



# Ámbito científico tecnológico

Educación a distancia semipresencial

## Módulo 3

Unidad didáctica 5

# Movimientos y fuerzas

# Índice

---

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1	Descripción de la unidad didáctica .....	3
1.2	Conocimientos previos .....	3
1.3	Criterios de evaluación .....	4
<b>2.</b>	<b>Secuencia de contenidos y actividades .....</b>	<b>5</b>
2.1	El movimiento .....	5
2.1.1	Sistema de referencia, la posición .....	5
2.1.2	Posición, movimiento, trayectoria, desplazamiento, espacio recorrido .....	7
2.1.3	La velocidad .....	8
2.1.4	La aceleración .....	10
2.2	Movimientos rectilíneos uniformes y uniformemente acelerados .....	12
2.2.1	Movimiento rectilíneo y uniforme. MRU .....	13
2.2.2	Movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado. MRUA .....	17
2.3	Las fuerzas .....	22
2.3.1	La deformación. Ley de Hooke .....	24
2.3.2	Fuerzas que producen movimiento. Leyes de Newton .....	26
2.3.3	Tipos de fuerzas .....	29
2.4	Máquinas simples y mecanismos de transmisión y transformación del movimiento.....	36
2.4.1	Tipos de mecanismos .....	36
2.4.2	Máquinas simples.....	37
2.4.3	Mecanismos de transmisión del movimiento.....	41
2.4.4	Mecanismos de transformación del movimiento .....	43
2.5	La presión. Presión atmosférica. Física de la atmósfera.....	44
2.5.1	La presión.....	44
2.5.2	La presión atmosférica .....	45
2.5.3	Física de la atmósfera. Meteorología .....	48
<b>3.</b>	<b>Actividades finales .....</b>	<b>51</b>
<b>4.</b>	<b>Solucionario.....</b>	<b>55</b>
4.1.1	Solucionario de las actividades propuestas .....	55
4.1.2	Solucionario de actividades finales .....	58
<b>5.</b>	<b>Glosario.....</b>	<b>60</b>
<b>6.</b>	<b>Bibliografía y recursos .....</b>	<b>61</b>
<b>7.</b>	<b>Anexo. Licencia de recursos .....</b>	<b>62</b>

# 1. Introducción

---

## 1.1 Descripción de la unidad didáctica

Con el objetivo de profundizar en el análisis de los diferentes parámetros que es preciso manejar para describir el movimiento de un objeto, veremos la necesidad de definir un sistema de referencia y, a partir de ahí, los conceptos de posición, velocidad y aceleración. Aplicaremos estos conceptos a situaciones donde la velocidad permanezca constante y variable con el tiempo: problemas de movimiento rectilíneo y uniforme (MRU) y de movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado (MRUA).

Introduciremos el concepto de fuerza capaz de producir deformación o desplazamiento, analizaremos los principios fundamentales por los que se rige el comportamiento de un cuerpo sometido a una fuerza, así como su carácter vectorial, de tal forma que podremos encontrar relaciones matemáticas que describan el efecto al aplicar varias fuerzas sobre un mismo objeto.

Analizaremos distintos tipos de fuerzas, como el peso, la tensión, la normal y la fuerza de rozamiento, aplicándolas a situaciones cotidianas. Veremos cómo se aplican estos conceptos en mecanismos tecnológicos sencillos para transmitir y transformar el movimiento, además de definir parámetros, como la presión, que permiten describir el comportamiento de los fluidos y, por lo tanto, de fenómenos atmosféricos, posibilitando así la interpretación de los mapas del tiempo.

## 1.2 Conocimientos previos

- Expresiones algébricas y resolución de ecuaciones de primer grado y segundo grado; representación gráfica de una función polinómica sencilla.
- Entender el carácter relativo del movimiento, así como la necesidad de un sistema de referencia y de vectores para describir adecuadamente ese movimiento y saber aplicarlo a la representación de distintos tipos de desplazamiento.
- Distinguir los conceptos de velocidad media y velocidad instantánea, justificando su necesidad según el tipo de movimiento. Entender, por lo menos de modo cualitativo, el concepto de aceleración como la variación de la velocidad con el tiempo.
- Repasar el uso del teorema de Pitágoras en la resolución de triángulos rectángulos.

### 1.3 Criterios de evaluación

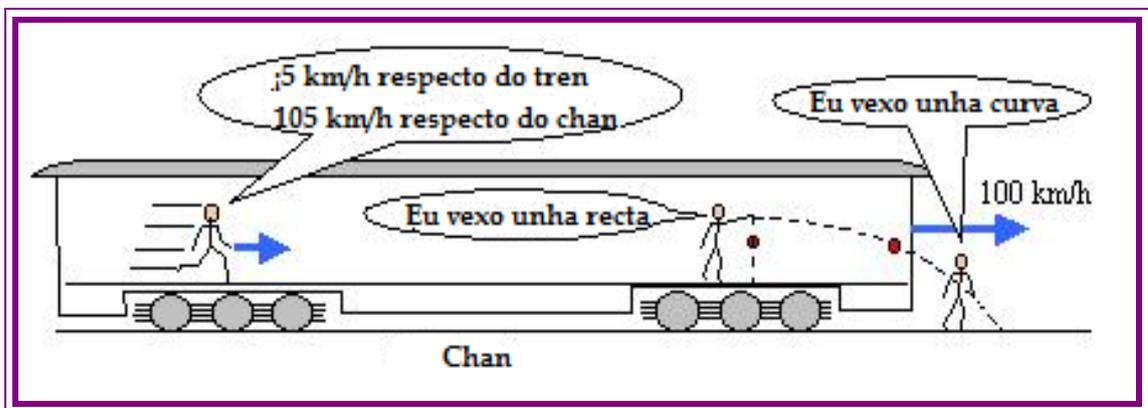
- Expresar correctamente las relaciones matemáticas existentes entre las magnitudes que definen los movimientos rectilíneos.
- Resolver problemas de movimientos rectilíneos, utilizando una representación esquemática con las magnitudes vectoriales implicadas, y expresar el resultado en las unidades del sistema internacional (SI).
- Elaborar e interpretar gráficas que relacionen las variables del movimiento, a partir de experiencias de laboratorio o de aplicaciones virtuales interactivas, y relacionar los resultados obtenidos con las ecuaciones matemáticas que vinculan estas variables.
- Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en la velocidad de los cuerpos y de las deformaciones. Representar esas fuerzas vectorialmente.
- Utilizar el principio fundamental de la dinámica en la resolución de problemas en los que intervienen varias fuerzas.
- Valorar la relevancia histórica y científica que la ley de la gravitación universal supuso para la unificación de las mecánicas terrestre y celeste e interpretar su expresión matemática.
- Comprender que la caída libre de los cuerpos y el movimiento orbital son dos manifestaciones de la ley de la gravitación universal.
- Aplicar las leyes de Newton para la interpretación de fenómenos cotidianos.
- Identificar operadores mecánicos de transformación y transmisión de movimientos en máquinas y sistemas y emplearlos para diseñar y montar sistemas mecánicos.
- Reconocer que el efecto de una fuerza no solo depende de su intensidad, sino también de la superficie sobre la que actúa.
- Aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos y a la interpretación de mapas del tiempo, reconociendo términos y símbolos específicos de la meteorología.

## 2. Secuencia de contenidos y actividades

### 2.1 El movimiento

Carlos, Juan y Pedro cogen un tren; meditemos en las siguientes situaciones: uno de los tres amigos se queda en el andén de la estación, los otros dos suben al tren y se sientan uno frente al otro. En la estación suena la campana y el tren arranca. Nos preguntamos: ¿el que va sentado ve a su compañero de enfrente en movimiento? ¿Cómo ve al compañero que ha quedado en el andén? Si pensamos en la situación del que ha quedado en el andén, ¿este ve a sus dos compañeros en movimiento a pesar de estar sentados?

Aún podemos ir más lejos en esta divagación. ¿Qué ocurre con la persona que tienes a tu lado en clase? A primera vista podemos asegurar que está quieta. No obstante, también podemos afirmar que la Tierra está en movimiento y, como esa persona está en la Tierra, estará, por lo tanto, en movimiento.



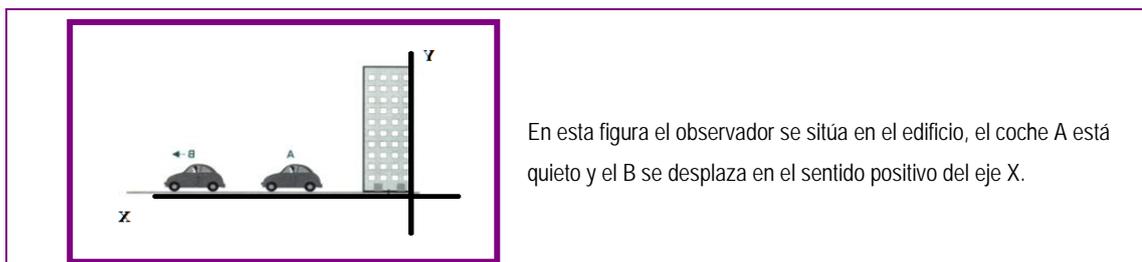
#### 2.1.1 Sistema de referencia, la posición

Si tenemos en cuenta las situaciones anteriores, vemos que describir un movimiento dependerá de dónde esté situado el observador. Por lo tanto, lo primero que tendremos que fijar será su situación. Eso es lo que llamamos fijar un sistema de referencia.

##### Sistema de referencia

Un sistema de referencia es un punto o un objeto fijo que utilizamos para determinar la posición de un cuerpo. Para simplificar el estudio del movimiento suponemos que el sistema de referencia está en reposo. En el ejemplo anterior tomamos como referencia al amigo que está en la plataforma. Entonces, los dos compañeros del tren están en movimiento.

En la práctica, representaremos un sistema de referencia con un sistema de ejes X e Y, de manera que nos permita indicar la dirección y el sentido en el que se desplaza un objeto teniendo en cuenta el signo del eje.



### Actividad resuelta

Supongamos que el tren de nuestro ejemplo anterior va a 80 km/h, que uno de los amigos que va sentado se levanta y camina hacia la cabeza del tren a 10 km/h. Si tomamos como observador al amigo que se queda en el andén: A) ¿a qué velocidad se mueve el tren? B) ¿A qué velocidad se mueve el amigo sentado? C) ¿A qué velocidad se mueve el amigo que camina dentro del tren?

- La) Ve que se aleja a 80 km/h.  
 B) Ve que se aleja a 80 km/h.  
 C) A los 80 km/h del tren más los 10 km/h a los que va él. Por lo tanto, a 90 km/h.

### Actividades propuestas

S1. Supongamos que el tren de nuestro ejemplo anterior sigue alejándose a 80 km/h, y que el amigo que se ha levantado sigue caminando hacia la cabeza del tren a 10 km/h. Si ahora tomamos como observador al amigo que se ha quedado sentado en el tren: A) ¿a qué velocidad se mueve el tren? B) ¿A qué velocidad se mueve el amigo que camina? C) ¿A qué velocidad se mueve el amigo que se ha quedado en el andén?

S2. ¿Dónde situaría un sistema de referencia para describir los siguientes movimientos?

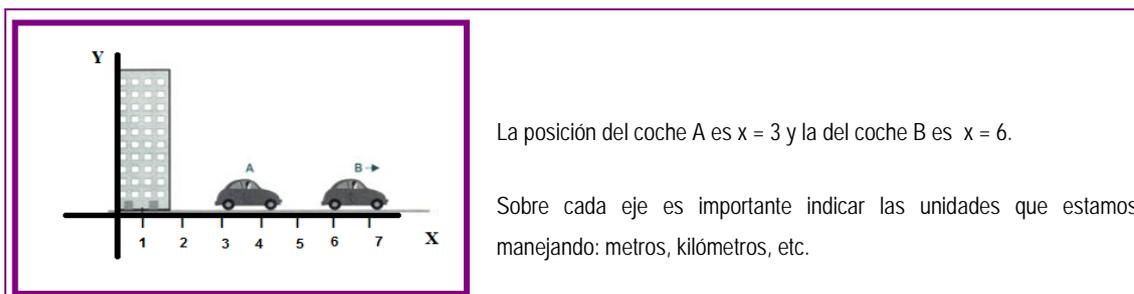
▪ El del Sol.	
▪ Un avión que va de Vigo a Madrid.	
▪ Una piedra que cae de un edificio.	

## 2.1.2 Posición, movimiento, trayectoria, desplazamiento, espacio recorrido

Ahora ya podemos definir varios conceptos importantes para el estudio del movimiento:

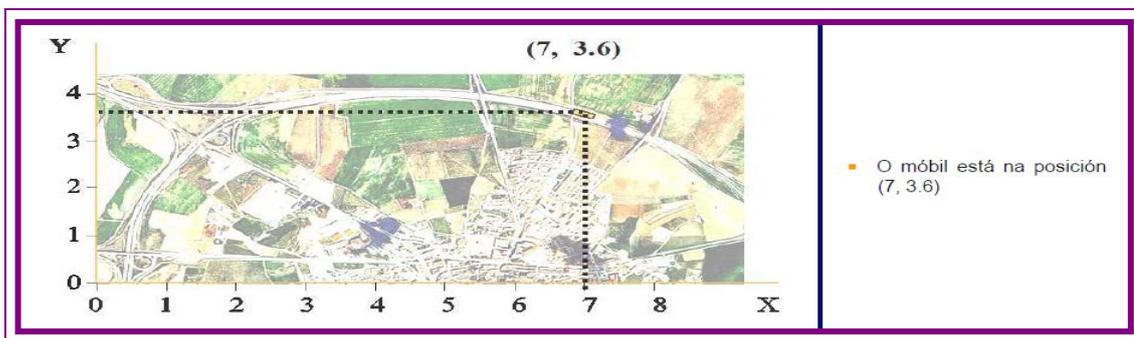
### Posición

Es el lugar que ocupa un objeto en el espacio con respecto a un sistema de referencia fijo. Matemáticamente, lo expresaremos dando la coordenada  $X$  si el objeto se mueve sobre una línea, las coordenadas  $X$  e  $Y$  si trabajamos sobre el plano o las tres coordenadas,  $X$ ,  $Y$  y  $Z$ , si es en el espacio.



### Movimiento

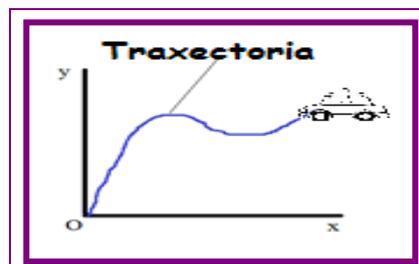
Diremos que un objeto está en movimiento si cambia su posición con respecto a un sistema de referencia fijado previamente.



### Trayectoria

Es la línea imaginaria que une todos los puntos por los que pasa un móvil a lo largo de su movimiento respecto de un sistema de referencia.

Según sea la trayectoria que sigue un móvil, hay dos magnitudes que pueden tomar diferentes valores. Son el espacio recorrido y el desplazamiento.





**Desplazamiento:** es la línea recta que une dos puntos cualesquiera de una trayectoria. Para determinar el desplazamiento basta con calcular la diferencia entre las posiciones A y B. Si  $S_A$  es la posición del punto A y  $S_B$  la del punto B, el desplazamiento será:

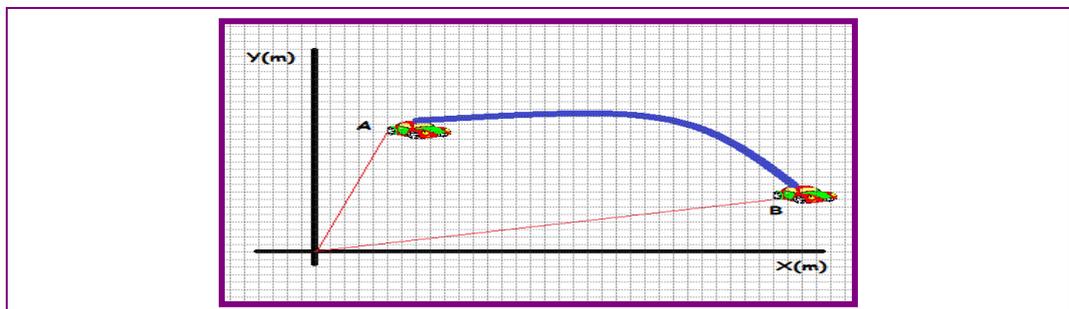
$$S = S_B - S_A$$

**Espacio recorrido:** se refiere a la longitud total de la trayectoria recorrida.

Ambas magnitudes coincidirán únicamente si la trayectoria es una línea recta, lo que llamaremos movimiento rectilíneo.

### Actividades propuestas

- S3. En el esquema de la figura se representa en línea azul la trayectoria seguida por un móvil. Si cada cuadrícula es un metro de longitud, determine la distancia recorrida y el desplazamiento del coche.



### 2.1.3 La velocidad

Definimos la velocidad como la relación que existe entre el espacio recorrido y el tiempo que se ha empleado para recorrerlo.

Sin embargo, a lo largo de una trayectoria un móvil no siempre tiene que recorrer el mismo espacio en la misma cantidad de tiempo, incluso puede parar. Por eso, debemos distinguir entre dos tipos de magnitudes que nos permiten medir la velocidad de un móvil.

**Velocidad media:** es la relación entre el desplazamiento del móvil y el tiempo total empleado en hacer ese desplazamiento. Este tiempo debe incluir absolutamente todo, incluso si el móvil ha estado parado.

$$V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0}$$

Siendo  $S$  la distancia de la posición final del móvil y  $S_0$  la distancia de la posición inicial. En cuanto a los tiempos,  $t$  es el tiempo total empleado en llegar a la posición final y  $t_0$  el tiempo inicial que marcaba el cronómetro. Generalmente, el origen de tiempos se toma en  $t_0 = 0$ .

**Velocidad instantánea:** es la velocidad que tiene el móvil en cada punto de su trayectoria. Para un coche, sería la velocidad que marca el velocímetro en cada instante. Matemáticamente es más difícil de expresar, ya que tendríamos que tomar los puntos  $S$  y  $S_0$  lo más próximos posibles, cuanto más cerca estén uno del otro, más nos acercaremos al valor real de la velocidad instantánea. Pero eso requiere que  $t$  esté muy próximo a  $t_0$ . En la práctica supone activar y desactivar el cronómetro inmediatamente, lo que provocaría mucha imprecisión en la medida.

**Unidades:** vemos que la velocidad es el espacio dividido entre el tiempo, por lo que tenemos unidades de longitud divididas entre unidades de tiempo. En el sistema internacional de unidades, la longitud se mide en metros (m) y el tiempo en segundos (s), así que la velocidad tendrá unidades de metro dividido entre segundos m/s.

Con todo, es frecuente que la velocidad se exprese en kilómetros por hora, como ocurre, por ejemplo, en los velocímetros de los coches. Es importante, por lo tanto, realizar el cambio de unidades cuando sea preciso. Veamos un ejemplo.

- Pasar 90 km/h a m/s.

$$90 \frac{km}{h} = 90 \frac{km}{h} \cdot \frac{1000m}{1km} \cdot \frac{1h}{3600s} = 25 \frac{m}{s}$$

Así que, un coche que va a 90 km/h recorre 25 m en un solo segundo.

- Una persona de 1,6 m de altura puede alcanzar andando los 1,5 m/s. ¿Qué velocidad tendrá en km/h?

$$1,5 \frac{m}{s} = 1,5 \frac{m}{s} \cdot \frac{1km}{1000m} \cdot \frac{3600s}{1h} = 5,4 \frac{km}{h}$$

## Actividad resuelta

Un autobús realiza el trayecto Santiago-Ourense; en la mitad del camino, a la altura de Lalín, realiza una parada. Los tiempos y las distancias recorridas se recogen en la siguiente tabla:

Posición (km)	0	60	60	100
Tiempo (hora)	11:00	12:00	12:15	13:00

- Calcule la velocidad media de todo el viaje.

Solución	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ La distancia total recorrida es de 100 km. El autobús ha salido a las 11:00 y llegado a las 13:00, por lo tanto, el viaje ha durado 2 horas.</li><li>▪ Ha recorrido un total de 100 km, por lo tanto:</li></ul> $V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0} = \frac{100}{2} = 50 \frac{km}{h}$
----------	---

- Calcule la velocidad media del autobús solo cuando estuvo en movimiento.

Solución	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tenemos que los primeros 60 km fueron realizados en una hora. Para 15 minutos y recorre los últimos 40 km en tres cuartos de hora, por lo que recorrió 100 km en una hora y tres cuartos (1.75 h).</li></ul> $V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0} = \frac{100}{1,75} = 57,14 \frac{km}{h}$
----------	--

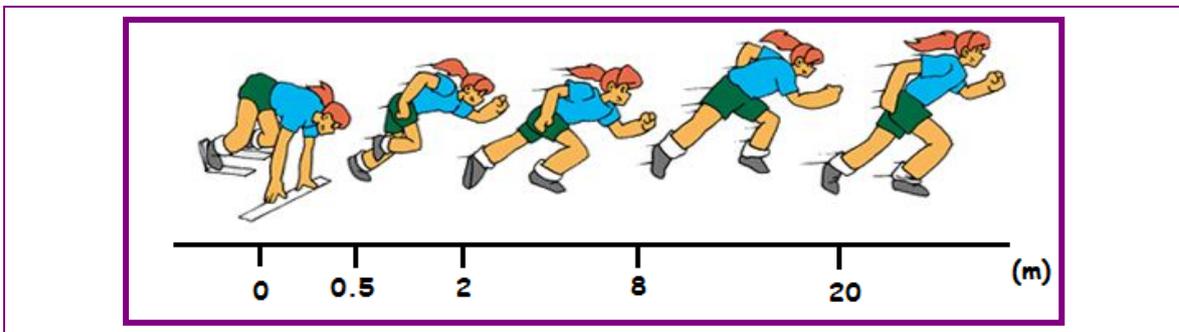
### 2.1.4 La aceleración

Si observamos una carrera de 100 metros lisos y somos capaces de hacer una foto cada segundo, podríamos ver que para cada intervalo la distancia recorrida es mayor, es decir, la velocidad del corredor va aumentando progresivamente. Al final del recorrido alcanza una velocidad más o menos fija o constante y justo cuando atraviesa la línea de meta disminuye hasta parar de nuevo, su velocidad va variando continuamente.

**Aceleración media:** es la relación entre la variación de la velocidad de un móvil y el tiempo total empleado en hacer esa variación.

$$a_{media} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Siendo  $v$  la velocidad del móvil en un instante  $t$  y  $v_0$  su velocidad en el instante inicial. En cuanto a los tiempos,  $t$  es el tiempo total empleado en llegar a la posición final y  $t_0$  el tiempo inicial que marcaba el cronómetro. Generalmente, el origen de tiempos se toma en  $t_0 = 0$ .



**Aceleración instantánea:** en un principio estudiaremos situaciones donde la velocidad aumenta o disminuye de forma uniforme. Sin embargo, en las situaciones reales esta variación puede ser diferente. Por ejemplo, la aceleración de un coche dependerá de cuánto pisemos el pedal del acelerador, o sea, para cada instante podemos tener una aceleración diferente. Del mismo modo que con la velocidad instantánea, para tener datos tomaríamos intervalos de tiempo muy pequeños haciendo que  $t$  esté muy próximo de  $t_0$ , lo que provocaría gran imprecisión en la medida, del mismo modo que en la velocidad.

**Unidades:** vemos que la aceleración es la variación de la velocidad dividida entre el tiempo, por lo tanto, tendremos unidades de longitud divididas entre unidades de tiempo y de nuevo divididas entre el tiempo. Ya vimos que en el sistema internacional de unidades la velocidad se mide en metros por segundo (m/s), así que la aceleración tendrá unidades de metro por segundo dividido entre segundos,  $m/s^2$ .

### Actividades resueltas

Las características técnicas del BMW 335i indican que acelera de 0 a 100 km/h en 5,5 s, ¿cuál será su aceleración media?

Solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fijese que en este caso la velocidad está aumentando de 0 km/h hasta 100 km/h y lo hace en un intervalo de tiempo de 5,5 s.</li> <li>▪ Tenga cuidado con las unidades, la velocidad está en km/h y el tiempo en segundos. Así que, pasamos 100 km/h = 27,8 m/s.</li> </ul> $a_{media} = \frac{27,8 - 0}{5} = 5,5 \frac{m}{s^2}$
----------	--

Lanzamos un flecha hacia arriba con una velocidad inicial de 49 m/s y vemos que, poco después, pierde velocidad hasta pasar 5 segundos. Entonces se detiene en el punto más alto y comienza a bajar. ¿Cuál será la aceleración media que hace disminuir su velocidad hasta parar?

Solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La velocidad inicial es de 49 m/s y la final de 0 m/s, ya que para. El tiempo que ha transcurrido es de 5 segundos, luego:</li> </ul> $a_{media} = \frac{0 - 49}{5} = 9,8 \frac{m}{s^2}$
----------	---

Vemos que, en este caso, la aceleración nos ha salido negativa, así que, cuando un objeto se detiene al disminuir su velocidad, la aceleración es negativa. De forma general:

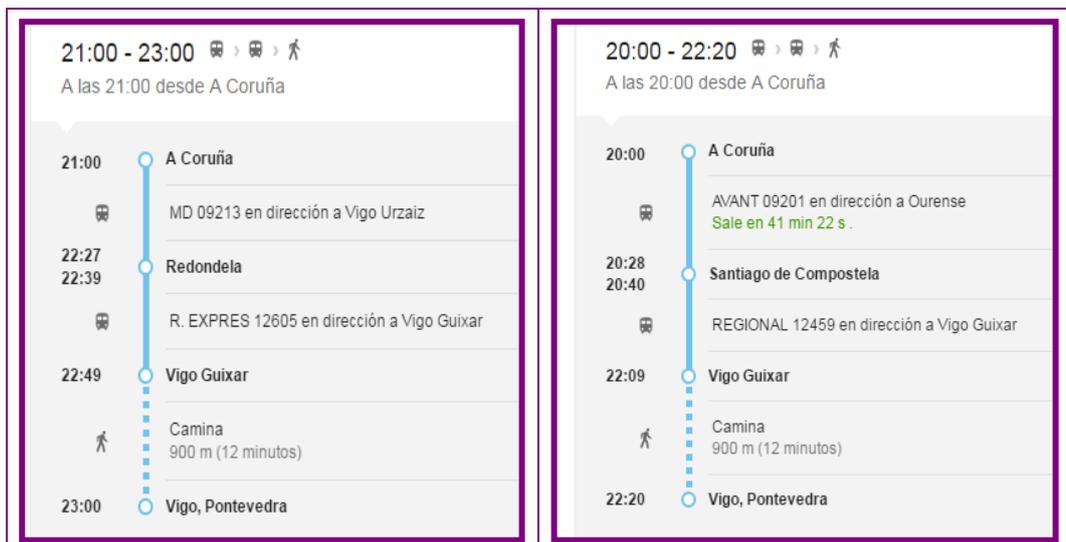
- Si  $a > 0$ , aumenta la velocidad.
- Si  $a = 0$ , la velocidad es constante, no varía.
- Si  $a < 0$ , la velocidad disminuye.

### Actividades propuestas

S4. Dos trenes realizan el recorrido de A Coruña a Vigo con los horarios que aparecen en las tablas. Distancia entre A Coruña y Redondela: 139 km, entre A Coruña y Santiago: 67,5 km, entre Santiago y Vigo -Guixar: 81,5 km y entre Redondela Vigo - Guixar 10 km

A) Calcule la velocidad media en km/h de cada uno de los recorridos, contando también el tramo a pie.

b) Calcule la velocidad media en km/h de cada uno de los trenes, sin contar el tramo a pie y sin contar el tiempo que han estado detenidos.



## 2.2 Movimientos rectilíneos uniformes y uniformemente acelerados

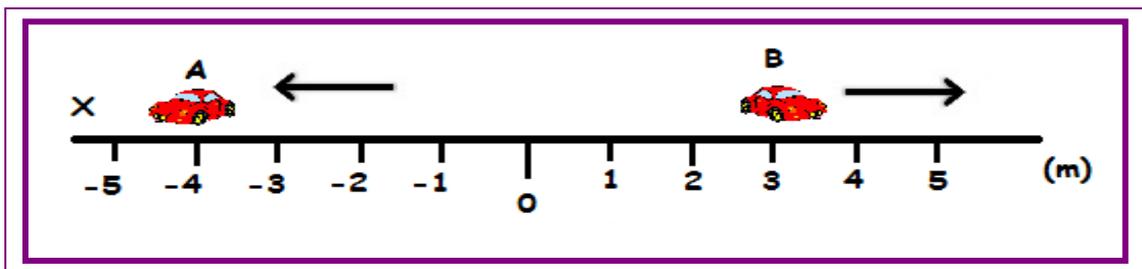
Ya tenemos los parámetros necesarios para analizar los diferentes tipos de movimientos. Tendremos que recordar que, para eso, lo primero que debemos situar es nuestro sistema de referencia para fijar las posiciones. A partir de ahí dilucidaremos de qué tipo de movimiento se trata y aplicaremos las correspondientes ecuaciones.

## 2.2.1 Movimiento rectilíneo y uniforme. MRU

Vamos a analizar esas tres palabras: movimiento, rectilíneo y uniforme.

**Movimiento:** ya lo hemos definido. Implica un cambio de posición del móvil respecto de nuestro sistema de referencia.

**Rectilíneo:** indica que el movimiento se realiza sobre una línea recta, es decir, que es en una sola dimensión. Esto nos facilita la tarea de fijar un sistema de referencia; en lugar de tener que fijar un sistema de ejes X, Y, bastará con fijar el origen sobre el eje X, en este caso, si el móvil está hacia la derecha, su posición será positiva y si está hacia la izquierda, la tomaremos negativa.



En la figura, el coche A se encuentra en la posición  $x = -4$  m y el coche B en la  $x = 5$  m. De esta forma, el espacio S podemos sustituirlo por la posición X.

**Uniforme:** quiere decir que el movimiento no varía, que es siempre de la misma manera. En este caso indica que la velocidad va a ser siempre la misma, no hay aceleración.

### Ecuaciones del MRU

Habíamos definido la velocidad media como:

$$V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0}$$

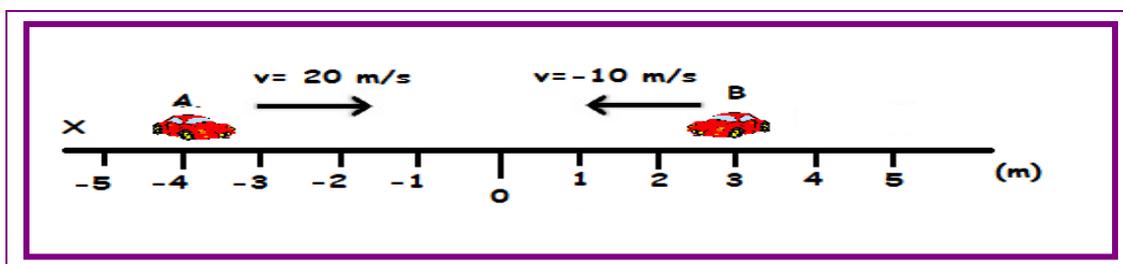
Como el movimiento es rectilíneo, podemos cambiar las letras S por las X:

$$V_{media} = \frac{X - X_0}{t - t_0}$$

Donde X es la posición del móvil en cualquier instante t y  $X_0$  la posición inicial del móvil en el instante inicial  $t_0$ , que tomaremos como  $t_0 = 0$ . Como la velocidad es la misma en todo el recorrido, no es preciso que le llamemos velocidad media. De esta manera tenemos:

$$V_{media} = \frac{X - X_0}{t - t_0} \quad \text{despejando la posición X,} \quad X = X_0 + v \cdot t$$

**Criterio de signos:** tenemos que tener cuidado con el signo que le damos a cada magnitud. Ya hemos visto que las posiciones a la izquierda del observador sobre el eje X serán negativas. Lo mismo haremos con la velocidad. Si la velocidad se dirige hacia la derecha del observador, la tomaremos positiva y, si es hacia la izquierda, la tomaremos negativa.



En esta figura el coche A está en la posición  $X = -4$  m y va con velocidad de  $v = 20$  m/s hacia la derecha, por lo tanto, es positiva. El coche B se encuentra en  $x = 3$  m y con una velocidad  $v = -10$  m/s negativa, ya que se dirige hacia la izquierda, va hacia el observador situado en el punto  $X = 0$ .

### Actividad resuelta

Un ciclista pasa por la posición  $X_1 = 100$  m cuando  $t = 0$  s, y por la  $X_2 = 300$  m cuando  $t = 25$  s. Suponiendo que va siempre con la misma velocidad, calcule su valor y el instante en el que pasará por la posición  $X = 1000$  m.

- En primer lugar determinamos la velocidad que lleva el ciclista:

$$V_{media} = \frac{X_2 - X_1}{t} \qquad v = \frac{300 - 100}{25} = 8 \frac{m}{s}$$

- Además, el ciclista se aleja del observador en sentido positivo, así que la velocidad es positiva.
- Como ya sabemos la velocidad, podemos tener la posición para cualquier instante, tomando  $X_0 = X_1 = 100$  m.

$$X = X_0 + v \cdot t \qquad 1000 = 100 + 8 \cdot t \qquad \text{de donde despejamos que } t = 112,5 \text{ s.}$$

### Actividad resuelta

Un ciclista pasa por la posición  $X_1 = 1000$  m cuando  $t = 0$  s y por la  $X_2 = 800$  m cuando  $t = 25$  s. Suponiendo que va siempre a la misma velocidad, calcule su valor y el instante en el que llega adonde se encuentra el observador  $X = 0$  m.

- Igual que en la actividad anterior, en primer lugar determinamos la velocidad que lleva el ciclista:

$$V_{media} = \frac{X_2 - X_1}{t} \qquad v = \frac{800 - 1000}{25} = -8 \frac{m}{s}$$

- En este caso el ciclista se acerca al observador en sentido negativo, así que la velocidad es negativa.
- Como sabemos, en la velocidad podemos tener la posición para cualquier instante tomando  $X_0 = X_1 = 1000$  m.

$$X = X_0 + v \cdot t \qquad 0 = 1000 - 8 \cdot t \qquad \text{de donde despejamos que } t = 125 \text{ s.}$$

## Gráficas “posición frente a tiempo” y “velocidad frente a tiempo” en un MRU

Recordemos que en matemáticas representábamos las funciones lineales del tipo  $y = ax + b$  sobre unos ejes coordenados X, Y. La función que nos da la posición frente a tiempo para un MRU es del mismo tipo, basta cambiar la y por la posición X y la x por el tiempo  $t$ , que en este caso será la variable independiente que va tomando diferentes valores en el transcurso del tiempo.

### Actividad resuelta

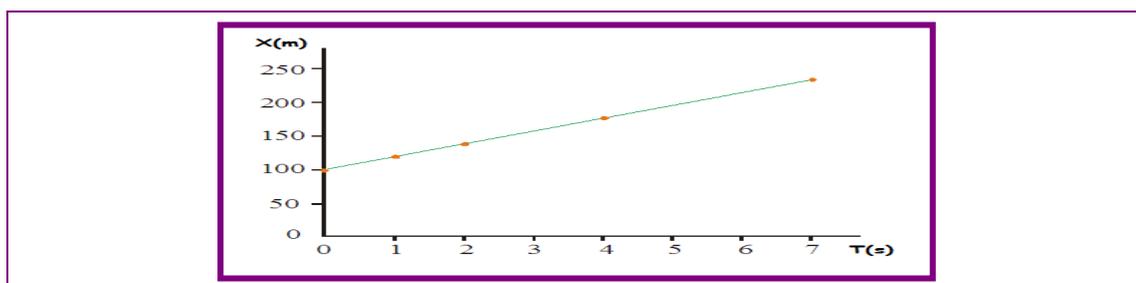
Un móvil está en el instante inicial en la posición 100 m. Se mueve con una velocidad uniforme de 20 m/s. Dibuje su gráfica posición/tiempo (gráfica X/t).

Escribimos primero la ecuación del movimiento y a continuación la tabla de datos X/t, le damos valores al tiempo y calculamos X.

$$X = X_0 + v \cdot t$$
$$X = 100 + 20 \cdot t$$

T(s)	0	1	2	4	7
X(m)	100	120	140	180	240

Representando estos resultados en un sistema de ejes X, t:



Observe que la gráfica es una línea recta inclinada hacia arriba. Tendrá mayor inclinación cuanto mayor sea su velocidad y, si la velocidad fuese negativa, el móvil viene hacia nosotros, entonces su inclinación sería hacia abajo.

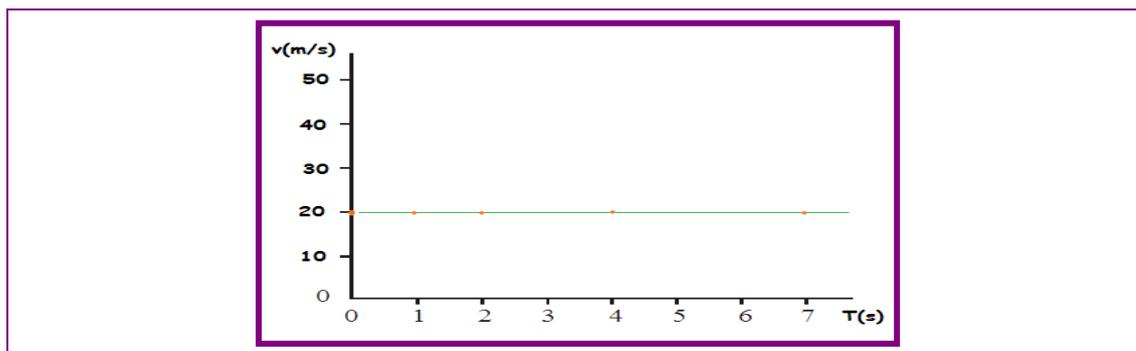
### Actividad resuelta

Para el ejemplo anterior, trace la gráfica de velocidad frente a tiempo.

Por tratarse de un MRU la velocidad del móvil será siempre la misma, sea cual sea el instante en el que la medimos, en este caso 20 m/s.

T(s)	0	1	2	4	7
v(m/s)	20	20	20	20	20

Representando estos valores:



En un MRU la gráfica velocidad frente a tiempo siempre será una recta completamente horizontal.

### Actividad resuelta

Un móvil A parte de la posición inicial  $X_0 = 100$  m y se mueve a 20 m/s; otro móvil B parte del origen ( $X_0 = 0$ ) y lleva una velocidad constante de 40 m/s. Trace la gráfica s/t de ambos cuerpos en los mismos ejes de coordenadas.

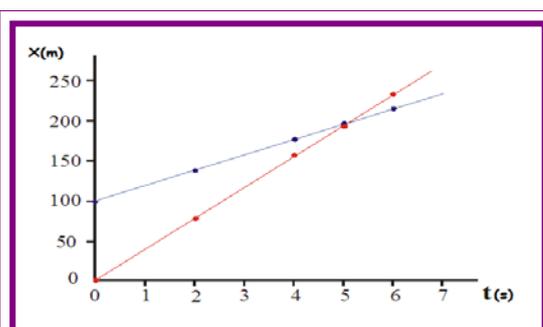
**Solución:** hacemos las tablas de datos posición/tiempo de los dos móviles:

- El móvil A: ecuación del movimiento  $X = 100 + 20 \cdot t$ .

T(s)	0	2	4	5	6
X(m)	100	140	180	200	220

- El móvil B: ecuación del movimiento  $X = 0 + 40 \cdot t$ .

T(s)	0	2	4	5	6
X(m)	0	80	160	200	240

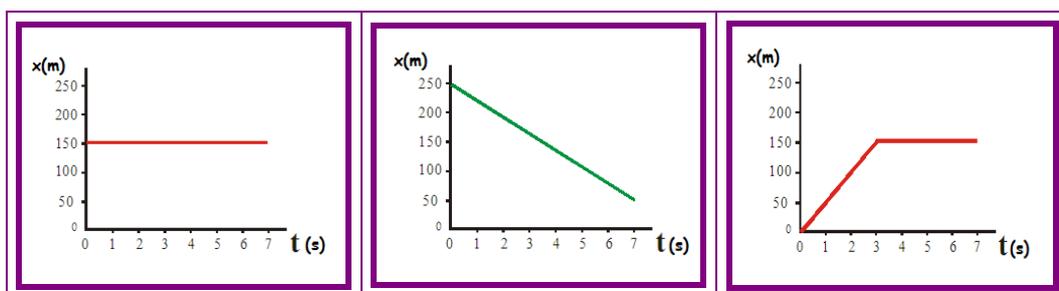


Observaciones sobre la gráfica y los movimientos representados:

- a) La línea recta roja corresponde al móvil con mayor velocidad.
- b) El punto de corte de las dos rectas nos indica la posición y el tiempo en que B alcanza a A.
- c) El móvil B sale desde el origen persiguiendo al móvil A, que sale desde la posición 100 m; después de 5 s, B va por delante de A.

## Actividades propuestas

- S5. Una persona caminando rápido puede llegar a recorrer 6 kilómetros en una hora. ¿Cuál es su velocidad? ¿Cuánto tardará en recorrer 18 km? ¿Qué espacio recorrerá en una hora y media?
- S6. Una de las unidades de longitud que se utiliza para medir distancias a nivel del cosmos es el año luz, definido como la distancia que recorre la luz en un año. Si sabemos que la velocidad de la luz es de 300 000 km/s, determine a qué distancia en kilómetros corresponde.
- S7. Un móvil A parte de la posición inicial  $X_0 = 100$  m y se mueve hacia el origen de coordenadas a 20 m/s; otro móvil B parte del origen ( $X_0 = 0$ ) y lleva una velocidad constante de 40 m/s. Halle el punto donde se encuentran y el tiempo que les lleva. Represente las gráficas posición frente a tiempo de cada móvil sobre el mismo sistema y señale el punto donde se encuentran.
- S8. Interprete el movimiento que se reproduce en las siguientes gráficas:



- S9. ¿Cuánto tiempo tardará un coche en recorrer los 100 km que separan las ciudades A y C si parte desde una ciudad intermedia B, situada a 20 km de A, y circula a una velocidad de 72 km/h?

### 2.2.2 Movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado. MRUA

Ya analizamos qué es movimiento, qué es rectilíneo, ahora solo falta qué quiere decir que sea uniformemente acelerado. Evidentemente, que sea acelerado indica que hay un cambio en la velocidad del móvil, pero al mismo tiempo decimos que es un cambio uniforme, de manera continua, sin dar saltos. Esto implica que la aceleración va a tener siempre el mismo valor, es decir, la aceleración será constante.

## Ecuación de la velocidad

La aceleración media para este movimiento será:

$$a_{media} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Donde  $v$  es la velocidad para cualquier instante  $t$ ,  $v_0$  la velocidad inicial en el instante inicial  $t_0$ , que tomaremos como el origen de tiempos  $t_0 = 0$ . Además, como la aceleración vale lo mismo en todo el movimiento, ya no será necesario llamarla aceleración media, luego:

$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad \text{despejando la velocidad} \quad v = v_0 + a \cdot t$$

## Ecuación de la posición

Como hemos indicado, la velocidad en este movimiento varía de forma uniforme, con lo que podemos calcular la velocidad media como la media aritmética entre la velocidad final y la velocidad inicial:

$$v_{media} = \frac{v + v_0}{2} \quad \text{y además, para la velocidad media teníamos:} \quad v_{media} = \frac{X - X_0}{t}$$

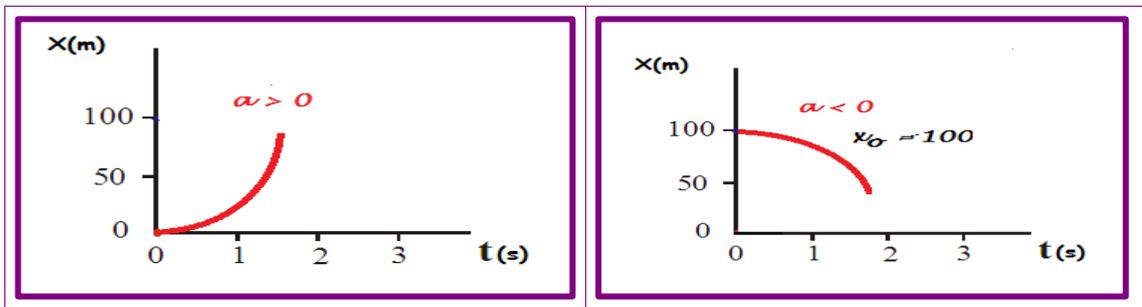
Si combinamos la ecuación de la velocidad con estas dos ecuaciones y despejamos la posición  $X$ , tendremos:

$$X = X_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Ecuación que nos da la posición del móvil,  $X$ , para cualquier instante de tiempo  $t$  conociendo su posición inicial  $X_0$ , su velocidad inicial  $v_0$  y su aceleración. Al aplicarla, tendremos mucho cuidado con el criterio de signos. Tanto la velocidad como la aceleración las tomaremos negativas si se dirigen hacia el observado y positivas si se alejan del.

## Gráficas espacio tiempo, $X/t$ , y velocidad tiempo, $v/t$ , para el MRUA.

Gráfica espacio tiempo: la fórmula que nos da el espacio en función del tiempo en el MRUA es una función cuadrática del tiempo, de la forma matemática  $y = ax^2 + bx + c$ . En nuestro caso,  $y$  es el espacio  $X$ , en tanto que el tiempo  $t$  será la variable independiente a  $x$ . Por lo tanto, la representación del espacio en función del tiempo para este movimiento tiene que darnos una parábola. Aquí solo la rama positiva, ya que no existen valores negativos del tiempo. Esta rama irá hacia arriba si la aceleración,  $a$ , es positiva y hacia abajo en caso contrario.



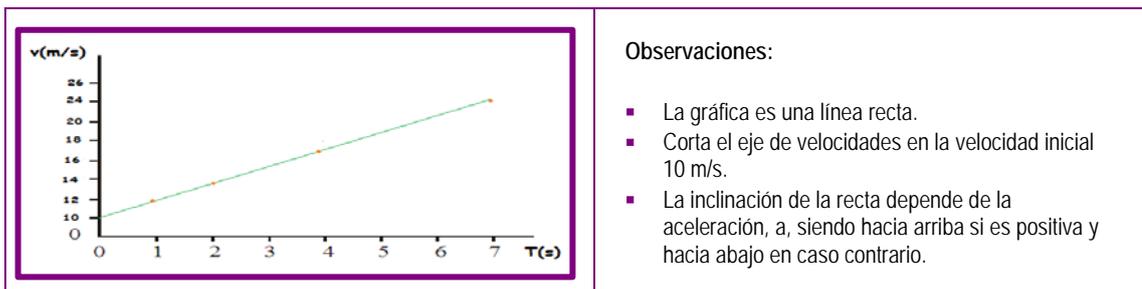
Gráfica velocidad tiempo: la fórmula que tenemos ahora es  $v = v_0 + a \cdot t$ , esta es una función del tipo lineal como la que ya hemos visto,  $y = ax + b$ , en este caso,  $v$  hace el papel de  $y$ , y el tiempo de nuevo es la variable independiente, haciendo el papel de  $x$ . Podemos representarla dando valores a  $t$ , por ejemplo:

**Ejemplo:** un coche tiene una velocidad inicial de 36 km/h, acelera con  $a = 2 \text{ m/s}^2$ . Represente el aumento de la velocidad durante los primeros 7 segundos.

Recuerde que tenemos que poner las unidades, conforme al sistema internacional, en metros y segundos, entonces 36 km/h son 10 m/s. En este caso, nuestra ecuación de velocidad queda:

$$v = v_0 + a \cdot t \qquad v = 10 + 2 \cdot t \quad \text{dando valores al tiempo:}$$

Tiempo $t(\text{s})$	1	2	4	7
Velocidad $v(\text{m/s})$	12	14	18	24



### Caída de graves: Movimiento en caída libre

Llamamos movimiento en caída libre a la circunstancia que se da cuando un objeto próximo a la Tierra es atraído por efecto de la fuerza de gravedad hacia el centro de la misma. El efecto de la fuerza de gravedad imprime a los objetos una aceleración que depende de la masa del objeto que la produzca. En el caso de la Tierra, esta toma un valor medio de  $9,8 \text{ m/s}^2$  que normalmente se denota con la letra  $g$ . En el caso de la Luna, con una masa mucho menor,  $g = 1,6 \text{ m/s}^2$ .

Así pues, un objeto que se mueve en caída libre está sometido a un movimiento del tipo MRUA con aceleración igual a la de la gravedad,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . En estos casos, tenemos que tener cuidado donde situamos al observador. Veamos un ejemplo:

## Actividad resuelta

Dejamos caer una piedra desde un edificio de 25 m de altura. Determine el tiempo que tarda en caer y la velocidad con la que llega al suelo.

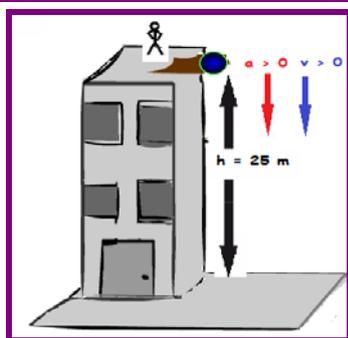
En estos casos, en lugar de la distancia  $X$  tenemos altura  $h$ . Además, si el objeto se deja caer, entonces  $v_0 = 0$ . Así, las ecuaciones las podemos escribir con  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

$$X = X_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{queda} \quad h = h_0 + \frac{1}{2} 9,8 \cdot t^2$$

Y para la velocidad:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \text{queda} \quad v = 0 + 9,8 \cdot t$$

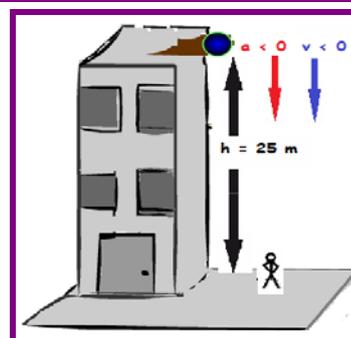
Ahora tenemos que situar al observador:



Situamos al observador en la parte de arriba, ve como el objeto se aleja.

La velocidad y la aceleración son positivas.

El espacio inicial es cero,  $h_0 = 0$ , y el espacio recorrido es de  $h = 25 \text{ m}$ .



Situamos al observador en la parte de abajo, ve como el objeto se acerca.

La velocidad y la aceleración son negativas.

El espacio inicial es  $h_0 = 25 \text{ m}$  y el espacio recorrido es de  $h = 0 \text{ m}$ , ya que llega a donde está él.

Escojamos el caso en el que el observador está en la parte baja, tenemos:

$$0 = 25 - \frac{1}{2} 9,8 \cdot t^2 \quad \text{de aquí obtenemos que} \quad t = \sqrt{\frac{25 \cdot 2}{9,8}} = 2,26 \text{ s}$$

$$\text{Por lo tanto,} \quad v = 0 - 9,8 \cdot t \quad \text{nos queda} \quad v = -9,8 \cdot 2,26 = -22,15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Es negativa, por lo que se acerca al observador. Fíjese que, si pasamos a  $\text{km/h}$  esta cantidad, nos da  $79,7 \text{ km/h}$ , así que cualquier cuerpo que caiga desde una altura de  $25 \text{ m}$  alcanzará una velocidad de aproximadamente  $80 \text{ km/h}$ , independientemente de cuál sea su masa, porque, como ya se ha observado, en ningún punto hemos tenido en cuenta la masa del objeto que cae.

### Actividad resuelta

Cálculo de la distancia de frenada: un automóvil se desplaza a 108 km/h. De repente, el conductor ve un obstáculo y tarda  $\frac{3}{4}$  de segundo en pisar el freno, que imprime una aceleración de frenada de  $6 \text{ m/s}^2$ . Determine la distancia de seguridad que debería dejar un conductor en una situación semejante.

Durante los  $\frac{3}{4}$  de s (= 0,75 s) el coche va con MRU a  $v = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$  y, por lo tanto, recorre una distancia de  $X = X_0 + v \cdot t$  que será  $X = 30 \cdot 0,75 = 22,5 \text{ m}$ .

Pisa el freno y pasa de 30 m/s a 0 con una  $a = -6 \text{ m/s}^2$ . De la ecuación de velocidad podemos obtener el tiempo:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \text{queda} \quad 0 = 30 - 6 \cdot t, \quad \text{por lo tanto,} \quad t = 5 \text{ s.}$$

Aplicando la ecuación del espacio:

$$X = X_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{queda} \quad X = 22,5 + 30 \cdot 5 - \frac{1}{2} 6 \cdot 5^2 = 97,5 \text{ m}$$

Siempre tendríamos que tener en cuenta el estado del firme y de los neumáticos, pero a 100 km/h se debe dejar por lo menos una distancia de 100 m.

### Actividad práctica

Se propone que utilice las ecuaciones que hemos aprendido en esta unidad para determinar la profundidad de un pozo soltando una piedra. Para eso, tiene que cronometrar el tiempo transcurrido desde que deja caer una piedra hasta que oye el sonido. Así que tendrá que usar la ecuación de bajada en caída libre de la piedra y, a continuación, tener en cuenta la subida del sonido a 340 m/s con movimiento MRU. Se propone que realice la experiencia dejando caer cinco piedras diferentes y que analice los resultados obtenidos.

Puede ver un vídeo explicativo en:

<https://www.youtube.com/watch?v=9vCKXcY2jX4>

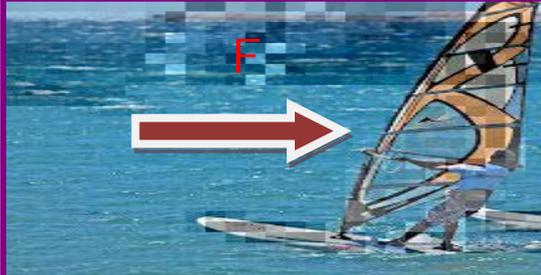
### Actividades propuestas

S10. Un coche circula a una velocidad de 60 km/h durante 1 hora y 15 minutos. Después para durante 5 minutos y después regresa hacia el punto de partida a una velocidad de 10 m/s durante 45 minutos. Calcular: a) la posición final; b) la distancia total recorrida; c) la velocidad media.

- S11. ¿Cuál es la aceleración de frenada de una motorista que circula a 90 km/h y detiene la moto en 15 s? ¿Cuánto mide el espacio recorrido en ese ínterin?
- S12. Un objeto cae desde una ventana y tarda 4 s en llegar al suelo. Calcule la velocidad con la que choca en el suelo y la altura desde la que ha caído.
- S13. Manuel y María deciden salir en bicicleta a las 9 de la mañana de dos pueblos, A y B, distantes 120 km, con la intención de encontrarse en el camino. Si las velocidades de los dos son 25 km/h y 35 km/h, respectivamente, calcule: a) ¿a qué hora se encontrarán los dos ciclistas?; b) ¿a qué distancia del pueblo A se produce el encuentro?

## 2.3 Las fuerzas

La fuerza es el resultado de la interacción entre dos cuerpos que puede producir deformación y movimiento o cambio en su estado de movimiento.

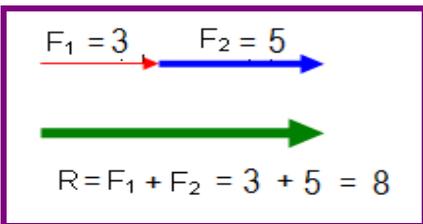
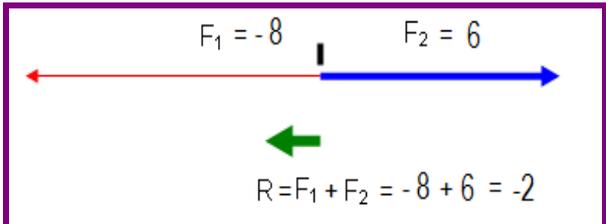
	
<p>Aplicamos una fuerza para producir deformación, no hay cambio en el movimiento.</p>	<p>El viento produce una fuerza capaz de modificar el estado de movimiento de un cuerpo.</p>

La parte de la física que se encarga del estudio de la fuerza y de sus efectos se denomina *dinámica*.

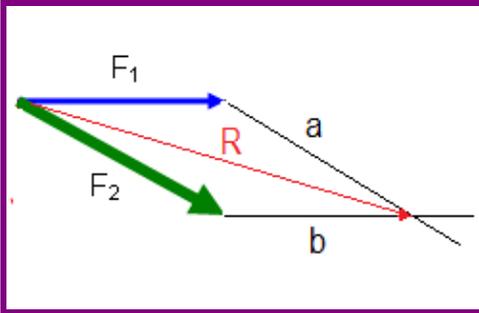
### Composición de fuerzas

Cuando hablamos de una fuerza no llega con indicar su valor. Está claro que una fuerza no produce el mismo efecto cuando se aplica en una dirección o en otra. Es por eso que nos referimos a las fuerzas como magnitudes vectoriales. Tenemos que indicar su valor, la dirección en la que se aplica y su sentido.

El principio de superposición indica que, si varias fuerzas se aplican sobre un punto, el efecto que producen es igual al de una sola fuerza resultado de la suma de todas. A esta fuerza se le llama *fuerza resultante*. El problema es que esa suma tendrá que ser siempre una suma vectorial. Veamos cómo se hacen estas sumas en los casos más simples:

Fuerzas paralelas y del mismo sentido	Fuerzas paralelas y en sentidos contrarios
 <p><math>F_1 = 3</math>      <math>F_2 = 5</math></p> <p><math>R = F_1 + F_2 = 3 + 5 = 8</math></p>	 <p><math>F_1 = -8</math>      <math>F_2 = 6</math></p> <p><math>R = F_1 + F_2 = -8 + 6 = -2</math></p>
La fuerza resultante es la suma de las dos.	La fuerza que va hacia la izquierda la tomaremos como negativa. La fuerza resultante será la suma de ambas.

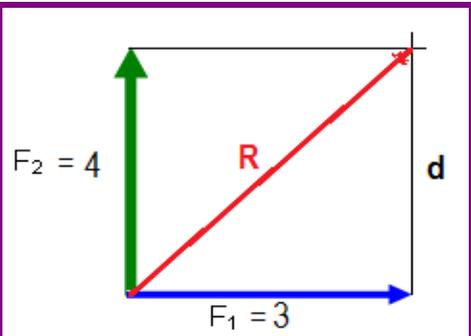
En el caso de que las fuerzas no sean paralelas, hallar la resultante se nos complica. Matemáticamente tendremos que usar la trigonometría para obtener las proyecciones de las fuerzas, pero esto no es el objeto de este curso. Siempre podremos emplear procedimientos gráficos para obtener la resultante. Un método muy empleado es el del paralelogramo:



Calculamos la suma de  $F_1$  y  $F_2$  aplicadas sobre un mismo cuerpo en distintas direcciones:

- 1.- Trazamos la recta "a" paralela a  $F_2$  y con origen en el extremo de  $F_1$ .
- 2.- Trazamos la recta "b" paralela a  $F_1$  y con origen en el extremo de  $F_2$ .
- 3.- El punto donde "intersectan" las rectas a y b nos da el extremo del vector resultante R.

Un caso particular donde podemos aplicarlo, gráfica y analíticamente, es el que se da cuando las fuerzas forman entre sí  $90^\circ$ , es decir, cuando son perpendiculares, circunstancia que sucede habitualmente en situaciones cotidianas:



Si aplicamos la regla del paralelogramo, vemos que la resultante R es igual a la hipotenusa del triángulo rectángulo que forma la fuerza  $F_1$  y el lado d. Además, este lado d es igual a la fuerza  $F_2 = 4$ , por lo tanto, podemos determinar el valor de R aplicando el teorema de Pitágoras a este triángulo.

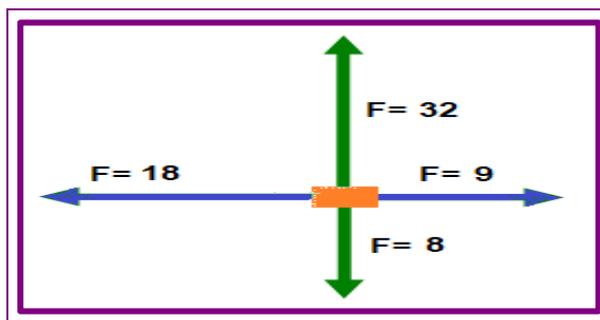
$$R^2 = 4^2 + 3^2$$

$$R = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$$

### Actividades propuestas

S14. Tiramos hacia arriba de un cuerpo con una fuerza de 8 y hacia la derecha con una fuerza de 15. Dibuje un esquema de la situación indicando la dirección de la fuerza resultante y calcule su valor.

S15. Determine gráficamente la resultante de todas las fuerzas aplicadas sobre el objeto de la figura. Calcule su valor numérico.



### 2.3.1 La deformación. Ley de Hooke

Fíjese en el resorte de la figura. Vemos que, cuanto mayor sea la masa que colguemos de su extremo, mayor será la longitud del resorte que se estira. En el laboratorio podemos hacer este sencillo experimento colgando diversas masas y midiendo la longitud del resorte. Es lo que llamamos elongación. Para un resorte determinado encontramos los siguientes datos de la tabla:

Diagrama de un resorte colgando de un soporte. Una masa  $m$  está suspendida del extremo inferior del resorte. Se muestran las fuerzas  $F_k$  (arriba) y  $mg$  (abajo). La elongación  $x$  está indicada.

Masas (g)	Elongación (cm)
100	5
150	7,5
200	10
250	12,5

El siguiente paso de nuestro experimento será representar los resultados obtenidos en un diagrama masa frente a elongación.

Gráfico de masa  $m$  (g) frente a elongación  $x$  (cm). Se muestra una línea recta que pasa por el origen (0,0) y los puntos (5, 100), (10, 150) y (15, 200).

Observaciones:

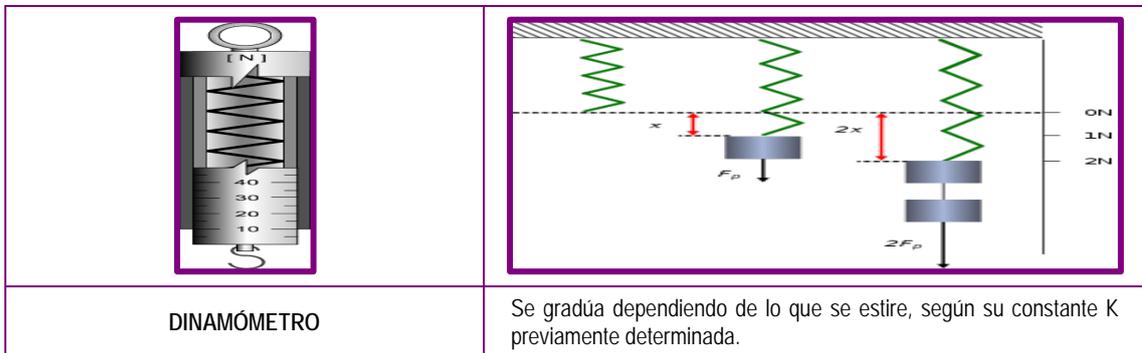
- Vemos que es una línea recta, gráfica lineal del tipo  $y = a \cdot x + b$  en nuestro caso  $m = a \cdot x + b$ .
- Además, pasa por el origen de coordenadas, luego,  $b = 0$ , la masa y la elongación son directamente proporcionales.
- De manera general, la masa representa la fuerza con la que tiramos del resorte, así que  $m = a \cdot x$  podemos ponerla como:

$$F = K \cdot X$$

Esta fórmula establece la ley de Hooke: el alargamiento de un resorte es directamente proporcional a la fuerza que se le aplique.

La constante  $K$  es característica para cada resorte dependiendo de cómo se fabrique. La llamamos constante elástica del resorte.

Una aplicación directa de esta propiedad de los resortes es un aparato que sirve para medir la fuerza. Este aparato se llama “dinamómetro” y consiste simplemente en un resorte al que se le determina la constante elástica  $K$  y que se gradúa dependiendo de lo que se estire.



La ley de Hooke es aplicable a cualquier cuerpo que sufra deformación dentro de su límite elástico, es decir, a condición de que, al sufrir una deformación, retorne a su posición de equilibrio una vez que la fuerza deja de actuar. Es el caso de una goma, por ejemplo.

### Actividad práctica

Determinación experimental de la constante elástica de un resorte.

Es probable que en su laboratorio disponga de los elementos necesarios para hacer un montaje como el de la figura. Mida con exactitud la longitud inicial del resorte  $x_0$  y después tendrá que medir las longitudes de elongación al colocar distintas masas que previamente hayamos pesado. Anote los resultados en una tabla y represéntelos en una gráfica de masa frente a longitud, probablemente no salga una línea recta exacta, pero trate de dibujar una recta que quede lo más cerca posible de todos los puntos y que pase por el origen.

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Longitud <math>x - x_0</math></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Masa (g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Longitud $x - x_0$					Masa (g)				
Longitud $x - x_0$											
Masa (g)											

Puede calcular la inclinación midiendo el ángulo que hace la recta respecto de la horizontal y obtener el valor de la constante elástica del resorte calculando la tangente del ángulo con una calculadora. Compruebe el resultado pesando otras masas diferentes. También puede calcular la inclinación de la recta usando la expresión matemática de la recta y despejarla.

### 2.3.2 Fuerzas que producen movimiento. Leyes de Newton

Como ya hemos mencionado, una fuerza puede hacer que un objeto modifique su forma o su velocidad, es decir, venza su inercia (inercia es la tendencia que tienen los cuerpos a conservar su estado de movimiento) o se ponga en movimiento si estaba inmóvil. Vamos analizar ahora como se produce esa variación en el movimiento.

Fue Isaac Newton (1643-1727), científico y matemático inglés, quien observó cuidadosamente el efecto de las fuerzas y formuló las denominadas “leyes de la dinámica”, en las cuales expuso los principios sobre los que se fundamenta el estudio de las fuerzas.

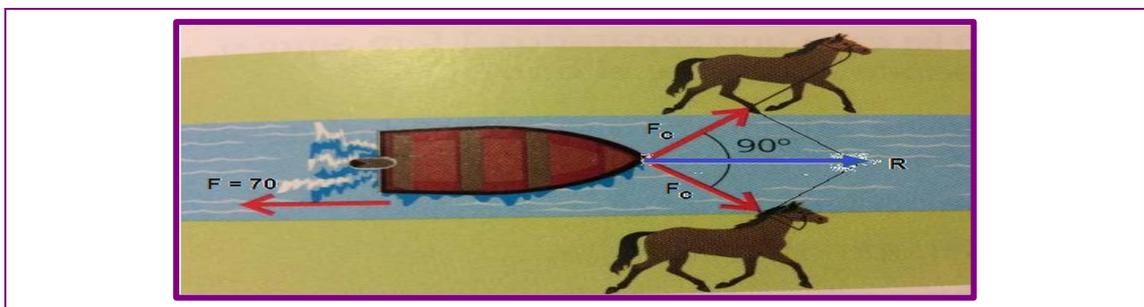
#### Primer principio. Principio de inercia

Todo cuerpo permanece en estado de reposo o con movimiento uniforme si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es nula.

Recuerde que un movimiento uniforme implica que la velocidad no cambia, es decir, que no hay aceleración. Podemos ilustrar esto con un ejemplo:

**Ejemplo 1:** una balsa de madera es remolcada a lo largo de un canal por dos caballos que tiran de ella mediante cuerdas desde cada lado. Suponiendo que los dos caballos ejercen la misma fuerza, que las fuerzas son perpendiculares entre sí y que la fuerza que la corriente del agua ejerce sobre la balsa en sentido contrario es de 70, calcule la fuerza con la que debe tirar cada caballo para que la balsa se mueva con MRU.

La situación es la que se representa en la figura:



Cada caballo tira con una fuerza  $F_c$ , que son perpendiculares entre sí, luego, podemos calcular la resultante  $R$  aplicando el teorema de Pitágoras:  $R^2 = F_c^2 + F_c^2$ . De este modo tendremos que:

$$R = \sqrt{F_c^2 + F_c^2} = \sqrt{2F_c^2} = F_c \sqrt{2}$$

Según el primer principio, para que haya MRU o aceleración nula, la suma de las fuerzas tiene que ser cero. Así que,  $70 + R = 0$ , de donde queda:

$$70 = F_c \sqrt{2} \quad \text{de donde se desprende que} \quad F_c = \frac{70}{\sqrt{2}}$$

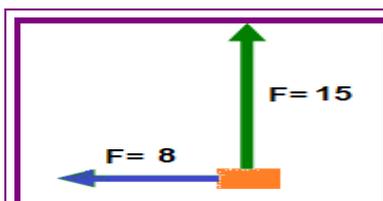
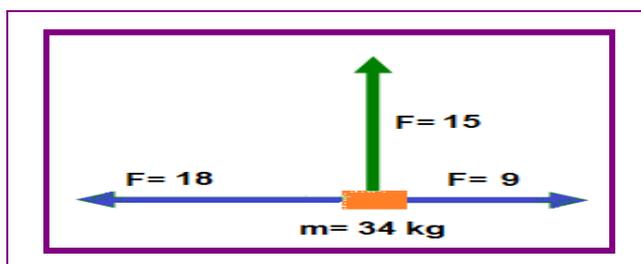
## Segundo principio. Principio fundamental de la dinámica o de acción de masas

La aceleración que adquiere un cuerpo es directamente proporcional a la intensidad de la fuerza que la produce:

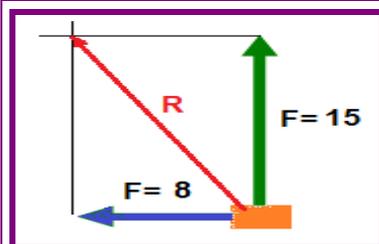
$$\sum F = m \cdot a$$

Fíjese en que la constante de proporcionalidad en esta ecuación es la masa, así que la masa de un cuerpo es la que nos cuantifica la inercia que tendrá ese cuerpo. Por eso, en ocasiones se llama masa inercial. Hemos puesto un sumatorio para indicar que debemos sumar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y además calcular la resultante de manera vectorial.

**Ejemplo 2:** en la figura se muestra una masa de 34 kg sometida a diferentes fuerzas. Determine la aceleración que adquiere e indique gráficamente hacia donde se moverá.



En primer lugar, componemos las fuerzas que son horizontales y de sentidos contrarios. Nos queda una fuerza que tira hacia la izquierda y de valor 8. Observamos, además, que las dos fuerzas que quedan son perpendiculares, así que podemos aplicar el teorema de Pitágoras.



Aplicando la regla del paralelogramo, podemos trazar la resultante. Así, ya sabemos hacia donde se moverá la masa. Si aplicamos el teorema de Pitágoras:

$$R = \sqrt{15^2 + 8^2} = 17$$

Aplicando el segundo principio, queda:

$$F = m \cdot a \leftrightarrow 17 = 34 \cdot a \leftrightarrow a = \frac{17}{34} = 0,5 \frac{m}{s^2}$$

**Unidad de la fuerza:** podemos observar que el segundo principio nos proporciona una fórmula para la fuerza. En consecuencia, podemos deducir a partir de ella sus unidades.

En el sistema internacional de unidades (SI) la masa se mide en kilogramos y la aceleración en metros por segundo, así:

$F = m \cdot a$ , las unidades de fuerza serán  $\text{kg m/s}^2$ . Se decidió ponerles nombre a estas unidades y, para homenajear al padre de la dinámica, se les puso newton; se representan con la letra mayúscula N por la primera inicial de su apellido.

Otro sistema de unidades es el CGS, que utiliza el centímetro, el gramo y el segundo, de ahí su nombre. Las fuerzas nos quedarían como  $\text{g cm/s}^2$  y se denominó "dina". De ahí que el aparato para medir las fuerzas se llame dinamómetro.

A partir de ahora ya podemos ponerles unidades a nuestras fuerzas.

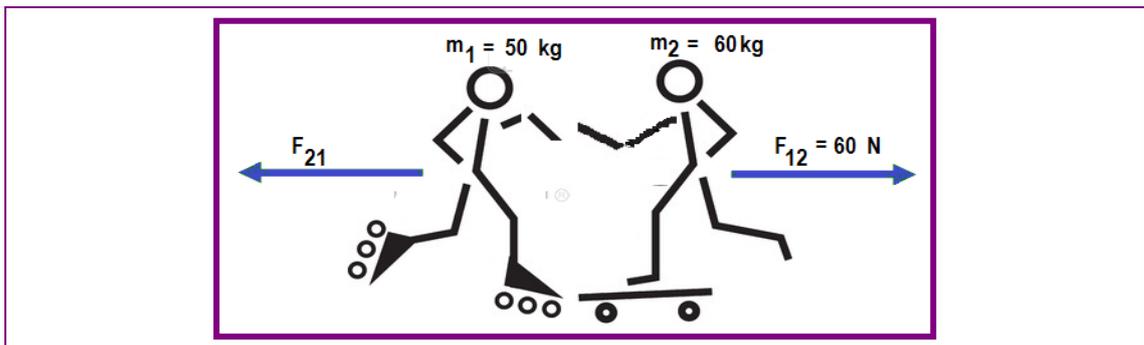
### Tercer principio. Principio de acción y reacción

Si un cuerpo "A" ejerce una fuerza sobre otro "B" (acción), este ejerce sobre el primero otra fuerza de igual valor y en la misma dirección, pero de sentido contrario (reacción).

Esta ley da respuesta a lo que sucede cuando empujamos una pared, por ejemplo. En principio, no sucede nada, somos incapaces de mover la pared. Pero ¿qué ocurriría si hacemos lo mismo, pero esta vez montados sobre unos patines? En este caso veríamos como nos desplazamos hacia atrás. Sentimos como es la pared la que nos empuja a nosotros.

En definitiva, siempre que se aplique una fuerza, existirá una fuerza igual y de sentido contrario llamada reacción.

**Ejemplo 3:** dos amigas, una de masa 50 kg y la otra de 60 kg, están jugando sobre patines. La primera empuja a la segunda con una fuerza de 60 N. Determine la aceleración que adquiere cada una.



La fuerza  $F_{12}$  es la que la niña 1 ejerce sobre la niña 2 de 60 N. La fuerza  $F_{21}$  será la fuerza de reacción y es la que la niña 2 ejerce sobre la niña 1, igual y de sentido contrario,  $F_{21} = -60\text{N}$ .

Por lo que, si aplicamos la 2.ª ley de Newton a cada niña, tenemos:

Niña 2:  $F = m \cdot a$  ;  $F_{12} = m_2 a_2$  ;  $60 = 60 \cdot a_2$  ;  $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$

Niña 1:  $F = m \cdot a$  ;  $F_{21} = m_1 a_1$  ;  $-60 = 50 \cdot a_1$  ;  $a_1 = -1,2 \text{ m/s}^2$  y, además, esta niña se mueve en sentido contrario a la otra.

### 2.3.3 Tipos de fuerzas

A partir de los principios de Newton podemos analizar el comportamiento de situaciones donde actúen fuerzas y predecir su movimiento. Veamos ahora que tipos de fuerzas podemos encontrar en situaciones cotidianas.

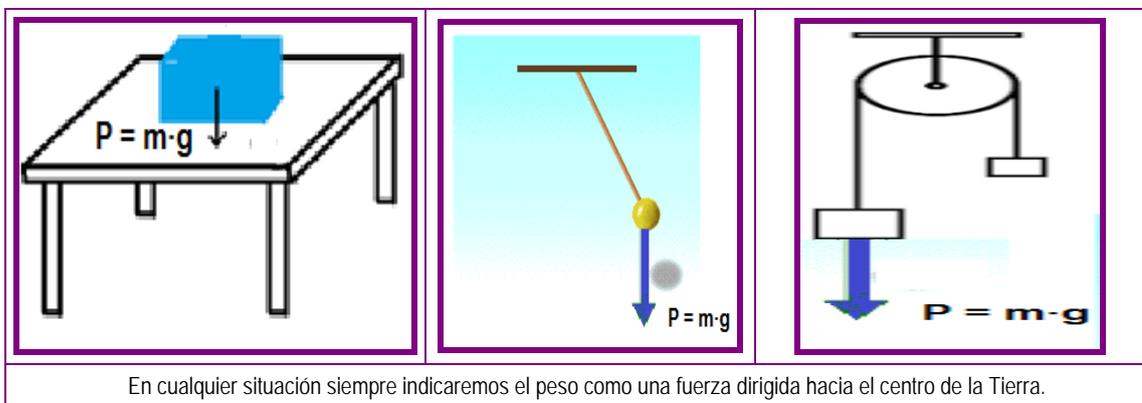
#### El peso

Es la fuerza con la que la Tierra atrae los cuerpos.

Como ya hemos visto antes, al analizar la caída libre, la Tierra atrae los cuerpos imprimiéndoles una aceleración que denotamos con la letra “g” y de valor  $9,8 \text{ m/s}^2$ , luego, el peso lo definiremos aplicando la 2.ª ley de Newton como:

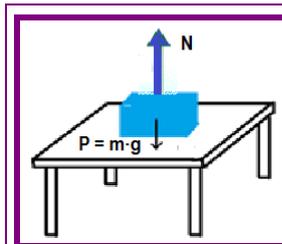
$$F = m \cdot a \text{ con } a = g \text{ y llamándole } P \text{ a } F \text{ tenemos que } P = m \cdot g.$$

A partir de su definición se deduce que el peso siempre será una fuerza ejercida hacia el centro de la Tierra.



#### La normal

Veamos la situación de la primera figura del cuadro anterior. Cuando depositamos un objeto sobre una mesa, hay una fuerza aplicada sobre el objeto que es el peso. En ese caso, y conforme al principio segundo,  $F = m \cdot a$ , el objeto debería moverse, tiene que tener una aceleración “a”, sin embargo, permanece quieto. Realmente lo que está sucediendo es que



En este caso, la *normal* será igual y de sentido contrario al peso, así ambas fuerzas se equilibran y el objeto no se mueve.

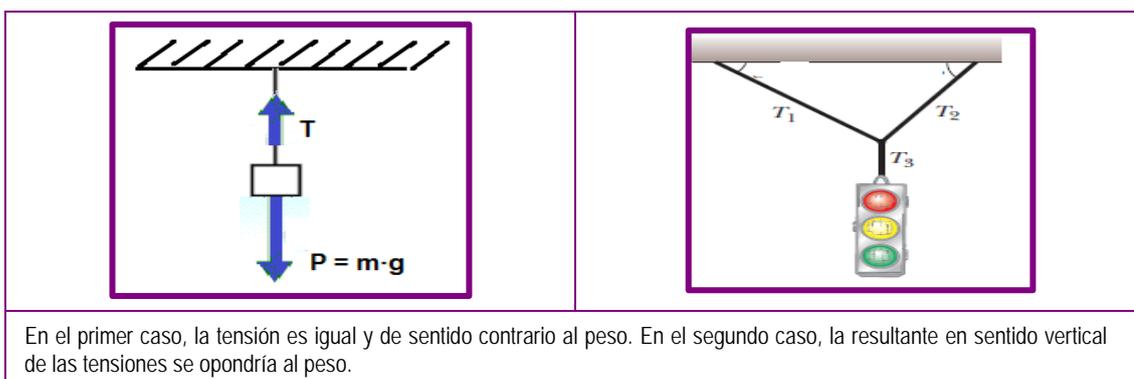
$$N = m \cdot g$$

efectivamente el objeto realiza una fuerza igual al peso  $P = m \cdot g$ , pero según el tercer principio, la mesa ejerce una fuerza igual y de sentido contrario sobre el objeto, a esa fuerza la llamamos *fuerza normal* ya que siempre es perpendicular al objeto sobre el cual se aplica.

## La tensión

En ocasiones, el objeto no está sobre una superficie, sino que es un cable el que lo soporta. Tendríamos que hacernos la misma pregunta, si el objeto está sometido a la fuerza de su peso, ¿por qué no cae? En este caso, la fuerza igual y de sentido contrario que soporta el peso la llamamos *tensión  $T$  del cable*.

En cualquier situación donde un objeto sea arrastrado por una cuerda, esta producirá una tensión igual y de sentido contrario a la fuerza de arrastre. Además, debemos tener siempre presente que la tensión es la misma en todos los puntos de la cuerda.



## El rozamiento

Fuerza de rozamiento: es la fuerza de fricción entre dos superficies que están en contacto. Además, siempre se opone al movimiento, es decir, siempre la dibujaremos en la misma dirección pero de sentido contrario al movimiento.

La fuerza de rozamiento depende de la naturaleza de las superficies que están en contacto. No es lo mismo que sean suaves y pulidas como cristales o que sean rugosas como piedras. También depende de la fuerza que haya entre la superficie de apoyo y el objeto, que como acabamos de ver es la fuerza normal  $N$ .

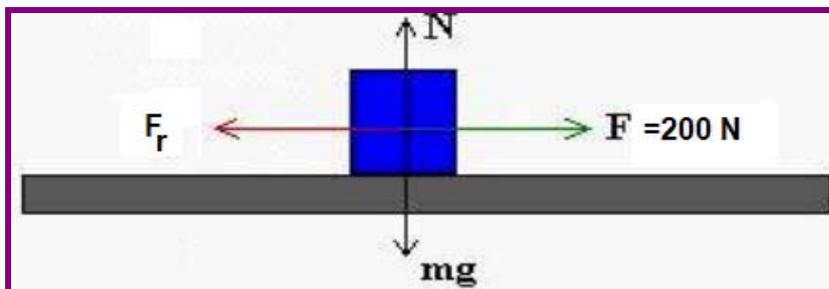
La naturaleza entre superficies se expresa a través de un factor calculado de forma experimental para cada una de ellas que llamaremos *coeficiente de rozamiento* y que denotaremos con la letra griega " $\mu$ ". Por lo tanto:

$$F_r = \mu \cdot N$$

El coeficiente de rozamiento,  $\mu$ , puede ser de dos tipos: estático o dinámico. No es lo mismo la fricción existente entre dos superficies cuando están en reposo (estáticas), no se mueven y comenzamos a empujar de ellas, que cuando ya se están moviendo y las arrastramos para continuar su movimiento (dinámico). De manera general, esta cantidad suele facilitarse en los problemas (salvo si nos dan todos los datos del problema para poder obtenerlo) y su valor puede ir de 0 a 1.

## Actividad resuelta

Arrastramos un baúl de masa 50 kg ejerciendo una fuerza de 200 N. Si el coeficiente de rozamiento entre el baúl y el suelo es de 0,2, determine la aceleración que adquiere el baúl.



En el esquema se representan todas las fuerzas que actúan. En este caso vemos que tenemos fuerzas verticales (la normal y el peso según el eje Y) y fuerzas horizontales (la de impulso de 200 N y la fuerza de rozamiento en sentido contrario), así que, aplicando el 2.º principio de Newton para cada eje:

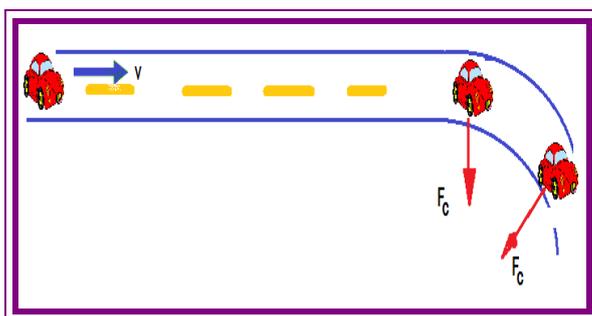
Eje Y: en este sentido no hay movimiento así,  $a = 0$ ,  $\Sigma F = m \cdot a$  queda  $N - m \cdot g = m \cdot 0$  de donde  $N = m \cdot g = 50 \cdot 9,8 = 490$  N.

Eje X: en este sí que tenemos movimiento, así,  $\Sigma F = m \cdot a$  queda  $F - Fr = m \cdot a$  y además sabemos que  $Fr = \mu \cdot N = 0,2 \cdot 490 = 98$  N.

Por lo tanto, para el eje X,  $200 \text{ N} - 98 \text{ N} = 50 \text{ kg} \cdot a$ , de aquí despejamos y queda:  $a = 2,04 \text{ m/s}^2$ .

## La fuerza centrífuga

Según el primer principio de la dinámica, si sobre un objeto no actúa ninguna fuerza, permanecerá en movimiento MRU, en línea recta o parado. Así que, si un móvil va en



línea recta y queremos que haga una curva, no tenemos más remedio que aplicar una fuerza que será perpendicular a la velocidad que lleva el móvil, a la que llamaremos *fuerza centrípeta*.

Por el segundo principio,  $F = m \cdot a$ , la fuerza centrípeta podemos escribirla como  $F_c = m \cdot a_c$ , donde  $a_c$  es la aceleración centrípeta y se puede demostrar que es igual al cuadrado de la velocidad dividido por el radio de la curva que haga el móvil, R.

$$F_c = \frac{v^2}{R}$$

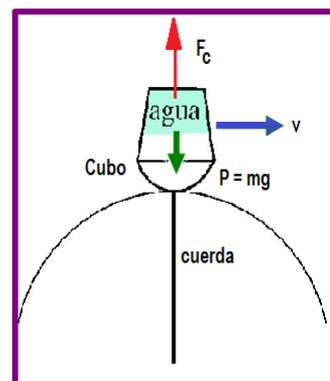
Esta fuerza centrípeta está dirigida siempre hacia el interior de la curva. No obstante, por el tercer principio de la dinámica, si vamos dentro del coche, notaremos una fuerza igual y de sentido contrario que nos empuja hacia fuera de la curva, a la que llamaremos *fuerza centrífuga*.

## Actividad resuelta

¿A qué velocidad tendremos que hacer girar verticalmente un cubo que contiene 2 kg de agua y está atado a una cuerda de un metro de longitud para que no se vierta el agua?

La velocidad mínima que tiene que llevar el caldero para que no caiga el agua debe ser tal que el peso de esta se equilibre con la fuerza centrífuga que hace que el agua se pegue al caldero, luego:

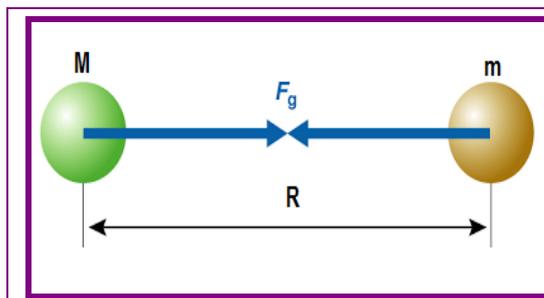
$$F_c = \frac{v^2}{R} \quad \text{tiene que ser igual a} \quad P = m \cdot g$$
$$\frac{v^2}{R} = m \cdot g \rightarrow v = \sqrt{R \cdot m \cdot g} = \sqrt{1 \cdot 2 \cdot 9,8} =$$
$$= 4,43 \frac{m}{s} = 15,9 \frac{km}{h}$$



## Interacciones a distancia: la fuerza de la gravedad y la fuerza eléctrica

### Ley de gravitación universal. Fuerza de la gravedad

Cuando Newton observó la caída de una manzana se le ocurrió pensar que el fenómeno se debía a que, en realidad, la masa de la manzana estaba siendo atraída por la masa de la Tierra. Es decir, las masas se atraen. Después de muchas vueltas encontró una expresión matemática para esta fuerza de atracción:



$$F_g = G \frac{M \cdot m}{R^2}$$

R = distancias medidas entre los centros de las masas.  
M = masa mayor.  
m = masa menor.  
G = constante de gravitación universal, vale para todos los planetas =  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

Recuerde que las fuerzas son vectores y, por lo tanto, deben tener módulo, dirección y sentido. El módulo viene dado por la fórmula que acabamos de ver, la dirección será siempre la de la línea que une ambas masas y el sentido de una masa hacia la otra es siempre de atracción.

Evidentemente, por la tercera ley de Newton siempre será igual la fuerza de la masa M sobre la masa m que la de la masa m sobre la M, aunque irán en sentidos contrarios.

### Actividad resuelta

Sabiendo que la masa de la Tierra es de  $5,9 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  y que su radio es de  $R = 6340 \text{ km}$ , aproximadamente, halle el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra.

Por el segundo principio de la dinámica,  $F = m \cdot a$ , luego, de la expresión anterior:

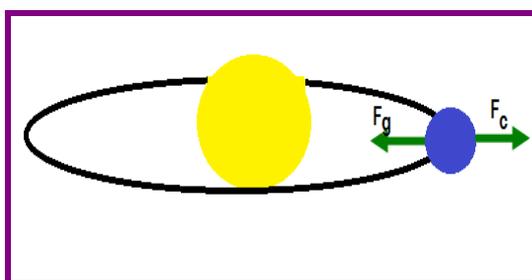
$$m \cdot a = F = G \frac{M \cdot m}{R^2} \quad \text{los } m \text{ se simplifican y quedan} \quad a = G \frac{M}{R^2}.$$

Substituyendo los datos y poniendo R en metros:

$$g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,9 \cdot 10^{24}}{6340000^2} = 9,79 \frac{m}{s^2}$$

### Actividad resuelta

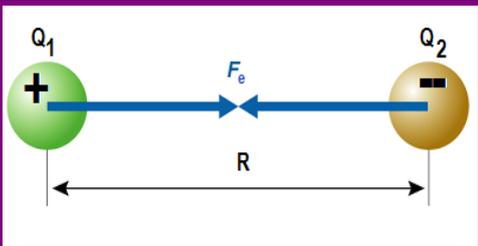
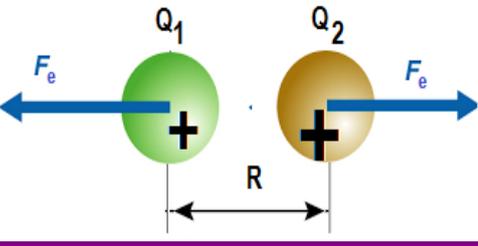
Podemos pensar ahora por qué los planetas no caen hacia el Sol, ya que son atraídos por su enorme fuerza de la gravedad. La respuesta la encontramos observando que los planetas están girando alrededor del Sol, por lo tanto, generan una fuerza centrífuga que se opone a la fuerza de atracción del Sol. Igualando la fuerza de atracción de la gravedad a la fuerza centrífuga, podemos determinar la velocidad de giro de un planeta, o bien el radio de su órbita.



$$F = G \frac{M \cdot m}{R^2} \quad \text{igualándolas} \quad F_c = m \frac{v^2}{R} \quad \text{tenemos:} \quad m \frac{v^2}{R} = G \frac{M \cdot m}{R^2}$$

### Ley de Coulomb. Fuerza eléctrica

De igual manera que Newton observó que las masas se atraen, Coulomb, experimentando con cargas eléctricas, observó que, si estas son de distinto signo, se atraen y, si son del mismo signo, se repelen. A través de sus experiencias encontró una expresión para esta fuerza muy similar a la ley de gravitación universal:

	$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>Q_1</math> y <math>Q_2</math> son las cargas medidas en coulombs, cada una con su respectivo signo.</li> <li>▪ <math>R</math> es la distancia entre los centros de cada carga.</li> <li>▪ <math>K</math> es la constante dieléctrica del medio. Si se toma el vacío como el medio donde están las cargas, su valor es de <math>9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2</math>.</li> </ul>
<p>Cargas de distinto signo se atraen</p>	
	
<p>Cargas de igual signo se repelen</p>	

El valor o intensidad de la fuerza viene dado por la fórmula, la dirección será la de la línea que une ambas cargas y el sentido será de atracción o repulsión dependiendo del signo de las cargas.

### Actividad resuelta

a) Calcule las fuerzas con las que se atraen dos cargas colocadas en el vacío, una de  $0,5 \mu\text{C}$  y la otra de  $0,2 \mu\text{C}$ , si están separadas por  $5 \text{ cm}$  de distancia.

b) Calcule la distancia a la que tienen que estar dos cargas en el vacío, una de  $1,5 \text{ C}$  y otra de  $0,2 \text{ C}$ , para que se repelan con una fuerza de  $2700 \text{ N}$ .

a) Aplicamos directamente la ley de Coulomb. Debemos tener cuidado con las unidades  $1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$  y los  $50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ . Si la fuerza es de atracción, una de las cargas será negativa y la otra positiva, pero eso no es necesario tenerlo en cuenta en la fórmula, ya que indicamos que la fuerza es de atracción.

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2} \quad F = 9 \cdot 10^9 \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}}{0,05^2} = 0,36 \text{ N}$$

b) Aplicamos de nuevo la ley de Coulomb:

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2}$$

$$2700 = 9 \cdot 10^9 \frac{1,5 \cdot 0,2}{R^2} \rightarrow R = \sqrt{9 \cdot 10^9 \frac{1,5 \cdot 0,2}{2700}} = 1000 \text{ m}$$

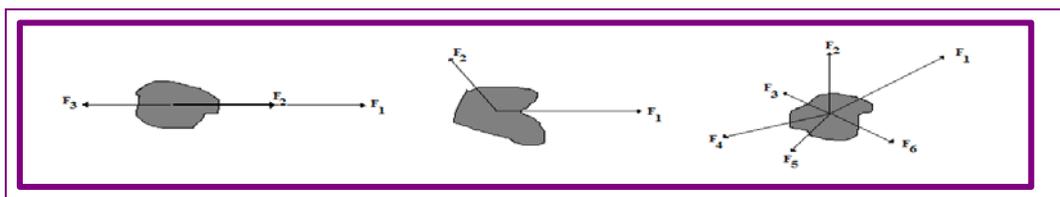
## Actividades propuestas

S16. Al estirar un resorte aplicándole diversas fuerzas se han obtenido los siguientes resultados:

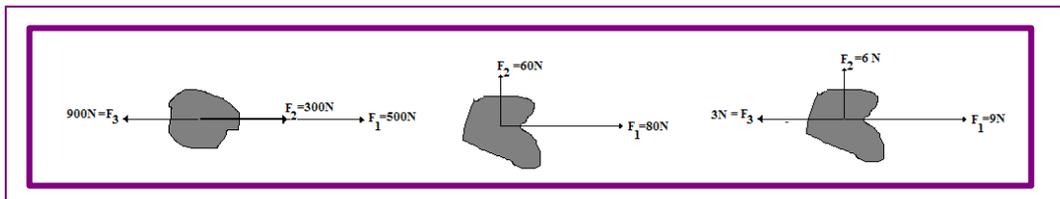
▪ Fuerza	1 N	2 N	3 N		5 N
▪ Alargamiento	2 cm	4 cm		8 cm	10 cm

Complete los datos que faltan en la tabla, represente los datos gráficamente y determine el valor de la constante elástica del resorte.

S17. Dibuje la resultante e indique hacia dónde se moverá el objeto en las siguientes situaciones:



S18. Determine el valor numérico de cada una de las resultantes en las siguientes situaciones, dibújelas indicando su dirección y sentido.



S19. Sobre un cuerpo de 4 kg de masa inicialmente en reposo actúa una fuerza constante de 100 N:

- la) ¿Qué aceleración adquiere?
- b) ¿Qué distancia recorrerá en 5 s?
- c) ¿Cuál será su velocidad al cabo de ese tiempo?
- d) ¿Qué habría que hacer para que el cuerpo, al cabo de esos 5 segundos, siguiese con la misma velocidad?

S20. Dos personas provistas de patines y con pesos de 70 kg y 90 kg patinan sobre una pista de hielo. Si una de ellas empuja a la otra con una fuerza de 210 N, ¿qué aceleración adquiere cada una de ellas?

S21. Arrastramos una masa de 20 kg tirando de ella con una fuerza de 200 N en sentido horizontal. Si el coeficiente de rozamiento,  $\mu$ , entre el suelo y la masa es de 0,2, ¿qué aceleración adquirirá la masa? ¿Qué velocidad tendrá al cabo de 20 s?

- S22. Estamos en la playa y hacemos girar un cubo de 1 l totalmente lleno de agua. Si despreciamos el peso del cubo de plástico y nuestro brazo mide 70 cm, ¿a qué velocidad debemos hacer girar el brazo verticalmente para que el agua que contiene el cubo no caiga cuando va por el punto más alto de la trayectoria? Recuerde que la densidad del agua es de  $1 \text{ g/cm}^3$ .
- S23. Un coche de 1000 kg de masa coge una curva sin peralte de radio  $R = 300\text{m}$ . ¿Qué fuerza de rozamiento debe darse entre la carretera y los neumáticos cuando el coche lleva una velocidad de 72 km/h para que el vehículo no salga de la pista?
- S24. ¿Cuánto pesaría en la Luna un individuo cuya masa es de 80 Kg? La masa de la Tierra es 100 veces la de la Luna y el radio de esta es la cuarta parte del terrestre (datos:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ).
- S25. Para que un cohete de 6000 kg despegue verticalmente debe tener una aceleración de  $12 \text{ m/s}^2$ . Suponiendo despreciable el rozamiento contra el aire, calcule cuánta fuerza tienen que hacer los motores del cohete en el lanzamiento.

## 2.4 Máquinas simples y mecanismos de transmisión y transformación del movimiento

### 2.4.1 Tipos de mecanismos

Las máquinas o mecanismos son dispositivos, o conjuntos de piezas, que transforman una fuerza aplicada (inicial) en otra resultante (final) y, al mismo tiempo, consiguen algunos de los siguientes efectos: variar la intensidad de las fuerzas transmitidas, modificar su dirección o transformar un tipo de energía en otro tipo.

Llamamos operadores mecánicos a los elementos que permiten transformar los movimientos motores en movimientos útiles que responden a la función para la que han sido diseñados. Actúan sobre los movimientos y las fuerzas y pueden realizar numerosas funciones sobre ellas: transmitir las, transformarlas, variar su velocidad, dirigir las, absorber energía, etc.

De los operadores mecánicos estudiaremos las máquinas simples y los mecanismos de transmisión y de transformación de los movimientos.

– *Máquinas simples*: transmiten fuerza producida por un elemento motriz a otro punto, venciendo una resistencia. Entre ellas veremos: la palanca, el plano inclinado, la cuña, el tornillo, la polea y el polipasto.

– *Mecanismos de transmisión*: transmiten movimientos de forma circular como los sistemas de poleas con correa, los sistemas de engranajes y el tornillo sin fin.

– *Mecanismos de transformación*: transforman entre sí movimientos rectilíneos y circulares. Son ejemplos de estos mecanismos: la polea-manivela, el piñón-cremallera, el tornillo-tuerca, etc.

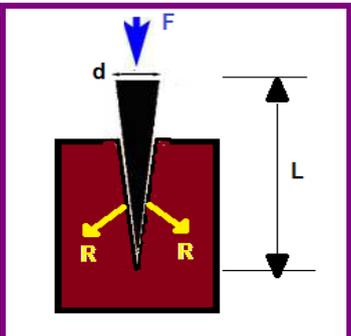
Diferenciaremos entre máquinas simples y compuestas según su función sea realizada en un solo paso o en varios.

## 2.4.2 Máquinas simples

### La cuña

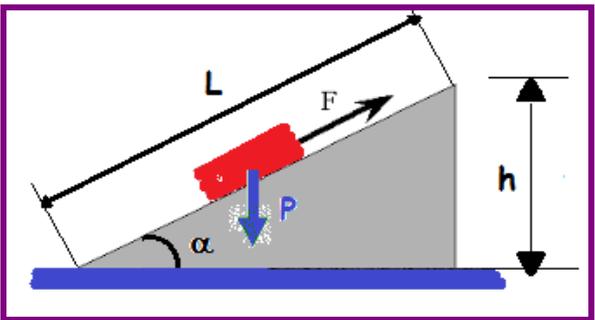
Una cuña suele usarse para partir algo, aunque también se puede emplear para abrir cosas o incluso levantarlas.

El funcionamiento de una cuña es idéntico al de un hacha:

	<p>Elementos de la cuña:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>F es la fuerza motriz.</li><li>d es el desplazamiento de la cuña.</li><li>L es la longitud de la cuña.</li><li>R es la resistencia del material.</li></ul> <p>La fuerza motriz F se reparte en dos fuerzas perpendiculares a los planos de la cuña que vence la resistencia del material.</p> <p>La ley que da su comportamiento podría ser:</p> $F \cdot L = R \cdot d$
---	---

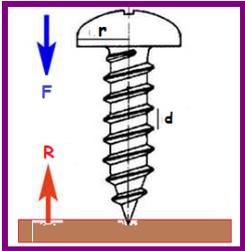
### El plano inclinado

Es uno de los sistemas más sencillos que sirve para elevar un objeto a cierta altura.

	<p>Elementos del plano inclinado:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>L longitud.</li><li>F fuerza motriz.</li><li>P peso del objeto.</li><li>h altura.</li></ul> <p>La ley que da su comportamiento es:</p> $F \cdot L = P \cdot h$
---	--

## El tornillo

El tornillo puede considerarse otra variante del plano inclinado en la que la pendiente se enrosca alrededor de un cilindro central. Cuando un tornillo penetra en un objeto, tiene que girar muchas veces para avanzar un poco, pero penetra con más fuerza que la que se ha utilizado para girarlo.

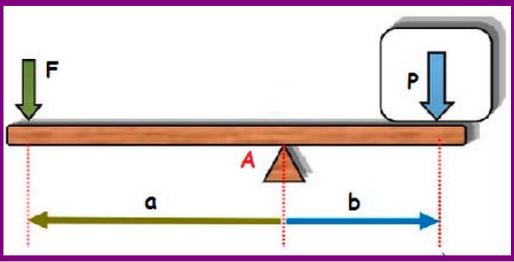
	<p>Elementos del tornillo:</p> <p>F es fuerza motriz ejercida sobre la cabeza. r es el radio de la cabeza. d es el paso de rosca, distancia entre filetes. R es la resistencia del material.</p> <p>La ley que da su comportamiento es:</p> $F \cdot r = R \cdot d$
---	---

## La palanca

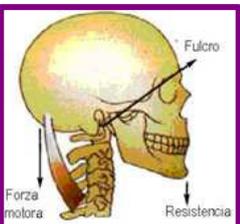
La palanca es una barra rígida que puede girar alrededor de un *punto de apoyo* o *fulcro* cuando se le aplica una fuerza para vencer una resistencia.

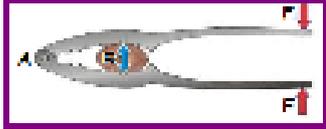
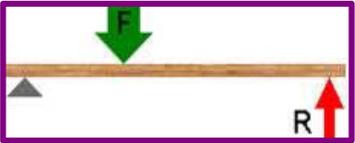
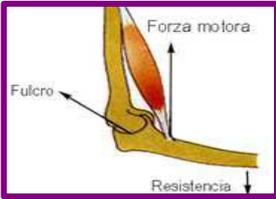
La palanca puede emplearse para:

- Modificar la intensidad de una fuerza. En este caso podemos vencer grandes resistencias aplicando pequeñas potencias.
- Modificar la amplitud y el sentido de un movimiento. De este modo podemos conseguir grandes desplazamientos de la resistencia con pequeños desplazamientos de la potencia.

	<p>Elementos de una palanca:</p> <p>F es la fuerza motriz aplicada. P es el peso o fuerza de resistencia. A es el punto de apoyo o fulcro. a es la distancia del fulcro al punto donde se ejerce la fuerza. b es la distancia del fulcro al punto donde está la resistencia.</p> <p>Así:</p> $F \cdot a = P \cdot b$
---	--

Dependiendo de la situación del fulcro se distinguen tres clases de palancas:

1.ª clase		
		
<p>El fulcro está situado entre la fuerza y la resistencia.</p>		

2.ª clase		
 <p>El fulcro está situado antes de la resistencia y después de la fuerza motriz.</p>		
3ª clase		
 <p>Primero va el fulcro, después la fuerza motriz y después la resistencia.</p>		

### Actividad resuelta

Tenemos una carretilla con la carga de 100 kg situada a 70 cm de la rueda y las empuñaduras para levantarla a 2 m de la rueda. ¿Cuál es la fuerza con la que habrá que tirar hacia arriba para levantarla?



Una carretilla es una palanca del tipo dos. Si aplicamos la ley de la palanca:

$$F \cdot a = P \cdot b$$

Teniendo en cuenta que  $P = m \cdot g = 100 \cdot 9,8 = 980 \text{ N}$  y pasando todas las unidades al SI  $70 \text{ cm} = 0,7 \text{ m}$  tenemos:

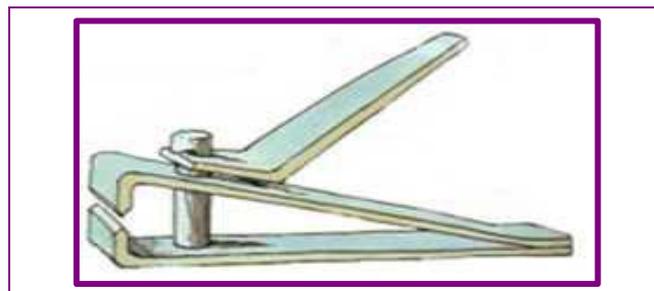
$F \cdot 2 = 980 \cdot 0,7$  por lo tanto,  $F = 343 \text{ N}$ , fuerza más o menos equivalente a levantar una masa de 34 kg.

### Actividades propuestas

- S26. Una carreta de masa despreciable mide 1 m de largo y está cargando unos libros cuya masa es de 20 kg. ¿Cuál es la distancia que hay entre el punto de apoyo y la carga si la fuerza que se aplica para elevarla es de 100 N?
- S27. Clasifique los siguientes objetos en palancas de primera, de segunda o de tercera clase.



- S28. Se desea subir un objeto de 3000 N de peso hasta una altura de 1 metro sobre el suelo. Diseñe un plano inclinado de manera que no se tenga que aplicar para moverlo una fuerza superior a 500 N.
- S29. Dos niños se sientan en un balancín. Uno pesa tres veces más que el otro. ¿Dónde se debe colocar el que pesa menos para que ambos puedan columpiarse?
- S30. Un cortaúñas es una ingeniosa herramienta que resulta de combinar dos tipos de palancas. Identifique su clase, márquelas en el dibujo y sitúe en cada palanca el F, el R y el fulcro.



### La polea

Una polea es una rueda con una hendidura sujeta a un punto fijo por la que pasa una cuerda.

Antes comentamos cómo se transmite la tensión a lo largo de todos los puntos de una cuerda, así pues, la fuerza ejercida en un extremo se transmite por igual al otro extremo de la cuerda, lo que nos permite aplicar la misma fuerza, pero en este caso en sentido contrario.

TIPOS DE POLEAS	
	<p><b>Polea fija:</b>            La fuerza se transforma en tensión, que se transmite a lo largo de toda la cuerda y vence la resistencia, en este caso el peso.            La ley en una polea simple es la misma que en una palanca:            Si <math>r</math> es el radio de la rueda en la polea, entonces:  <math display="block">F \cdot r = P \cdot r</math>            Simplificando los <math>r</math>:  <math display="block">F = P</math>            Así pues, en una polea simple la única ventaja mecánica es sencillamente mudar de dirección la fuerza aplicada.</p>
<p><i>Polea simple fija</i></p>	

	<p><b>Polea móvil:</b></p> <p>La polea móvil es un conjunto formado por dos poleas. Una de ellas está fija, mientras la otra puede desplazarse linealmente al subir y bajar la carga.</p> <p>La ley para este tipo de polea es: <math>F = \frac{P}{2}</math></p> <p>Este tipo de poleas permite elevar cargas con la mitad del esfuerzo (con una fuerza aplicada F menor).</p>
	<p><b>Polipasto:</b></p> <p>Es un tipo especial de montaje de poleas fijas y móviles. Consta de un número par de poleas de las que la mitad son fijas y la otra mitad móviles.</p> <p>La ley para este tipo de polea es: <math>F = \frac{P}{2^n}</math></p> <p>Donde n es el número de poleas móviles que contiene.</p> <p>Esto permite elevar grandes cargas con la aplicación de fuerzas limitadas, por lo que tienen gran aplicación (grúas, elevadores, etc.)</p>

### 2.4.3 Mecanismos de transmisión del movimiento

En los elementos mecánicos podemos observar tres tipos de movimientos: *movimiento circular o rotatorio* (como el que tiene una rueda), *movimiento lineal* (es decir, en línea recta y de forma continua) y *movimiento alternativo* (es un movimiento de ida y vuelta, de vaivén, como el de un péndulo).

Los mecanismos de transmisión son aquellos en los que el elemento motriz (o de entrada) y el elemento conducido (o de salida) poseen el mismo tipo de movimiento.

#### La relación de transmisión

Es la relación entre la velocidad de giro en el eje de salida (rueda conducida) y en el eje de entrada (rueda motriz) del sistema mecánico.

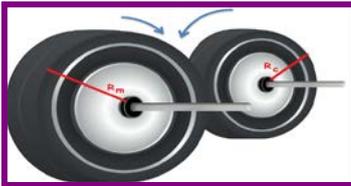
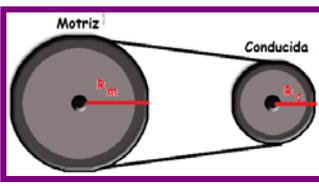
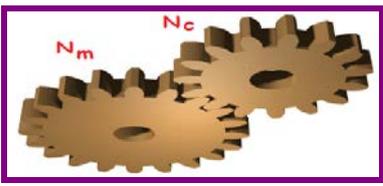
Esta velocidad de giro viene dada por la velocidad angular de cada uno de los elementos del dispositivo. Como ambos giran al mismo tiempo, se puede sustituir por el número de vueltas.

$$i = \frac{n_c}{n_m}$$

Si la relación de transmisión es mayor que 1, se trata de un mecanismo que **incrementa la velocidad**. Es un mecanismo **multiplicador**.

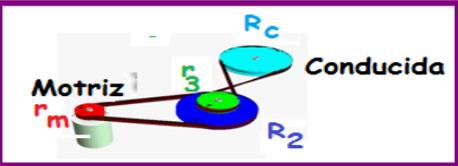
Si la relación de transmisión es menor que 1, el mecanismo **reduce la velocidad**. Es un mecanismo **reductor**.

Si la relación de transmisión es **1**, el mecanismo ni aumenta ni reduce la velocidad, solo transmite el movimiento. Es un mecanismo **igualador**.

Tipos de mecanismos de transmisión.		
Ruedas de fricción	Sistema polea-correa	Ruedas dentadas (engranajes)
		
<p>La relación de transmisión se puede poner en función de los radios de cada rueda:</p> $i = \frac{R_m}{R_c}$ <p>Son muy silenciosas, pero sufren más desgaste y pueden patinar. Una rueda gira en sentido contrario a la otra.</p>	<p>La relación de transmisión se puede poner en función de los radios de cada rueda:</p> $i = \frac{R_m}{R_c}$ <p>La transmisión es casi total, del 95 %, suelen ser más económicas. Una rueda gira en el mismo sentido que la otra.</p>	<p>La relación de transmisión se puede poner en función de los números de dientes de cada rueda.</p> $i = \frac{N_m}{N_c}$ <p>No se deslizan, transmiten gran potencia, tienen un gran rendimiento, son más costosas y producen mucho ruido. Una rueda gira en sentido contrario a la otra.</p>

### Actividad resuelta

¿En qué sentido girará la rueda conducida del dibujo con respecto a la rueda motriz si los radios de cada una de las ruedas son  $r_m = 2 \text{ cm}$ ,  $R_2 = 6 \text{ cm}$ ,  $r_3 = 4 \text{ cm}$  y  $R_c = 8 \text{ cm}$  y la rueda motriz gira a 3000 rpm? ¿Cuál será la velocidad de la rueda conducida? ¿Es un mecanismo multiplicador, reductor o igualador?



Si la rueda motriz gira en el sentido de las agujas del reloj, las ruedas de radios  $r_3$  y  $R_2$  girarán en la misma dirección. Como la rueda conducida está enlazada con la correa cruzada, esta girará en sentido contrario a las agujas del reloj.

Para la primera polea tenemos que la relación entre  $r_m$  y  $R_2$ :

$$i = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ como } i = \frac{n_c}{n_m} \text{ tenemos que } n_c = i \cdot n_m = \frac{1}{3} \cdot 3000 = 1000 \text{rpm}$$

Para el segundo paso, la relación entre  $r_3$  y  $R_c$ , tendremos: contando que  $r_3$  y  $R_2$  giran a la misma velocidad:

$$i = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ como } i = \frac{n_c}{n_m} \text{ tenemos que } n_c = i \cdot n_m = \frac{1}{2} \cdot 1000 = 500 \text{rpm}$$

Por lo tanto, tenemos un mecanismo reductor de velocidad que además cambia el sentido de giro.

### Actividades propuestas

- S31. Calcule la relación de transmisión de un sistema de poleas con correa sabiendo que la rueda motriz tiene 150 mm de diámetro y la rueda conducida 200 mm. ¿Se trata de un sistema multiplicador o reductor?
- S32. La rueda motriz de un sistema de engranajes tiene 36 dientes y gira a 200 rpm (revoluciones por minuto), en tanto que la rueda conducida tiene 144 dientes. Calcule la relación de transmisión del sistema y la velocidad de giro de la rueda conducida. ¿Se trata de un sistema multiplicador o reductor?

- S33. Se quiere transmitir movimiento, con el mismo sentido de giro, entre dos ejes paralelos situados a 60 cm de distancia. Para eso se emplean dos poleas, una motora de 15 cm de diámetro y que tiene el eje de entrada unido solidariamente a un motor eléctrico que gira a 1200 rpm, y una rueda conducida de 45 cm de diámetro. Calcule la relación de transmisión de velocidad y la velocidad de la rueda conducida.

#### 2.4.4 Mecanismos de transformación del movimiento

Los mecanismos de **transformación** son aquellos en los que el elemento motriz y el elemento conducido poseen distinto tipo de movimiento.

Algunos de estos mecanismos son: el conjunto piñón-cremallera, el torno, el tornillo sin fin-corona, la biela-manivela, el tornillo-tuerca, leva y excéntrica, el cigüeñal y también la cruz de Malta. A modo de ejemplos, mostraremos aquí solo los dos primeros, que transforman el movimiento circular en lineal y viceversa:

Tipos de mecanismos de transformación	
Piñón cremallera	Polea manivela (torno)
	
<p>Consiste en una rueda dentada con dientes rectos, llamada piñón, engrazada en una cremallera o barra dentada. Cuando la rueda dentada gira, la cremallera se desplaza con movimiento rectilíneo. Es un mecanismo reversible, de modo que también permite transformar el movimiento rectilíneo de la cremallera en un movimiento circular del piñón. Se utiliza en las direcciones de los automóviles, en los sacacorchos...</p>	<p>Consiste en una barra doblada (manivela) unida a un tambor tipo polea, que hace girar alrededor de su eje. La fuerza motriz necesaria para que el eje gire es menor que la que habría que aplicarle si la barra fuese recta. Se utiliza ampliamente para el levantamiento de cargas. Cumple también la ley de la palanca:</p> $F \cdot R = P \cdot r$

#### Actividades propuestas

Visite el siguiente sitio y analice los demás dispositivos de transformación del movimiento.

<https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contenido/index.html>

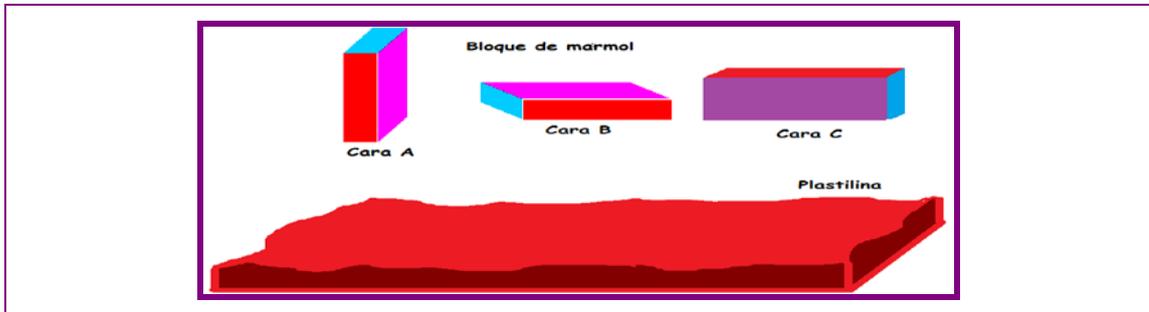
- S34. En un torno compuesto por un tambor de radio 10 cm y una manivela de  $b = 1$  m, ¿qué fuerza debemos de aplicar para mover una carga de 100 kg?

## 2.5 La presión. Presión atmosférica. Física de la atmósfera

### 2.5.1 La presión

#### Actividad práctica

Coja un trozo de plastilina y extiéndalo formando una capa de unos dos centímetros de espesor. Deje caer sobre ella un paralelepípedo de mármol, como el de la figura, siempre desde la misma altura y sobre cada una de sus caras.



¿Son todas las huellas de igual profundidad? ¿A qué cree que se debe la diferencia?

¿Qué ocurre si el prisma cae sobre uno de sus vértices?

Puede también hacerse las siguientes preguntas:

¿Por qué se afilan los cuchillos? ¿Por qué ponemos esquís para andar sobre la nieve? ¿Por qué el tren circula sobre raíles? ¿Por qué las puntas se clavan por la parte afilada?

Todas ellas tienen la misma respuesta. Una cosa es la fuerza que un cuerpo ejerce sobre otro y otra cosa es el efecto de esa fuerza. En nuestros ejemplos vemos claramente que el efecto de una fuerza sobre un objeto depende de la superficie de contacto.

Definimos presión como la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie:

$$p = \frac{F}{S}$$

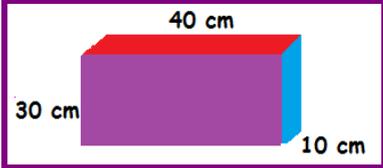
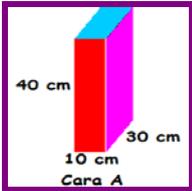
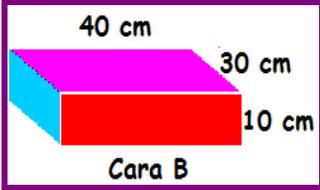
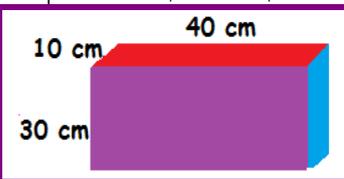
#### Unidades de la presión

En el sistema internacional de unidades la fuerza se mide en newtones y la superficie, como es lado por lado, se mide en metros cuadrados. Así, definimos el pascal como la unidad de presión en el SI que ejerce 1 N de fuerza sobre la superficie de 1 m<sup>2</sup>.

$$Pa = \frac{N}{m^2}$$

## Actividad resuelta

La densidad del mármol es de unos  $2700 \text{ kg/m}^3$  y tenemos un taco de dimensiones  $30 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ . Determine la presión que ejerce cuando un taco de mármol se apoya sobre cada una de sus caras.

	<p>Lo primero que tenemos que hacer es calcular la fuerza que ejercerá el taco (que será su peso), así que <math>F = m \cdot g</math>, pero además no tenemos la masa. Habrá que determinarla a partir de la densidad y del volumen del prisma <math>V = 0,4 \times 0,1 \times 0,3 = 0,012 \text{ m}^3</math>: pasado ya a metros para usar unidades del SI.</p> $d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V = 2700 \cdot 0,012 = 32,4 \text{ kg}$ <p>Por lo tanto, la fuerza que ejerce el bloque será:</p> $F = m \cdot g = 32,4 \cdot 9,8 = 317,52 \text{ N}$	
<p>Cara A: Superficie: <math>S = 0,1 \times 0,3 = 0,03 \text{ m}^2</math></p>  $p = \frac{317,52}{0,03} = 10584 \text{ Pa}$	<p>Cara B: Superficie: <math>S = 0,4 \times 0,3 = 0,12 \text{ m}^2</math></p>  $p = \frac{317,52}{0,12} = 2646 \text{ Pa}$	<p>Cara C: Superficie: <math>S = 0,4 \times 0,1 = 0,04 \text{ m}^2</math></p>  $p = \frac{317,52}{0,04} = 7938 \text{ Pa}$
<p>Vemos como la presión es mayor cuando se apoya sobre la superficie menor. En consecuencia, debería dejar mayor huella al dejarla caer sobre el bloque de plastilina con la cara A.</p>		

## Actividades propuestas

- S35. ¿Qué presión ejerce la punta de una aguja de una máquina de coser si es empujada con una fuerza de  $F = 5 \text{ N}$ ? Suponga que la aguja posee una sección de  $0,01 \text{ mm}^2$ . Calcule también el peso que tendría que tener un bloque de hierro apoyado sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$  para ejercer esa misma presión.
- S36. Obtenga la presión que ejerce un paralelepípedo de plata de densidad  $10,52 \text{ g/cm}^3$  y de aristas  $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 20 \text{ cm}$  y  $c = 5 \text{ cm}$  cuando se apoya sobre la cara mayor y cuando se apoya sobre la cara menor. ¿En qué caso ejerce mayor presión?

### 2.5.2 La presión atmosférica

Como todos sabemos, el aire es un fluido (un gas) mezcla de varios gases, en su mayor parte nitrógeno y oxígeno, con una densidad de  $1,29 \text{ kg/m}^3$  a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Esto quiere

decir que, por cada metro cúbico de aire que tenemos sobre nuestras cabezas, soportamos el peso de una masa de 1,29 kg. Tenemos que pensar, además, que la mayor parte del aire se concentra en las dos primeras capas de la atmósfera -la troposfera y la estratosfera- y una pequeña proporción en las dos últimas capas -la mesosfera y termosfera-. En consecuencia, sobre nuestras cabezas puede haber una capa de aire de entre 55 y 65 km. Si calculamos el peso de esa capa de aire por unidad de superficie, tendremos lo que denominamos presión atmosférica.

El problema que nos encontramos es que esa capa no será homogénea en toda su altura. De hecho, la densidad varía notablemente a medida que cambia la temperatura. Como la presión atmosférica no será la misma en todos los puntos, tenemos que idear mecanismos para medirla de forma experimental en cada punto.

El primero en obtener una forma de medirla fue el científico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647).

EXPERIMENTO DE TORRICELLI	
	<p>a) Llenamos un tubo de vidrio de 1 m de longitud y 1 cm<sup>2</sup> de sección con mercurio (Hg).</p> <p>B) Tapamos el orificio de entrada y lo introducimos invertido en una cubeta con mercurio. Lo destapamos.</p> <p>C) Observamos como el mercurio desciende por el tubo hasta que alcanza una altura de 760 milímetros. En su parte superior queda ahora una zona donde no hay aire, una zona de vacío.</p>
<p>El efecto de la presión atmosférica en la cubeta inferior es de tal magnitud que es capaz de sostener el peso de una columna de mercurio de 760 mm de longitud y sección 1 cm<sup>2</sup>.</p>	

A partir de este experimento, se puede definir la presión atmosférica como la presión ejercida por una columna de mercurio de 760 mm de altura. Esta unidad se denominó *atmósfera* (atm).

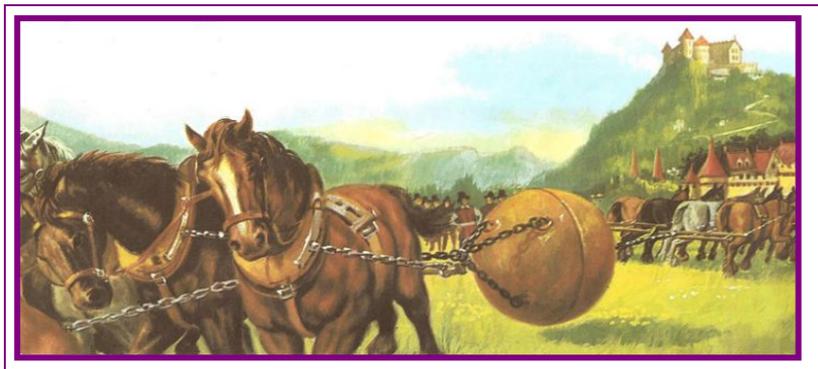
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101\,300 \text{ Pa}$$

En honor de este científico, esta unidad también se denominó *Torr*. Así, 1 Torr = 760 mmHg.

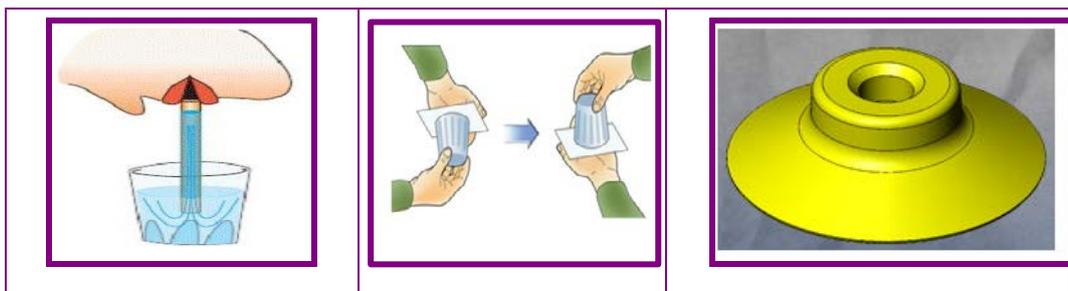
De todos es sabido que la densidad del aire cambia con la temperatura y, además, si estamos a cierta altura sobre el nivel del mar, la columna de aire sobre nuestras cabezas será inferior. Así, la presión atmosférica disminuye a medida que aumentamos la altura. El experimento de Torricelli constituye el fundamento de los barómetros que utilizamos para medir la presión atmosférica y predecir el tiempo. Por lo tanto, 760 mmHg se obtendrán realizando el experimento a nivel del mar y con una situación de estabilidad térmica alrededor de los 25 °C.

## Actividades propuestas

- S37. Las montañas más altas en nuestro planeta alcanzan los 8000 m. Sabemos que uno de los problemas a los que se enfrentan los montañeros es la presión que existe en esas cumbres. A 8000 m de altura la presión suele estar alrededor de los 267 mmHg. Obtenga el valor de esta presión en pascales y en atmósferas.
- S38. ¿Qué fuerza ejerce la columna de aire existente sobre cada metro cuadrado de la superficie terrestre al nivel del mar?
- S39. Busque información acerca de la experiencia de los hemisferios realizada por Otto de Guericke (1602-1682) en Magdeburgo. Realice una breve explicación del fenómeno.



- S40. A partir del experimento de Torricelli y la presión atmosférica puede encontrar respuesta a varios fenómenos conocidos. Busque una explicación para: ¿por qué podemos succionar un refresco con una pajita? ¿Por qué una ventosa se pega en un cristal con tal fuerza que hasta podríamos levantar cristales de más de 20 kg? ¿Por qué, si volcamos un vaso de agua tapado con un papel, no caen ni el agua ni el papel?



### 2.5.3 Física de la atmósfera. Meteorología

Como acabamos de ver, la presión atmosférica depende de la temperatura del aire. Si el aire es cálido, su densidad disminuye, por lo que la presión también lo hace, y viceversa. Así que, si medimos la presión atmosférica en varios puntos y trazamos líneas de igual presión -lo que llamamos isóbaras-, sabiendo la dirección de los vientos podremos predecir si se nos acercan zonas de bajas presiones (tiempo frío) o de altas presiones (tiempo cálido).

Hemos visto que la unidad de medida de la presión en el SI es el pascal. Como esta resulta una unidad con magnitudes muy grandes, se define el bar como 100 000 Pa. De esta manera, 1 bar = 1,013 atm. Para hacerlo aún más cómodo, podemos trabajar con su milésima parte y hablar de milibares. Así, 1 mmbar = 100 Pa, que es la unidad que se emplea en los mapas del tiempo.

#### Los mapas del tiempo

Los meteorólogos elaboran unos mapas del tiempo en los que se indica la situación de la atmósfera en un momento dado. Para eso, utilizan símbolos fácilmente identificables. Para realizar estos mapas utilizan los satélites meteorológicos, que fotografían la situación actual. Con estos datos se puede hacer un pronóstico del tiempo con varios días de antelación.



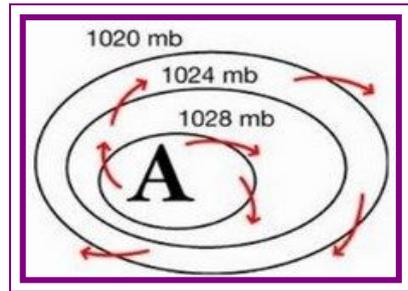
Veamos cómo se interpreta un mapa del tiempo como el de la siguiente figura:

**Isóbaras:** son las curvas concéntricas (líneas) que unen los puntos que poseen la misma presión atmosférica. Normalmente la presión de cada isóbara se expresa en

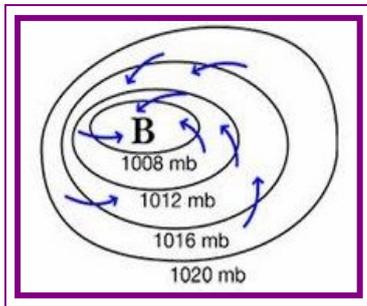
mb (milibares).

**Borrasca y anticiclón:** si las isóbaras rodean una zona de altas presiones, se representa con la letra A y significa anticiclón. Un anticiclón es signo de que se espera un tiempo bueno, seco o estable.

Un anticiclón, en definitiva, es una zona de altas presiones que está rodeada por aire con menor presión. Como se aprecia en la imagen del anticiclón, las isóbaras van de mayor a menor presión hacia fuera.



Por el contrario, si las isóbaras rodean una zona de bajas presiones, se les pone la letra B de *borrasca*. Una borrasca (también llamada depresión) es signo de tiempo inestable o lluvioso y suele venir asociada con viento.

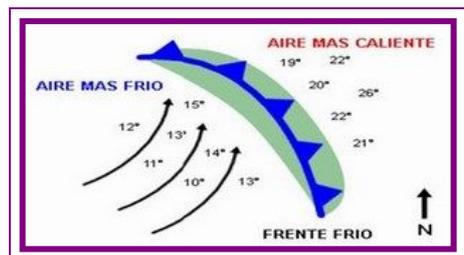


Una borrasca, en definitiva, es una zona de bajas presiones rodeada por aire con mayor presión. Como se ve en la imagen de la borrasca, las isóbaras van de menor a mayor presión hacia afuera. Los valores de presión por debajo de 1005 mb (milibares) están normalmente asociados a las borrascas, mientras que las presiones por encima de 1020 mb están asociadas

a los anticiclones. La presión media en superficie en todo el mundo es 1013 mb.

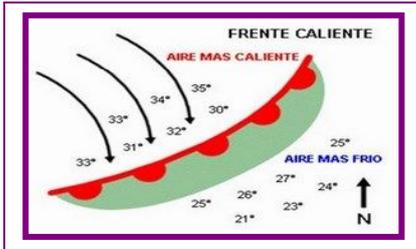
**Viento:** el número de isóbaras nos indica si el viento es débil o fuerte. Si las isóbaras están muy juntas, los vientos serán muy fuertes. Si están muy separadas, casi no habrá viento.

**Frentes:** en los mapas del tiempo son características los frentes de aire, que son líneas de choque entre dos grandes masas de aire con distintas temperaturas. Recuerde que el aire frío es más denso que el aire caliente, así que cuando una masa de aire caliente choca contra una masa de aire frío, el aire frío queda debajo del aire caliente. Una vez que el aire caliente sube, se enfría y se pueden formar nubes. La presencia de frentes nos indica cambios de tiempo, por eso son muy importantes en la predicción del tiempo.



**Frentes fríos:** se representan mediante líneas con triángulos de color azul. Los frentes fríos tienen lugar cuando una masa de aire frío avanza, empujando y desplazando hacia arriba el aire caliente. En este caso se suelen formar nubes con fuertes precipitaciones.

Frentes cálidos: los frentes cálidos se representan por medio de líneas con semicírculos de color rojo. Los frentes cálidos se producen cuando una masa de aire caliente empuja una de aire frío, elevándose por encima de ella. En este caso, se forman nubes que pueden originar lluvias menos intensas, pero de mayor duración.



### Actividades propuestas

- S41. Busque en el periódico del día el mapa del tiempo y haga un análisis. Observe donde se sitúan los centros de acción: los anticiclones, las borrascas y los frentes. ¿Cómo será el viento a juzgar por la proximidad de las isóbaras? Trate de predecir el tiempo y compruebe el resultado viendo la información que proporciona el diario.
- S42. Observe el vídeo de YouTube acerca de cómo interpretar un mapa del tiempo:

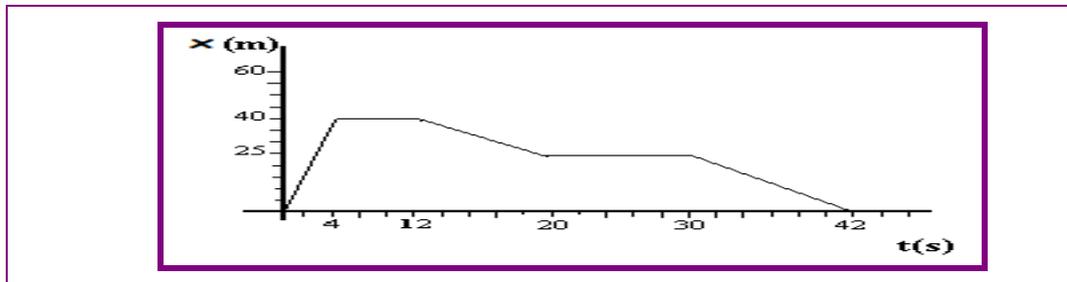
<https://www.youtube.com/watch?v=MFWQ53x8bDE>

### 3. Actividades finales

---

#### Cinemática

- S43. Observe la siguiente gráfica y responda: a) ¿de qué tipo de movimiento se trata en cada uno de los tramos? b) Calcule la velocidad media en cada tramo.

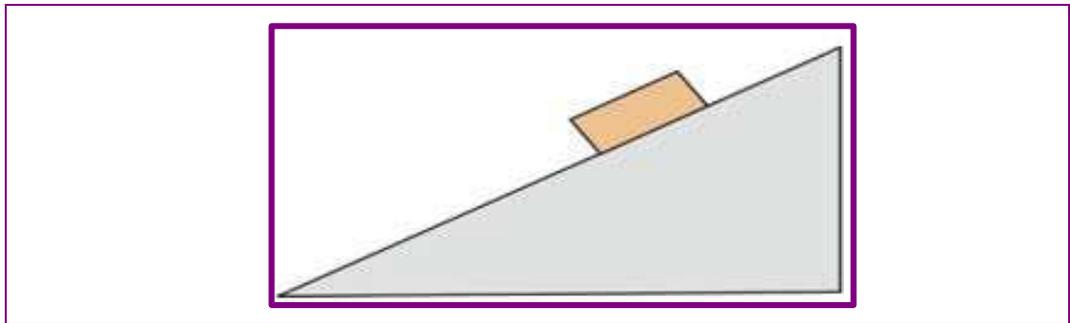


- S44. Conteste a las siguientes cuestiones:
- ¿Qué se entiende por desplazamiento?
  - ¿Cómo se define la trayectoria de un móvil?
  - ¿Es lo mismo la velocidad media que la velocidad instantánea?
  - ¿Qué mide la aceleración?
- S45. Un vehículo que circula a 90 km/h tarda en frenar con aceleración constante 5 s. Razone cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas:
- Si circula al doble de velocidad, tarda el doble de tiempo en frenar.
  - Si circula al doble de velocidad, recorre el doble de distancia al frenar.
  - Si circula al doble de la velocidad, frena con el doble de aceleración.
  - Ninguna de las anteriores es correcta.
- S46. Vamos por una carretera circulando a una velocidad de 108 km/h durante 1 hora y 30 minutos. Después paramos durante 15 minutos y regresamos hacia el punto de partida a una velocidad de 20 m/s durante 45 minutos. Calcule: a) la posición final, b) la distancia total recorrida, c) la velocidad media.
- S47. Desde un balcón que se encuentra a 25 m sobre el suelo de una calle, arrojamamos un cuerpo verticalmente hacia abajo con una velocidad de 5 m/s. Calcule el tiempo que tarda en llegar al suelo.
- S48. Dejamos caer libremente un cuerpo y tarda 15 s en llegar al suelo. Calcule la altura desde la que ha caído.

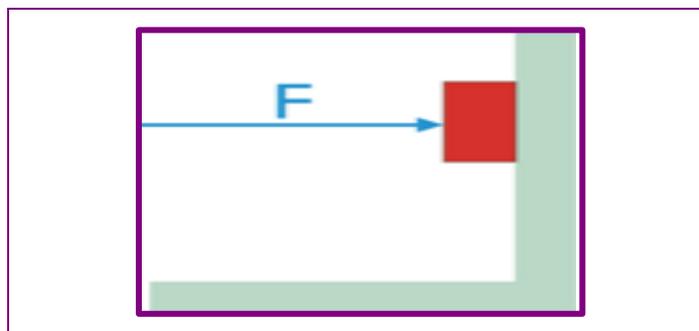
- S49. La altura de los trampolines olímpicos suele ser de 1 m, 3 m, 5 m y 10 m. Determine la velocidad con la que se llega al agua y el tiempo que se tarda en llegar saltando desde cada uno de ellos.

### Dinámica

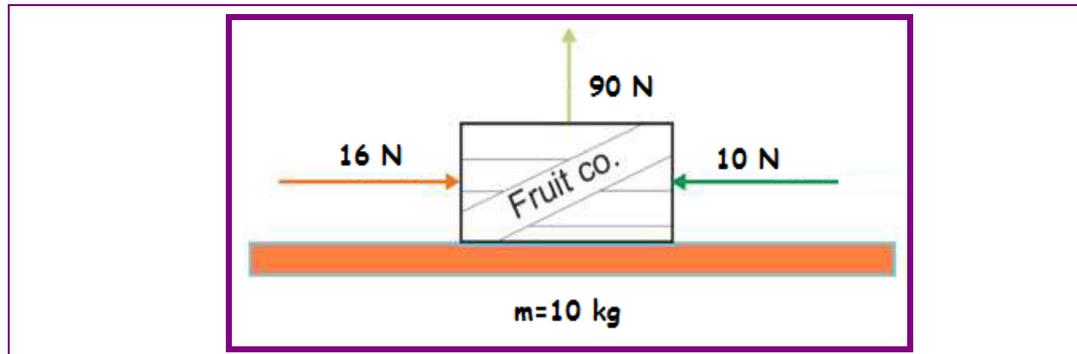
- S50. El resultado de sumar dos fuerzas perpendiculares es una fuerza de valor (módulo) 53,85 N. Si una de las fuerzas que se ha sumado vale 20 N, ¿cuánto vale la otra fuerza?
- S51. En la Luna la gravedad vale  $1,6 \text{ m/s}^2$  aproximadamente. Si una mujer pesa 686 N en la Tierra, ¿cuánto pesará en la superficie lunar?
- S52. Un bloque de piedra está en reposo encima de una cuesta. Razone si, en este caso, el peso de la piedra y la fuerza normal entre ella y la cuesta valen lo mismo. Tenga en cuenta la dirección y el sentido de cada una de esas fuerzas.



- S53. Dibuje en forma de vectores las fuerzas que actúan sobre el cuerpo rojo, que está apretado contra una pared vertical.



- S54. Sobre una caja de fruta de 10 kg de masa ejercemos las fuerzas que muestra la figura, además del peso de la caja. Suponga que no hay rozamiento contra el suelo. Calcule el valor, la dirección y el sentido de la fuerza total resultante sobre la caja. Indique si se moverá la caja y hacia dónde.



- S55. Dos coches de 1500 kg cada uno y unidos por una cuerda tiran en direcciones contrarias, uno de ellos con 2900 N y el otro con 3200 N. Calcule la aceleración con la que se moverán.
- S56. El coeficiente de rozamiento entre un baúl y el suelo horizontal es de 0,3. Si el baúl tiene 80 kg de masa, ¿qué fuerza horizontal hay que hacer sobre él para que se mueva?
- S57. Un cuerpo de 50 kg de masa está sometido a una aceleración  $a = 4 \text{ m/s}^2$ . La fuerza que actúa sobre él es la resultante de dos fuerzas que tienen la misma dirección. Si una de ellas vale  $F_1 = 300 \text{ N}$ , ¿cuánto valdrá la otra? ¿Actúan las dos fuerzas en el mismo sentido?

### Máquinas

- S58. Con un sistema de cinco poleas móviles se quiere levantar un peso de 1 Tm. ¿Qué fuerza será necesaria para hacerlo? [Dato: 1 Tm = tonelada métrica = 1000 kg].
- S59. ¿Cuáles son las relaciones de transmisión máxima y mínima que se pueden alcanzar en una bicicleta con dos platos de 44 y 48 dientes? ¿Y con cuatro piñones de 16, 18, 20 y 22 dientes?
- S60. Queremos levantar un cuerpo de 300 N de peso con una palanca de primera clase de 9 m de longitud. Si el brazo de resistencia es de 3 m, ¿cuál será el brazo de potencia y cuánto valdrá la potencia que tenemos que aplicar?

S61. Para una palanca de primera clase, complete el siguiente cuadro:

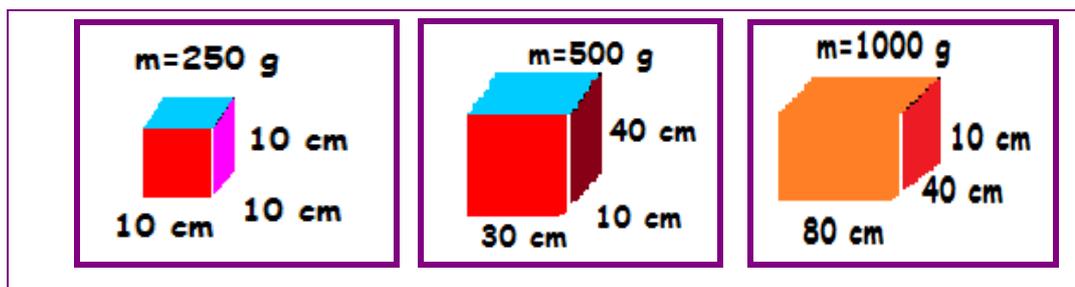
POTENCIA (N)	BRAZO POTENCIA (m)	RESISTENCIA (N)	BRAZO RESISTENCIA (m)
10	2	4	
	0.5	15	1.5
20	1	10	
9	6		3

S62. En el siguiente dibujo calcule la relación de transmisión y el sentido de giro de cada rueda. ¿A qué velocidad girará la rueda motriz (la más grande) si la de salida gira a 60 rpm?



### Presión

S63. Calcule la presión que ejercen en el suelo cada uno de los siguientes prismas:



S64. El experimento de Torricelli constituyó el fundamento de los barómetros de mercurio, pero en la actualidad tenemos otros barómetros llamados aneroides. Busque información de cómo trabaja este tipo de barómetro y haga un dibujo explicativo.

# 4. Solucionario

## 4.1.1 Solucionario de las actividades propuestas

S1. a) No se mueve  $v = 0$ ; B)  $v = 10 \text{ Km/h}$ ; C)  $v = 80 \text{ km/h}$

S2.

▪ El del Sol.	En la Tierra.
▪ Un avión que va de Vigo a Madrid.	En el aeropuerto de Vigo.
▪ Una piedra que cae de un edificio.	En el suelo o en la terraza del edificio.

S3.

Contando las cuadrículas de cada una de las líneas:

Distancia recorrida = 28 m.  
Desplazamiento = 24 m.

S4.

Tren A	Tren B
a) $v_m = 63,85 \text{ km/h}$	a) $v_m = 49,67 \text{ km/h}$
b) $v_m = 76,41 \text{ km/h}$	b) $v_m = 92,16 \text{ km/h}$

S5.  $v = 6 \text{ km/h}$      $t = 3 \text{ h}$      $x = 9 \text{ km}$ .

S6.  $x = 9,4608 \cdot 10^{12} \text{ km}$ .

S7. Tardan  $t = 1,66 \text{ s}$  y se encuentran en  $x = 66,67 \text{ m}$  medidos desde el origen.

S8. A) No se mueve. B) El móvil va con MRU hacia nosotros. C) Primero se aleja del origen con MRU y después para a los tres segundos.

S9.  $t = 1 \text{ hora } 6 \text{ min } 40 \text{ s}$ .

S10. a) 48 km; b) 102 km; c) 23,04 km/h.

S11.  $a = -1,67 \text{ m/s}^2$      $x = 187,5 \text{ m}$ .

S12.  $v = 39,2 \text{ m/s}$      $h = 19,6 \text{ m}$ .

S13.  $t = 11 \text{ de la mañana}$ ;  $x = 50 \text{ km}$ .

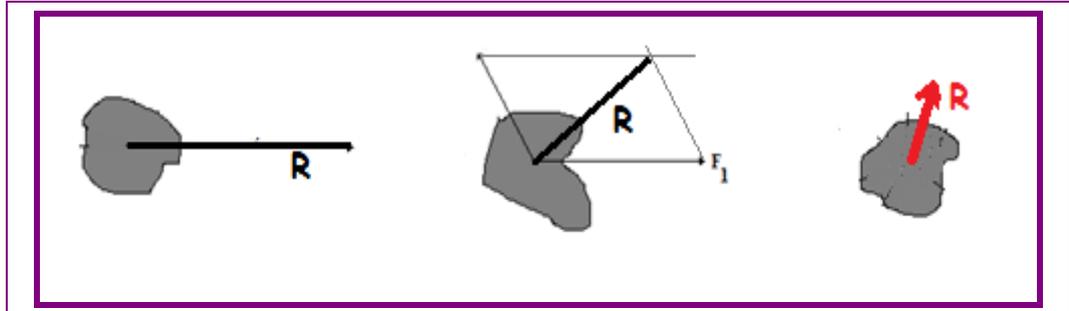
S14.  $R = 17 \text{ N}$ .

S15.  $R = 30 \text{ N}$ .

S16. *La constante elástica es  $K = 1/2 \text{ N/m}$ .*

▪ Fuerza	1 N	2 N	3 N	4 N	5 N
▪ Alargamiento	2 cm	4 cm	6 N	8 cm	10 cm

S17.



S18. A)  $R = 100 \text{ N}$  B)  $R = 100 \text{ N}$  C)  $R = 5 \text{ N}$ .

S19. A)  $a = 25 \text{ m/s}^2$ ; b)  $x = 312,5 \text{ m}$ ; c)  $v = 125 \text{ m/s}$ ; d) *que no haya ninguna fuerza aplicada sobre él.*

S20.  $a = 3 \text{ m/s}^2$   $a = 2.33 \text{ m/s}^2$ .

S21.  $a = 8,04 \text{ m/s}^2$   $v = 160,8 \text{ m/s}$ .

S22.  $v = 2,62 \text{ m/s}$ .

S23.  $\mu = 0,136$   $F_r = 1333,33 \text{ N}$ .

S24.  $g_L = 1,568 \text{ m/s}^2$   $P = 125,44 \text{ N}$ .

S25.  $F = 72000 \text{ N}$ .

S26.  $b = 0,51 \text{ m}$ .

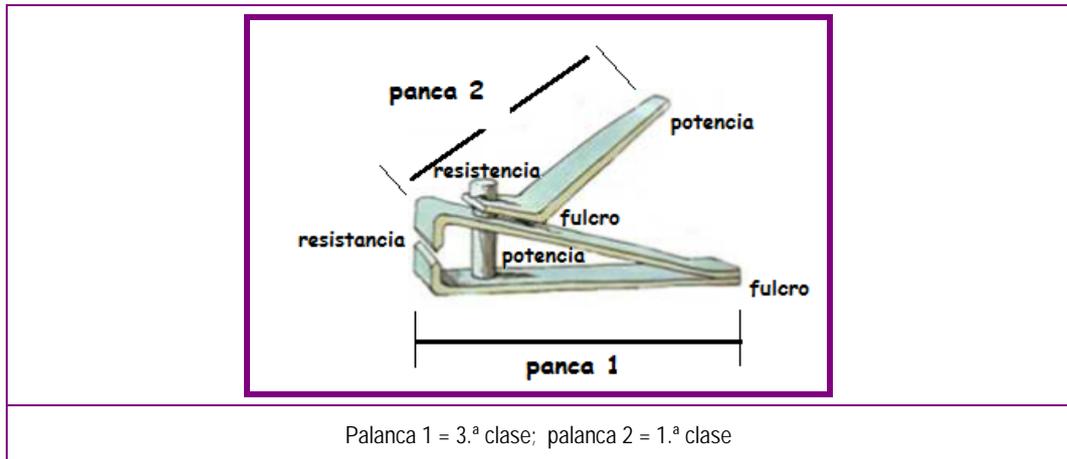
S27.

3.ª clase	1.ª clase	1.ª clase	1.ª clase
			

S28. *El plano inclinado tiene que tener una longitud de 6 m y una altura de 1 m.*

S29. *A tres veces más distancia del fulcro que el otro.*

S30.



S31.  *$i = 0,75$  es un sistema reductor.*

S32.  *$i = 0,25$ ;  $n_c = 50$  r.p.m. es un sistema reductor.*

S33.  *$i = 1/3 = 0,33$ ;  $n_c = 400$  r.p.m.*

S34.  *$F = 98$  N.*

S35.  *$S = 10^{-8}$  m<sup>2</sup>;  $P = 5 \cdot 10^8$  Pa;  $\text{Peso} = 5 \cdot 10^8$  N,  $\text{masa} \cong 50\,000\,000$  kg.*

S36.  *$p_{\text{mayor}} = 5154,8$  Pa  $p_{\text{menor}} = 30\,928,8$  Pa.*

S37.  *$p = 0,351$  atm;  $p = 35\,588,29$  Pa.*

S38.  *$p = 101\,300$  Pa  $\rightarrow F = 101\,300$  N.*

S39. *Todos estos fenómenos se deben a la acción de la presión atmosférica.*

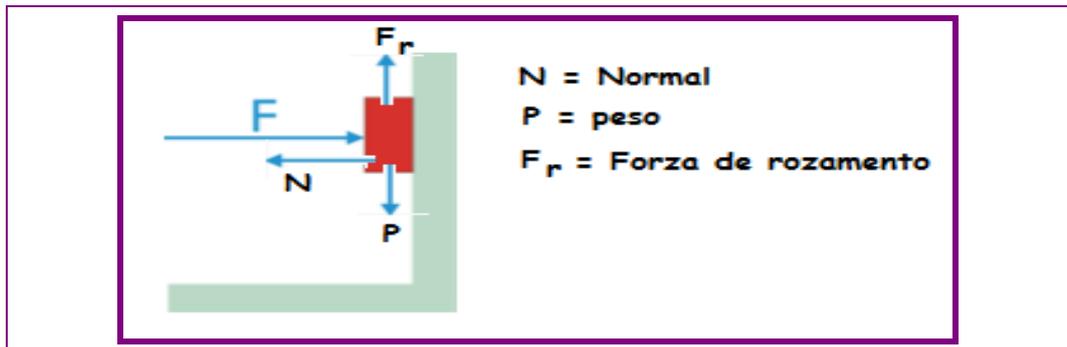
S40. *En el interior de la esfera se ha hecho un gran vacío. En el exterior actúa la fuerza debida a la presión atmosférica.*

S41. *Interpretación según los datos del periódico correspondiente.*

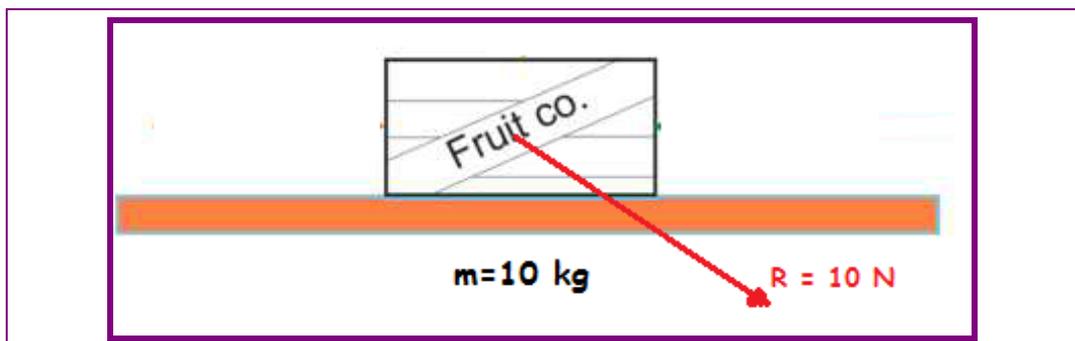
S42. *Observación del vídeo.*

## 4.1.2 Solucionario de actividades finales

- S43. *la) MRU; parado; MRU; parado, MRU. b)  $v_m = 10 \text{ m/s}$ ;  $v_m = 0 \text{ m/s}$ ;  $v_m = -1,875 \text{ m/s}$ ;  $v_m = 0 \text{ m/s}$ ;  $v_m = -2,08 \text{ m/s}$ .*
- S44. *Ver los contenidos teóricos.*
- S45. *Cierto, falso, falso, falso.*
- S46.  *$x = 90 \text{ km}$  del punto de partida;  $198 \text{ km}$ ;  $v_m = 22 \text{ m/s} = 79,2 \text{ km/h}$ .*
- S47.  *$t = 1,8 \text{ s}$ .*
- S48.  *$h = 1102,5 \text{ m}$ .*
- S49.  *$t = 0,45 \text{ s}$ ;  $t = 0,70 \text{ s}$ ;  $t = 1,01 \text{ s}$ ;  $t = 1,425 \text{ s}$ ;  $v = 4,41 \text{ m/s}$ ;  $v = 6,86 \text{ m/s}$ ;  $v = 9,9 \text{ m/s}$ ;  $v = 13,91 \text{ m/s}$ .*
- S50.  *$F = 50 \text{ N}$ .*
- S51.  *$P = 112 \text{ N}$ .*
- S52. *No, la normal es perpendicular a la superficie de apoyo, en este caso a la del plano inclinado, y el peso tira verticalmente hacia el interior de la Tierra.*
- S53.



S54.



S55.  $a = 0,1 \text{ m/s}^2$ .

S56.  $F = 235,2 \text{ N}$ .

S57.  $F_2 = 500 \text{ N}$  en sentido contrario a  $F_1$ .

S58.  $F = 306,25 \text{ N}$ .

S59.  $i_{\max} = 3; i_{\min} = 2$ .

S60.  $a = 6 \text{ m}; F = 150 \text{ N}$ .

S61.

POTENCIA (N)	BRAZO POTENCIA (m)	RESISTENCIA (N)	BRAZO RESISTENCIA (m)
10	2	4	5
45	0.5	15	1.5
20	1	10	2
9	6	18	3

S62.  $i = 2; n_m = 30 \text{ r.p.m.}$

S63. a)  $p = 25 \text{ Pa}$ ; b)  $p = 16,67 \text{ Pa}$ ; c)  $p = 3,125 \text{ Pa}$ .

S64. *Creación propia.*

## 5. Glosario

---

<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Atmósfera</b></li> </ul>	Capa gaseosa que rodea a la Tierra y a otros cuerpos celestes. También es una unidad de medida de la presión.
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Composición de fuerzas</b></li> </ul>	Se llama así el resultado de sumar fuerzas teniendo en cuenta su carácter vectorial, es decir, teniendo en cuenta su valor, su dirección y su sentido.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Coulomb (culombio):</b></li> </ul>	Unidad de cantidad de electricidad en el sistema internacional. Equivale a la cantidad de electricidad transportada por una corriente de 1 ampere en 1 segundo.
<b>D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Deformación</b></li> </ul>	Variación en la estructura de un cuerpo sin que se produzca movimiento
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Dinámica</b></li> </ul>	Parte de la física que estudia el movimiento de los cuerpos en relación con las causas que lo producen, las fuerzas.
<b>E</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Elástico</b></li> </ul>	Calidad de un objeto o materia que se puede estirar y deformar recuperando su posición cuando cesa la fuerza que lo altera.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Engranaje</b></li> </ul>	Relativo a las ruedas dentadas que encajan entre ellas.
<b>G</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Gráfica</b></li> </ul>	Gráfico o representación gráfica es un tipo de representación de datos, generalmente numéricos, mediante recursos gráficos (líneas, vectores, símbolos, etc.). Comúnmente, representan la variación de una magnitud cuando varía otra de la cual depende.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Grave (de caída de graves)</b></li> </ul>	Son los objetos que caen por su propio peso sometidos a la fuerza de la gravedad.
<b>I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Inercia</b></li> </ul>	Incapacidad que tienen los cuerpos de modificar por sí mismos su estado de reposo o de movimiento en el que se encuentran.
<b>N</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Normal</b></li> </ul>	Línea recta o de un plano que es perpendicular a otra recta o a otro plano.
<b>P</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Paralelo y perpendicular</b></li> </ul>	Cuando dos direcciones forman entre ellas un ángulo de $0^\circ$ , se dice que son paralelas. Si el ángulo formado entre ellas es de $90^\circ$ , se dice que son perpendiculares.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Polea</b></li> </ul>	Mecanismo que consiste en una rueda giratoria de borde acanalado, por el que se desliza una cuerda o cadena y que sirve para mover o levantar cosas pesadas.
<b>R</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Rectilíneo</b></li> </ul>	En línea recta.
<b>T</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Transmisión</b></li> </ul>	Conjunto de mecanismos que comunican el movimiento de unos cuerpos a otros alterando su movimiento.
<b>U</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Uniforme</b></li> </ul>	Que tiene o presenta siempre la misma forma. Una magnitud uniforme es una magnitud cuyo valor es siempre el mismo, es constante.

## 6. Bibliografía y recursos

---

### Bibliografía

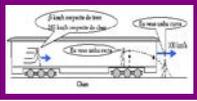
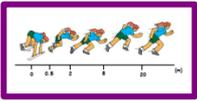
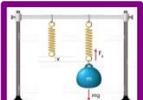
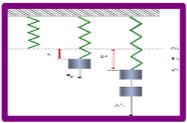
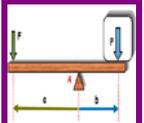
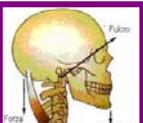
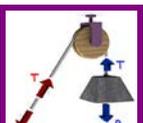
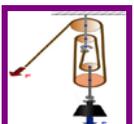
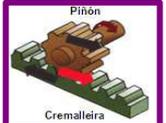
- Física y Química 4.º ESO (Aula 3D). Ed. Vicens Vives (2016).
- Física y Química 4.º ESO Proxecto Ánfora. Ed. Oxford (2016).
- Física y Química 4.º ESO Proxecto Saber y Hacer. Ed. Santillana (2016).
- Física y Química 4.º ESO Edebe On. Ed. Edebé (2016).

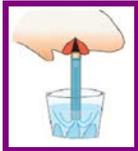
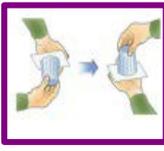
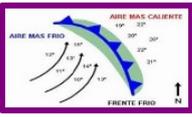
### Enlaces de Internet

- [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos/curso\\_completo.pdf](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos/curso_completo.pdf)
- <http://www.edu.xunta.es/web/unidadessemipresenciales>
- <http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html>
- [https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contenido/2\\_mquinas\\_simples.html/](https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contenido/2_mquinas_simples.html/)
- [http://recursostic.educacion.es/newton/web/unidades\\_alfabetico.php/](http://recursostic.educacion.es/newton/web/unidades_alfabetico.php/)
- <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/comunidades/ayuda/>

## 7. Anexo. Licencia de recursos

### Licencias de recursos utilizados en esta unidad didáctica

RECURSO (1)	DATOS DEL RECURSO (1)	RECURSO (2)	DATOS DEL RECURSO (2)
 RECURSO 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.educarchile.cl/ech/pro/a/pp/detalle?ID=133116">http://www.educarchile.cl/ech/pro/a/pp/detalle?ID=133116</a></li> </ul>	 RECURSO 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos">http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos</a></li> </ul>
 RECURSO 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="https://clasevirtualesocialesjdotcom.wordpress.com/category/uncalegorized/">https://clasevirtualesocialesjdotcom.wordpress.com/category/uncalegorized/</a></li> </ul>	 RECURSO 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.laciudadesmeralda.es/jugar-con-plastilina">http://www.laciudadesmeralda.es/jugar-con-plastilina</a></li> </ul>
 RECURSO 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/elasticidad.html">http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/elasticidad.html</a></li> </ul>	 RECURSO 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Dinam%C3%B3metro">https://es.wikipedia.org/wiki/Dinam%C3%B3metro</a></li> </ul>
 RECURSO 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://experimentaaprendiendo.blogspot.com.es/2015/06/actividades-practicas-2-ley-de-hooke.html">http://experimentaaprendiendo.blogspot.com.es/2015/06/actividades-practicas-2-ley-de-hooke.html</a></li> </ul>	 RECURSO 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.ibdciencia.com/es/accesorios-de-mecanica-para-laboratorio/4170-ley-de-hooke-conjunto.html">http://www.ibdciencia.com/es/accesorios-de-mecanica-para-laboratorio/4170-ley-de-hooke-conjunto.html</a></li> </ul>
 RECURSO 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://asturquimica.com/problems/4eso">http://asturquimica.com/problems/4eso</a></li> </ul>	 RECURSO 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos">http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos</a></li> </ul>
 RECURSO 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos">http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos</a></li> </ul>	 RECURSO 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos">http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos</a></li> </ul>
 RECURSO 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: licencia CC-BY-SA. Elaboración propia a partir de: <i>Polea simple fija</i>. De César Rincón, en Wikipedia Commons. Licencia CC BY-SA 3.0.</li> </ul>	 RECURSO 14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autoría: elaboración propia a partir de: <i>Polea simple</i></li> <li>Licencia: licencia CC-BY-SA.</li> <li>Procedencia: <i>móvil</i>. De César Rincón, en Wikipedia Commons. Licencia CC BY-SA 3.0</li> </ul>
 RECURSO 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: licencia CC-BY-SA. Elaboración propia a partir de: <i>Four pulleys</i>. De Prolineserver en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA-3.0</li> </ul>	 RECURSO 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: Manuel Torres Búa. licencia CC-BY-SA.</li> </ul>
 RECURSO 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos">http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos</a></li> </ul>	 RECURSO 18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos">http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiales-didacticos</a></li> </ul>

RECURSO (1)	DATOS DEL RECURSO (1)	RECURSO (2)	DATOS DEL RECURSO (2)
 <p>RECURSO 19</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/experimentos-presion-atmosferica.html">http://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/experimentos-presion-atmosferica.html</a></li> </ul>	 <p>RECURSO 20</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.educarchile.cl/ech/pro/ap/detalle?ID=133170">http://www.educarchile.cl/ech/pro/ap/detalle?ID=133170</a></li> </ul>
 <p>RECURSO 21</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.edcomex.net/ventosas-de-vacio">http://www.edcomex.net/ventosas-de-vacio</a></li> </ul>	 <p>RECURSO 22</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html">http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html</a></li> </ul>
 <p>RECURSO 23</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/experimentos-presion-atmosferica.html">http://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/experimentos-presion-atmosferica.html</a></li> </ul>	 <p>RECURSO 24</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedencia: <a href="http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html">http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html</a></li> </ul>