

## Actividades

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

**Solución:**

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.

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

**Solución:**

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> Determina la expresión vectorial y el módulo de la resultante de las fuerzas  $F_1 (2, 3)$  y  $F_2 (-3, 0)$  expresadas en newtons.

**Solución:**

$$\vec{R} = (2,3) + (-3,0) = (-1,3) \Rightarrow R = \sqrt{(-1)^2 + 3^2} = \sqrt{10} \text{ N}$$

4> Responde a las siguientes preguntas:

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

b) ¿Cuándo un sistema de referencia es no inercial?

**Solución:**

a) 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. Un sistema de referencia ligado a un tren que se mueve en línea recta con velocidad constante respecto al suelo es inercial.

b) En caso contrario, es un sistema no inercial. Un sistema de referencia ligado a una piedra que cae libremente no es inercial, porque la piedra cae con movimiento uniformemente acelerado.

5> 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?

**Solución:**

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.

6> Sobre una partícula de masa  $m = 500 \text{ g}$ , obligada a moverse en el plano  $Oxy$ , actúan las fuerzas  $F_1 = i - 2j$  y  $F_2 = 2i + 4j$  expresadas en N.

a) ¿Cuál es la expresión vectorial de la fuerza resultante?

b) ¿Cuál es el módulo de la fuerza resultante?

c) ¿Cuál es el vector aceleración de la partícula?

d) ¿Cuál es el módulo de la aceleración?

Solución:

$$a) \vec{F} = (1, -2) + (2, 4) = (3, 2) \text{ N}$$

$$b) |\vec{F}| = \sqrt{3^2 + 2^2} = 3,6 \text{ N}$$

$$c) \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{(3, 2)}{0,5} = (6, 4) \text{ N}$$

$$d) a = \sqrt{6^2 + 4^2} = 7,2 \text{ m s}^{-2}$$

7> Calcula el peso en kp y en N de los siguientes cuerpos:

a) Un libro de masa  $m = 850 \text{ g}$ .

b) Una mesa de  $12,1 \text{ kg}$  de masa.

Solución:

$$a) P = m g = 0,85 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} = 8,34 \text{ N} = 0,85 \text{ kp.}$$

$$b) P = m g = 12,1 \text{ kg} \cdot 9,81 = 118,7 \text{ N} = 12,1 \text{ kp.}$$

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

a) ¿Cuánto vale su aceleración supuesta constante?

b) ¿Qué fuerza ha ejercido su motor?

Solución:

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

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

9> Piensa y responde a las siguientes preguntas:

a) ¿Por qué los corredores de atletismo apoyan con fuerza sus pies en los tacos de salida?

b) ¿Por qué al golpear en una pared te haces daño en la mano?

Solución:

a) y b) Ley de acción y reacción de Newton.

10> Un ascensor que transporta un pasajero de  $70 \text{ kg}$  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.

Solución:

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

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

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

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 la pregunta anterior.  
 c) Al dejarlos en libertad, ¿cuál se moverá con mayor aceleración?

**Solución:**

- 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 cuerpo de 10 kg de masa se encuentra apoyado sobre un plano horizontal. En el sentido del semieje positivo Ox actúa una fuerza horizontal de 80 N y en sentido opuesto otra fuerza horizontal de 40 N.**

- a) Haz un esquema con todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.  
 b) Calcula el peso del cuerpo y la reacción normal del plano.  
 c) ¿Cuál es el valor de la aceleración?

**Solución:**

a) El alumno ha de realizar un plano en el que figuren todas las fuerzas, incluidas la fuerza de gravedad y la normal.

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

$$c) \vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}; a = \frac{80 \text{ N} - 40 \text{ N}}{10 \text{ kg}} = 4,0, \text{ m s}^{-2}$$

**13> Contesta a las siguientes preguntas:**

- a) ¿Cuáles son las unidades del coeficiente de rozamiento?  
 b) ¿Puede ser mayor que la unidad?

**Solución:**

- a) El coeficiente de rozamiento es adimensional, no tiene unidades.  
 b) Sí, puede ser mayor que la unidad.

**14> Determina el valor de todas las fuerzas que actúan sobre un bloque de 12 kg de masa apoyado sobre una superficie horizontal. Si se le empuja con una fuerza horizontal de 75 N, ¿qué distancia recorre el bloque en 4,0 s partiendo del reposo? Dato:  $\mu_c = 0,42$ .**

**Solución:**

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

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

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

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

**15> Calcula la aceleración con que desciende un cuerpo al deslizarse por un plano inclinado 25° sobre la horizontal si el coeficiente de rozamiento cinético entre ambos es  $\mu_c = 0,350$ .**

**Solución:**

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

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

**16> Responde a las siguientes cuestiones:**

a) Describe cómo determinarías experimentalmente el coeficiente estático de rozamiento entre dos superficies.

b) ¿Depende la fuerza de rozamiento de la superficie aparente de contacto?

**Solución:**

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

b) La fuerza de rozamiento no depende del área de contacto aparente entre dos superficies, porque realmente solo una pequeña fracción de la superficie entra en contacto real.

**17> Un cuerpo de 5,40 kg está situado sobre un plano inclinado 20° sobre la horizontal. El coeficiente de rozamiento estático entre el bloque y el plano es  $\mu_e = 0,400$ .**

a) ¿Desciende el bloque por el plano?

b) ¿Cuál es el ángulo mínimo a partir del cual se inicia el movimiento?

**Solución:**

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

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

No desciende.

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

**18> Calcula la fuerza gravitatoria con la que se atraen dos neutrones situados en el núcleo de un átomo a una distancia de  $1,10 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ . La masa del neutrón es  $m_n = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ .**

**Solución:**

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

**19> Sabiendo que el periodo de revolución lunar es de 27,32 días y que el radio de la órbita es  $r_L = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$ , calcula:**

a) La constante de gravitación universal, G.

b) La fuerza que la Luna ejerce sobre la Tierra y la de la Tierra sobre la Luna.

c) Si un satélite se sitúa entre la Tierra y la Luna a una distancia de la Tierra de  $R_L/4$ . ¿Cuál es la relación de fuerzas debidas a la Tierra y a la Luna.

**Datos:**  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ .

**Solución:**

a) La fuerza de atracción gravitatoria de la Tierra sobre la Luna es la fuerza centrípeta necesaria para que la Luna gire:

$$\frac{G M_T M_L}{R_L^2} = M_L \omega^2 R_L; G = \frac{\omega^2 R_L^3}{M_T} = \frac{4\pi^2 R_L^3}{T^2 M_T}$$

$$F_G = F_C$$

$$G = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot (3,84^3 \cdot 10^3)}{(27,32 \cdot 24 \cdot 3600)^2 \cdot 5,98 \cdot 10^{24}} = 6,69 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

b) Las fuerzas entre la Tierra y la Luna son iguales y opuestas:

$$F = \frac{G M_T M_L}{R_L^2} = \frac{6,69 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 7,35 \cdot 10^{22}}{3,84^2 \cdot 10^{16}} = 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

c) Si un satélite se encuentra a una distancia  $\frac{R_L}{4}$  de la Tierra, cuando estén alineados la Tierra,

el satélite y la Luna, la relación de fuerzas gravitatorias entre la Tierra y la Luna con el satélite será:

$$F_T = \frac{G M_T m_s}{\left(\frac{R_L}{4}\right)^2}; \quad F_L = \frac{G M_L m_s}{\left(\frac{3R_L}{4}\right)^2}$$

$$\frac{F_T}{F_L} = 9 \frac{M_T}{M_L} = 9 \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}; \quad F_T = 732 F_L$$

**20> Calcula el peso que tendrá una persona de 68,0 kg situada a una altura de 400 km sobre la superficie terrestre.**

**Datos:**  $R_T = 6\,380 \text{ km}$ ,  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ .

**Solución:**

$$g_h = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} = 9,81 \cdot \frac{(6,38 \cdot 10^6)^2}{(6,78 \cdot 10^6)^2} = 8,69 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Peso: } P = m g = 68 \text{ kg} \cdot 8,69 \text{ m s}^{-2} = 591 \text{ N}$$

**21> La distancia media Tierra-Sol es  $1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$ . Calcula la masa del Sol.**

**Datos:**  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ;  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

**Solución:**

La Tierra tarda un año en dar una vuelta alrededor del Sol; por tanto, su periodo de revolución es:  $T = 365 \text{ días} \cdot 86\,400 \text{ segundos/1 día} = 365 \cdot 86\,400 \text{ s}$ .

En el movimiento de giro de la Tierra alrededor del Sol, la fuerza centrípeta es igual a la fuerza gravitatoria existente entre el Sol y la Tierra. Igualando ambos valores, podemos obtener la masa del Sol ( $M$ ) en función de la distancia entre ambos astros ( $R$ ) y la velocidad lineal de la Tierra ( $v$ ), siendo  $m$  la masa de la Tierra:

$$\frac{m v^2}{R} = \frac{G M m}{R^2}; \quad M = \frac{v^2 R}{G}$$

El valor de  $v$  lo obtenemos a partir del valor del periodo de rotación de la Tierra y de la relación entre velocidad lineal y velocidad angular:

$$v = \omega R = \frac{2\pi}{T} R; \quad v^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}$$

Introduciendo este valor en la fórmula anterior de la masa del Sol, resulta:

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{G T^2} = \frac{4\pi^2 (1,5 \cdot 10^{11} \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot (365 \cdot 86\,400 \text{ s})^2} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

**22> Al colgar un cuerpo de masa  $m = 1,40 \text{ kg}$  de sendos muelles se observa que los alargamientos que se producen son  $4,20 \text{ cm}$  y  $19,0 \text{ cm}$ , respectivamente. ¿Cuál es el valor de la constante elástica de cada muelle?**

**Solución:**

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{1,40 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2}}{0,042 \text{ m}} = 327 \text{ N m}^{-1} \Rightarrow k = \frac{1,40 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2}}{0,19 \text{ m}} = 72,3 \text{ N m}^{-1}$$

**23> Un muelle de acero se alarga  $2,40 \text{ cm}$  al colgarle un bloque de  $5,00 \text{ kg}$ .**

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

**b) ¿Cuál es su constante elástica?**

**c) ¿Cuánto se alargaría al colgarle un cuerpo de  $12,0 \text{ kg}$ ?**

- a)  $F = P = m g = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N}$
- b)  $k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{49 \text{ N}}{0,024 \text{ m}} = 2,04 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$
- c)  $\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{12 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-1}}{2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}} = 0,059 \text{ m} = 5,9 \text{ cm}$

**24> Responde a las siguientes cuestiones.**

- a) Describe la constitución de un dinamómetro.  
 b) Basándote en la ley de Hooke, explica su funcionamiento.

**Solución:**

- 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.

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

**Solución:**

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

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

**26> Una bola de masa  $m = 180 \text{ g}$  describe una circunferencia sobre una mesa horizontal, sin rozamiento, atada a una cuerda de  $1,20 \text{ m}$  de longitud y mantiene siempre una velocidad de  $6,40 \text{ m s}^{-1}$ . Calcula la tensión de la cuerda y la fuerza centrípeta.**

**Solución:**

$$T = F_c = \frac{m v^2}{R} = \frac{0,18 \text{ kg} \cdot \left(6,40 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{1,20 \text{ m}} = 6,14 \text{ N}$$

**27> Se hace girar en un plano vertical una piedra de masa  $m = 50 \text{ g}$  mediante una cuerda de  $50 \text{ cm}$  de longitud, dando  $120$  vueltas por minuto. Calcula:**

- a) La tensión de la cuerda cuando la piedra está en el punto más alto de la trayectoria.  
 b) La tensión de la cuerda cuando la piedra está en el punto más bajo.

**Solución:**

$$\begin{aligned} \text{a) } F_c = P + T_1 &\Rightarrow T_1 = F_c - P = m\omega^2 R - m g = 0,05 \text{ kg} \left(4 \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0,5 \text{ m} - 0,05 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow T_1 = 3,46 \text{ N} \end{aligned}$$

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

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

**Solución:**

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

**29> Dos vagones de ferrocarril de masas  $4 \cdot 10^4$  y  $3 \cdot 10^4 \text{ kg}$  ruedan en la misma dirección y sentido. El vagón menos pesado rueda delante, moviéndose con una velocidad de  $0,5 \text{ m/s}$ ,**

mientras que el más pesado se mueve a 1 m/s. Llegan un momento que chocan y se acoplan. Calcula:

a) La cantidad de movimiento o momento lineal total del sistema antes y después del choque.

b) La velocidad con que se mueven los vagones después del choque.

**Solución:**

a) Como se trata de un sistema aislado, no sometido a fuerzas exteriores, el momento lineal se mantiene constante; por tanto, su valor es el mismo antes y después del choque:

$$p = m_1 v_1 + m_2 v_2 = 4 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m s}^{-1} + 3 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m s}^{-1} = 5,5 \cdot 10^4 \text{ kg m s}^{-1}$$

b) Como los dos vagones se acoplan después del choque, su velocidad es la misma:

$$p = (m_1 + m_2) v' ; v' = \frac{p}{m_1 + m_2} = \frac{5,5 \cdot 10^4 \text{ kg m s}^{-1}}{4 \cdot 10^4 \text{ kg} + 3 \cdot 10^4 \text{ kg}} = 0,79 \text{ m s}^{-1}$$

**30>** 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?

**Solución:**

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

$$0,02 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m s}^{-1} + 0,12 \text{ kg} \cdot 0 = 0,02 \text{ kg} \cdot (-1,5 \text{ m s}^{-1}) + 0,12 \text{ kg} \cdot v'_2 \Rightarrow v'_2 = 1,9 \text{ m s}^{-1}$$

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

## Ciencia, tecnología y sociedad

**1>** ¿En qué leyes fundamentales se basa la propulsión de los cohetes?

**Solución:**

La propulsión de cohetes se basa en la Tercera ley de Newton y en el Principio de conservación del momento lineal.

**2>** ¿Por qué los cohetes que operan fuera de la atmósfera deben transportar el combustible y el comburente?

**Solución:**

Porque fuera de la atmósfera no hay oxígeno.

**3>** Consultando la bibliografía adecuada e Internet, responde a las siguientes preguntas:

a) ¿Qué pasa si un cohete no alcanza la velocidad de escape?

b) ¿Cuál es la velocidad de escape en la Luna y en otros planetas?

c) ¿Existe alguna relación entre la velocidad de escape y la existencia de atmósfera en los planetas?

**Solución:**

a) El cuerpo queda ligado al campo gravitatorio terrestre.

b) Algunas velocidades de escape: Luna: 2,3 km/s; Venus: 10,3 km/s; Marte: 5,0 km/s; Júpiter: 60 km/s; Saturno: 36 km/s, etc.

c) Si la velocidad de escape no es elevada, las moléculas más ligeras escapan de la atracción

gravitatoria. La Tierra no tiene en su atmósfera moléculas de hidrógeno o de helio; en cambio, las moléculas más pesadas de oxígeno o nitrógeno no pueden escapar. La Luna no tiene atmósfera, Júpiter retiene al hidrógeno en su atmósfera.

## Experiencia de laboratorio

**1> ¿Por qué el líquido del nivel se queda atrás y la burbuja de aire, por tanto, se mueve en el sentido del desplazamiento? ¿El movimiento de la burbuja indica el sentido de la aceleración del nivel? ¿Qué sucedería si empujaras un recipiente inmóvil con agua?**

**Solución:**

Por inercia el líquido se queda atrás y la burbuja de aire delante; por tanto, el movimiento de la burbuja indica el sentido de la aceleración del nivel. El agua se derrama en una vasija abierta.

**2> ¿Por qué se desplaza la tarjeta? ¿Por qué la moneda no se desplaza horizontalmente y cae al vaso?**

**Solución:**

La tarjeta se desplaza al aplicarle una fuerza. La moneda no se desplaza por inercia y cae al vaso.

**3> ¿Por qué el vaso del apartado c) no se desplaza y permanece en su posición?**

**Solución:**

Por inercia.

**4> ¿Por qué se rompe la cuerda? ¿Por qué no se rompe en el primer caso? ¿Influye el impulso mecánico en las experiencias realizadas?**

**Solución:**

Con un impulso grande se rompe la cuerda.

**5> Enuncia las leyes de Newton que intervienen en estas experiencias.**

**Solución:**

Primera y segunda leyes de Newton de la Dinámica.

## Problemas propuestos

**1> ¿Por qué te desplazas hacia delante cuando el autobús en el que viajas frena bruscamente?**

**Solución:**

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

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

**Solución:**

Se aplican en cuerpos distintos.

**3> Dos imanes se repelen mutuamente. Si la masa de uno es menor que la del otro, ¿cuál experimenta una fuerza mayor? ¿Cuál de los tendrá mayor aceleración?**

**Solución:**

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.

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

- Cuando está en reposo.
- Cuando asciende a  $1,0 \text{ m s}^{-2}$ .
- Cuando asciende a  $5,0 \text{ m s}^{-1}$ .
- Cuando desciende a  $2,0 \text{ m s}^{-2}$ .

Solución:

- $F = P = m g = 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$
- $F = P + m a = m (g + a) = 70 \text{ kg} (9,8 + 1) \text{ m s}^{-2} = 7,6 \cdot 10^2 \text{ N}$
- $F = P = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$
- $F = m (g - a) = 70 \text{ kg} (9,8 - 2) \text{ m s}^{-2} = 5,5 \cdot 10^2 \text{ N}$

5> Sobre el cuerpo de la Figura 7.41, cuya masa es  $m = 5,0 \text{ kg}$ , actúan las fuerzas que se indican. Calcula:

- El peso del cuerpo.
- La reacción normal  $N$ .
- La aceleración del cuerpo.

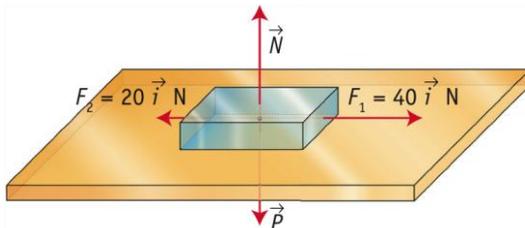


Fig. 7.41.

Solución:

- $P = m g = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N}$
- $N = P = 49 \text{ N}$
- $a = \frac{\sum F}{m} = \frac{40 \text{ N} - 20 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 4 \text{ m s}^{-2}$

6> 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?

Solución:

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

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

7> Una misma fuerza  $F$  se aplica a dos cuerpos diferentes de masas  $m^1$  y  $m^2$ . El primero adquiere una aceleración de  $8,0 \text{ m s}^{-2}$  y el segundo de  $12 \text{ m s}^{-2}$ . ¿Qué relación existe entre las masas  $m^1$  y  $m^2$ ?

Solución:

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 ; \frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{12 \text{ m s}^{-2}}{8 \text{ m s}^{-2}} = 1,5 ; m_1 = 1,5 m_2$$

8> 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 1 000 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.

**Solución:**

$$a) a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{120 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ N} \cdot \text{kp}^{-1}}{1 \text{ 800 kg}} = 0,65 \text{ m s}^{-1}$$

$$b) T = m a = 1 \text{ 000 kg} \cdot 0,65 \text{ m s}^{-2} = 650 \text{ N}$$

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

9> Un carpintero clava un clavo con un martillo de 3,00 kg de masa. La velocidad del martillo en el momento del impacto con el clavo es de 5,00 m/s. Si el clavo se hunde 6,00 mm en la madera, ¿qué fuerza (suponiendo que es constante) opone la madera al movimiento del clavo?

**Solución:**

$$v^2 = v_0^2 + 2ax \Rightarrow a = -\frac{v_0^2}{2x} = -\frac{25 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{2 \cdot 0,006 \text{ m}} = -2,08 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-2}$$

$$F = m a = 3,0 \text{ kg} \cdot (-2,08 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-2}) = -6,24 \cdot 10^3 \text{ N}$$

10> Un bloque de masa  $m = 6,0 \text{ kg}$  se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal lisa. Al actuar sobre él una fuerza constante le comunica 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.

**Solución:**

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

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

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

11> 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?

**Solución:**

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

$$T - m_2 g = m_2 a$$

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

12> Las masas de los cuerpos A y B de la Figura 7.42 son 0,30 kg y 0,20 kg, 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.

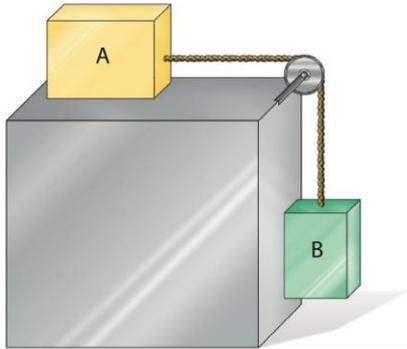


Fig. 7.42.

**Solución:**

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

$$b) P_B - T = m_B a$$

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

13> Los bloques  $m^1 = 2,0 \text{ kg}$  y  $m^2 = 3,0 \text{ kg}$  de la Figura 7.43 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.

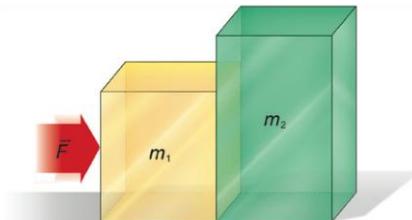


Fig. 7.43.

**Solución:**

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

$$F - T = m_1 a$$

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

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

14> Un cuerpo de masa  $m = 3,0 \text{ kg}$  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?

**Solución:**

a) El alumno ha de realizar un boceto que incluya todas las fuerzas.

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

15> 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?

**Solución:**

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

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

**Solución:**

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

17> 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.

**Solución:**

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

18> Un plano inclinado forma un ángulo de 40° sobre la horizontal. En la parte más alta se abandona un cuerpo para que baje deslizándose. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento estático es 0,50, averigua si se deslizará.

**Solución:**

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

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

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

**Solución:**

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

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

$$\Rightarrow a = 6,17 \text{ ms}^{-2};$$

$$v_0 = \sqrt{-2 a x} = \sqrt{-2 \cdot (-6,17 \text{ m s}^{-2}) \cdot 4 \text{ m}} = 7,0 \text{ m s}^{-1}$$

20> 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?

**Solución:**

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  $245 \text{ N}$ , el cuerpo llevará un MRUA, y entonces:

$$F_r = \mu_e m g = 0,2 \cdot 50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 98 \text{ N}$$

$$a = \frac{F - F_r}{m} = \frac{40 \cdot 9,8 \text{ N} - 98 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 5,9 \text{ m s}^{-2}$$

21> Por un plano inclinado  $30^\circ$  sobre la horizontal se lanza hacia arriba un cuerpo de  $5,0 \text{ kg}$  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 detiene?

c) ¿Qué tiempo tarda en detenerse?

Solución:

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

$$= -9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 30^\circ + 0,2 \cdot \cos 30^\circ) = -6,6 \text{ m s}^{-2}$$

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

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

22> 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 7.44. Si los respectivos coeficientes de rozamiento son  $0,20$  y  $0,40$ , calcula:

a) La aceleración del sistema.

b) La tensión de la cuerda.

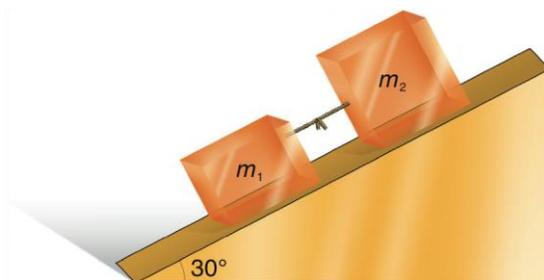


Fig. 7.44.

Solución:

$$a = \frac{P_{x1} + P_{x2} + F_{y1} + F_{y2}}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 g \sin \alpha + m_2 g \sin \alpha - \mu_1 m_1 g \cos \alpha - \mu_2 m_2 g \cos \alpha}{m_1 + m_2} =$$

$$a) = \frac{2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ + 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ -}{5 \text{ kg}}$$

$$\frac{-0,2 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ - 0,4 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ}{5 \text{ kg}} = 2,18 \text{ m s}^{-2}$$

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

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

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

23> Un bloque de madera de 3,0 kg está situado sobre un plano inclinado 5° sobre la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,50. ¿Con qué velocidad descenderá el bloque por el plano a los 5,0 s de iniciado el movimiento? ¿Te da una velocidad negativa?

Solución:

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

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

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

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

24> Calcula la fuerza de atracción existente entre dos camiones de 30 t y 24 t que se encuentran aparcados uno al lado del otro a una distancia de 4,0 m. ¿Es mayor o menor que el peso de un filete de ternera de 0,12 kg?

Solución:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 3 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot 2,4 \cdot 10^4 \text{ kg}}{(4 \text{ m})^2} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$P = m g = 0,125 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 1,2 \text{ N}; F < P$$

25> Si tu masa es de 60 kg y te encuentras en la superficie terrestre:

a) ¿Con qué fuerza te atrae la Tierra? ¿Con qué fuerza atraes tú a la Tierra?

b) ¿Qué aceleración te comunica a ti dicha fuerza? ¿Qué aceleración le comunica esa misma fuerza a la Tierra?

c) ¿Te resulta familiar alguno de los valores obtenidos?

Datos:  $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6 \text{ 370 km}$ .

Solución:

$$a) F = P = 60 \text{ kp} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} = 5,89 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$b) a = \frac{F}{m} = \frac{589 \text{ N}}{60 \text{ kg}} = 9,81 \text{ m s}^{-2}; a_T = \frac{F}{M_T} = \frac{589 \text{ N}}{6 \cdot 10^{24} \text{ kg}} = 9,81 \cdot 10^{-23} \text{ m s}^{-2}$$

c) La aceleración de la persona es la aceleración de la gravedad terrestre.

26> ¿A qué altura sobre la Tierra debe encontrarse una nave espacial para que el valor de la aceleración de la gravedad sea 9,00 m s<sup>-2</sup>?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6 \text{ 380 km}$ .

Solución:

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

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

27> 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:**  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg;  $R_T = 6\,380$  km.

**Solución:**

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

**28> ¿Cuál es la masa y el peso de un cuerpo de 40,0 kg en la Tierra y en la Luna?**

**Datos:**  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg;  $M_L = 7,35 \cdot 10^{22}$  kg;  $R_T = 6\,380$  km;  $R_L = 1\,740$  km.

**Solución:**

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

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

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

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

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

**29> Un planeta esférico tiene un radio de 3 000 km y la aceleración de la gravedad en su superficie es 6,00 m/s<sup>2</sup>. ¿Cuál es su densidad media?**

**Datos:**  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .

**Solución:**

Como el peso de un cuerpo es la fuerza con que el planeta lo atrae, al igualar la fuerza gravitatoria con el peso se obtiene el valor de la aceleración de la gravedad en el planeta, y de ahí la masa del planeta:

$$m g = \frac{G M m}{R^2}; g = \frac{G M}{R^2}; M = \frac{g R^2}{G} = \frac{6 \text{ m s}^{-2} \cdot (3 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}} = 8,1 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

La densidad del planeta es el cociente entre su masa y su volumen  $\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)$

$$d = \frac{M}{V} = \frac{8,1 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{\frac{4}{3}\pi \cdot (3 \cdot 10^6 \text{ m})^3} = 7,16 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

**30> El muelle de un dinamómetro se alarga 3,00 cm al colgarle una masa de 100 g. ¿Cuál es su constante elástica?**

**Solución:**

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

**31> La longitud de un muelle aumenta 1,00 cm cuando se cuelga de él un objeto A de 1,50 kg de masa.**

**a) ¿Cuál es la constante elástica del muelle?**

**b) Cuando se cuelga otro objeto B del muelle, este se alarga 3,00 cm, ¿cuál es la masa de B?**

**Solución:**

$$a) k = \frac{F}{g} = \frac{P}{\Delta x} = \frac{1,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,01 \text{ m}} = 1\,470 \text{ N m}^{-1}$$

$$b) m = \frac{k \Delta x}{g} = \frac{1\,470 \text{ N m}^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,8 \text{ m s}^{-2}} = 4,5 \text{ kg}$$

32> El sistema de suspensión de un coche incluye cuatro muelles iguales entre los que se distribuye, de manera uniforme, el peso total del vehículo. La deformación máxima proyectada es de 10 cm, y la masa total del coche a plena carga es de 1,5 t. Si el fabricante introduce un margen de seguridad del 20%, ¿cuál debe ser la constante elástica de los muelles?

**Solución:**

$$P = m g = 1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} = 1,47 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Como el peso se distribuye en cuatro muelles, la fuerza que soporta cada uno es:

$$1,47 \cdot 10^4 \text{ N} / 4 = 3,67 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{3,67 \cdot 10^3}{0,1 \text{ m}} = 3,67 \cdot 10^4 \text{ N m}^{-1}$$

Valor que hay que aumentar en un 20%:  $k = 1,20 \cdot 3,67 \cdot 10^4 \text{ N m}^{-1} = 4,40 \cdot 10^4 \text{ N m}^{-1}$

33> El bloque de la Figura 7.45 de 7,0 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?

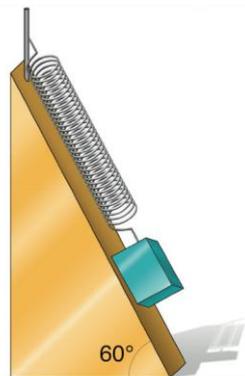


Fig. 7.45.

$$P_x = k \Delta x; m g \operatorname{sen} \alpha = k \Delta x;$$

$$k = \frac{m g \operatorname{sen} \alpha}{\Delta x} = \frac{7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \operatorname{sen} 60^\circ}{0,164 \text{ m}} = 3,6 \cdot 10^2 \text{ N m}^{-1}$$

34> Un automóvil de 1 500 kg de masa se mueve en un tramo recto con una velocidad de 90,0 km/h e inicia una curva, permaneciendo el trazado horizontal, cuyo radio de curvatura es  $R = 60,0 \text{ m}$ , y manteniendo siempre la misma velocidad tangencial  $v$ . Determina la dirección, el sentido y el valor de la fuerza que el asfalto ejerce sobre el automóvil durante el recorrido por la curva.

**Solución:**

La fuerza centrípeta responsable del movimiento circular es en este caso la fuerza de rozamiento de las ruedas del automóvil con el asfalto.

La dirección de la fuerza centrípeta es perpendicular a la trayectoria circular de la curva y se dirige hacia el centro de la curva. Su valor es:

$$F = \frac{m v^2}{R} = \frac{1\,500 \text{ kg} \cdot (25 \text{ m s}^{-1})^2}{60 \text{ m}} = 1,56 \cdot 10^4 \text{ N}$$

35> Un ciclista toma la curva de un velódromo de 40 m de diámetro con una velocidad de 40 km h<sup>-1</sup>. 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.

Solución:

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

36> Un vehículo de 100 kg describe una curva de 20 m de radio. El coeficiente de rozamiento del vehículo con el suelo es 0,20. Determina:

a) Si el suelo fuese horizontal, ¿cuál sería la velocidad máxima que podría llevar el vehículo para que no se deslizase lateralmente?

b) Si no hubiese rozamiento, ¿cuál habría de ser el peralte de la curva para que a esa velocidad no se deslizase lateralmente?

Solución:

$$a) v = \sqrt{\mu g R} = \sqrt{0,2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 20 \text{ m}} = 6,3 \text{ m s}^{-1}$$

$$b) \tan \alpha = \frac{v^2}{R g} = \frac{(6,3 \text{ m s}^{-1})^2}{20 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}} \Rightarrow \alpha = 11,5^\circ$$

37> 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?

Solución:

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

b) La velocidad en el punto más alto es:

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

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

$$F_c = m g; \frac{m v_2^2}{R} = m g; v_2 = \sqrt{R g}$$

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

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

38> La Tierra describe una órbita, que puede considerarse circular, alrededor del Sol y tarda un año en dar una vuelta. Suponiendo que el movimiento es circular uniforme, ¿qué fuerza origina el movimiento de la Tierra?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ; distancia de la Tierra al Sol =  $149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$ .

Solución:

$$\omega = \frac{2 \pi \text{ rad}}{(365 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ s}} = 1,99 \cdot 10^{-7} \text{ rad s}^{-1}$$

$$a_c = \omega^2 R = (1,99 \cdot 10^{-7} \text{ rad s}^{-1})^2 \cdot 149,6 \cdot 10^9 \text{ m} = 5,92 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-2}$$

$$F_c = M_T a_c = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 5,92 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-2} = 3,54 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

39> Sobre una masa  $m$  actúa una fuerza constante de 250 N durante 15,0 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.

**Solución:**

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

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

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

40> Un futbolista golpea durante 0,5 s un balón de 1 kg de masa, que se encuentra en reposo, de forma que le imprime una velocidad de 5 m/s. ¿Cuál es el módulo del momento lineal de la pelota antes y después de la patada? ¿Cuál es el impulso sobre la pelota?

**Solución:**

Como la pelota inicialmente está en reposo, su velocidad  $v_0 = 0$ , y su momento lineal también es nulo:  $p_0 = m v_0 = 0$ .

El momento lineal después de la patada es:  $p_f = m v_f = 1 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m/s} = 5 \text{ kg m/s}$ .

El impulso de la fuerza aplicada al balón es igual a la variación de su momento lineal:

$$I = F t = m v_f - m v_0 = 5 \text{ kg m/s} - 0 = 5 \text{ kg m/s} = 5 \text{ N s}$$

41> Algunos tenistas logran en sus servicios comunicar a la pelota velocidades de 200 km/h. Si la masa de la pelota es de 100 g y el impacto dura 0,15 s, ¿qué fuerza media ha actuado sobre la pelota?

**Solución:**

$$F \Delta t = m v_2 - 0; F = \frac{m v_2}{\Delta t} = \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 55,6 \text{ m s}^{-1}}{0,15 \text{ s}} = 37 \text{ N}$$

42> 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 0,030 s. Calcula:

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

b) La fuerza media que actúa sobre la pelota.

**Solución:**

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

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

43> Un astronauta sale de la cápsula espacial y arroja hacia delante un objeto de 0,80 kg con una velocidad de  $1,2 \text{ m s}^{-1}$ . Si la masa total del astronauta es de 100 kg, ¿a qué distancia de la cápsula espacial se encontrará el astronauta al cabo de una hora?

**Solución:**

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0,80 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m s}^{-1} + 100 v_2; v_2 = -9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$$

$$x = -9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-1} \cdot 3600 \text{ s} = -35 \text{ m}$$

44> 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 0,50 s. Calcula:

a) La aceleración y la velocidad de la madre.

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

**Solución:**

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

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

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

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

45> Dos bolas de masas  $m^1 = 30,0 \text{ g}$  y  $m^2 = 75,0 \text{ g}$  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  $5,00$  y  $7,00 \text{ m s}^{-1}$ , 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?

**Solución:**

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

$$p_1 = p_2$$

$$-0,375 \text{ kg m s}^{-1} = 0,03 \text{ kg} (-12,1 \text{ m s}^{-1}) + 0,075 \text{ kg} \cdot v_2' \Rightarrow v_2' = -0,16 \text{ m s}^{-1}$$

46> Una técnica utilizada para determinar la velocidad de una bala consiste en disparar sobre un blanco de modo que la bala 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  $1 \text{ 500 g}$ , 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.

**Solución:**

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

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

47> Un soldado dispara una ametralladora. Las balas, de masa  $100 \text{ g}$ , salen con una velocidad de  $400 \text{ m/s}$ . La máxima fuerza que puede ejercer el soldado sujetando la ametralladora es de  $200 \text{ N}$ . ¿Cuál es el máximo número de balas que puede disparar en un minuto?

**Solución:**

$$\text{El momento lineal de cada bala es: } p = m v = 100 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 400 \text{ m s}^{-1} = 40 \text{ kg m s}^{-1}.$$

De acuerdo con el Principio de conservación del momento lineal, el valor del momento lineal de la ametralladora será también  $40 \text{ kg m s}^{-1}$  por cada bala disparada. Para  $n$  balas, el momento lineal de la ametralladora será  $40 n \text{ kg m s}^{-1}$ .

El impulso mecánico de la fuerza que ejerce el soldado sobre la ametralladora es igual a la variación de su momento lineal, que antes de disparar es nulo porque la ametralladora está en reposo:

$$F t = m v - m v_0 = 40 n \text{ kg m s}^{-1} - 0 = 40 n \text{ kg m s}^{-1} = 40 n \text{ N s}$$

Al despejar el número de balas  $n$ , se obtiene:

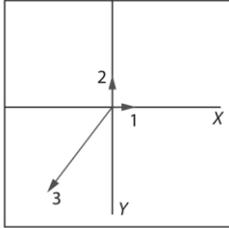
$$n = \frac{F t}{40} = \frac{200 \text{ N} \cdot 60 \text{ s}}{40 \text{ N s}} = 300 \text{ balas}$$

48> Una explosión rompe una roca en tres trozos. Dos de ellos, de  $1,0 \text{ kg}$  y  $2,0 \text{ kg}$ , salen despedidos en ángulo recto con una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$  y  $8,0 \text{ m s}^{-1}$ , 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?

**Solución:**

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



$$b) 0 = 1 \cdot 12\vec{i} + 2 \cdot 8\vec{j} + m_3\vec{v}_3$$

$$m_3 v_3 = 20 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$m_3 v_3 = \sqrt{(-12)^2 + (16)^2} = 20 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$m_3 = \frac{20}{v_3} = \frac{20 \text{ kg m s}^{-1}}{40 \text{ m s}^{-1}} = 0,5 \text{ kg}$$

$$m_T = 3,5 \text{ kg}$$

49> Un bloque de 5,0 kg está sostenido por una cuerda y se eleva con una aceleración de  $2,0 \text{ m s}^{-2}$ .

- 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 2,0 m antes de detenerse. ¿Qué velocidad tenía?

**Solución:**

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

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

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

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

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

50> Una grúa eleva un peso de 2 000 kp con un cable cuya resistencia a la ruptura es 3 000 kp. ¿Cuál es la máxima aceleración con que puede subir el peso?

**Solución:**

$$T - m g = m a$$

$$a = \frac{T - m g}{m} = \frac{3\,000 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ N kp}^{-1} - 2\,000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{2\,000 \text{ kg}} = 4,9 \text{ m s}^{-2}$$

51> 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?

**Solución:**

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

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

$$F_{2y} = F_{1y}; F_{2y} = 217 \text{ N} = F_2 \operatorname{sen} \alpha$$

$$\operatorname{sen} \alpha = \text{Fórmula } \alpha = 43^\circ$$

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

**52>** Un montacargas posee una velocidad de régimen, tanto en el ascenso como en el descenso, de  $4,00 \text{ m s}^{-1}$ , tardando  $1,00 \text{ s}$  en adquirirla al arrancar o en detenerse por completo en las paradas. Si en el montacargas hay un peso de  $800 \text{ kp}$  y la masa del montacargas es de  $1\ 000 \text{ kg}$ , calcula:

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

**Solución:**

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

$$F_1 = m_1 (g + a) = 800 \text{ kg} \cdot (9,8 + 4) \text{ m s}^{-2} = 11\ 040 \text{ N}$$

$$b) a = 0$$

$$F_1 = m_1 g = 800 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 7\ 840 \text{ N}$$

$$c) a = -4 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_1 = m_1 (g + a) = 800 \text{ kg} \cdot (9,8 - 4) \text{ m s}^{-2} = 4\ 640 \text{ N}$$

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

$$T = (m_1 + m_2) g + (m_1 + m_2) a = (m_1 + m_2) (g + a)$$

$$1) T = 1\ 800 \text{ kg} \cdot (9,8 + 4) \text{ m s}^{-2} = 24\ 840 \text{ N}$$

$$2) T = 1\ 800 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 17\ 640 \text{ N}$$

$$3) T = 1\ 800 \text{ kg} \cdot (9,8 - 4) \text{ m s}^{-2} = 10\ 440 \text{ N}$$

**53>** Halla la fuerza constante que hay que aplicar a un cuerpo de  $20 \text{ kg}$  de masa para:

- Transmitirle una aceleración de  $1,2 \text{ m s}^{-2}$ .
- Transmitirle una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$  a los  $4,0 \text{ s}$  de iniciado el movimiento.
- Recorrer  $450 \text{ m}$  en los primeros  $15 \text{ s}$ .
- Lo mismo del c) si existe además una fuerza contraria de  $35 \text{ N}$ .

**Solución:**

$$a) F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m s}^{-2} = 24 \text{ N}$$

$$b) a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{12 \text{ m s}^{-1} - 0}{4 \text{ m s}^{-1}} = 3 \text{ m s}^{-2}$$

$$F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m s}^{-2} = 60 \text{ N}$$

$$c) x = \frac{1}{2} a t^2; a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \cdot 450 \text{ m}}{(15 \text{ s})^2} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

$$F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-2} = 80 \text{ N}$$

$$d) 80 \text{ N} + 35 \text{ N} = 115 \text{ N}$$

**54>** Un ascensor, cuya masa total es  $729 \text{ kg}$ , sube a una altura de  $25 \text{ m}$ . A los  $2,0 \text{ s}$  de arrancar adquiere una velocidad de  $1,0 \text{ m s}^{-1}$ . Cuando faltan  $2,5 \text{ m}$  para llegar a su destino frena, apareciendo una aceleración negativa de  $0,20 \text{ m s}^{-2}$ . Calcula la tensión del cable:

- En el primer segundo del movimiento.

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

Solución:

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

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

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

55> Responde a las siguientes cuestiones.

a) Indica en qué sentido se mueve el sistema de la Figura 7.46 y calcula con qué aceleración.

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

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

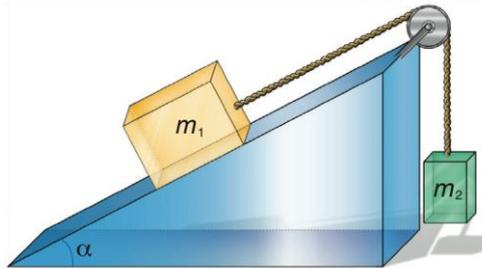


Fig. 7.46.

Solución:

$$a) m_1 g \sin \alpha - m_2 g = (m_1 + m_2) a$$

$$2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 - 0,7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 2,7 \text{ kg} \cdot a$$

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

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

56> Dados los cuerpos representados en la Figura 7.47, 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.

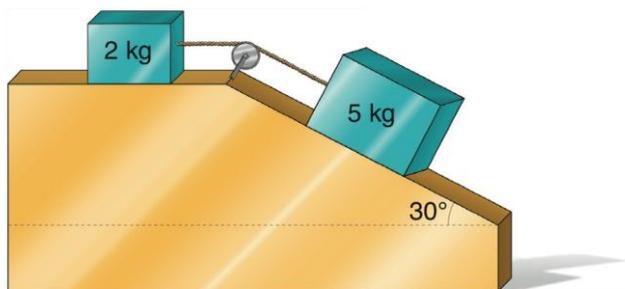


Fig. 7.47.

Solución:

$$m_1 g \sin 30^\circ - T - \mu m_1 g \cos 30^\circ = m_1 a$$

$$T - \mu m_2 g = m_2 a$$

57> 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 desliza hacia abajo hasta el punto de partida. Calcula:

- a) La fuerza de rozamiento que actúa sobre el bloque.  
b) La velocidad de este cuando vuelve a su posición inicial.

**Solución:**

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

$$F_r = P_x - m a = -m g \operatorname{sen} \alpha - m a = -m (g \operatorname{sen} \alpha - a) =$$

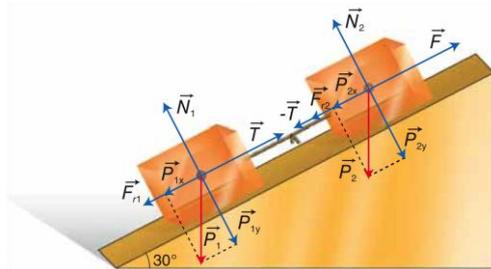
$$= -5 \text{ kg} \cdot (9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \operatorname{sen} 37^\circ - 8 \text{ m s}^{-2}) = 10,5 \text{ N}$$

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

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

58> Dos bloques de masas  $m_1 = 4,00 \text{ kg}$  y  $m_2 = 2,00 \text{ kg}$  están unidos por una cuerda inextensible y de masa despreciable y situados sobre un plano inclinado  $30,0^\circ$  sobre la horizontal. Si el coeficiente de rozamiento con el plano inclinado para ambos bloques vale  $0,300$ , calcula:

- a) La fuerza  $F$  paralela al plano necesaria para que el sistema ascienda con velocidad constante por el plano inclinado.  
b) La tensión de la cuerda que une ambos bloques durante el ascenso.



**Solución:**

a) Como el sistema asciende a velocidad constante, la aceleración es nula, y la fuerza resultante también debe ser nula.

Teniendo en cuenta que  $P_x = m g \operatorname{sen} \alpha$ , que  $F_r = m m g \cos \alpha$  y que  $\Sigma F = 0$ , obtenemos las siguientes ecuaciones para las masas  $m_1$  y  $m_2$ :

$$T - m_1 g \operatorname{sen} 30^\circ - m m_1 g \cos 30^\circ = 0; T = m_1 g \operatorname{sen} 30^\circ + m m_1 g \cos 30^\circ$$

$$F - m_2 g \operatorname{sen} 30^\circ - T - m m_2 g \cos 30^\circ = 0$$

Al introducir el valor de la tensión  $T$  en la última ecuación obtenemos el valor de  $F$ :

$$F = m_2 g \operatorname{sen} 30^\circ + m_1 g \operatorname{sen} 30^\circ + m m_1 g \cos 30^\circ + m m_2 g \cos 30^\circ$$

Simplificando e introduciendo los correspondientes valores, se obtiene:

$$F = (m_1 + m_2) g (\operatorname{sen} 30^\circ + m \cos 30^\circ) = (4 + 2) \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (0,5 + 0,3 \cdot 0,866) = 44,7 \text{ N}$$

b) Al introducir los correspondientes valores en la ecuación de la tensión, se obtiene:

$$T = 4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 + 0,3 \cdot 4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,866 = 29,8 \text{ N}$$

59> Si un cuerpo se desliza sobre un plano horizontal con rozamiento, tras ser lanzado con una determinada velocidad inicial, ¿cuáles de los siguientes factores influyen en el tiempo que tarda en pararse?

- a) Velocidad inicial de lanzamiento.  
b) Masa del cuerpo.

**c) Naturaleza de los materiales que forman el cuerpo y la superficie del plano.****Solución:**

Como hemos visto a lo largo de la Unidad, en un plano horizontal, el peso del cuerpo  $P$  y la reacción del plano  $N$  tienen el mismo valor numérico, pero sentido contrario. Por este motivo se equilibran y se anulan.

Una vez lanzado el cuerpo, la única fuerza que actúa sobre él es del rozamiento, que se opone al movimiento:  $F_r = m_c N = m_c m g$ .

La aceleración del cuerpo se obtiene a partir de la Segunda ley de Newton de la Dinámica:

$$a = \frac{\sum \vec{F}}{m}; a = \frac{-\vec{F}_r}{m} = \frac{-\mu_c m g}{m} = -\mu_c g$$

Como la aceleración es constante, porque lo son  $m_c$  y  $g$ , el movimiento es uniformemente acelerado, lo que nos permite calcular el tiempo que tarda el cuerpo en pararse:

$$v = v_0 + at; t = \frac{v - v_0}{a} \text{ siendo } v = 0, \text{ porque el cuerpo se detiene}$$

$$\text{Al sustituir en la ecuación del tiempo, se obtiene: } t = \frac{-v_0}{a} = \frac{-v_0}{-\mu_c g} = \frac{v_0}{\mu_c g};$$

a) El tiempo que tarda el cuerpo en pararse es directamente proporcional a la velocidad inicial.

b) La masa del cuerpo no influye.

a) El tiempo es inversamente proporcional al coeficiente de rozamiento cinético; por tanto, sí depende de la naturaleza de las dos superficies en contacto.

**60> Un cuerpo de 12,5 kg de masa asciende por el plano inclinado de la Figura 7.48 al aplicarle la fuerza  $F = 122 \text{ N}$ . El coeficiente de rozamiento cinético vale 0,480. Calcula:**

**a) La aceleración del cuerpo.**

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

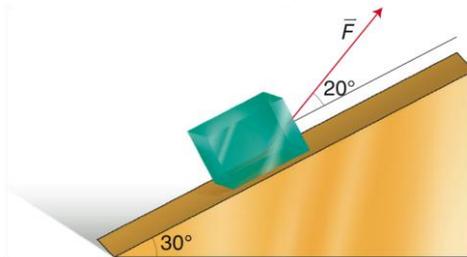


Fig. 7.48.

**Solución:**

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

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

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

$$= \frac{122 \text{ N}}{12,5 \text{ kg}} \cdot 0,94 - 9,8 \text{ ms}^{-2} \cdot (0,5 + 0,48 \cdot 0,87) = 9,17 \text{ ms}^{-2} - 8,99 \text{ ms}^{-2} = 0,18 \text{ ms}^{-2}$$

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

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

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

61> Se desea subir un cuerpo de  $m = 4,0$  kg por un plano inclinado  $15^\circ$  sobre la horizontal, siendo el coeficiente de rozamiento cinético entre el plano y el cuerpo  $\mu = 0,65$ . ¿Qué fuerza horizontal mínima se debe aplicar?

- a) El cuerpo sube con velocidad constante.  
b) El cuerpo sube con una aceleración de  $2,0$  m s<sup>-2</sup>.

**Solución:**

a) Como la velocidad es constante la aceleración es 0

$$F_x = P_x + F_r; F \cos \alpha = m g \sin \alpha + \mu (m g \cos \alpha + F \sin \alpha)$$

$$F = \frac{m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} (\sin 15^\circ + 0,65 \cos 15^\circ)}{\cos 15^\circ - 0,65 \sin 15^\circ} = 43,6 \text{ N}$$

b) Si el cuerpo asciende con aceleración, la segunda ley de Newton nos permite escribir:

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

Al introducir los valores del anterior apartado, se obtiene:

$$F = \frac{m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) + m a}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{4 \cdot 9,81 \cdot (\sin 15^\circ + 0,65 \cos 15^\circ) + 4 \cdot 2}{\cos 15^\circ - 0,65 \sin 15^\circ} = 53,7 \text{ N}$$

62> Para medir la masa de un cierto objeto B, se mantiene junto a un cuerpo A, de 1,2 kg de masa, como indica la Figura 7.49, en reposo sobre una superficie horizontal sin rozamiento, con un muelle entre ellos que permanece comprimido mediante una cuerda. Se quema la cuerda, de modo que, al alargarse el muelle, el objeto A se mueve con una velocidad de  $2,1$  ms<sup>-1</sup> y el objeto B se desplaza con una velocidad de  $3,3$  ms<sup>-1</sup>, en sentido opuesto. ¿Cuál es la masa de B?

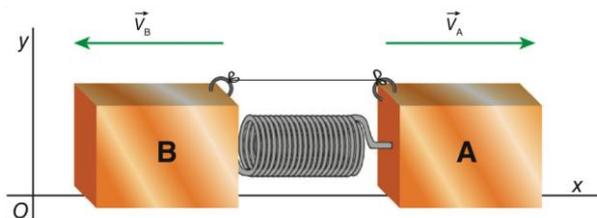


Fig. 7.49.

**Solución:**

Se conserva el momento lineal:  $m_B v_B = -m_A v_A$

$$m_B = \frac{-1,2 \text{ kg} \cdot 2,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{-3,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,76 \text{ kg}$$

63> En el interior de un cohete meteorológico que va a despegar viaja un dispositivo inercial muy delicado que tiene una masa de 200 g y está suspendido de un hilo vertical muy fino cuya resistencia es de 6,4 N. Calcula la máxima aceleración con que puede despegar el cohete sin dañar el dispositivo.

**Solución:**

$$T - P = m a; a = \frac{T - m g}{m} = \frac{6,4 \text{ N} - 0,2 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2}}{0,2 \text{ kg}} = 22 \text{ m s}^{-2}$$