de hacer en primer lugar un esquema con todas las fuerzas que intervienen:



Las fuerzas $\mathbf{P}_1$ y $\mathbf{P}_2$ son los pesos de los bloques; son fuerzas verticales y se dirigen hacia el centro de la Tierra. Están equilibradas por las fuerzas $\mathbf{N}_1$ y $\mathbf{N}_2$, que representan la reacción del plano.

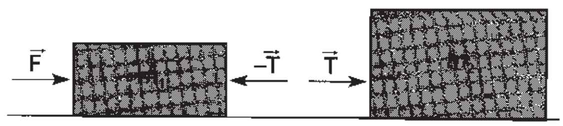
Si el bloque m_2 se mueve con una aceleración **a** es porque el bloque m_1 le empuja con una fuerza **T** que tiene la misma dirección y sentido que **a**. A su vez, el bloque m_2 ejerce una reacción sobre m_1 igual a $-\mathbf{T}$. De acuerdo con la ley de acción y reacción el valor numérico de ambas fuerzas será idéntico.

Si suponemos que la fuerza **F** produce el movimiento del conjunto de ambos bloques a lo largo del eje de las x, en el sentido del semieje positivo, tanto la fuerza **F** como la aceleración **a** serán positivas. Las fuerzas que tengan ese mismo sentido, el del movimiento, serán positivas, y negativas las que tengan sentido contrario.

De acuerdo con la segunda ley de Newton, la aceleración del conjunto es:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{F + T - T}{m_1 + m_2} = \frac{30 \text{ N}}{4 \text{ kg} + 6 \text{ kg}} = 3 \text{ m s}^{-2}$$

Si ambos bloques tienen la misma aceleración y, sin embargo, tienen masas distintas, sobre ambos bloques actúan fuerzas diferentes.



El valor numérico de la fuerza T se obtiene al aplicar la ecuación fundamental de la dinámica a cualquiera de los dos bloques por separado:

Para el cuerpo m_1:

$$F - T = m_1 \cdot a \ ; \quad T = F - m_1 \cdot a = 30 \text{ N} - 4 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m s}^{-2} \ ; \quad T = 18 \text{ N}$$

Para el cuerpo m_2:

$$T = m_2 \cdot a = 6 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m s}^{-2} = 18 \text{ N}$$

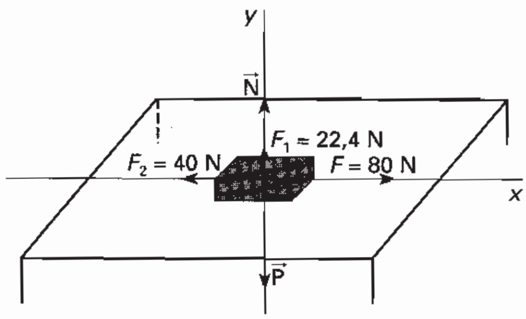
El valor de T es idéntico en ambos bloques, de acuerdo con el principio de acción y reacción.

Sobre el cuerpo de la figura, cuya masa es $m = 10$ kg, actúan las fuerzas que se indican. Calcula:

a) El peso del cuerpo.

b) La reacción normal N.

c) La aceleración del cuerpo.



Solución

a) El peso del cuerpo es la fuerza con que la Tierra lo atrae. Es una fuerza vertical, dirigida al centro de la Tierra, y cuyo valor es:

$$P = mg = 10 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m s}^{-2} = 98{,}1 \text{ N}$$

b) Si consideramos que el cuerpo está situado en el origen de un sistema de coordenadas cartesianas, las fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{N}$ son positivas, tienen el mismo sentido que el semieje positivo de las y, y $\mathbf{P}$ es negativa.

La reacción normal N se obtiene al considerar que la suma de las fuerzas verticales debe ser cero:

$$\mathbf{P} + \mathbf{N} + \mathbf{F}_1 = 0 \quad ; \quad -P + N + F_1 = 0 \quad ; \quad N = P - F_1 = 98{,}1 \text{ N} - 22{,}4 \text{ N} = 75{,}7 \text{ N}$$

c) La aceleración del bloque se obtiene a partir de la segunda ley de Newton, siendo la fuerza $\mathbf{F}$ positiva y la $\mathbf{F}_2$ negativa:

$$\mathbf{a} = \frac{\Sigma \mathbf{F}}{m} \quad ; \quad a = \frac{F - F_2}{m} = \frac{80 \text{ N} - 40 \text{ N}}{10 \text{ kg}} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

Una grúa mantiene colgado un contenedor de masa $m = 1{,}4$ t. Determina la tensión del cable de la grúa en los siguientes casos:

a) Sube el contenedor con una aceleración constante de $1{,}2 \text{ m s}^{-2}$.

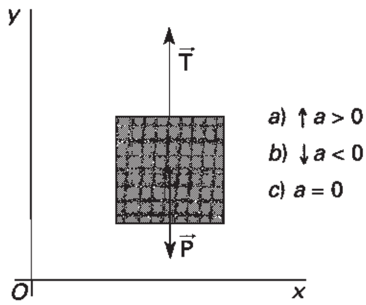
b) Lo baja con la misma aceleración.

c) El contenedor se mantiene colgado, pero en reposo.

d) Sube el contenedor con velocidad constante de 1 m s^{-1}.

Solución

Sobre el contenedor actúan su peso **P** y la tensión del cable de la grúa **T**.



En todos los casos se cumple el principio fundamental de la dinámica:

$$\Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a} \,; \quad T - P = m \cdot a$$

Según nuestro criterio de signos, la aceleración es positiva si tiene el sentido del semieje positivo de las *y*, y negativa si tiene el sentido contrario.

a) En este caso la aceleración es positiva:

$$T - P = ma \,; \quad T = P + ma \,; \quad T = mg + ma \,; \quad T = m(g + a)$$

$$T = 1{,}4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot (9{,}81 + 1{,}2) \text{ m s}^{-2} = 1{,}54 \cdot 10^4 \text{ N}$$

b) Ahora la aceleración es negativa, se dirige hacia el semieje negativo de las *y*:

$$T = m(g + a) = 1{,}4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot (9{,}81 - 1{,}2) \text{ m s}^{-2} = 1{,}21 \cdot 10^4 \text{ N}$$

c) y ***d***) En ambos casos la aceleración es nula; por tanto, la tensión es igual al peso:

$$T - P = 0 \,; \quad T = P = mg = 1{,}4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m s}^{-2} = 1{,}37 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Un ascensor, que transporta un pasajero de masa $m = 72$ kg, se mueve con una velocidad de régimen constante y al arrancar o detenerse lo hace con una aceleración de $1{,}8 \text{ m s}^{-2}$. Calcula la fuerza que ejerce el pasajero sobre el piso del ascensor, en los siguientes casos:

a) El ascensor arranca para subir.

b) El ascensor arranca para bajar.

c) El ascensor frena y se detiene en la subida.

Solución

Sobre el pasajero actúan dos fuerzas: su peso **P** y la reacción del piso sobre él **F**.

Según la ley de acción y reacción, el valor numérico de la fuerza que ejerce el piso sobre el pasajero (F) es igual al de la fuerza que ejerce el pasajero sobre el piso. En consecuencia, se trata de calcular el valor de F en los distintos casos.

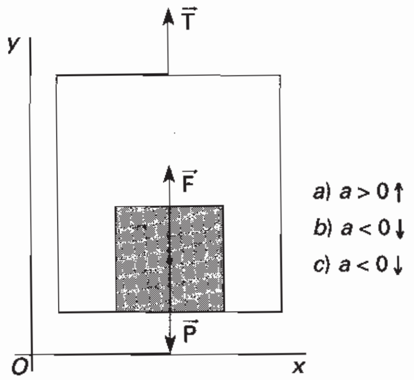
Según la segunda ley de Newton

$$\Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

y podemos utilizar sus módulos al tratarse de magnitudes vectoriales de igual dirección:

$$F - P = ma$$

*a***)** Cuando el ascensor arranca para subir, la aceleración es positiva, se dirige hacia el semieje positivo de las y, como **F**:



$$F = P + ma = m(g + a) = 72\ \text{kg} \cdot (9{,}81 + 1{,}8)\ \text{m s}^{-2}$$

$$F = 8{,}36 \cdot 10^2\ \text{N}$$

*b***)** Cuando el ascensor arranca para bajar, la aceleración es negativa, se dirige hacia abajo, hacia el semieje negativo de las y:

$$F = P + m(-a)$$

$$F = P - ma = mg - ma = m(g - a)$$

$$F = 72\ \text{kg} \cdot (9{,}81 - 1{,}8)\ \text{m s}^{-2} = 5{,}77 \cdot 10^2\ \text{N}$$

*c***)** Cuando el ascensor frena y se detiene en la subida, la aceleración se dirige hacia abajo, hacia el semieje negativo de las y, es negativa. Estamos en una situación análoga a la del apartado ***b***), y la fuerza que ejerce el pasajero sobre el piso del ascensor es la misma:

$$F = 5{,}77 \cdot 10^2\ \text{N}$$

Un montacargas de masa $m = 1{,}2$ t transporta un paquete de 250 kg. Al arrancar adquiere su velocidad de régimen 2,6 m s^{-1}, en 2 s, y al frenar se detiene en el mismo tiempo. Calcula:

a) La fuerza que ejerce el paquete sobre el piso del montacargas cuando frena para detenerse al subir y al bajar.

b) La tensión del cable del montacargas en los dos casos anteriores.

Solución

a) Sobre el paquete actúan dos fuerzas, su peso **P** y la reacción del piso **F**. La fuerza que ejerce el paquete sobre el piso es −**F**, según la ley de acción y reacción; por tanto, el problema consiste en averiguar el valor numérico de **F** (Figura A).

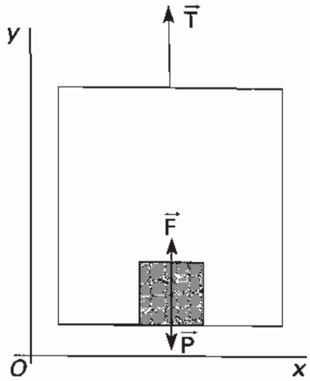


Figura A

Nos basaremos en la ley fundamental de la dinámica:

$$\Sigma\ \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

y como se trata de vectores de igual dirección podemos emplear sus módulos:

$$F - P = ma$$

Cuando el ascensor sube, su velocidad es positiva, tiene el mismo sentido que el semieje positivo de las *y*, $v_0 = 2{,}6\ \mathrm{m\ s^{-1}}$, y al detenerse la velocidad final es nula, $v = 0$; por consiguiente, la aceleración es:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 2{,}6\ \mathrm{m\ s^{-1}}}{2\ \mathrm{s}} = -1{,}3\ \mathrm{m\ s^{-2}}$$

En este caso, la fuerza que ejerce el paquete sobre el piso del montacargas es:

$$F - P = ma\ ; \quad F = P + ma = mg + ma = m(g + a)$$

$$F = 250\ \mathrm{kg} \cdot (9{,}81 - 1{,}3)\ \mathrm{m\ s^{-2}} = 2{,}13 \cdot 10^3\ \mathrm{N}$$

Cuando el ascensor baja, su velocidad es negativa, tiene el sentido del semieje negativo de las *y*, $v_0 = -2{,}6\ \mathrm{m\ s^{-1}}$, y cuando se detiene $v = 0$. La aceleración en este caso es:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - (-2{,}6\ \mathrm{m\ s^{-1}})}{2\ \mathrm{s}} = 1{,}3\ \mathrm{m\ s^{-2}}$$

En ambos casos la aceleración tiene sentido contrario a la velocidad y, por tanto, distinto signo.

La fuerza sobre el piso del ascensor es:

$$F - P = ma\ ; \quad F = m(g + a)$$

$$F = 250\ \mathrm{kg} \cdot (9{,}81 + 1{,}3)\ \mathrm{m\ s^{-2}} = 2{,}78 \cdot 10^3\ \mathrm{N}$$

b) Las fuerzas que actúan sobre el montacargas son su peso $\mathbf{P}_1$, el del paquete que transporta $\mathbf{P}_2$ y la tensión del cable **T** (Figura B).

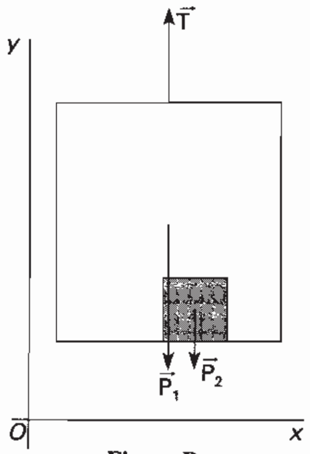


Figura B

De acuerdo con la segunda ley de Newton, podemos escribir:

$$\Sigma\ \mathbf{F} = \Sigma\ m \cdot \mathbf{a}\ ; \quad T - P_1 - P_2 = (m_1 + m_2)a\ ;$$

$$T = P_1 + P_2 + (m_1 + m_2)a$$

$$T = m_1 g + m_2 g + (m_1 + m_2)a\ ; \quad T = (m_1 + m_2) \cdot (g + a)$$

Cuando el montacargas frena al subir, la aceleración es $a = -1{,}3$ m s^{-2}, y la tensión del cable es:

$$T = (1.200 + 250)\ \text{kg} \cdot (9{,}81 - 1{,}3)\ \text{m s}^{-2} = 1{,}23 \cdot 10^4\ \text{N}$$

Cuando frena al bajar, la aceleración es positiva, $a = 1{,}3$ m s^{-2}, y la tensión es:

$$T = (1.200 + 250)\ \text{kg} \cdot (9{,}81 + 1{,}3)\ \text{m s}^{-2} = 1{,}61 \cdot 10^4\ \text{N}$$

Un bloque de masa $m = 8$ kg se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal lisa. Al actuar sobre él una fuerza constante le comunica una aceleración de 6,5 m s^{-2}. Calcula el valor de la fuerza:

a) Si es paralela a la superficie.

b) Si forma un ángulo de 45° con la horizontal.

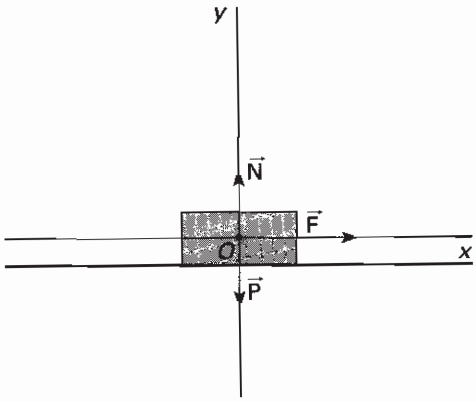


Figura A

Solución

a) Si suponemos que el bloque se encuentra inicialmente en el origen de un sistema de coordenadas que tomamos como referencia, y que se desplaza en el sentido positivo del eje de las *x*, la velocidad, la aceleración y la fuerza son positivas (Figura A).

La segunda ley de la dinámica nos permite calcular el valor de la fuerza:

$$F = ma = 8\ \text{kg} \cdot 6{,}5\ \text{m s}^{-2} = 52\ \text{N}$$

b) Cuando la fuerza forma un ángulo con la horizontal (Figura B), sólo su componente en esa dirección produce aceleración. Por tanto, aplicando la segunda ley de Newton se obtiene: $F_x = ma$

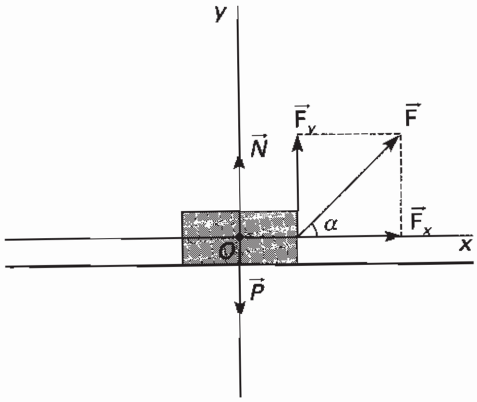


Figura B

$$F_x = F \cdot \cos \alpha = ma \ ; \qquad F = \frac{ma}{\cos \alpha}$$

$$F = \frac{8\ \text{kg} \cdot 6{,}5\ \text{m s}^{-2}}{\cos 45°} = \frac{52\ \text{N}}{0{,}707} = 73{,}5\ \text{N}$$