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 $\boldsymbol{F_1}$ (2, 3) y $\boldsymbol{F_2}$ (−3, 0) expresadas en newtons.

Solución:

$\vec{R} = (2,3) + (-3,0) = (-1,3) \Rightarrow R = \sqrt{(-1)^2 + 3^2} = \sqrt{10}$ 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. Un tren de juguete circula a velocidad constante por una vía recta. Un cañoncito situado en el tren dispara una bolita en dirección vertical y hacia arriba. ¿Dónde caerá la

bolita, detrás del tren, delante o justo en el punto del tren desde donde fue lanzada?

Solución:

De acuerdo con la Primera ley de Newton, caerá justo en el punto del tren desde donde fue lanzada.

6. Sobre una partícula de masa *m* = 500 g, obligada a moverse en el plano *Oxy*, actúan las fuerzas $F_1 = i - 2\,j$ y $F_2 = 2\,i + 4\,j$ 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) $\vec{F} = (1, -2) + (2,4) = (3,2)$ N

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

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

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

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

***a)* Un libro de masa *m* = 850 g.**

***b)* Una mesa de 12,1 kg de masa.**

Solución:

a) $P = m\,g$ = 0,85 kg · 9,81 m s^{-2} = 8,34 N → 8,34 N · (1kp / 9,81 N) = 0,85 kp.

b) $P = m\,g$ = 12,1 kg · 9,81= 119 N → 119 N · (1kp / 9,81 N) = 12,1 kp.

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

***a)* ¿Cuánto vale su aceleración supuesta constante?**

***b)* ¿Qué fuerza ha ejercido su motor?**

Solución:

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

b) $F = m\,a$ = 1 400 kg · 1,7 m s^{-2} = 2,4 · 10^3 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 kg de masa se mueve con una velocidad de régimen constante, y al arrancar o detenerse lo hace con una aceleración de 1,4 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 cada imán es el mismo.

c) Según la segunda ley de Newton, 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) $P = m\ g = 10\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \text{m s}^{-2} = 98{,}1\ \text{N} \rightarrow \mathbf{P}+\mathbf{N} = 0 \rightarrow \mathbf{N} = -\mathbf{P} \rightarrow N = 98{,}1\ \text{N}$

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

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. Creo que hay que explicarlo

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:* μ_c = 0,42.

Solución:

Las fuerzas son el peso y la normal

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

$N = 117{,}6\ \text{N}$

Cálculo de la distancia

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

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

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

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

μ_c = 0,350.

Solución:

$a = g$ sen α − μ g cos α = g (sen α − μ cos α) = 9,8 m s^{-2} · (sen 25° − 0,35 · cos 25°)

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

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 (α) para iniciar el deslizamiento: $\mu_e = \text{tg}\ \alpha$.

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

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

No desciende.

b) $\text{tg}\ \alpha = \mu_e$; $\text{tg}\ \alpha = 0{,}40$; $\alpha = 21{,}8°$

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

Solución:

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

19. Un muelle de acero se alarga 2,40 cm al colgarle un bloque de 5,00 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 kg?**

a) $F = P = m\ g = 5{,}00\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m s}^{-2} = 49\ \text{N}$

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

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

20. 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 el valor de la fuerza deformadora 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.

21. La frecuencia de oscilación de una masa *m* unida a un resorte es el doble que la de otra masa *m´* unida a otro resorte de las mismas características que el anterior. ¿Qué relación guardan entre sí ambas masas?

Solución:

De acuerdo con la expresión $\omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$, aplicada a ambas masas resulta:

$$m = \frac{k}{4\pi^2 f^2} \qquad m' = \frac{k}{4\pi^2 f'^2}$$

Si los dos resortes tiene la misma constante elástica, considerando que $f = 2f'$, al dividir resulta.

$$\frac{m}{m'} = \frac{f'^2}{f^2} = \frac{f'^2}{4f'^2} = \frac{1}{4} \qquad m' = 4\,m$$

22. Una partícula de 250 g tiene un periodo de vibración de 0,040 s. Calcula la constante recuperadora.

Solución:

La constante recuperadora es:

$$k = \omega^2 m = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 m = \left(\frac{6{,}28}{0{,}040\ s}\right)^2 \cdot 0{,}25\ kg = 6{,}16 \cdot 10^3\ \text{N m}^{-1}$$

23. Un péndulo simple tiene un periodo de 2 s en cierto lugar. Si en el mismo lugar otro péndulo tiene un periodo de 3 s, ¿qué podemos afirmar acerca de sus longitudes?

Solución:

Se aplica la fórmula del periodo del péndulo simple $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ a ambos péndulos y al dividir se obtiene: $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}}$; $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{l_1}{l_2}$; $\frac{4s^2}{9s^2} = \frac{l_1}{l_2}$; $l_1 = \frac{4}{9}\,l_2$

24. Un péndulo simple tiene un periodo de 2,14 s en un lugar de la Tierra en que g = 9,81 ms^{-2}. ¿Cuál será su periodo en la Luna (g = 1,96 ms^{-2})?

Solución:

Se aplica la fórmula del periodo del péndulo simple, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, en la Tierra y en la Luna y al dividir se obtiene:

$$\frac{T_T}{T_L} = \sqrt{\frac{g_L}{g_T}}\ ; \qquad \frac{2{,}14\ s}{T_L} = \sqrt{\frac{1{,}96\ m\,s^{-2}}{9{,}81 ms^{-2}}}\ ; \qquad T_L = 4{,}79\ s$$

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 g describe una circunferencia sobre una mesa horizontal, sin rozamiento, atada a una cuerda de 1,20 m de longitud y mantiene siempre una velocidad de 6,40 m s^{-1}. Calcula la tensión de la cuerda y la fuerza centrípeta.

Solución:

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

27. Se hace girar en un plano vertical una piedra de masa *m* = 50 g mediante una cuerda de 50 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:

a)

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

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

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 kg dispara una bala de 20 g con una velocidad de 220 m s^{-1}. ¿Con qué velocidad retrocede el rifle?

Solución:

Aplicando el principio de conservación de la cantidad de movimiento o momento lineal al conjunto bala-rifle**,** $0 = m_r\ v_r + m_b\ v_b$, la velocidad de retroceso es:

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

29. Dos vagones de ferrocarril de masas 4 · 10⁴ y 3 · 10⁴ kg ruedan en la misma dirección y sentido. El vagón menos pesado rueda delante, moviéndose con una velocidad de 0,5 m/s, mientras que el más pesado se mueve a 1 m/s. Llega 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:

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

30. Una bola de 20 g de masa rueda a 10 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 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.

31. Si la velocidad lineal de una partícula es constante en el tiempo, ¿puede variar su momento angular en el tiempo? Razona la respuesta.

Solución:

De la expresión $L = r \cdot mv \cdot \text{sen}\,\theta$ se deduce que si v = cte., el momento angular L puede variar con el tiempo; basta con que los factores r y sen θ varíen con el tiempo.

32. Un automóvil de 1500 kg se mueve en una pista circular de 50 m de radio con una rapidez de 40 m/s. Calcula el momento angular del automóvil respecto del centro de la pista.

Solución:

En el movimiento circular los vectores $\vec{r}$ y $\vec{v}$ forman un ángulo de 90°. En este caso, el módulo del momento angular será:

$$L = r \cdot m\ v \cdot sen\ 90 = 50\ \text{m} \cdot 1\ 500\ \text{kg} \cdot 40\ \text{m s}^{-1} \cdot 1 = 3{,}0 \cdot 10^{6}\ \text{Kg m}^{2}\ \text{s}^{-1}$$

Dirección perpendicular al plano del movimiento y sentido el de un sacacorchos que gire de $\vec{r}$ a $\vec{v}$ por el camino más corto.

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

Solución:

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

34. Sabiendo que el periodo de revolución lunar es de 27,32 días y que el radio de la órbita es r_L = 3,84 · 10^{8} 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 · 10^{24} kg; M_L = 7,35 · 10^{22} kg.**

Solución:

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

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

$F_G = F_C$

$$G = \frac{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot (3{,}84^8 \cdot 10^3)}{(27{,}32 \cdot 24 \cdot 3\ 600)^2 \cdot 5{,}98 \cdot 10^{24}} = 6{,}69 \cdot 10^{-11}\text{N m}^2\text{kg}^{-2}$$

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:

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

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

35. 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 km, *g* = 9,81 m s^{-2}.**

Solución:

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

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

36. La distancia media Tierra-Sol es 1,50 · 10^8 km. Calcula la masa del Sol.
***Datos:* G = 6,67 · 10^{-11} N m^2 kg^{-2}; M_T = 5,98 · 10^{24} kg.**

Solución:

La Tierra tarda un año en dar una vuelta alrededor del Sol; por tanto, su periodo de revolución es:
T = 365 días ·86 400 segundos/1 día = 365 · 86 400 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:

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

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:

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

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

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

37. Indica, razonando la respuesta, en qué zona es mayor la velocidad de un planeta: cerca del Sol o lejos de él.

Solución:

Según la Ley de las áreas, la velocidad es mayor cuando el planeta se encuentra cerca del Sol.

38. Explica cómo se puede calcular la masa de un planeta.

Solución:

A partir de la Tercera ley de Kepler, siempre que el planeta tenga algún satélite, ya sea natural o artificial.

39. ¿Por qué las órbitas de los planetas y de los satélites son planas?

Solución:

Porque la dirección del vector momento angular $\vec{L}$ es constante ya que el momento de la fuerza de atracción es cero.

40. Determina la masa de Marte sabiendo que uno de sus satélites tarda 29,5 horas en dar una vuelta alrededor del planeta y describe una órbita circular de 2,30 · 10^4 km.

Solución:
Se puede obtener a partir de la Tercera ley de Kepler:

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4\pi^2 (2{,}30 \cdot 10^7\ m)^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ Nm^2\,kg^{-2} \cdot (29{,}5\ h \cdot 3\ 600 \frac{s}{h})^2} = 6{,}40 \cdot 10^{23}\ \text{kg}$$

41. Para terminar la unidad, podéis formar grupos de trabajo y realizar una investigación sobre algunos de los siguientes temas:
- ***a)* El origen del Universo.**
- ***b)* Las interacciones fundamentales de la naturaleza.**
- ***c)* Composición y características del Sistema Solar.**
- ***d)* Los agujeros negros.**

Las cuatro temáticas planteadas son complejas y al buscar información encontraréis mucho vocabulario técnico de difícil comprensión. Vuestra tarea es redactar vuestros trabajos en un lenguaje que vosotros y vuestros compañeros podáis comprender.
Elegid el tema que más os motive y emplead información de fuentes fiables de calidad. Internet está lleno de información de poca calidad y si la empleáis obtendréis un mal trabajo u os supondrá mucho más esfuerzo.

Solución:

Solución abierta a realizar en equipo.

Actividades finales

Lectura: Cohetes espaciales

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. ¿Es aceptable el valor de la aceleración de la gravedad que has obtenido?

Solución:
Dependerá del rigor con que se realizó la práctica de laboratorio.

2. ¿Es el péndulo simple un péndulo real o teórico?

Solución:
Es un péndulo teórico, matemático, que definimos como un punto material suspendido de un hilo inextensible y sin masa que oscila sin rozamientos con amplitudes muy pequeñas.

3. ¿Qué errores puedes haber cometido?

Solución:
Utilizar longitudes del péndulo demasiado pequeñas, que las oscilaciones sean de gran amplitud, que el plano de oscilación sea variable, un mal uso del cronómetro, etc.

4. Averigua si existen otros tipos de péndulos que podrías haber utilizado.

Solución:

Sí, los denominados péndulos físicos, por ejemplo, el péndulo de Kater.

Problemas propuestos

1. ¿Cómo distinguirías un huevo cocido de uno crudo empleando la primera ley de Newton? Piénsalo teóricamente, si no lo descubres emplea un huevo crudo de tu casa y en vez de uno cocido usa, por ejemplo, un kiwi. Si tampoco lo descubres, busca en Internet y encontrarás la solución.

Solución:

Haz girar los huevos sobre una superficie horizontal, frena con un dedo los huevos y suelta. En el huevo crudo, su interior sigue girando cuando frenas la cáscara, de acuerdo con la Ley de inercia de Newton, y al levantar el dedo el huevo vuelve a girar.

2. Un boxeador es capaz de golpear el saco de entrenamiento con una fuerza de 3 000 N. ¿Podría golpear una pluma flotando en el aire con esa misma fuerza? Este boxeador es tan fuerte que puede levantar a una persona de 100 kg del suelo tirándole de los pelos de la cabeza. El boxeador pesa 80 kg. ¿Podría levantar los pies del suelo tirándose de los pelos de su propia cabeza?

Solución:

No es posible golpear la pluma con esa fuerza, una gran parte de esa fuerza se ejerce sobre el aire.
No es posible levantar los pies del suelo tirándose de los pelos de su propia cabeza. La acción ejercida sobre los pelos es igual que la reacción que estos ejercen sobre su mano; por tanto, la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo del boxeador es nula.

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:

a) Cuando está en reposo.

b) Cuando asciende a 1,0 m s^{-2}.

c) Cuando asciende a 5,0 m s^{-1}.

d) Cuando desciende a 2,0 m s^{-2}.

Solución:

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

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

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

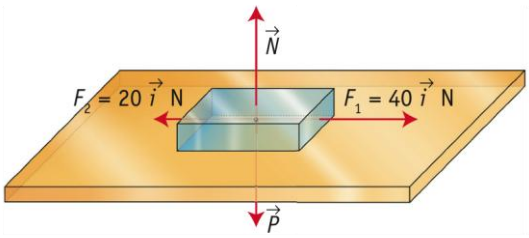
d) $F = m\,(g - a) = 70$ kg (9,8 − 2) m s^{-2} = 5,5 · 10^2 N

5. Sobre el cuerpo de la Figura 8.48, cuya masa es *m* = 5,0 kg, actúan las fuerzas que se indican. Calcula:

a) El peso del cuerpo.

b) La reacción normal *N*.

c) La aceleración del cuerpo.



Solución:

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

b) $N = P = 49$ N

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

6. 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.

Solución:

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

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

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

7. 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:

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

$F = m\,a = 3{,}0 \text{ kg} \cdot (-2{,}08 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-2}) = -\,6{,}25 \cdot 10^3 \text{ N}$

8. Un bloque de masa *m* = 6,0 kg se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal lisa. Al actuar sobre él una fuerza constante le comunica una aceleración de 8,5 m s^{-2}. Calcula el valor de la fuerza:

a) **Si es paralela a la superficie.**

b) **Si la forma un ángulo de 30º con la horizontal.**

Solución:

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

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

$$F = \frac{m\,a}{\cos \alpha} = \frac{6 \text{ kg} \cdot 8{,}5 \text{ m s}^{-1}}{\cos 30^{\circ}} = 59 \text{ N}$$

9. 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?

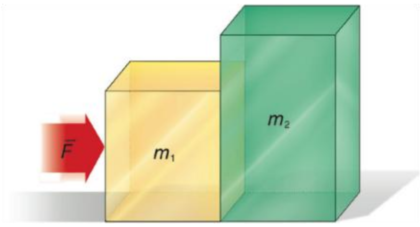
Solución:

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

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

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

10. Los bloques m_1 = 2,0 kg y m_2 = 3,0 kg de la Figura 8.49 se apoyan sobre una superficie horizontal sin rozamiento. La fuerza *F* = 20 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.



Solución:

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

2ª ley de Newton para m_1: $F - T = m_1\, a$ donde T es la fuerza de interacción entre m_1 y m_2

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

2ª ley de Newton para m_2: $T = m_2\, a = 3\ \text{kg} \cdot 4\ \text{m s}^{-2} = 12\ \text{N}$

11. Un cuerpo de masa *m* = 3,0 kg está situado sobre un plano inclinado 30º 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 diagrama que incluya todas las fuerzas.

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

12. ¿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.

13. 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:

$F = F_r = \mu\, m\, g$; $650\ \text{N} = \mu \cdot 140\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \text{m s}^{-2} \rightarrow \mu = 0{,}473$

14. Un plano inclinado forma un ángulo de 40º 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 $P_x > F_r$; $m\,g$ sen α > μ $m\,g$ cos α; tg α > μ; tg α > 0,5
Como tg 40° = 0,84 > 0,5, descenderá.

15. Una atracción de feria consiste en lanzar un trineo de 2,0 kg por una rampa ascendente que forma un ángulo de 30º 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 sobre la rampa?

Solución:

$$a = \frac{-P_x - F_r}{m} = \frac{-m\,g\ \text{sen}\ \alpha - \mu\ \text{m}\ g\ \cos\alpha}{m} = g\ (\text{sen}\ \alpha + \mu\cos\alpha) =$$
$$= 9{,}8\ \text{m s}^{-2}\cdot(\text{sen}\ 30^{\circ} + 0{,}15\cdot\cos 30^{\circ}) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow a = 6{,}17\ \text{ms}^{-2};$$
$$v_0 = \sqrt{-2\,a\,x} = \sqrt{-2\cdot(-6{,}17\ \text{m s}^{-1})\cdot 8\ \text{m}} = 9{,}93\ \text{m s}^{-1}$$

16 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 kp · 9,8 N / kp = 392 N, que es mayor que 245 N → el cuerpo llevará un MRUA, y entonces la fuerza de rozamiento será:

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

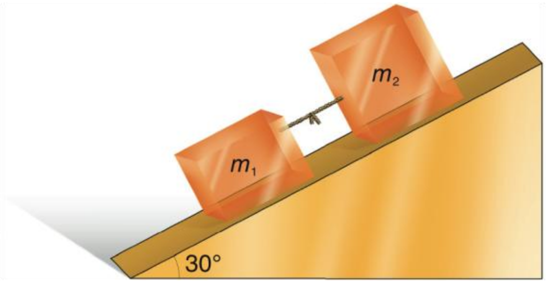
Por tanto, la aceleración:

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

17. Dos cuerpos m_1 = 2,0 kg y m_2 = 3,0 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.**



Solución:

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

a) $= \dfrac{2\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m s}^{-2} \cdot \text{sen}\ 30\ ^{\text{o}} + 3\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m s}^{-2} \cdot \text{sen}\ 30\ ^{\text{o}} -}{5\ \text{kg}}$

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

b) $T + m_2\ g\ \text{sen}\ \alpha - \mu_2\ m_2\ g\ \cos\alpha = m_2\ a$

$T = m_2\ a + \mu_2\ m_2\ g\ \cos\alpha - m_2\ g\ \text{sen}\ \alpha$

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

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

Solución:

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

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

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

20. 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:

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

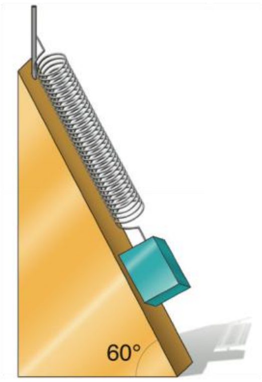
Como el peso se distribuye en cuatro muelles, la fuerza que soporta cada uno es:

$1{,}47 \cdot 10^4$ N/4 = $3{,}67 \cdot 10^3$ 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%: $k = 1{,}20 \cdot 3{,}67 \cdot 10^4$ N m^{-1} = $4{,}4 \cdot 10^4$ N m^{-1}

21. El bloque de la Figura 8.51 de 7,0 kg de masa está apoyado sobre un plano inclinado 60º sobre la horizontal y sujeto por un resorte que sufre un alargamiento de 16,4 cm. ¿Cuál es la constante elástica del muelle?



$P_x = k\,\Delta x$; $m\,g$ sen $\alpha = k\,\Delta x$;

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

22. Una partícula de 250 g tiene un periodo de vibración de 0,040 s. Calcula la constante recuperadora.

Solución:

La constante recuperadora, en función del periodo, es la siguiente:

$$k = \omega^2 m = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 m = \left(\frac{6{,}28}{0{,}040\ s}\right)^2 \cdot 0{,}250\ \text{kg} = 6{,}16 \cdot 10^3\ \text{N m}^{-1}$$

23. Un niño de 30,0 kg se columpia con una amplitud de 0,50 m en un columpio de 3,0 m de longitud. ¿Con qué periodo y frecuencia se columpia? ¿Cuál es la velocidad máxima del muchacho? Dato: g_0 = 9,8 m s^{-2}.

Solución:

Suponemos que el columpio se comporta como un péndulo simple. Por tanto, el periodo de oscilación viene dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 6{,}28\sqrt{\frac{3{,}0\ m}{9{,}8\ \frac{m}{s^2}}} = 3{,}5\ \text{s} \qquad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3{,}5\ s} = 0{,}29\ \text{Hz}$$

$$v_m = \omega A = 2\pi f A = 6{,}28 \cdot 0{,}29\ \text{s}^{-1} \cdot 0{,}50\ \text{m} = 0{,}91\ \text{m s}^{-1}$$

24. Una masa m colgada de un muelle de constante elástica k y longitud ℓ oscila armónicamente con frecuencia f. A continuación, la misma masa se cuelga de otro muelle que tiene la misma constante elástica k y el doble de longitud, 2 ℓ. ¿Con qué frecuencia oscilará? Razona la respuesta.

Solución:

La frecuencia de oscilación de una masa *m* que cuelga de un muelle de constante recuperadora *k* es:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Como los dos muelles tienen la misma constante *k* e igual masa, la frecuencia de oscilación será la misma en ambos, no depende de la longitud.

25. Un astronauta ha instalado en la Luna un péndulo simple de 0,86 m de longitud y comprueba que oscila con un periodo de 4,6 s. ¿Cuánto vale la aceleración de la gravedad en la Luna?

Solución:

De la ecuación del periodo del péndulo simple, despejamos el valor de *g*.

$$g = \frac{4\pi^2\ l}{T^2} = \frac{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 0{,}86\ m}{(4{,}6\ s)^2} = 1{,}6\ \text{m s}^{-2}$$

26. 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 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:

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

27. Un ciclista toma la curva de un velódromo de 40 m de diámetro con una velocidad de 40 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.

Solución:

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

28. 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) Haz un diagrama de las fuerzas que actúan.

***b)* ¿Con qué velocidad saldrá despedido el cuerpo?**

Solución:

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

29. 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 · 10^{24} kg; distancia de la Tierra al Sol = 149,6 · 10^6 km.**

Solución:

$$\omega = \frac{2\,\pi\text{ rad}}{(365 \cdot 24 \cdot 3\,600)\text{s}} = 1{,}99 \cdot 10^{-7}\text{ rad s}^{-1}$$

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

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

30. 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 inmediatamente después de la patada es: $p_f = m\,v_f$ = 1 kg · 5 m/s = 5 kg m/s.

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

$I = F\,t = m\,v_f - m\,v_0 = 5$ kg m/s – 0 = 5 kg m/s = 5 N s

31. 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:

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

32. Una pelota de 75 g de masa llega a la pared de un frontón con una velocidad de 16 m s^{-1} y rebota con una velocidad de 12 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) $\Delta p = p_2 - p_1 = m\,v_2 - (-m\,v_1) = m\,(v_2 + v_1) = 0{,}075$ kg · (12 + 16) m s^{-1} = 2,1 kg m s^{-1}

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

33. Un astronauta sale de la cápsula espacial y arroja hacia delante un objeto de 0,80 kg con una velocidad de 1,2 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:

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

$x = -9{,}6 \cdot 10^{-3}$ m s^{-1} · 3 600 s = −35 m

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

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

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

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

35. Dos bolas de masas m_1 = 30,0 g y m_2 = 75,0 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 m s^{-1}, respectivamente. Después del choque, la primera bola rebota con una velocidad de 12,1 m s^{-1}. ¿Qué velocidad adquiere la segunda bola después del choque?

Solución:

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

$p_1 = p_2$

$-0{,}375\text{ kg m s}^{-1} = 0{,}03\text{ kg}\,(-12{,}1\text{ m s}^{-1}) + 0{,}075\text{ kg} \cdot v'_2 \Rightarrow v'_2 = -0{,}160\text{ m s}^{-1}$

36. 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 g de masa, tras incrustarse en un blanco de 1 500 g, hace que el conjunto se mueva con una velocidad de 0,64 m s^{-1}. En ausencia de rozamientos, determina la velocidad de la bala antes del impacto.

Solución:

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

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

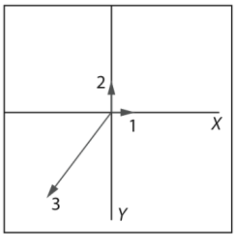
37. Una explosión rompe una roca en tres trozos. Dos de ellos, de 1,0 kg y 2,0 kg, salen despedidos en ángulo recto con una velocidad de 12 m s^{-1} y 8,0 m s^{-1}, respectivamente. El tercero sale con una velocidad de 40 m s^{-1}.

***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° con el eje *OY* negativo (233°).



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

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

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

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

$M_T = 1{,}0 + 2{,}0 + 0{,}5 = 3{,}5$ kg

38. ¿Qué movimiento ha de tener una partícula para que su momento angular permanezca constante?

Solución:
Para que el momento angular, $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$, de una partícula sea constante, el movimiento de la partícula debe ser circular uniforme. En este caso *r* es el radio de la circunferencia que es constante y $\theta = 90°$.

39. Define el momento angular de una partícula de masa m y velocidad v respecto a un punto O. Pon un ejemplo razonado o fenómeno físico que sea una explicación de la conservación del momento angular.

Solución:
El momento angular, con respecto a un punto *O*, de una partícula de masa *m* que se mueve con una velocidad *v* se define como el vector $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$.

Cuando no se produce momento de fuerzas sobre un sistema, el momento angular del mismo permanece constante. Un ejemplo de la conservación del momento angular es el movimiento de los planetas alrededor del Sol.

40. ¿Cuánto vale el momento de una fuerza si *r* y *F* son paralelos? ¿Cómo deben ser *r* y *F* para que el momento de la fuerza sea máximo?

Solución:
Si $\vec{r}$ y $\vec{F}$ son paralelos, el momento de la fuerza es nulo. Para que el momento sea máximo, los vectores $\vec{r}$ y $\vec{F}$ deben ser perpendiculares entre sí, como se deduce de la ecuación:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

41. Calcula el momento angular de Júpiter suponiendo que tiene una masa 315 veces la de la Tierra, que su radio de órbita es 5,2 veces mayor que el radio de la órbita terrestre y el periodo es $3{,}74 \cdot 10^8$ s.

Datos: **M_T = 6,0 · 10^{24} kg; r_T = 149,6·10^6 km**

Solución:

Suponiendo que la órbita es circular, el momento angular es máximo y viene determinado por:

$$L = m\,r\,v = (315\,M_T)\,r\,\frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(315 M_T)r^2}{T}\;;\quad L = 2\pi(315 M_T)\frac{(5{,}2\,r_T)^2}{T}$$

$$L = 6{,}28 \cdot (315 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24}\,kg) \cdot \frac{(5{,}2 \cdot 6{,}4 \cdot 10^6\,m)^2}{3{,}74 \cdot 10^8 s} = 3{,}5 \cdot 10^{34}\ \text{kg m}^2\text{s}^{-1}$$

42. 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 0,125 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 kg · 9,8 m s^{-2} = 1,2, N ; $F < P$

43. 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 · 10^{24} kg; R_T = 6 370 km.**

Solución:

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

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

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

44. 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 20000 km de la superficie de la Tierra.

Datos: **M_T = 5,98 · 10^{24} kg; R_T = 6 380 km.**

Solución:

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

45. ¿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 · 10^{24} kg; M_L = 7,35 · 10^{22} kg; R_T = 6 380 km; R_L = 1 740 km.**

Solución:

$m_T = m_L = 40$ kg

$$g_T = \frac{G\,m_T}{R_T^2} = \frac{6{,}67\cdot10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}\cdot5{,}98\cdot10^{24}\ \text{kg}}{(6{,}38\cdot10^6\ \text{m})^2} = 9{,}8\ \text{m s}^{-2}$$

$$g_L = \frac{G\,m_L}{R_L^2} = \frac{6{,}67\cdot10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}\cdot7{,}35\cdot10^{22}\ \text{kg}}{(1{,}74\cdot10^6\ \text{m})^2} = 1{,}62\ \text{m s}^{-2}$$

$P_T = m\,g_T = 40\ \text{kg}\cdot9{,}8\ \text{m s}^{-2} = 392\ \text{N}$

$P_L = m\,g_L = 40\ \text{kg}\cdot1{,}62\ \text{m s}^{-2} = 64{,}8\ \text{N}$

46. Un planeta esférico tiene un radio de 3000 km y la aceleración de la gravedad en su superficie es 6,00 m/s^2. ¿Cuál es su densidad media?
***Datos:* G = 6,67 · 10^{-11} N m^2 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:

$$m\,g = \frac{G\,M\,m}{R^2};\ g = \frac{G\,M}{R^2};\ M = \frac{g\,R^2}{G} = \frac{6\ \text{m s}^{-2}\cdot(3\cdot10^6\ \text{m})^2}{6{,}67\cdot10^{11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}} = 8{,}1\cdot10^{23}\ \text{kg}$$ es 10^{-11}

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

$$d = \frac{M}{V} = \frac{8{,}1\cdot10^{23}\ \text{kg}}{\frac{4}{3}\pi\cdot(3\cdot10^6\ \text{m})^3} = 7{,}16\cdot10^3\ \text{kg m}^{-3}$$

47. Si un satélite artificial describe una órbita circular situada a 500 km sobre la superficie de la Tierra (R_T = 6 400 km; M_T = 6,0 · 10^{24} kg).

***a)* ¿Con qué velocidad se mueve el satélite?**

***b)* ¿Cuál es su periodo de revolución?**

Solución:

La velocidad orbital y el tiempo empleado en describir una órbita son los siguientes:

a) $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} = \sqrt{\frac{6{,}67\cdot10^{-11}Nm^2kg^{-2}\cdot6{,}0\cdot10^{24}kg}{6{,}9\cdot10^6m}} = 7{,}6\cdot10^3\ \text{m s}^{-1}$

a) $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi\cdot6{,}9\cdot10^6m}{7{,}6\cdot10^3ms^{-1}} = 5{,}7\cdot10^3\ \text{s}$

48. Un satélite de la Tierra describe una órbita elíptica. La distancia máxima y mínima a la superficie de la Tierra son 3200 km y 400 km, respectivamente. Si la velocidad máxima del satélite es 5250 m/s, halla la velocidad del satélite en los puntos de máximo y mínimo acercamiento.

Datos: **R_T = 6 400 km.**

Solución:
Durante su recorrido el satélite mantiene constante el momento angular; es decir, se cumple: $r_1 v_1 = r_2 v_2$

La velocidad máxima corresponde al punto de máximo acercamiento. La velocidad en la posición más alejada es:

$$v_2 = \frac{r_1 v_1}{r_2} = \frac{5250\ ms^{-1} \cdot (6{,}4 \cdot 10^6 m + 0{,}4 \cdot 10^6 m)}{6{,}4 \cdot 10^6 m + 3{,}2 \cdot 10^6 m} = 3{,}7 \cdot 10^3\ \text{m s}^{-1}$$

49. Se ha lanzado un satélite en una dirección paralela a la superficie de la Tierra con una velocidad de 36900 km/h desde una altitud de 500 km para situarlo en un apogeo de
66700 km (medido desde el centro de la Tierra). ¿Qué velocidad tiene el satélite en esa posición? Dato: R_T = 6 400 km.

Solución:
Una vez situado en la órbita, mantendrá constante su momento angular. Por tanto se cumple: $v_a r_a = v_p r_p$

$$v_a = \frac{v_p r_p}{r_a} = \frac{36\,900 \frac{km}{h} \cdot (R_T + 500\ km)}{66\,700\ km} = \frac{36\,900 \frac{km}{h} \cdot 6\,900\ km}{66\,700\ km} = 3{,}8 \cdot 10^3\ \text{km/h}$$

50. Supongamos que conoces el periodo y el radio de la órbita de un satélite que gira alrededor de la Tierra. Con esta información y con ayuda de las leyes de Newton, ¿puedes calcular la masa del satélite? ¿Podrías calcular la masa de la Tierra?

Solución:
Se puede calcular la masa de la Tierra, pero no la del satélite, puesto que esta no depende ni del radio ni del periodo.

La masa de la Tierra se obtiene igualando la fuerza gravitatoria y la fuerza centrípeta:

$$M_T = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

51. 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?

Solución:
$T - m\,g = m\,a$

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

52. 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 60º 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:

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

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

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

sen α = 217 N / 320 N; α = 42,6°

$F_x = F_{1x} + F_{2x} = 125\text{ N} + (320\text{ N} \cdot \cos 42{,}6°) = 360\text{ N}$

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

_a)_ Transmitirle una aceleración de 1,2 m s^{-2}.

_b)_ Transmitirle una velocidad de 12 m s^{-1} a los 4,0 s de iniciado el movimiento.

_c)_ Recorrer 450 m en los primeros 15 s.

_d)_ Lo mismo que el apartado _c)_ si existe además una fuerza contraria de 35 N.

Solución:

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

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

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

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

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

d) 80 N + 35 N = 115 N

54. Un ascensor, cuya masa total es 729 kg, sube a una altura de 25 m. A los 2,0 s de arrancar adquiere una velocidad de 1,0 m s^{-1}. Cuando faltan 2,5 m para llegar a su destino frena, apareciendo una aceleración negativa de 0,20 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.

Solución:

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

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

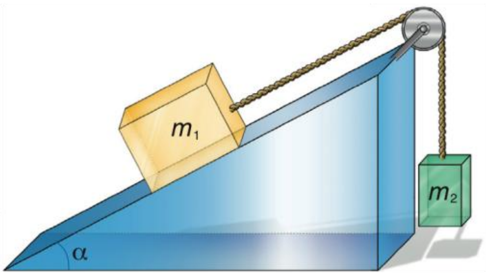
b) $T = m\,(g + a) = 729\text{ kg} \cdot (9{,}8 - 0{,}2)\text{ m s}^{-2} = 7{,}0 \cdot 10^3\text{ N}$

55. Responde a las siguientes cuestiones.

a) **Indica en qué sentido se mueve el sistema de la Figura 8.52 y calcula con qué aceleración.**

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

Datos: **m_1 = 2,0 kg; m_2 = 700 g; a = 30º.**



Solución:

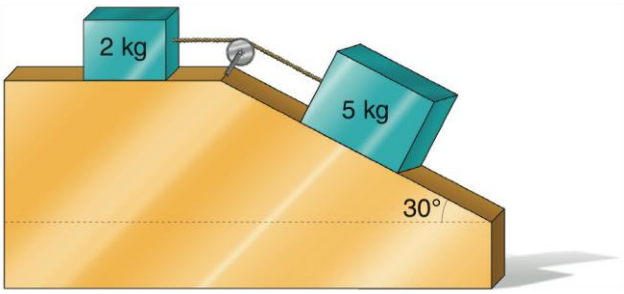
a) $m_1\, g$ sen α − $m_2\, g = (m_1 + m_2)\, a$

2 kg · 9,8 m s^{-2} · 0,5 − 0,7 kg · 9,8 m s^{-2} = 2,7 kg · *a*

a = 1,1 m s^{-2}

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

56. Dados los cuerpos representados en la Figura 8.53, 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.



Solución:

$m_1\, g$ sen 30° − T − μ $m_1\, g$ cos 30° = $m_1\, a$

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

Resolviendo el sistema se obtiene: *a* = 1,73 m s^{-2}; *T* = 7,38 N

57. Un bloque de 5,0 kg se lanza hacia arriba a lo largo de un plano inclinado 37º con una velocidad inicial de 9,8 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) $a = \dfrac{v^2 - v_0^2}{2x} = \dfrac{0 - (9{,}8\ \text{m s}^{-1})^2}{2 \cdot 6\ \text{m}} = 8{,}0\ \text{m s}^{-2}$

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

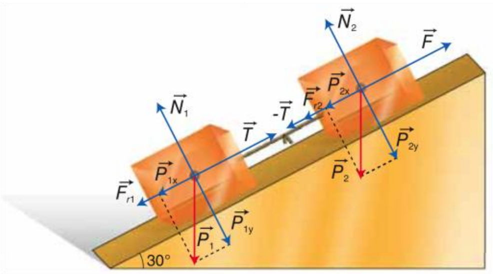
b) $a = \dfrac{-P_x - F_r}{m} = \dfrac{-m\,g\ \text{sen}\ \alpha + F_r}{m} = \dfrac{-5\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m s}^{-2} \cdot \text{sen}\ 37° + 10{,}5\ \text{N}}{5\ \text{kg}} = 3{,}8\ \text{m s}^{-2}$ *es -3,8 ms^{-2}*

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

58. Dos bloques de masas *m*$_1$ = 4,00 kg y *m*$_2$ = 2,00 kg están unidos por una cuerda inextensible y de masa despreciable y situados sobre un plano inclinado 30,0º 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 $P_x = m\ g$ sen α, que $F_r = \mu\ m\ g$ cos α y que ΣF = 0, obtenemos las siguientes ecuaciones para las masas m_1 y m_2:

$T - m_1\,g$ sen 30° $-\mu$ m$_1$ g cos 30° = 0; $T = m_1\,g$ sen 30° + μ $m_1\,g$ cos 30°

$F - m_2\,g$ sen 30° $- T -$ μ m$_2$ g cos 30° = 0

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

$F = m_2\,g$ sen 30° + $m_1\,g$ sen 30° + μ m$_1$ g cos 30° + μ m$_2$ g cos 30°

Simplificando e introduciendo los correspondientes valores, se obtiene:

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

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

T = 4 kg · 9,8 m s^{-2} · 0,5 + 0,3 · 4 kg · 9,8 m s^{-2} · 0,866 = 29,8 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: $F_r = \mu_c N = \mu_c m\, g$.

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 μ_c y g, el movimiento es uniformemente acelerado, lo que nos permite calcular el tiempo que tarda el cuerpo en pararse:

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

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

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

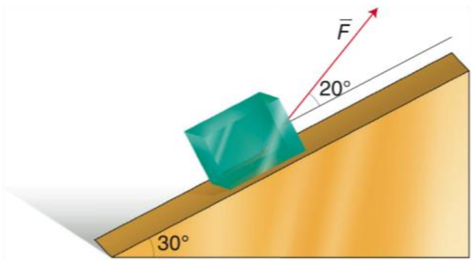
b) La masa del cuerpo no influye.

c) 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 8.54 al aplicarle la fuerza *F* = 122 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.**



Solución:

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

$F \cos 20° - m\, g \text{ sen } 30° - \mu\, m\, g \cos 30° = m\, a$

$$a = \frac{F}{m}\cos 20° - g(\text{sen } 30° + \mu\cos 30°) =$$

$$= \frac{122 \text{ N}}{12{,}5 \text{ kg}} \cdot 0{,}94 - 9{,}8 \text{ ms}^{-2} \cdot (0{,}5 + 0{,}48 \cdot 0{,}87) = 9{,}17 \text{ ms}^{-2} - 8{,}97 \text{ ms}^{-2} = 0{,}20 \text{ ms}^{-2}$$

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

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 18{,}2 \text{ m}}{0{,}2 \text{ m s}^{-2}}} = 13{,}5 \text{ s}$$

61. Se desea subir un cuerpo de *m* = 4,0 kg por un plano inclinado 15º sobre la horizontal, siendo el coeficiente de rozamiento cinético entre el plano y el cuerpo m = 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^{-2}.**

Solución:

a) Como la velocidad es constante la aceleración es 0

$F_x = P_x + F_r$; $F \cos \alpha = m\, g \text{ sen } \alpha + \mu\, (m\, g \cos \alpha + F \text{ sen } \alpha)$

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

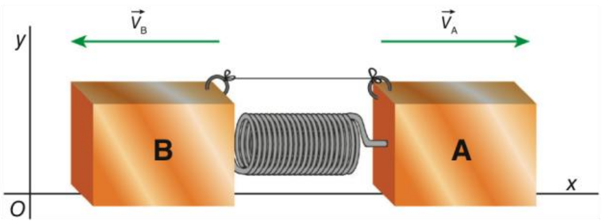
b) Si el cuerpo asciende con aceleración, la segunda ley de Newton nos permite escribir:

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

Al introducir los valores del anterior apartado, se obtiene:

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

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 8.55, 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^{-1} y el objeto B se desplaza con una velocidad de 3,3 ms^{-1}, en sentido opuesto. ¿Cuál es la masa de B?



Solución:

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

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

63. Una partícula de 5,0 g se mueve con m.a.s. Si su frecuencia es 25 Hz y su amplitud 8,0 cm, calcula:
- ***a)*** **Su periodo.**
- ***b)*** **La frecuencia angular.**
- ***c)*** **Su velocidad máxima.**
- ***d)*** **La constante recuperadora.**

Solución:

a) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{25\ Hz} = 4 \cdot 10^{-2} s$

b) $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 25$ rad/s = 1,6 · 10^2 rad/s

c) $v = A\omega = 8{,}0 \cdot 10^{-2} m \cdot 1{,}6 \cdot \frac{10^2 rad}{s} = 13\ m/s$

d) $k = m\omega^2 = 5{,}0 \cdot 10^{-3} kg \cdot (1{,}6 \cdot 10^2\ rad/s)^2$ = 1,3 · 10^2 N/m

64. Durante el vuelo del Apolo XI, el astronauta M. Collins giró en torno a la Luna, en un módulo de mando, sobre una órbita aproximadamente circular. Suponiendo que el periodo
de este movimiento fuera de 90 minutos exactos y que su órbita estuviera 100 km por encima de la superficie lunar, calcula:
- ***a)*** **La velocidad con que recorría la órbita.**
- ***b)*** **Su momento angular respecto del centro del satélite, suponiendo que la masa del astronauta fuera de 80,0 kg.**

Datos: **R_L = 1,74 ·10^6 m.**

Solución:

a) La velocidad en la órbita es:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{6{,}28 \cdot (1{,}738 \cdot 10^6\ m + 0{,}1 \cdot 10^6\ m)}{5\ 400\ s} = 2{,}14 \cdot 10^3 ms^{-1}$$

b) Momento angular del astronauta:

$$L = mvr = 80{,}0\ kg \cdot 2{,}14 \cdot 10^3\ ms^{-1} \cdot 1{,}838 \cdot 10^6 m = 3{,}15 \cdot 10^{11} kg m^2 s^{-1}$$

65. Se dice que un satélite terrestre es sincrónico o geoestacionario cuando tiene el mismo periodo de revolución que el periodo de rotación de la Tierra. El satélite se encontrará, pues, en el mismo punto por encima de la Tierra. ¿A qué altura se hallará?
Datos: **G = 6,67 ·10^{-11} N m^2 kg^{-2} ; M_T = 5,98 ·10^{24} kg; R_T = 6,4 ·10^3 km.**

Solución:

Para que el satélite sea sincrónico con la Tierra, su periodo de revolución ha de ser de 24 horas: 86 400 s.

De las expresiones: $v = \frac{2\pi r}{T}$ y $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$, se deduce:

$$r^3 = \frac{GM_T T^2}{4\pi^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2 kg^{-2} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24} kg \cdot (8{,}64 \cdot 10^4 s)^2}{4 \cdot 3{,}14^2} = 76 \cdot 10^{21} m^3$$

$$r = \sqrt[3]{76 \cdot 10^{21} m^3} = 4{,}2 \cdot 10^7 m$$

Por tanto, la altura será: $h = r - R_T = 4{,}2 \cdot 10^7 m - 6{,}4 \cdot 10^6 m = 3{,}6 \cdot 10^7 m$

66. Un bloque de madera de 3,0 kg está situado sobre un plano inclinado 5º 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? ¿Obtienes una velocidad negativa?

Solución:

$P_x = m\,g$ sen α = 3 kg · 9,8 m s^{-2} sen 5° = 2,6 N

$F_{r\ máx}$ = μ $m\,g$ cos α = 0,5 · 3 kg · 9,8 m s^{-2} · cos 5° = 14,6 N;

F_r = 2,6 N

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

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

Solución:

El momento lineal de cada bala es: $p = m\,v$ = 100 · 10^{-3} kg · 400 m s^{-1} = 40 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 kg m s^{-1} por cada bala disparada. Para *n* balas, el momento lineal de la ametralladora será 40 n 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 kg m s^{-1} – 0 = 40 n kg m s^{-1} = 40 n N s

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

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

68. 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:

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