



## Cuestiones básicas

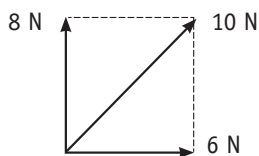
- Halla la resultante de dos fuerzas de 8 N y 6 N cuando:
  - Se ejercen en la misma dirección y sentido.
  - Se ejercen en la misma dirección pero sentidos opuestos.
  - Se ejercen formando un ángulo de  $90^\circ$ .

Resuelve el ejercicio numérica y gráficamente.

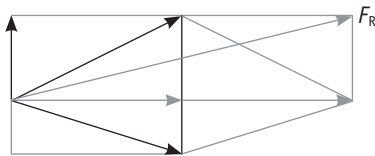
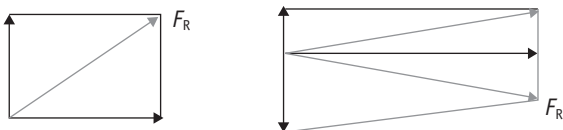
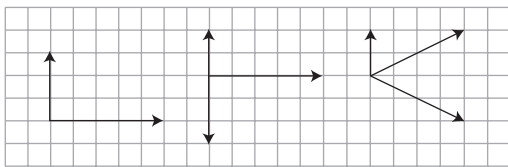
a)  $6\text{ N} + 8\text{ N} = 14\text{ N}$

b)  $8\text{ N} - 6\text{ N} = 2\text{ N}$

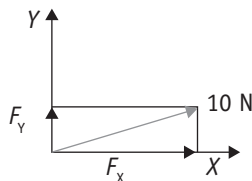
c) Direcciones perpendiculares:  $|\vec{F}_R| = \sqrt{|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2} = \sqrt{(8\text{ N})^2 + (6\text{ N})^2} = 10\text{ N}$



- Halla gráficamente la resultante de cada uno de estos grupos de fuerzas y calcula su intensidad.



- Se tiene una fuerza de 10 N que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. Calcula y dibuja las componentes de dicha fuerza.



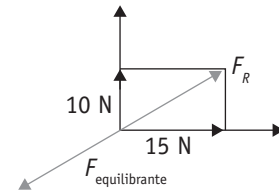
$$|\vec{F}_x| = |\vec{F}| \cos \alpha = 10\text{ N} \cos 30^\circ = 8,7\text{ N}$$

$$|\vec{F}_y| = |\vec{F}| \sin \alpha = 10\text{ N} \sin 30^\circ = 5\text{ N}$$

- Intentas mover un armario y no lo consigues. ¿Está aplicando una fuerza aunque no haya movimiento ni deformación? Indica lo que crees que ocurre.

La fuerza que aplicas es inferior a la necesaria para moverlo. Es debido a que hay otras fuerzas que la contrarrestan como el peso del armario o el rozamiento con el suelo.

- Dadas dos fuerzas de 10 N y 15 N que forman un ángulo de  $90^\circ$ , aplicadas en el punto (0, 0) de los ejes cartesianos, dibuja y calcula el valor de la fuerza necesaria para equilibrar ambas.



$$|\vec{F}_R| = \sqrt{|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2} = \sqrt{(10\text{ N})^2 + (15\text{ N})^2} = 18\text{ N}$$

Luego la fuerza equilibrante será también de 18 N, pero su dirección y sentido es tal y como se muestra en la figura.

- Un caballo tira de un carromato con una fuerza de 2000 N y le ayuda el carretero con una fuerza de 250 N. Si el suelo opone una fuerza de rozamiento de 150 N, calcula la fuerza que realmente impulsa al carromato.

$$F_R = 2000\text{ N} + 250\text{ N} - 150\text{ N} = 2100\text{ N}$$

- Una barca atraviesa un río empujada por el remero con una fuerza de 350 N y por la corriente que la arrastra perpendicularmente con otra fuerza de 100 N. ¿Cuál es la fuerza que hace avanzar la barca?

Se aplica la ecuación:

$$|\vec{F}_R| = \sqrt{|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2} = \sqrt{(350\text{ N})^2 + (100\text{ N})^2} = 364\text{ N}$$

En dirección aproximada de  $74^\circ$  con la horizontal del río.

## Actividades

- ¿Qué diferencias encuentras entre las ideas de Aristóteles y las de Galileo sobre el movimiento de los cuerpos?

Para Aristóteles, la velocidad de caída de los cuerpos depende de su peso, y un cuerpo no se mueve si no actúa sobre él alguna fuerza.

Según Galileo, todos los cuerpos caen con la misma aceleración, y un cuerpo permanece en reposo o se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme si no actúan fuerzas sobre él.

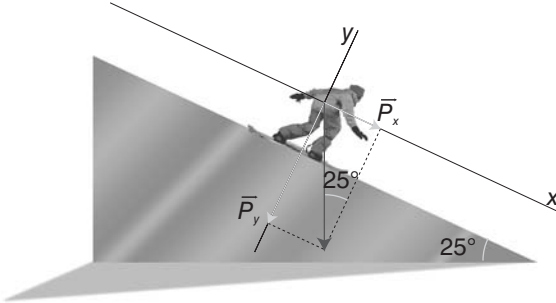
- ¿Qué novedades introduce Galileo en el estudio del movimiento de los cuerpos? ¿Por qué se dice que él estableció los fundamentos de la Dinámica?

Empleó la observación y la experimentación para obtener sus conclusiones. Midió espacios y tiempos, en lugar de basarse en principios filosóficos o creencias religiosas; es decir, introdujo el método científico.



3. El niño de la Fig. 6.10 tiene un peso de 200 N y está situado sobre un plano inclinado  $25^\circ$  respecto a la horizontal.

- a) ¿Cuál es el módulo de las componentes del peso  $\vec{P}_x$  y  $\vec{P}_y$ ?  
 b) Comprueba que no te has equivocado, calculando el módulo de  $\vec{P}_x + \vec{P}_y$  que debe ser 200 N.



- a)  $P_x = P \sin \alpha = 200 \text{ N} \cdot \sin 25^\circ = 84,5 \text{ N}$   
 $P_y = P \cos \alpha = 200 \text{ N} \cdot \cos 25^\circ = 181,3 \text{ N}$   
 b)  $|\vec{P}_x + \vec{P}_y| = \sqrt{84,5^2 + 181,3^2} = 200 \text{ N}$

4. ¿A qué tipo de interacciones está sujeto un cuerpo libre? ¿Tiene aceleración?

No está sometido a interacciones. No tiene aceleración.

5. ¿Qué entiendes por sistema de referencia inercial? Pon algún ejemplo de sistemas de referencia inerciales y no inerciales.

Un sistema de referencia inercial es un sistema libre, es decir, no está sujeto a interacciones. Un sistema es inercial cuando está en reposo o tiene movimiento rectilíneo y uniforme. En caso contrario, es un sistema no inercial. Un sistema de referencia ligado a un tren que se mueve en línea recta con velocidad constante respecto al suelo es inercial. Un sistema de referencia ligado a una piedra que cae libremente no es inercial, porque la piedra cae con movimiento uniformemente acelerado.

6. Responde a las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué entiendes por masa inerte?  
 b) ¿Por qué cuando un coche frena sus ocupantes se van hacia adelante? ¿Realmente actúa alguna fuerza sobre ellos?
- a) La masa inerte de un cuerpo es la expresión cuantitativa de su inercia.  
 b) Cuando un coche frena, sus ocupantes se van hacia delante por inercia, tienden a permanecer en movimiento. Ninguna fuerza real actúa sobre ellos.

7. Calcula el peso en kp y en N de un libro de masa,  $m = 850 \text{ g}$ .

$$P = mg = 0,85 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 8,3 \text{ N} = 0,85 \text{ kp}$$

8. Un coche de 1,4 t, que está parado, arranca y alcanza la velocidad de  $81 \text{ km h}^{-1}$  después de recorrer 150 m.

a) ¿Cuánto vale su aceleración supuesta constante?

b) ¿Qué fuerza ha ejercido su motor?

$$a) a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{(22,5 \text{ m s}^{-1})^2 - 0}{300 \text{ m}} = 1,7 \text{ m s}^{-2}$$

$$b) F = ma = 1400 \text{ kg} \cdot 1,7 \text{ m s}^{-2} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ N}$$

9. Sobre una partícula de masa  $m = 25 \text{ g}$  actúan las fuerzas  $\vec{F}_1 (2, -4)$  y  $\vec{F}_2 (5, 3)$  expresadas en N.

- a) Averigua gráficamente la resultante de ambas fuerzas.  
 b) Expresa vectorialmente la fuerza resultante que actúa sobre la partícula.  
 c) ¿Cuál es el vector aceleración de la partícula?

- a) Solución gráfica no incluida.  
 b)  $\vec{F}_R = (7 \vec{u}_x - \vec{u}_y) \text{ N}$   
 c)  $\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m} = (280 \vec{u}_R - 40 \vec{u}_y) \text{ m s}^{-2}$

10. Un ascensor que transporta un pasajero de 70 kg de masa se mueve con una velocidad de régimen constante, y al arrancar o detenerse lo hace con una aceleración de  $1,4 \text{ m s}^{-2}$ . 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 frena y se detiene en la subida.  
 c) El ascensor desciende a velocidad constante.

$$a) F = P + ma = m(g + a) = 70 \text{ kg} \cdot (9,8 + 1,4) \text{ m s}^{-2} = 7,8 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$b) F = m(g - a) = 70 \text{ kg} \cdot (9,8 - 1,4) \text{ m s}^{-2} = 5,9 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$c) F = P = mg = 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$$

11. Dos imanes de masas una doble que la otra se repelen mutuamente.

- a) ¿Qué puedes decir acerca de la fuerza que actúa sobre cada uno de los imanes?  
 b) Enuncia el principio en que te basas para responder el apartado anterior.  
 c) Al dejarlos en libertad, ¿cuál se moverá con mayor aceleración?

- a), b) Según el principio de acción y reacción, el módulo de la fuerza que actúa sobre los dos imanes es el mismo.  
 c) Se mueve con mayor aceleración el imán que tiene menor masa.

12. Un rifle de masa 4,5 kg dispara una bala de 20 g con una velocidad de  $220 \text{ m s}^{-1}$ . ¿Con qué velocidad retrocede el rifle?

$$v_r = \frac{-m_b v_b}{m_r} = \frac{-0,02 \text{ kg} \cdot 220 \text{ m s}^{-1}}{4,5 \text{ kg}} = -0,98 \text{ m s}^{-1}$$

13. Dos vagones de 20 t y 25 t se desplazan a lo largo de una vía horizontal sin rozamientos, en el mismo sentido, con ve-



locidades de  $1,2 \text{ m s}^{-1}$  y  $1,8 \text{ m s}^{-1}$ , respectivamente. Cuando chocan se enganchan y continúan moviéndose juntos. ¿Cuál es su velocidad después del choque?

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

$$v' = \frac{20 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m s}^{-1} + 25 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 1,8 \text{ m s}^{-1}}{45 \cdot 10^3 \text{ kg}} = 1,53 \text{ m s}^{-1}$$

14. Una bola de 20 g de masa rueda a  $10 \text{ m s}^{-1}$  hacia una bola de 120 g de masa que se encuentra parada.

Después del choque, la primera bola rebota con una velocidad de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ .

- a) ¿Qué velocidad adquiere la segunda bola?  
b) ¿En qué dirección y sentido se mueve la segunda bola después del choque?

a)  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$

$$0,02 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m s}^{-1} + 0,12 \text{ kg} \cdot 0 = 0,02 \text{ kg} \cdot (-1,5 \text{ m s}^{-1}) + 0,12 \text{ kg} \cdot v'_2$$

$$v'_2 = 1,9 \text{ m s}^{-1}$$

- b) La segunda bola se mueve en la dirección y sentido que tenía la primera bola antes del choque.

15. ¿Por qué la fuerza gravitatoria, que es la más débil de todas las interacciones fundamentales, es la responsable de la estructura del Universo?

Porque es una fuerza atractiva de alcance infinito.

16. Cuando un muelle se alarga o se comprime vuelve a recuperar su longitud inicial. ¿Cuál de las cuatro interacciones fundamentales interviene en este fenómeno?

La interacción electromagnética.

17. ¿Qué fuerza ejerce la Tierra sobre una piedra de 430 g? ¿Y la piedra sobre la Tierra?

$$F = P = m g = 0,43 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 4,2 \text{ N. La misma.}$$

18. Calcula la fuerza gravitatoria con que se atraen dos neutrones situados en el núcleo de un átomo a una distancia de  $1,1 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ . La masa del neutrón es  $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

$$F = G \cdot \frac{m^2}{R^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot (1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg})^2}{(1,1 \cdot 10^{-15} \text{ m})^2} = 1,54 \cdot 10^{-34} \text{ N}$$

19. Calcula el peso de una manzana de 250 g a una altura de 300 km sobre la superficie terrestre.

$$\frac{g_h}{g_o} = \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

$$g_h = \frac{9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (6,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{(6,68 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 8,94 \text{ m s}^{-2}$$

$$P = m g_h = 0,25 \text{ kg} \cdot 8,94 \text{ m s}^{-2} = 2,24 \text{ N}$$

20. Busca en una enciclopedia la masa y el radio de Júpiter y contesta: ¿Dónde pesa más un cuerpo, en la Tierra o en Júpiter? ¿Dónde es mayor su masa?

El peso del cuerpo es mayor en Júpiter. La masa es constante, por tanto, igual en la Tierra que en Júpiter.

$$M_J = 317,95 M_T$$

$$R_J = 11,2 R_T$$

$$g_J = 2,53 g_T$$

21. Un satélite meteorológico de masa 340 kg se encuentra en una órbita circular alrededor de la Tierra a 4500 km de altura. Calcula:

- a) La fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre él.  
b) Su velocidad orbital.

Datos: Masa de la Tierra =  $5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ; radio de la Tierra =  $6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$ .

a)  $F = G \frac{M m}{(R_T + h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 340 \text{ kg}}{(6,38 \cdot 10^6 \text{ m} + 4,5 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ N}$

b)  $G \frac{M_T m}{R^2} = \frac{m v^2}{R}$  ;  $v = \sqrt{\frac{G M_T}{R}}$  ;

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{1,09 \cdot 10^7 \text{ m}}} = 6,0 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

22. ¿Cuáles son las unidades del coeficiente de rozamiento? ¿Puede ser mayor que la unidad?

El coeficiente de rozamiento es adimensional, no tiene unidades. Puede ser mayor que la unidad.

23. Calcula la aceleración con que desciende un cuerpo al deslizarse por un plano inclinado  $25^\circ$  sobre la horizontal si el coeficiente de rozamiento cinético entre ambos es  $\mu_c = 0,35$ .

$$a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 25^\circ - 0,35 \cdot \cos 25^\circ)$$

$$a = 1,03 \text{ m s}^{-2}$$

24. ¿Por qué el rozamiento entre dos superficies del mismo material suele ser mayor que entre materiales diferentes? ¿Qué interacción fundamental es la responsable de la existencia de fuerzas de rozamiento?

Porque las rugosidades de las superficies en contacto son semejantes, y los salientes y entrantes de ambas superficies encajan mejor. La interacción electromagnética es la responsable de la existencia de fuerzas de rozamiento.

25. Determina el valor de todas las fuerzas que actúan sobre un bloque de 12 kg de masa apoyado sobre una superficie horizontal. El coeficiente de rozamiento cinético entre el



bloque y la superficie es 0,42. Si se le empuja con una fuerza horizontal de 75 N, ¿qué distancia recorre el bloque en 4 s partiendo del reposo?

$$P = mg = 12 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 117,6 \text{ N};$$

$$F_r = \mu P = 0,42 \cdot 117,6 \text{ N} = 49,4 \text{ N}$$

$$a = \frac{F - F_r}{m} = \frac{75 \text{ N} - 49,4 \text{ N}}{12 \text{ kg}} = 2,13 \text{ m s}^{-2};$$

$$x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,13 \text{ m s}^{-2} \cdot (4 \text{ s})^2 = 17 \text{ m}$$

**26. Describe cómo determinarías experimentalmente el coeficiente estático de rozamiento entre dos superficies.**

Mediante un plano inclinado. Determinando el ángulo mínimo necesario ( $\alpha$ ) para iniciar el deslizamiento:  $\mu_e = \text{tg } \alpha$ .

**27. Un cuerpo de 5,4 kg está situado sobre un plano inclinado  $20^\circ$  sobre la horizontal. El coeficiente de rozamiento estático entre el bloque y el plano es  $\mu_e = 0,40$ . ¿Desciende el bloque por el plano? ¿Cuál es el ángulo mínimo a partir del cual se inicia el movimiento?**

$$P_x = mg \text{ sen } \alpha = 5,4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \text{sen } 20^\circ = 18,1 \text{ N}$$

$$F_r = \mu mg \text{ cos } \alpha = 0,40 \cdot 5,4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \text{cos } 20^\circ = 19,9 \text{ N}$$

No desciende.

$$\text{tg } \alpha = \mu_e; \text{ tg } \alpha = 0,40; \alpha = 21,8^\circ$$

**28. a) Describe la constitución de un dinamómetro.**

b) Basándote en la Ley de Hooke, explica su funcionamiento.

c) Dos dinamómetros de un mismo fabricante tienen la misma longitud y aparentemente las mismas características, pero uno de ellos puede medir fuerzas de hasta 2 N de módulo, mientras el otro sólo puede hacerlo hasta 1 N. ¿Qué se puede afirmar acerca de sus constantes elásticas?

a) Es un muelle que consta de un índice que marca sobre una escala graduada.

b) El alargamiento del muelle del dinamómetro es proporcional a la fuerza deformadora. Una vez calibrado, permite medir la fuerza que lo deforma.

c) Se puede afirmar que será mayor la constante elástica del primer dinamómetro, puesto que para conseguir el mismo alargamiento hay que aplicar sobre él una fuerza mayor.

**29. Un muelle de acero se alarga 2,4 cm al colgarle un bloque de 5 kg.**

a) ¿Cuál es el valor de la fuerza deformadora?

b) ¿Cuál es su constante elástica?

c) ¿Cuánto se alargaría al colgarle un cuerpo de 12 kg?

$$a) F = P = mg = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N}$$

$$b) k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{49 \text{ N}}{0,024 \text{ m}} = 2,04 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$$

$$c) \Delta x = \frac{F}{k} = \frac{12 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}} = 0,059 \text{ m} = 5,9 \text{ cm}$$

**30. Se coloca un cuerpo de masa  $m = 59 \text{ kg}$  sobre un resorte cuya constante elástica  $k = 4,2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$ .**

a) ¿Cuánto vale la fuerza deformadora?

b) ¿Qué longitud se acorta el resorte?

c) ¿Qué longitud se alarga el resorte si el cuerpo se cuelga de él?

$$a) F = P = mg = 59 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 5,8 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$b) \Delta x = \frac{F}{k} = \frac{5,8 \cdot 10^2 \text{ N}}{4,2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}} = 0,14 \text{ m}$$

c) La misma. El alargamiento depende de  $F$  y  $k$ , no de si es alargamiento o acortamiento.

**31. ¿De qué factores depende la velocidad máxima con que un vehículo puede tomar una curva horizontal sin patinar?**

Depende del coeficiente de rozamiento de los neumáticos con el suelo y del radio de la curva:

$$v = \sqrt{\mu g R}$$

**32. Un coche toma una curva de 60 m de radio en una carretera horizontal. El coeficiente de rozamiento de las ruedas con el suelo es de 0,75. ¿Con qué velocidad máxima podría tomar la curva sin derrapar?**

$$F_c = F_r; \frac{m v^2}{R} = \mu mg; \quad v = \sqrt{\mu \cdot g \cdot R} =$$

$$= \sqrt{0,75 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 60 \text{ m}} = 21 \text{ m s}^{-1}$$

**33. ¿Influye el radio de una curva en el ángulo de peralte que debe tener?**

$$\text{Sí. } v = \sqrt{R g \text{ tg } \alpha}$$

**34. Se hace girar en un plano vertical una piedra de masa 50 g mediante una cuerda de 50 cm de longitud dando 120 vueltas por minuto. ¿Qué tensión soporta la cuerda cuando la piedra está en el punto más alto y en el más bajo de su trayectoria?**

$$F_c = P + T_1; \quad T_1 = F_c - P = m \omega^2 R - mg =$$

$$= 0,05 \text{ kg} \cdot \left(4 \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0,5 \text{ m} - 0,05 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

$$T_1 = 3,46 \text{ N}$$

$$T_2 = F_c + P = 3,95 \text{ N} + 0,49 \text{ N} = 4,44 \text{ N}$$

## ■ Problemas propuestos

### ■ Para afianzar

1. Calcula el módulo del vector  $\vec{F} = 17 \vec{u}_x - 26 \vec{u}_y \text{ N}$ . Calcula también el ángulo que forma con el eje  $Ox$ .

$$F = \sqrt{(17 \text{ N})^2 + (-26 \text{ N})^2} = 31 \text{ N}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{-26}{17} = -1,53 \quad \alpha = -57^\circ = 303^\circ$$



2. Sobre una masa  $m$  actúa una fuerza constante de 250 N durante 15 s, transmitiéndole una velocidad de  $37,5 \text{ m s}^{-1}$ . Calcula la masa  $m$  y la cantidad de movimiento de la misma al cabo de ese tiempo.

$$F t = \Delta(m v) = m v$$

$$m = \frac{F t}{v} = \frac{250 \text{ N} \cdot 15 \text{ s}}{37,5 \text{ m s}^{-1}} = 100 \text{ kg}$$

$$p = m v = 100 \text{ kg} \cdot 37,5 \text{ m s}^{-1} = 3750 \text{ kg m s}^{-1}$$

3. Calcula la fuerza que ejerce sobre el piso del ascensor un hombre de 70 kg de masa:

- a) Cuando está en reposo.  
 b) Cuando asciende a  $1 \text{ m s}^{-2}$ .  
 c) Cuando asciende a  $5 \text{ m s}^{-2}$ .  
 d) Cuando desciende a  $2 \text{ m s}^{-2}$ .

$$a) F = P = m g = 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$b) F = P + m a = m (g + a) = 70 \text{ kg} (9,8 + 1) \text{ m s}^{-2} = 7,6 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$c) F = P = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$d) F = m (g - a) = 70 \text{ kg} (9,8 - 2) \text{ m s}^{-2} = 5,5 \cdot 10^2 \text{ N}$$

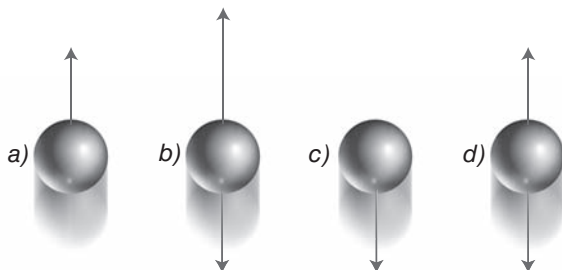
4. ¿Por qué te desplazas hacia adelante cuando el autobús en el que viajas frena bruscamente?

Según el principio de inercia, tiendes a mantener tu movimiento.

5. ¿Por qué no se anulan entre sí las fuerzas de acción y reacción si siempre son iguales y de sentido contrario?

Se aplican en cuerpos distintos.

6. Se lanza una pelota verticalmente hacia arriba. Cuando se encuentra subiendo, y considerando nulo el rozamiento con el aire, ¿cuál de los siguientes diagramas representa correctamente las fuerzas que actúan sobre la pelota?

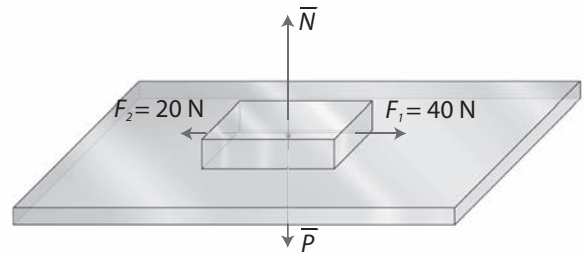


c) Sólo actúa la fuerza gravitatoria.

7. Dos imanes se atraen mutuamente. Si la masa de uno es menor que la del otro, ¿cuál experimenta una fuerza mayor? ¿Cuál de los dos se moverá con mayor velocidad?

La fuerza es igual y opuesta en uno y en otro (acción y reacción). Se mueve con mayor velocidad el imán que tiene menos masa, porque tiene más aceleración.

8. Sobre el cuerpo de la figura, cuya masa es  $m = 5 \text{ kg}$ , actúan las fuerzas que se indican. Calcula:



- a) El peso del cuerpo.  
 b) La reacción normal  $N$ .  
 c) La aceleración del cuerpo.

$$a) P = m g = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N}$$

$$b) N = P = 49 \text{ N}$$

$$c) a = \frac{\sum F}{m} = \frac{40 \text{ N} - 20 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

9. Una pelota de 75 g de masa llega a la pared de un frontón con una velocidad de  $16 \text{ m s}^{-1}$  y rebota con una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$ . El tiempo de contacto con la pared es de 0,03 s. Calcula:

- a) La variación que experimenta el momento lineal de la pelota.

- b) La fuerza media que actúa sobre la pelota.

$$a) \Delta p = p_2 - p_1 = m v_2 - (-m v_1) = m (v_2 + v_1) = 0,075 \text{ kg} \cdot (12 + 16) \text{ m s}^{-1} = 2,1 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$b) F \Delta t = \Delta p \quad F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2,1 \text{ kg m s}^{-1}}{0,03 \text{ s}} = 70 \text{ N}$$

10. Para arrastrar con velocidad constante un piano de 140 kg de masa sobre un suelo horizontal hay que realizar una fuerza de 650 N. Calcula el coeficiente de rozamiento.

$$F = F_r = \mu m g; \quad 650 \text{ N} = \mu \cdot 140 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}; \quad \mu = 0,47$$

11. El muelle de un dinamómetro se alarga 3,0 cm al colgarle una masa de 100 g. ¿Cuál es su constante elástica?

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,03 \text{ m}} = 32,7 \text{ N m}^{-1}$$

12. Calcula la fuerza de atracción gravitatoria entre la Tierra y un astronauta, que con el traje espacial tiene una masa de 120 kg, que se encuentre a 20 000 km de la superficie de la Tierra. ¿Cuál es el valor de  $g$  a esa altura?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6380 \text{ km}$

$$F_n = \frac{G m_1 m_2}{(R_T + h)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 120 \text{ kg}}{(26,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 68,8 \text{ N}$$



$$g = \frac{G M_T}{(R_T + h)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(26,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 0,573 \text{ m s}^{-2}$$

13. Tenemos un niño sentado en un trineo en una pendiente cubierta de nieve. No se desliza, pero empujando con los pies consigue poner en movimiento el trineo, y a partir de ese momento, y sin ayuda por parte del niño, desciende aumentando continuamente su velocidad. ¿Podrías dar una explicación de lo sucedido?

El coeficiente de rozamiento cinético es menor que el coeficiente de rozamiento estático.

14. ¿A qué altura sobre la Tierra debe encontrarse una nave espacial para que el valor de la aceleración de la gravedad sea  $9,00 \text{ m s}^{-2}$ ?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6380 \text{ km}$ .

$$g_h = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}; \quad h = \frac{R_T \sqrt{g_0}}{\sqrt{g_h}} - R_T$$

$$h = \frac{6,38 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \sqrt{9,8 \text{ m s}^{-2}}}{\sqrt{9 \text{ m s}^{-2}}} - R_T = 2,77 \cdot 10^5 \text{ m} = 277 \text{ km}$$

15. ¿Puede existir fuerza de rozamiento sobre un objeto en el que la suma de todas las demás fuerzas sea nula? Pon un ejemplo.

Sí. Un cuerpo lanzado con una determinada velocidad inicial que se desliza sobre un plano horizontal.

## ■ Para repasar

16. Un avión de 90 t que está parado arranca y alcanza la velocidad de despegue,  $144 \text{ km h}^{-1}$ , tras recorrer 1,6 km por la pista. ¿Qué fuerza, supuesta constante, han ejercido sus motores?

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{(40 \text{ m s}^{-1})^2 - 0}{2 \cdot 1600 \text{ m}} = 0,5 \text{ m s}^{-2}$$

$$F = m a = 90 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m s}^{-2} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ N}$$

17. Un automóvil ejerce una fuerza de tracción de 120 kp y arrastra un remolque con un cable. El automóvil tiene una masa de 800 kg y el remolque 1000 kg. Si se desprecian los rozamientos, calcula:

a) La aceleración del movimiento.

b) La tensión de la cuerda.

c) La velocidad del conjunto cuando, habiendo partido del reposo, haya recorrido 20 m.

$$a) a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{120 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ N} \cdot \text{kp}^{-1}}{1800 \text{ kg}} = 0,65 \text{ m s}^{-2}$$

$$b) T = m a = 1000 \text{ kg} \cdot 0,65 \text{ m s}^{-2} = 650 \text{ N}$$

$$c) v = \sqrt{2 a s} = \sqrt{2 \cdot 0,65 \text{ m s}^{-2} \cdot 20 \text{ m}} = 5,1 \text{ m s}^{-1}$$

18. Una madre y su hija, con masas de 60 kg y 45 kg, respectivamente, están paradas en una pista de hielo. La hija empuja a su madre horizontalmente con una fuerza de 40 N durante 0,5 s. Calcula:

a) La aceleración y la velocidad de la madre.

b) La fuerza que actúa sobre la hija, su aceleración y su velocidad.

$$a) a = \frac{F}{m} = \frac{40 \text{ N}}{60 \text{ kg}} = 0,67 \text{ m s}^{-2}$$

$$v = v_0 + a t = 0,67 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 \text{ s} = 0,33 \text{ m s}^{-1}$$

$$b) F = -40 \text{ N} \quad a = \frac{-40 \text{ N}}{45 \text{ kg}} = -0,89 \text{ m s}^{-2}$$

$$v = -0,89 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 \text{ s} = -0,44 \text{ m s}^{-1}$$

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

a) Si es paralela a la superficie.

b) Si forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal.

$$a) F = m a = 6 \text{ kg} \cdot 8,5 \text{ m s}^{-2} = 51 \text{ N}$$

b)  $F_x = m a = F \cos \alpha$

$$F = \frac{m a}{\cos \alpha} = \frac{6 \text{ kg} \cdot 8,5 \text{ m s}^{-2}}{\cos 30^\circ} = 59 \text{ N}$$

20. Una pelota de tenis de 50 g llega a un jugador con una velocidad de  $20 \text{ m s}^{-1}$ . Después de ser golpeada por el jugador sale con una velocidad doble en sentido opuesto. Si la raqueta ha ejercido una fuerza media sobre la pelota de 200 N, ¿cuánto tiempo ha estado en contacto con la raqueta?

$$F t = m v_f - m v_0$$

$$t = \frac{m (v_f - v_0)}{F} = \frac{0,05 \text{ kg} \cdot 60 \text{ m s}^{-1}}{200 \text{ N}} = 0,015 \text{ s}$$

21. Dos cuerpos de 400 y 500 g, respectivamente, cuelgan de los extremos de una cuerda inextensible y de masa despreciable que pasa por una polea que suponemos no influye en el problema (máquina de Atwood). ¿Con qué aceleración se moverán? ¿Cuál es la tensión de la cuerda?

$$a = \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2} = \frac{(m_1 - m_2) g}{m_1 + m_2} = \frac{(0,5 \text{ kg} - 0,4 \text{ kg}) 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,9 \text{ kg}} = 1,09 \text{ m s}^{-2}$$

$$T - m_2 g = m_2 a$$

$$T = 0,4 \text{ kg} \cdot (9,8 + 1,09) \text{ m s}^{-2} = 4,36 \text{ N}$$

22. Un cuerpo de masa  $m = 3 \text{ kg}$  está situado sobre un plano inclinado  $30^\circ$  sobre la horizontal sin rozamientos.

a) Dibuja un diagrama con todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

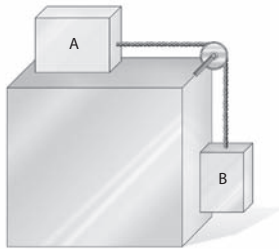


b) ¿Con qué aceleración desciende por el plano?

a) Solución gráfica no incluida.

$$b) a = \frac{F}{m} = \frac{P_x}{m} = \frac{m g \sen 30^\circ}{m} = g \cdot \sen 30^\circ = 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 = 4,9 \text{ m s}^{-2}$$

23. Las masas de los cuerpos A y B de la figura son 300 g y 200 g, respectivamente. Considerando que no existen rozamientos, que la cuerda es inextensible y de masa despreciable y que la polea no influye en el movimiento, calcula:



a) La aceleración del sistema.

b) La tensión de la cuerda.

$$a) a = \frac{m_B g}{m_A + m_B} = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,5 \text{ kg}} = 3,9 \text{ m s}^{-2}$$

b)  $P_B - T = m_B a$

$$T = P_B - m_B a = m_B (g - a) = 0,2 \text{ kg} \cdot (9,8 - 3,9) \text{ m s}^{-2} = 1,2 \text{ N}$$

24. Dos bolas de masas  $m_1 = 30 \text{ g}$  y  $m_2 = 75 \text{ g}$  se mueven sobre una superficie horizontal lisa de forma que se pueden considerar como partículas libres sin rozamiento. Se dirigen en línea recta una hacia la otra con velocidades de  $5$  y  $7 \text{ m s}^{-1}$ , respectivamente. Después del choque, la primera bola rebota con una velocidad de  $12,1 \text{ m s}^{-1}$ . ¿Qué velocidad adquiere la segunda bola después del choque?

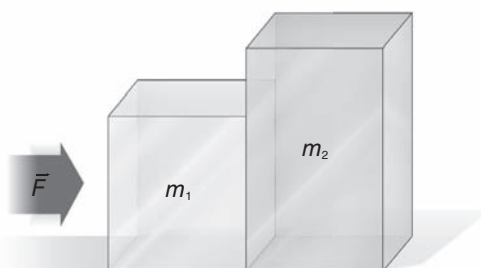
$$p_1 = m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0,03 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m s}^{-1} + 0,075 \text{ kg} \cdot (-7 \text{ m s}^{-1}) = -0,375 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$p_1 = p_2$$

$$-0,375 \text{ kg m s}^{-1} = 0,03 \text{ kg} (-12,1 \text{ m s}^{-1}) + 0,075 \text{ kg} \cdot v_2'$$

$$v_2' = -0,16 \text{ m s}^{-1}$$

25. Los bloques  $m_1 = 2 \text{ kg}$  y  $m_2 = 3 \text{ kg}$  de la figura se apoyan sobre una superficie horizontal sin rozamiento. La fuerza  $F = 20 \text{ N}$  empuja al conjunto de los bloques que están en contacto. Calcula la aceleración del conjunto y las fuerzas de acción y reacción entre los bloques.



$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{20 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

$$F - T = m_1 a$$

$$T = F - m_1 a = 20 \text{ N} - 2 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-2} = 12 \text{ N}$$

$$T = m_2 a = 3 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-2} = 12 \text{ N}$$

26. Una técnica utilizada para determinar la velocidad de una bala consiste en disparar sobre un blanco de modo que ésta se incruste en él, observando el movimiento del blanco tras el choque. Supón que una bala de  $17 \text{ g}$  de masa, tras incrustarse en un blanco de  $1500 \text{ g}$ , hace que el conjunto se mueva con una velocidad de  $0,64 \text{ m s}^{-1}$ . En ausencia de rozamientos, determina la velocidad de la bala antes del impacto.

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v'$$

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2) v'}{m_1} = \frac{1,517 \text{ kg} \cdot 0,64 \text{ m s}^{-1}}{0,017 \text{ kg}} = 57 \text{ m s}^{-1}$$

27. Un plano inclinado forma un ángulo de  $40^\circ$  sobre la horizontal. En la parte más alta se abandona un cuerpo para que baje deslizándose. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento estático es  $0,5$ , averigua si se deslizará.

Descenderá si  $P_x > F_r$ ;  $m g \sen \alpha > \mu m g \cos \alpha$ ;  $\text{tg } \alpha > \mu$ ;  $\text{tg } \alpha > 0,5$

Como  $\text{tg } 40^\circ = 0,84 > 0,5$ , descenderá.

28. ¿Cuál es la masa y el peso de un cuerpo de  $40,0 \text{ kg}$  en la Tierra y en la Luna?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6380 \text{ km}$ ;  $R_L = 1740 \text{ km}$ .

$$m_T = m_L = 40 \text{ kg}$$

$$g_T = \frac{G m_T}{R_T^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

$$g_L = \frac{G m_L}{R_L^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(1,74 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 1,62 \text{ m s}^{-2}$$

$$P_T = m g_T = 40 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 392 \text{ N}$$

$$P_L = m g_L = 40 \text{ kg} \cdot 1,62 \text{ m s}^{-2} = 64,8 \text{ N}$$

29. Un ciclista toma la curva de un velódromo de  $40 \text{ m}$  de diámetro con una velocidad de  $40 \text{ km h}^{-1}$ . Suponiendo que el rozamiento entre las ruedas y el suelo es despreciable, calcula el ángulo de peralte para que el ciclista no se salga de la pista.

$$\text{tg } \alpha = \frac{v^2}{R g} = \frac{(11,11 \text{ m s}^{-1})^2}{20 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}} = 0,630; \quad \alpha = 32^\circ$$

30. La longitud de un muelle aumenta  $1,0 \text{ cm}$  cuando se cuelga de él un objeto A de  $1,5 \text{ kg}$  de masa.

a) ¿Cuál es la constante elástica del muelle?

b) Cuando se cuelga otro objeto B del muelle, éste se alarga  $3 \text{ cm}$ . ¿Cuál es la masa de B?

$$a) k = \frac{F}{g} = \frac{P}{\Delta x} = \frac{1,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,01 \text{ m}} = 1470 \text{ N m}^{-1}$$



$$b) m = \frac{k \Delta x}{g} = \frac{1470 \text{ N m}^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,8 \text{ m s}^{-2}} = 4,5 \text{ kg}$$

31. Una atracción de feria consiste en lanzar un trineo de 2,0 kg por una rampa ascendente que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. Si el coeficiente de rozamiento es 0,15, ¿con qué velocidad se debe lanzar para que ascienda una altura de 4,0 m?

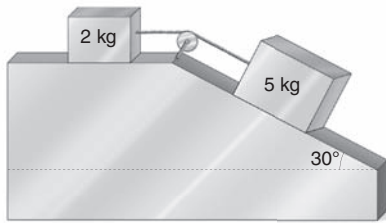
$$a = \frac{-P_x - F_r}{m} = \frac{-m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha}{m} = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) =$$

$$= -9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 30^\circ + 0,15 \cdot \cos 30^\circ)$$

$$a = -6,17 \text{ m s}^{-2}; v_0 = \sqrt{-2 a x} = \sqrt{-2 \cdot (-6,17 \text{ m s}^{-2}) \cdot 4 \text{ m}} =$$

$$= 7,0 \text{ m s}^{-1}$$

32. Dados los cuerpos representados en la figura, calcula la aceleración con que se mueven y la tensión de la cuerda. El coeficiente de rozamiento es el mismo para ambos cuerpos y vale 0,200.



$$\left. \begin{aligned} m_1 g \sin 30^\circ - T - \mu m_1 g \cos 30^\circ &= m_1 a \\ T - \mu m_2 g &= m_2 a \end{aligned} \right\}$$

$$a = \frac{-m_1 g (\sin 30^\circ - \mu \cos 30^\circ) - \mu m_2 g}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 30^\circ - 0,2 \cdot \cos 30^\circ) - 0,2 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{7 \text{ kg}} =$$

$$= 1,73 \text{ m s}^{-2}$$

$$T = m_2 (a + \mu g) = 2 \text{ kg} \cdot (1,73 + 0,2 \cdot 9,8) \text{ m s}^{-2} = 7,38 \text{ N}$$

33. Un cuerpo de 50 kg está en reposo sobre una superficie horizontal. El coeficiente cinético de rozamiento vale 0,20 y el estático 0,50. Calcula:

- a) La fuerza de rozamiento entre el cuerpo y la superficie.  
 b) La fuerza mínima necesaria para iniciar el movimiento.  
 c) ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento si la fuerza horizontal aplicada es de 40 kp? En este caso, ¿cuánto vale la aceleración?
- a) El cuerpo está en reposo y no se ejerce ninguna fuerza sobre él:  $F_r = 0$   
 b)  $F = F_r = \mu_e m g = 0,50 \cdot 50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 245 \text{ N}$   
 c) Como  $F = 40 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 392 \text{ N}$ , que es mayor que 245 N, el cuerpo llevará un MRUA, y entonces:  
 $F_r = \mu_e m g = 0,2 \cdot 50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 98 \text{ N}$   
 $a = \frac{F - F_r}{m} = \frac{40 \cdot 9,8 \text{ N} - 98 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 5,9 \text{ m s}^{-2}$

## ■ Para profundizar

34. Un bloque de 5 kg está sostenido por una cuerda y se eleva con una aceleración de  $2 \text{ m s}^{-2}$ .

- a) ¿Cuál es la tensión de la cuerda?  
 b) Si después de iniciado el movimiento, la tensión de la cuerda se reduce a 49 N, ¿qué clase de movimiento tendrá lugar?  
 c) Si se afloja la cuerda por completo, se observa que el bloque continúa moviéndose, recorriendo 2 m antes de detenerse. ¿Qué velocidad tenía?

$$a) T - m g = m a$$

$$T = m g + m a = m (g + a) = 5 \text{ kg} \cdot (9,8 + 2) \text{ m s}^{-2} = 59 \text{ N}$$

$$b) a = \frac{T - m g}{m} = \frac{49 \text{ N} - 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{5 \text{ kg}} = 0 \text{ (MRU)}$$

$$c) T = 0 \quad m g = m a \quad v^2 - v_0^2 = 2 a s$$

$$0 - v_0^2 = 2 \cdot (-9,8 \text{ m s}^{-2}) \cdot 2 \text{ m} \quad v_0 = 6,3 \text{ m s}^{-1}$$

35. Una grúa eleva un peso de 2000 kp con un cable cuya resistencia a la ruptura es 3000 kp. ¿Cuál es la máxima aceleración con que puede subir el peso?

$$T = m g + m a$$

$$a = \frac{T - m g}{m} = \frac{3000 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ N kp}^{-1} - 2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{2000 \text{ kg}} =$$

$$= 4,9 \text{ m s}^{-2}$$

36. Una barca situada en medio de un canal, con las aguas en reposo, es arrastrada mediante dos cuerdas con las que se ejercen fuerzas de 250 N y 320 N, respectivamente. La primera cuerda forma un ángulo de  $60^\circ$  con la dirección del canal. ¿Qué ángulo debe formar la segunda cuerda con la dirección del canal si la barca se mueve paralelamente a las orillas? ¿Qué fuerza arrastra a la barca?

$$F_{1x} = F_1 \cos 60^\circ = 250 \text{ N} \cdot \cos 60^\circ = 125 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ = 250 \text{ N} \cdot \sin 60^\circ = 217 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_{1y}; \quad F_{2y} = 217 \text{ N} = F_2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{217 \text{ N}}{320 \text{ N}} \quad \alpha = 43^\circ$$

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = 125 \text{ N} + (320 \text{ N} \cdot \cos 43^\circ) = 359 \text{ N}$$

37. Un montacargas posee una velocidad de régimen, tanto en el ascenso como en el descenso, de  $4 \text{ m s}^{-1}$ . Tarda 1 s en adquirirla al arrancar o en detenerse por completo en las paradas. Si en el montacargas hay un peso de 800 kp y la masa del montacargas es de 1000 kg, calcula:

- a) La fuerza que ejercerá el cuerpo sobre el piso del montacargas en el instante del arranque para ascender.  
 b) La misma fuerza cuando se mueve entre pisos a velocidad constante.  
 c) La misma fuerza en el momento de detenerse durante la subida.  
 d) La tensión del cable en los tres casos anteriores.

$$a) a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4 \text{ m s}^{-1} - 0}{1 \text{ s}} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_1 = m_1 (g + a) = 800 \text{ kg} \cdot (9,8 + 4) \text{ m s}^{-2} = 11040 \text{ N}$$





- b)  $a = 0$   
 $F_1 = m_1 g = 800 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 7840 \text{ N}$
- c)  $a = -4 \text{ m s}^{-2}$   
 $F_1 = m_1 (g + a) = 800 \text{ kg} \cdot (9,8 - 4) \text{ m s}^{-2} = 4640 \text{ N}$
- d)  $T - (P_1 + P_2) = (m_1 + m_2) a$   
 $T = (m_1 + m_2) g + (m_1 + m_2) a = (m_1 + m_2) (g + a)$   
 1)  $T = 1800 \text{ kg} \cdot (9,8 + 4) \text{ m s}^{-2} = 24840 \text{ N}$   
 2)  $T = 1800 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 17640 \text{ N}$   
 3)  $T = 1800 \text{ kg} \cdot (9,8 - 4) \text{ m s}^{-2} = 10440 \text{ N}$

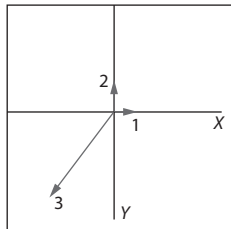
38. Una explosión rompe una roca en tres trozos. Dos de ellos, de 1 kg y 2 kg, salen despedidos en ángulo recto con una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$  y  $8 \text{ m s}^{-1}$ , respectivamente.

El tercero sale con una velocidad de  $40 \text{ m s}^{-1}$ .

a) Dibuja un diagrama que muestre la dirección y sentido de este tercer fragmento.

b) ¿Cuál es la masa de la roca?

a) El tercer fragmento de la roca sale con un ángulo de  $37^\circ$  con el eje  $OY$  negativo ( $233^\circ$ ).



- b)  $0 = 1 \cdot 12 \vec{u}_x + 2 \cdot 8 \vec{u}_y + m_3 \vec{v}_3$   
 $m_3 v_3 = \sqrt{(-12)^2 + (16)^2} = 20 \text{ kg m s}^{-1}$   
 $m_3 = \frac{20}{v_3} = \frac{20 \text{ kg m s}^{-1}}{40 \text{ m s}^{-1}} = 0,5 \text{ kg}$   
 $m_T = 3,5 \text{ kg}$

39. Halla la fuerza constante que hay que aplicar a un cuerpo de 20 kg de masa para:

- a) Transmitirle una aceleración de  $1,2 \text{ m s}^{-2}$ .  
 b) Transmitirle una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$  a los 4 s de iniciado el movimiento.  
 c) Recorrer 450 m en los primeros 15 s.  
 d) Lo mismo del c) si existe además una fuerza contraria de 35 N.

- a)  $F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m s}^{-2} = 24 \text{ N}$
- b)  $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{12 \text{ m s}^{-1} - 0}{4 \text{ m s}^{-1}} = 3 \text{ m s}^{-2}$   
 $F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m s}^{-2} = 60 \text{ N}$
- c)  $x = 1/2 a t^2 \quad a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \cdot 450 \text{ m}}{(15 \text{ s})^2} = 4 \text{ m s}^{-2}$   
 $F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-2} = 80 \text{ N}$
- d)  $80 \text{ N} + 35 \text{ N} = 115 \text{ N}$

40. Un ascensor, cuya masa total es 729 kg, sube a una altura de 25 m. A los 2 s de arrancar adquiere una velocidad de

$1 \text{ m s}^{-1}$ . Cuando faltan 2,5 m para llegar a su destino, frena, apareciendo una aceleración negativa de  $0,2 \text{ m s}^{-2}$ . Calcula la tensión del cable:

a) En el primer segundo del movimiento.

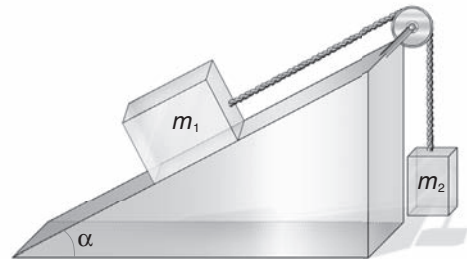
b) Cuando el ascensor recorre el último metro de la subida.

- a)  $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{1 \text{ m s}^{-1} - 0}{2 \text{ s}} = 0,5 \text{ m s}^{-2}$   
 $T = m (g + a) = 729 \text{ kg} \cdot (9,8 + 0,5) \text{ m s}^{-2} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ N}$
- b)  $T = m (g + a) = 729 \text{ kg} \cdot (9,8 - 0,2) \text{ m s}^{-2} = 7 \cdot 10^3 \text{ N}$

41. a) Indica en qué sentido se mueve el sistema en la figura y calcula con qué aceleración.

b) ¿Qué valor tiene la tensión de la cuerda?

Datos:  $m_1 = 2,0 \text{ kg}$ ;  $m_2 = 700 \text{ g}$ ;  $\alpha = 30^\circ$ .



- a)  $m_1 g \sin \alpha - m_2 g = (m_1 + m_2) a$   
 $2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 - 0,7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 2,7 \text{ kg} \cdot a$   
 $a = 1,1 \text{ m s}^{-2}$
- b)  $T - m_2 g = m_2 a$   
 $T = m_2 (g + a) = 0,7 \text{ kg} \cdot (9,8 + 1,1) \text{ m s}^{-2} = 7,6 \text{ N}$

42. Por un plano inclinado  $30^\circ$  sobre la horizontal se lanza hacia arriba un cuerpo de 5,0 kg, con una velocidad de  $10 \text{ m s}^{-1}$ , siendo el coeficiente de rozamiento cinético entre el cuerpo y el plano 0,20.

- a) ¿Cuál será la aceleración de su movimiento?  
 b) ¿Qué espacio recorre hasta que se para?  
 c) ¿Qué tiempo tarda en pararse?

a)  $a = \frac{-P_x - F_r}{m} = \frac{-m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha}{m} =$   
 $= -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) =$   
 $= -9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 30^\circ + 0,2 \cdot \cos 30^\circ)$   
 $a = -6,6 \text{ m s}^{-2}$

b)  $x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - (10 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \cdot (-6,6 \text{ m s}^{-2})} = 7,6 \text{ m}$

c)  $t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - (10 \text{ m s}^{-1})}{-6,6 \text{ m s}^{-2}} = 1,5 \text{ s}$

43. Un bloque de 5,0 kg se lanza hacia arriba a lo largo de un plano inclinado  $37^\circ$  con una velocidad inicial de  $9,8 \text{ m s}^{-1}$ . Se observa que recorre una distancia de 6,0 m y después se desliza hacia abajo hasta el punto de partida.



Calcula:

a) La fuerza de rozamiento que actúa sobre el bloque.

b) La velocidad de éste cuando vuelve a su posición inicial.

$$a) a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{0 - (9,8 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \cdot 6 \text{ m}} = -8,0 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_r = -P_x - ma = -mg \sin \alpha - ma = -m(g \sin \alpha - a) = -5 \text{ kg} \cdot (9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 37^\circ - 8 \text{ m s}^{-2}) = 10,5 \text{ N}$$

$$b) a = \frac{-P_x - F_r}{m} = \frac{-mg \sin \alpha + F_r}{m} = \frac{-5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 37^\circ + 10,5 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 3,8 \text{ m s}^{-2}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot (-3,8) \cdot (-6)} = 6,8 \text{ m s}^{-1}$$

44. Un cuerpo de 2,0 kg de masa se encuentra sujeto al extremo de una cuerda de 100 cm de longitud, y al girar verticalmente describiendo una circunferencia cuando pasa por el punto más bajo, la tensión vale 100 N. Si en ese momento se rompe la cuerda:

a) ¿Con qué velocidad saldrá despedido el cuerpo?

b) ¿Cuál es la tensión de la cuerda en el punto más alto?

$$a) \frac{mv^2}{R} = T - mg; \quad v = \sqrt{\frac{TR - mgR}{m}} = \sqrt{\frac{100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} - 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 1 \text{ m}}{2 \text{ kg}}} = 6,34 \text{ m s}^{-1}$$

b) La velocidad en el punto más alto es:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2g \cdot 2R} = \sqrt{(6,34 \text{ m s}^{-1})^2 - 2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 2 \text{ m}} = 1 \text{ m s}^{-1}$$

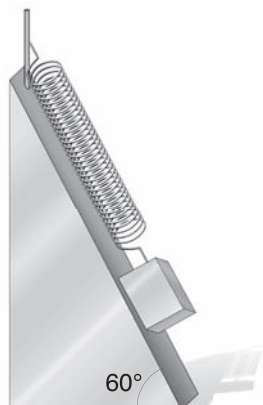
En el punto más alto:  $F_c = T + mg$ ; por tanto, como máximo:

$$F_c = mg; \quad \frac{mv_2^2}{R} = mg; \quad v_2 = \sqrt{Rg}$$

$$v_2 = \sqrt{1 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}} = 3,13 \text{ m s}^{-1}$$

Como  $v_1 < v_2$ , el cuerpo no describe la circunferencia:  $T = 0$ .

45. El bloque de la Figura 6.53, de 7 kg de masa, está apoyado sobre un plano inclinado  $60^\circ$  sobre la horizontal y sujeto por un resorte que sufre un alargamiento de 16,4 cm. ¿Cuál es la constante elástica del muelle?

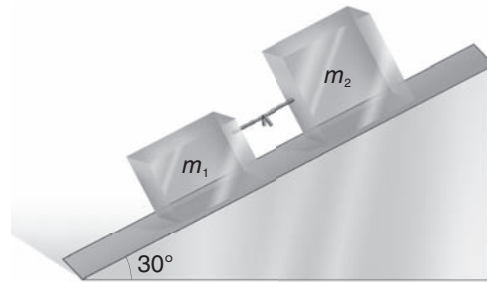


$$P_x = k \Delta x; \quad mg \sin \alpha = k \Delta x; \quad k = \frac{mg \sin \alpha}{\Delta x} = \frac{7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 60^\circ}{0,164 \text{ m}} = 3,6 \cdot 10^2 \text{ N m}^{-1}$$

46. Dos cuerpos  $m_1 = 2,0 \text{ kg}$  y  $m_2 = 3,0 \text{ kg}$  están unidos por una cuerda de masa despreciable, según se representa en la figura. Si los respectivos coeficientes de rozamiento son 0,20 y 0,40, calcula:

a) La aceleración del sistema.

b) La tensión de la cuerda.



$$a) a = \frac{P_{x1} + P_{x2} + F_{r1} + F_{r2}}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 g \sin \alpha + m_2 g \sin \alpha - \mu_1 m_1 g \cos \alpha - \mu_2 m_2 g \cos \alpha}{m_1 + m_2} = \frac{2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ + 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ - 0,2 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ - 0,4 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ}{5 \text{ kg}} = 2,18 \text{ m s}^{-2}$$

$$b) T + m_2 g \sin \alpha - \mu_2 m_2 g \cos \alpha = m_2 a$$

$$T = m_2 a + \mu_2 m_2 g \cos \alpha - m_2 g \sin \alpha$$

$$T = 3 \text{ kg} \cdot 2,18 \text{ m s}^{-2} + 0,4 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ - 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ = 2,02 \text{ N}$$

47. ¿A qué velocidad tienen que pasar los ciclistas por una curva, de radio 40 m y peraltada  $60^\circ$ , en una competición si utilizan un tipo de rueda que elimina por completo el rozamiento lateral? Si existiera ese tipo de rueda, ¿se podría utilizar para mejorar el comportamiento de un ciclista en el Tour de Francia?

$$v = \sqrt{Rg \operatorname{tg} \alpha} = \sqrt{40 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 26 \text{ m s}^{-1}$$

No. Las curvas no tienen el peralte adecuado como en el caso calculado y, al no rozar, sería imposible tomar las curvas.

48. Un bloque de madera de 3 kg está situado sobre un plano inclinado  $5^\circ$  sobre la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,5. ¿Con qué velocidad descenderá el bloque por el plano a los 5 s de iniciado el movimiento? ¿Te da una velocidad negativa?



$$P_x = m g \sin \alpha = 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \sin 5^\circ = 2,6 \text{ N}$$

$$F_{r \text{ máx}} = \mu m g \cos \alpha = 0,5 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 5^\circ = 14,6 \text{ N};$$

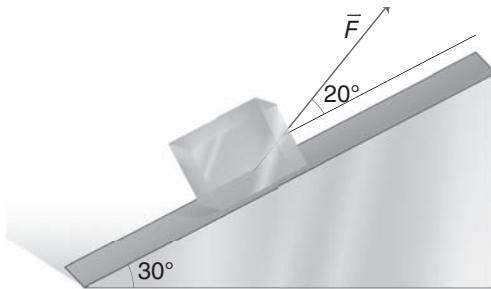
$$F_r = 2,6 \text{ N}$$

No desciende. El valor de la fuerza de rozamiento es igual al de  $P_x$ , no puede ser mayor.

49. Un cuerpo de 12,5 kg de masa asciende por el plano inclinado de la figura al aplicarle la fuerza  $F = 122 \text{ N}$ . El coeficiente de rozamiento cinético vale 0,48. Calcula:

a) La aceleración del cuerpo.

b) El tiempo que tarda en recorrer 18,2 m.



$$a) F_x = P_x - F_r = m a$$

$$F \cos 20^\circ - m g \sin 30^\circ - \mu m g \cos 30^\circ = m a$$

$$a = \frac{F}{m} \cos 20^\circ - g (\sin 30^\circ + \mu \cos 30^\circ) =$$

$$= \frac{122 \text{ N}}{12,5 \text{ kg}} \cdot 0,94 - 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (0,5 + 0,48 \cdot 0,87) =$$

$$= 9,17 \text{ m s}^{-2} - 8,99 \text{ m s}^{-2} = 0,18 \text{ m s}^{-2}$$

$$b) x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow \text{como } x_0 = 0 \text{ y } v_0 = 0,$$

$$x = \frac{1}{2} a t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 18,2 \text{ m}}{0,2 \text{ m s}^{-2}}} = 14,2 \text{ s}$$