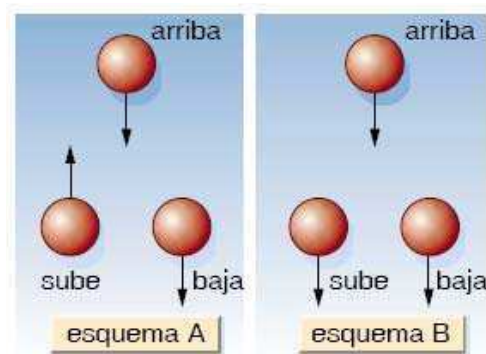


## UNIDAD 2: LAS FUERZAS

### ¿QUÉ SABES DE ESTO?-ACTIVIDADES PÁG. 34

1. Se lanza un balón verticalmente y hacia arriba. ¿Cuál de los dos esquemas adjuntos describe mejor las fuerzas que actúan sobre el balón, prescindiendo del rozamiento con el aire?



El esquema correcto es el B. La única fuerza que actúa sobre el objeto es su peso.

2. ¿Por qué cuando un vehículo se frena, los pasajeros se mueven hacia delante aunque nadie les empuje?

Los pasajeros, como cualquier otro objeto, tienden a conservar su estado de movimiento, debido a la inercia. Los pasajeros llevan la misma velocidad que el vehículo y al frenar éste, los pasajeros se precipitan hacia delante al tender a seguir con su estado de movimiento.

3. Con frecuencia se confunde la masa con el peso de un objeto. ¿Crees que existe alguna diferencia entre la masa y el peso de un objeto? ¿Hay alguna relación entre las dos magnitudes?

La masa es la cantidad de materia que tiene un objeto. El peso es la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos. La diferencia más importante entre ellas es que la masa es una magnitud escalar y el peso es una magnitud vectorial.

La relación entre el módulo del peso de un objeto y su masa es:  $P = m \cdot g$ .

### ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 37

1. Identifica los objetos que interactúan con una lámpara que cuelga del techo y con un libro colocado encima de una mesa.

Con una lámpara que cuelga del techo interactúan la Tierra, que actúa con la fuerza peso, y la escarpia del techo que tira hacia arriba de ella.

Con un libro colocado encima de una mesa interactúa la Tierra, que actúa con la fuerza peso, y la mesa que empuja hacia arriba para que el libro no se caiga.

## ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 39

2. Explica el por qué no se deben colocar objetos sobre las repisas del salpicadero de un vehículo y la obligatoriedad de utilizar el cinturón de seguridad.

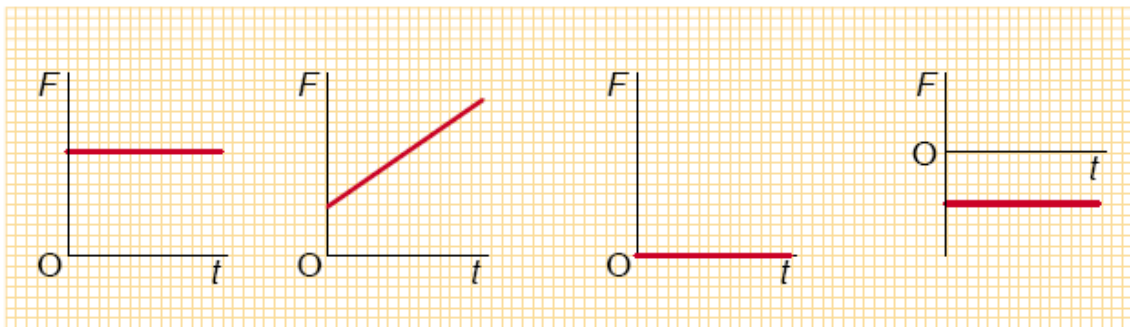
Según la ley de la inercia, los objetos no agarrados a la carrocería de un automóvil siguen movimientos incontrolados cuando acelera o frena el vehículo.

3. Calcula la fuerza que debe actuar sobre un objeto de 5 kg para que, arrancando desde el reposo, adquiera una velocidad de 4 m/s en 8 s.

$$\text{La aceleración del vehículo es: } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4 \text{ m/s}}{8 \text{ s}} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Aplicando la segunda ley de Newton: } F = m \cdot a = 5 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 = 2,5 \text{ N}$$

4. Las gráficas siguientes representan la fuerza que actúa, en la misma dirección del movimiento, sobre un objeto que se mueve en línea recta y con velocidad constante. Indica cómo se modifica el movimiento del objeto.



La figura A corresponde a un movimiento con aceleración constante y positiva.

El diagrama B indica la aceleración es variable y cada vez mayor.

El esquema C representa un móvil está en reposo o si se mueve lo hace en línea recta y con velocidad constante, ya que la aceleración es igual a cero.

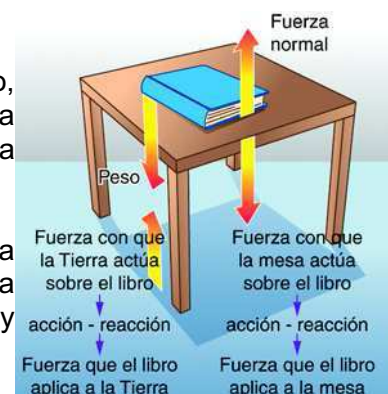
La figura la D muestra a un móvil que se frena.

## ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 45

5. Identifica las fuerzas que actúan sobre un libro colocado encima de una mesa y sus correspondientes pares de acción y reacción.

Sobre un libro situado sobre una mesa actúan su peso, producto de la interacción con la Tierra, y la fuerza normal que es el resultado de la interacción con la superficie de la mesa.

La reacción al peso es la fuerza con que el libro actúa sobre la Tierra. La reacción a la fuerza normal es la fuerza con que el libro empuja a la mesa hacia abajo y que tiene la misma intensidad que el peso del libro.



**6. El peso y la fuerza normal tienen el mismo módulo, la misma dirección y sentidos opuestos. ¿Forman estas dos fuerzas un par de fuerzas de acción y reacción?**

Las fuerzas de acción y reacción actúan sobre objetos diferentes. Por ello el peso y la fuerza normal no son un par de fuerzas de acción y reacción, ya que actúan sobre el mismo objeto.

**7. Dos personas de 70 kg y 40 kg de masa, están patinando sobre hielo. Si en un instante el padre le empuja a la hija con una fuerza de 20 N, describe el movimiento de las dos personas.**

Por la ley de acción y reacción, sobre cada una de las personas actúa una fuerza del mismo módulo y dirección, pero de sentidos opuestos. Por tanto las dos personas se mueven en sentidos contrarios con aceleraciones distintas. Aplicando la segunda ley de Newton:

$$a_{\text{adulto}} = \frac{F}{m_{\text{adulto}}} = \frac{20 \text{ N}}{70 \text{ kg}} = 0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad a_{\text{niña}} = \frac{F}{m_{\text{niña}}} = \frac{20 \text{ N}}{40 \text{ kg}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

## ACTIVIDADES FINALES-PÁG. 54

**1. ¿Qué es la inercia? ¿Qué propiedad de los objetos está relacionada con la inercia? Pon algún ejemplo donde se ponga de manifiesto la inercia.**

La inercia es la propiedad que tienen los objetos de continuar en reposo o de seguir con movimiento rectilíneo de velocidad constante.

La propiedad de los objetos relacionada con la inercia es su masa. La masa muestra la tendencia que tiene un objeto a conservar su estado de movimiento.

La inercia se manifiesta cuando un vehículo acelera o frena o toma una curva.

**2. Una caja se desliza sobre una superficie horizontal. Indica los efectos que le producen a su estado de movimiento la aplicación de las siguientes fuerzas: se empuja en la dirección y sentido del movimiento, se empuja en la dirección y sentido contrario al movimiento y se empuja perpendicularmente a la dirección del movimiento.**

Al empujar en la dirección y sentido del movimiento el objeto acelera con una aceleración constante.

Si se empuja en la dirección y sentido contrario al movimiento el objeto se frena con aceleración constante.

Se empuja perpendicularmente a la dirección del movimiento el objeto se desvía de su trayectoria y describe una trayectoria curvilínea.

**3. ¿Por qué es imposible mover un vehículo, situado sobre la horizontal, empujando desde el interior?**

Un automóvil con las personas dentro de él es un sistema aislado. Si la fuerza resultante externa es igual a cero el automóvil sigue con su estado de movimiento que era el del reposo.

**4. Representa gráficamente la fuerza resultante, en función del tiempo, que actúa sobre un objeto que sigue la secuencia de movimientos siguiente en línea recta: arranca desde el reposo con una aceleración cada vez mayor, a continuación sigue con movimiento uniformemente acelerado, posteriormente continúa con velocidad constante y por último se frena uniformemente hasta detenerse.**



A partir de la proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la aceleración se deduce que inicialmente la fuerza aplicada aumenta, a continuación la fuerza es constante, posteriormente la fuerza es igual a cero y por último la fuerza aplicada es constante y de signo negativo.

**5. Un automóvil que tiene una masa de 1 200 kg, arranca desde el reposo y adquiere una velocidad de 90 km/h en 10 s. Si se prescinde del rozamiento, representa todas las fuerzas que actúan sobre él y calcula sus módulos.**

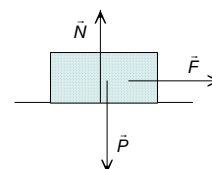
Sobre el automóvil actúan su peso, la fuerza normal y la fuerza del motor. Los módulos de su peso y de la fuerza normal son iguales:

$$P = N = m \cdot g = 1\,200 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 11\,760 \text{ N}$$

Para calcular la fuerza del motor hay que calcular su aceleración y aplicar la segunda ley de Newton:

$$v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}; \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \cdot a = 1\,200 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ m/s}^2 = 3\,000 \text{ N}$$



6. La gráfica adjunta representa la velocidad, en el transcurso del tiempo, de un móvil, de 4 kg de masa, que recorre una trayectoria en línea recta. A partir de ella representa gráficamente la fuerza resultante respecto del tiempo.

La aceleración en cada uno de los tramos es igual a la pendiente de la recta,  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ , y la fuerza se determina aplicando la segunda ecuación de Newton,  $F = m \cdot a$

$$a_A = \frac{30 \text{ m/s}}{20 \text{ s}} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

$$F_A = 4 \text{ kg} \cdot 1,5 \text{ m/s}^2 = 6 \text{ N}$$

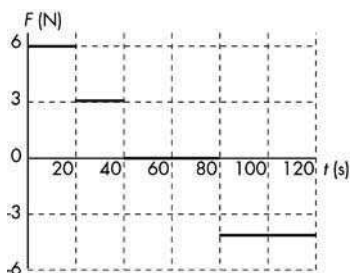
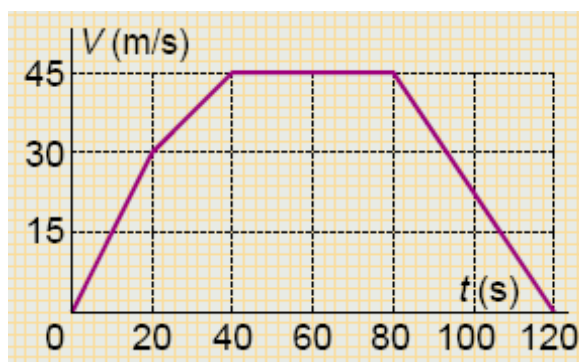
$$a_B = \frac{15 \text{ m/s}}{20 \text{ s}} = 0,75 \text{ m/s}^2$$

$$F_B = 4 \text{ kg} \cdot 0,75 \text{ m/s}^2 = 3 \text{ N}$$

$$a_C = 0 \text{ m/s}^2; F_C = 0 \text{ N}; F_C = 4 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m/s}^2 = 0 \text{ N}$$

$$a_D = \frac{-45 \text{ m/s}}{40 \text{ s}} = -1,125 \text{ m/s}^2$$

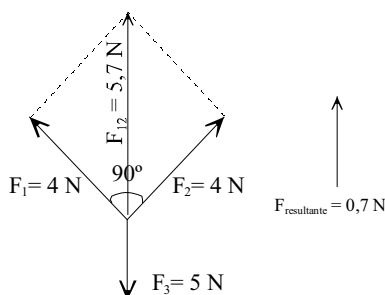
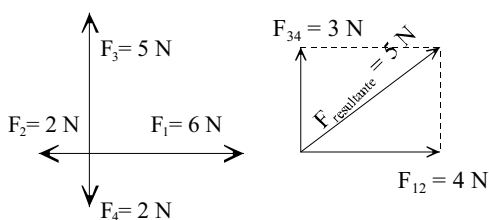
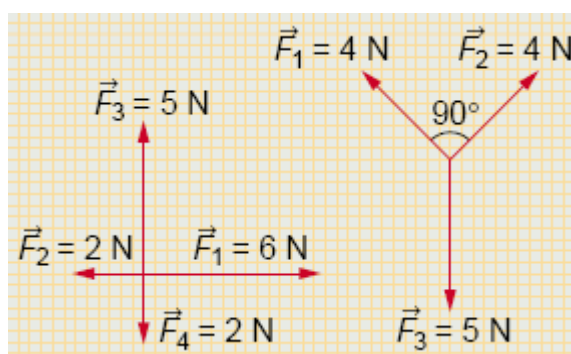
$$F_D = 4 \text{ kg} \cdot (-1,125 \text{ m/s}^2) = -4,5 \text{ N}$$



7. Representa gráficamente la fuerza resultante de los esquemas de fuerzas adjuntos y calcula su módulo.

En el primer esquema se calculan las fuerzas resultantes según el eje X y el eje Y y, a continuación, se calcula la fuerza resultante aplicando el teorema de Pitágoras.

En el segundo caso se calcula la fuerza resultante de las dos fuerzas que son perpendiculares. Esta fuerza tiene la misma dirección y sentido contrario a la otra fuerza y se calcula la resultante de ellas.



**8. Un astronauta pesa 750 N en la Tierra. ¿Crees que pesará lo mismo en la Luna, en la que los objetos caen con una aceleración de  $1,6 \text{ m/s}^2$ ?**

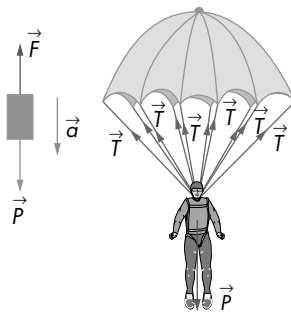
La masa de un objeto es la misma en todos los puntos del Universo.

$$\text{La masa del astronauta es: } P = m \cdot g \Rightarrow m = \frac{P}{g} = \frac{750\text{N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 76,5 \text{ kg}$$

Su peso en la Luna es menor, por ser más pequeña la aceleración de la gravedad, en efecto:

$$P = m \cdot g = 76,5 \text{ N} \cdot 1,6 \text{ m/s}^2 = 122,4 \text{ N}$$

**9. Un paracaidista tiene una masa de 80 kg y se lanza desde un avión. Inicialmente se observa que desciende con una aceleración de  $0,5 \text{ m/s}^2$ , para posteriormente descender con velocidad constante. Dibuja en un esquema todas las fuerzas que actúan sobre el paracaidista y determina su módulo en las dos situaciones descritas.**



Sobre el paracaidista actúan su peso y las tensiones de las cuerdas que le sujetan al paracaídas. Estas tensiones se pueden sustituir por una única fuerza de dirección la vertical y sentido hacia arriba. Esta fuerza se debe al empuje del aire.

a) Descenso con aceleración constante.

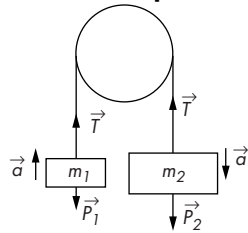
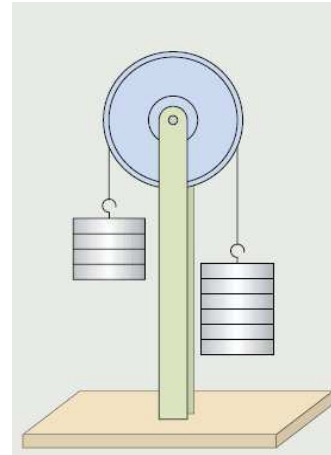
Asignando el signo positivo a las magnitudes que tienen sentido hacia arriba, la aceleración es negativa, y aplicando la segunda ley de Newton:

$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; F - P = m \cdot (-a); F = m \cdot (g - a) = 80 \text{ kg} \cdot (9,8 \text{ m/s}^2 - 0,5 \text{ m/s}^2) = 744 \text{ N}$$

b) Al descender con velocidad constante el paracaidista está en equilibrio. Por tanto:

$$F_{\text{resultante}} = 0; F - P = 0; F = m \cdot g = 80 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 784 \text{ N}$$

10. El dispositivo de la figura se denomina máquina de Atwood y sirve para ilustrar la proporcionalidad entre masas y aceleraciones. Consta de una polea que se considera ideal, es decir, que no tiene masa y que gira sin fricción. Por la garganta de la polea pasa una cuerda inextensible, y de masa despreciable, de la que penden dos objetos de distintas masas. Si las masas de los dos objetos son  $m_1 = 30 \text{ g}$  y  $m_2 = 50 \text{ g}$ , determina la aceleración con la que evoluciona el sistema. Si se deja en libertad al sistema cuando los dos objetos están a la misma altura, determina la distancia que los separa al cabo de un segundo.



La aceleración con la que sube un objeto es la misma con la que baja el otro y la cuerda, si es inextensible y de masa despreciable, está sometida a la misma tensión en todos sus puntos.

a) Considerando a los dos objetos individualmente, las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo son sus pesos y la tensión de la cuerda. Asignamos el signo positivo a las magnitudes que tienen sentido hacia abajo y aplicando la Segunda ley de Newton a cada objeto, resulta que:

$$\text{Para el objeto de masa } m_1: P_1 - T = m_1 \cdot (-a)$$

$$\text{Para el objeto de masa } m_2: P_2 - T = m_2 \cdot a$$

Restando a la segunda ecuación la primera, tenemos:

$$P_2 - P_1 = m_2 \cdot a + m_1 \cdot a \Rightarrow a = \frac{P_2 - P_1}{m_1 + m_2} = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$$

$$\text{Sustituyendo: } a = \frac{0,05 \text{ kg} - 0,03 \text{ kg}}{0,02 \text{ kg} + 0,03 \text{ kg}} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3,92 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) Si los objetos parten del reposo, cada uno de ellos recorre una distancia:

$$\Delta h = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,92 \text{ m/s}^2 \cdot (1 \text{ s})^2 = 1,96 \text{ m}$$

La distancia que les separa es: distancia =  $2 \cdot \Delta h = 2 \cdot 1,96 \text{ m} = 3,92 \text{ m}$

11. Un objeto de 250 g de masa gira con una frecuencia de 30 r.p.m con un radio de 50 cm. Calcula la fuerza centrípeta que actúa sobre él.

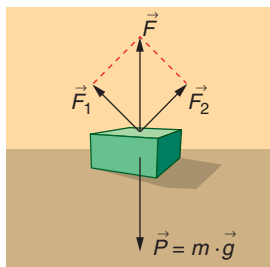
$$\text{La velocidad angular del objeto es: } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 30 \frac{\text{vueltas}}{\text{min}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \pi \text{ rad/s}$$

El objeto está sometido a una aceleración normal:

$$\left. \begin{array}{l} a_n = \frac{v^2}{R} \\ v = \omega \cdot R \end{array} \right\} a_n = \frac{\omega^2 \cdot R^2}{R} = \omega^2 \cdot R = (\pi \text{ rad/s})^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 5 \text{ m/s}^2$$

Y aplicando la segunda ley de Newton, la fuerza centrípeta es:  
 $F = m \cdot a = 0,250 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m/s}^2 = 1,25 \text{ m/s}^2$

**12. Dos personas transportan una cartera tirando hacia arriba de dos asas que forman entre si un ángulo de 90°. Si una de las personas actúa con una fuerza de 30 N y la otra con una fuerza de 40 N, determina la masa del objeto.**



Sobre el objeto actúan las dos fuerzas de las personas y su peso. La fuerza resultante de las dos fuerzas con que actúan las personas tiene la dirección del peso y sentido contrario. Su módulo es igual a la diagonal del paralelogramo que tiene de lados las fuerzas aplicadas.

Aplicando el teorema de Pitágoras:  $F_{\text{resultante}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(40 \text{ N})^2 + (30 \text{ N})^2} = 50 \text{ N}$   
 Como el objeto está en equilibrio:  $F = P = m \cdot g$ ;  $50 \text{ N} = m \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow m = 5,1 \text{ kg}$

**13. La tercera ley de Newton indica que al empujar una caja por el suelo, ésta actúa sobre nosotros con una fuerza del mismo módulo pero de sentido contrario. Si la suma de estas dos fuerzas es igual a cero, ¿cómo es que la caja se traslada?**

Los pares de fuerzas de acción y reacción actúan sobre objetos diferentes y por lo tanto su resultante sobre un objeto no es igual a cero.

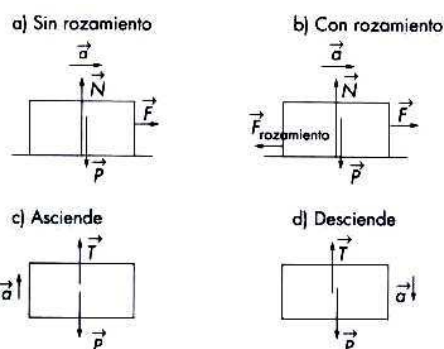
### ACTIVIDADES FINALES-PÁG. 55

**14. Compara la fuerza que hay que aplicar a un objeto de 4 kg de masa para proporcionarle una aceleración de 0,5 m/s<sup>2</sup> en las situaciones siguientes: trasladarlo horizontalmente por una superficie sin rozamiento, arrastrarlo horizontalmente por una superficie que opone una fuerza de rozamiento de 40 N, elevarlo tirando con una cuerda, dejarlo caer sosteniendo con una cuerda.**

La figura adjunta representa los esquemas de los cuatro supuestos. En todos los casos se aplica la segunda ley de Newton.

a) Para trasladar a un objeto horizontalmente, la fuerza aplicada debe vencer a la inercia.  
 $F = m \cdot a = 4 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ N}$

b) Ahora hay que vencer la inercia y la fuerza de rozamiento.  
 $F_{\text{resultante}} = F - F_{\text{rozamiento}} = m \cdot a$ ;  
 $F - 40 \text{ N} = 4 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F = 42 \text{ N}$





b) Para elevar un objeto hay que vencer al peso y a la inercia. Asignando el signo positivo a las magnitudes que tienen sentido hacia arriba, se tiene:

$$F_{\text{resultante}} = F - P = m \cdot a; \quad F - m \cdot g = m \cdot a$$

$$\text{Despejando: } F = m(g + a) = 4 \text{ kg} (9,8 \text{ m/s}^2 + 0,5 \text{ m/s}^2) = 41,2 \text{ N}$$

c) Al descender, la fuerza aplicada se opone al peso con el fin de frenar al objeto que cae. Asignando el signo positivo a las magnitudes que tienen sentido hacia arriba, se tiene:

$$F_{\text{resultante}} = F - P = m \cdot (-a); \quad F - m \cdot g = m \cdot (-a)$$

$$\text{Despejando: } F = m(g - a) = 4 \text{ kg} (9,8 \text{ m/s}^2 - 0,5 \text{ m/s}^2) = 37,2 \text{ N}$$

**15. Un vehículo puede alcanzar como máximo una aceleración de  $4 \text{ m/s}^2$ , ¿con qué aceleración puede remolcar a otro vehículo idéntico a él?**

Aplicando la segunda ley de Newton al coche cuando se traslada el solo, se obtiene la fuerza con la que actúa su motor es:  $F = m \cdot a$

Al tener que remolcar otro coche idéntico a él mismo, es como si su masa se duplicara sin alterar la fuerza con la que actúa su motor. Aplicando a esta situación la segunda ley de la dinámica y llamando  $a'$  a la nueva aceleración y  $m'$  a la nueva masa, resulta que

$$F_{\text{resultante}} = m' \cdot a'; \quad F_{\text{resultante}} = F = m \cdot a = m' \cdot a'$$

$$\text{Despejando: } a' = \frac{m \cdot a}{m'} = \frac{m \cdot a}{2 \cdot m} = \frac{a}{2} = \frac{4 \text{ m/s}^2}{2} = 2 \text{ m/s}^2$$

**16. Se tiene un paquete de 2 kg de masa atado con una cuerda y se tira de él verticalmente. Calcula la fuerza con la que actúa la cuerda sobre el paquete en los siguientes casos: objeto parado, asciende con una velocidad de 2 m/s, descende con una velocidad de 3 m/s, asciende con una aceleración de  $4 \text{ m/s}^2$ , descende con una aceleración de  $5 \text{ m/s}^2$ , descende con una aceleración de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .**

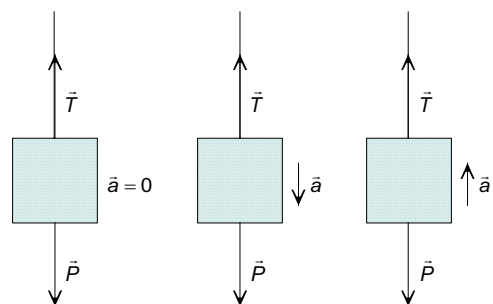
Sobre el objeto actúan en todos los casos su peso y la tensión de la cuerda. Se elige un sistema de referencia con el eje Y la vertical y se asignan el signo positivo a las magnitudes que tienen sentido hacia arriba.

a) Objeto parado, asciende con una velocidad de 2 m/s y descende con una velocidad de 3 m/s.

En los tres casos está el objeto en equilibrio.

$$F_{\text{resultante}} = 0; \quad T - P = 0;$$

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



b) Asciende con una aceleración de  $4 \text{ m/s}^2$ .

La aceleración tiene el signo de la tensión, aplicando la segunda ley de Newton, resulta que:

$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; \quad T - P = m \cdot a; \quad T = m \cdot (a + g) = 2 \text{ kg} \cdot (4 \text{ m/s}^2 + 9,8 \text{ m/s}^2) = 27,6 \text{ N}$$

c) Desciende con una aceleración de  $5 \text{ m/s}^2$ .

La aceleración tiene el mismo signo que el peso. Aplicado la segunda ley de Newton, se tiene que:

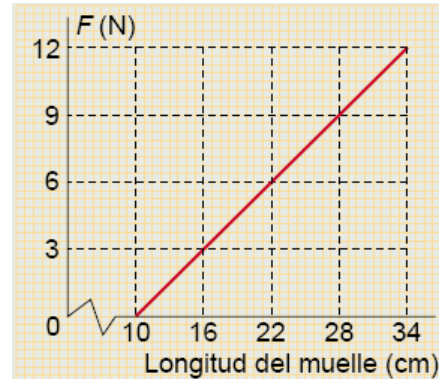
$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; \quad T - P = m \cdot (-a); \quad T = m \cdot (g - a) = 2 \text{ kg} \cdot (9,8 \text{ m/s}^2 - 5 \text{ m/s}^2) = 9,6 \text{ N}$$

d) Desciende con una aceleración de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Si desciende con la aceleración de la gravedad significa que la cuerda se ha roto.

$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; T - P = m \cdot (-a); T = m \cdot (g - a) = m \cdot 0 = 0 \text{ N}$$

**17. La gráfica adjunta corresponde al calibrado de un muelle. Escribe la ley que relaciona la fuerza aplicada con la longitud del muelle. Determina la longitud del muelle cuando actúa una fuerza de 5 N. ¿Qué fuerza actuará sobre el muelle cuando su longitud sea de 30 cm? ¿Que masa le provoca un alargamiento de 6 cm?**



a) La longitud del muelle cuando no se aplica ninguna fuerza es:

$$L_0 = 10 \text{ cm.}$$

La constante elástica es igual a la pendiente de la gráfica.

$$K = \frac{\Delta F}{\Delta L} = \frac{6 \text{ N} - 3 \text{ N}}{22 \text{ cm} - 16 \text{ cm}} = 0,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

La ley de Hooke para este muelle es:  $F = 0,5 \text{ N/cm} \cdot (L - 10 \text{ cm})$

b) Sustituyendo en la ecuación del muelle:  $5 \text{ N} = 0,5 \text{ N/cm} (L - 10 \text{ cm}) \Rightarrow L = 20 \text{ cm}$

c) Cuando  $L = 30 \text{ cm}$ , resulta que:

$$F = 0,5 \text{ N/cm} \cdot (L - 10 \text{ cm}) = 0,5 \text{ N/cm} (30 \text{ cm} - 10 \text{ cm}) = 10 \text{ N}$$

d) Se denomina alargamiento a la cantidad:  $\text{alargamiento} = L - L_0$ , por tanto:

$$F = K (L - L_0) = 0,5 \text{ N/cm} \cdot 6 \text{ cm} = 3 \text{ N}$$

Esta fuerza es igual al peso del objeto:

$$F = \text{Peso} = m \cdot g; 3 \text{ N} = m \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow m = 0,306 \text{ kg} = 306 \text{ g}$$

### 18. ¿Por qué es tan difícil caminar sobre el hielo?

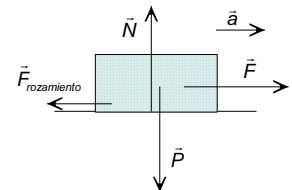
El caminar es un mecanismo de fuerzas de acción y reacción. Es difícil caminar sobre el hielo debido a la pequeña fricción entre la superficie del hielo y las suelas del calzado.

**19. Sobre un bloque de 5 kg de masa actúa horizontalmente una fuerza de 35 N que le proporciona una aceleración de  $2 \text{ m/s}^2$ . Calcula la fuerza de rozamiento.**

Sobre el objeto actúan su peso, la fuerza normal, la fuerza horizontal y la fuerza de rozamiento. Aplicando la segunda ley de Newton en la dirección del movimiento, se tiene que:

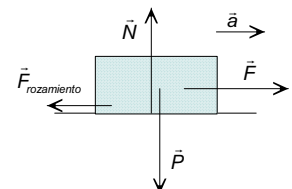
$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; F - F_{\text{rozamiento}} = m \cdot a$$

$$35 \text{ N} - F_{\text{rozamiento}} = 5 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F_{\text{rozamiento}} = 25 \text{ N}$$



**20. Un automóvil tiene una masa de 850 kg y se pone en movimiento con una aceleración de  $3 \text{ m/s}^2$ . Si la fuerza de rozamiento con el suelo es de 600 N, calcula la fuerza con la que actúa el motor.**

Aplicando la segunda ley de Newton en la dirección del movimiento:



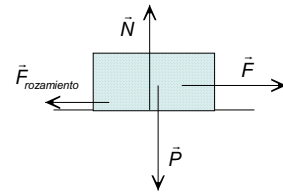
$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; F - F_{\text{rozamiento}} = m \cdot a$$

$$\text{Sustituyendo: } F - 600 \text{ N} = 850 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F = 3150 \text{ N}$$

El motor actúa sobre la transmisión, que a su vez actúa sobre las ruedas y éstas sobre el suelo.

**21. Una caja de madera tiene una masa de 5 kg y comienza a deslizarse sobre una superficie horizontal al empujar con una fuerza de 15 N. Representa en un diagrama todas las fuerzas que actúan sobre el objeto y determina su módulo y la aceleración en los casos siguientes: no la empuja nadie; se empuja con una fuerza de 12 N; se empuja con una fuerza de 20 N. ¿Cuál es el valor del coeficiente de rozamiento?**

El valor máximo del módulo de la fuerza de rozamiento es igual al valor mínimo de la fuerza aplicada para que el objeto se deslice:



$$F_{\text{rozamiento, máximo}} = 15 \text{ N.}$$

a) Al no empujar nadie, la fuerza aplicada y la de rozamiento son igual a cero, y solamente actúan su peso y la fuerza normal. Los módulos de estas fuerzas son:

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

b) Cuando se empuja con una fuerza de 12 N, el objeto está en reposo y el módulo de la fuerza de rozamiento es igual al de la fuerza aplicada.

$$F_{\text{resultante}} = 0; F - F_{\text{rozamiento}} = 0 \Rightarrow F = F_{\text{rozamiento}} = 12 \text{ N}$$

c) Al aplicar una fuerza de 20 N, el objeto está en movimiento y la fuerza de rozamiento tiene su máxima intensidad:  $F_{\text{rozamiento}} = 15 \text{ N}$

Aplicando la segunda ley de Newton:

$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; F - F_{\text{rozamiento}} = m \cdot a; 20 \text{ N} - 15 \text{ N} = 5 \text{ kg} \cdot a \Rightarrow a = 1 \text{ m/s}^2$$

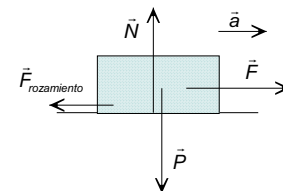
d) En una superficie horizontal se cumple que:

$$F_{\text{rozamiento}} = \mu \cdot m \cdot g; 15 \text{ N} = \mu \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \mu = 0,3$$

**22. Calcula la fuerza que debe actuar sobre un objeto de 2 kg de masa, para que al colocarlo sobre una superficie horizontal se deslice con una aceleración de  $0,5 \text{ m/s}^2$  cuando el coeficiente de rozamiento sea  $\mu = 0,1$ .**

La fuerza de rozamiento al deslizamiento es:

$$F_{\text{rozamiento}} = \mu \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 1,96 \text{ N}$$



Aplicando la segunda ley de Newton:

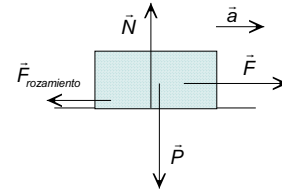
$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a; F - F_{\text{rozamiento}} = m \cdot a$$

$$F - 1,96 \text{ N} = 2 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Despejando: } F = 2,96 \text{ N}$$

23. Un objeto de 5 kg de masa esta colocado sobre una superficie horizontal. Si el coeficiente de rozamiento al deslizamiento es de  $\mu = 0,1$ , determina la fuerza que se debe aplicar para lograr que el objeto se deslice. Qué ocurre si desde el reposo se tira con una fuerza de 3 N. ¿Con que aceleración de mueve si se aplica una fuerza de 15 N? Si cuando adquiere una determinada velocidad se deja de aplicar la fuerza, ¿con qué aceleración se frena?

a) La fuerza de rozamiento al deslizamiento es:  
 $F_{\text{rozamiento}} = \mu \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 4,9 \text{ N}$



b) Al tirar con una fuerza de 3 N, el objeto continúa en reposo.

c) Aplicando la segunda ley de Newton:  
 $F_{\text{resultante}} = m \cdot a$ ;  $F - F_{\text{rozamiento}} = m \cdot a$ ;  $15 \text{ N} - 4,9 \text{ N} = 5 \text{ kg} \cdot a$   
 Despejando:  $a = 2,02 \text{ m/s}^2$

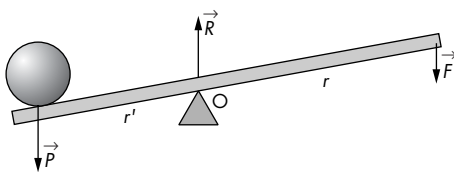
d) En este caso solamente actúa la fuerza de rozamiento al deslizamiento. Aplicando la segunda ley de Newton:  
 $F_{\text{resultante}} = m \cdot a$ ;  $F_{\text{rozamiento}} = m \cdot a$ ;  $4,9 \text{ N} = 5 \text{ kg} \cdot a$   
 Despejando, se frena con una aceleración:  $a = 0,98 \text{ m/s}^2$

24. Un tornillo ofrece una resistencia a ser soltado de  $250 \text{ m} \cdot \text{N}$ . ¿Qué fuerza hay que aplicar al extremo de una llave de 30 cm de largo, para soltar los tornillos?

El momento de la fuerza aplicada respecto del eje del tornillo tiene que ser mayor que el momento de la fuerza resistente. Si se aplica la fuerza perpendicularmente al extremo de la llave, resulta que:

$$M_0 = r \cdot F; 250 \text{ m} \cdot \text{N} = 0,3 \text{ m} \cdot F \Rightarrow F = 833,3 \text{ N}$$

25. Una palanca tiene una longitud de 2 m y su punto de apoyo está a 50 cm de un extremo. Calcula la fuerza que hay que aplicar para remover una piedra de 100 kg de masa. Calcula también la fuerza que actúa en el punto de apoyo.

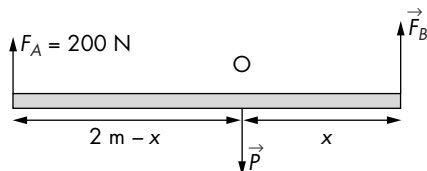


Las fuerzas que actúan sobre la barra son el peso de la piedra P, la fuerza aplicada en el extremo F y la fuerza de reacción en el punto de apoyo R.

La fuerza de reacción no contribuye al momento respecto de O. Aplicando la ley de la palanca:  
 $P \cdot r' = F \cdot r$ ;  $60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = F \cdot 1 \text{ m} \Rightarrow F = 294 \text{ N}$

Como la palanca está en equilibrio de traslación:  
 $F_{\text{resultante}} = 0$ ;  $R = F + P = 294 \text{ N} + 60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 882 \text{ N}$

26. Dos personas transportan un paquete que tiene una masa de 80 kg agarrando por los extremos de una barra de 2 m de longitud y de masa despreciable de la que cuelga el paquete. Si una de las personas actúa con una fuerza de 200 N, calcula la fuerza con la que actúa la otra persona y la posición del paquete en la barra.



Sobre la barra actúan el peso del paquete, que se aplica a una distancia  $x$  de un extremo, y las fuerzas con las que actúan las personas  $F_A$  y  $F_B$ , que se aplican en los extremos de la barra.

Aplicando la condición de equilibrio de traslación:

$$F_{\text{resultante}} = 0; F_A + F_B - P = 0; 200 \text{ N} + F_B - 80 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 0 \Rightarrow F_B = 584 \text{ N}$$

Aplicando la condición de equilibrio de rotación respecto del punto O en el que se aplica el peso:

$$M_{O, \text{resultante}} = 0; 200 \text{ N} (2 \text{ m} - x) = 584 \text{ N} \cdot x \Rightarrow x = 0,51 \text{ m}$$

Por tanto, el objeto está situado a 51cm de la persona que actúa con la fuerza de mayor módulo.

## INVESTIGA-PÁG. 56

1. En la enciclopedia Wikipedia puedes encontrar información sobre la historia del paracaídas. <http://es.wikipedia.org>

El uso del paracaídas se generalizó después de la I Guerra Mundial. Su uso fue masivo durante la II Guerra Mundial para el transporte de soldados lejos de las líneas del frente. También se usó para el lanzamiento de equipos pesados como camiones y cañones. En la década de 1970 se popularizó su uso en el paracaidismo deportivo.



2. Una simulación interactiva del movimiento de un paracaidista lo puedes encontrar en el siguiente enlace de una página web: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/paracaidista/paracaidista.html>

Interesante simulación de la velocidad con la que desciende un paracaidista. Se pueden modificar la altura del lanzamiento, la masa de la persona, el área de la tela y el momento de apertura del paracaídas.