

Física y Química

Ciencias de la Naturaleza

4 ESO

BLOQUE I: LAS FUERZAS Y LOS MOVIMIENTOS



guadiel

1

Movimiento

CONTENIDOS

1. ¿Qué es el movimiento?

- 1.1. Movimiento y reposo
- 1.2. Posición y trayectoria
- 1.3. Desplazamiento y distancia recorrida

2. La rapidez en el cambio de posición

- 2.1. Velocidad media y velocidad instantánea
- 2.2. Movimiento rectilíneo uniforme

3. Cambios de velocidad

- 3.1. Aceleración
- 3.2. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado
- 3.3. Movimiento circular uniforme



COMPETENCIAS BÁSICAS

Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico

- Utilizar los conceptos básicos de la física para describir el movimiento de los cuerpos.
- Guardar las normas de prevención y seguridad vial.

Competencia matemática

- Comprender e interpretar datos e informaciones de la vida cotidiana que contienen elementos matemáticos para entenderla y tomar postura o decisiones sobre ella.

Competencia en el tratamiento de la información y competencia digital

- Acceder a la información en sus diferentes soportes para aprender a encontrar la que necesita y crecer en autonomía.

Competencia social y ciudadana

- Regular el proceso personal y grupal para progresar personalmente.

Competencia en comunicación lingüística

- Redactar textos de tipología diversa para comunicar el mensaje de la manera más apropiada.

PREPARACIÓN DE LA UNIDAD

- Averigua cuáles son las unidades de medida en el SI (Sistema Internacional) de estas magnitudes: longitud, tiempo, velocidad, aceleración y ángulo.
- Mediante factores de conversión, expresa en unidades del SI: 4 h; 7 h 23 min 5 s; 120 km/h; 23 cm/min; 60°
- Expresa en notación científica y con tres cifras significativas las siguientes magnitudes, redondeando en caso necesario: 38524 g; 125,03 m²; 0,000080211 m; 69022 kg/m³; 12,345 m/s.
- Dibuja unos ejes cartesianos y señala en ellos los puntos (−1, 4), (2, 3) y (3, −2).
- Sea la función $y = 4x + 9$
 - Calcula el valor de la ordenada para $x = -3$ y el valor de la abscisa para $y = 11$.
 - Representa la gráfica de la función entre $x = -10$ y $x = 10$.
- Busca el significado de cinemática y define este concepto con tus palabras.
- Si se mantiene la distancia mínima que los vehículos deben mantener con los que tienen delante se evitan accidentes en caso de tener que frenar de improviso. Razonad en grupo por qué el valor de la distancia de seguridad se duplica si la calzada está mojada.

En los mundiales de atletismo de 2009, el jamaicano Usain Bolt estableció un nuevo récord mundial al correr los 100 m lisos en 9,58 segundos. También fijó una nueva mejor marca para los 200 m lisos, al correrlos en 19,19 segundos. ¿Puedes calcular a qué velocidad media corrió en las dos pruebas?

En los 100 m lisos, los atletas parten del reposo y aceleran de forma que su velocidad aumenta linealmente durante los tres primeros segundos hasta alcanzar una velocidad máxima que suelen mantener constante hasta finalizar la carrera. ¿Crees que esta velocidad máxima coincide con la velocidad media?

1. ¿Qué es el movimiento?

FÍJATE

El estudio del movimiento se utiliza en muchos campos de la ciencia y tecnología. Así, por ejemplo, en astronomía, meteorología, balística, en la recreación de los accidentes de tráfico, en el estudio de los desbordamientos de ríos, en biomecánica, en la ingeniería mecánica y en las industrias aeronáutica y aeroespacial, se aplican ecuaciones del movimiento.

A menudo hablamos de un tren de alta velocidad o de un coche que está parado. Vamos a ver qué es el movimiento y cómo se describe.

1.1. Movimiento y reposo

Un espectador que está a pie de carretera y ve pasar a los ciclistas de una carrera asegurará que están en movimiento. Pero ¿qué dirá un ciclista respecto a uno de sus compañeros que permanece junto a él? Seguramente afirmará que su compañero no se mueve de su lado.

Para describir un movimiento debemos tomar como referencia otros cuerpos que consideramos fijos. Estos cuerpos constituyen un sistema de referencia.

Llamamos **sistema de referencia** a un punto o conjunto de puntos del espacio respecto al cual se describe el movimiento de un cuerpo.

Así, el ciclista cambia su posición respecto del espectador, pero no la cambia respecto de su compañero.

Un cuerpo está en **movimiento** si cambia de posición con respecto al sistema de referencia; en caso contrario, decimos que está en **reposo**.

Los cuerpos capaces de desplazarse reciben el nombre de **móviles**.

La relatividad del movimiento

Fíjate en que el movimiento es relativo, ya que el estado de movimiento o reposo de un cuerpo depende del sistema de referencia elegido.

Un observador situado en tierra observa que la posición del cartel respecto a él no varía.

El cartel está en reposo respecto a un sistema de referencia situado en la estación.



Un pasajero del tren observa que el cartel se mueve.

El cartel está en movimiento respecto a un sistema de referencia situado en el tren.


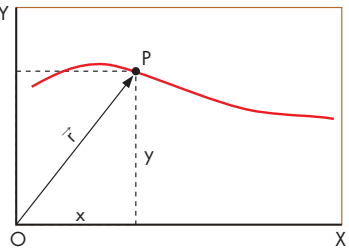
1. Juan se encuentra en una parada de autobús. El vehículo n.º 4 pasa sin detenerse a una velocidad de 40 km/h.
 - a) Si situamos el sistema de referencia en Juan, ¿el autobús n.º 4 está en reposo o en movimiento?
 - b) Si dentro del autobús n.º 4 se encuentra María y situamos el sistema de referencia en el vehículo, ¿María verá que Juan está en reposo o en movimiento?
2. Por una carretera circulan un coche y una moto en sentidos contrarios.
 - a) Según el conductor de la moto, ¿el coche está en movimiento o en reposo? ¿y la moto?
 - b) Según el conductor del coche, ¿la moto está en movimiento o en reposo?, ¿y el coche?
 - c) Según el conductor del coche, ¿los árboles situados al lado de la carretera están en reposo o en movimiento? ¿Qué se moverá a mayor velocidad con respecto a él: los árboles o la moto?

1.2. Posición y trayectoria

Para poder describir el movimiento de un cuerpo, necesitamos conocer la *posición* que ocupa en cada momento.

La **posición** de un móvil en un instante determinado es el punto del espacio que ocupa en ese instante.

Como sistema de referencia utilizaremos un **sistema de coordenadas** y la posición del móvil vendrá dada por su **vector posición**.

Sistema de coordenadas	
	
<p>Cuando el móvil se mueve en línea recta, elegimos como sistema de referencia un eje de coordenadas que coincida con la recta sobre la que se mueve.</p> <p>La posición, P, en un instante determinado vendrá dada por el vector posición \vec{r}, que une el origen O con el punto P.</p>	<p>Si el móvil se mueve sobre un plano, podemos elegir como sistema de referencia dos ejes de coordenadas.</p> <p>Del mismo modo, la posición, P, en un instante determinado vendrá dada por el vector posición \vec{r}, que une el origen O con el punto P.</p>

Si un móvil está en reposo respecto al sistema de referencia que hemos escogido, su posición no varía con el tiempo. Pero si está en movimiento, su posición irá cambiando.

Llamamos **trayectoria** a la línea formada por los sucesivos puntos que ocupa un móvil en su movimiento.

Podemos clasificar los movimientos según la forma geométrica de la trayectoria.

- Movimiento **rectilíneo**. Como el movimiento de un ascensor.
- Movimiento **curvilíneo**. Por ejemplo:
 - **Circular**. Como el giro de un disco DVD.
 - **Elíptico**. Como el movimiento de los planetas alrededor del Sol.
 - **Parabólico**. Como el de un cuerpo que cae al suelo después de ser lanzado oblicuamente.

3. Un móvil se encuentra en el punto (2 m, 4 m) en un determinado instante. Después de 3 s, se encuentra en el punto (6 m, 1 m).

Dibuja estas dos posiciones y sus vectores posición correspondientes en un sistema de coordenadas.

4. Di qué tipo de movimiento, según su trayectoria, realizan los siguientes cuerpos: a) un nadador de 50 m crol; b) una pelota de baloncesto en un lanzamiento de tiro libre; c) la rueda de un camión en marcha; d) un montacargas; e) una puerta que se abre; f) un esquiador al bajar por una pista.

RECUERDA

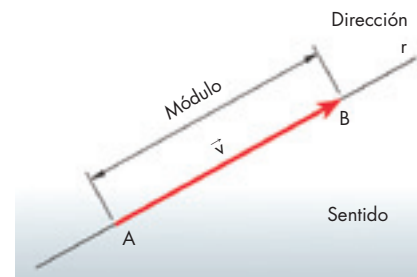
Un **vector** es un segmento orientado.

Los elementos de un vector son:

Módulo: es la longitud del vector. Coincide con el valor numérico de la magnitud que representa y se simboliza por $|\vec{v}|$ o por v .

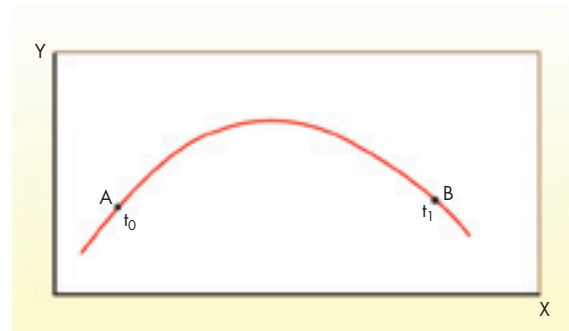
Dirección: es la de la recta r que contiene al vector.

Sentido: es el determinado sobre la recta r al ir desde el origen A hasta el extremo B. Se indica mediante la flecha del vector.



1.3. Desplazamiento y distancia recorrida

Consideremos un cuerpo que se mueve desde un punto A a un punto B siguiendo la trayectoria que se muestra en la figura.



Podemos medir la variación de la posición del móvil entre los instantes t_0 y t_1 utilizando dos nuevas magnitudes: *el vector desplazamiento* y *la distancia recorrida sobre la trayectoria*.

El **vector desplazamiento** entre dos puntos de la trayectoria es el vector que une ambos puntos.

El vector desplazamiento se representa mediante $\Delta \vec{r}$.

El módulo del vector desplazamiento suele llamarse *desplazamiento* y se representa por $|\Delta \vec{r}|$ o por Δr .

La **distancia recorrida** en un intervalo de tiempo es la longitud, medida sobre la trayectoria, que existe entre las posiciones inicial y final.

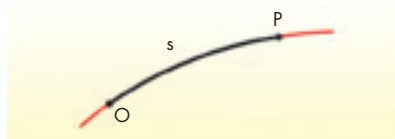
La distancia recorrida medida sobre la trayectoria se representa mediante Δs .

Observa que salvo en el caso de movimientos rectilíneos, la distancia medida sobre la trayectoria será siempre mayor que el desplazamiento.

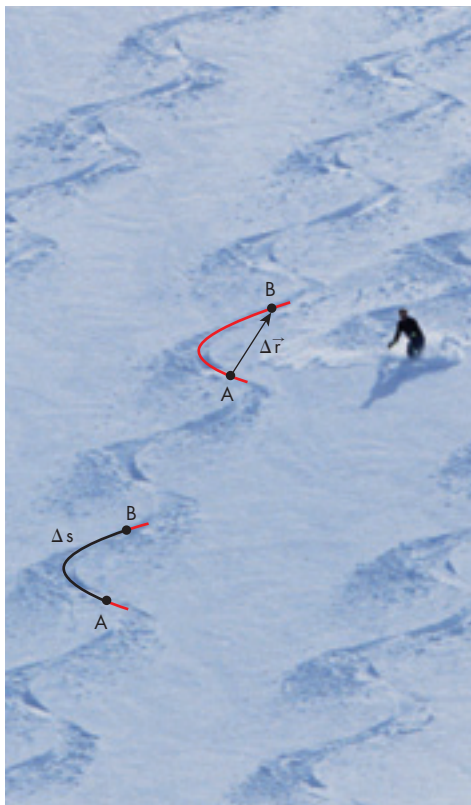
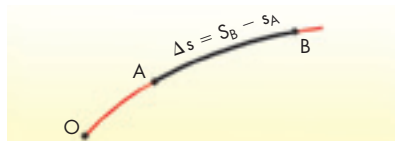
FÍJATE

Otra forma de determinar la posición de un móvil es mediante una longitud medida sobre la trayectoria.

- Para determinar la posición del punto P, elegimos un punto arbitrario O y damos la longitud, s , medida sobre la trayectoria desde el punto O hasta el punto P.

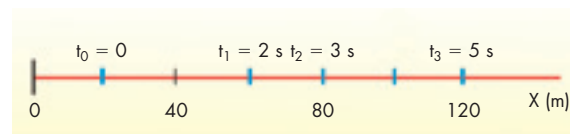


- La longitud medida sobre la trayectoria entre los puntos A y B corresponderá a $\Delta s = s_B - s_A$.



EJEMPLO 1

A la derecha puedes observar las posiciones de un motorista en una carretera recta en distintos instantes. Calcula la distancia recorrida en los dos primeros segundos y en los tres siguientes segundos.



Puesto que se trata de un movimiento rectilíneo en el que no hay cambio de sentido, la distancia recorrida sobre la trayectoria coincide con la diferencia de las coordenadas.

$$\Delta s = s - s_0 = x - x_0 = \Delta x$$

La distancia recorrida entre los instantes $t_0 = 0$ y $t_1 = 2$ s es:

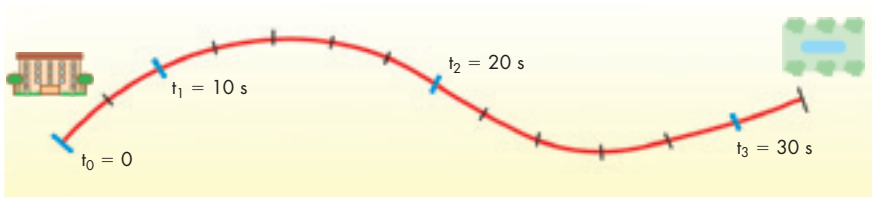
$$\Delta s = \Delta x = x_1 - x_0 = 60 \text{ m} - 20 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

La distancia recorrida entre los instantes $t_1 = 2$ s y $t_3 = 5$ s es:

$$\Delta s = \Delta x = x_3 - x_1 = 120 \text{ m} - 60 \text{ m} = 60 \text{ m}$$

EJEMPLO 2

La siguiente imagen representa la ruta de un turista desde su hostel hasta un parque. La separación entre dos divisiones sobre la trayectoria corresponde a una longitud de 5 m y se indica el tiempo para algunas de las posiciones.



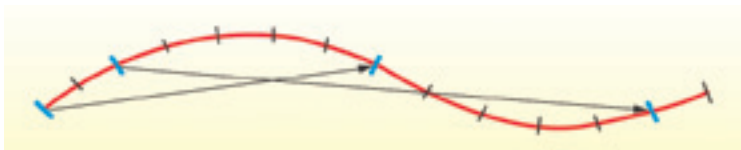
Dibuja el vector desplazamiento y calcula la distancia recorrida por el turista entre los instantes:

- a) $t_0 = 0$ y $t_2 = 20$ s
- b) $t_1 = 10$ y $t_3 = 30$ s

— Organizamos los datos de la imagen en una tabla.

Tiempo (s)	$t_0 = 0$	$t_1 = 10$	$t_2 = 20$	$t_3 = 30$
Distancia desde el origen (m)	$s_0 = 0$	$s_1 = 10$	$s_2 = 35$	$s_3 = 60$

— Dibujamos vectores desplazamiento entre los instantes indicados.



— Las distancias recorridas se hallan restando las longitudes desde el hostel.

- a) $\Delta s = s_2 - s_0 = (35 - 0) \text{ m} = 35 \text{ m}$
- b) $\Delta s = s_3 - s_1 = (60 - 10) \text{ m} = 50 \text{ m}$

5. Explica qué diferencia existe entre desplazamiento y distancia recorrida.

— Razona si en algún caso el módulo del vector desplazamiento puede ser mayor que la distancia recorrida.

6. Juan da una vuelta completa en bicicleta a una pista circular de 10 m de radio.

- ¿Cuánto vale el desplazamiento?
- ¿Qué distancia medida sobre la trayectoria ha recorrido?

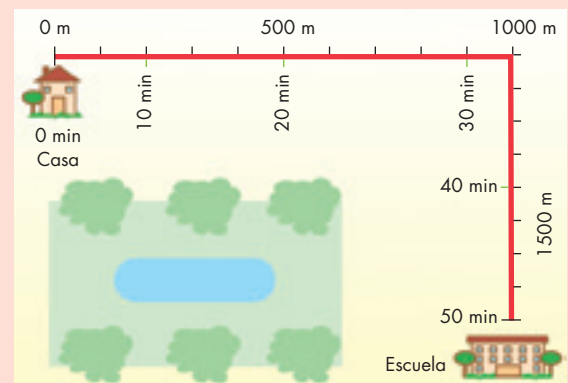
7. Al empezar un paseo, Natalia recorre 20 m en los primeros 10 s. En los siguientes 20 s, recorre 45 m más.

- Representa estos datos en un sistema de referencia tomando tiempo cero cuando Natalia empieza el paseo.
- ¿Qué distancia ha recorrido en los 30 s?

Sol.: 65 m

8. El dibujo representa la trayectoria que sigue un alumno para ir de su casa a la escuela.

- Confecciona una tabla de datos: en una columna, escribe los tiempos y, en otra, las posiciones.
- Calcula las distancias recorridas entre 0 min y 20 min, y entre 20 min y 40 min. ¿Son iguales las distancias en los dos casos?



Sol.: 500 m; 900 m

2. La rapidez en el cambio de posición

En el estudio del movimiento de un cuerpo tenemos que conocer el significado del término *rapidez* o *velocidad*. Es decir, la mayor o menor distancia recorrida por un móvil por unidad de tiempo.

La **velocidad** es la rapidez con que un móvil cambia de posición.

Se calcula dividiendo la distancia recorrida, Δs , entre el tiempo empleado en recorrerla, Δt . A la magnitud Δt también se la denomina intervalo de tiempo.

En el Sistema Internacional de unidades, la unidad adoptada para medir la velocidad es el **metro por segundo (m/s)**. Otra unidad de velocidad muy utilizada es el kilómetro por hora (km/h).

EJEMPLO 3

Un ave migratoria recorre las siguientes distancias en su viaje:

Tramo	Posición (km)	Tiempo (h)	Distancia recorrida Δs (km)	Tiempo empleado Δt (h)	Velocidad $\Delta s/\Delta t$ (km/h)
1	$s_1 = 18$	$t_1 = 0,5$	$s_1 - s_0 = 18$	$t_1 - t_0 = 0,5$	$18/0,5 = 36$
2	$s_2 = 63$	$t_2 = 1,5$	$s_2 - s_1 = 45$	$t_2 - t_1 = 1,0$	$45/1 = 45$
3	$s_3 = 123$	$t_3 = 2,5$	$s_3 - s_2 = 60$	$t_3 - t_2 = 1,0$	$60/1 = 60$
4	$s_4 = 144$	$t_4 = 3,0$	$s_4 - s_3 = 21$	$t_4 - t_3 = 0,5$	$21/0,5 = 42$

A la vista de estos cocientes, podemos afirmar que el ave ha volado con mayor rapidez en el tercer tramo, en el que el cociente $\Delta s/\Delta t$ ha sido mayor.

FÍJATE

La velocidad es una magnitud vectorial y se representa mediante un vector caracterizado por:

- El **módulo** o valor numérico de la velocidad, denominado también rapidez.
- La **dirección**, o sea, la recta que contiene el vector velocidad.
- El **sentido**, indicado por la punta de la flecha del vector.



2.1. Velocidad media y velocidad instantánea

En el ejemplo anterior hemos visto cómo el ave migratoria se mueve a distintas velocidades en los diferentes tramos de su trayectoria.

Es decir, el cociente $\Delta s/\Delta t$ toma valores distintos según los tramos del recorrido. Cada uno de estos valores representa un promedio de lo rápido que circula el móvil en un tramo concreto denominado *velocidad media*.

La **velocidad media** es el cociente entre la distancia recorrida por el móvil y el tiempo empleado en recorrerla.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0} \quad \begin{array}{l} s = \text{posición} \\ s_0 = \text{posición inicial} \end{array} \quad \begin{array}{l} t = \text{tiempo} \\ t_0 = \text{tiempo inicial} \end{array}$$

Si tomamos el intervalo de tiempo, Δt , utilizado para hallar la velocidad media se toma mucho más corto, como, por ejemplo, una milésima de segundo, la velocidad media en ese intervalo se convierte en *velocidad instantánea*.

Ésta es la velocidad que marca continuamente el velocímetro del coche.

Llamamos **velocidad instantánea** a la velocidad que tiene el móvil en un instante determinado.

EJEMPLO 4

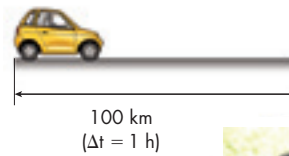
Una familia va de viaje en coche. Recorren los primeros 100 km en un tiempo de 1 h. Transcurrido este tiempo, se detienen durante 0,5 h para descansar, tras lo cual reanudan la marcha y tardan 0,5 h en cubrir los últimos 60 km que aún restan para llegar a su destino.

Al término de su viaje desean conocer a qué velocidad se han desplazado. Para ello realizan el siguiente cálculo:

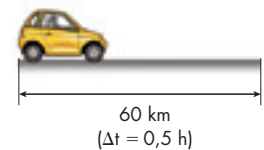
$$v_m = \frac{\text{Distancia recorrida}}{\text{Tiempo empleado}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v_m = \frac{100 \text{ km} + 60 \text{ km}}{1 \text{ h} + 0,5 \text{ h} + 0,5 \text{ h}} = \frac{160 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

El valor obtenido representa la velocidad media del coche en el viaje. Esto no significa que el coche haya circulado a esta velocidad durante todo el recorrido, pues algunas veces lo ha hecho a mayor velocidad, otras a menor velocidad y durante algún tiempo ha estado parado.



($\Delta t = 0,5 \text{ h}$)



EJEMPLO 5

Un tren parte del punto kilométrico 0 a las 0.00 h y, después de recorrer 49 km en un tiempo de 0,5 h, se avería, por lo que debe detenerse. Los empleados de mantenimiento subsanan la avería a la 1.00 h. En ese momento, el tren reanuda la marcha y llega a las 2.30 h a la estación de destino, situada en el punto kilométrico 205. Calcula la velocidad media del tren antes y después de la avería. Expresa el resultado en km/h y en m/s.

— Datos:



Puesto que se trata de un movimiento rectilíneo en el que el móvil no cambia el sentido de la marcha, $\Delta s = \Delta x$.

— Hallamos la velocidad media antes de la avería.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} = \frac{(49 - 0) \text{ km}}{(0,5 - 0) \text{ h}} = 98 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$98 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 27,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

— Hallamos la velocidad media después de la avería.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_3 - x_2}{t_3 - t_2} = \frac{(205 - 49) \text{ km}}{(2,5 - 1) \text{ h}} = 104 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$104 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 28,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

9. En una carrera participan tres coches. El número 1 recorre 5 km en 5 min, el número 2 recorre 8 km en 6 min y el número 3 recorre 2 km en 45 s.

— Expresa las velocidades en m/s e indica cuál de ellos llegará primero a la meta.

10. Busca el significado de instante y defínelo.

11. Un automóvil sale de la ciudad A a las 16.00 h y llega a la ciudad B, donde se detiene, a las 17.45 h. A las 18.45 h, el automóvil continúa la marcha y llega a la ciudad C a las 20.15 h.

— Si A y B distan 189 km, y B y C 135, calcula la velocidad media: a) en el viaje de A a B; b) en el de B a C; c) en todo el recorrido. Expresa el resultado en unidades del S.I.

Sol.: a) 30 m/s; b) 25 m/s; c) 21,2 m/s

2.2. Movimiento rectilíneo uniforme

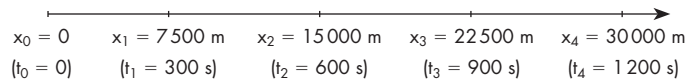
Entre todos los tipos de movimientos posibles destaca por su importancia y sencillez el *movimiento rectilíneo uniforme*, abreviadamente *MRU*.

La trayectoria de un MRU es una **línea recta** y la **velocidad es constante**.

EJEMPLO 6

En la siguiente tabla se muestra la posición en diversos instantes de un coche que se mueve con una velocidad constante de 90 km/h (25 m/s) por una autopista rectilínea.

Posición (m)	0	7 500	15 000	22 500	30 000
Tiempo (s)	0	300	600	900	1 200



Podemos comprobar que la velocidad media es la misma para cualquier intervalo de tiempo. Por ejemplo:



De $t_1 = 300\text{ s}$ a $t_3 = 900\text{ s}$:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} = \frac{22\,500\text{ m} - 7\,500\text{ m}}{900\text{ s} - 300\text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

De $t_3 = 900\text{ s}$ a $t_4 = 1\,200\text{ s}$:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_4 - x_3}{t_4 - t_3} = \frac{30\,000\text{ m} - 22\,500\text{ m}}{1\,200\text{ s} - 900\text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

FÍJATE

Movimiento rectilíneo uniforme es aquel en que el **vector velocidad** se mantiene **constante**. Es decir, la velocidad es constante en módulo, dirección y sentido.

En un movimiento rectilíneo uniforme la velocidad media en cualquier intervalo de tiempo es siempre la misma; además, coincide con la velocidad instantánea para cualquier tiempo.

Puesto que la velocidad es constante, un objeto con MRU siempre tardará el mismo tiempo en recorrer una distancia determinada.

Un móvil se desplaza con **movimiento rectilíneo uniforme (MRU)** si sigue una trayectoria rectilínea y su velocidad es constante en todo momento.

Ecuación del MRU

Como la velocidad media coincide con la velocidad instantánea en cualquier instante y se mantiene constante:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t$$

Esta ecuación nos da la distancia recorrida. A partir de ella podemos deducir la ecuación de la posición en función del tiempo.

$$x - x_0 = v(t - t_0)$$

$$x = x_0 + v(t - t_0)$$

Esta expresión constituye la **ecuación del movimiento rectilíneo uniforme** y nos da la posición que ocupa el móvil en cualquier instante.

Si comenzamos a contar el tiempo cuando el móvil se encuentra en la posición x_0 , es decir, $t_0 = 0$, resulta:

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

EJEMPLO 7

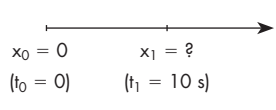
Un ciervo puede alcanzar una velocidad de 80 km/h. Si mantiene esta velocidad constante durante el tiempo suficiente, calcula: a) qué distancia recorrerá en 10 s; b) qué tiempo tardará en recorrer 1 km.

— Datos:

$$v = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_0 = 0 \quad x_0 = 0 \quad t_1 = 10 \text{ s} \quad x_2 = 1000 \text{ m}$$

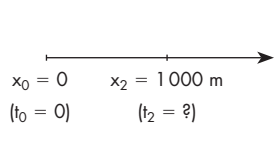
- a) La distancia recorrida en 10 s coincidirá con la posición en ese instante puesto que hemos elegido como condiciones iniciales $t_0 = 0$, $x_0 = 0$.



$$x_1 = x_0 + v \cdot (t_1 - t_0) = v \cdot t_1$$

$$x_1 = 22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} = 222,2 \text{ m}$$

- b) Despejamos el tiempo de la ecuación del MRU.



$$x_2 = x_0 + v \cdot (t_2 - t_0) = v \cdot t_2$$

$$t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{1000 \text{ m}}{22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 45 \text{ s}$$

El MRU ahorra combustible

El consumo mínimo en un automóvil se consigue circulando a una velocidad constante, la llamada **velocidad de crucero**, pues acelerar y frenar incrementa el consumo.

Además, en un automóvil, el consumo de combustible aumenta con la velocidad y, para valores superiores a 90 km/h, este aumento se dispara. Por esta razón, en las proximidades de las grandes ciudades la velocidad máxima se restringe a 80 km/h. Esta medida, que se aplica sobre todo cuando hay anticiclones persistentes, pretende bajar la contaminación.



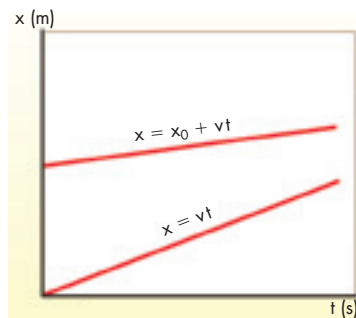
Gráficas del MRU

Es muy útil representar gráficamente el movimiento de un cuerpo para visualizar con claridad las características.

Gráfica posición-tiempo (x-t)

En el eje de abscisas representamos los tiempos y, en el de ordenadas, las posiciones del móvil.

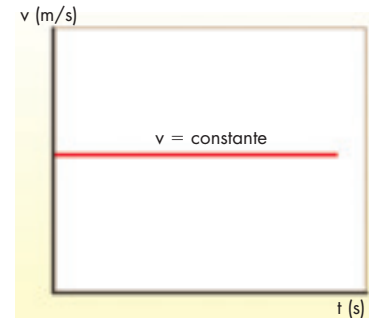
La gráfica corresponde a una **recta de pendiente v**, y en el caso de que $t_0 = 0$, **ordenada en el origen x_0** .



Gráfica velocidad-tiempo (v-t)

En el eje de abscisas representamos los tiempos y, en el de ordenadas, la velocidad del móvil.

La gráfica corresponde a una **recta horizontal (pendiente cero)** y **ordenada en el origen v**.



12. Pon un ejemplo de movimiento rectilíneo uniforme y explica qué característica tiene la velocidad en este tipo de movimiento.

13. Pedro va al colegio caminando desde su casa. La distancia que debe recorrer es de 410 m. Si tarda 6 min 24 s en llegar, ¿cuál es la velocidad de Pedro?

Sol.: 1,1 m/s

14. Un ciclista se encuentra en el kilómetro 25 de una etapa de 115 km. ¿Cuánto tiempo tardará en llegar a la meta si rueda a una velocidad de 60 km/h?

Sol.: 1,5 h = 1 h 30 min

15. Si los animales tuvieran sus propios juegos olímpicos, según estos datos, ¿cuál obtendría la medalla de oro en una carrera de 200 metros lisos?

Oso perezoso	0,2 km/h
Caracol	50 m/h
Tortuga	70 m/h

16. Un ave vuela a una velocidad constante de 15 m/s.

- a) Confecciona una tabla que recoja las posiciones del ave cada 5 s durante un vuelo de 30 s.
b) Dibuja la gráfica posición-tiempo del ave a partir de los valores registrados en la tabla.

FÍJATE

- En cualquier movimiento con trayectoria curvilínea, la **velocidad** cambia de dirección puesto que esta es tangente a la trayectoria.



- La **aceleración** es una magnitud vectorial, al igual que el desplazamiento o la velocidad. Por tanto, se caracteriza por tres elementos: *módulo, dirección y sentido*.

3. Cambios de velocidad

Si analizamos los movimientos de un gimnasta en el salto de potro, podemos observar que su velocidad va cambiando:

- Cuando el gimnasta inicia la carrera, el módulo de la velocidad aumenta.
- Cuando salta, la dirección de la velocidad cambia.
- Cuando el gimnasta toma tierra, el módulo de la velocidad disminuye.

Siempre que hay un cambio en la velocidad tiene lugar una **aceleración**.

3.1. Aceleración

La rapidez con que tiene lugar el cambio de velocidad puede ser mayor o menor. Pensemos, por ejemplo, en un coche que sale de un semáforo muy deprisa y en otro que lo hace despacio.

Así como la velocidad nos expresa la rapidez en el cambio de posición, la magnitud que nos expresa la rapidez en el cambio de velocidad se denomina **aceleración**.

La **aceleración** de un móvil representa la rapidez con que varía su velocidad.

Para calcular la aceleración de un móvil, dividimos la variación de velocidad entre el intervalo de tiempo:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

v = velocidad

t = tiempo

v_0 = velocidad inicial

t_0 = tiempo inicial

La unidad de aceleración en el Sistema Internacional es el **metro por segundo al cuadrado (m/s^2)**. Una aceleración de $1 m/s^2$ indica que el móvil varía su velocidad en un metro por segundo cada segundo.

EJEMPLO 8

Un motorista que parte del reposo adquiere una velocidad de $12 m/s$ en $4 s$. Más tarde, frena ante un semáforo en rojo y se detiene en $3 s$. Calcula la aceleración: a) al ponerse en marcha; b) al detenerse.

- a) Calculamos la aceleración.

$$\begin{array}{ccc} \overline{\hspace{10em}} \rightarrow & & \\ v_0 = 0 & v = 12 \text{ m/s} & \\ (t_0 = 0) & (t = 4 \text{ s}) & \end{array}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{(12 - 0) \text{ m/s}}{(4 - 0) \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Al ponerse en marcha, la aceleración es $+3 m/s^2$.

Si tomamos como positivo el sentido de avance de la moto, el signo positivo de la aceleración indica que su sentido es el mismo que el de la velocidad. Por tanto, la velocidad aumenta.

- b) Calculamos la aceleración de frenada del motorista.

$$\begin{array}{ccc} \overline{\hspace{10em}} \rightarrow & & \\ v_0 = 12 \text{ m/s} & v = 0 \text{ m/s} & \\ (t_0 = 0) & (t = 3 \text{ s}) & \end{array}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{(0 - 12) \text{ m/s}}{(3 - 0) \text{ s}} = -4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Al detenerse, la aceleración es $-4 m/s^2$.

Si tomamos como positivo el sentido de avance de la moto, el signo negativo de la aceleración indica que su sentido es el contrario al de la velocidad. Por tanto, la velocidad disminuye.

ACTIVIDADES

- ¿De qué nos informa la magnitud aceleración? ¿En qué unidades se mide?
- Un coche toma una curva mientras su cuentakilómetros marca $50 km/h$ en todo momento. ¿Podemos afirmar que la aceleración del coche ha sido nula?
- Un automóvil que parte del reposo alcanza una velocidad de $180 km/h$ en $8 s$. Calcula su aceleración en m/s^2 .
Sol.: $6,25 m/s^2$
- Un coche circula a una velocidad de $60 km/h$. Repentinamente frena deteniéndose en $2,3 s$. Calcula la aceleración.
Sol.: $27,2 m/s^2$

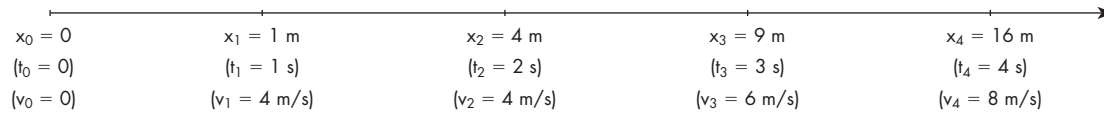
3.2. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

De entre todos los movimientos en los que la velocidad varía, o movimientos acelerados, tienen especial interés aquellos en los que la velocidad cambia con regularidad. Se trata de movimientos uniformemente acelerados.

EJEMPLO 9

Un motorista efectúa un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado en los primeros instantes de una carrera. Describe una trayectoria rectilínea y su velocidad aumenta regularmente.

Tiempo (s)	0	1	2	3	4
Posición (m)	0	1	4	9	16
Velocidad (m/s)	0	2	4	6	8



Podemos comprobar que la aceleración es la misma para cualquier intervalo de tiempo. Por ejemplo:

De t₀ = 0 a t₂ = 2 s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_0}{t_2 - t_0} = \frac{4 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{2 \text{ s} - 0 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

De t₃ = 3 s a t₄ = 4 s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_4 - v_3}{t_4 - t_3} = \frac{8 \text{ m/s} - 6 \text{ m/s}}{4 \text{ s} - 3 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Un móvil se desplaza con **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)** si sigue una trayectoria rectilínea y su aceleración es constante y no nula.

Ecuaciones del MRUA

Para poder efectuar cálculos con MRUA es necesario conocer las relaciones matemáticas que existen entre las magnitudes velocidad-tiempo y posición-tiempo.

Ecuación velocidad-tiempo

Partimos de: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow v - v_0 = a \cdot t$$

Si comenzamos a contar el tiempo cuando el móvil tiene la velocidad inicial v₀, es decir, si t₀ = 0, resulta:

De donde deducimos la ecuación: $v = v_0 + a \cdot t$

que nos permite calcular la velocidad en cualquier instante t.

Ecuación posición-tiempo

Partimos de la expresión de la velocidad media.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

Si comenzamos a contar el tiempo cuando el móvil se encuentra en la posición inicial (t₀ = 0): $v_m = \frac{x - x_0}{t}$

Por otra parte, en el MRUA el valor de v_m coincide con la media de la velocidad inicial y la velocidad final: $v_m = \frac{v_0 + v}{2}$

Iguamos las dos expresiones: $\frac{x - x_0}{t} = \frac{v_0 + v}{2}$

Sustituimos v por su valor (v = v₀ + a · t):

$$\frac{x - x_0}{t} = \frac{v_0 + (v_0 + a \cdot t)}{2} = \frac{2v_0 + a \cdot t}{2}$$

$$\frac{x - x_0}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a \cdot t \Rightarrow x - x_0 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

De donde obtenemos la ecuación:

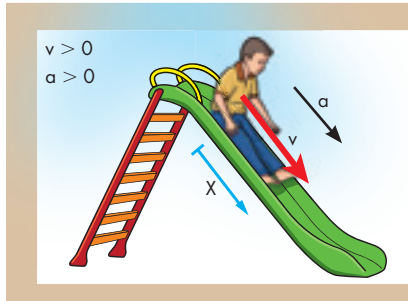
$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

que nos permite calcular la posición en cualquier instante t.

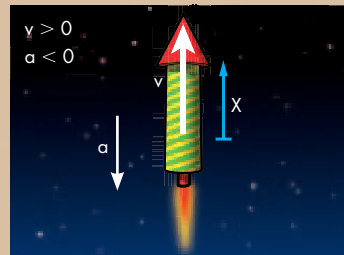
Signos de la velocidad y la aceleración

Para describir un movimiento rectilíneo escogemos un sistema de referencia formado por un origen y un eje de coordenadas cuya dirección coincide con la trayectoria.

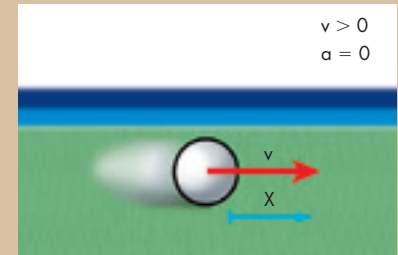
- Al utilizar las ecuaciones de los movimientos rectilíneos, la velocidad, v , o la aceleración, a , son positivas cuando su sentido coincide con el sentido positivo del eje de coordenadas, y son negativas en caso contrario.
- Además, cuando el sentido de la aceleración coincide con el de la velocidad, ésta aumentará en módulo, mientras que si tienen sentidos contrarios, la velocidad disminuirá en módulo.



El módulo de la velocidad aumenta.



El módulo de la velocidad disminuye.



El módulo de la velocidad no varía.

EJEMPLO 10

Un tren aumenta uniformemente la velocidad de 20 m/s a 30 m/s en 10 s. Calcula: a) la aceleración; b) la distancia que recorre en este tiempo; c) la velocidad que tendrá 5 s después si mantiene constante la aceleración.

— Datos:

$x_0 = 0$	$x_1 = ?$	$x_2 = ?$
$(t_0 = 0)$	$(t_1 = 10 \text{ s})$	$(t_2 = 15 \text{ s})$
$(v_0 = 20 \text{ m/s})$	$(v_1 = 30 \text{ m/s})$	$(v_2 = ?)$

- a) Calculamos la aceleración aplicando la ecuación de la velocidad entre los instantes t_0 y t_1 .

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

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{30 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

La aceleración del tren es de 1 m/s^2 .

- b) Calculamos la distancia recorrida entre los instantes t_0 y t_1 aplicando la ecuación posición-tiempo.

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

$$0 + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} + \frac{1}{2} 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (10 \text{ s})^2 =$$

$$= 200 \text{ m} + 50 \text{ m} = 250 \text{ m}$$

La distancia recorrida es de 250 m.

- c) Para calcular la velocidad a los 15 s, aplicamos la ecuación de la velocidad entre los instantes t_0 y t_2 .

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

$$= 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ s} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ACTIVIDADES

- Pon un ejemplo de MRUA y explica qué características tienen la velocidad y la aceleración en este tipo de movimiento.
- Calcula la aceleración que debe tener un coche para alcanzar una velocidad de 108 km/h en 10 s si parte del reposo.
 - ¿Qué distancia recorre en ese tiempo?

Sol.: 3 m/s^2 ; 150 m
- Un guepardo persigue en línea recta a su presa a 64,8 km/h adquiriendo, a partir de este momento, una aceleración constante de 4 m/s^2 . Calcula la velocidad y la distancia recorrida al cabo de 8 s de comenzar a acelerar.

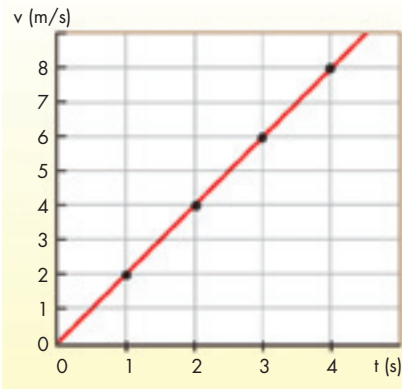
Sol.: 50 m/s; 272 m
- Un camión que circula a 70,2 km/h disminuye la velocidad a razón de 3 m/s cada segundo. ¿Qué distancia recorrerá hasta detenerse?

Sol.: 63,4 m
- Elegimos el sentido positivo del sistema de referencia hacia la derecha. Indica los signos que resultarán para la velocidad y la aceleración en los siguientes casos.
 - Un móvil va hacia la derecha y el módulo de su velocidad aumenta.
 - Un móvil va hacia la izquierda y el módulo de su velocidad disminuye.

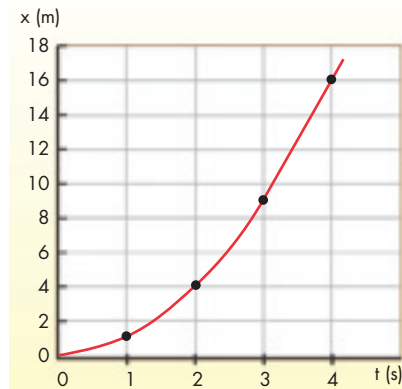
Gráficas del MRUA

Veamos ahora qué forma presentan las gráficas velocidad-tiempo y posición-tiempo en el MRUA. Para ello, representaremos gráficamente el movimiento del ejemplo 9 de la página 21.

Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Posición (m)
0	0	0
1	2	1
2	4	4
3	6	9
4	8	16



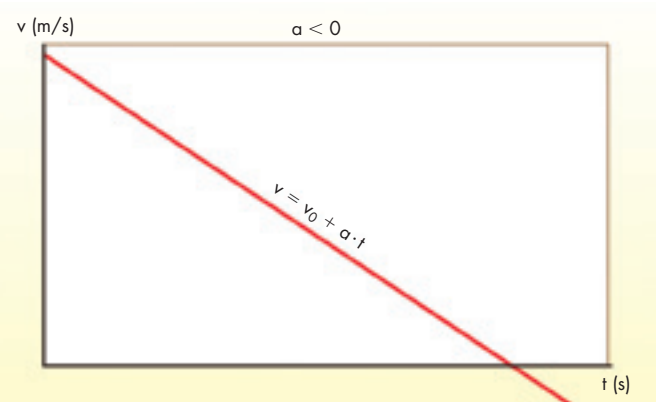
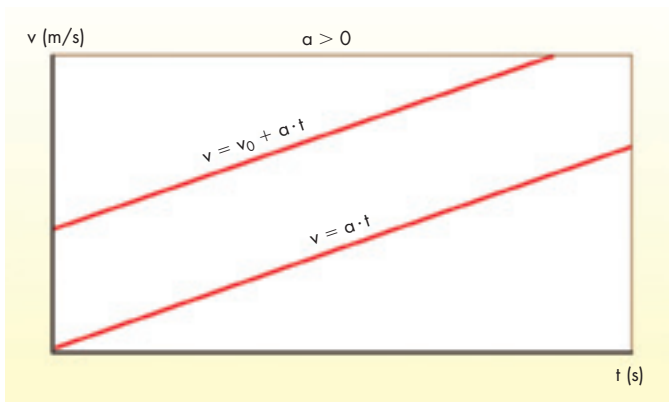
La gráfica v-t es una recta.



La gráfica x-t es una parábola.

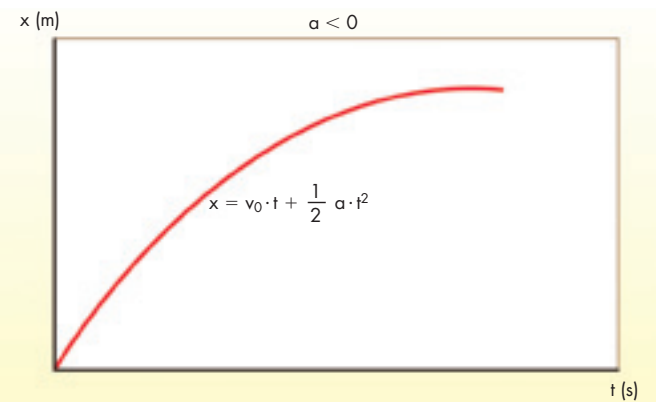
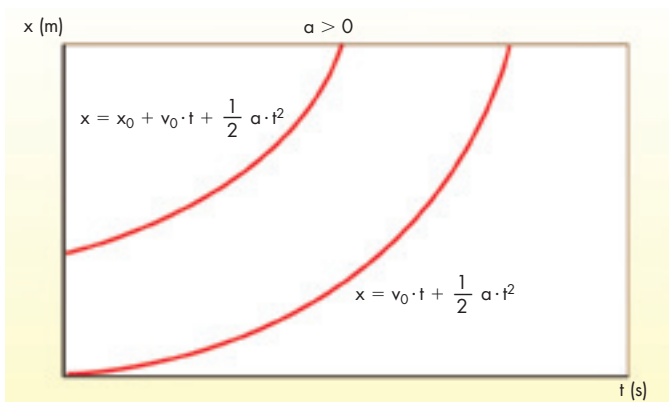
En general, las representaciones gráficas posibles del MRUA son las siguientes:

Gráfica velocidad-tiempo (v-t)



La **gráfica v-t** es una **recta**, con cierta pendiente, cuya ordenada en el origen es la velocidad inicial. Cuanto mayor es la pendiente, mayor es la aceleración.

Gráfica posición-tiempo (x-t)



La **gráfica x-t** es una **parábola** cuya ordenada en el origen es la posición inicial.

FÍJATE

Galileo ideó experimentos con planos inclinados que le permitían estudiar más fácilmente la **caída libre de los cuerpos**. Comprobó que la velocidad final que adquiere un cuerpo al bajar por un plano inclinado es la misma que si se deja caer libremente en vertical desde la misma altura que el plano inclinado. En ambos casos, el móvil desarrolla un MRUA, aunque la aceleración es distinta: en el caso del plano, depende de su inclinación; mientras que en caída libre, la aceleración vale g .

El movimiento vertical de los cuerpos

Si dejamos caer un cuerpo este describe, por la acción de la gravedad, un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, llamado **caída libre**, cuya aceleración constante es la aceleración de la gravedad, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Lo mismo sucede si el cuerpo se lanza verticalmente si el cuerpo se lanza verticalmente hacia arriba o hacia abajo.

En el estudio de esta clase de movimientos se acostumbra a tomar un sistema de referencia con origen en el suelo y formado por un eje de coordenadas cuyo sentido positivo es el que se dirige hacia arriba.

Las ecuaciones de este movimiento para el sistema de referencia mencionado son las del MRUA para una **aceleración negativa**, $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$.

$$v = v_0 - g \cdot t$$

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

Según el sentido de la velocidad inicial, podemos tener tres casos:

Lanzamiento vertical hacia abajo	Caída libre	Lanzamiento vertical hacia arriba
<p>La velocidad inicial, v_0, es negativa.</p>	<p>La velocidad inicial, v_0, es nula.</p>	<p>La velocidad inicial, v_0, es positiva.</p>

EJEMPLO 11

Desde una altura de 3 m, un chico chuta verticalmente hacia arriba una pelota con una velocidad inicial de 18 m/s.

- Halla la velocidad de la pelota 1 s después del lanzamiento y su posición en este instante.
- Determina el tiempo que tarda en detenerse.

— Datos:

$$\begin{array}{l}
 t_2 = ? \\
 x_2 = ? \\
 v_2 = 0 \\
 \\
 t_1 = 1 \text{ s} \\
 x_1 = ? \\
 v_1 = ? \\
 \\
 t_0 = 0 \\
 x_0 = 3 \text{ m} \\
 v_0 = 18 \text{ m/s}
 \end{array}$$

- Para hallar la velocidad en el instante $t_1 = 1$ aplicamos las ecuaciones del MRUA con aceleración $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$.

$$v = v_0 - g \cdot t$$

$$v = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ s} = 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La posición de la pelota en este instante es:

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

$$x = 3 \text{ m} + 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 \text{ s} - \frac{1}{2} 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1 \text{ s})^2$$

$$x = 16,1 \text{ m}$$

- Tal como hemos tomado el sistema de referencia, v será positiva cuando la pelota esté subiendo y negativa cuando baje.

En el punto de altura máxima v será cero.

Para calcular en qué instante ocurre esto, sustituimos $v = 0$ en la ecuación de la velocidad.

$$v = v_0 - g \cdot t$$

$$0 = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t$$

$$t = \frac{18 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,84 \text{ s}$$

EJEMPLO 12

Desde el suelo, lanzamos verticalmente y hacia arriba una pelota con una velocidad de 72 km/h.

- a) Determina el tiempo que tarda la pelota en alcanzar la altura máxima.
- b) Calcula la altura máxima que alcanza la pelota.

— Datos:

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\begin{aligned} t &= ? \\ x &= ? \\ v &= 0 \\ t_0 &= 0 \\ x_0 &= 0 \text{ m} \\ v_0 &= 20 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- a) En el instante que alcanza la altura máxima, se cumple que $v = 0$.

$$\begin{aligned} v &= v_0 - g \cdot t \\ 0 &= 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t \\ t &= \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2,04 \text{ s} \end{aligned}$$

- b) Sustituyendo el tiempo obtenido en la ecuación del espacio, obtendremos la altura máxima.

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\ x &= 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,04 \text{ s} - \frac{1}{2} 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2,04 \text{ s})^2 \\ x &= 20,41 \text{ m} \end{aligned}$$

26. Los datos recogidos en la tabla siguiente corresponden a un móvil que inicia un MRUA.

- a) Determina la aceleración.

t (s)	0	1	2	3	4	5
x (m)	0	1,5	6	13,5	24	37,5

- b) Construye las gráficas v-t y x-t del movimiento.

Sol.: a) 3 m/s²

27. Un autocar que circula a 81 km/h frena uniformemente con una aceleración de $-4,5 \text{ m/s}^2$.

- a) Determina cuántos metros recorre hasta detenerse.
- b) Representa las gráficas v-t y x-t.

Sol.: 56,25 m

28. Razona por qué un objeto que cae a la calle desde una ventana efectúa un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

29. Desde la boca de un pozo de 50 m de profundidad, ¿a qué velocidad hay que lanzar una piedra para que llegue al fondo en 2 s? Supón nulo el rozamiento con el aire.

Sol.: 34,8 m/s

30. Dejamos caer un objeto desde lo alto de una torre y medimos el tiempo que tarda en llegar al suelo, que resulta ser de 2,4 s. Calcula la altura de la torre.

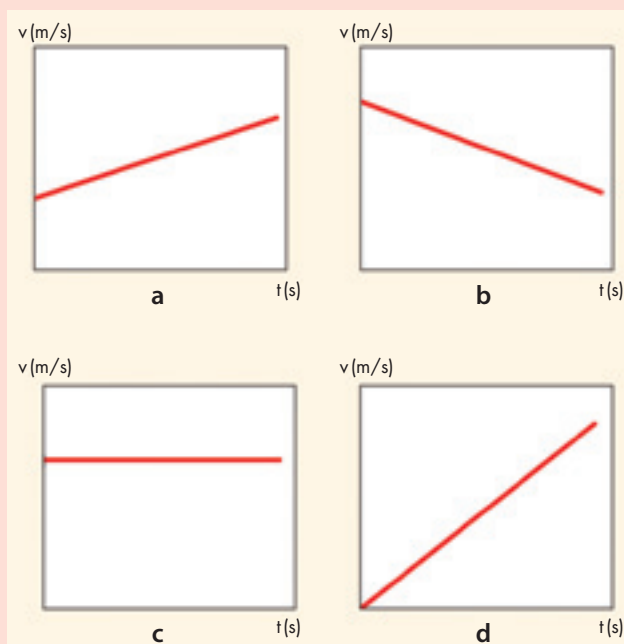
Sol.: 28,2 m

31. Lanzamos verticalmente hacia arriba un objeto desde una altura de 1,5 m y con una velocidad inicial de 24,5 m/s.

Determina la posición y la velocidad en los instantes siguientes: a) 0 s; b) 1 s; c) 2 s.

Sol.: a) 1,5 m, 24,5 m/s; b) 21,1 m, 14,7 m/s; c) 30,9 m, 4,9 m/s

32. A continuación, aparecen diversas gráficas velocidad-tiempo. Indica a qué clase de movimiento corresponde cada una y describe el comportamiento concreto del móvil en cada caso.



3.3. Movimiento circular uniforme

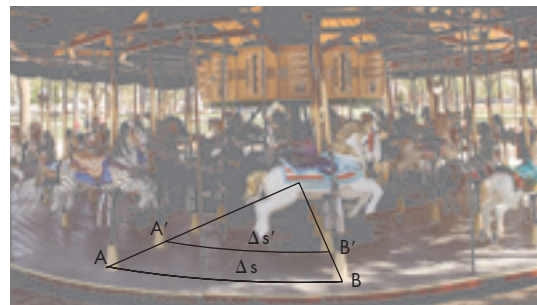
En nuestra vida cotidiana existen muchos movimientos en los que un móvil se desplaza siguiendo una trayectoria con forma de circunferencia. Por ejemplo, una rueda, un tiovivo, una noria, las cuchillas de una batidora. Este movimiento recibe el nombre de **movimiento circular**.

EJEMPLO 13

En la atracción de feria de la imagen, el centro de giro coincide con el origen del sistema de referencia.

Observa que, en un intervalo de tiempo Δt , un caballo situado en la periferia se traslada desde la posición A hasta la posición B. En este mismo intervalo de tiempo, otro caballo más próximo al centro de giro se traslada desde A' hasta B'.

Ambos objetos han recorrido distancias diferentes en el mismo tiempo, lo que significa que sus velocidades son diferentes. Sin embargo, el ángulo girado es el mismo.



FÍJATE

- Llamamos **radián**, rad, al ángulo, $\Delta \varphi$, que comprende un arco de circunferencia, Δs , de longitud igual al radio, r , de esta:

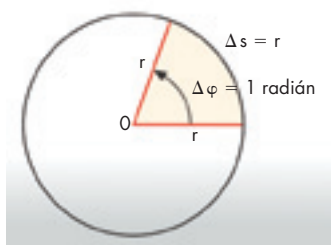
$$\Delta s = r$$

$$\Delta \varphi = 1 \text{ rad}$$

Como la longitud de la circunferencia es: $\Delta s = L = 2\pi r$, obtenemos que:

$$\Delta \varphi = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

Es decir, 1 vuelta = 2π radianes.

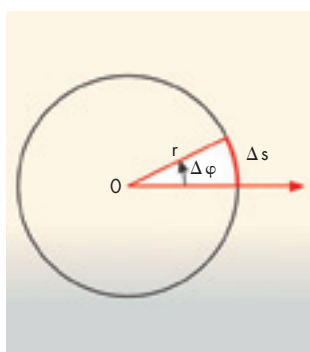


- Llamamos **período T** al tiempo que emplea un móvil en dar una vuelta completa a la circunferencia.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

En el movimiento circular se utilizan dos magnitudes diferentes para medir la velocidad: la **velocidad lineal** y la **velocidad angular**.

Velocidad lineal, v	Velocidad angular, ω
Se define como el cociente entre la distancia recorrida por el móvil sobre la circunferencia y el intervalo de tiempo empleado.	Se define como el cociente entre el ángulo girado por el radio en que se sitúa el móvil y el intervalo de tiempo empleado.
$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\text{arco recorrido}}{\text{tiempo empleado}}$	$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\text{ángulo girado}}{\text{tiempo empleado}}$
Su unidad en el SI es el metro por segundo, m/s.	Su unidad en el SI es el radián por segundo, rad/s.



Veamos ahora qué relación hay entre la velocidad lineal y la velocidad angular.

La longitud del arco recorrido, Δs , y su ángulo, $\Delta \varphi$, medido en radianes, se relacionan mediante la distancia al centro o radio, r .

$$\Delta s = \Delta \varphi \cdot r$$

Si dividimos esta expresión por Δt , obtenemos:

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi \cdot r}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \cdot r \quad \boxed{v = \omega \cdot r}$$

La velocidad lineal es igual a la velocidad angular multiplicada por el radio.

En un movimiento circular, la velocidad lineal de cada punto del móvil depende de la distancia al centro de giro. En cambio, la velocidad angular es idéntica para todos los puntos del móvil.

Un importante caso particular de movimiento circular es aquel en que el ángulo girado, $\Delta \varphi$, aumenta de manera uniforme.

Un móvil se desplaza con un **movimiento circular uniforme (MCU)** cuando su trayectoria es circular y su velocidad angular se mantiene constante.

EJEMPLO 14

Un ciclista da 19 vueltas a una pista circular de 48 m de radio en 5 minutos con velocidad angular constante. Calcula:

- a) La velocidad angular, en rad/s. b) La velocidad lineal.

— Datos: $r = 48 \text{ m}$ $\Delta\varphi = 19 \text{ vueltas}$ $\Delta t = 5 \text{ min}$

a) La velocidad angular es el cociente entre el ángulo girado y el tiempo empleado.

$$\omega = \frac{19 \text{ vueltas}}{5 \text{ min}} = 3,8 \frac{\text{vueltas}}{\text{min}}$$

La expresaremos en rad/s. Para ello, tendremos en cuenta que una vuelta equivale a 2π radianes.

$$\omega = 3,8 \frac{\text{vueltas}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ vuelta}} = 0,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

b) La velocidad lineal del ciclista se calcula multiplicando la velocidad angular por el radio.

$$v = \omega \cdot r = 0,4 \text{ rad/s} \cdot 48 \text{ m} = 19,2 \text{ m/s}$$

Ecuación del MCU

La ecuación del movimiento circular uniforme se deduce de la definición de la velocidad angular.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow \Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot (t - t_0)$$

Si comenzamos a contar el tiempo cuando el móvil se encuentra en la posición inicial, es decir, $t_0 = 0$, resulta:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$$

Esta expresión constituye la **ecuación del movimiento circular uniforme** y nos da el valor del ángulo girado por el móvil en cualquier instante.

FÍJATE

La ecuación del MCU es igual a la del MRU si sustituimos la posición x por el ángulo φ y la velocidad lineal v por la velocidad angular ω .

La gráfica ω - t del MCU también es igual a la gráfica x - t del MRU.

EJEMPLO 15

La noria de un parque de atracciones gira uniformemente a razón de 2,5 vueltas por minuto. Calcula el número de vueltas que da en 5 min.

— Datos: $\omega = 2,5 \text{ vueltas/min}$ $t = 5 \text{ min}$ $\varphi_0 = 0$

Aplicamos la ecuación del MCU para un tiempo de 5 min: $\varphi = \omega \cdot t = 2,5 \frac{\text{vueltas}}{\text{min}} \cdot 5 \text{ min} = 12,5 \text{ vueltas}$

La noria da 12,5 vueltas en 5 min.

33. Pon tres ejemplos de movimientos circulares que se puedan observar en la vida cotidiana.

34. Dos amigos suben en un tiovivo. Carlos se sienta en un elefante situado a 5 m del centro, y Antonio escoge un coche de bomberos situado a sólo 3,5 m del centro. Ambos tardan 4 min en dar 10 vueltas.

a) ¿Se mueven con la misma velocidad lineal? ¿Y con la misma velocidad angular? Razónalo.

b) Calcula la velocidad lineal y la velocidad angular de ambos.

Sol.: b) 1,30 m/s, 0,26 rad/s, 0,91 m/s, 0,26 rad/s

35. La rueda de una bicicleta tiene 30 cm de radio y gira uniformemente a razón de 25 vueltas por minuto. Calcula:

a) La velocidad angular, en rad/s.

b) La velocidad lineal de un punto de la periferia de la rueda.

Sol.: a) 2,62 rad/s; b) 0,79 m/s

36. Un satélite describe un movimiento circular uniforme alrededor de la Tierra. Si su velocidad angular es de $7 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}$, calcula el número de vueltas que da en un día.

Sol.: 9,6 vueltas

Caída de una bola por un plano inclinado

Comprobaremos que si se deja caer una bola de madera por un plano inclinado, ésta baja a una velocidad creciente y con una aceleración constante. Es decir, se trata de un *movimiento rectilíneo uniformemente acelerado*.

Recuerda que la ecuación posición-tiempo del MRUA es:

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

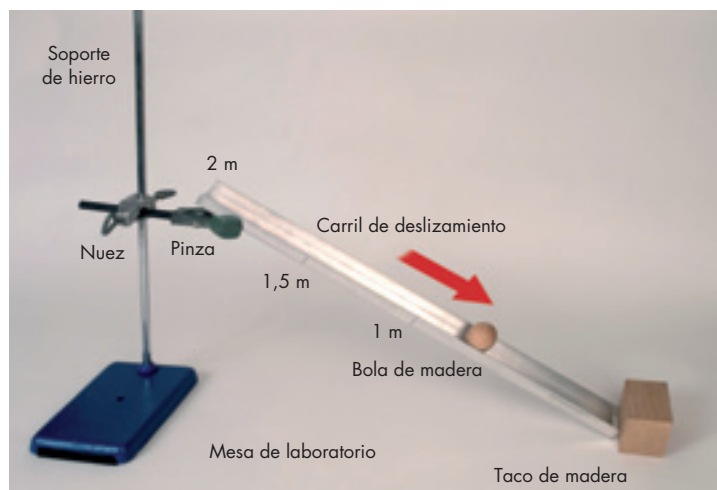
Como $x_0 = 0$ y la bola cae sin velocidad inicial ($v_0 = 0$), la ecuación queda: $x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$. De aquí se deduce: $a = \frac{2x}{t^2}$.

► Material

- Dos bolas de madera de masas diferentes.
- Soporte de hierro provisto de pinza y nuez.
- Carril metálico de 2 m de longitud.
- Taco de madera.
- Cronómetro.

► Proceso

- Marca en el carril las distancias: 1 m, 1,5 m y 2 m.
- Prepara el montaje que aparece en la imagen. Para ello, fija la pinza a unos 28 cm de altura respecto de la mesa.
- Suelta una de las dos bolas (sin lanzarla) desde el punto del carril con la marca de 2 m. En el mismo instante en que la sueltes, pon en marcha el cronómetro.
- Para el cronómetro justamente cuando la bola golpee el taco de madera situado al final del carril. Anota el tiempo transcurrido, indicando hasta las décimas de segundo.
- Repite el experimento cuatro veces más y anota los tiempos correspondientes.



- Calcula la media aritmética de los tiempos de caída.
- Sigue el mismo procedimiento y suelta la bola desde las marcas de 1,5 m y 1 m. Anota los tiempos de caída y calcula la media aritmética.
- Completa la tabla con los valores de t^2 y de la aceleración.
- Con los datos de la tabla, representa la gráfica $x-t^2$.
- Repite el proceso utilizando la otra bola y comprueba si los tiempos son diferentes.
- Varía el ángulo de inclinación del carril. Para ello, puedes fijar la pinza a 32 cm y a 36 cm de altura respecto de la mesa. Vuelve a efectuar la prueba y comprueba si cambia la aceleración.

Recorrido (m)	Tiempo de caída (s)					Tiempo medio t (s)	t^2 (s ²)	Aceleración (m/s ²) $a = \frac{2x}{t^2}$
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5			
2,0								
1,5								
1,0								

Cuestiones

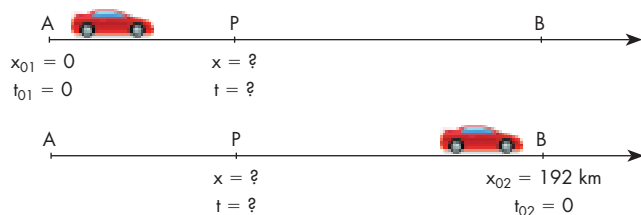
- a) ¿Qué condición se requiere para que un movimiento sea uniformemente acelerado?
 - Justifica por qué el movimiento de caída de la bola es un MRUA.
- b) Describe la forma de la gráfica $x-t^2$. ¿Corresponde a un MRUA? ¿Por qué?
- c) ¿Influye la masa de la bola en la aceleración? ¿Cómo?
- d) Razona qué ocurriría con la aceleración si repitieras el experimento pero cada vez aumentando el ángulo de inclinación del carril hasta dejarlo prácticamente vertical.
- e) Relaciona estas pruebas con los experimentos de Galileo Galilei sobre la caída libre. Indica si la aceleración en la caída libre depende de la masa del cuerpo.

El movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento circular uniforme (MCU) son dos tipos de movimientos de especial importancia porque aparecen con frecuencia en la vida cotidiana. Ahora profundizaremos un poco más en su estudio.

A Dos automóviles salen al mismo tiempo de dos ciudades, A y B, separadas por una distancia de 192 km. El primer automóvil sale de A hacia B a 75 km/h. El segundo sale de B hacia A a 85 km/h.

- Calcula en qué punto y en qué instante se encuentran.
- Representa en una gráfica posición-tiempo el movimiento de los dos vehículos.

— Datos:



— Escribimos las ecuaciones de los dos movimientos tomando la ciudad A como origen del sistema de referencia. Expresaremos las posiciones en kilómetros y el tiempo en horas. $x = x_0 + v \cdot t$

Automóvil 1: $x_1 = 0 + 75 \cdot t$; $x_1 = 75 \cdot t$

Automóvil 2: $x_2 = 192 + (-85) \cdot t$; $x_2 = 192 - 85 \cdot t$

- Los dos vehículos se encuentran cuando sus posiciones coinciden, es decir:

$$x_1 = x_2 = x ; 75t = 192 - 85t$$

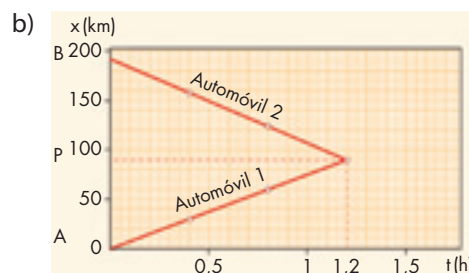
$$75t + 85t = 192 ; 160t = 192 ; t = \frac{192}{160} = 1,2 \text{ h}$$

Los dos vehículos se encuentran 1,2 h después de su salida.

Para saber qué posición ocupan en este instante, sustituimos el valor de t en una ecuación cualquiera del movimiento. Por ejemplo:

$$x = 75 \cdot t = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1,2 \text{ h} = 90 \text{ km}$$

Los dos vehículos se encuentran a 90 km de la ciudad A.



- 37.** Dos chicos están separados 4,95 m. Cada uno lanza una pelota al otro. Las dos pelotas salen a la vez y se mueven horizontalmente en sentidos contrarios, la primera a 3 m/s y la segunda a 8 m/s. a) Calcula en qué punto y en qué instante se encuentran; b) representa en una gráfica posición-tiempo el movimiento de ambas pelotas.

Sol.: a) 1,35 m; 0,45 s

B Un automóvil circula a una velocidad constante de 15 m/s. Si las ruedas del automóvil tienen un radio de 30 cm, calcula:

- La velocidad angular de las ruedas.
- El número de vueltas que dan las ruedas en 1 min.

— Datos: $r = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$; $\varphi_0 = 0$;

$$v = 15 \text{ m/s} ; t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

- Un punto de la periferia de la rueda gira con una velocidad lineal igual a la velocidad del automóvil, $v = 15 \text{ m/s}$.

Podemos hallar la velocidad angular a partir de su relación con la velocidad lineal.

$$\varphi = \frac{v}{r} = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,3 \text{ m}} = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocidad angular de las ruedas es 50 rad/s.

- Aplicamos la ecuación del movimiento circular uniforme para un tiempo de 1 min.

$$\varphi = \omega \cdot t = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 60 \text{ s} = 3000 \text{ rad}$$

Pasamos los radianes a vueltas.

$$3000 \text{ rad} \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2 \pi \text{ rad}} = 477,5 \text{ vueltas}$$

Las ruedas dan 477,5 vueltas en 1 min.

- 38.** Un ciclista recorre 5,4 km en 15 min a velocidad constante. Si el radio de las ruedas de su bicicleta es de 40 cm, calcula: a) la velocidad angular de las ruedas; b) el número de vueltas que dan las ruedas en este tiempo.

Sol.: a) 15 rad/s; b) 2148,6 vueltas

- 39.** Una noria de 40 m de diámetro gira con una velocidad angular constante de 0,125 rad/s. Averigua: a) la distancia recorrida por un punto de la periferia en 1 min; b) el número de vueltas que da la noria en este tiempo.

Sol.: a) 150 m; b) 1,2 vueltas

¿Qué es el movimiento?

40. Con una cinta métrica, mide las dimensiones de tu habitación. En una hoja cuadriculada dibuja su plano a escala (la planta). Fija el origen de los ejes de coordenadas en un punto cualquiera de la habitación y anota las coordenadas de los extremos de tu cama, de tu armario y de tu mesa de estudio.
41. Explica la diferencia entre movimiento y reposo.
42. Indica en cuál de las siguientes situaciones existe movimiento respecto del observador:
- Un pasajero dentro de un avión mira el ala del avión.
 - El mismo pasajero contempla la ciudad desde la que ha despegado el avión.
 - Un niño sentado en un coche de una atracción de feria ve a su amigo sentado a su lado.
 - Los padres del niño de la atracción de feria lo observan a él y a su amigo, parados de pie, frente a la atracción.
43. ¿En qué tipo de trayectorias el desplazamiento coincide con la trayectoria entre dos puntos? Pon dos ejemplos.
44. La tabla siguiente corresponde al desplazamiento de un pez en el mar.

Tiempo (s)	0	10	20	30	40
Posición (m)	0	27	58	87	116

- Calcula la distancia recorrida entre los instantes:
- $t_1 = 10$ s y $t_3 = 30$ s
 - $t_2 = 20$ s y $t_4 = 40$ s

Sol.: a) 60 m; b) 58 m

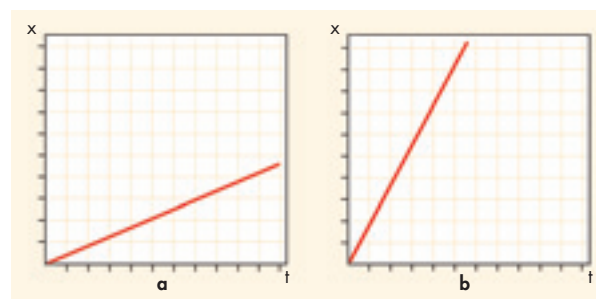
45. Describe alguna situación que hayas vivido en la que no **R** supieras si estabas en movimiento o no.
46. Un ascensor sube desde la planta cero de un edificio hasta el quinto piso. Seguidamente, es llamado al primer piso para, a continuación, bajar al parking que está en la primera planta del subterráneo del edificio. **R**
- Representa gráficamente cuál han sido la trayectoria y el desplazamiento del ascensor.
47. Busca información sobre la longitud y la latitud terrestres. **A** ¿Son coordenadas cartesianas?
48. Un año luz se define como la distancia que recorre la luz en el vacío en el período de tiempo de un año y equivale a $9,4608 \cdot 10^{15}$ m. Indica si se trata de una unidad de longitud o de tiempo. Expresa en notación científica, la distancia en metros de estas estrellas al Sol: Próxima Centauri, situada a 4,22 años luz del Sol, Tau Ceti, a 11,90 años luz y Sigma Draconis, a 18,81 años luz del Sol. **A**

La rapidez en el cambio de posición

49. Explica la diferencia entre velocidad media y velocidad instantánea.
50. El *Thrust SSC* es un vehículo terrestre que en 1997 superó la velocidad del sonido. Si logró recorrer 1 366 m en 4 s, ¿cuál fue su velocidad media en este intervalo?
- Exprésala en kilómetros por hora.
- ¿Cuánto tiempo tardó en recorrer un kilómetro?

Sol.: 1 239,4 km/h; 2,92 s

51. Las gráficas siguientes representan el movimiento de dos móviles. Razona cuál de ellos se mueve a mayor velocidad.



52. Un móvil parte del origen del sistema de referencia con una velocidad constante de 25 m/s en línea recta. Representa la gráfica posición-tiempo.
53. ¿Cuáles son las características del movimiento rectilíneo uniforme? ¿Cómo es el vector velocidad en este movimiento? **R**
54. El animal acuático más veloz es el pez vela que alcanza los 109 km/h. ¿Cuánto tiempo tardará en recorrer 1 435 metros? **R**

Sol.: 47,4 s

55. Un coche se desplaza por una carretera recta a una velocidad de 85 km/h. Al cabo de 8 min, ¿qué distancia habrá recorrido, en metros? **R**
- Sol.: 11 333,6 m
56. Tres atletas participan en unas olimpiadas. El primero recorre 10 km en 27 min 40 s, el segundo recorre 100 m en 9,93 s y el tercero recorre 1500 m en 3 min 32 s. ¿Cuál de ellos corre con mayor rapidez? **A**

57. La tabla siguiente muestra los datos del movimiento de un atleta en una carrera de 100 m lisos. **A**

Tiempo (s)	0	3,58	5,61	7,72	9,86
Posición (m)	0	25	50	75	100

- Calcula la velocidad media entre los instantes: a) $t_0 = 0$ s y $t_2 = 5,61$ s; b) $t_2 = 5,61$ s y $t_4 = 9,86$ s.

Sol.: a) 8,91 m/s; b) 11,76 m/s

58. Un patinador sale de la posición $x_0 = 20$ m en el instante $t_0 = 0$ y se desplaza con una velocidad constante de 20 m/s en sentido positivo. Otro patinador sale en su persecución 2 s más tarde desde la posición $x_0 = 0$ a una velocidad de 30 m/s. Calcula cuándo y dónde el segundo patinador alcanzará al primero.

A

Sol.: 8 s; 180 m

Cambios de velocidad

59. ¿Cuáles son las características del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado?

60. Indica los signos de v y a en los casos siguientes si hemos tomado el sentido positivo del sistema de referencia hacia arriba.

- Un objeto es lanzado verticalmente y hacia arriba.
- Un objeto es lanzado verticalmente y hacia abajo.

61. Un tren que circula a 90 km/h frena con una aceleración igual a -2 m/s² al acercarse a la estación. Explica el significado del signo menos en la aceleración. Calcula el tiempo que tarda en detenerse.

Sol.: 12,5 s

62. Un móvil parte del reposo. La tabla siguiente presenta sus posiciones en diferentes instantes.

t (s)	0	1	2	3	4
x (m)	0	2	8	18	32

- Dibuja la gráfica posición-tiempo.
- Calcula la aceleración y la velocidad del móvil al cabo de 10 s.

Sol.: b) 4 m/s²; 40 m/s

63. ¿Cuál es la diferencia entre velocidad lineal y velocidad angular en un movimiento circular uniforme?

64. Las aspas de un ventilador giran uniformemente a razón de 90 vueltas por minuto. Determina: a) su velocidad angular, en rad/s; b) la velocidad lineal de un punto situado a 30 cm del centro; c) el número de vueltas que darán las aspas en 5 min.

Sol.: a) 9,4 rad/s; b) 2,8 m/s; c) 450 vueltas

65. Explica las diferencias fundamentales entre los movimientos MRU, MRUA y MCU.

R

66. Un coche aumenta uniformemente su velocidad de 59,4 km/h a 77,4 km/h en 4 s. Calcula: a) la aceleración; b) la velocidad que tendrá 9 s después de comenzar a acelerar; c) la distancia que recorrerá en estos 9 s.

Sol.: a) 1,25 m/s²; b) 27,75 m/s; c) 199,1 m

67. ¿Cuál es la velocidad angular, en rad/s, de un disco de vinilo que gira a 33 revoluciones por minuto (rpm)?

R

Sol.: 3,46 rad/s

68. Calcula el radio de la noria London Eye si tarda 30 minutos en dar una vuelta y las cestas se mueven a 0,26 m/s.

A

Sol.: 74,5 m

69. Formad grupos. Buscad información sobre las señales de tráfico. Elaborad un informe ilustrado donde se clasifiquen las señales de tráfico según sean:

A

a) de prohibición; b) de obligación; c) de limitación de velocidad; d) de prioridad.

— A continuación escoged una de las señales de cada grupo y describid una situación en que se deba respetar dicha señalización.

@ Conéctate

70. En la página <http://www.fislab.net> selecciona el idioma castellano y «Applets». Elige «Dos móviles» y marca «Inicio». Podrás ver cómo dos vehículos van uno al encuentro del otro. Cambia los valores de sus aceleraciones (puede ser cero), la distancia inicial y las velocidades iniciales.

71. Mide tu tiempo de reacción al evitar un choque con el coche que está frenando delante de ti en: http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/applets/Hwang/ntnujava/carDistance/carAccident_s.htm. Puedes variar la velocidad de los coches y la distancia inicial entre ellos.

Para iniciar el applet, pulsa *Reset*, después de elegir la velocidad de los coches y la distancia inicial. Averigua, para tres valores de velocidad iniciales, cuál tiene que ser la distancia de separación mínima para que no haya choque. Ves probando distintos valores de distancia para cada valor de velocidad. El valor que obtengas es la llamada distancia de seguridad ¿Cómo varía la distancia de seguridad al variar la velocidad de circulación?

72. En el applet que hay al final de esta página: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cinematica/graves/graves.htm>, podrás ver el movimiento de un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba con una determinada velocidad inicial. En este applet también verás dibujada la gráfica posición-tiempo. Cambia el valor de la posición inicial y el de la velocidad de lanzamiento y observa cómo varía la altura máxima alcanzada. Fíjate en cómo van variando con el tiempo los vectores velocidad y aceleración ¿Cómo es la trayectoria del móvil?

73. En una hoja de cálculo halla el espacio recorrido y la velocidad desde $t = 0$ hasta $t = 5$ min en intervalos de 20 s para un MRUA que parte del reposo. Considera una aceleración de 3 m/s². Con los valores obtenidos, representa las gráficas: posición-tiempo, velocidad-tiempo y posición-velocidad.

74. Utiliza la calculadora on-line WIRIS (<http://herramientas.educa.madrid.org/wiris>) para pasar estos ángulos a radianes: 14°, 23°, 51°, 107°, 162°, 198°, 250° y 343°. Calcula la longitud del arco asociado si el radio es de 3 cm. Al final de esta página web, consulta en *documentación/unidades de medida* el procedimiento para convertir grados en radianes.

El itinerario hasta el instituto

Juan, Carlos y María son vecinos, y van juntos al instituto en bicicleta.

Juan es el que vive más lejos y de camino pasa por la casa de Carlos que está, en su misma calle, a 25 metros. Después los dos van a buscar a María que se encuentra a 50 metros, doblando la esquina de la casa de Carlos y siguiendo una recta. Desde la casa de María tienen que circular por carretera porque el centro de enseñanza se encuentra a 2 km de esta.

Cada día, Juan sale de su casa a las 8:00 h y el timbre del instituto suena a las 8:30 h.

Veamos cómo podemos relacionar hechos de su vida cotidiana con los conocimientos que están adquiriendo en la clase de Física.



1. Observa el plano y sobre él dibuja la trayectoria que describe la bicicleta de Carlos.
 - a) Indica qué elementos de seguridad vial están representados en el plano.
 - b) Imagina que estás circulando de forma paralela a las bicicletas. Di qué elemento de referencia tomarías para conocer quién circula a mayor velocidad.
 - c) Si estás parado junto al semáforo del plano y ves pasar a Juan en bicicleta di si su mochila está en movimiento o está parada.
2. Salen los tres al mismo tiempo desde la casa de María a las 8:05 h. Juan llega primero a las 8:20 h, María a las 8:22 h y, por último, Carlos, a las 8:26 h. Teniendo en cuenta que han mantenido constante la velocidad durante todo el trayecto:
 - a) Calcula la velocidad a la que ha circulado cada uno de ellos.
 - b) Si la velocidad máxima permitida para un ciclista en carretera es de 40 km/h, ¿alguno de ellos ha infringido esta norma?
 - c) Determina el tiempo que ha tardado cada uno de ellos en llegar al instituto.
3. A la salida del instituto han quedado para ir a la biblioteca. En el camino encuentran un obstáculo en la carretera y frenan para detenerse. Carlos, que circula detrás de Juan, no se da cuenta y choca con él y pierde el equilibrio.
 - a) Calcula la aceleración que lleva la bicicleta de Carlos si estaba circulando a 20 km/h y ha tardado 1 s en detenerse.
 - b) ¿Qué signo tiene la aceleración? Explica su significado.

4. Tras el incidente siguen hasta la biblioteca municipal donde quieren obtener información sobre los sistemas de navegación para vehículos. Deben preparar en grupo un trabajo sobre esta nueva tecnología. Para ello buscan información en Internet, revistas, enciclopedias...



— Elabora un informe sobre los sistemas de navegación para vehículos.

El informe debe contemplar los siguientes puntos:

- Fundamento científico.
- Año de aparición de los primeros navegadores y en qué países.
- Implantación actual en el mercado mundial.
- Aplicaciones.
- Uso entre los jóvenes.

5. Hoy es sábado y los tres amigos han quedado para ir con las bicicletas al gimnasio que está en el centro del núcleo urbano. Cuando se encuentran, Juan comenta que es más peligroso ir por el centro de la ciudad que por carretera. Carlos no está de acuerdo y los tres exponen sus puntos de vista.
 - a) Leed en clase la siguiente noticia que encontrarás en http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/01/07/actualidad/1325965414_090170.htm
Y consulta las siguientes páginas donde encontrarás información sobre las normas de circulación que afectan a los ciclistas, medidas y elementos de seguridad.
http://www.dgt.es/was6/portal/contenidos/documentos/seguridad/_vial/estudios_informes/guia_ciclista.pdf, www.profesoresyseseguridadvial.com/accidentes-de-trafico-y-jovenes/#more-2107 y http://aplch.dgt.es/pevi/faces/paginas/recursos/curriculares/did_secundaria/secundaria.xhtml?paramMenuSeleccionado=submenu_1_1
 - b) A continuación, formad dos grupos y organizad un debate sobre la conveniencia o no del uso de las bicicletas en la ciudad. Cada grupo debe argumentar su postura.
 - c) Elaborad unas conclusiones sobre el debate donde expreséis la importancia de que todos los conductores de vehículos respeten las normas de seguridad vial.

LA NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

El GPS, del inglés *Global Positioning System*, es el sistema de navegación por satélite actualmente operativo a nivel mundial. Permite al usuario conocer su posición exacta en la superficie terrestre.

Para ello utiliza el método de triangulación, análogo al empleado hace años por los barcos. El receptor GPS detecta una señal de radiofrecuencia y una señal de control, emitidas desde un satélite y separadas en el tiempo.

Con estas señales, el receptor mide el intervalo de tiempo, Δt , que tardan estas ondas electromagnéticas en viajar del satélite hasta él. Entonces, el receptor calcula la distancia Δs que lo separa del satélite según: $\Delta s = v \cdot \Delta t$, donde v es la velocidad de la luz, es decir, la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas. De esta forma, la posición del receptor puede ser cualquier punto de la esfera terrestre con centro en el satélite y de radio igual a Δs , puesto que las ondas se propagan como esferas concéntricas.

Al repetir el proceso con un segundo satélite, la posición del receptor queda delimitada al círculo resultante de la intersección de las dos esferas, cada una centrada en un satélite. Con la ayuda de un tercer satélite, la posición se reduce a dos puntos posibles, uno de ellos fuera de la Tierra, que es descartado. Así, el receptor conoce su longitud y latitud. Y, con la ayuda de un cuarto satélite, puede determinar también su altura con respecto al nivel del mar.

En el año 2005 se inició el lanzamiento de satélites del sistema de navegación europeo denominado Galileo. Será un sistema civil, a diferencia del estadounidense GPS que es preferentemente militar. Se prevé que en 2014 Galileo ya esté operativo.



HAWKING Y GALILEO

El 8 de enero de 2012 el físico inglés Stephen Hawking celebró su setenta aniversario. Había nacido el mismo día en que se cumplían 300 años de la muerte de Galileo Galilei.

A pesar de tener una enfermedad degenerativa de las neuronas motoras, Hawking se ha dedicado durante años a la cosmología y es considerado el físico teórico más brillante desde Einstein. En 1989 se le otorgó el premio príncipe de Asturias de la concordia «por su trascendental labor investigadora sobre los fundamentos del tiempo y el espacio».

A Stephen Hawking se lo sitúa al mismo nivel que Galileo, Newton y Einstein. Sin embargo, cuando se le pregunta sobre sus predecesores, es Galileo con quien se siente más identificado.

Al igual que el trabajo de Hawking, los experimentos de Galileo contribuyeron a ampliar nuestro conocimiento del Universo y de las leyes físicas que lo rigen.



Galileo Galilei.



Stephen Hawking.

SÍNTESIS

- Llamamos **sistema de referencia** a un punto o conjunto de puntos respecto al cual se describe el movimiento de un cuerpo.
 - Un cuerpo está en **movimiento** si cambia de posición con respecto al sistema de referencia; en caso contrario, decimos que está en **reposo**.

- Llamamos **posición** de un móvil al punto de la trayectoria que este ocupa en un momento dado.

- Llamamos **trayectoria** a la línea formada por los sucesivos puntos que ocupa un móvil en su movimiento.

- El **vector desplazamiento** entre dos puntos de la trayectoria es el vector que une ambos puntos.

- La **distancia recorrida** en un intervalo de tiempo es la longitud, medida sobre la trayectoria, que existe entre la posición inicial y la posición final del móvil en dicho intervalo.

$$\Delta s = s - s_0$$

- La **velocidad** de un móvil representa la rapidez con que este cambia de posición.

- Llamamos **velocidad media** al cociente entre la distancia recorrida por el móvil y el tiempo empleado en recorrerla.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

- Llamamos **velocidad instantánea** a la velocidad que tiene el móvil en un instante determinado.

- La unidad de velocidad en el SI es el **metro por segundo (m/s)**.

- Un móvil se desplaza con **movimiento rectilíneo uniforme (MRU)** si sigue una trayectoria rectilínea y su velocidad es constante en todo momento.

$$\text{Ecuación del MRU: } x = x_0 + v \cdot t$$

- La **aceleración** de un móvil representa la rapidez con que este varía su velocidad.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

- La unidad de aceleración en el SI es el **metro por segundo al cuadrado (m/s²)**.

- Un móvil se desplaza con **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)** si sigue una trayectoria rectilínea y su aceleración es constante y no nula.

$$\text{Ecuaciones del MRUA: } v = v_0 + a \cdot t$$

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

- Un móvil se desplaza con **movimiento circular uniforme (MCU)** cuando su trayectoria es circular y su velocidad angular se mantiene constante.

$$\text{Ecuación del MCU: } \varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$$

- **Velocidad lineal (v) y velocidad angular (ω)**

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\text{arco recorrido}}{\text{tiempo}}; \quad \omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\text{ángulo girado}}{\text{tiempo}}$$

$$v = \omega \cdot r$$

1. Expresa 135 km/h en metros por segundo.
2. Expresa estas cantidades en notación científica:
70 300 000; 0,081; 4 502 000 000; 0,0000098
3. Un autocar se desplaza por una carretera desde el kilómetro 120 hasta el kilómetro 160 en un tiempo de 30 min. Determina su velocidad media.
4. La gráfica posición-tiempo de un MRU es una línea recta. ¿De qué depende su inclinación?
5. Un patinador describe un MRU con una velocidad de 15,4 m/s. ¿Qué distancia recorre en 3 min?
6. ¿Cómo varía en función del tiempo la velocidad de un móvil en caída libre?

7. Una motocicleta acelera desde el reposo y alcanza una velocidad de 104,4 km/h en 10 s. Calcula la distancia recorrida en este tiempo.
8. Cuando empezamos a contar el tiempo, un móvil parte del reposo con una aceleración de 2 m/s².
 - a) Representa la gráfica velocidad-tiempo desde t = 0 a t = 5 s.
 - b) Representa la gráfica posición-tiempo desde t = 0 a t = 5 s.
9. Desde el suelo, lanzamos una pelota verticalmente y hacia arriba con una velocidad de 20 m/s. Calcula la velocidad y la altura al cabo de 1 s.
10. Un tiovivo gira a una velocidad angular de 0,42 rad/s. Determina la velocidad lineal de un coche de bomberos situado a 4 m del centro.