

# LOS MOVIMIENTOS Y LAS FUERZAS

CC-BY 4.0 Ángel Vázquez Hernández

2024



<https://cienciamorada.es>

## Sumario

MOVIMIENTOS.....	2
Sistemas de referencia.....	2
Prefijos del Sistema Internacional de unidades.....	2
Unidades de longitud.....	2
Unidades de tiempo.....	3
Vectores.....	4
Posición, velocidad y aceleración.....	4
Posición.....	4
Velocidad.....	5
Aceleración.....	7
Gráficas espacio-tiempo y velocidad-tiempo.....	7
Gráficas espacio-tiempo.....	7
Gráficas velocidad-tiempo.....	10
MRU.....	10
MRUA.....	12
FUERZAS.....	17
Leyes de la dinámica de Newton.....	17
Primera Ley de Newton: ley de la inercia.....	19
Segunda Ley de Newton: principio fundamental de la dinámica de Newton.....	19
Tercera Ley de Newton: ley de acción y reacción.....	21
Suma de fuerzas.....	21

Suma de fuerzas de igual dirección.....	22
Suma de fuerzas perpendiculares.....	22
Peso.....	23
Normal.....	26
Tensión.....	27
Empuje.....	27
Rozamiento.....	27
Fuerza centrípeta.....	28
Diagramas de cuerpo libre.....	29
Deformaciones.....	29
Deformación plástica.....	29
Deformación elástica.....	29
Esfuerzos.....	29
Esfuerzos debidos a fuerzas perpendiculares al eje longitudinal.....	30
Esfuerzos debidos a fuerzas paralelas al eje longitudinal.....	30
Presión.....	31

Este  
documento  
puede  
abrirse y  
editarse  
usando  
Libre  
Office.

## MOVIMIENTOS

### Sistemas de referencia

Para realizar un estudio matemático del movimiento debemos referirnos siempre a algún sistema de referencia. Dicho sistema debe especificar algún punto en el espacio y algún instante en el tiempo a partir del cual datar posiciones y tiempos.

Las posiciones se describen mediante vectores<sup>1</sup> que unen el origen de coordenadas con el punto ocupado por el móvil en un momento dado.

La posición tiene dimensiones de longitud y como tal, en el Sistema Internacional de Unidades, se mide en metros.

El tiempo, en el Sistema Internacional de Unidades, se mide en segundos.

### Prefijos del Sistema Internacional de unidades



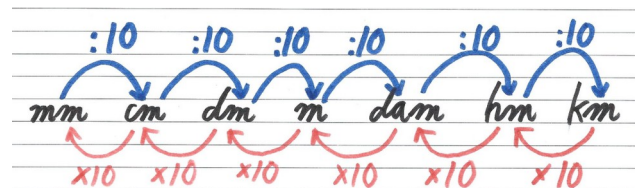
Actualmente el [Sistema Internacional de Unidades](#) admite el uso de muchos prefijos, pero los más habituales son los siguientes:

<sup>1</sup> La posición es, por lo tanto, un vector. Pero a menudo se utiliza la misma notación que si no lo fuera, especialmente si suponemos que el movimiento se produce a lo largo de una recta.

Prefijo <sup>2</sup>	Símbolo <sup>3</sup>	Valor
kilo	k	1000=10 <sup>3</sup>
hecto	h	100=10 <sup>2</sup>
deca	da	10=10 <sup>1</sup>
-	-	1=10 <sup>0</sup>
deci	d	0.1=10 <sup>-1</sup>
centi	c	0.01=10 <sup>-2</sup>
mili	m	0.001=10 <sup>-3</sup>

### Unidades de longitud

En el Sistema Internacional de Unidades la longitud se mide en metros (m). Si combinamos esta unidad con los prefijos antes mencionados el resultado es el siguiente:



Cada unidad de la escala es diez veces superior a la unidad que tiene justo a su izquierda. Cada vez que cambiamos a una unidad superior debemos, por tanto, dividir entre diez, y multiplicar por diez si cambiamos a una unidad inferior.

Ejemplos:

$$\begin{aligned}
 5 \text{ km} &= 50 \text{ hm} = 500 \text{ dam} = 5 \cdot 10^2 \text{ dam} = 5000 \text{ m} \\
 &= 5 \cdot 10^3 \text{ m} = 50\,000 \text{ dm} = 5 \cdot 10^4 \text{ dm} \\
 &= 500\,000 \text{ cm} = 5 \cdot 10^5 \text{ cm} = 5\,000\,000 \text{ mm} \\
 &= 5 \cdot 10^6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Hay prefijos de valor superior a kilo e inferior a mili, pero apenas tienen utilidad en este curso.
- Antiguamente los símbolos de los prefijos de los múltiplos (kilo, hecto, deca) se escribían con mayúsculas y los de los submúltiplos (deci, centi, mili) con minúsculas. Al escribirse todas con minúsculas se tomó la decisión de escribir el símbolo de deca como **da** para diferenciarlo del de deci (d).

$$8 \text{ mm} = 0.8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-1} \text{ cm} = 0.08 \text{ dm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ dm} = 0.008 \text{ m} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0.000 8 \text{ dam} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ dam} = 0.000 08 \text{ hm} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ hm} = 0.000 008 \text{ km} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ km}$$

### Actividades



- a)  $2 \text{ km} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$   
 b)  $35 \text{ hm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$   
 c)  $20 \text{ dam} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km}$   
 d)  $85 \text{ m} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$   
 e)  $7 \text{ dam} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$

- f)  $6 \text{ dm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$   
 g)  $85 \text{ cm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$   
 h)  $2 \text{ km} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$   
 i)  $30 \text{ hm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$   
 j)  $25 \text{ dam} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km}$   
 k)  $850 \text{ m} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ hm}$   
 l)  $700 \text{ dm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dam}$   
 m)  $85 000 \text{ cm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$   
 n)  $750 \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}$   
 o)  $3 \text{ km} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}$   
 p)  $7 \text{ hm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$   
 q)  $8 \text{ dam} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$



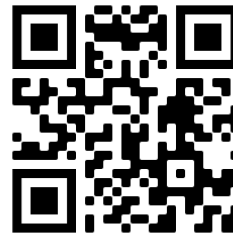
- r)  $6 \text{ m} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dam}$   
 s)  $75 \text{ dm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dam}$   
 t)  $850 \text{ cm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$   
 u)  $7425 \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}$   
 v)  $25 \text{ km} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ hm}$

- w)  $3 \text{ hm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$   
 x)  $45 \text{ dam} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$   
 y)  $7400 \text{ m} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km}$

- z)  $850 \text{ dm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dam}$   
 aa)  $970 \text{ cm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}$   
 ab)  $876 \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$

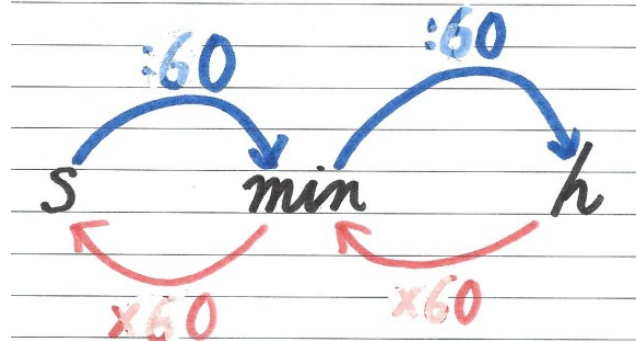
### Unidades de tiempo

En el Sistema Internacional de Unidades el tiempo se mide en segundos (s).



El minuto (min), y la hora (h) y el día (d) no forman parte del SI, pero son aceptadas por él y son de uso habitual. Los símbolos min, h y d están aprobados

por la RAE.



**¡CUIDADO!** Existen dos unidades, utilizadas para medir ángulos planos, llamadas segundo y minuto. Sus símbolos son " " y ' respectivamente,

y no deben ser utilizados en lugar de s y min. Tampoco se admiten abreviaturas tales como seg., por ejemplo.

Ejemplos:

$$3600 \text{ s} = 60 \text{ min} = 1 \text{ h}$$

$$3 \text{ h} = 180 \text{ min} = 10\,800 \text{ s}$$

### Actividades

- a)  $2\text{h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{s}$   
 b)  $35 \text{ min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{s}$   
 c)  $2.5 \text{ h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{s}$   
 d)  $48\,000 \text{ s} = \underline{\hspace{2cm}} \text{min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{h}$   
 e)  $860 \text{ min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{s}$   
 f)  $3.5 \text{ h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{s}$   
 g)  $350 \text{ min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{s}$   
 h)  $80\,000 \text{ s} = \underline{\hspace{2cm}} \text{min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{h}$

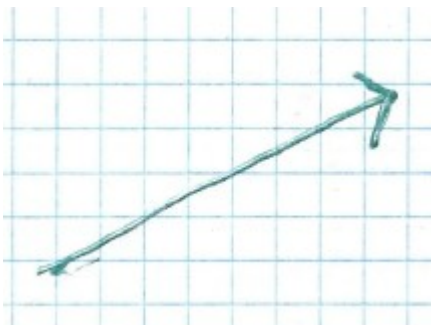
## Vectores

Existen dos tipos de magnitudes: escalares y vectores.

- Los **escalares** solamente se miden mediante un número. **Carecen de dirección o sentido**. Ejemplos: masa, temperatura, energía, etc.
- Los **vectores** tienen **módulo** (cantidad), **dirección** (línea en la que se aplican) y **sentido** (signo). Ejemplos: desplazamiento, velocidad, fuerza, etc.

Las magnitudes vectoriales se representan mediante símbolos señalados con una pequeña flecha. Ejemplos:  $\vec{r}$ ,  $\vec{v}$ ,  $\vec{a}$ ,  $\vec{F}$ , etc.

Se representan mediante una flecha cuya longitud es proporcional al módulo del vector, y su orientación dependen de la dirección y sentido del vector.



**¡CUIDADO!** Parte del alumnado se empeña en representar un vector mediante un simple segmento argumentando que “se entiende”, pero un segmento

**CARECE DE SENTIDO** por lo que tiene menos información que un vector.

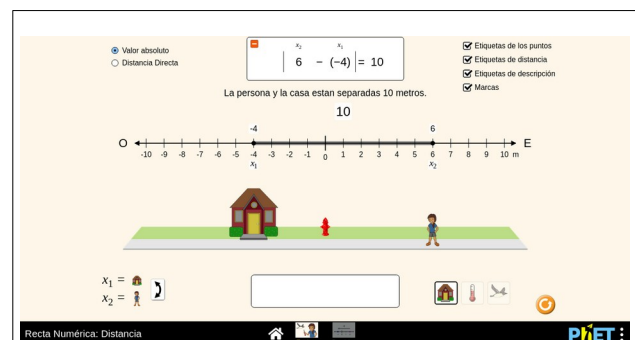
Los vectores se consideran positivos hacia arriba y hacia la derecha, y negativos hacia abajo y hacia la izquierda.

## Posición, velocidad y aceleración

### Posición

**Posición** es el lugar donde está un objeto en el espacio. Suele representarse mediante una  $x$  (en un eje horizontal) o una  $y$  (en un eje vertical).

**Distancia** es la separación que hay entre dos puntos.



(Imagen: [Recta numérica: distancia](#), CC-BY PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder

<https://phet.colorado.edu>)

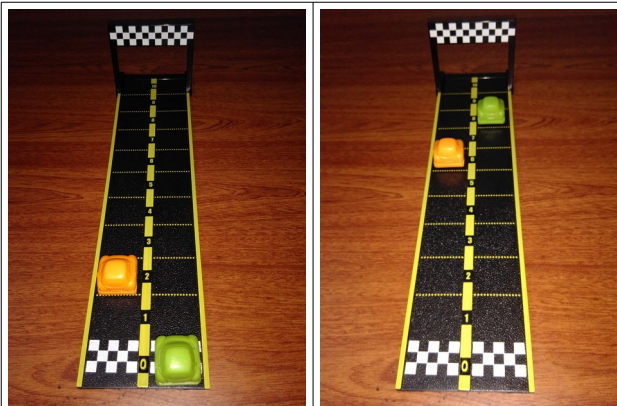
La **trayectoria** es el camino recorrido por un móvil. El **desplazamiento** es la separación entre la posición final y la inicial, y se calcula como la resta entre la posición final y la posición inicial<sup>4</sup>.

Si el **vector posición inicial** es  $\vec{r}_0$  y el **vector posición final** es  $\vec{r}$  el **desplazamiento** será su diferencia<sup>5</sup>:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 .$$

Pero podemos simplificar la expresión anterior suponiendo que el movimiento se realiza a lo largo de una línea recta. En ese supuesto la posición puede ser indicada por una sola coordenada, y entonces:

- **Posición inicial:**  $x_0$ .
- **Posición final:**  $x$ .
- **Desplazamiento:**  $\Delta x = x - x_0$  .



Para el coche naranja la posición inicial es igual a 2 unidades ( $x_0=2$ ) y la final a 6 unidades ( $x=6$ ), por lo que su desplazamiento será igual a 4 unidades ( $\Delta x = x - x_0 = 6 - 2 = 4$ ).

Para el coche verde la posición inicial es igual a 0 ( $x_0=0$ ) y la final a 8 unidades ( $x=8$ ), por lo que su desplazamiento final será de 8 unidades ( $\Delta x = x - x_0 = 8 - 0 = 8$ ).

- 4 El desplazamiento, por lo tanto, también es un vector.
- 5 El operador  $\Delta$  se lee "incremento de...", e indica la diferencia entre el valor final y un valor inicial de una magnitud.

## Velocidad

La **velocidad** es el cociente entre el desplazamiento producido y el tiempo empleado en realizar el movimiento.

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{t} = \frac{\vec{r} - \vec{r}_0}{t}$$

La **velocidad**, por lo tanto, también es un **vector**. Pero al igual que hemos simplificado la notación del vector posición a una coordenada podemos hacer lo mismo con la velocidad, de manera que si suponemos que el movimiento se produce en una línea recta la velocidad puede ser calculada como:

$$v = \frac{\Delta x}{t} = \frac{x - x_0}{t}$$

Pero a lo largo de un movimiento la velocidad puede ir cambiando con el tiempo, por lo que podemos hablar de velocidad media o de velocidad instantánea:

- **Velocidad media:** valor de velocidad obtenido teniendo en cuenta solamente los valores de las posiciones inicial y final y el tiempo empleado, sin considerar si la velocidad ha sido la misma durante todo el tiempo o no<sup>6</sup>.
- **Velocidad instantánea:** velocidad a la que se mueve el móvil en un momento dado<sup>7</sup>.

6 En un viaje por carretera la velocidad nunca es constante: se producen paradas, frenadas, aceleraciones, etc. La velocidad media no coincide con la velocidad mantenida en todo momento.

7 Se supone que sería la velocidad que indicaría el velocímetro de un automóvil, si el

La velocidad se considera una magnitud derivada<sup>8</sup> cuyas dimensiones son longitud/tiempo. Se mide, por lo tanto, en m/s, pero también es habitual el uso de otras unidades como, por ejemplo, el km/h.

Debido a que las unidades minuto, día y hora no se ciñen a un sistema decimal algunos cambios de unidades pueden resultar complicados.

Ejemplo:

$$12 \text{ m/s} = \frac{12 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{0.012 \text{ km}}{0.0002778 \text{ h}} = 43.197 \text{ km/h}$$

Se recomienda el uso de factores de conversión.

Ejemplo:

$$12 \text{ m/s} = \frac{12 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{12 \text{ m}}{1 \text{ s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} =$$

$$= \frac{12 \cdot 3600 \cdot 1 \cdot \text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{km}}{1 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot \text{s} \cdot \text{h} \cdot \text{m}} = 43.2 \text{ km/h}$$

- a) 100 km/h = \_\_\_\_\_ m/s
- b) 200 m/h = \_\_\_\_\_ cm/s
- c) 25 cm/min = \_\_\_\_\_ km/h
- d) 4 mm/h = \_\_\_\_\_ cm/min
- e) 8.5 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- f) 320 km/h = \_\_\_\_\_ m/s
- g) 400 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- h) 225 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- i) 10 m/s = \_\_\_\_\_ km/s

funcionamiento de este velocímetro fuese perfecto. Matemáticamente se calcula como el límite de la velocidad media cuando el intervalo de tiempo tiende a cero.

8 Una magnitud derivada es la combinación de dos magnitudes fundamentales. En el SI la longitud y el tiempo son consideradas fundamentales, y la velocidad derivada.

- j) 20 m/s = \_\_\_\_\_ km/min
- k) 75 cm/min = \_\_\_\_\_ km/h
- l) 210 mm/s = \_\_\_\_\_ dam/h
- m) 0.0003 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- n) 0.3 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- o) 2 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- p) 7 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- q) 15 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- r) 22.2 m/s = \_\_\_\_\_ km/h
- s) 25 dam/s = \_\_\_\_\_ hm/h
- t) 75 m/s = \_\_\_\_\_ dam/h
- u) 8.5 dam/s = \_\_\_\_\_ km/h
- v) 2 hm/s = \_\_\_\_\_ km/h
- w) 2 dm/min = \_\_\_\_\_ m/h
- x) 3 cm/s = \_\_\_\_\_ dam/h
- y) 50 km/h = \_\_\_\_\_ dam/min
- z) 30 dam/h = \_\_\_\_\_ m/min
- aa) 100 dam/h = \_\_\_\_\_ m/min
- ab) 90 km/h = \_\_\_\_\_ cm/min
- ac) 100 km/h = \_\_\_\_\_ mm/min
- ad) 30 m/h = \_\_\_\_\_ mm/s
- ae) 25 dam/h = \_\_\_\_\_ cm/s
- af) 300 m/h = \_\_\_\_\_ dm/min
- ag) 45 mm/s = \_\_\_\_\_ m/h
- ah) 76 mm/min = \_\_\_\_\_ km/h
- ai) 82 cm/min = \_\_\_\_\_ km/h
- aj) 32 dm/s = \_\_\_\_\_ m/h
- ak) 5 m/min = \_\_\_\_\_ dam/h
- al) 2 dam/min = \_\_\_\_\_ km/h
- am) 70 km/h = \_\_\_\_\_ hm/s

an)  $85 \text{ km/h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dam/s}$

ao)  $90 \text{ dam/h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$

ap)  $6 \text{ hm/h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dam/s}$

aq)  $95 \text{ km/h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$

ar)  $120 \text{ km/h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$

as)  $85 \text{ km/h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$

## Aceleración

La aceleración mide la variación de la velocidad con el tiempo:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

La aceleración también es un vector, pero si suponemos que todos los cambios del movimiento se están produciendo en una línea recta entonces podemos simplificar la anterior expresión a la siguiente:

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t}$$

Es interesante el caso en el que la velocidad mantiene su módulo<sup>9</sup> pero modifica su dirección<sup>10</sup>. En ese caso hablamos de aceleración centrípeta, y puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Expresión en la que  $r$  sería el radio de giro<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> El tamaño o cantidad de un vector.

<sup>10</sup> La línea recta definida por el vector.

<sup>11</sup> Se supone que, si cambia la dirección, el objeto describe un movimiento curvilíneo.

## Gráficas espacio-tiempo y velocidad-tiempo

### Gráficas espacio-tiempo

Un movimiento puede ser representado en una gráfica en la que las posiciones se leen en el eje vertical y los tiempos en el eje horizontal.



Final 200m Mariposa Femenino (Mireia Belmonte (Oro y CR), Judit Ignacio (Plata)) (24-08-2014)

[Mireia Belmonte tras ganar la final de 200 m mariposa femenina en Berlín en 2014.](#)

Ejemplo: en 2014 Mireia Belmonte ganó el oro en 200 m mariposa en Berlín al recorrer, cuatro veces en 124.79 s, una piscina de 50 m.

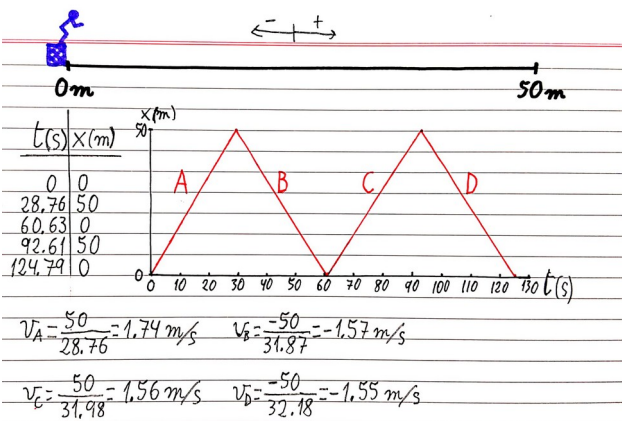


Mireia en la piscina

Otros vídeos auto-asociados

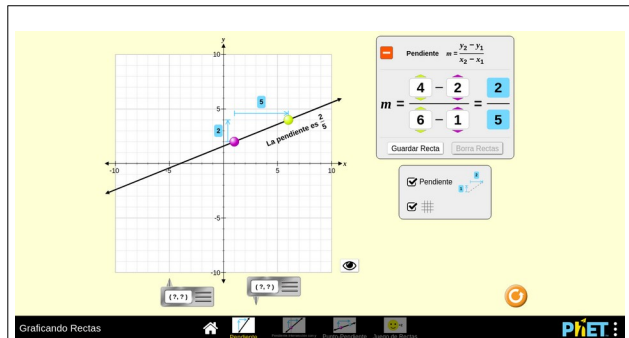
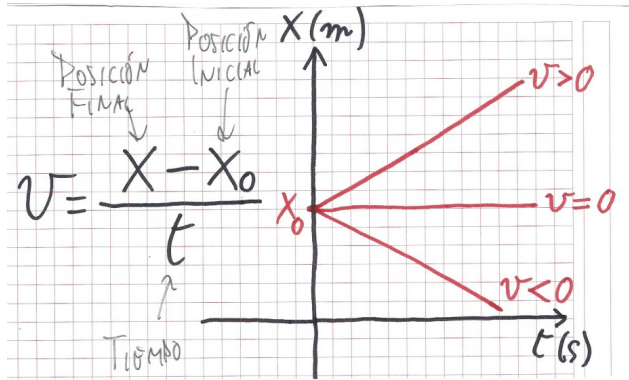


El recorrido de la nadadora puede representarse en una gráfica.



En la tabla de la izquierda figuran los tiempos y posiciones de Mireia a lo largo de la prueba. Bajo la gráfica están los cálculos de las velocidades en cada uno de los tramos. El desplazamiento final fue nulo, dado que Mireia volvió al punto de partida.

En este tipo de gráficas la velocidad de cada tramo viene indicada por la pendiente de la recta, de forma que si la recta va hacia arriba eso indica una velocidad positiva, si va hacia abajo la velocidad es negativa y si la recta es horizontal la velocidad es cero (el objeto está inmóvil).

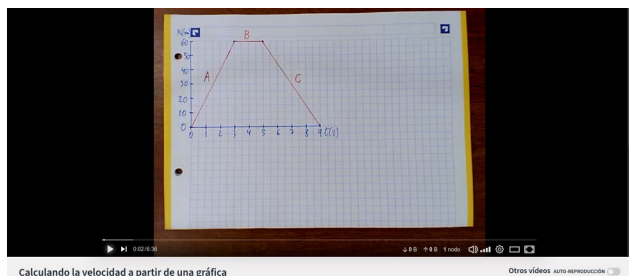


A partir de la representación gráfica de una función lineal es sencillo calcular la pendiente.



(Imagen: [Graficando rectas, CC-BY PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder](https://phet.colorado.edu)

<https://phet.colorado.edu>)

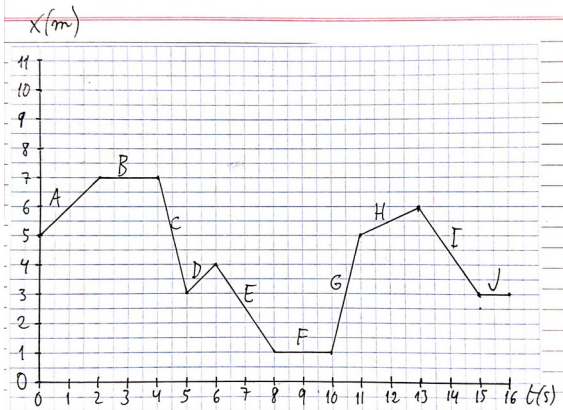
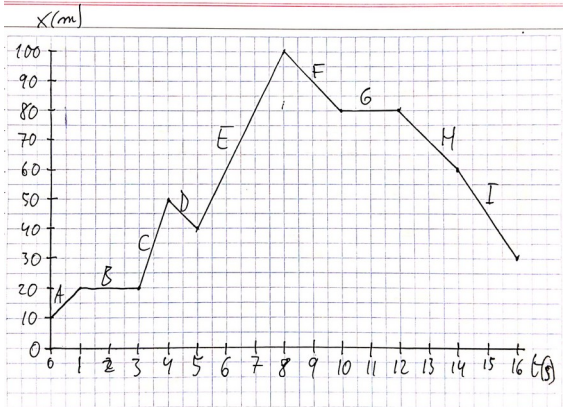
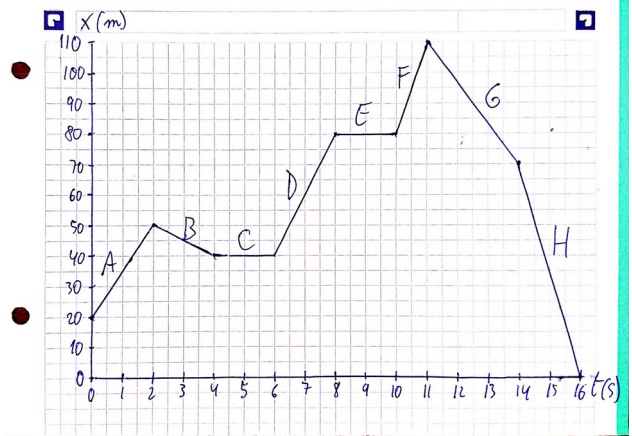
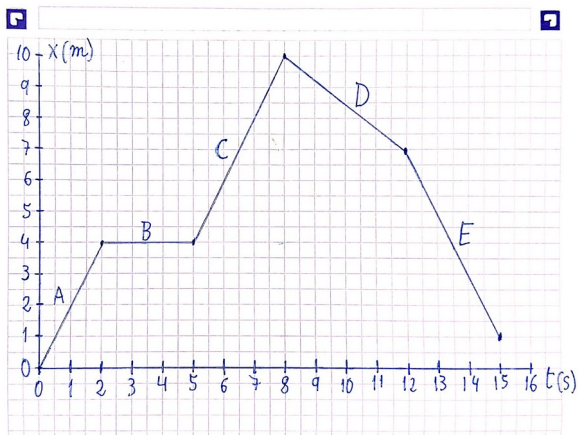
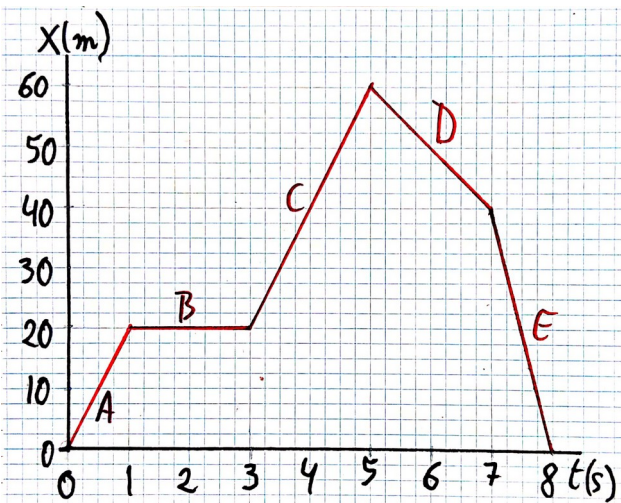
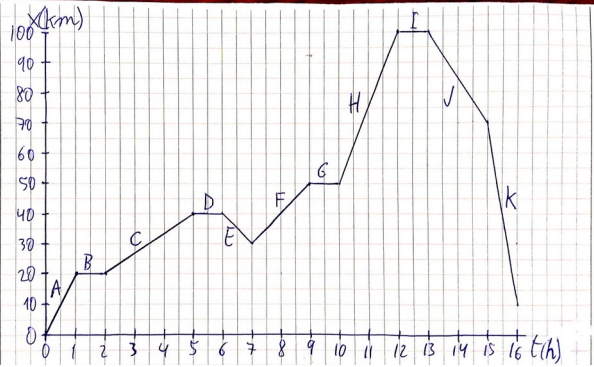


Calculando la velocidad a partir de una gráfica

Otros vídeos auto-asociados

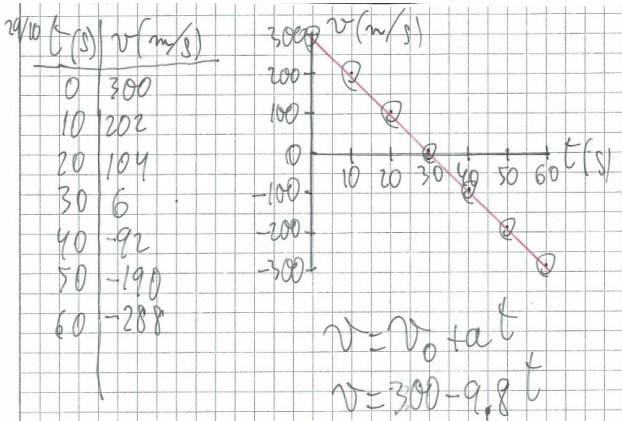


Calcula las velocidades en cada uno de los tramos de los siguientes movimientos:



## Gráficas velocidad-tiempo

También es posible construir gráficas velocidad-tiempo, en los que la velocidad viene representada en el eje vertical. Generalmente solo son interesantes cuando se produce una variación en la velocidad. Ejemplo:



## MRU

El Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) se caracteriza por:

- Una trayectoria rectilínea.
- Una velocidad ( $v$ ) constante:

$$v = \frac{\Delta x}{t} = \frac{x - x_0}{t}$$

La posición ( $x$ ) depende del tiempo ( $t$ ) según la función siguiente:

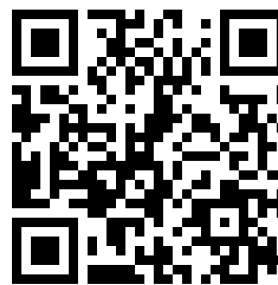
$$x = x_0 + v \cdot t$$

La posición inicial ( $x_0$ ) es el valor de la posición ( $x$ ) en el instante inicial ( $t=0$ ):

$$x = x_0 + v \cdot t = x_0 + v \cdot 0 = x_0$$

Ejemplo:

Mireia Belmonte justo antes de participar en la final de 5 km de aguas abiertas en el Campeonato Europeo de Natación de 2014.



En el Campeonato Europeo de Natación de 2014 Mireia Belmonte empleó 58 min y 41 s (3521 s) en nadar 5 km. Su velocidad media fue de 1.420 m/s:

$$v = \frac{5000 - 0}{3521} = 1.420 \text{ m/s}$$

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME (MRU)

- TRAYECTORIA: RECTA
- VELOCIDAD ( $v$ ): CONSTANTE  $v = \frac{x - x_0}{t}$

Distancia	Tiempo
0 m	0 s
2500 m	29 min 31 s
5000 m (META)	58 min 41 s

VELOCIDAD MEDIA:  
 $v = \frac{5000 - 0}{3521} = 1.420 \text{ m/s}$

Es posible representar un MRU en una gráfica x-t.

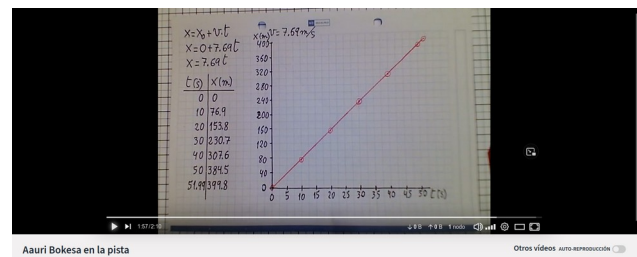
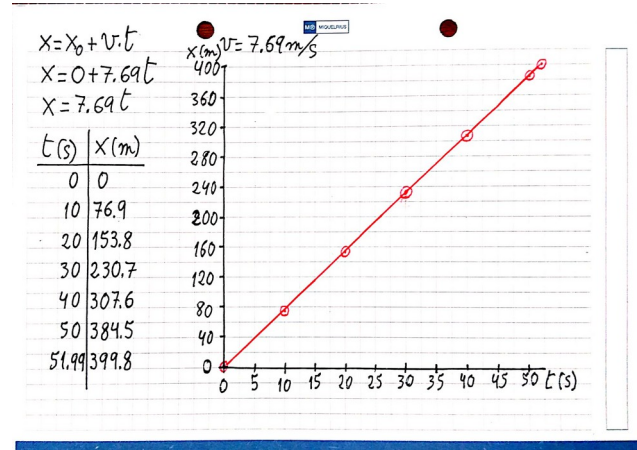
Ejemplo:

Auri Lorena BOKESA  
Calle 5 MMP 51.77

Auri Bokesa Meeting Iberoamericano Huelva Junio 2014

Auri Bokesa en el Meeting Iberoamericano de Huelva de 2014.

En el Meeting Iberoamericano de Huelva de 2014 Auri Bokesa recorrió 400 m en 51.99 s. Suponiendo que los hubiese recorrido a velocidad constante y en línea recta el movimiento hubiese sido un MRU, y se podría haber representado así:



**Actividades**

Si no nos dicen donde está un móvil en el momento inicial podemos, para simplificar los cálculos, situar el origen de coordenadas en dicho lugar. De esa forma  $x_0=0$  m.



a) Un juguete se mueve a 2 m/s durante 10 s. Representa el movimiento en una gráfica x-t.

b) Un atleta corre a 6.5 m/s durante 10 s. Representa su movimiento en una gráfica x-t.

- c) Un ascensor baja desde 80 m de altura a -2 m/s durante 50 s. Representa el movimiento en una gráfica x-t.
- d) Un vehículo se mueve a 4 m/s durante 5 s. Representa el movimiento en una gráfica x-t.
- e) Un ascensor, inicialmente a 4 m de altura, sube a 2 m/s durante 6 s. Describe su movimiento en una gráfica x-t.



- f) Un ascensor baja, desde 20 m de altura, a 2 m/s durante 10 s. Representa el movimiento en

una gráfica x-t.

- g) Un atleta corre a 8 m/s durante 8 s. Representa el movimiento en una gráfica x-t.
- h) Un ascensor sube, desde 20 m de altura, a 2 m/s durante 10 s. Representa el movimiento en una gráfica x-t.
- i) Una atleta corre a 7 m/s durante 9 s. Representa el movimiento en una gráfica x-t.
- j) Una caja baja, desde 50 m de altura, con una velocidad constante de -5 m/s. Representa el movimiento en una gráfica x-t durante los primeros 10 s.
- k) Un objeto baja, desde 100 m de altura, a -13 m/s. Representa su movimiento en una gráfica x-t durante los primeros 10 s.

- l) Un objeto avanza hacia la derecha a 5 m/s mientras otro se mueve hacia la izquierda a -1.5 m/s. Si el segundo objeto estaba, inicialmente, a 65 m del primero ¿Dónde y cuando se encuentran?
- m) Un ladrón huye de un policía que está a 7 m detrás de él. Si el ladrón corre a 6.5 m/s pero el policía le persigue a 7.2 m/s ¿Cuándo y donde atrapará el policía al ladrón?

## MRUA

Un Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA) se caracteriza por:

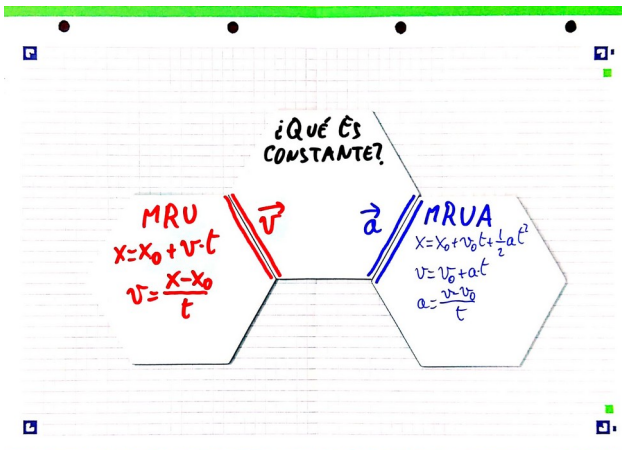
- Una trayectoria rectilínea.
- Una aceleración ( $a$ ) constante:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$



Parte del alumnado tiene problemas para determinar cuando un movimiento es MRU y cuando es MRUA. La clave está en la aceleración: si no hay aceleración la velocidad permanecerá constante (y, entonces, se trata de un MRU) mientras que si

hay una aceleración constante se trata de un MRUA.



Si en un problema leemos expresiones tales como “se lanza un objeto”, “un objeto cae”, “se deja caer un objeto” o similares se trata de un caso de **CAÍDA LIBRE**.

En esos casos se trata de un MRUA cuya aceleración depende del campo gravitatorio en el que estemos: en las cercanías de la superficie terrestre la aceleración debida a la gravedad es

$$\vec{a} = \vec{g} = -9.8 \text{ m/s}^2$$



**¡CUIDADO!**: la aceleración de la gravedad **SIEMPRE ES NEGATIVA PORQUE VA DIRIGIDA HACIA ABAJO**.

La velocidad<sup>12</sup> ( $v$ ) depende del tiempo ( $t$ ) según la función siguiente:

$$v = v_0 + at$$

La velocidad inicial ( $v_0$ ) es la velocidad del móvil ( $v$ ) en el instante inicial ( $t=0$ ).

$$v = v_0 + at = v_0 + a \cdot 0 = v_0$$



Si nos dicen “un objeto cae”, “un objeto se deja caer” o algo parecido nos están diciendo que **LA VELOCIDAD INICIAL ES IGUAL A CERO**. Lo mismo ocurre si nos dicen que “un objeto parte del reposo”.

$$v_0 = 0$$

La posición de un móvil ( $x$ ) depende del tiempo ( $t$ ) según la función siguiente:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} \cdot at^2$$

<sup>12</sup> Esta velocidad es **velocidad instantánea**, no **velocidad media**.

Ejemplo:

Cesilie Carlton, en uno de sus saltos de exhibición desde gran altura.

POSICIÓN INICIAL  $x_0 = 20\text{ m}$   
 POSICIÓN FINAL  $x = 0\text{ m}$   
 VELOCIDAD INICIAL  $v_0 = 0\text{ m/s}$   
 ACCELERACIÓN  $a = -9.8\text{ m/s}^2$   
 $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$   
 $0 = 20 + 0 \cdot t + \frac{1}{2} (-9.8) t^2$   
 $0 = 20 - 4.9 t^2 \Rightarrow 4.9 t^2 = 20 \Rightarrow t^2 = \frac{20}{4.9}$   
 $t = \pm \sqrt{\frac{20}{4.9}} = \pm 2.02\text{ s}$       $t = 2.02\text{ s}$

b) ¿Con qué velocidad llega al agua?

Cesilie Carlton está especializada en saltos desde gran altura. En los mundiales de natación de Barcelona de 2013 llegó a proclamarse campeona del mundo en salto de 20 metros. Cuando Cesilie salta desde 20 metros de altura:

a) ¿Cuánto tiempo tarda en llegar al agua?

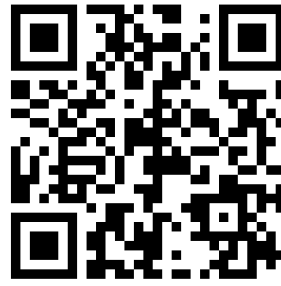
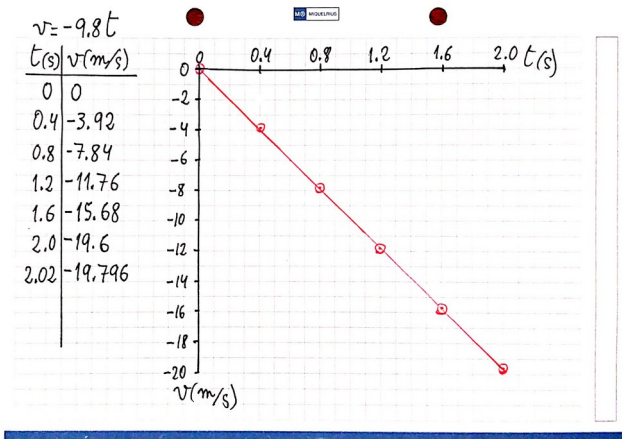
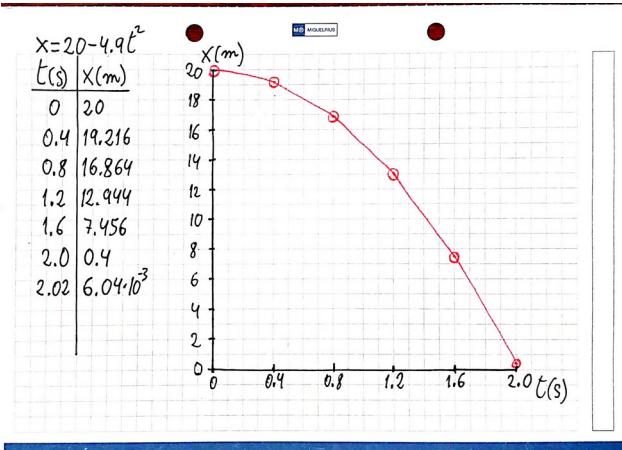
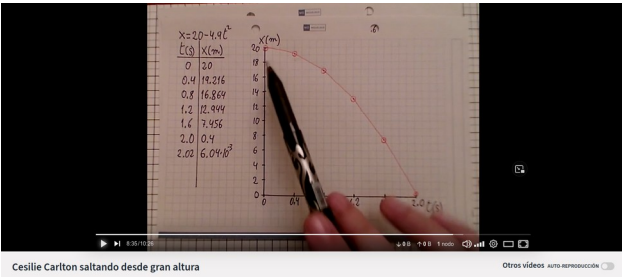
$v = v_0 + at$   
 $v = 0 - 9.8 \cdot 2.02 = -19.8\text{ m/s}$

Cesilie Carlton saltando desde gran altura

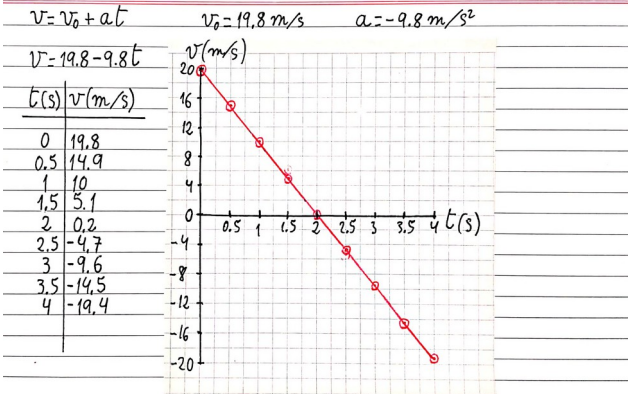
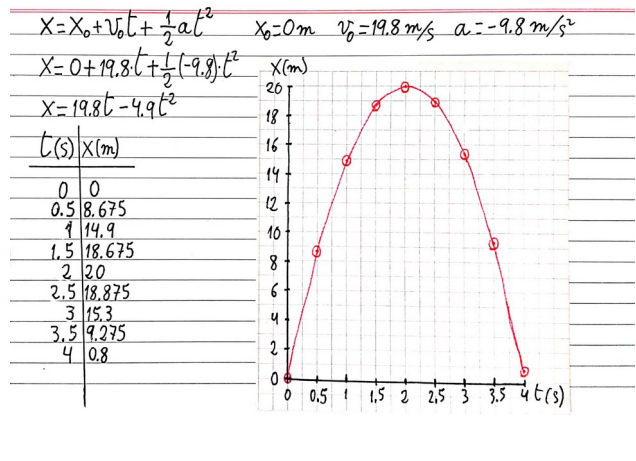
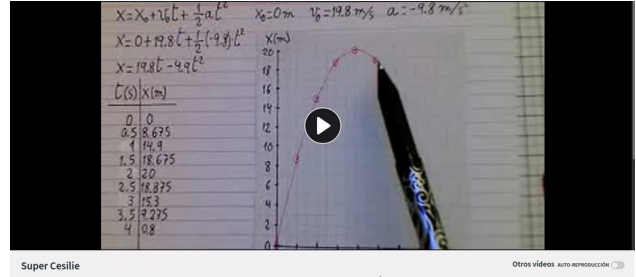
Cesilie Carlton saltando desde gran altura



c) Representa, en diagramas posición-tiempo y velocidad-tiempo, la caída de Cesilie Carlton desde veinte metros de altura.



Supongamos ahora que Cesilie fuese capaz de saltar, hacia arriba, con una velocidad inicial de 19.8 m/s ¿Qué ocurriría?



### Actividades



- a) Un objeto parte del reposo y se mueve con una aceleración de  $5 \text{ m/s}^2$  durante 10 s.

Representa el movimiento en gráficas x-t y v-t.

- b) Un objeto se mueve con una velocidad inicial de  $40 \text{ m/s}$  y una aceleración de  $-4 \text{ m/s}^2$ . Representa el movimiento, durante los primeros 20 s, en gráficas x- t y v-t.
- c) Un objeto tiene una velocidad inicial de  $100 \text{ m/s}$  y una aceleración de  $-10 \text{ m/s}^2$ . Representa el movimiento, en gráficas x-t y v-t, para los siguientes 20 s.



- d) Un objeto se mueve inicialmente a  $250 \text{ m/s}$ , pero tiene una aceleración de  $-10 \text{ m/s}^2$ .

Representa su movimiento durante 100 s en gráficas x- t y v-t.

- e) Un objeto se mueve con una velocidad inicial de  $500 \text{ m/s}$  y una aceleración de  $-10 \text{ m/s}^2$ . Representa el movimiento durante 100 s en gráficas x- t y v-t.
- f) Un cuerpo cae desde 80 m de altura. Representa las gráficas x-t y v-t durante 5 s.

- g) Si lanzamos un objeto hacia arriba a  $500 \text{ m/s}$  ¿Cuándo estará a 1000 m de altura?
- h) Lanzamos, hacia arriba, un objeto a  $300 \text{ m/s}$  ¿Cuándo vuelve al suelo?



- i) Lanzamos un objeto hacia arriba a  $500 \text{ m/s}$ . Representa el movimiento en gráficas x-t y

v-t para los siguientes 100 s.

- j) Una bomba cae desde 2000 m de altura. Representa su movimiento, en gráficas x-t y v-t, hasta que caiga al suelo.
- k) Lanzamos hacia arriba una bala a  $450 \text{ m/s}$ . Representa su movimiento, para los siguientes 90 s, en gráficas x-t y v-t.



- l) Lanzamos hacia arriba, a  $40 \text{ m/s}$ , una piedra. Representa su movimiento, en gráficas x-t y

v-t, para los primeros 8 s.

- m) Lanzamos un objeto hacia arriba a  $300 \text{ m/s}$ . Representa, durante los primeros 60 s, su movimiento en gráficas x-t y v-t.
- n) Lanzamos hacia arriba, a  $100 \text{ m/s}$ , un objeto. Representa su movimiento, en gráficas x-t y v-t, durante 20 s.

- o) Un objeto cae desde 2500 m. Representa la caída, durante 10 s, en gráficas x-t y v-t.
- p) Un objeto es lanzado hacia arriba a 275 m/s. Representa su movimiento en gráficas x-t y v-t durante 60 s.
- q) Lanzamos un objeto hacia arriba a 300 m/s. Representa las gráficas x-t y v-t para 60 s.
- r) Un objeto cae desde 2000 m de altura. Representa la caída, durante 20 s, en gráficas x-t y v-t.

[Más ejercicios de movimientos:](#)



## FUERZAS

### Leyes de la dinámica de Newton

La **cantidad de movimiento**, o **momento lineal**, es una magnitud vectorial que depende de la masa<sup>13</sup> de un móvil y de su velocidad:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

*La cantidad de movimiento es una magnitud conservativa: puede transmitirse pero no puede crearse.*

(Imagen: [Laboratorio de Colisiones, CC-By PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder](https://phet.colorado.edu)  
<https://phet.colorado.edu>)

<sup>13</sup> En el Sistema Internacional de Unidades la masa se mide en kg. Las unidades más utilizadas son: kg, hg, dag, g, dg, cg y mg, y los cambios de unidades se realizan de manera análoga a como se realizan los de unidades de longitud.

Llamamos fuerza a la cantidad de movimiento transmitida en una unidad de tiempo:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{t} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{t} = \frac{m \cdot \vec{v} - m \cdot \vec{v}_0}{t} = \frac{m \cdot (\vec{v} - \vec{v}_0)}{t}$$

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{t} = m \cdot \vec{a}$$

Dado que la masa se mide en kg y la aceleración en  $\text{m/s}^2$  la fuerza se mide en  $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ , unidad a la que llamamos newton y cuyo símbolo es N.



**¡CUIDADO!** Aunque, en general, los símbolos de las unidades de medida se escriben con minúsculas existen algunas excepciones: los

símbolos de unidades que procedan de un nombre propio (como Newton, por ejemplo) **SE ESCRIBEN CON MAYÚSCULA.**



*Émilie du Châtelet, representada como musa de Voltaire (abajo), a quien transmite la luz que procede de Newton (frente a ella) (Imagen: dominio público).*



Isaac Newton (1643-1727) definió un paradigma para la mecánica que estuvo inalterado hasta el siglo XX. Probablemente las ideas de Newton no hubiesen sido tan fecundas de no haber sido por la labor divulgativa de **Émilie du Châtelet**, autora (junto con Voltaire) de *Los elementos de la filosofía de Newton* (1738).

## Primera Ley de Newton: ley de la inercia

Todo objeto tiende a permanecer en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme mientras no se le aplique ninguna fuerza.



*En ausencia de fuerzas el estado de movimiento se mantiene indefinidamente.*



(Imagen: [Fuerzas y movimiento: Intro](https://phet.colorado.edu), CC-BY PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder

<https://phet.colorado.edu>)

De acuerdo con la expresión  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  la aceleración depende de la fuerza en la forma siguiente:  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ , por lo que cuando  $\vec{F} = 0$  la aceleración será también cero:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{0}{m} = 0$$

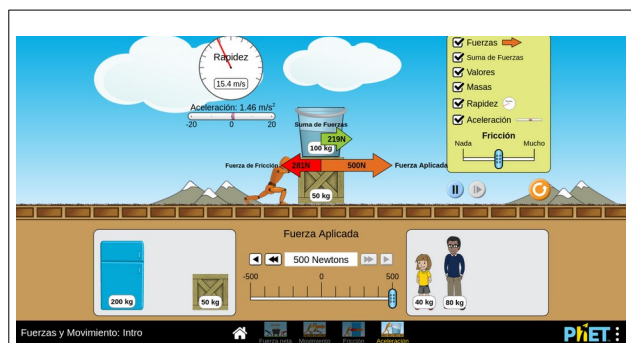
Y, en ausencia de aceleración, el objeto está inmóvil o en MRU.

Es decir, que mientras no apliquemos una fuerza a un objeto pueden ocurrir dos cosas:

- Si el objeto está inmóvil seguirá inmóvil.
- Si el objeto se está moviendo (solo puede hacerlo en un movimiento rectilíneo uniforme) seguirá moviéndose sin cambiar ni su velocidad ni su trayectoria.

## Segunda Ley de Newton: principio fundamental de la dinámica de Newton

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



*La aceleración es directamente proporcional a la fuerza.*

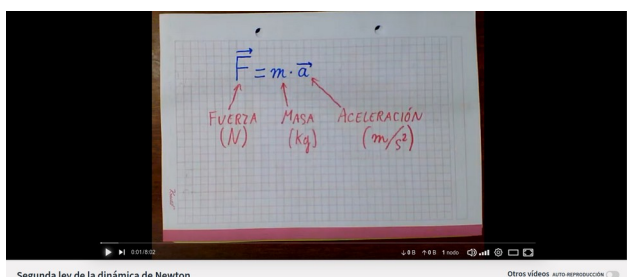


(Imagen: [Fuerzas y movimiento: Intro](https://phet.colorado.edu), CC-BY PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder

<https://phet.colorado.edu>)



Resuelve los siguientes problemas basados en la segunda ley de Newton.



a) ¿Qué fuerza es necesario aplicar a un objeto de 40 kg para darle una aceleración de

8 m/s<sup>2</sup>?

b) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 20 kg al aplicarle 10 N?

c) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 25 kg al aplicarle -50 N?



d) ¿Qué masa tendrá un objeto al que, al aplicarle 7 N, acelera a 28 m/s<sup>2</sup>?

e) Un objeto, al aplicarle 150 N, adquiere una aceleración de 2 m/s<sup>2</sup>. ¿Cuál es su masa?

f) ¿Qué aceleración adquiere un objeto de 50 kg al aplicarle -10 N?

g) ¿Qué fuerza es necesaria para dar 15 m/s<sup>2</sup> a un cuerpo de 10 kg?

h) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 6 kg al aplicarle -3 N?

i) ¿Qué fuerza hace falta para dar, a un cuerpo de 10 kg, una aceleración de -10 m/s<sup>2</sup>?

j) ¿Qué fuerza hay que aplicar a un objeto de 100 kg para conseguir una aceleración de 6 m/s<sup>2</sup>?

k) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 50 kg al aplicarle 10 N?

l) Un objeto adquiere 50 m/s<sup>2</sup> al aplicarle 0.1 N. Calcula su masa.

m) Si queremos frenar, con una aceleración de -3m/s<sup>2</sup>, un cuerpo de 20 kg ¿Qué fuerza es necesaria?

n) A un objeto de 20 kg le aplicamos una fuerza de 4 N. Calcula la aceleración.

o) ¿Qué fuerza es necesaria para dar una aceleración de 5 m/s<sup>2</sup> a un objeto de 50 kg?

p) ¿Qué fuerza hay que aplicar a un objeto de 10 kg para conseguir una aceleración de 60 m/s<sup>2</sup>?

q) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 25 kg al aplicarle -5 N?

r) ¿Qué aceleración adquiere un objeto de 100 kg al aplicarle 20 N?

s) ¿Qué fuerza es necesaria para dar una aceleración de -20 m/s<sup>2</sup> a un objeto de 85 kg?

- t) ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 90 kg si se le aplican -5 N?
- u) Si un objeto, al aplicarle 20 N, adquiere una aceleración de 4 m/s<sup>2</sup> ¿Cuál es su masa?
- v) ¿Qué fuerza es necesario aplicar a 200 kg para acelerar a 8 m/s<sup>2</sup>?

### Tercera Ley de Newton: ley de acción y reacción

Si un objeto A ejerce una fuerza sobre otro objeto B, el objeto B ejerce otra fuerza de igual módulo y dirección, pero de sentido contrario, sobre el objeto A.

Si la cantidad de movimiento de un sistema es limitada eso significa que, si un objeto A transmite parte de su cantidad de movimiento a un objeto B, la cantidad de movimiento que pierde A es exactamente igual a la que gana B o, lo que es lo mismo: la variación de cantidad de movimiento de A es igual, pero de signo opuesto, a la de B:

$$\vec{p}_A = -\vec{p}_B$$

$$\vec{F}_A = \frac{\Delta \vec{p}_A}{t} = \frac{-\Delta \vec{p}_B}{t} = -\vec{F}_B$$

Según la ley de Hooke:

$\vec{F} = -k \cdot \Delta \vec{x}$  donde  $\vec{F}$  es la fuerza realizada por un resorte que ha sido desplazado en una cantidad  $\Delta \vec{x}$ , siendo  $k$  la constante de elasticidad del resorte en cuestión.

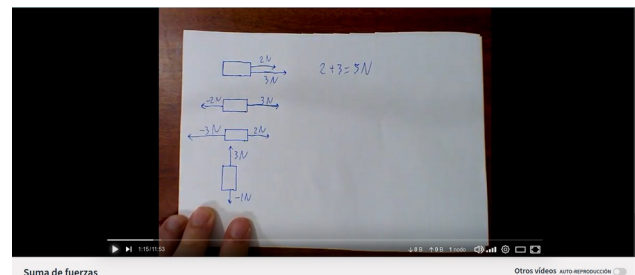


*La fuerza aplicada para estirar un muelle es idéntica en módulo y dirección a la ejercida por el muelle, pero de sentido contrario.*

(Imagen: Ley de Hooke, CC-BY PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder)

<https://phet.colorado.edu>)

### Suma de fuerzas

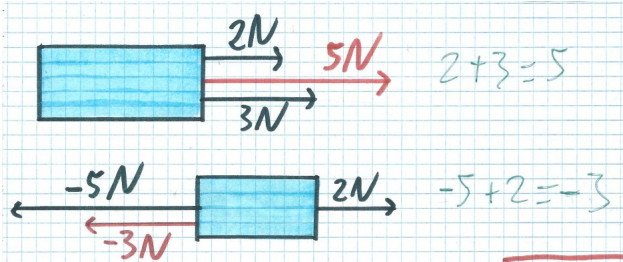


Las fuerzas se suman vectorialmente.

### Suma de fuerzas de igual dirección

Los vectores de igual dirección se suman igual que los escalares, teniendo en cuenta su signo.

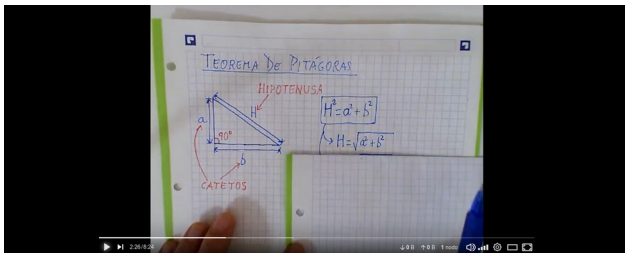
Ejemplo:



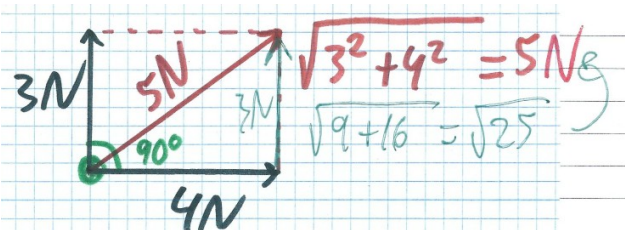
### Suma de fuerzas perpendiculares



Para la suma de vectores perpendiculares<sup>14</sup> se debe recurrir al [teorema de Pitágoras](#).

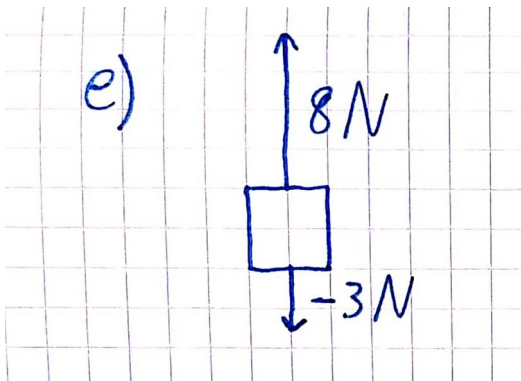
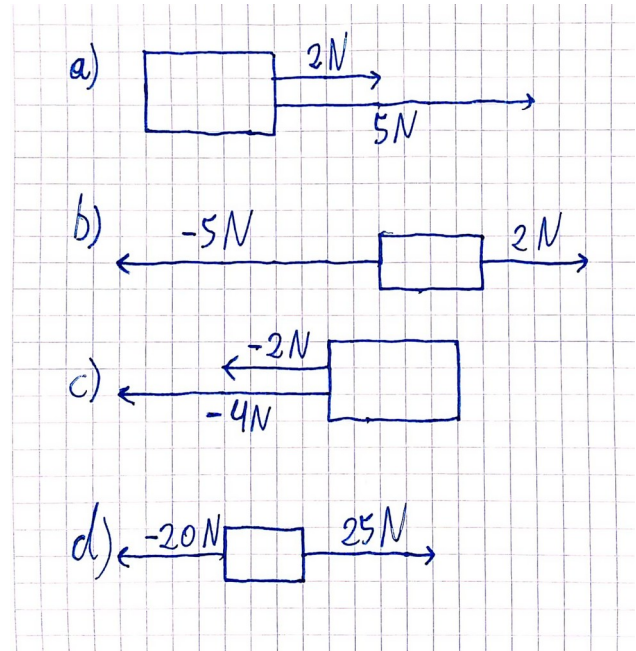


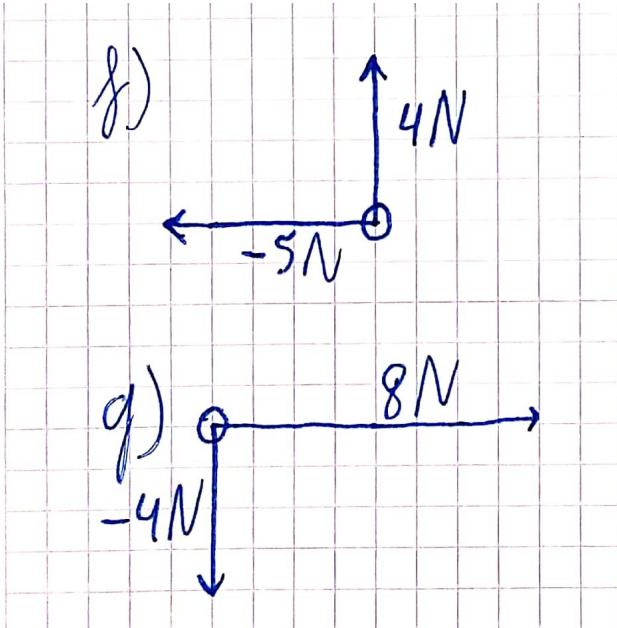
Ejemplo:



<sup>14</sup> La suma de vectores que no sean perpendiculares ni tengan igual dirección también es posible, pero requieren algunos conocimientos de trigonometría que exceden el nivel de este curso.

### Actividades





h) Calcula la fuerza resultante de dos fuerzas perpendiculares de 6 N y 9 N.

i) A un objeto de 20 kg se le aplican dos fuerzas en la misma dirección: una de 15 N y otra de -7 N ¿Qué aceleración adquiere?

Más problemas:



## Peso

La ley de gravitación universal de Newton dice que, dados dos cuerpos de masas  $m_1$  y  $m_2$  separados por una distancia  $r$  (desde el centro de masas de un objeto al centro de masas del otro) se produce una fuerza de atracción gravitatoria entre ambos igual a:

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \hat{u} \quad \text{donde}$$

- $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ , la constante gravitatoria universal.
- $\hat{u}$  es un vector de módulo igual a 1 N cuya dirección es la de la recta que une los dos objetos, y cuyo sentido va desde el objeto 1 hacia el objeto 2. Su única función es definir la dirección y sentido del vector, pero no afecta a su módulo.

Entre dos cuerpos cualquiera siempre hay una fuerza de atracción en función de sus masas y de la distancia que los separa.

(Imagen: Laboratorio de Fuerza de Gravedad, CC-BY PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder <https://phet.colorado.edu>)





Vera Rubin (la segunda por la izquierda, vestida de rojo) (Imagen: dominio público)



¿Hasta que punto es “universal” la ley de gravitación universal de Newton? Esta ley está basada en las observaciones de Kepler sobre el movimiento de

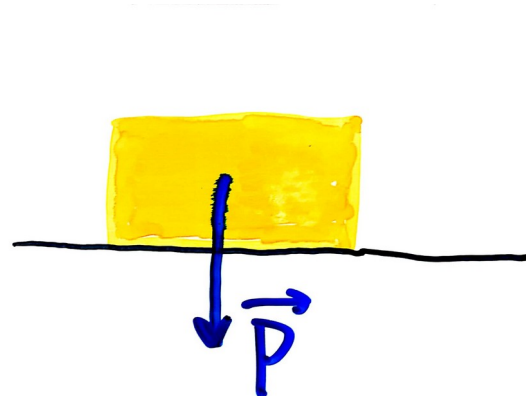
los planetas del Sistema Solar (leyes de Kepler), pero por ahora es incapaz de explicar el movimiento de las galaxias, tal y como ya propuso Fritz Zwicky en 1933 y demostró Vera Rubin en 1975. Las posibles explicaciones pasan por una modificación de la ley de gravitación universal de Newton o por admitir que la mayor parte de la masa de las galaxias corresponde a “materia oscura”, una materia hipotética indetectable.

En el caso de objeto situados en las proximidades de la superficie de un planeta la fuerza de atracción gravitatoria es conocida como **peso**. La ley de gravitación universal de Newton se puede simplificar a la siguiente expresión:

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \hat{u} = -G \cdot \frac{m_1}{r^2} \cdot \hat{u} \cdot m_2 = \vec{g} \cdot m_2$$

donde  $\vec{g} = -G \cdot \frac{m_1}{r^2} \hat{u}$  siendo  $m_1$  la masa

del planeta y  $r$  su radio. Podemos suponer que el vector  $\vec{g}$  tiene un módulo constante y uniforme en la superficie de todo el planeta, pero que variará de un planeta a otro. Se trata de la **intensidad de campo gravitatorio**, que en la superficie de la Tierra tiene un módulo<sup>15</sup> de **-9.8 N/kg**.



En general el peso de un objeto de masa  $m$  es igual a:

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

<sup>15</sup> Si tenemos en cuenta que  $1N = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ , entonces

$$\vec{g} = -9.8 \cdot \frac{N}{kg} = \frac{-9.8 \cdot N}{kg} = \frac{-9.8 \cdot \text{kg} \cdot \frac{m}{s^2}}{kg} \text{ y,}$$

entonces  $\vec{g} = -9.8 \cdot \frac{m}{s^2}$ , la aceleración debida a la gravedad.



**¡CUIDADO!** Un error muy frecuente es el de confundir masa y peso. Aunque en el lenguaje coloquial solemos decir que un objeto “pesa

nosecuantos kilogramos” en realidad masa y peso son dos magnitudes distintas:

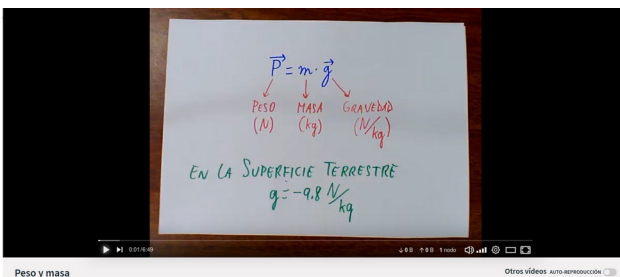
- La **MASA** depende de la cantidad de sustancia de un cuerpo, y se mide en **KILOGRAMOS**. Es el mismo en todas partes.



- El PESO es una fuerza que depende de la masa de un objeto y de la intensidad del campo

gravitatorio del lugar donde se sitúe, y se mide en NEWTONS. El peso de un objeto en la Luna, por ejemplo, es aproximadamente una sexta parte del peso del mismo objeto en la Tierra, porque allí

$$\vec{g} = -1.62 \hat{u} \frac{N}{kg} .$$



Para levantar un objeto será necesario ejercer una fuerza de igual módulo y dirección a la de su peso pero de sentido contrario: mientras que el peso es siempre negativo (porque va dirigido hacia abajo) la fuerza necesaria para levantar un objeto será positiva (porque va dirigida hacia arriba).



Lydia Valentín en las Olimpiadas de Londres 2012 (Imagen: CC-BY Simon Q).

La mejor marca de Lydia Valentín está en **150 kg**, por lo que el peso de dichas pesas era de:

$$150 \cdot 9.8 = -1470 \text{ N}$$

Para levantar esas pesas Lydia debió desarrollar una fuerza de igual módulo y dirección, pero hacia arriba, por lo que la fuerza desarrollada por Lydia fue de **1470 N**, positiva.

### Actividades



- a) ¿Qué peso tiene un objeto de 50 kg en la superficie de la Tierra?  
¿Qué fuerza hay que

ejercer para levantarlo?

- b) Calcula el peso de una persona de 80 kg.  
c) ¿Qué masa tiene un objeto cuyo peso es de -900 N?  
d) Calcula el peso de un objeto de 500 kg.  
e) Calcula la masa de un objeto cuyo peso es de -5000 N.  
f) Calcula el peso de un objeto de 60 kg.



- g) ¿Cuál es el peso, en la Tierra, de un saco de 25 kg de cemento?  
¿Qué fuerza hay que hacer

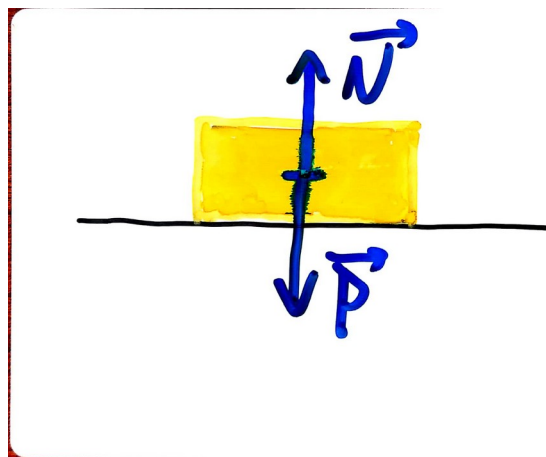
para levantarlo?

- h) ¿Cuánto pesa un objeto de 100 kg en la superficie de la Tierra?  
¿Qué fuerza es necesaria para levantarlo?  
i) ¿Cuánto pesa un 1kg de azúcar en la Tierra?  
j) Tenemos que levantar un saco de 40 kg ¿Cuánto pesa? ¿Qué fuerza hay que hacer para levantarlo?

- k) ¿Qué peso tiene un objeto de 500 kg? ¿Qué fuerza se necesita para levantarlo?  
l) ¿Cuál es el peso de un objeto de 75 kg? ¿Qué fuerza hay que aplicar a ese objeto de 75 kg para levantarlo?

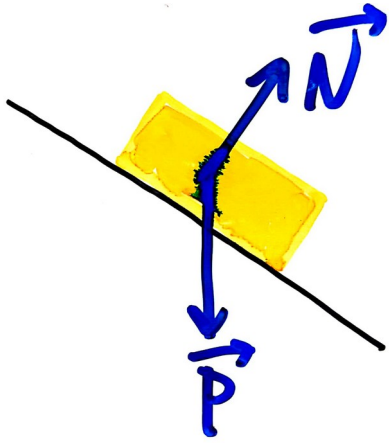
### Normal

Se llama **normal** a la fuerza ejercida por una superficie en dirección perpendicular a sí misma. Se trata, en general, de una reacción a otra fuerza<sup>16</sup>.



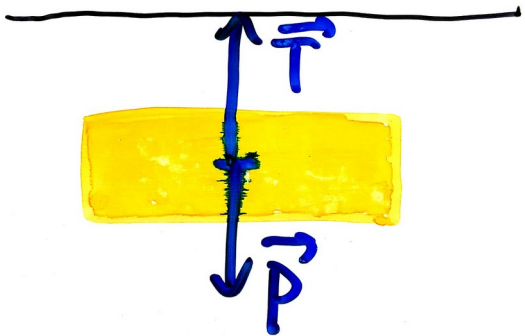
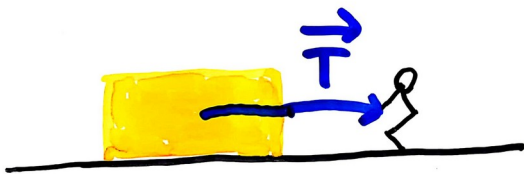
**¡CUIDADO!** Si la superficie está inclinada la normal también lo estará. En física y geometría la palabra "NORMAL" no significa "habitual" ni "sujeto a norma" sino **PERPENDICULAR**:

<sup>16</sup> El peso, por ejemplo.

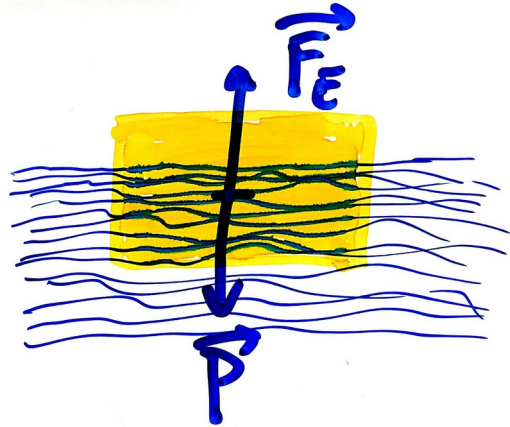


## Tensión

Se llama **tensión** a la fuerza de tracción ejercida por, por ejemplo, una cuerda, cable o similar.



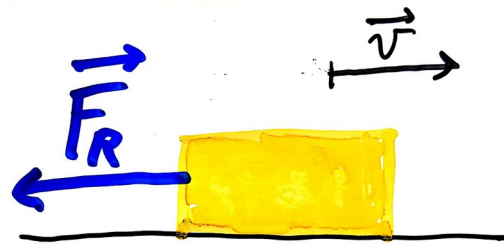
## Empuje



Se llama **empuje** a la fuerza de flotación ejercida por un fluido (líquido o gas). Según el principio de Arquímedes el empuje es igual al peso del fluido desalojado por el objeto. Si el empuje es inferior al peso el objeto se hundirá pero si, por el contrario, el empuje tiene un módulo igual al del peso el objeto flotará.

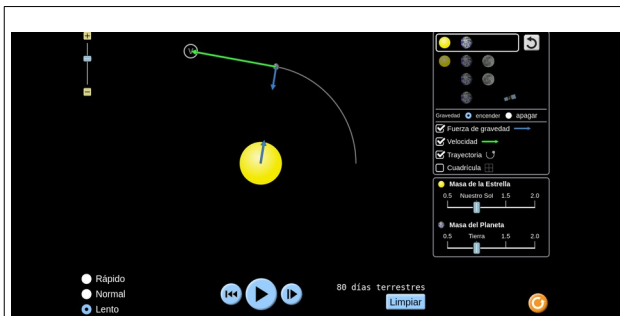
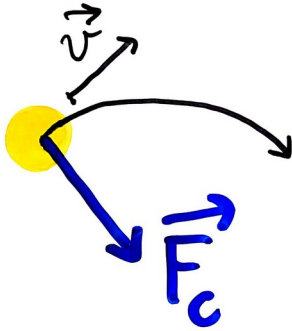
## Rozamiento

Se llama **rozamiento** a la fuerza que un medio opone al movimiento de un objeto.



## Fuerza centrípeta

Se llama **fuerza centrípeta** a la que hace que un cuerpo se desvíe perpendicularmente a la dirección de su movimiento.



La traslación de la Tierra en torno al Sol se debe a una fuerza centrípeta: la atracción gravitatoria.



(Imagen: Gravedad y Órbitas, CC-BY PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder)

<https://phet.colorado.edu>)

Es interesante el caso en el que la velocidad mantiene su módulo pero modifica su dirección. En ese caso hablamos de aceleración centrípeta, y puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Expresión en la que  $r$  sería el radio de giro<sup>17</sup>. Según esto la fuerza centrípeta podría calcularse como:

$$\vec{F}_c = m \cdot \vec{a}_c = m \cdot \frac{v^2}{r}$$



**¡CUIDADO!** La “fuerza centrífuga” **NO EXISTE**. Se suele hablar de “fuerza centrífuga” como la aparente causa de que un objeto “describa un

movimiento hacia el exterior de una curva” cuando, en realidad, lo que ocurre es que el objeto tiende a seguir en MRU<sup>18</sup> mientras todo su entorno (un vehículo en el que se desplaza, por ejemplo) se ve forzado<sup>19</sup> a describir una trayectoria curva.

<sup>17</sup> Se supone que, si cambia la dirección, el objeto describe un movimiento curvilíneo.

<sup>18</sup> Como consecuencia de la primera ley de la dinámica de Newton.

<sup>19</sup> Debido a una fuerza centrípeta.

## Diagramas de cuerpo libre

Un diagrama de cuerpo libre se utiliza para representar las fuerzas que actúan sobre un objeto.

### Actividades



Representa las fuerzas que afectan a los siguientes objetos:

- Una lámpara que cuelga de un cable.
- Una manzana que cae de un árbol.
- Una caja que reposa sobre una superficie horizontal.
- Una caja que es empujada por una persona sobre una superficie horizontal.
- Un trineo tirado por renos sobre una superficie horizontal.
- Una caja que reposa, inmóvil, sobre un plano inclinado.
- Una pelota que descendiendo rodando sobre un plano inclinado.
- Una caja que es empujada hacia arriba sobre un plano inclinado.
- Una pelota de baloncesto que acaba de ser lanzada por un jugador y todavía no ha llegado a la canasta.



- Una pelota flotando inmóvil en el agua.
- La Luna girando en torno a la Tierra.

## Deformaciones

### Deformación plástica

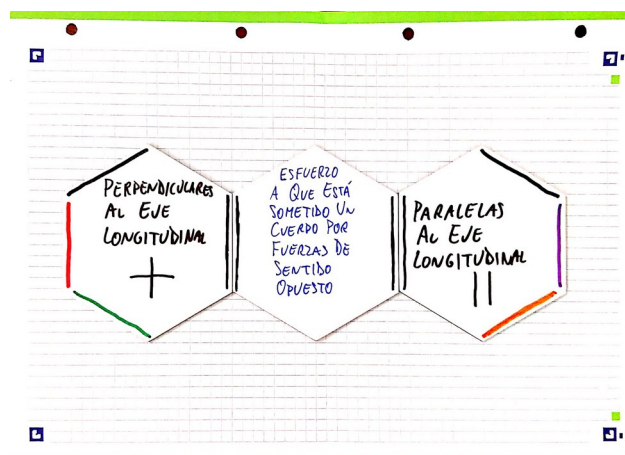
Deformación permanente de un cuerpo. La forma original no se recupera cuando el esfuerzo desaparece<sup>20</sup>.

### Deformación elástica

Deformación temporal de un cuerpo. La forma original se recupera cuando el esfuerzo desaparece<sup>21</sup>.

## Esfuerzos

Se dice que un cuerpo está sometido a un esfuerzo cuando está sometido a fuerzas de sentidos opuestos. Se pueden clasificar en dos grandes grupos, según las fuerzas implicadas sean perpendiculares o paralelas al eje longitudinal del cuerpo.

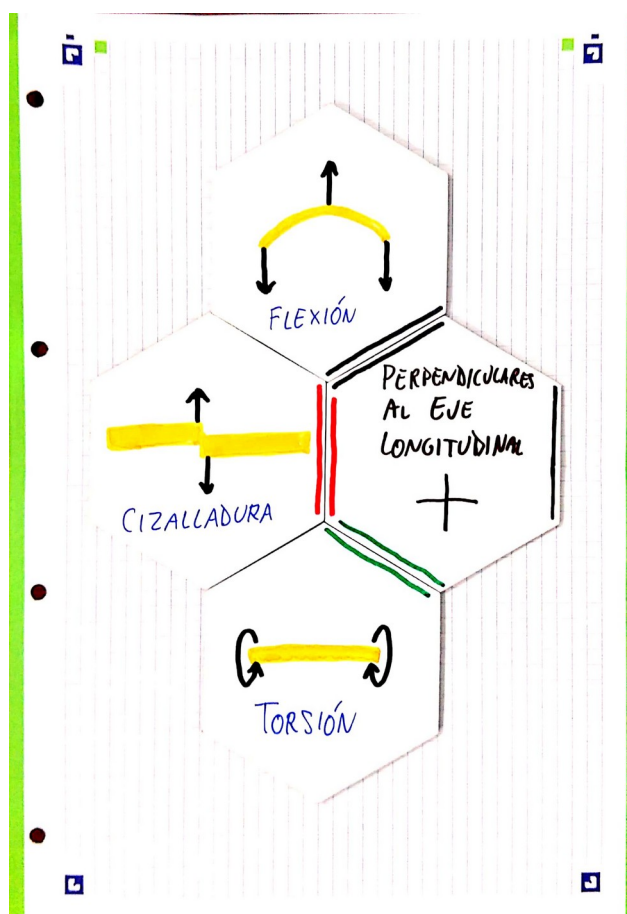


<sup>20</sup> La deformación de un bloque de plastilina, por ejemplo.

<sup>21</sup> La deformación de un muelle, por ejemplo, siempre que no superemos su límite de elasticidad.

## Esfuerzos debidos a fuerzas perpendiculares al eje longitudinal

- Si la tendencia es a doblar el cuerpo: **flexión**<sup>22</sup>.
- Si la tendencia es a fracturar el cuerpo: **cizalladura**<sup>23</sup>.
- Si la tendencia es a retorcer el cuerpo: **torsión**<sup>24</sup>.



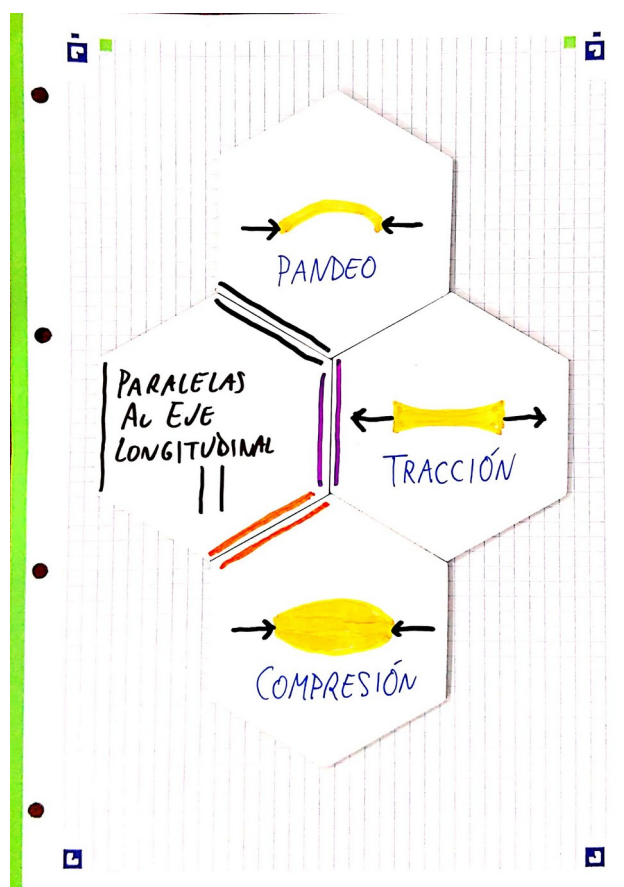
<sup>22</sup> La deformación de una balda de estantería cargada de libros, por ejemplo.

<sup>23</sup> El esfuerzo ejercido por unas tijeras sobre un papel, por ejemplo.

<sup>24</sup> El esfuerzo realizado al retorcer una toalla, por ejemplo.

## Esfuerzos debidos a fuerzas paralelas al eje longitudinal

- Si la tendencia es a doblar el cuerpo: **pandeo**<sup>25</sup>.
- Si la tendencia es a estirar el cuerpo: **tracción**<sup>26</sup>.
- Si la tendencia es a comprimir el cuerpo: **compresión**<sup>27</sup>.



<sup>25</sup> Suele manifestarse cuando las patas de un mueble, las columnas de un edificio o una estructura similar cargan un peso mayor del que pueden soportar: el resultado, si no es una rotura, es un pandeo.

<sup>26</sup> El esfuerzo al que está sometida una cuerda de la que cuelga algún objeto, por ejemplo.

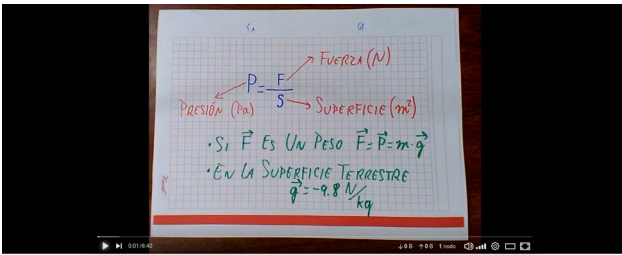
<sup>27</sup> El esfuerzo al que están sometidas las patas de una mesa o las columnas de un edificio, por ejemplo.

## Presión

El efecto de una fuerza no es el mismo si se ejerce sobre un punto que si se reparte sobre una superficie. Para tener en cuenta este efecto se ha desarrollado el concepto de presión como cociente entre una fuerza y la superficie<sup>28</sup> sobre la que se reparte.

$$P = \frac{\vec{F}}{S}$$

Si la fuerza se mide en N y la superficie en  $m^2$  entonces la presión se medirá en  $N/m^2$ , unidad que recibe el nombre de pascal (en honor a Blaise Pascal) y se simboliza como Pa.



Fuerza, peso, masa y presión

Otros vídeos auto-reproducibles



La presión es el cociente entre una fuerza y la superficie sobre la que se ejerce.

<sup>28</sup> Podemos representar la superficie mediante un vector cuyo módulo sea el tamaño de la superficie, y cuya dirección sea perpendicular a dicha superficie. La presión sería, entonces, el cociente entre la fuerza normal a esa superficie y el vector de dicha superficie. Dado que ambos vectores son perpendiculares a la superficie su cociente sería un escalar. La presión es, por lo tanto, un escalar y no un vector.

Las unidades de superficie son derivadas de las de longitud, pero cada una de ellas es cien veces superior o inferior a las unidades más próximas de la escala, de manera que las unidades más habituales son las siguientes:

$$km^2 = 1000\ 000\ m^2 = 10^6\ m^2$$

$$hm^2 = 10\ 000\ m^2 = 10^4\ m^2$$

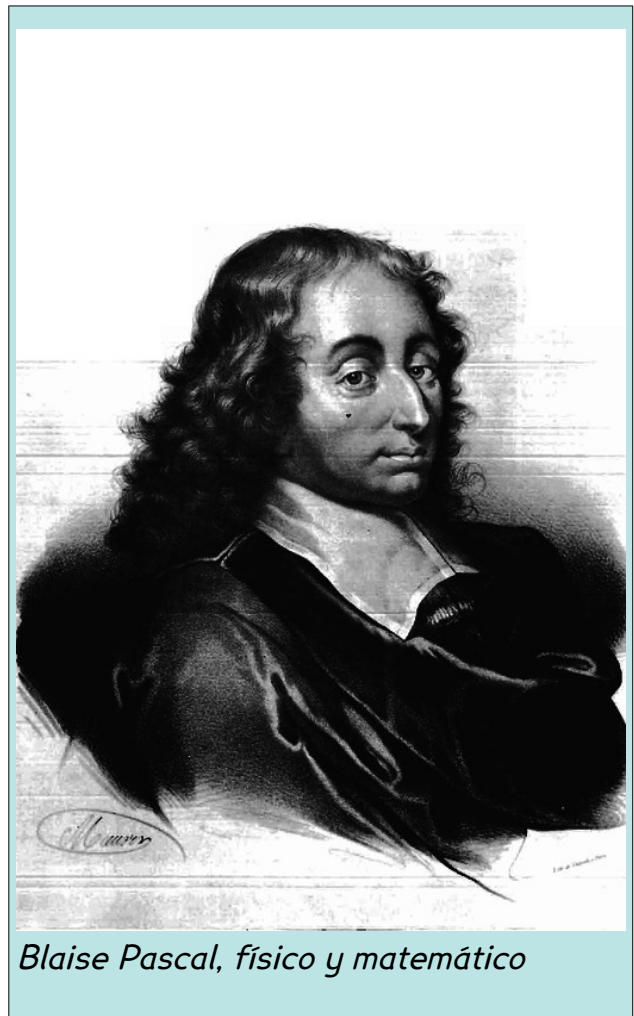
$$dam^2 = 100\ m^2 = 10^2\ m^2$$

$$m^2$$

$$dm^2 = 0.01\ m^2 = 10^{-2}\ m^2$$

$$cm^2 = 0.0001\ m^2 = 10^{-4}\ m^2$$

$$mm^2 = 0.000\ 001\ m^2 = 10^{-6}\ m^2$$



*Blaise Pascal, físico y matemático*



- a) ¿Qué presión ejerce un objeto de 120 kg apoyado sobre una superficie de 0.25 m<sup>2</sup>?
- b) ¿Qué ejercerá mayor presión, una caja de 6000 kg sobre cuatro patas de 0.64 m<sup>2</sup> cada una o una de 100 kg sobre cuatro patas de 0.000 05 m<sup>2</sup> cada una?
- c) Un objeto de 20 kg está apoyado sobre una base de 0.1 m<sup>2</sup>. Calcula la presión que ejerce.
- d) Calcula la presión ejercida por un objeto de 10 kg apoyado sobre 0.2 m<sup>2</sup>.
- e) Calcula la presión debida a un cuerpo de 50 kg apoyado sobre 0.1 m<sup>2</sup>.
- f) Tenemos un objeto de 150 kg sobre 0.2 m<sup>2</sup>. Calcula la presión ejercida.
- g) 200 kg de agua reposan sobre 0.01 m<sup>2</sup>. Calcula la presión.
- h) Apoyamos un objeto de 150 kg sobre una superficie de 0.15 m<sup>2</sup>. ¿Qué presión ejerce?
- i) Una fuerza de 900 N se reparte en una superficie de 0.25 m<sup>2</sup>. Calcula la presión.
- j) Calcula la presión que ejerce un cuerpo de 120 kg apoyado sobre 0.10 m<sup>2</sup>.

- k) Calcula la presión que ejerce un cuerpo de 85 kg apoyado sobre 0.1 m<sup>2</sup>.
- l) Un objeto de 75 kg se apoya sobre una superficie de 0.060 m<sup>2</sup>. Calcula la presión ejercida.
- m) Un objeto de 200 kg se apoya sobre 0.001 m<sup>2</sup>. Calcula la presión.

Más problemas:



Más problemas:



Kioskos / El kiosko de la mecánica

PÁGINA

## El kiosko de la mecánica

Página Configuración Más ▾

Marcar como hecha

2023

Diciembre

- 23 🇪🇸 20 años de 'El retorno del rey', ¿es posible lanzar a un enano contra un ejército? <https://www.20minutos.es/noticia/5200673/0/20-anos-retorno-rey-setias-capaz-lanzar-un-enano-contra-un-ejercito/>

Octubre

- 12 🇪🇸 ¿Cuánto podría sobrevivir una persona en el espacio exterior? <https://www.muyinteresante.es/ciencia/61687.html>
- 11 🇪🇸 ¿Anomalia gravitacional en los confines de nuestro sistema solar? <https://noticiasdelaciencia.com/art/48263/anomalia-gravitacional-en-los-confines-de-nuestro-sistema-solar>



En [El kiosko de la mecánica](#) puedes encontrar noticias y artículos curiosos sobre mecánica.



[CC-BY 4.0](#) Ángel  
Vázquez Hernández  
2024

Usted es libre de:

- **Compartir** – copiar y redistribuir el

material en cualquier medio o formato

- **Adaptar** – remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier finalidad, incluso comercial.

El licenciador no puede revocar estas libertades mientras cumpla con los términos de la licencia.

**Bajo las condiciones siguientes:**

- **Reconocimiento** – Debe [reconocer adecuadamente](#) la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.
- **No hay restricciones adicionales** – No puede aplicar términos legales o [medidas tecnológicas](#) que legalmente restrinjan realizar aquello que la licencia permite.

**Avisos:**

- No tiene que cumplir con la licencia para aquellos elementos del material en el dominio público o cuando su utilización esté permitida por la aplicación de [una excepción o un límite](#).

Los derechos de los usuarios bajo los límites o las excepciones, como el uso justo o el trato justo, no quedan afectados por las licencias CC.

[Más información.](#)

- No se dan garantías. La licencia puede no ofrecer todos los permisos necesarios para la utilización prevista. Por ejemplo, otros derechos como los de [publicidad, privacidad, o los derechos morales](#) pueden limitar el uso del material.