

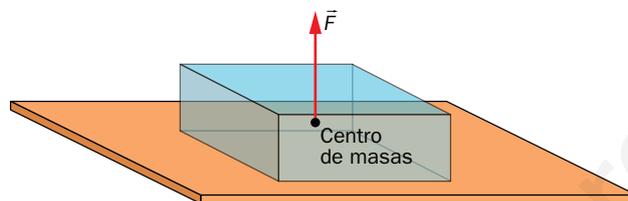
## 1 Fuerzas

### Página 204

#### Trabaja con la imagen

Dibuja en tu cuaderno un bloque como los de la imagen y representa una fuerza que aplicada sobre el mismo en dirección vertical pueda producir movimiento.

Para que una fuerza aplicada en la vertical pueda producir movimiento ha de tener sentido hacia arriba. El dibujo solicitado ha de ser similar al siguiente:



### Página 205

- 1 Propón una situación cotidiana en la que una fuerza produzca solo cambio en el movimiento, otra en la que produzca solo deformación y otra en la que se aprecien ambos efectos.

Son muchas las situaciones que se pueden proponer para cada uno de los casos que se piden en el enunciado, por lo que las respuestas pueden ser muy diversas. En general, siempre que la fuerza se aplique sobre un cuerpo rígido podrá producir movimiento sin deformación. En cambio, si se aplica sobre un cuerpo elástico, o plástico, que está sujeto a otro cuerpo, podremos producir deformación sin movimiento. Por último, si el objeto anterior no está sujeto a nada, se podrán observar los dos efectos.

- 2  Elabora un dibujo de las situaciones anteriores en el que se representen los vectores correspondientes a cada fuerza.

La respuesta a esta pregunta depende de las situaciones propuestas en la actividad anterior. La actividad no tiene otra finalidad que la de acostumbrar al alumnado a representar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

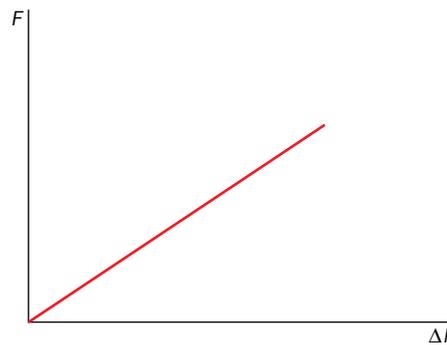
- 3 Las deformaciones elásticas quedan descritas por la *ley de Hooke*, que establece que *la fuerza aplicada es directamente proporcional a la deformación que produce*. Expresa esta ley en lenguaje matemático y gráfico, y deduce la ecuación de dimensiones de la constante de proporcionalidad,  $k$ , denominada constante elástica, o recuperadora.

La ley de Hooke, en lenguaje matemático, adopta la forma:

$$\vec{F} = k \cdot \Delta \vec{l}$$

expresión en la que  $\vec{F}$  es la fuerza aplicada y  $\Delta \vec{l}$  la deformación del sistema elástico (positiva si hay alargamiento, y negativa si se acorta).

La gráfica correspondiente a esta relación de proporcionalidad directa es:



Si en lugar de utilizar la fuerza aplicada se quiere trabajar con la fuerza recuperadora, hay que incluir un signo menos en la ecuación, pues esta fuerza tiene sentido contrario a la deformación.

Para determinar la ecuación de dimensiones de la constante recuperadora se trabaja con módulos:

$$F = k \cdot \Delta l \rightarrow k = \frac{F}{\Delta l} \rightarrow [k] = \frac{[F]}{[\Delta l]} = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L} = M \cdot T^{-2}$$

- 4**  **Propón un ejemplo de fuerza de contacto y otro de fuerza a distancia, diferentes a los estudiados.**

Las fuerzas de contacto que el alumnado ha estudiado en cursos pasados son la fuerza de rozamiento, la normal y la fuerza elástica. También serviría cualquiera aplicada sobre un cuerpo para moverlo o deformarlo. Ejemplos de fuerzas a distancia, diferentes a la magnética y la gravitatoria, son las fuerzas eléctricas.

- 5**  **Propón dos ejemplos de pares de magnitudes tales que, al multiplicarlas o dividir las, se obtenga una magnitud con dimensiones de fuerza (si lo necesitas, consulta la tabla de dimensiones en la separata que acompaña al libro).**

Las que seguramente encuentre el alumnado son los pares masa-aceleración y presión-superficie.

- 6** **Imagina que alguien te dice que puede mover un objeto a distancia, pues basta con coger otro objeto, por ejemplo un palo largo, y empujar con este al primero. ¿Realmente está hablando de fuerzas a distancia? ¿Qué le responderías?**

No se trata de fuerzas a distancia, pues existe contacto indirecto entre quien ejerce la fuerza y el objeto sobre el que se ejerce.

- 7**  **Busca información sobre las «teorías de unificación» en física, y relaciónala con lo que has estudiado en estas páginas.**

Las teorías de unificación buscan unificar las interacciones en una sola. Por el momento, la electromagnética y la nuclear débil quedan descritas por el modelo electrodébil, a la que se une la nuclear fuerte en la cromodinámica cuántica. Solo queda, pues, unificar con la gravitatoria, unificación para la que la teoría de cuerdas parece ser una buena candidata.

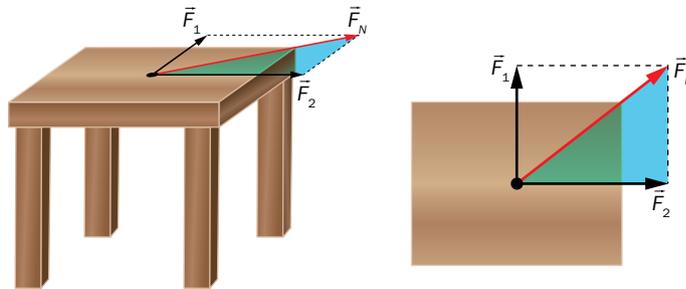
- 8**  **¿Qué partículas subatómicas conoces? Busca información en Internet y descríbelas brevemente. ¿Has encontrado alguna que desconocías?**

El mundo de las partículas subatómicas es amplio, y el alumno seguramente conocerá protones, neutrones y electrones (quizá haya oído hablar de quarks, o del recientemente descubierto bosón de Higgs). La actividad se plantea para resaltar el carácter cambiante de la ciencia, que está en continua evolución, en la que nos encontramos inmersos.

Página 207

- 9** Dos personas aplican sendas fuerzas de 50 N sobre una mesa, en direcciones horizontales perpendiculares entre sí. ¿Cuánto vale el módulo de la resultante de estas dos fuerzas? Ilustra tu respuesta con un dibujo.

El dibujo de la situación descrita es el siguiente:

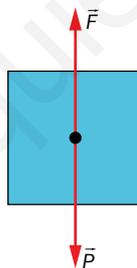


La resultante se obtiene aplicando el teorema de Pitágoras al triángulo rectángulo sombreado en la figura (unidades SI):

$$\vec{F}_N = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow F_N = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{50^2 + 50^2} = 70,71 \text{ N}$$

- 10** Representa en un dibujo las fuerzas que actúan sobre un objeto cuando lo sujetas sin moverlo, y calcula la fuerza neta que actúa sobre él.

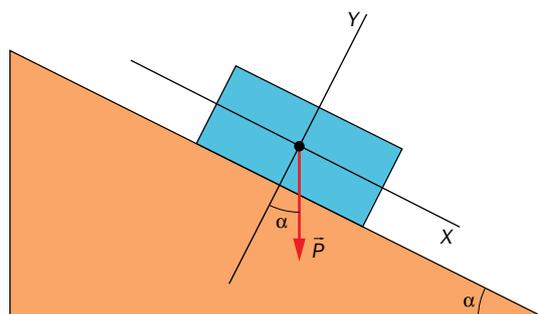
El dibujo solicitado es el siguiente:



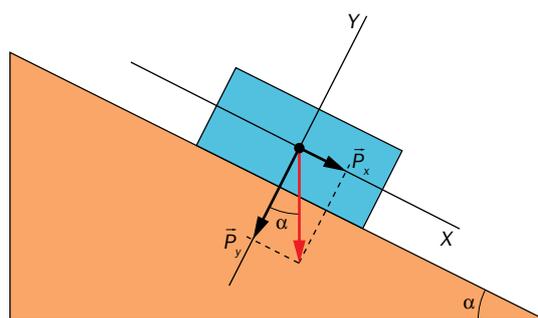
La resultante de esta fuerza es:

$$\vec{F}_N = \vec{F} + \vec{P} \rightarrow F_N = F - P = 0$$

- 11**  A partir de la siguiente figura, obtén las componentes de la fuerza peso en las direcciones de los ejes del sistema de referencia.



Las componentes de la fuerza peso en las direcciones de los ejes del sistema de referencia son:



Los módulos de estas componentes son:

$$P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$$

$$P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$$

Conviene advertir al alumnado que no siempre la función seno acompaña a la componente Y, y el coseno a la componente X, o viceversa, pues esto depende de la configuración del problema particular.

## 2 Fuerzas cotidianas

### Página 208

#### Trabaja con la imagen

A partir de las imágenes, ¿cuál es el valor de los módulos de la fuerza normal en cada caso? Razona tu respuesta.

En el caso del plano horizontal, el módulo de la normal coincide con el del peso ( $N = m \cdot g$ ).  
En el plano inclinado, con la componente normal del peso ( $N = P_y = P \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha$ ).

### Página 209

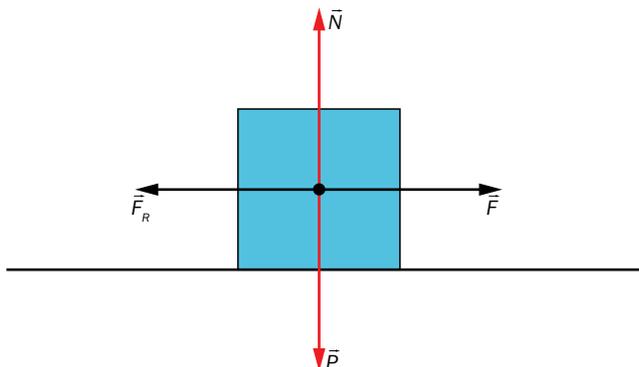
**12** Ejercemos fuerzas cada vez mayores sobre un cuerpo hasta que conseguimos que deslice sobre el suelo. A partir de la gráfica del cuadro superior, describe el comportamiento del módulo de la fuerza de rozamiento.

En la gráfica se observa que, conforme aumentamos la fuerza aplicada, sin llegar a mover el cuerpo, el módulo de la fuerza de rozamiento también aumenta de modo que en cada momento coincide con el de la fuerza que se aplica. Cuando el módulo de la fuerza aplicada alcanza el valor del producto del coeficiente estático por la normal, el cuerpo empieza a deslizar, y a partir de este momento el módulo de la fuerza de rozamiento es el producto del coeficiente cinético por la normal.

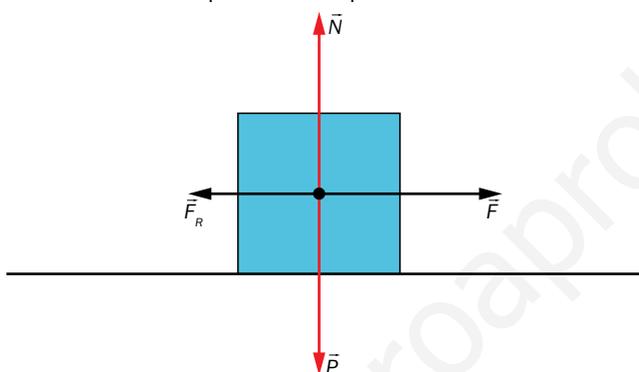
**13** Representa las fuerzas que actúan sobre una caja cuando, sobre un suelo horizontal:

- La empujamos pero no somos capaces de moverla.
- La deslizamos sobre el suelo.

En el primer caso, las fuerzas que actúan son el peso, la normal (de módulo igual al del peso), la fuerza aplicada y la fuerza de rozamiento, de módulo igual al de la fuerza aplicada. La resultante de todas ellas es cero.



En el segundo caso actúan las mismas fuerzas, pero en este caso el módulo de la fuerza de rozamiento es menor que el de la fuerza aplicada, lo que da como resultado una resultante no nula:



### 3 Leyes de Newton

Página 210

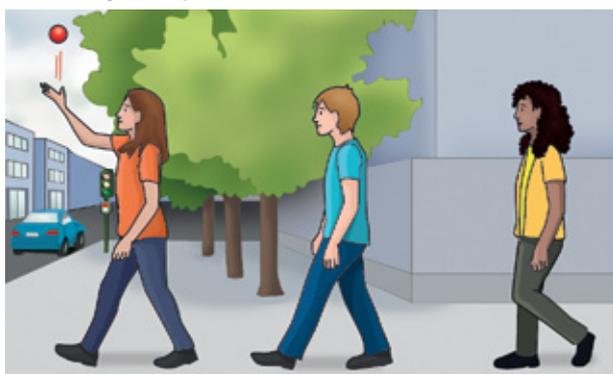
#### Trabaja con la imagen

¿Qué ocurriría con los pasajeros si el autobús tomara una curva, por ejemplo, hacia la derecha?

Cuando el autobús toma una curva hacia la derecha todos los pasajeros, por inercia, tienden a seguir rectos. Desde el interior del autobús la sensación es que todos se desplazan hacia su lado izquierdo.

Página 211

14  Si las tres personas se mueven con m.r.u. ¿quién cogerá la pelota cuando el primero la lance hacia arriba? ¿Por qué?



Los alumnos tienden a pensar que la pelota caerá en manos de la segunda persona, o de la tercera, según la celeridad a la que estas se muevan, sin tener en cuenta que la pelota, por inercia, mantiene la velocidad horizontal a la que se desplacen las personas y, en consecuencia, describe un movimiento parabólico para caer en manos de quien la lanza.

- 15**  ¿Qué fuerza mínima, horizontal, se ha de aplicar para deslizar una caja de 60 kg por un suelo horizontal si el coeficiente de rozamiento estático es  $\mu_e = 0,15$ ? ¿Qué aceleración se obtendría con una fuerza doble, si  $\mu_d = 0,1$ ?

Para comenzar a deslizar la caja, se ha de aplicar una fuerza mínima cuyo módulo es igual al valor máximo que puede alcanzar el módulo de la fuerza de rozamiento estático. Al tratarse de un plano horizontal, el módulo de la normal es igual al del peso, y, por tanto:

$$F_{min} = \mu_e \cdot N = \mu_e \cdot m \cdot g = 0,15 \cdot 60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 88,2 \text{ N}$$

Al aplicar una fuerza doble (176,4 N) el cuerpo desliza sobre el suelo y se habrá de tener en cuenta el coeficiente de rozamiento cinético. En este caso, como la fuerza aplicada y la de rozamiento tienen sentido contrario, aplicando la segunda ley de Newton:

$$F - F_R = F - \mu_d \cdot m \cdot g = m \cdot a$$

$$a = \frac{F - \mu_d \cdot m \cdot g}{m} = \frac{176,4 \text{ N} - 0,1 \cdot 60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{60 \text{ kg}} = 1,96 \text{ m/s}^2$$

- 16** ¿Qué expresión se obtiene para la aceleración del ejercicio resuelto 3 si consideramos  $\alpha = 90^\circ$ ? Interpreta el resultado.

Si en el ejercicio resuelto 3 se toma  $\alpha = 90^\circ$ , la aceleración es:

$$a = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (1 - \mu \cdot 0) = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esta aceleración coincide con la aceleración de la gravedad, pues suponer un ángulo de  $90^\circ$  equivale a considerar una caída libre.

- 17** Calcula la aceleración con la que desciende un bloque de 20 kg si desliza sobre un plano inclinado  $40^\circ$  con coeficiente de rozamiento 0,2.

Siguiendo el mismo razonamiento que el utilizado en el ejercicio resuelto, la aceleración toma el valor:

$$a = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) =$$

$$= 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen } 40^\circ - 0,2 \cdot \text{cos } 40^\circ) =$$

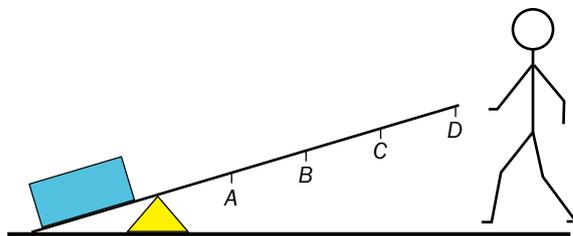
$$= 4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Al resolver este ejercicio hay que destacar dos cuestiones:

- La aceleración no depende de la masa. Solo depende del coeficiente de rozamiento, del ángulo de inclinación y de la aceleración de la gravedad del lugar en el que se realiza la experiencia.
- Al resolver los ejercicios con los símbolos de las magnitudes, sin sustituir los datos hasta el final, se obtienen expresiones que son válidas para situaciones similares y no es necesario razonarlas de nuevo.

Página 213

- 18** Para levantar el objeto con la palanca, ¿en qué punto tendrás que aplicar menos fuerza? Razona tu respuesta.



Para levantar el objeto hay que ejercer una fuerza cuyo momento venza al del peso del objeto. Como el módulo del momento de la fuerza que aplicamos se calcula multiplicando el módulo de esta por su brazo (distancia al fulcro), la fuerza será mínima cuando el brazo sea máximo, esto es, en el punto D.

- 19** Cuando giramos un volante con una mano, este gira sin desplazarse. ¿Dónde está la otra fuerza del par de fuerzas? ¿Cuánto vale en este caso el momento del par?

La otra fuerza del par se encuentra aplicada en el eje de giro del volante, y el momento del par de fuerzas, en este caso, es el módulo de la fuerza por el radio del volante.

- 20** De cada pareja de fuerzas del ejercicio resuelto 5, ¿cuál es la acción y cuál la reacción?

Ninguna de las fuerzas de cada interacción es, «por derecho», la acción ni la reacción. Podemos, pues, en cada pareja, llamar acción a la que queramos, y la reacción, a partir de ese momento, será la otra.

En este ejercicio hay que prestar atención a una cuestión que se suele presentar en las aulas con frecuencia. Cuando se apoya un libro sobre una mesa, el alumnado tiende a pensar que la normal es la reacción del peso, con lo que se anularían, sin pensar que si el peso es la fuerza que ejerce la Tierra sobre el libro su reacción ha de ser una fuerza que ejerza el libro sobre la Tierra. Además, la normal es de naturaleza electromagnética y el peso de naturaleza gravitatoria, por lo que nunca podrá ser una la reacción de la otra. Es una cuestión que se comenta también en el texto principal y a la que debemos prestar atención.

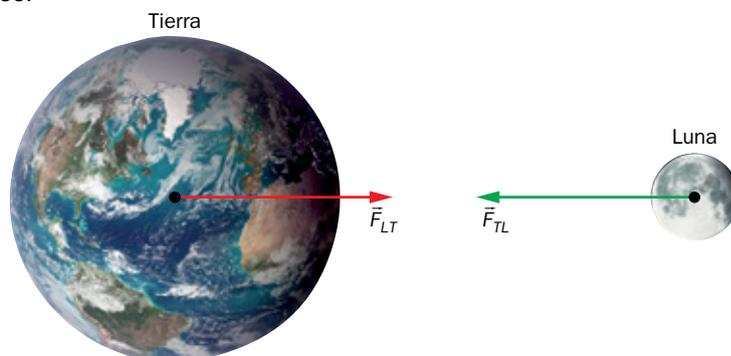
- 21** ¿Verdadero o falso? Si a toda acción le corresponde una reacción, ¿cómo podemos mover un cuerpo empujándolo si ambas fuerzas deberían anularse entre sí y, por tanto, producir reposo?

El enunciado es falso, pues las fuerzas de acción y reacción actúan (simultáneamente) sobre cuerpos distintos y, por tanto, nunca pueden anularse. Esta actividad se relaciona con el comentario final de la actividad anterior.

- 22** Copia una imagen similar en tu cuaderno y representa sobre ella la fuerza que la Tierra ejerce sobre la Luna, y la que esta ejerce sobre la Tierra.



El alumnado tiende a representar el vector de la fuerza que ejerce la Tierra sobre la Luna con mayor longitud que el vector de la fuerza que ejerce la Luna sobre la Tierra, pues al tener la Tierra más masa que la Luna piensan que la fuerza que ejerce la Tierra es mayor. Esto contradice el enunciado de la ley de acción y reacción, según la cual los dos módulos han de ser iguales.



## 4 Las leyes de Newton en movimiento cotidianos

### Página 215

- 23** Se arrastra un cajón de 35 kg tirando de él con una fuerza de 200 N que forma 30° con la horizontal. ¿Qué aceleración se le comunica si el coeficiente de rozamiento es  $\mu = 0,25$ ?

Si se sigue el mismo razonamiento que en el estudio general del plano horizontal, se llega a que el valor de la aceleración, en función de las variables implicadas, es:

$$a = \frac{F \cdot \cos \alpha - \mu \cdot (m \cdot g - F \cdot \sin \alpha)}{m}$$

Sustituyendo los datos del enunciado se obtiene el valor de la aceleración, que en este caso resulta:

$$a = \frac{200 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ - 0,25 \cdot (35 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 - 200 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ)}{35 \text{ kg}} = 3,21 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- 24** En lo más alto de un plano inclinado 25° con la horizontal se deja un cuerpo de 35 kg, que desciende deslizando con una aceleración  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$ . Calcula el coeficiente de rozamiento.

La expresión obtenida para el caso de un cuerpo que desliza por su propio peso por un plano inclinado es:

$$a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$$

A partir de esta expresión se puede obtener la que nos permite calcular el coeficiente de rozamiento en función de los datos del enunciado:

$$\mu = \frac{g \cdot \sin \alpha - a}{g \cdot \cos \alpha}$$

Sustituyendo los datos del enunciado:

$$\mu = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 25^\circ - 1,5 \text{ m/s}^2}{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 25^\circ} = 0,3$$

Tanto en esta actividad como en la anterior, aunque aquí se haya partido de las expresiones obtenidas en los estudios generales de estos movimientos, en el aula conviene repetir el razonamiento para llegar a ellas.

## Página 216

- 25**  Un móvil de 300 kg recorre, con una rapidez constante de 90 km/h, una circunferencia de 100 metros de radio. Calcula la aceleración y la fuerza que actúa sobre él.

Como el móvil realiza un m.c.u. con rapidez 90 km/h (25 m/s), la componente tangencial de la aceleración es nula y solo existe componente centrípeta, o normal, de valor (unidades SI):

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{100 \text{ m}} = 6,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esta aceleración se debe a una fuerza, de la misma dirección y sentido (apunta hacia el centro de la circunferencia), de valor (unidades SI):

$$F_c = m \cdot a_c = 300 \text{ kg} \cdot 6,25 \text{ m/s}^2 = 1875 \text{ N}$$

- 26** La Luna, satélite natural de la Tierra, se encuentra a una distancia media del planeta de 348 000 km. Si la masa del satélite es de  $7,35 \cdot 10^{22}$  kg y suponemos que describe un m.c.u., ¿qué fuerza ejerce la Tierra sobre ella?

Tomando un período de 28 días (2 419 200 s), y siguiendo el mismo razonamiento que el utilizado en el ejercicio resuelto en el apartado del movimiento circular uniforme, se obtiene la fuerza con la que la Tierra atrae a la Luna:

$$F_{TL} = m_L \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot R$$

Sustituyendo los datos del enunciado (unidades SI):

$$F_{TL} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{(2\,419\,200 \text{ s})^2} \cdot 348\,000\,000 \text{ m} = 1,73 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

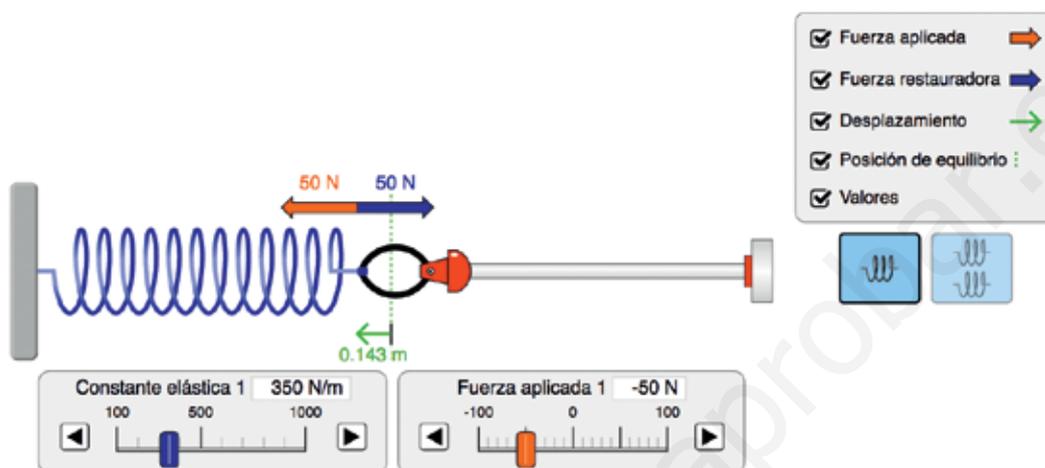
Al resolver esta actividad conviene recordar que, según la ley de acción y reacción, la fuerza que ejerce la Tierra sobre la Luna es, en módulo, igual a la que ejerce la Luna sobre la Tierra, y que ambas actúan en la misma dirección y sentidos contrarios.

## TIC. Simuladores de fenómenos físicos

### Página 220

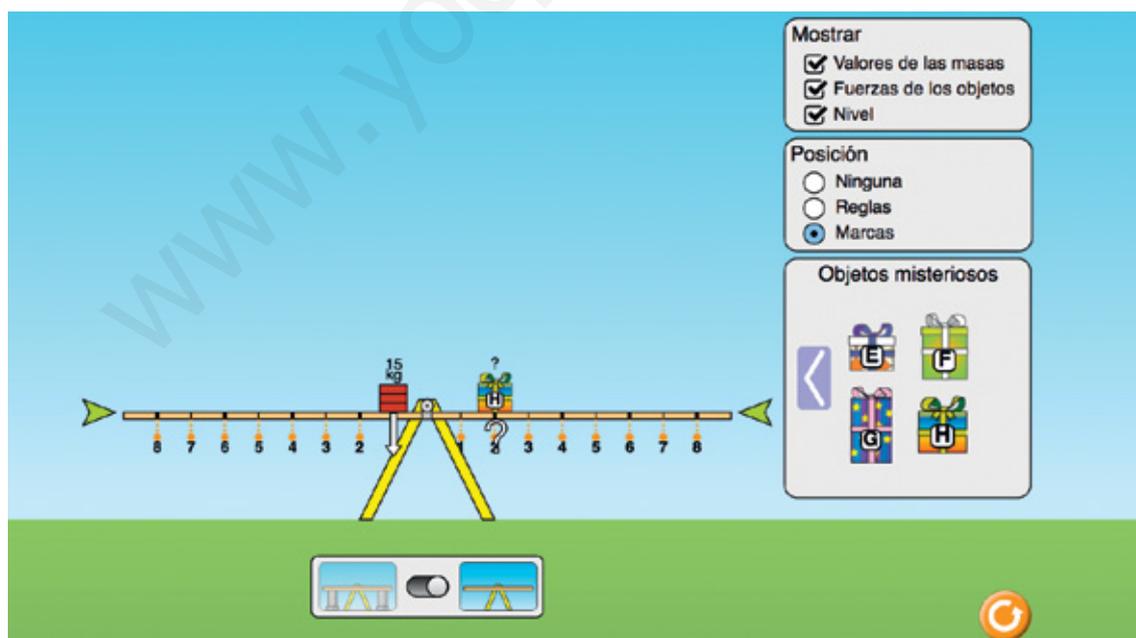
- 1 ¿Cuánto se comprime un muelle de constante elástica 350 N/m al aplicarle una fuerza de 50 N?

La situación queda descrita en la siguiente captura de pantalla:



- 2 En el applet del balancín, en el cuadro donde están los ladrillos, hay una flecha que apunta hacia la derecha. Púlsala hasta que encuentres la caja misteriosa H, y determina el valor de su masa.

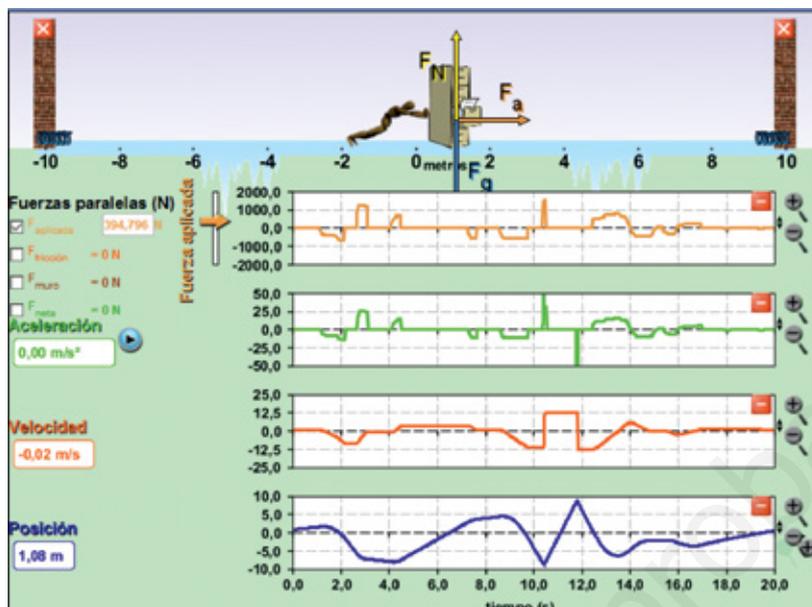
En la siguiente imagen se muestra el balancín equilibrado:



Para equilibrar la caja H en la posición 2 de la derecha hace falta una masa de 15 kg en la posición 1 de la izquierda, por lo que la masa de la caja es la mitad de la de los ladrillos, esto es, 7,5 kg. Se puede conseguir con otros objetos y configuraciones.

- 3 En el simulador de movimiento, pestaña «Gráficas», elimina el rozamiento, pon muelles en los extremos y empuja el objeto y tira de él varias veces. ¿Cuándo aparece aceleración? Compara las gráficas con las que has estudiado.

Si se siguen las instrucciones se obtiene una imagen similar a la siguiente:



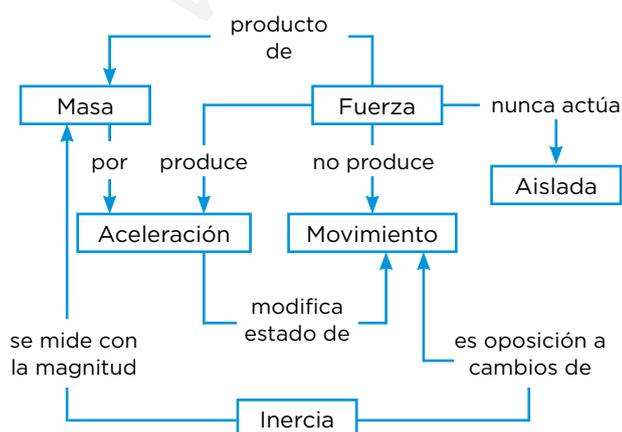
Se puede observar, por ejemplo, que la gráfica de la aceleración y la de la fuerza tienen la misma forma, o que la celeridad es constante en ausencia de fuerza. También se identifican las gráficas posición-tiempo estudiadas en la unidad. En cuanto a la pregunta que se hace en la actividad, la aceleración aparece cuando hay fuerza.

## Taller de ciencias

Página 222

### Organizo las ideas

El mapa conceptual queda de la siguiente forma:



## Trabajo práctico

### Página 223

---

#### 1 **Elabora un breve informe científico sobre la experiencia realizada.**

El informe debe estructurarse según los apartados que se estudiaron en la unidad introductoria. Si es posible, se puede plantear que se realice en formato de presentación de diapositivas con posterior exposición, ya que de este modo se da importancia a la comunicación de resultados, etapa fundamental en la investigación científica, además de participar en el desarrollo de la competencia digital.

#### 2 **Compara tus resultados con los de otros compañeros que hayan utilizado un procedimiento distinto al tuyo.**

De las comparaciones deben surgir valores próximos de coeficiente de rozamiento en los grupos que hayan utilizado los mismos materiales. Las diferencias, que seguramente existirán, se analizan en la siguiente actividad.

#### 3 **Si hay diferencias, ¿a qué pueden deberse?**

Las diferencias pueden deberse a distintas calidades de las superficies de contacto, pese a trabajar con los mismos materiales, o al propio proceso de medida. Si son muy grandes, se puede pedir a los grupos implicados que repitan la experiencia para intentar localizar las causas, que seguramente se puedan atribuir a errores sistemáticos (error de cero y de paralaje), al cuidado que se tenga a la hora de ir aplicando fuerzas mayores con el dinamómetro, o levantando el tablero, o a situaciones relacionadas con la lectura de la medida en escalas graduadas (recordar que, por convenio, si la medida queda entre dos marcas de la escala se toma la de menor valor).

## Trabaja con lo aprendido

### Página 224

---

## Fuerzas

#### 1 **Propón un ejemplo de frase que oigas en tu vida cotidiana en la que el término «fuerza» se utilice de modo incorrecto desde el punto de vista del vocabulario científico. ¿Qué debería decirse, en ese caso?**

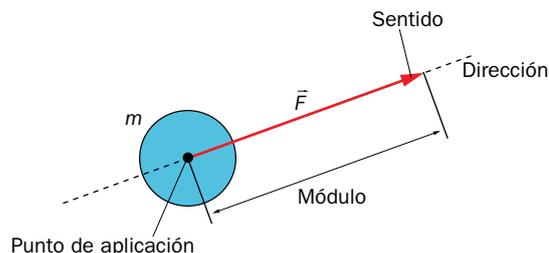
Respuesta abierta. Las frases que se esperan son aquellas que hacen referencia a que las fuerzas se tienen, cuando debería decirse que se aplican, o se ejercen.

#### 2 **¿Qué situación utilizarías para demostrar a alguien que las fuerzas son magnitudes vectoriales?**

Se le podría preguntar, por ejemplo, ¿qué ocurre si se ejerce una fuerza de 10 N sobre una puerta? La respuesta a esta pregunta depende de la dirección y el sentido de la fuerza, con lo que queda caracterizada como magnitud vectorial.

**3 Representa una fuerza aplicada a una partícula material e indica en el dibujo los elementos del vector.**

El dibujo solicitado ha de ser similar al siguiente:



**4 Pon dos ejemplos de fuerzas por contacto y otros dos de fuerzas a distancia. En cada caso, indica si se trata de interacciones gravitatorias o electromagnéticas.**

Las fuerzas por contacto (por ejemplo, normal, rozamiento, o la que se ejerce para mover o sujetar objetos) son de naturaleza electromagnética. Las fuerzas a distancia pueden ser de naturaleza electromagnética (las que ejercen los imanes o las cargas eléctricas) o gravitatoria (el peso, o la que hace que unos astros orbiten alrededor de otros).

**5 Si sobre un cuerpo se aplican dos fuerzas, una de 40 N y otra de 30 N, ¿podemos asegurar que sobre él actúa una fuerza de 70 N? ¿Puede ser mayor de 70 N? ¿Y menor? Razona tus respuestas, e ilústralas con dibujos.**

El módulo de la resultante de las dos fuerzas proporcionadas es de 70 N solo en el caso de que actúen en la misma dirección y sentido. En cualquier otra situación, el módulo será menor de 70 N, hasta el caso extremo en que las fuerzas tengan la misma dirección y sentidos contrarios, en el que el módulo es 10 N.

**6 Sobre un cuerpo actúan dos fuerzas, de módulos  $F_1 = 10\text{ N}$  y  $F_2 = 5\text{ N}$ . Calcula y representa el módulo de la resultante si las fuerzas...**

- a) ... se aplican en la misma dirección y sentido.
- b) ... se aplican en la misma dirección y sentidos contrarios.
- c) ... se aplican en direcciones perpendiculares.

Las soluciones a los distintos apartados son las siguientes:

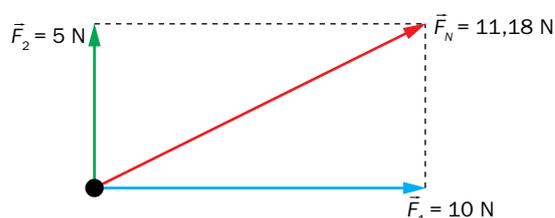
a)  $F_N = F_1 + F_2 = 15\text{ N}$



b)  $F_N = F_1 - F_2 = 5\text{ N}$



c)  $F_N = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 11,18\text{ N}$



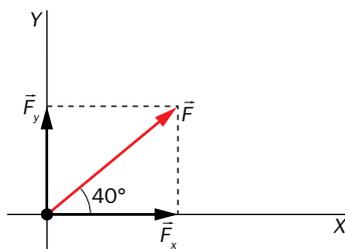
- 7** El módulo de la resultante de dos fuerzas perpendiculares que actúan sobre el mismo cuerpo es de 25 N. Si el módulo de una de ellas es de 24 N, ¿cuál es el de la otra?

Al tratarse de fuerzas perpendiculares, el módulo de la resultante se obtiene a partir del teorema de Pitágoras (unidades SI):

$$F_N^2 = F_1^2 + F_2^2 \rightarrow F_2 = \sqrt{F_N^2 - F_1^2} = \sqrt{25^2 - 24^2} = 7 \text{ N}$$

- 8** Calcula el valor de las componentes cartesianas de una fuerza de módulo 40 N que forma un ángulo de 30° con el eje X.

La fuerza y sus componentes cartesianas quedan representadas en la siguiente figura:



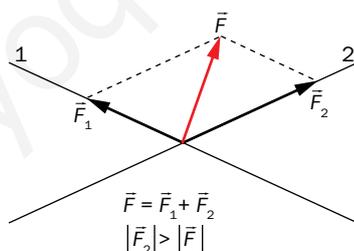
Las componentes cartesianas son:

$$F_x = F \cdot \cos \alpha = 40 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 34,64 \text{ N}$$

$$F_y = F \cdot \sin \alpha = 40 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 20 \text{ N}$$

- 9** ¿Puede ocurrir que una de las componentes de una fuerza tenga módulo mayor al de esta? Razona tu respuesta.

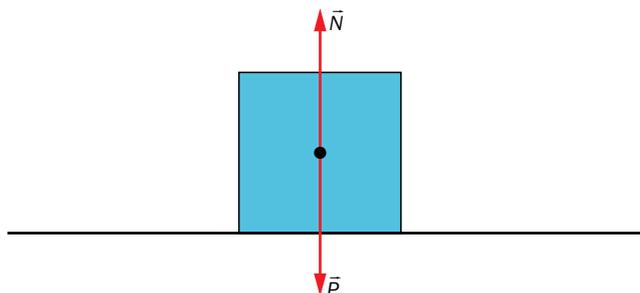
Cuando se trabaja con sistemas de referencia cartesianos, el módulo de las componentes es menor o igual que el módulo de la fuerza, pues se calcula multiplicando el de esta por el seno o el coseno del ángulo que forma con el eje X y estas funciones trigonométricas toman valores comprendidos entre cero y uno. Pero si se trabaja con otros sistemas de referencia sí puede darse el caso de que el módulo de las componentes sea mayor que el de la fuerza, como se muestra en la siguiente figura:



## Fuerzas cotidianas

- 10** Representa las fuerzas que actúan sobre ti en este momento.

Suponiendo que el alumno se encuentra sentado en una silla, las fuerzas que actúan sobre él son el peso y la normal. El diagrama de fuerzas es el siguiente:



- 11** Aparte del peso, la normal y el rozamiento, que se han descrito en la unidad, una fuerza común en nuestras vidas, de la que hemos hablado brevemente, es la fuerza elástica. Describe sus características.

Consultar el primer apartado de las páginas TIC de esta unidad.

- 12** En la unidad se ha hablado de dos fuerzas de rozamiento por deslizamiento: la estática y la cinética. ¿A cuál de ellas le atribuirías más efectos negativos, y a cuál más positivos? Razona tu respuesta.

A la fuerza de rozamiento estática se le pueden atribuir más aspectos positivos, pues es la que nos permite realizar nuestras actividades cotidianas. Por el contrario, a la fuerza de rozamiento dinámica se le pueden atribuir más aspectos negativos, pues es la responsable de que tengamos que aplicar fuerzas mayores para, por ejemplo, mantener un movimiento.

- 13** Si empujamos un cuerpo sin poder deslizarlo, ¿cuánto vale la fuerza de rozamiento?

El módulo de la fuerza de rozamiento coincide con el de la componente de la fuerza aplicada en la dirección en la que se produciría el movimiento, actuando aquella en sentido contrario al de esta.

- 14** Representa las fuerzas que actúan en un cuerpo en caída libre, y las que lo hacen sobre otro en ascensión libre.

En ambos casos actúan dos fuerzas verticales: el peso y la fricción con el aire. En el caso de la caída libre, ambas fuerzas tendrían sentidos contrarios (el peso hacia abajo y la fricción hacia arriba), y en el caso de la ascensión libre, las dos actuarían hacia abajo.

- 15** Un muelle se comprime 12 cm cuando se le aplica una fuerza de 500 N. ¿Qué masa hay que colgarle para que se estire 5 cm?

De los datos iniciales, la constante elástica del muelle es (unidades SI):

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{500 \text{ N}}{0,12 \text{ m}} = 4\,166,67 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Para estirarlo 5 cm habría que colgarle un peso:

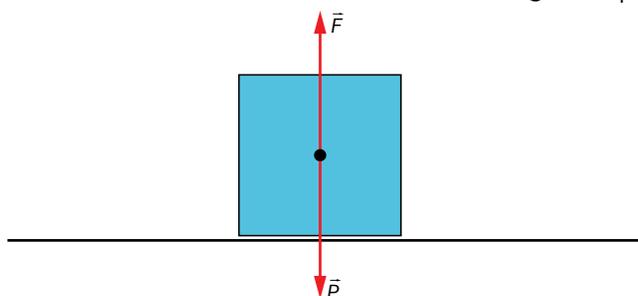
$$P = k \cdot \Delta l = 4\,166,67 \text{ N/m} \cdot 0,05 \text{ m} = 208,33 \text{ N}$$

Este es el peso que corresponde a un objeto de masa:

$$m = \frac{P}{g} = \frac{208,33 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 21,26 \text{ kg}$$

- 16** ¿Qué fuerza hay que aplicar sobre un jarrón apoyado en una mesa para que se anule la fuerza normal? Representala en un diagrama de fuerzas.

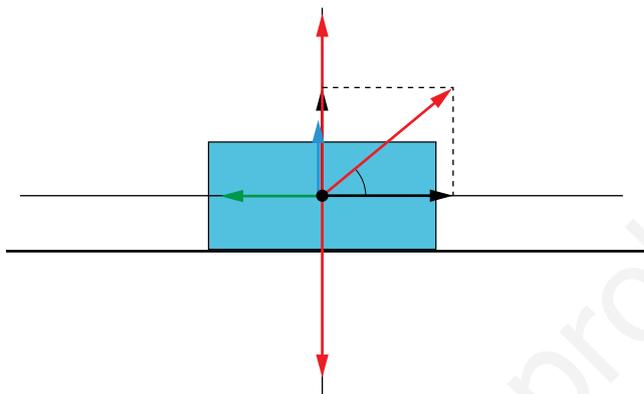
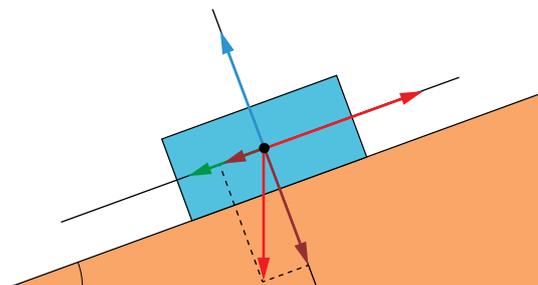
Habría que aplicar una fuerza vertical hacia arriba de módulo igual al peso:



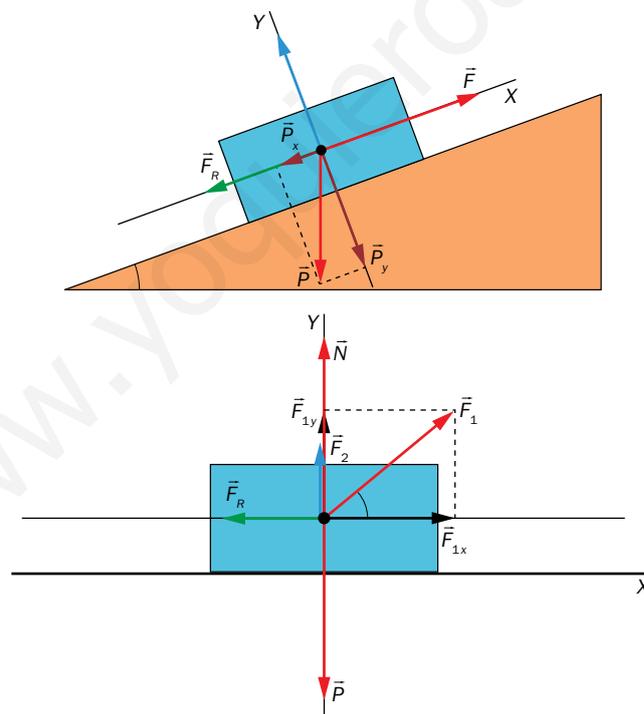
- 17** Comenta la siguiente frase: «La fuerza de rozamiento aumenta al hacerlo el área de las superficies de contacto».

La frase expone una idea falsa, pues la fuerza de rozamiento no depende de la cantidad de superficie que se ponga en contacto, sino solo de la calidad de las mismas.

18 En los siguientes diagramas de fuerzas, pon nombre a los vectores:



Los diagramas con los nombres son los siguientes:



## Leyes de Newton

19 El siguiente texto reproduce un experimento mental que Galileo utilizó para una de las ideas que has estudiado en la unidad. ¿A cuál nos referimos?

*Encerraos con un amigo en la cabina principal bajo la cubierta de un barco grande, y llevad con vosotros moscas, mariposas y otros pequeños animales voladores. Colgad una botella que se vacíe gota a gota en un amplio recipiente colocado por debajo de ella, y haced que el barco vaya con la velocidad que queráis, siempre que el movimiento sea uniforme y no haya fluctuaciones en un sentido u otro. Entonces, las gotas caerán en el recipiente inferior sin desviarse a la popa, aunque el barco haya avanzado mientras las gotas están en el aire; las mariposas y las moscas seguirán su vuelo por igual hacia cada lado, y no sucederá que se concentren en la popa, como si se cansaran de seguir el curso del barco...*

El texto reproduce una parte del experimento mental de Galileo para argumentar el principio de inercia.

**20** Cada una de las imágenes siguientes hace alusión a una de las leyes de la dinámica. Asocia cada una con su ley y analízalas desde un punto de vista científico. Si en alguna de ellas encuentras algún error científico, razona por qué se trata de un error.



La primera pareja de imágenes hace referencia a la segunda ley de Newton: un operario ejerce fuerza sobre una carretilla y esta fuerza tiene como efecto una aceleración en la misma dirección y sentido. Las imágenes contienen un error, pues en la imagen derecha la aceleración debería ser menor que en la izquierda, pues la fuerza aplicada es la misma y la masa mayor.

El segundo par de imágenes se puede relacionar con el principio de causalidad: el niño ve al anciano (causa) y lo ayuda a cruzar (efecto). Posiblemente, parte del alumnado lo relacione con el principio de acción y reacción, relación no adecuada pues la acción y la reacción han de ser simultáneas.

Por último, el tercer par de imágenes se relaciona con la ley de inercia: cuando la patineta choca con la piedra, el niño, por inercia, continúa en movimiento.

- 21** Una idea muy extendida es que la fuerza actúa en la misma dirección que la velocidad. ¿Es cierto? ¿En qué casos se cumple? ¿Qué ejemplo pondrías de un fenómeno cotidiano en el que esto no ocurre? Entonces, ¿con qué magnitud física del movimiento se relaciona la fuerza?

En esta actividad se cuestiona de modo directo la idea de que fuerza y velocidad tienen la misma dirección, lo que solo ocurre en los movimientos rectilíneos. Como ejemplo de movimiento en el que no ocurre esto, podemos acudir a cualquier movimiento curvilíneo. La magnitud con la que se relaciona la fuerza, en virtud de la ley fundamental de la dinámica, es con la aceleración.

- 22** La segunda ley de Newton nos permite definir la unidad de fuerza del SI. Según la definición dada en el texto, ¿dirías que una fuerza de 1 N es grande o pequeña, a escala humana?

Un newton es la fuerza que hay que aplicar para sostener un objeto de 102,041 g. No se trata de una fuerza grande a escala humana.

- 23** Marca con una cruz el tipo de movimiento que se origina en un libro apoyado en la mesa cuando...

Condición	Traslación	Rotación
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$		
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$		
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$		
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$		

La respuesta se recoge en la siguiente tabla:

Condición	Traslación	Rotación
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$		X
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$	X	
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$	X	X
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$		

- 24** Colócate lateralmente junto a una pared y levanta el pie que no queda junto a ella. Describe e interpreta lo que sucede.

Con los dos pies en el suelo, la vertical que pasa por el centro de masas queda entre ambos.

Al levantar el más alejado dicha vertical no queda sobre la base de sustentación (el otro pie) y aparece un momento que nos hace girar hacia ese lado.

- 25** Dos personas se sientan en ambos lados de un balancín. Si la masa de una es el doble que la de la otra, ¿qué relación ha de existir entre las distancias al centro para que el balancín quede en equilibrio?

Para que el balancín quede en equilibrio, la relación entre los pesos y los brazos ha de ser:

$$P_1 \cdot d_1 = P_2 \cdot d_2$$

Como una pesa el doble que la otra ( $P_2 = 2 \cdot P_1$ ), la relación entre brazos ha de ser;

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{d_1}{d_2} = 2 \rightarrow d_1 = 2 \cdot d_2$$

Por tanto, la persona que pesa la mitad ha de situarse a distancia doble del fulcro.

- 26** Es famosa la frase de Arquímedes «dadme un punto de apoyo y moveré el mundo». ¿A qué se refería Arquímedes al decirla?

Con esta frase, Arquímedes hacía referencia al poder multiplicador de la fuerza de la palanca.

- 27** Si el barco del experimento mental de Galileo (actividad 19) acelera, ¿las gotas de agua seguirían cayendo en el recipiente de debajo? ¿Caerían delante o detrás?

Caerían detrás del recipiente, pues el barco aumenta la celeridad y las gotas no.

- 28** Busca el significado del principio causa-efecto y compáralo con la ley de acción-reacción. ¿Identificas alguno en las imágenes de la actividad 20?

En física, la causalidad describe la relación entre las causas y los efectos, siendo las primeras anteriores a los segundos en la física newtoniana. El segundo par de viñetas de la actividad 20 se puede relacionar con este principio, que no tiene nada que ver con la ley de acción y reacción como se viene comentando en esta propuesta didáctica.

## Página 226

- 29** ¿Por qué piensas que se habla de motores «a reacción»? Busca información y explica el funcionamiento de estos motores.

Se habla de motores «a reacción» porque el impulso que proporcionan se considera una fuerza de reacción a la ejercida por la expulsión de gases generados en el motor. Se basan, pues, en la ley de acción y reacción.

- 30** Identifica la reacción de las siguientes fuerzas, y representa la pareja acción-reacción, con cada fuerza aplicada en el cuerpo que corresponda:

- Empujas una pared, sin moverla.
- Te empujas en el suelo para dar un salto.
- Tu peso.
- La fuerza con la que el Sol atrae a la Tierra.

En todos los casos, la reacción tiene el mismo módulo que la fuerza aplicada y actúa en la misma dirección que esta, en sentido contrario:

- La reacción es la fuerza que la pared ejerce sobre nosotros.
- La reacción es la fuerza normal que ejerce el suelo sobre nuestros pies.
- La reacción al peso es una fuerza aplicada en el centro de la Tierra.
- La reacción es la fuerza con la que la Tierra atrae al Sol, aplicada en el centro de este.

## Las leyes de Newton en movimientos cotidianos

- 31** ¿Por qué cuesta más arrancar empujándolo un coche que una moto? ¿En qué propiedad de la materia basas tu explicación? ¿Con qué magnitud se mide esta propiedad?

Cuesta más arrancar un coche que una moto porque el coche tiene más inercia, propiedad de la materia que se mide con la magnitud masa.

- 32** Sobre un bloque, inicialmente en reposo, se aplica una fuerza hasta conseguir vencer el rozamiento y hacer que deslice con celeridad constante. Analiza el fenómeno utilizando las leyes de Newton.

El bloque, por inercia, tiende a permanecer en reposo, y al comenzar a aplicar fuerza aparece una fuerza de rozamiento, de módulo igual a la aplicada, misma dirección y sentido contrario, que evita que el cuerpo comience a moverse. El módulo de la fuerza de rozamiento crece conforme lo hace el de la fuerza aplicada, hasta que se alcanza el valor máximo de la primera, igual al producto del coeficiente de rozamiento estático por la normal. A partir de ese momento, para mantener celeridad constante hay que seguir aplicando una fuerza de módulo igual al producto del coeficiente de rozamiento dinámico por la normal. El hecho de que el coeficiente de rozamiento dinámico sea menor que el estático se relaciona con que una vez iniciado el movimiento, por inercia, cuesta menos mantenerlo.

- 33** Si un patinador en reposo dispara un fusil, ¿qué le ocurrirá? ¿Por qué?

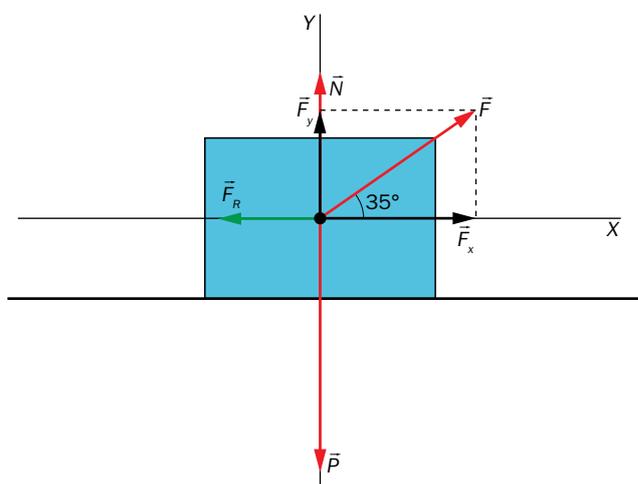
El patinador comenzaría a moverse en la misma dirección y sentido contrario que la bala, pues la escopeta ejerce una fuerza sobre la bala, y esta lo hace sobre la escopeta, en sentido contrario.

- 34** Un coche de 2 toneladas, que viaja a 80 km/h, choca con un camión de 5 toneladas, que circula a 60 km/h. Si después del choque permanecen unidos, ¿en qué vehículo es mayor la fuerza del impacto? Representa las fuerzas que actúan sobre cada vehículo en el momento del impacto.

Al tratarse de fuerzas de acción-reacción, ambas tienen el mismo módulo, aunque el efecto es mayor en el coche al tener esta menos masa que el camión. Parte del alumnado pensará que la fuerza que ejerce el camión sobre el coche es mayor, al tener el camión más masa que el coche.

- 35** A un cuerpo de 10 kg que se encuentra en reposo en un plano horizontal se le aplica una fuerza de 40 N paralela al plano. Si el coeficiente de rozamiento es  $\mu = 0,1$ , calcula el espacio recorrido a los 5 segundos.

Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son:



Según la segunda ley de Newton, la fuerza neta produce una aceleración igual a:

$$a = \frac{F_N}{m} = \frac{F - F_R}{m} = \frac{F - \mu \cdot N}{m} = \frac{F - \mu \cdot m \cdot g}{m}$$

Sustituyendo valores:

$$a = \frac{40 \text{ N} - 0,1 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{10 \text{ kg}} = 3,02 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

El espacio recorrido se calcula a partir de la ecuación de un m.r.u.a. con velocidad inicial nula:

$$e = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,02 \text{ m/s}^2 \cdot (5 \text{ s})^2 = 37,75 \text{ m}$$

- 36** Se arrastra un cuerpo de 25 kg por una mesa horizontal con una fuerza de 80 N paralela a la mesa. Si el coeficiente de rozamiento por deslizamiento es  $\mu = 0,2$ , calcula la velocidad a los tres segundos de comenzar a arrastrarlo.

Siguiendo el razonamiento de la actividad anterior, la aceleración del movimiento es (unidades SI):

$$a = \frac{80 \text{ N} - 0,2 \cdot 25 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{25 \text{ kg}} = 1,24 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

La celeridad a los tres segundos de empezar a arrastrarlo ( $v_0 = 0$ ) es (unidades SI):

$$v = a \cdot t = 1,24 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ s} = 3,72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 37** Un cuerpo de 60 kg de masa que se mueve a 20 m/s se para después de recorrer 50 m en un plano horizontal. Calcula el coeficiente de rozamiento.

Las ecuaciones que describen el movimiento son las de un m.r.u.a:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Si se despeja el tiempo de la primera y se sustituye en la segunda se obtiene la expresión que relaciona las celeridades inicial y final con la aceleración y el espacio recorrido:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

Esta expresión nos permite calcular la aceleración del movimiento (unidades SI):

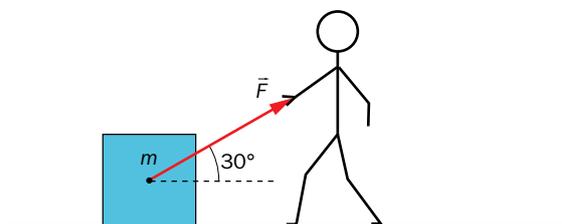
$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot \Delta s} = \frac{0 - (20 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 50 \text{ m}} = -4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Como sobre el cuerpo solo actúa la fuerza de rozamiento, es esta la que origina la aceleración. Además, al tratarse de un plano horizontal, el módulo de la normal coincide con el del peso del objeto. Con esto:

$$-F_R = -\mu \cdot m \cdot g = m \cdot a \rightarrow \mu = -\frac{a}{g} = -\frac{-4 \text{ m/s}^2}{9,8 \text{ m/s}^2} = 0,4$$

Obsérvese que el resultado no depende de la masa del objeto.

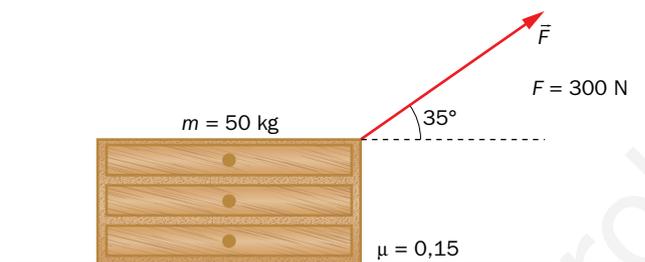
- 38** A partir de la imagen siguiente, razona en cuál de las situaciones propuestas la fuerza de rozamiento vale  $F_R = \mu \cdot m \cdot g$ , siendo  $\mu$  el coeficiente de rozamiento dinámico.



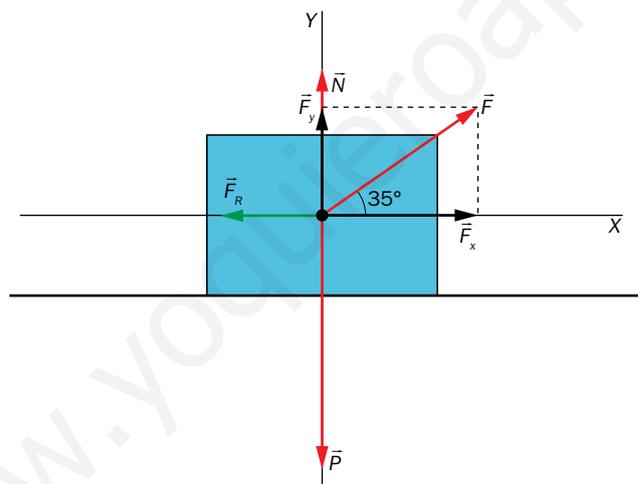
- a) Se ejerce  $F$  y el bloque está a punto de moverse.
- b) Se ejerce  $F$  y el bloque se mueve con m.r.u.
- c) Se ejerce  $F$  y el bloque se mueve con m.r.u.a.
- d) Se ejerce  $F$  y el bloque no se mueve.
- e) No se ejerce  $F$  y el bloque está en reposo.
- f) No se ejerce  $F$  y el bloque se mueve con m.r.u.

La opción correcta es la f).

- 39** En una superficie horizontal se arrastra una cajonera de 50 kg tirando de ella con una fuerza de 300 N que forma  $35^\circ$  con la horizontal, tal y como muestra la figura. Calcula la aceleración.



Las fuerzas que actúan sobre la cajonera son:



Se aplica la segunda ley de Newton a cada eje:

$$F_x - F_R = m \cdot a$$

$$F_y + N = P$$

De la segunda expresión se obtiene la normal, que se utiliza para el módulo de la fuerza de rozamiento que aparece en la primera expresión:

$$N = P - F_y = m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha$$

$$F \cdot \text{cos } \alpha - \mu \cdot (m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha) = m \cdot a$$

$$a = \frac{F \cdot \text{cos } \alpha - \mu \cdot (m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha)}{m}$$

Sustituyendo los datos del enunciado:

$$a = \frac{300 \text{ N} \cdot \text{cos } 35^\circ - 0,15 \cdot (50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 - 300 \text{ N} \cdot \text{sen } 35^\circ)}{50 \text{ kg}} = 3,96 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**40** En la actividad anterior, ¿a partir de qué valor de  $F$  el cuerpo se separará del suelo?

La cajonera deja de tener contacto con el suelo cuando se anula la normal, lo que ocurre para fuerzas de módulo mayor que:

$$m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha = 0 \rightarrow F = \frac{m \cdot g}{\text{sen } \alpha} = 854,29 \text{ N}$$

**41** En un plano inclinado, la mitad superior carece de rozamiento, y la inferior lo tiene muy elevado. ¿Qué forma tendrían las gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo?

Nota. El ejercicio se resuelve para el caso de un objeto que desliza por su propio peso, cuestión que habría que indicar al alumnado.

En la primera mitad, al no haber rozamiento, la aceleración con la que desciende el cuerpo es (consultar apartado 4.2 del libro del alumno):

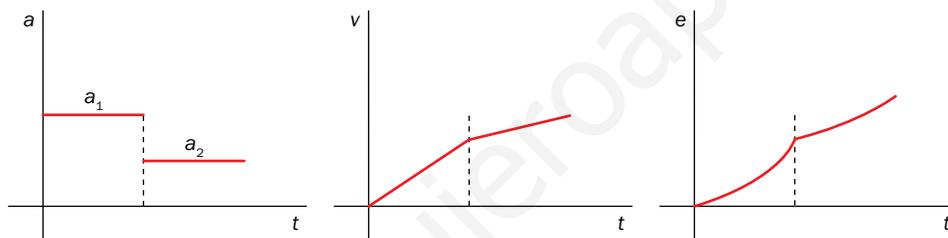
$$a_1 = g \cdot \text{sen } \alpha$$

En la segunda mitad, con coeficiente de rozamiento  $\mu$ , la aceleración toma el valor:

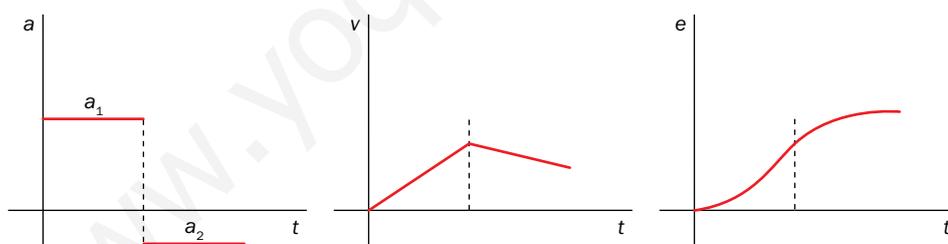
$$a_2 = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha)$$

En cualquier caso,  $a_2 < a_1$ , pudiendo darse la situación de que  $a_2 < 0$ . Diferenciamos, pues, dos posibilidades:

a)  $a_2 > 0$ . Las gráficas del movimiento tendrían la siguiente forma:

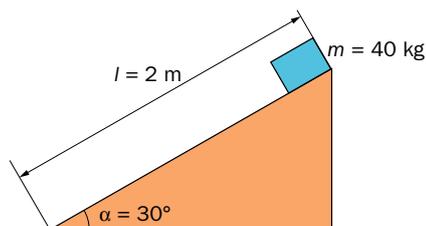


b)  $a_2 < 0$ . Las gráficas toman la forma:



**Página 227**

**42** Calcula la velocidad con la que el cuerpo llegará a la base del plano si: a)  $\mu = 0,2$ . b)  $\mu = 0$ .



Nota. Aunque en la resolución de esta actividad se proceda utilizando expresiones obtenidas en actividades anteriores, al resolverla con el alumnado conviene reproducir el procedimiento para llegar a ellas.

En el caso más general ( $\mu \neq 0$ ) la aceleración con la que desciende el cuerpo es (consultar apartado 4.2 del libro del alumno):

$$a = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha)$$

Utilizando la misma expresión que en la actividad 37, con  $v_0 = 0$ :

$$v^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta s = 2 \cdot g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) \cdot \Delta s$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) \cdot \Delta s}$$

a)  $\mu = 0,2$ :

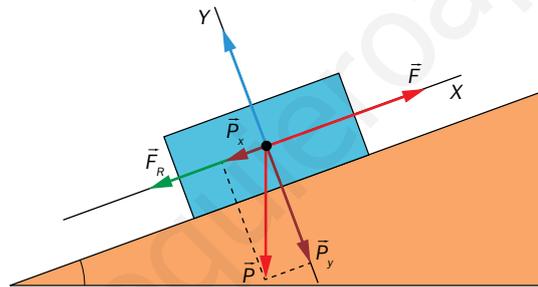
$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen } 30^\circ - 0,2 \cdot \text{cos } 30^\circ) \cdot 2 \text{ m}} = 3,58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)  $\mu = 0$ :

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{sen } 30^\circ \cdot 2 \text{ m}} = 4,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**43** Un bloque de 500 kg es empujado hacia arriba por una rampa inclinada  $25^\circ$  respecto de la horizontal. Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico son de 0,3 y 0,2 respectivamente. Determina la fuerza necesaria para iniciar la subida y para mantener el bloque en movimiento con  $v = \text{cte}$ , una vez iniciada.

Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son:



Si se aplica la segunda ley de Newton a cada eje del sistema de referencia:

$$F - F_R - P_x = m \cdot a$$

$$N = P_y$$

Teniendo en cuenta la expresión de la fuerza de rozamiento, y las de las componentes del peso:

$$F - \mu \cdot m \cdot g \cdot \text{cos } \alpha - m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot a$$

Para que comience la subida ( $a = 0$ ) hay que vencer la fuerza de rozamiento estática y la componente X del peso:

$$F_{\text{subida}} - \mu_e \cdot m \cdot g \cdot \text{cos } \alpha - m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 0$$

Sustituyendo datos:

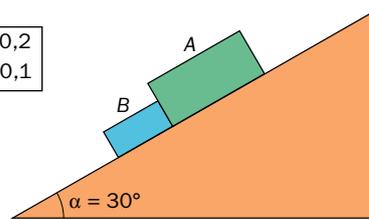
$$F_{\text{subida}} = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,3 \cdot \text{cos } 25^\circ + \text{sen } 25^\circ) = 3\,403,10 \text{ N}$$

Para mantener la velocidad constante ( $a = 0$ ) se ha de tener en cuenta el coeficiente de rozamiento cinético:

$$F_{v=\text{cte}} = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,2 \cdot \text{cos } 25^\circ + \text{sen } 25^\circ) = 2\,959,01 \text{ N}$$

**44 ¿Bajarán los cuerpos unidos?**

$$\begin{matrix} m_A = 30 \text{ kg} ; \mu_A = 0,2 \\ m_B = 20 \text{ kg} ; \mu_B = 0,1 \end{matrix}$$



Se calculan las aceleraciones de ambos cuerpos:

$$\begin{aligned} a_A &= g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu_A \cdot \text{cos } \alpha) \\ &= 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen } 30^\circ - 0,2 \cdot \text{cos } 30^\circ) = 3,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

Al ser  $a_B > a_A$ , los cuerpos no bajarán unidos.

**45 Un automóvil toma una curva de 20 m de radio con celeridad constante de 72 km/h. Si la fuerza centrípeta es de 20 000 N, ¿cuál es la masa del automóvil?**

Si el automóvil toma la curva a 72 km/h (20 m/s), la masa del vehículo es:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot \frac{v^2}{R} \rightarrow m = \frac{F_c \cdot R}{v^2} = \frac{20\,000 \text{ N} \cdot 20 \text{ m/s}}{(20 \text{ m/s})^2} = 1000 \text{ kg}$$

**46 Un cuerpo de 500 g describe un m.c.u. con  $v = \text{cte} = 5 \text{ m/s}$ . Si  $R = 90 \text{ cm}$ , calcula  $T$  y  $F_c$ .**

El período del movimiento se calcula a partir de la expresión de la velocidad angular:

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{2 \cdot \pi}{T} \rightarrow T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,9 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 1,13 \text{ s}$$

La fuerza centrípeta es:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = 0,5 \text{ kg} \cdot \frac{(5 \text{ m/s})^2}{0,9 \text{ m}} = 13,89 \text{ N}$$

**47 Un cuerpo de 4 kg describe un m.c.u. de 2 m de radio y da 30 vueltas en 6 minutos. Calcula  $F_c$ .**

En primer lugar, se calcula la celeridad a la que el móvil describe el movimiento:

$$v = \frac{30 \text{ rev}}{6 \text{ min}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2 \text{ m}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1,05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con este valor de celeridad, se calcula la fuerza centrípeta:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = 4 \text{ kg} \cdot \frac{(1,05 \text{ m/s})^2}{2 \text{ m}} = 2,2 \text{ N}$$

**48 Calcula la velocidad máxima con la que un coche de 1 000 kg puede tomar una curva de 200 m de radio, si  $\mu_{\text{ruedas-asfalto}} = 0,2$ .**

La velocidad máxima a la que el vehículo puede tomar la curva es (consultar el tercer problema del epígrafe de orientaciones para la resolución de problemas):

$$v_{\text{máx}} = \sqrt{\mu \cdot g \cdot R} = \sqrt{0,2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 200 \text{ m}} = 19,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Nótese que la velocidad máxima es independiente de la masa del vehículo. Por otra parte, si se considerara la forma del mismo habría que tener en cuenta la posición del centro de masas y el momento generado debido a la fuerza centrífuga.

Al igual que en ocasiones anteriores, conviene reproducir el razonamiento por el que se llega a la expresión utilizada.