Las fuerzas

- **¿En qué se diferencian los neumáticos para seco de los neumáticos aptos para suelo mojado?**

  Los neumáticos para suelo seco son más lisos que los de suelo mojado.

- **¿Qué consecuencia tiene esta diferencia sobre la fuerza de rozamiento existente entre los neumáticos y el suelo?**

  Cuanto más liso es un neumático, menor es la fuerza de rozamiento.

- **¿Qué fuerzas hacen avanzar al coche? ¿Cuáles lo frenan?**

  La fuerza que ejerce el motor es la que hace avanzar al coche. Y cuando desciende por una pendiente una componente del peso también hace que el coche baje. Lo frenan la fuerza de rozamiento con el suelo y el rozamiento con el aire. En una pendiente ascendente una componente del peso también frena al coche. Y si se accionan los frenos, hay otra fuerza más que intenta detener el coche.

- **¿Con qué instrumento podemos medir las fuerzas?**

  Con un dinamómetro. Las básculas con muelle y las electrónicas también miden una fuerza: el peso de los cuerpos. Sin embargo, las balanzas y las básculas con contrapeso no miden fuerzas, sino masas.

- **¿Qué efectos producen las fuerzas en los cuerpos?**

  Las fuerzas pueden deformar los cuerpos o modificar su estado de movimiento. Por ejemplo, deteniendo un cuerpo que estaba en movimiento o poniendo en movimiento un cuerpo que estaba en reposo.

- **La fuerza, ¿es una magnitud escalar o vectorial? Indica qué datos hay que especificar para describir una fuerza.**

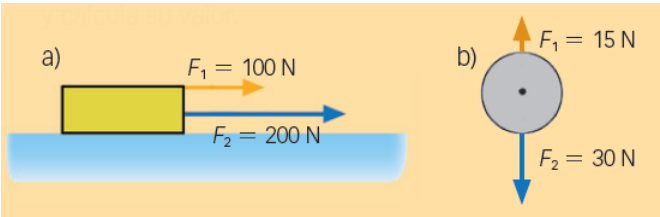
  Es una magnitud vectorial. Para describir una fuerza es necesario especificar su módulo o intensidad; esto es, el valor que tiene, su dirección y su sentido.

- **Opina. ¿Crees que se podría aprovechar el kers para ahorrar combustible en coches convencionales?**

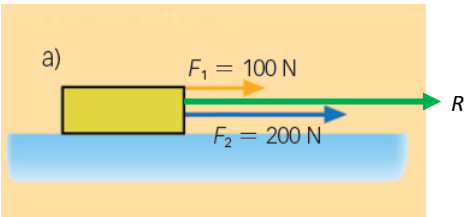
  Sí, puesto que aprovecha la energía que se perdería durante el frenado para reutilizarla e impulsar al vehículo.

EJERCICIOS

1 **Dibuja la fuerza resultante en tu cuaderno y calcula su valor.**



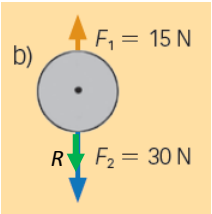
a) En este caso, la fuerza resultante se calcula sumando los módulos de las dos fuerzas, pues ambas tienen la misma dirección y sentido. Por tanto:



El módulo de la resultante, R, es:

$$R = F_1 + F_2 = 100\ \text{N} + 200\ \text{N} = 300\ \text{N}$$

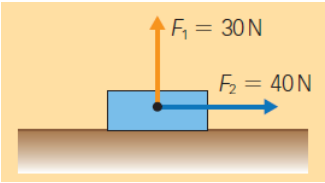
b) Ahora las fuerzas tienen la misma dirección y sentidos opuestos. La fuerza resultante tendrá la misma dirección, el sentido de la fuerza mayor y el módulo será igual a la resta de ambos módulos.



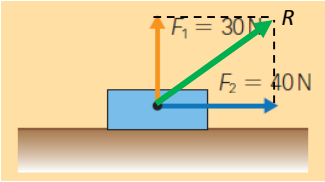
El módulo de la resultante, R, es:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow R = F_2 - F_1 = 30\ \text{N} + 15\ \text{N} = 15\ \text{N}$$

2 **Calcula y dibuja en tu cuaderno la fuerza resultante. Después, dibuja la fuerza que hay que aplicar para que el cuerpo esté en equilibrio.**



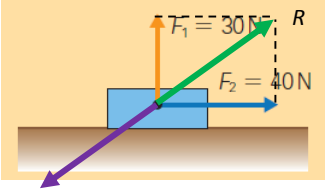
En este caso, las fuerzas son perpendiculares. La resultante se calcula sumando ambos vectores según la regla del paralelogramo:



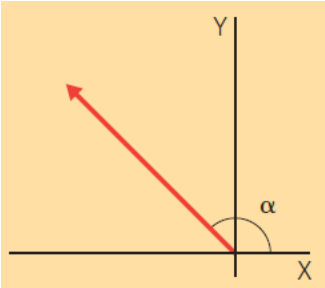
Para calcular el módulo empleamos el teorema de Pitágoras:

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 \rightarrow R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(30\ \text{N})^2 + (40\ \text{N})^2} = 50\ \text{N}$$

Para que el cuerpo esté en equilibrio, la fuerza neta debe ser nula. Para ello debemos aplicar una fuerza con la misma dirección y módulo que la fuerza resultante y con sentido opuesto.



3 **Calcula las componentes horizontal y vertical del siguiente vector de módulo 16 cm. Interpreta los signos. Dato: $\alpha = 135°$.**



Llamamos A al vector representado. El ángulo que forma el vector con el eje vertical es $\alpha - 90^{o}$. Entonces la componente vertical será:

$$16\text{ cm}\cdot\cos\left(\alpha-90^{\circ}\right)=16\text{ cm}\cdot\cos\left(135^{\circ}-90^{\circ}\right)=16\text{ cm}\cdot\cos 45^{\circ}=16\text{ cm}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}=11{,}31\text{ cm}\rightarrow A_{y}=11{,}31\text{ cm}$$

El ángulo que forma el vector con el eje horizontal es $180^{o} - \alpha$. Entonces el valor de la componente vertical será:

$$16\text{ cm}\cdot\cos\left(180^{\circ}-\alpha\right)=16\text{ cm}\cdot\cos\left(180^{\circ}-135^{\circ}\right)=16\text{ cm}\cdot\cos\left(45^{\circ}\right)=16\text{ cm}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}=11{,}31\text{ cm}$$

La componente horizontal es negativa. Por tanto:

$$A_{x}=-11{,}31\text{ cm}$$

Ambas componentes son iguales en módulo, pues el ángulo que forma el vector con cada uno de los ejes es de 45°. Pero la componente horizontal es negativa, pues está dirigida hacia la izquierda del origen.

4 **Observa las siguientes situaciones.**

a) **Indica qué cambios experimentan en su estado de movimiento:**

A. Una pelota de tenis que se frena mientras sube.

B. Un carro de la compra cuando se saca de su fila.

C. Un disco de hockey que choca contra la pared.

D. La Luna girando en torno a la Tierra.

b) **Dibuja en tu cuaderno la dirección y el sentido de la fuerza que los provoca.**

a) A: La velocidad de la pelota va disminuyendo.

B: El carro pasa de estar en reposo a estar en movimiento; por tanto, acelera.

C: El disco cambia la dirección del movimiento.

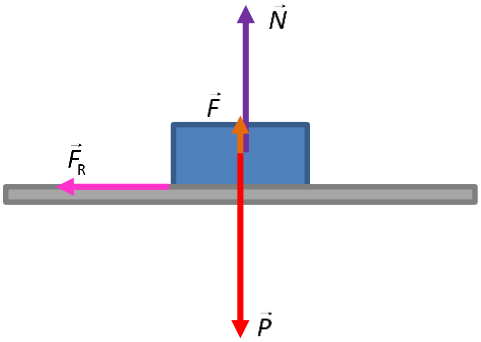
D: La dirección del movimiento va cambiando continuamente.

b) Para cada caso hay una fuerza que causa el cambio:

5 **Un cuerpo de 10 kg de masa está apoyado sobre una superficie horizontal. Se tira de él hacia arriba con una cuerda que ejerce una fuerza de 20 N. Entre el cuerpo y la superficie hay un coeficiente de rozamiento de 0,2. Calcula la fuerza de rozamiento.**

El módulo de la fuerza de rozamiento depende del coeficiente de rozamiento y de la fuerza normal.

$$F_R = \mu \cdot N$$



En este caso la fuerza normal no coincide con el peso del cuerpo, aunque este esté apoyado sobre una superficie horizontal, sino con la fuerza resultante. Si el cuerpo no se mueve en el eje vertical, es porque la fuerza ejercida más la normal igualan al peso. Entonces:

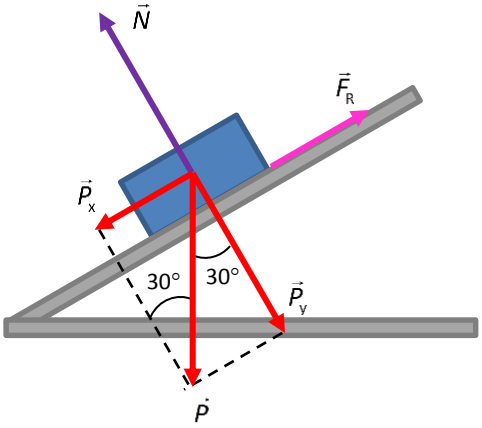
$$F + N = P \rightarrow N = P - F = m \cdot g - F = 10\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{N/kg} - 20\ \text{N} = 78\ \text{N}$$

Y ya se puede calcular la fuerza de rozamiento:

$$F_R = 0{,}2 \cdot 78\ \text{N} = 15{,}6\ \text{N}$$

6 **Un cuerpo de 10 N de peso está apoyado sobre un plano inclinado 30° con la horizontal. Calcula la fuerza de rozamiento. Dato: $\mu = 0{,}2$.**

Nos ayudamos de un esquema para mostrar las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

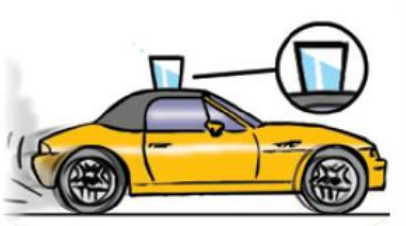


La componente del peso paralela al plano inclinado es responsable del movimiento. La fuerza de rozamiento tendrá la misma dirección que esta componente del peso y el sentido opuesto.

La expresión de la fuerza de rozamiento es:

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot P \cdot \cos\alpha = 0{,}2 \cdot 10\ \text{N} \cdot \cos 30^\circ = 1{,}73\ \text{N}$$

7 **Basándote en el principio de inercia, explica qué le ocurre al agua del vaso. El coche, ¿está arrancando o frenando?**



El principio de inercia dice que los cuerpos tienden a conservar su estado de movimiento. En este caso, si el agua se acumula en la parte trasera del vaso, es porque existe una fuerza neta que tira del coche hacia delante. Es decir, el coche está arrancando.

Observa a la persona empujando el coche y la fuerza de reacción del coche. Ambas fuerzas son iguales en módulo y opuestas.

- **¿Se anulan entonces ambas fuerzas entre sí?**

  Las fuerzas no se anulan entre sí porque están aplicadas sobre cuerpos distintos. Una fuerza actúa sobre el coche y otra sobre la persona que lo empuja.

- **¿Cómo debe ser *F* para que el coche comience a moverse?**

  La fuerza aplicada sobre el coche debe ser mayor que la fuerza de rozamiento entre el coche y la carretera.

8 **Un cuerpo de 2 kg se apoya sobre un plano inclinado 45° con respecto a la horizontal.**

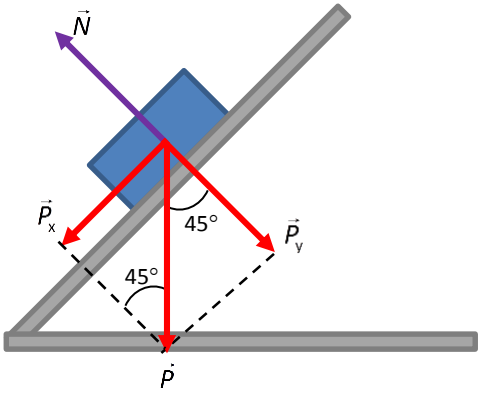
a) **Estudia los pares de fuerza acción-reacción que tienen su origen en el cuerpo. Indica qué agente ejerce la fuerza de reacción en cada caso.**

b) **Calcula el valor de cada una de las interacciones.**

c) Dibuja el cuerpo y las fuerzas que actúan sobre él. ¿Estará en equilibrio?

a) La Tierra ejerce sobre el cuerpo una fuerza que llamamos peso. A su vez, el cuerpo ejerce sobre Tierra una fuerza igual y de sentido opuesto, aunque como la masa de la Tierra es muy grande, no se notan sus efectos.

Por otra parte, el plano ejerce una fuerza hacia el cuerpo, la normal, que es opuesta a la componente del peso que tiene dirección perpendicular la plano. Asimismo, el cuerpo ejerce una fuerza hacia el plano inclinado, de la misma magnitud y dirección que la normal, pero de sentido opuesto.



b) La fuerza peso con la que la Tierra atrae al cuerpo es:

$$P = m \cdot g = 2\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 19{,}6\ \text{N}$$

Este también es el valor de la fuerza con que el cuerpo atrae a la Tierra.

Como conocemos el peso del cuerpo y el ángulo podemos calcular el valor de las dos componentes.

$$P_x = P \cdot \text{sen}\ \alpha = m \cdot g \cdot \text{sen}\ \alpha = 2\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot \text{sen}\ 45^\circ = 2\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 13{,}86\ \text{N}$$

$$P_y = P \cdot \cos\ \alpha = m \cdot g \cdot \cos\ \alpha = 2\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot \cos\ 45^\circ = 2\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 13{,}86\ \text{N}$$

La fuerza normal tiene el mismo valor que la componente P_y.

$$N = 13{,}86\ \text{N}$$

c) El cuerpo no está en equilibrio, porque la componente del peso paralela al plano tira del cuerpo hacia abajo, haciendo que el cuerpo caiga. Si hubiese fuerza de rozamiento y esta igualase a la componente P_x, entonces el cuerpo sí estaría en equilibrio.

9 **Una caja de galletas de 500 g, que está encima de una mesa, es arrastrada con una cuerda que ejerce una fuerza de 5 N. El coeficiente de rozamiento entre la caja y la mesa es 0,2. Calcula la aceleración de la caja si la cuerda:**

a) Es paralela a la superficie de la mesa.

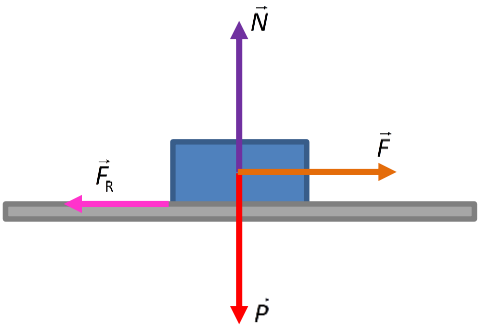
b) Forma un ángulo de 45° con la mesa.

c) Forma un ángulo de 90° con la mesa.

a) Si la cuerda es paralela a la superficie de la mesa, tanto la fuerza ejercida como la fuerza de rozamiento son horizontales. Aplicando el principio fundamental de la dinámica:

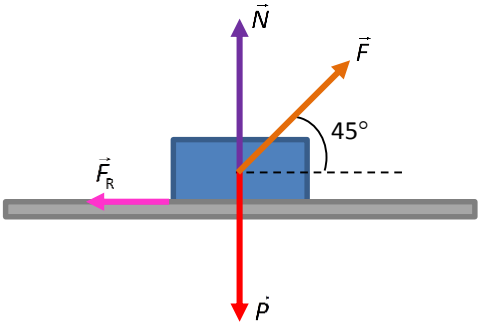
$$F - F_R = m \cdot a \rightarrow F - \mu \cdot P = m \cdot a \rightarrow F - \mu \cdot m \cdot g = m \cdot a \rightarrow$$

$$\rightarrow a = \frac{F - \mu \cdot m \cdot g}{m} = \frac{5\ \text{N} - 0{,}2 \cdot 0{,}5\ \text{kg} \cdot 9{,}8}{0{,}5\ \text{kg}} = 8{,}04\ \text{m/s}^2$$



b) Si la fuerza forma un ángulo de 45°, la componente de esta fuerza que tira de la caja es su componente horizontal.

Además, la componente vertical de la fuerza hace que la fuerza normal sea menor que en el caso anterior. Por tanto, también es menor ahora la fuerza de rozamiento.



Calculamos la aceleración:

$$F_x - F_R = m \cdot a \rightarrow F_x - \mu \cdot P_y = m \cdot a \rightarrow F_x - \mu \cdot m \cdot g \cdot \text{sen}\,\alpha = m \cdot a \rightarrow$$

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

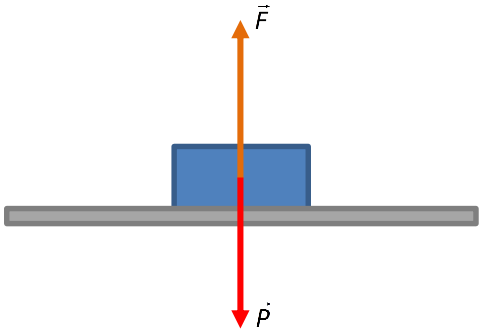
$$= \frac{5\text{ N} \cdot \cos 45^\circ - 0{,}2 \cdot 0{,}5\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ N/kg} \cdot \text{sen}\,45^\circ}{0{,}5\text{ kg}} = 6{,}53\text{ m/s}^2$$

c) Si la fuerza forma un ángulo de 90º, hay que comparar esta fuerza con el peso, para ver si la caja permanece sobre la mesa o se mueve hacia arriba. El peso de la caja es:

$$P = m \cdot g = 0{,}5\text{ kg} \cdot 9{,}8 = 4{,}9\text{ N}$$

Como la fuerza es algo mayor que el peso, la caja comenzará a moverse hacia arriba.

$$F - P = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F - P}{m} = \frac{5\text{ N} - 4{,}9\text{ N}}{0{,}5\text{ kg}} = 0{,}2\text{ m/s}^2$$



10 **Sobre un cuerpo de 10 kg que está en la parte inferior de un plano inclinado 30° con la horizontal se aplica una fuerza *F* paralela al plano y hacia arriba de 100 N. Calcula:**

a) La aceleración con la que sube.

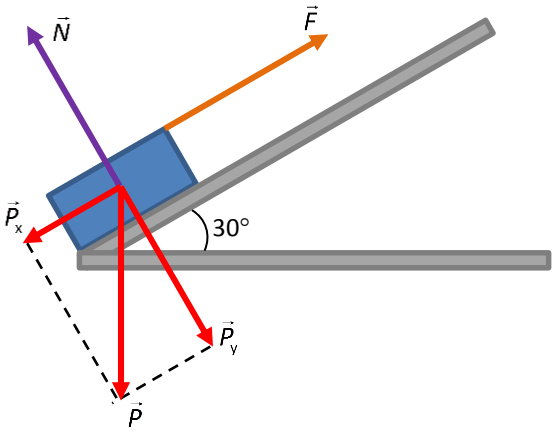
b) El valor de *F* para que suba con velocidad constante.

c) Repite los cálculos anteriores si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es de 0,2.

a) La fuerza tira del cuerpo hacia arriba y una componente del peso tira del cuerpo hacia abajo.

$$F - P_x = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F - P_x}{m} = \frac{F - m \cdot g \cdot \text{sen}\,30^\circ}{m} =$$

$$= \frac{100\text{ N} - 10\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot 0{,}5}{10\text{ kg}} = 5{,}1\text{ m/s}^2$$



b) Para que suba con velocidad constante, la fuerza neta debe ser nula. Es decir, la fuerza ejercida debe ser igual que la componente del peso paralela al plano.

$$F = P_x = m \cdot g \cdot \text{sen}\,30^\circ = 10\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot 0{,}5 = 49\text{ N}$$

c) Si existe rozamiento, habrá una fuerza que se opone a la fuerza ejercida.

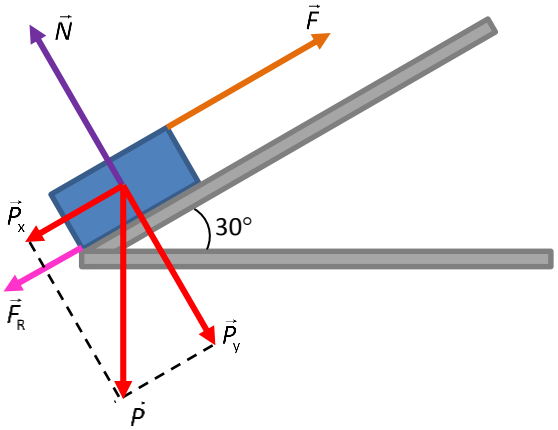
$$F - P_x - F_R = m \cdot a \rightarrow$$

$$\rightarrow a = \frac{F - P_x - F_R}{m} = \frac{F - m \cdot g \cdot \text{sen}\,30^\circ - \mu \cdot N}{m} =$$

$$= \frac{F - m \cdot g \cdot \text{sen}\,30^\circ - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ}{m} =$$

$$= \frac{100\text{ N} - 10\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot 0{,}5 - 0{,}2 \cdot 10\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot \cos 30^\circ}{10\text{ kg}}$$

$$= 3{,}71\text{ m/s}^2$$



El valor de la aceleración es menor que en el caso en que no hay rozamiento.

Para que suba con velocidad constante la fuerza neta debe ser nula. Es decir:

$$F = P_x - F_R = m \cdot g \cdot \text{sen}\,30^\circ - \mu \cdot N = m \cdot g \cdot \text{sen}\,30^\circ - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ =$$

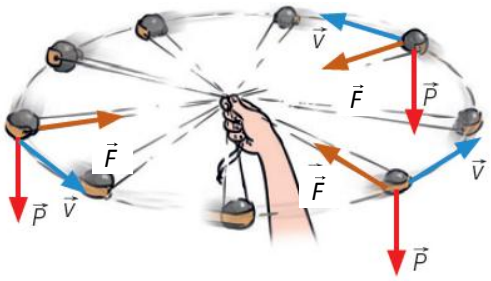
$$= 10\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot 0{,}5 - 0{,}2 \cdot 10\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot \cos 30^\circ = 35{,}14\text{ N}$$

Se hace girar una piedra en una honda con un MCU como el de la imagen. Si se suelta la honda, ¿qué le ocurre a la fuerza centrípeta? ¿Qué trayectoria seguirá el cuerpo?

Al soltar la honda la fuerza centrípeta desaparece, y entonces el cuerpo se moverá siguiendo una trayectoria tangente a la circunferencia descrita por la honda inicialmente.

11 **Se coloca una piedra de 600 g en una honda de 50 cm y se la hace girar a una velocidad de 4 m/s. Dibuja la fuerza que ejerce la honda y calcula su módulo. ¿Cómo afecta el peso a este valor? ¿Y su masa?**

El siguiente esquema muestra tanto la fuerza centrípeta que tira de la honda como el peso de la piedra.



El módulo de la fuerza centrípeta es:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} = 0{,}6\ \text{kg} \cdot \frac{(4\ \text{m/s})^2}{0{,}5\ \text{m}} = 19{,}2\ \text{N}$$

El peso y la masa influyen de la misma manera. Cuanto mayor es la masa, mayor es la fuerza peso y mayor es la fuerza que ejerce la honda:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} = \frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{r}$$

12 **Ahora se coloca la piedra del ejercicio anterior en una honda de 1 m.**

a) **¿Qué fuerza habrá que hacer para que gire a 4 m/s?**

b) **¿A qué velocidad girará la piedra si ejercemos la misma fuerza que en la actividad anterior?**

a) Aplicamos la misma expresión del caso anterior:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} = 0{,}6\ \text{kg} \cdot \frac{(4\ \text{m/s})^2}{1\ \text{m}} = 9{,}6\ \text{N}$$

b) Sustituimos los nuevos datos en la expresión anterior:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{F \cdot r}{m}} = \sqrt{\frac{19{,}2\ \text{N} \cdot 1\ \text{m}}{0{,}6\ \text{kg}}} = 5{,}66\ \text{m/s}$$

13 **Razona en tu cuaderno cuáles de las siguientes afirmaciones sobre los efectos dinámicos de una fuerza son correctas:**

a) **Una fuerza puede hacer que un cuerpo lleve un MRU.**

b) **Una fuerza puede hacer que un cuerpo que se mueve con velocidad de 10 m/s hacia la derecha se mueva con velocidad de 10 m/s hacia la izquierda.**

c) **Una fuerza puede hacer que un cuerpo gire a la velocidad constante de 10 m/s.**

d) **Una fuerza puede hacer que un cuerpo que se mueve con velocidad de 10 m/s deje de moverse.**

a) Falso. Si existe una fuerza neta, entonces el movimiento es MRUA.

b) Verdadero. La fuerza provoca una aceleración negativa que frena al cuerpo, hace que cambie de sentido y que alcance una velocidad de 10 m/s hacia la izquierda.

c) Verdadero, porque aunque la velocidad tenga módulo constante, va cambiando de dirección.

d) Verdadero.

14 **Razona en tu cuaderno si es cierto que:**

a) El peso de un cuerpo no influye en su movimiento.

b) La fuerza de tensión siempre aumenta la velocidad de los cuerpos.

c) La fuerza de rozamiento siempre se opone al movimiento.

d) La fuerza normal siempre es igual y de sentido contrario al peso.

a) Falso. El peso influye en la normal y, por tanto, en la fuerza de rozamiento, que se opone al movimiento. No influye en el caso de la caída libre, donde la fuerza de rozamiento no depende del peso.

b) Falso. Puede aplicarse en sentido opuesto a la velocidad y frenar el movimiento.

c) Verdadero.

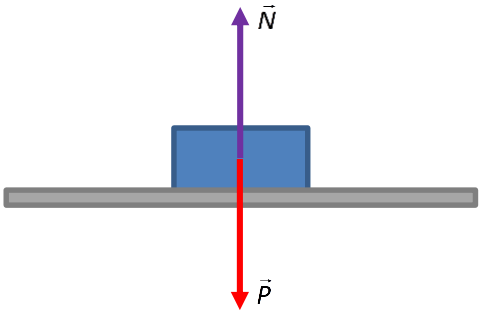
d) Falso. Esto es cierto si el cuerpo está apoyado sobre un plano horizontal y no se ejerce ninguna otra fuerza con alguna componente en la dirección vertical.

15 **Dibuja en tu cuaderno y calcula la fuerza *N* de un cuerpo de 10 kg:**

a) Situado sobre una superficie horizontal.

b) Situado sobre un plano inclinado 25° con la horizontal.

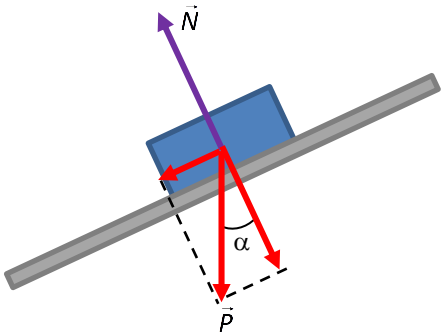
c) En caída libre.



a) En el caso del plano horizontal la normal tiene el mismo valor que el peso.

$$N = P = m \cdot g = 10\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 98\ \text{N}$$

b) Si el plano tiene cierta inclinación, la normal tiene sentido opuesto a la componente del peso que es perpendicular al plano. Elaboramos un esquema con el plano inclinado:



Ahora el valor de la normal es:

$$N = P_y = m \cdot g \cdot \cos\alpha = m \cdot g \cdot \cos 25^\circ = 10\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot \cos 25^\circ = 88{,}82\ \text{N}$$

c) En caída libre no apoya sobre ninguna superficie, por lo que la fuerza normal será cero.

16 **Razona en tu cuaderno si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones sobre la fuerza de rozamiento:**

a) No depende de la masa de los cuerpos.

b) Depende de las características de las superficies en contacto.

c) Para un mismo cuerpo, es mayor cuanto mayor sea la superficie de la cara que está en contacto.

d) Para un mismo cuerpo, es igual tanto si está apoyado en una superficie horizontal como en una rampa.

a) Falsa. Cuanto mayor es la masa de un cuerpo, mayor es la fuerza de rozamiento.

b) Verdadero. Según las características de las superficies, el valor del coeficiente de rozamiento será uno u otro.

c) Falso. La fuerza de rozamiento no depende del valor de la superficie.

d) Falso. En una rampa la fuerza de rozamiento es menor, pues la normal también lo es.

17 **El motor de un coche tira de él con una fuerza de 10 000 N. El coche se encuentra en una zona embarrada que ejerce un rozamiento de 12 000 N. Razona en tu cuaderno si son ciertas las siguientes afirmaciones:**

a) El coche no se mueve.

b) El coche se mueve hacia atrás.

c) El coche avanza, aunque muy despacio.

d) La situación es imposible.

a) Verdadero.

b) Falso.

c) Falso.

d) Verdadero. Si la fuerza ejercida es de 10 000 N, la fuerza de rozamiento es, como mucho, de 10 000 N. Solo si ejercemos una fuerza de 12 000 N la fuerza de rozamiento podrá alcanzar el valor de 12 000 N.

18 **Basándote en el principio de inercia, explica el movimiento de tu cuerpo cuando vas de pie en el autobús urbano y este da una curva.**

Según el principio de inercia, los cuerpos tienden a seguir en reposo o con un MRU. Si vamos de pie en el autobús, nuestro cuerpo tenderá a seguir en línea recta. Así, si el autobús gira hacia la izquierda, nos inclinaremos hacia la derecha, y si el autobús gira hacia la izquierda, nos inclinaremos hacia la derecha.

19 **Detecta y corrige en tu cuaderno los errores en las siguientes definiciones de la unidad newton:**

a) El newton es el peso de un cuerpo de masa 1 kg.

b) El newton es la fuerza que al actuar sobre un cuerpo le comunica una aceleración de 1 m/s^2.

c) El newton es la fuerza que, al actuar sobre un cuerpo de 1 kg, le comunica una aceleración de 1 m/s^2.

a) El newton es el peso de un cuerpo cuya masa en kg es de **1/9,8**.

b) El newton es la fuerza que al actuar sobre un cuerpo **de 1 kg** le comunica una aceleración de 1 m/s^2.

c) Verdadero.

20 **Completa en tu cuaderno la tabla de datos referida a las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo de 10 kg y la aceleración que adquiere en cada caso:**

F (N)	10		30	
Aceleración (m/s^2)		2		10

Para relacionar la fuerza y la aceleración empleamos la expresión: $F = m \cdot a$.

Entonces la tabla completa queda así:

***F* (N)**	10	**20**	30	**100**
Aceleración (m/s^2)	**1**	2	**3**	10

21 **Una fuerza $\vec{F}$ que actúa sobre un cuerpo de masa *m* le comunica una aceleración *a*. Determina:**

a) La fuerza necesaria para comunicar la misma aceleración a una masa tres veces mayor.

b) La aceleración que origina la fuerza $\vec{F}$ a un cuerpo de doble masa.

c) La masa que debe tener un cuerpo para que, al aplicarle una fuerza $\vec{F}$, reduzca su aceleración a la mitad.

d) La aceleración que adquiere el cuerpo de masa *m* si se le aplican dos fuerzas $\vec{F}$ iguales y perpendiculares entre sí.

a) La fuerza y la masa están relacionadas por la ley fundamental de la dinámica:

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

Entonces, si la aceleración no cambia y la masa es tres veces mayor:

$$\left.\begin{array}{l}\vec{F}_1 = m_1 \cdot \vec{a} \\ \vec{F}_2 = m_2 \cdot \vec{a}\end{array}\right\} \frac{\vec{F}_2}{\vec{F}_1} = \frac{m_2 \cdot \vec{a}}{m_1 \cdot \vec{a}} = \frac{3 \cdot m_1 \cdot \vec{a}}{m_1 \cdot \vec{a}} \rightarrow \frac{\vec{F}_2}{\vec{F}_1} = 3$$

Por tanto, la fuerza debe tener una intensidad tres veces mayor.

b) Si ahora la fuerza es la misma y la masa cambia, la aceleración variará:

$$\left.\begin{array}{l}\vec{F} = m_1 \cdot \vec{a}_1 \\ \vec{F} = m_2 \cdot \vec{a}_2\end{array}\right\} \frac{a_2 \cdot m_2}{a_1 \cdot m_1} = 1 \rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1}{2 \cdot m_1} = \frac{1}{2} = 0{,}5$$

Es decir, la aceleración se reduce a la mitad.

c) La aceleración depende de la fuerza resultante. Si las fuerzas son perpendiculares, la fuerza resultante formará un ángulo de 45º con cada una de las fuerzas aplicadas. El módulo se puede calcular aplicando el teorema de Pitágoras:

$$F_R = \sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{2 \cdot F^2} = \sqrt{2} \cdot F$$

La aceleración vale entonces:

$$\sqrt{2} \cdot F = m \cdot a_2 \rightarrow a_2 = \frac{\sqrt{2} \cdot F}{m} = \sqrt{2} \cdot a$$

22 **El tercer principio de la dinámica dice que la fuerza de acción es igual y de sentido contrario a la de reacción. ¿Cómo es posible que ambas fuerzas no se anulen?**

Porque se aplican sobre cuerpos diferentes.

23 **Contesta en tu cuaderno. Si la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es cero, es falso que el cuerpo:**

a) Esté en reposo.
b) Lleve un MRU.
c) Lleve un MCU.
d) Tenga aceleración.

El cuerpo puede estar en reposo, pero también puede llevar un MRU. Sin embargo, si la fuerza neta es cero, no puede llevar un MCU, pues en este siempre hay una fuerza centrípeta. Tampoco puede tener aceleración, pues si existe una fuerza neta, habrá una aceleración. Las respuestas correctas son la c y la d.

24 **Razona en tu cuaderno cuáles de las siguientes frases son falsas:**

a) Si la fuerza resultante es cero, quiere decir que no actúa ninguna fuerza.
b) Un cuerpo puede moverse en una dirección y sentido distintos que los de la fuerza resultante.
c) La aceleración tiene siempre el mismo valor, dirección y sentido que la fuerza resultante.
d) Todos los movimientos circulares necesitan de una fuerza para producirse.
e) Un cuerpo frena si la fuerza resultante es nula.

a) Falsa. Puede haber resultante nula porque hay varias fuerzas que se compensan. Por ejemplo, dos fuerzas iguales en dirección y módulo y con sentidos opuestos.

b) Verdadero. Por ejemplo, en un MCU.

c) Falso. El valor de la aceleración depende también de la masa.

d) Verdadero. Debe existir una fuerza que cause la aceleración centrípeta.

e) Falso. Si la resultante es nula, la aceleración es nula y no frena.

25 **Observa la pelota impactando contra la raqueta que se muestra en la imagen.**

a) ¿Qué fuerzas actúan y quién ejerce cada una?

b) ¿Cuáles son los efectos de estas fuerzas?

a) Actúa la fuerza que las cuerdas de la raqueta ejercen sobre la pelota. Y una fuerza que la pelota ejerce sobre la raqueta.

b) La pelota cambia la dirección del movimiento. Y la raqueta sufre una deformación en las cuerdas.

26 **Razona en tu cuaderno si es cierto que:**

a) La fuerza de rozamiento actúa en la dirección del movimiento.

b) El peso es una fuerza permanente y constante.

c) La fuerza peso no produce cambios en la velocidad de los cuerpos.

a) Verdadero. Actúa en la misma dirección y en sentido opuesto al movimiento.

b) Es falso. Si nos alejamos de la superficie de la Tierra, la atracción gravitatoria disminuye y el peso de un objeto también disminuye.

c) Falso. Por ejemplo, cuando un objeto cae, el peso es la fuerza que hace que aumente su velocidad a medida que va cayendo.

27 **Un cuerpo de 10 N de peso está apoyado sobre una superficie. Si la fuerza normal que actúa sobre él es de 12 N, analiza en tu cuaderno estas frases:**

a) Es imposible.

b) El cuerpo no está sobre un plano inclinado.

c) Sobre el cuerpo actúa alguna fuerza además del peso.

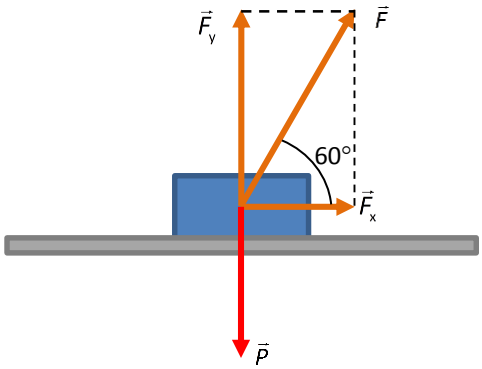
a) No, puede ser cierto si hay más fuerzas actuando sobre el cuerpo.

b) Puede que sí o puede que no. No se puede deducir de los datos ofrecidos.

c) Verdadero. Por ejemplo, si la superficie es horizontal y empujamos el cuerpo con una fuerza de 2 N hacia abajo, entonces la normal será igual a la suma de las intensidades del peso más la fuerza ejercida.

28 **Un cuerpo de 10 N de peso está apoyado sobre una superficie horizontal. Se le ata una cuerda y se tira de él con una fuerza de 15 N que forma un ángulo de 60º con la horizontal. ¿Cuál es la fuerza normal sobre el cuerpo?**

En este caso planteamos un esquema con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo:



La componente vertical de la fuerza aplicada es:

$$F_y = F \cdot \text{sen}\, 60^\circ = 10\ \text{N} \cdot \text{sen}\, 60^\circ = 13\ \text{N}$$

Como esta fuerza es mayor que el peso (10 N), el cuerpo se levantará de la superficie y entonces podemos considerar que la fuerza normal es nula.

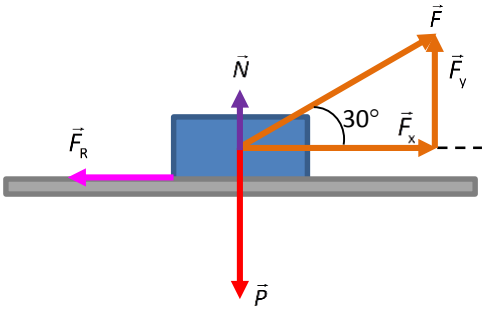
29 **Un cuerpo de 10 N de peso está apoyado sobre una superficie horizontal. Se le ata una cuerda y se tira de él con una fuerza de 15 N que forma un ángulo de 30º con la horizontal. Entre el cuerpo y el plano hay un coeficiente de rozamiento de 0,5.**

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

b) Calcula el valor de la fuerza de rozamiento.

c) ¿Cuál es la fuerza neta que tira del cuerpo?

a) El esquema de la situación planteada es este:



b) La fuerza de rozamiento se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$F_R = \mu \cdot N$$

Hacia abajo actúa el peso del cuerpo, y hacia arriba actúan la fuerza normal y la componente vertical de la fuerza aplicada. La fuerza normal es la resultante de las fuerzas que actúan en la dirección vertical. Es decir:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_y = 0 \rightarrow N + F_y = P \rightarrow N = P - F_y = 10\text{ N} - 15\text{ N} \cdot \text{sen } 30^\circ = 2{,}5\text{ N}$$

Entonces la fuerza de rozamiento vale:

$$F_R = \mu \cdot N = 0{,}5 \cdot 2{,}5\text{ N} = 1{,}25\text{ N}$$

c) La fuerza neta que tira del cuerpo será la componente horizontal de la fuerza aplicada menos la fuerza de rozamiento. Es decir:

$$F = F_x - F_R = F \cdot \cos 30^\circ - F_R = 15\text{ N} \cdot \cos 30^\circ - 1{,}25\text{ N} = 11{,}74\text{ N}$$

30 **Sobre un cuerpo de 450 N de peso, situado sobre una superficie horizontal, se aplica una fuerza de 45 N paralela a la superficie. El coeficiente de rozamiento es de 0,15. Razona en tu cuaderno si el cuerpo:**

a) Se desplazará en la misma dirección que la fuerza aplicada y en el mismo sentido/sentido opuesto.

b) No se desplazará.

a) Hay que calcular el valor de la fuerza de rozamiento y compararlo con la fuerza aplicada. Como sabemos el coeficiente de rozamiento, el valor de la fuerza de rozamiento se puede calcular así:

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P = 0{,}15 \cdot 450\text{ N} = 67{,}5\text{ N}$$

b) No se desplazará, pues el valor que puede alcanzar la fuerza de rozamiento es mayor que la fuerza ejercida. Si la fuerza aplicada no alcanza este valor, el cuerpo no se mueve y entonces la fuerza de rozamiento tendrá el mismo valor que la fuerza aplicada.

31 **Un diccionario de 500 g se sitúa sobre una rampa inclinada 15º con la horizontal. Determina si el diccionario se deslizará o no sobre la rampa:**

a) Si no hay rozamiento. **b) Si $\mu = 0{,}15$.**

a) Sin rozamiento sí se moverá hacia abajo, pues en la dirección paralela al plano inclinado solo existe una fuerza: la componente del peso paralela al plano, y el cuerpo caerá.

b) Cuando existe rozamiento el asunto cambia, puesto que habrá que comprobar el valor de la fuerza de rozamiento. En este caso la normal coincide con la componente vertical del peso, en valor. Entonces podemos escribir:

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 0{,}15 \cdot 0{,}5\text{ kg} \cdot 9{,}81\text{ N/kg} \cdot \text{sen } 15^\circ = 0{,}19\text{ N}$$

Calculamos ahora cuánto vale la fuerza que tira del cuerpo hacia abajo, es decir, la otra componente del peso:

$$F_x = m \cdot g \cdot \cos\alpha = 0{,}5\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \text{N/kg} \cdot \cos 15^\circ = 4{,}73\ \text{N}$$

Es decir, la componente del peso paralela al plano es mayor que la fuerza de rozamiento, por lo que el diccionario caerá por la rampa.

32 **Razona en tu cuaderno cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas. Ilústralo con un ejemplo:**

a) Un cuerpo no puede estar a la vez en reposo y en equilibrio.

b) Un cuerpo puede estar en reposo, pero no en equilibrio.

c) Un cuerpo puede estar en equilibrio y no en reposo.

d) Siempre que un cuerpo está en reposo, está en equilibrio.

a) Es falsa. Por ejemplo, un cuerpo apoyado sobre el suelo quieto está en reposo y en equilibrio.

b) Verdadera. Por ejemplo, cuando una pelota lanzada hacia arriba alcanza el punto más alto de su trayectoria. Está en reposo, pero no en equilibrio.

c) Verdadera. Por ejemplo, si se mueve con un movimiento rectilíneo y uniforme.

d) Falsa. Una pelota lanzada hacia arriba tiene velocidad nula en el punto más alto y no está en equilibrio.

33 **La tabla muestra las fuerzas que se aplican a un cuerpo y la aceleración que le provoca en cada caso:**

F (N)	5	15	30	45	60
Aceleración (m/s²)	1	3	6	9	12

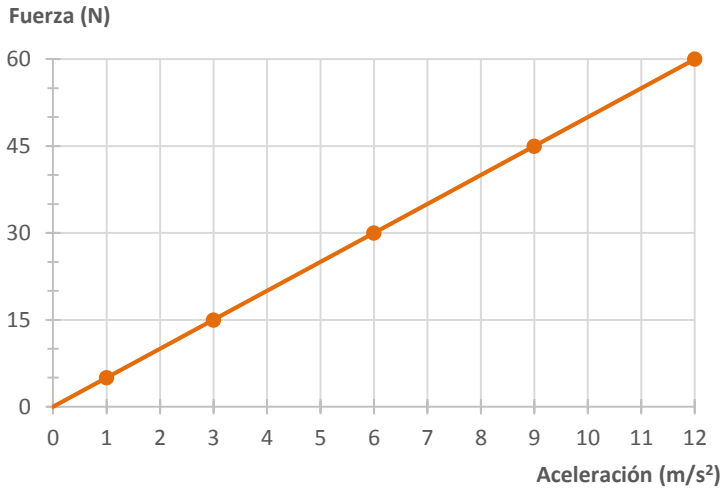
a) Haz la gráfica fuerza-aceleración. ¿Qué forma tiene?

b) ¿Pasa por el punto (0, 0)? ¿Qué significa?

c) ¿Qué representa la pendiente de la gráfica?

d) Calcula el valor de la pendiente y escribe la fórmula que relaciona la fuerza y la aceleración.

a) La gráfica quedaría así:



b) Sí pasa por el punto (0, 0). Eso quiere decir que si la fuerza es nula, no existe aceleración.

c) La pendiente de la gráfica representa la masa del cuerpo sobre el que se aplica la fuerza.

d) El valor de la pendiente se calcula a partir de dos puntos de la gráfica. Por ejemplo, el (0, 0) y el (12, 60).

$$Pendiente = \frac{60\ \text{N} - 0\ \text{N}}{12\ \text{m/s}^2 - 0} = 5\ \text{kg}$$

La fórmula que relaciona fuerza y aceleración es:

$$F = m \cdot a$$

34 **Razona en tu cuaderno si las siguientes parejas de fuerzas son de acción y reacción:**

a) La fuerza de atracción magnética entre dos imanes.

b) La fuerza de atracción gravitatoria entre la Tierra y la Luna.

c) El peso de un libro sobre una mesa y la fuerza normal.

d) El peso de un libro apoyado en una mesa y la fuerza de rozamiento.

a) Sí son de acción y reacción.

b) Sí son de acción y reacción.

c) No. El peso es la fuerza que la Tierra ejerce sobre el libro, mientras que la reacción a esta fuerza es la fuerza que el libro ejerce sobre la Tierra. La normal es una fuerza de reacción opuesta a la fuerza que el libro ejerce sobre la mesa.

d) No. Las dos fuerzas actúan sobre el mismo cuerpo.

35 **Un patinador de 75 kg que está en reposo empuja a una patinadora de 50 kg, también en reposo, con una fuerza de 100 N.**

a) Dibuja en tu cuaderno las fuerzas que actúan sobre cada patinador.

b) Explica lo que le sucede a cada patinador. ¿En qué principio de la dinámica te apoyas?

c) ¿Cuánto tardará cada patinador en recorrer 1 m?

a) El chico empuja a la chica con una fuerza que denominamos $\vec{F}_{Chica}$. Por tanto, existe una fuerza de reacción igual y de sentido opuesto a la que ejerce el chico.

El esquema correspondiente sería este:

b) Como sobre cada patinador aparece una fuerza que tiende a alejarlo del otro patinador, cada patinador comenzará a moverse alejándose del otro patinador. La fuerza de acción y reacción corresponden al tercer principio de la dinámica. La existencia de una fuerza y la consiguiente aceleración corresponde al segundo principio de la dinámica.

c) A partir de la masa de cada patinador podemos calcular su aceleración:

$$F'_{Chico} = m_{Chico} \cdot a_{Chico} \rightarrow a_{Chico} = \frac{F'_{Chico}}{m_{Chico}} = \frac{100\ \text{N}}{75\ \text{kg}} = 1,\widehat{3}\ \text{m/s}^2$$

Y con la aceleración podemos calcular el tiempo que tarda en recorrer 1 m, puesto que parte del reposo:

$$d=\frac{1}{2}\cdot a_{\text{Chico}}\cdot t^2_{\text{Chico}} \rightarrow t_{\text{Chico}}=\sqrt{\frac{2\cdot d}{a_{\text{Chico}}}}=\sqrt{\frac{2\cdot 1\text{ m}}{1{,}\widehat{3}\text{ m/s}^2}}=1{,}24\text{ s}$$

La chica tiene una masa menor, por lo que sufrirá una mayor aceleración:

$$F_{\text{Chica}}=m_{\text{Chica}}\cdot a_{\text{Chica}} \rightarrow a_{\text{Chica}}=\frac{F_{\text{Chica}}}{m_{\text{Chica}}}=\frac{100\text{ N}}{50\text{ kg}}=2\text{ m/s}^2$$

Y entonces tardará menos tiempo en recorrer la misma distancia:

$$d=\frac{1}{2}\cdot a_{\text{Chica}}\cdot t^2_{\text{Chica}} \rightarrow t_{\text{Chica}}=\sqrt{\frac{2\cdot d}{a_{\text{Chica}}}}=\sqrt{\frac{2\cdot 1\text{ m}}{2\text{ m/s}^2}}=1\text{ s}$$

36 **Un cuerpo de 10 kg se mueve sobre una superficie horizontal con MRU cuando se tira de él con una fuerza constante de 50 N, paralela al plano. Calcula el valor del coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y la superficie sobre la que se arrastra.**

Si el movimiento es rectilíneo y uniforme, es porque la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo es nula. Esto quiere decir que la fuerza de rozamiento es igual a la fuerza ejercida sobre el cuerpo. Por tanto:

$$F=F_R=\mu\cdot m\cdot g \rightarrow \mu=\frac{F}{m\cdot g}=\frac{50\text{ N}}{10\text{ kg}\cdot 9{,}8\text{ m/s}^2}=0{,}51$$

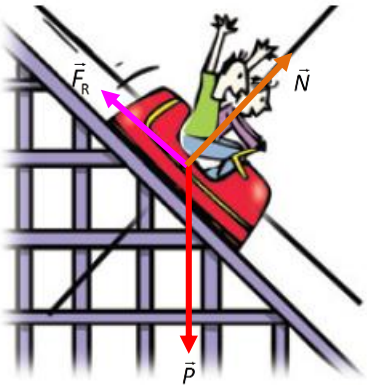
37 **Un vagón de 250 kg está situado en la cima de una montaña rusa cuando inicia su descenso por una rampa inclinada 60º sobre la horizontal. Entre el vagón y la rampa hay un coeficiente de rozamiento de 0,1.**

a) Dibuja en tu cuaderno todas las fuerzas que actúan sobre el vagón.

b) Calcula la aceleración con que desciende.

c) Calcula el tiempo que tarda en recorrer 30 m.

a) Sobre el vagón actúan la fuerza peso, la fuerza normal y la fuerza de rozamiento.



b) Para calcular la aceleración con que desciende escribimos todas las fuerzas que actúan. El rozamiento se opone al movimiento; por tanto, la fuerza de rozamiento estará dirigida en sentido opuesto a la componente del peso paralela al plano de caída.

$$P_x-F_R=m\cdot a \rightarrow a=\frac{P_x-F_R}{m}=\frac{\cancel{m}\cdot g\cdot \text{sen }60^\circ-\mu\cdot\cancel{m}\cdot g\cdot\cos 60^\circ}{\cancel{m}}=g\cdot\left(\text{sen }60^\circ-\mu\cdot\cos 60^\circ\right)=$$

$$=9{,}8\text{ m/s}^2\cdot\left(\text{sen }60^\circ-0{,}1\cdot\cos 60^\circ\right)=8\text{ m/s}^2$$

c) Si parte del reposo:

$$d=\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 \rightarrow t=\sqrt{\frac{2\cdot d}{a}}=\sqrt{\frac{2\cdot 30\text{ m}}{8\text{ m/s}^2}}=2{,}74\text{ s}$$

38 **La rampa siguiente tiene una inclinación de 25º. Determina la fuerza que hay que ejercer sobre el vagón de 250 kg para que la suba con velocidad constante:**

a) Si no hay rozamiento. **b) Si $\mu = 0{,}1$.**

a) Para que suba con velocidad constante la fuerza neta debe ser cero. Es decir, si no hay rozamiento la fuerza ejercida debe contrarrestar la componente del peso en la dirección en que se mueve el vagón:

$$F = m \cdot g \cdot \text{sen}\,\alpha = 250\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot \text{sen}\,25^\circ = 1036{,}5\text{ N}$$

b) Si existe rozamiento, como el vagón sube, el rozamiento estará dirigido hacia abajo también, en la dirección de la componente del peso paralela a la dirección del movimiento. Entonces:

$$F = m \cdot g \cdot \text{sen}\,\alpha + F_R = m \cdot g \cdot \text{sen}\,\alpha + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha = m \cdot g \cdot (\text{sen}\,\alpha + \mu \cdot \cos\alpha) =$$
$$= 250\text{ kg} \cdot 9{,}8\text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen}\,25^\circ + 0{,}1 \cdot \cos\,25^\circ) = 1258{,}7\text{ N}$$

Lógicamente, cuando existe rozamiento la fuerza necesaria es mayor.

39 **Un coche de 1200 kg, inicialmente en reposo, sube por una rampa inclinada 20º con respecto a la horizontal y recorre 4 m en 2 s. El coeficiente de rozamiento entre el coche y el plano es de 0,25. Calcula:**

a) La aceleración del coche.

b) La fuerza que debe ejercer el motor del coche.

a) Tenemos en cuenta todas las fuerzas que actúan, que son la fuerza ejercida por el motor, el peso y la fuerza de rozamiento. Como parte del reposo:

$$d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow a = \frac{2 \cdot d}{t} = \frac{2 \cdot 4\text{ m}}{2\text{ s}} = 4\text{ m/s}^2$$

b) Ahora escribimos el segundo principio de la dinámica teniendo en cuenta todas las fuerzas que actúan:

$$F_{\text{Motor}} - P_x - F_R = m \cdot a \rightarrow F_{\text{Motor}} = m \cdot a + m \cdot g \cdot \text{sen}\,\alpha + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha = m \cdot \left[a + g \cdot (\text{sen}\,\alpha + \mu \cdot \cos\alpha)\right] =$$
$$= 250\text{ kg} \cdot \left[4\text{ m/s}^2 + 9{,}81\text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen}\,20^\circ + 0{,}25 \cdot \cos\,20^\circ)\right] = 2415{,}0\text{ N}$$

40 **El lanzamiento de martillo es un deporte olímpico en el que se hace girar una bola atada a un cable de acero. Cuando alcanza la velocidad deseada, se suelta y se mide la distancia a la que cae. Para la competición femenina se utiliza una bola de 4 kg unida a un cable de 119 cm.**

a) Calcula la tensión mínima que debe soportar el cable para que la bola pueda girar a una velocidad de 25 m/s.

b) Explica la trayectoria y las fuerzas que actúan sobre el martillo cuando gira unido al cable y cuando se suelta.

a) La fuerza centrípeta que hace girar al martillo es la tensión de la cuerda. Por tanto:

$$T = F_C = \frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{4\text{ kg} \cdot (25\text{ m/s})^2}{1{,}19\text{ m}} = 2100{,}8\text{ N}$$

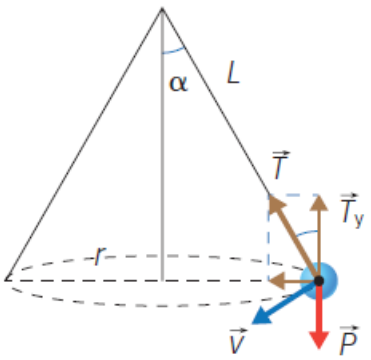
b) Cuando el martillo está unido y la mano lo hace girar, actúa la tensión de la cuerda y el peso. Cuando el martillo se suelta, la tensión de la cuerda desaparece, y el martillo sale despedido en la dirección tangente a la velocidad en el momento en que la lanzadora lo suelta. Entonces solamente actúa la gravedad terrestre sobre él, que lo hace describir una trayectoria parabólica.

41 **Una cuerda de 50 cm hace girar una bola de 25 g. Calcula la tensión de la cuerda y la velocidad de la bola cuando:**

a) La cuerda forma un ángulo de 60º con la vertical.

b) La cuerda está horizontal.

c) ¿En qué caso hay más riesgo de que se rompa la cuerda?



a) Cuando la cuerda está inclinada la componente vertical de la tensión es igual al peso de la piedra. $\alpha = 60^o$ en este caso. Por tanto, podemos escribir:

$$T_y = P = T \cdot \cos 60^o \rightarrow T = \frac{P}{\cos 60^o} = \frac{m \cdot g}{\cos 60^o} = \frac{0{,}025 \cdot 9{,}81}{\cos 60^o} = 0{,}49 \text{ N}$$

Suponemos que la velocidad de la piedra es la misma en todo el recorrido y, por tanto, la fuerza centrípeta también es la misma.

La componente horizontal de la tensión es la fuerza centrípeta que hace girar a la piedra:

$$F_c = T_x \rightarrow T \cdot \text{sen } 60^o = \frac{m \cdot v^2}{r} \rightarrow T \cdot \text{sen } 60^o = \frac{m \cdot v^2}{L \cdot \text{sen } 60^o} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{L \cdot (\text{sen } 60^o)^2 \cdot T}{m}} = \sqrt{\frac{0{,}5 \text{ m} \cdot (\text{sen } 60^o)^2 \cdot 0{,}49 \text{ N}}{0{,}025 \text{ kg}}} = 2{,}71 \text{ m/s}$$

b) La componente vertical de la tensión es nula y solo hay componente horizontal. Es la fuerza centrípeta que origina el movimiento.

$$F_c = T = \frac{m \cdot v^2}{L}$$

La tensión de la cuerda depende de la velocidad que lleva la bola. Si la velocidad es la misma que en el apartado anterior:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{L} = \frac{0{,}025 \text{ kg} \cdot (2{,}71 \text{ m/s})^2}{0{,}5 \text{ m}} = 0{,}37 \text{ N}$$

c) Si la bola lleva la misma velocidad, hay más riesgo de que se rompa la cuerda cuando la piedra gira con cierta inclinación, pues en ese caso la tensión de la cuerda es mayor.

42 **¿Hacia dónde está dirigida la fuerza normal? ¿Es siempre vertical?**

La fuerza normal es perpendicular a la superficie. No siempre es vertical; solo es vertical cuando la superficie es horizontal.

43 **¿Cómo varía la fuerza de rozamiento cuando la calzada se moja?**

Con la calzada mojada las ruedas resbalan mejor sobre el asfalto porque la fuerza de rozamiento es menor.

44 **Discute cómo debería modificarse el peralte de una carretera en los siguientes casos:**

a) La curva se hace más abierta.

b) Las condiciones climatológicas habituales son de lluvia.

c) Se incrementa la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos por la curva.

a) Una curva más abierta permite tomarla con mayor velocidad sin que el coche se salga, por lo que el peralte debería rebajarse con respecto a una curva cerrada.

b) Si llueve habitualmente, la fuerza de rozamiento será menor, por lo que el peralte debería incrementarse.

c) En este caso el peralte debería aumentarse para evitar que los coches «se salgan» en la curva.

45 **¿Por qué puede salirse el vehículo de la curva, si no hay ninguna fuerza real que tire de él hacia fuera?**

Porque si no hay una fuerza de agarre, por el principio de inercia el coche tiende a ir en línea recta, y por esto no tomaría la curva si la fuerza de rozamiento es muy pequeña.

46 **Observa los esquemas y contesta:**

a) ¿Por qué no se aumenta el ángulo de peralte hasta 20º o 25º para evitar que se salgan los vehículos de las curvas aunque circulen a una velocidad bastante mayor de la permitida?

b) ¿En qué curvas hay que colocar ángulos de peralte mayores, en las de autopistas o en las de una carretera convencional de una sola calzada? ¿Por qué?

c) ¿Hacia dónde está dirigida la aceleración normal en el caso de la curva con peralte? Pista: piensa en qué plano está la trayectoria que sigue el vehículo cuando toma la curva.

d) ¿Existe un equilibrio de fuerzas en el eje perpendicular al suelo, Y? ¿Y en el eje paralelo al suelo, X?

a) Porque entonces los vehículos que se mueven con una velocidad muy baja o están parados podrían llegar a volcar.

b) En autopistas, pues ahí los vehículos circulan con una mayor velocidad.

c) La aceleración normal está dirigida hacia el centro de la curva, de manera horizontal, por lo que no es paralela al suelo, que tiene cierta inclinación.

d) En el eje perpendicular al suelo sí, puesto que el coche no se levanta del suelo ni se hunde. En el eje paralelo al suelo no hay equilibrio de fuerzas, pues existe una fuerza centrípeta neta que hace girar al vehículo.