

6 El movimiento de los cuerpos

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE



El tiempo es oro: la importancia del tiempo de reacción 🌍 📱 🧠

¿Quién no ha sufrido alguna vez una caída tonta o un golpe inesperado por estar distraído? A nuestro alrededor se suceden a diario multitud de situaciones que conllevan algún riesgo o peligro, tanto a nivel doméstico, como laboral, o incluso en la vía pública. Sin embargo, la buena noticia es que, por lo general, solemos salir bastante bien parados...

Nuestros reflejos nos protegen, contribuyen a nuestra seguridad e integridad y, gracias a ellos (y, a veces, también a la suerte), conseguimos salir ilesos casi siempre. Es esa capacidad innata que tenemos de reaccionar con mayor o menor rapidez frente a los estímulos externos la que nos permite que, en cuanto percibimos un peligro o nos enfrentamos a una situación de riesgo, podamos actuar de manera adecuada y llegar a librarnos de desenlaces que pueden llegar a ser fatales. Un tiempo de reacción corto nos lanza a agarrarnos rápidamente a cualquier superficie cercana cuando resbalamos en un suelo mojado, o cuando tropezamos con un obstáculo imprevisto; de esa manera evitamos una mala caída y las lesiones derivadas de ella. Y, como esta, se nos pueden ocurrir millones de situaciones... en todas ellas el tiempo de reacción desempeña un papel fundamental a la hora de actuar de manera efectiva y segura, y de tomar decisiones rápidas que nos permitan prevenir accidentes.

- 1 ¿Cómo definirías *tiempo de reacción*?
- 2 ¿Tienen todas las personas los mismos reflejos ante una misma situación? ¿Se espera que el tiempo de reacción sea el mismo para cualquier ser humano?
- 3 ¿Consideras que el tiempo de reacción es algo que se puede mejorar con el entrenamiento o la práctica? Exponed y debatid en clase vuestras opiniones.
- 4 Señala cómo influye el tiempo de reacción en los siguientes ámbitos e incluye varios ejemplos que justifiquen tu respuesta: entorno doméstico, ámbito laboral, seguridad vial y sector industrial.



1 ¿Qué entendemos por movimiento?

2 La posición de los cuerpos



3 La velocidad

4 Movimiento rectilíneo uniforme

5 La aceleración

Consolidación y síntesis

Técnicas de trabajo y experimentación
Estudio experimental de un MRU

Producto final

Cuestión de reflejos

Es posible que hasta ahora no os hayáis dado cuenta de lo importante que puede llegar a ser el tiempo de reacción.

Os proponemos que pongáis a prueba vuestros reflejos en la vida cotidiana e investiguéis sobre la importancia del tiempo de reacción, así como los factores que influyen en él.



1 ¿Qué entendemos por movimiento?



- Imagina que observas a varias personas situadas sobre una cinta transportadora, como en la imagen A. Según tu criterio, ¿dirías que están en movimiento? ¿Crees que los viajeros de la imagen pensarán lo mismo que tú?
- Piensa en los viajeros que van en el tren de alta velocidad de la imagen B. Al ver pasar el tren, ¿dirías que están en movimiento? ¿Crees que los viajeros, sentados en su asiento, dirían lo mismo que tú?

¿Cuándo podemos afirmar que algo se mueve? A la vista de los ejemplos anteriores, seguramente te hayas dado cuenta de que distintas personas pueden llegar a conclusiones diferentes sobre si un cuerpo está en movimiento o no. Mientras tú piensas que las personas situadas sobre la cinta transportadora o los pasajeros del tren se encuentran en movimiento, ellos afirmarán que están en reposo, ya sea de pie o sentados en su asiento.


Por tanto, podemos decir que:

Algo está en reposo o en movimiento dependiendo del punto elegido para estudiarlo. A dicho punto se le conoce como **sistema de referencia**.

En consecuencia, afirmaremos que:

Un **cuerpo se mueve** cuando **cambia su posición** con respecto a un punto o sistema de referencia elegido, que consideraremos en reposo.

Actividades

1  Imagina que vas sentado en un autobús que se dirige de un pueblo a otro. Pasáis, sin deteneros, por una marquesina, y un niño os saluda desde ella. Justifica si estás en reposo o en movimiento en relación con:

- Otro pasajero que va sentado a tu lado.
- El niño que te saluda desde la parada de autobús.

Observa ahora el edificio de la imagen y responde a las preguntas:

- ¿Crees que se mueve?
- Si hacemos esta misma pregunta a un astronauta y al capitán del barco amarrado en la orilla, ¿coincidirá su respuesta? ¿Por qué?



Probablemente todos coincidiríamos en afirmar que el edificio no se mueve, lo mismo que opinaría el capitán del barco. Sin embargo, los cimientos de la torre están firmemente anclados a la Tierra que, como sabrás, se encuentra en movimiento de rotación alrededor de su eje, y de traslación alrededor del Sol; por tanto, el astronauta diría que se mueve.

Podemos concluir que:

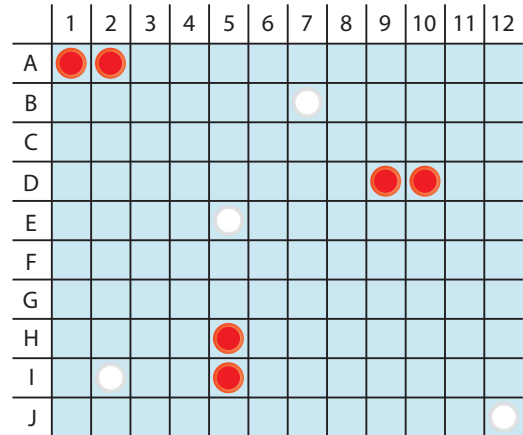
Todo se mueve y, de hecho, **el movimiento es relativo**.

2 La posición de los cuerpos

¿Cómo indicarías las posiciones de los barcos blancos del tablero de la imagen? ¿Y las de los barcos rojos?

La columna de letras y la fila de números sirven para definir la posición de los barcos en el tablero y se denominan **coordenadas de posición**.

Teniendo en cuenta que el tablero es plano, ¿cuántas coordenadas necesitas para indicar la posición de cada barco?



Como has podido comprobar, para indicar la **posición** de un cuerpo en un plano necesitas **dos coordenadas**, además de definir un origen en el sistema de referencia empleado.

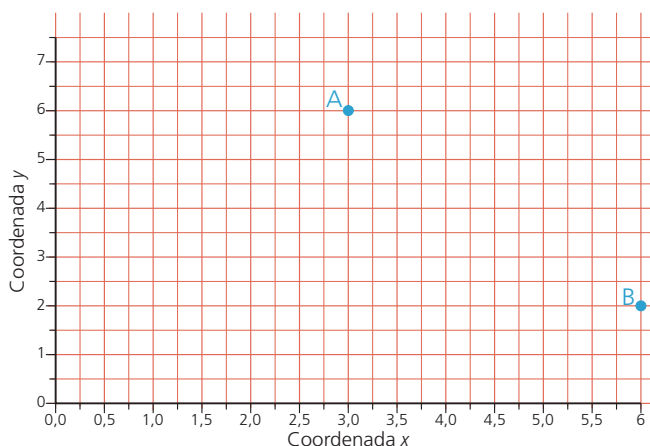
En general, solemos utilizar el llamado **sistema cartesiano de coordenadas** (X, Y), donde los valores de X se representan en el eje horizontal, mientras que los de Y corresponden al eje vertical, siendo el origen de referencia el punto (0,0), en el que se cortan ambos ejes.

La **posición de un cuerpo** es el lugar en el que se encuentra con respecto al sistema de referencia. Viene dada por la distancia, medida en línea recta, entre dicho cuerpo y el origen de coordenadas.

Cuando viajas en coche el sistema de navegación indica la posición del vehículo en cada instante usando, en este caso, las llamadas **coordenadas terrestres**, que son la **longitud** y la **latitud**.

Actividades

2 Indica en tu cuaderno las posiciones de los puntos A y B de la figura en coordenadas cartesianas.



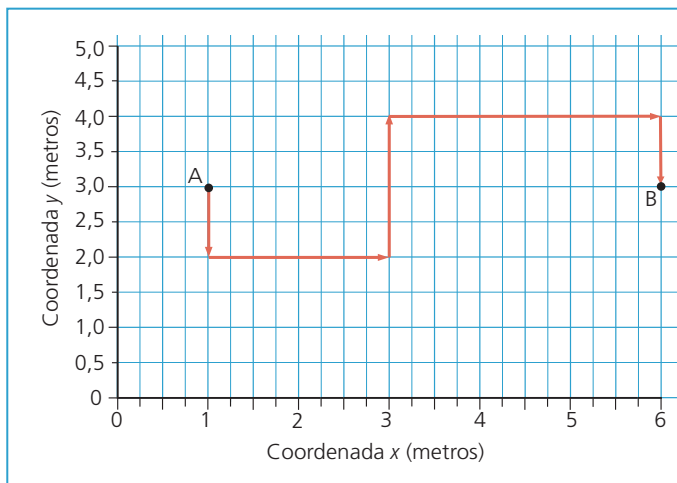
3 ¿A qué llamamos longitud geográfica? ¿Y latitud? Usa un GPS para averiguar las coordenadas terrestres del lugar en el que vives.

4 En la siguiente imagen puedes visualizar la posición del Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN).



- Determina con la mayor exactitud posible la posición del CERN. ¿Qué tipo de coordenadas has usado?
- ¿Dónde estaría situado el origen del sistema de referencia utilizado?

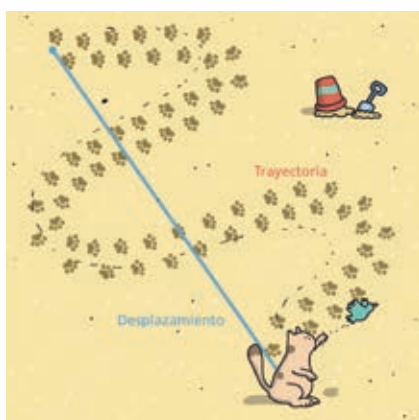
2.1. Desplazamiento, trayectoria y distancia recorrida



Observa esta gráfica que representa el movimiento de un cuerpo entre las posiciones A y B.

A continuación, trata de responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué distancia total se ha desplazado el cuerpo?
- ¿Qué crees que representan las líneas rojas?
- ¿Cuántos metros, en total, ha recorrido el cuerpo al ir desde A hasta B siguiendo las flechas rojas?
- ¿Cómo definirías los conceptos «desplazamiento», «trayectoria» y «distancia recorrida»?



Obviamente, el camino más corto para llegar desde A hasta B sería la línea recta que une ambas posiciones. A esa distancia se la conoce como **desplazamiento**.

El **desplazamiento (d)** es la distancia, medida en línea recta, entre las posiciones inicial y final.

Sin embargo, no siempre será posible seguir una línea recta. Por ejemplo, cuando nos desplazamos de una ciudad a otra, la carretera rara vez sigue una línea recta.

La **trayectoria** es la línea geométrica que describe un cuerpo durante su movimiento. Puede ser **rectilínea** o **curvilínea**.

En la figura de las preguntas iniciales, la trayectoria vendría dada por el camino trazado por las flechas rojas entre A y B. Se trataría, por tanto, de una trayectoria rectilínea.

La **distancia recorrida (s)** es la longitud que recorre un cuerpo medida sobre la trayectoria.

Como habrás podido deducir al analizar la figura inicial, el **desplazamiento** entre los puntos A y B ha sido de 5 m, mientras que la **distancia recorrida** es de 9 m.

Actividades

- Indica qué tipo de trayectoria (rectilínea o curvilínea) describen los siguientes objetos:

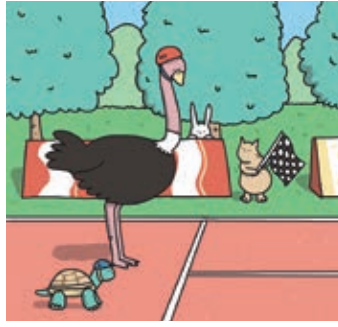
 - El segundero de un reloj analógico.
 - Un bolígrafo que dejas caer.
 - Un péndulo.
 - Las aspas de un ventilador.
 - Una corredora de 100 m lisos.
 - La Tierra alrededor del Sol.
- Cuando hablamos de trayectorias curvilíneas, podemos diferenciar las circulares, las parabólicas y las elípticas. Busca algún ejemplo de cada una de ellas, indicando de cuál se trata, y dibújalas.

3 La velocidad

Un avestruz es capaz de recorrer 50 km en una hora, mientras que el caracol recorre, en el mismo tiempo, 400 m.

Trata de responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué distancia habrá recorrido cada uno en $1/5$ de hora (12 min)?
- ¿Qué animal se mueve más rápido, una tortuga o un avestruz?



No habrás dudado en responder que el avestruz es mucho más rápido que la tortuga. De hecho, estamos comparando a uno de los animales terrestres más rápidos con uno de los más lentos.

Cuando comparamos la rapidez de dos cuerpos en movimiento, debemos fijarnos en dos magnitudes: la **distancia** que recorren y el **tiempo** que emplean en hacerlo. En este caso, si pusiéramos a un guepardo y a un caracol en el mismo punto de salida y cronometráramos lo que tardan en recorrer 100 m, la diferencia de tiempo sería abismal.

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

3.1. Velocidad media

Decimos que la velocidad media del guepardo es mayor que la del caracol, pues recorre una mayor distancia en el mismo tiempo.

La **velocidad media** (v_m) es la relación (o cociente) entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla:

$$v_m = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo empleado}} = \frac{s}{t}$$

Así, por ejemplo, si una corredora de maratón recorre los 42 km en 2,5 h, su velocidad media será de $42 \text{ km}/2,5 \text{ h} = 16,8 \text{ km/h}$.

3.2. Velocidad instantánea

Cuando viajas en coche puedes saber en todo momento la velocidad a la que se está moviendo el vehículo (y por tanto, también tú) con tan solo mirar el velocímetro. ¿De qué velocidad te informa dicho aparato?

El **velocímetro** de un vehículo nos informa de la velocidad que este lleva en cada instante. Por esta razón, se conoce a esta velocidad con el nombre de velocidad instantánea.

La **velocidad instantánea** (v_i) es la velocidad que tiene un móvil en un momento (o instante) determinado.

La velocidad instantánea únicamente coincidirá con la velocidad media del móvil cuando este se mueva siempre a la misma velocidad, es decir, cuando su velocidad sea constante. Cuando esto ocurre, decimos que el **movimiento** es **uniforme**.

Actividades

- ¿A qué velocidad se está moviendo el vehículo que lleva este velocímetro? ¿Se trata de una velocidad media o instantánea? Justifica tu respuesta.



Al leer las velocidades, debemos tener mucho cuidado con las unidades. Si medimos, por ejemplo, en m/s, leeremos, «**metros por segundo**», aunque haya una división y no una multiplicación. Esto es así porque nos referimos a los **metros recorridos por cada segundo transcurrido**.



En la maratón de Berlín de 2023 la corredora etíope Tigt Assefa completó los 42,195 km de distancia en 2 h 11 min y 53 s, batiendo el *record* del mundo en la categoría femenina. *Calcula su velocidad media durante la carrera en km/h.*

3.3. Unidades de la velocidad

Si observamos la expresión matemática que define la velocidad media, podemos deducir que la velocidad vendrá dada siempre en unidades de longitud entre unidades de tiempo.

Puesto que en el Sistema Internacional de Unidades (SI) la unidad de longitud es el metro y la de tiempo, el segundo, la unidad de velocidad del SI será el **metro/segundo (m/s)**. Otras unidades que se emplean con mucha frecuencia son los **kilómetros/hora (km/h)**.

Ejercicio resuelto

I Transforma 72 km/h en m/s.

Antes de realizar la transformación de unidades, párate a pensar en el dato del enunciado: 72 km/h significa que se recorren 72 km en cada hora transcurrida.

A continuación, ten en cuenta las equivalencias entre unidades, tanto de longitud como de tiempo:

$$\begin{aligned} 1 \text{ km} &= 1000 \text{ m} \\ 1 \text{ h} &= 3600 \text{ s} \end{aligned}$$

Por último, recuerda los cambios de unidades mediante factores de conversión que has estudiado:

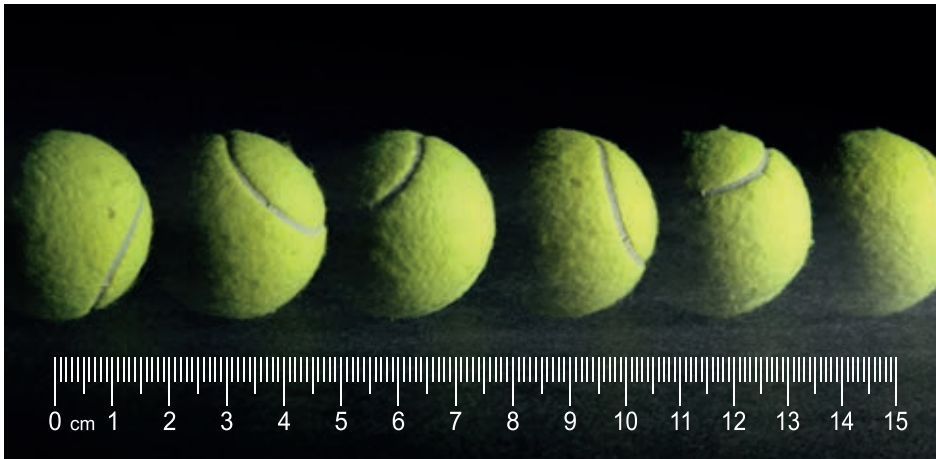
$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{72 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{72 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{72000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

Por tanto, 72 km/h equivalen a 20 m/s.

Actividades

- 8 De entre las siguientes unidades, elige las más adecuadas para medir la velocidad en los siguientes casos: m/s, mm/s, km/h.
 - a) Un tren.
 - b) Una hormiga.
 - c) El sonido.
 - d) Un leopardo.
 - e) Un ciclista.
 - f) Una canica.
- 9 Realiza los siguientes cambios de unidades de velocidad:
 - a) 36 km/h a m/s.
 - b) 40 m/s a km/h.
 - c) 25 m/s a km/h.
 - d) 108 km/h a m/s.
- 10 Un ciclista recorre 10 km en 2 h. Calcula su velocidad media en km/h. ¿Cuántos metros recorre cada segundo?
- 11 ¿Quién es más rápido, un esquiador que se desliza por una ladera nevada a 7 m/s o un ciclista que circula por una carretera a 25 km/h? Justifica tu respuesta realizando los cálculos necesarios.
- 12 El tren AVE tarda 2 h y 20 min en recorrer los 472 km que separan las ciudades de Madrid y Sevilla. ¿Cuál es su velocidad media? Exprésala en km/h y en m/s.
- 13 Una ciclista recorre una primera etapa de 9 km en 1,5 h, una segunda de 15 km en 2 h y una tercera de 10 km en 2 h. ¿Cuál es su velocidad, en km/h, en cada etapa? ¿Cuál es su velocidad media en todo el recorrido?

4 Movimiento rectilíneo uniforme



Observa la ilustración, representa la posición de una pelota de tenis en intervalos de tiempo de medio segundo.

Teniendo en cuenta que la escala inferior está en metros:

- ¿A qué velocidad, en m/s, se desplaza la pelota de tenis?
- ¿Recorre la misma distancia en el mismo intervalo de tiempo?
- ¿Qué nombre podríamos dar a este movimiento, de acuerdo con tu respuesta anterior?


Al responder a estas preguntas seguramente habrás deducido que la pelota de tenis se mueve siempre con la misma velocidad, de modo que **recorre distancias iguales en tiempos iguales**. A un movimiento con estas características se le conoce como movimiento rectilíneo uniforme (MRU).

Un **movimiento rectilíneo uniforme (MRU)** es aquel cuya trayectoria es una **línea recta** y en el que se recorren distancias iguales en intervalos de tiempo iguales; es decir, la **velocidad** es **constante** durante todo el trayecto.

En realidad no es nada fácil encontrar objetos que presenten este tipo de movimiento, ya que en la mayoría de los casos el rozamiento (en este caso, con el suelo) hace que se frenen.

El sonido y la luz, que se propagan por el aire a velocidades de 340 m/s y 300 000 km/s, respectivamente, son ejemplos de movimientos rectilíneos y uniformes.

Actividades

- 14  Observa las siguientes imágenes. ¿En cuál o cuáles de ellas encontramos ejemplos de MRU? ¿Por qué?



¿Has experimentado el MRU?



Hoy en día, muchos automóviles modernos cuentan con un sistema, conocido como «control de velocidad de crucero», que les permite mantener constante la velocidad seleccionada por el conductor. El vehículo se encarga de realizar, de manera automática, los ajustes necesarios para mantener invariable la velocidad elegida; cuando el conductor quiere que este sistema deje de funcionar, tan solo debe pulsar un botón o pisar el acelerador o el freno, según el modelo. Los patinetes eléctricos cuentan también con este sistema de control.

De esta forma, si el vehículo se mueve en línea recta con velocidad de crucero, podemos decir que se mueve con un MRU.

4.1. Ecuación del MRU

En todo MRU la velocidad instantánea es siempre la misma, por lo que podemos afirmar que su valor y el de la velocidad media son iguales.

A partir de la definición de la velocidad media, $v_m = v = \frac{s}{t}$, podemos obtener, despejando s , la expresión que nos proporciona la distancia recorrida en función del tiempo:

$$s = v \cdot t$$

Esta ecuación matemática se conoce como **ecuación del movimiento rectilíneo uniforme**.

A partir de ella, podemos deducir también el tiempo que tardaría un cuerpo en recorrer cierta distancia, conocida su velocidad:

$$t = \frac{s}{v}$$

Ejercicio resuelto

- II Un coche circula con una velocidad constante de 100 km/h. Calcula el tiempo que necesitará para cubrir los 250 km que le separan de la costa.

Puesto que el enunciado nos da la velocidad en km/h y la distancia en km, no sería necesario en este caso realizar cambios de unidades.

Empezamos, por tanto, apuntando los datos que nos están proporcionando:

- $v = 100 \text{ km/h}$
- $s = 250 \text{ km}$
- $t = ?$

A continuación elegimos la expresión matemática (o fórmula) que nos permita calcular la magnitud desconocida (en este ejemplo, el tiempo) a partir de las magnitudes conocidas (velocidad y distancia). En este caso la fórmula es la siguiente:

$$t = \frac{s}{v}$$

Por último, realizamos las operaciones necesarias:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{250 \text{ km}}{100 \text{ km/h}} = 2,5 \text{ h}$$

Actividades

- 15 Un atleta corre a una velocidad media de 8 m/s. ¿Cuánto tiempo tardará en recorrer 960 m? Expresa el resultado en segundos y en minutos.

- 16 Los guepardos pueden mantener una velocidad de 115 km/h durante 500 m. Calcula durante cuánto tiempo pueden correr a esa velocidad.

- 17 ¿Cuánto tardará Luis en escuchar el grito de aviso de su hermana, si se encuentra a 0,5 km de distancia de él? **Dato:** velocidad del sonido en el aire = 340 m/s.

- 18 Durante un viaje en coche con su madre, Luis apunta en su cuaderno los datos de distancia y tiempo que se muestran en la siguiente tabla:

Distancia (km)	30	60	90	120	150
Tiempo (min)	20	40	60	80	100

- a) ¿Se trata de un movimiento uniforme? Justifica tu respuesta.
- b) ¿Qué velocidad media llevan durante el viaje?

4.2. Interpretación gráfica del MRU

Un tren se mueve con una velocidad constante de 90 km/h, con movimiento rectilíneo, de modo de que la distancia que recorre, en función del tiempo, viene dada por la siguiente tabla.

Observa los datos y responde a las preguntas:

Tiempo (h)	0	1	2	3	4
Distancia recorrida (km)	0	90	180	270	360

- ¿Qué magnitud se debe representar en el eje de abscisas? ¿Y en el de ordenadas?
- Representa gráficamente los datos de la tabla.
- ¿Qué tipo de gráfica obtendremos?



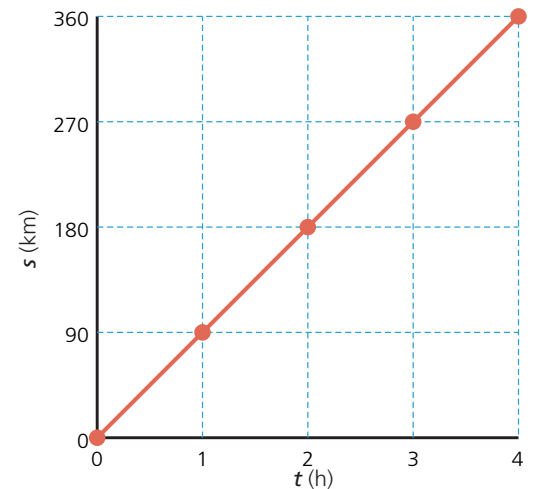
Gráfica distancia-tiempo (s-t) para un MRU

Puesto que en un MRU se recorren distancias iguales en tiempos iguales, la gráfica distancia-tiempo será una línea recta. La distancia recorrida es directamente proporcional al tiempo.

Como ya sabes, en el eje de abscisas (horizontal) debemos representar la variable independiente (en nuestro caso, el tiempo), mientras que la distancia recorrida la representaremos en el eje de ordenadas (vertical), indicando en cada eje las unidades correspondientes.

A partir de la tabla propuesta al inicio habrás obtenido una gráfica como la que se muestra en el margen.

La representación gráfica de la distancia en función del tiempo (**gráfica s-t**) para un movimiento rectilíneo uniforme (**MRU**) es siempre una **línea recta**.



Ejercicio resuelto

III ¿Sería posible calcular la velocidad media de un vehículo a partir de su gráfica distancia-tiempo?

Dado que la gráfica s-t nos permite conocer la distancia total recorrida por el vehículo (al leer directamente el valor en el eje Y), así como el tiempo total transcurrido (al leer el valor en el eje X), podremos calcular la velocidad media simplemente utilizando la expresión matemática de la velocidad:

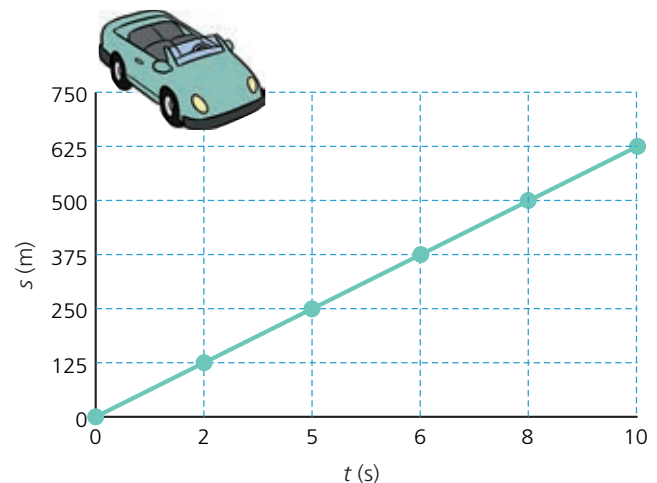
$$v_m = v = \frac{s}{t}$$

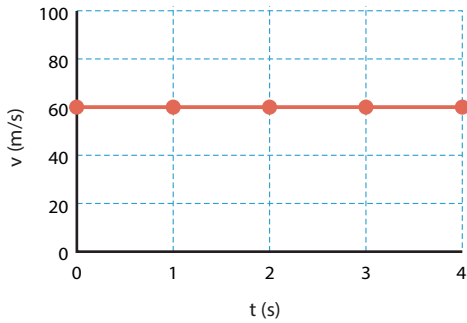
Veamos cómo se haría con un ejemplo. A partir de la gráfica, obtenemos los siguientes datos:

- $s = 625 \text{ m}$
- $t = 10 \text{ s}$

Por tanto: $v = \frac{s}{t} = \frac{625 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 62,5 \text{ m/s}$.

El resultado obtenido será idéntico si realizamos los cálculos tomando cualquier otro intervalo de tiempo de la gráfica.





Gráfica velocidad-tiempo (v-t) para un MRU

Para construir la gráfica velocidad-tiempo, debemos representar la velocidad en el eje de ordenadas (eje Y) y el tiempo en el de abscisas (eje X). Dado que la velocidad en un MRU es constante:

La representación gráfica de la velocidad en función del tiempo (**gráfica v-t**) para un movimiento rectilíneo uniforme (**MRU**) es siempre una **línea recta horizontal paralela al eje de abscisas (eje del tiempo)**.

Así, la gráfica velocidad-tiempo de un cuerpo que se desplaza con una velocidad constante de 60 m/s es la que se muestra en el margen.

Ejercicio resuelto

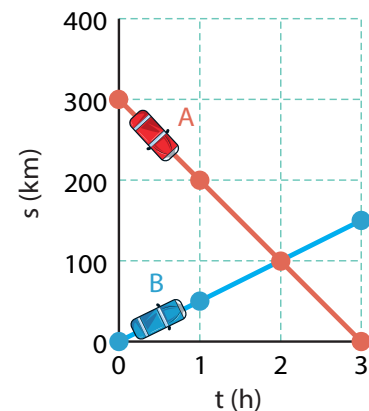
- IV** Dos coches, A y B, se mueven uno al encuentro del otro desde dos ciudades que distan 300 km entre sí, con velocidades respectivas de 100 km/h y 50 km/h.

- a) Representa en una misma gráfica s-t el movimiento de ambos cuerpos.

Supongamos que el coche A parte de una ciudad situada a 300 km del punto de partida del coche B, que sale del km 0. Dado que el coche A se mueve hacia el km 0, mientras que el coche B se aleja de este, la gráfica que representa el movimiento de ambos vehículos será la que puedes observar a la derecha.

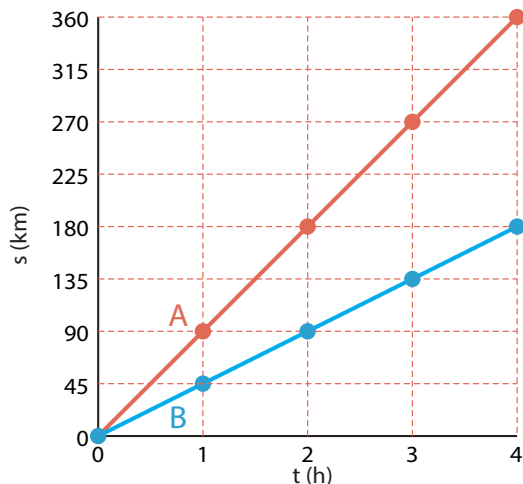
- b) ¿En qué punto kilométrico se cruzarán?

El punto de encuentro de los coches viene dado por el punto de corte entre ambas rectas, lo que ocurre a 100 km del punto de partida de B, al cabo de 2 h.



Actividades

- 19** En la siguiente gráfica se representan las distancias recorridas por dos trenes (A y B) en función del tiempo.



- a) ¿Qué distancia habrá recorrido cada tren al cabo de 2 h?
- b) ¿Cuál de ellos se mueve con mayor velocidad?

- c) ¿Qué crees que representa la inclinación o pendiente de la recta de la gráfica en cada caso?
- d) ¿A qué velocidad se mueve cada tren, en km/h?

- 20** Ana entrena para una carrera de 100 m lisos. Su entrenador cronometra el tiempo que tarda en pasar por las marcas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 m y obtiene los siguientes valores: 1,25 s; 2,5 s; 3,75 s; 5 s; 6,25 s; 7,5 s; 8,75 s; 10 s; 11,25 s y 12,5 s, respectivamente.

- a) Representa la gráfica s-t en papel milimetrado.
- b) Deduce la ecuación que relaciona la distancia recorrida (s) con el tiempo (t).
- c) ¿Qué distancia habrá recorrido Ana a los 25 s? ¿Y al cabo de un minuto?

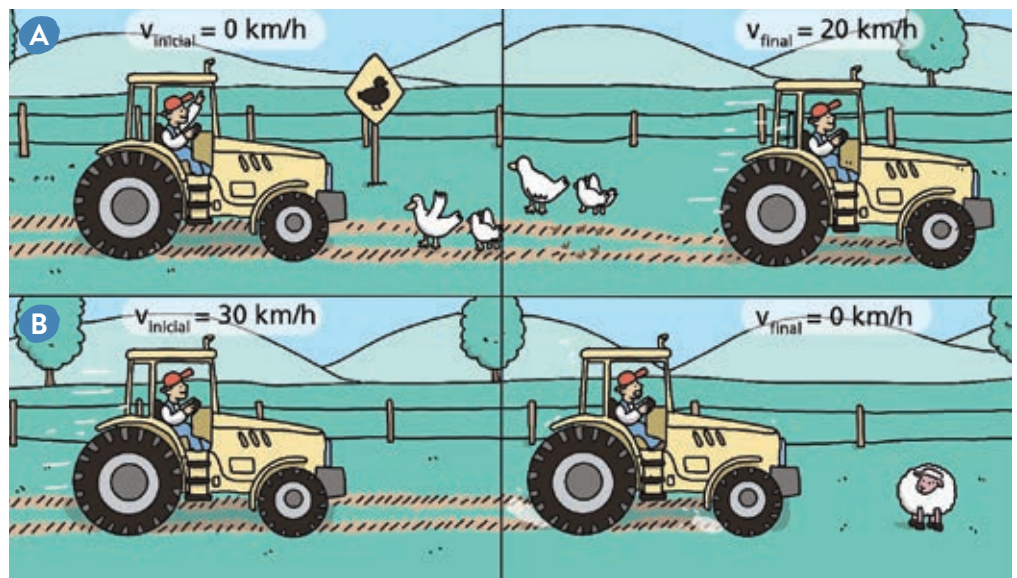
- 21** Un nadador es cronometrado durante una competición y se obtienen los resultados de la tabla. Representa gráficamente s-t y calcula su velocidad media:

Distancia (m)	0	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6
Tiempo (s)	0	1	2	3	4	5	6

5 La aceleración

Cuando viajas en un vehículo, habrás observado que el valor de la velocidad que marca el velocímetro no suele mantenerse constante. Observa las ilustraciones y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo varía la velocidad del tractor tras ponerse en marcha?
- ¿Y la velocidad en el caso B, cuando se encuentra con un obstáculo?
- Si el tiempo transcurrido entre el momento en que hemos medido la velocidad inicial y la velocidad final es el mismo, ¿en qué caso ha variado la velocidad más rápidamente?



Llamamos **aceleración** a la rapidez con que cambia la velocidad. Para calcularla, dividimos la variación de velocidad entre el tiempo transcurrido:

$$\text{aceleración} = \frac{\text{variación de velocidad}}{\text{tiempo transcurrido}} = \frac{v_{\text{final}} - v_{\text{inicial}}}{t}$$

Es decir:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

De acuerdo con la definición, si un coche **acelera** (caso A), la **velocidad final será mayor que la inicial**, por lo que su aceleración será **positiva**.

En cambio, si un coche **frena** (caso B), la **velocidad final será menor que la inicial**, por lo que su aceleración será **negativa**.

5.1. Unidades de la aceleración

Si nos fijamos en la expresión matemática anterior, podemos deducir que la aceleración vendrá dada en unidades de velocidad entre unidades de tiempo.

Puesto que la unidad de velocidad en el SI es el metro por segundo y la de tiempo es el segundo, las unidades de aceleración en el SI serán m/s^2 (y se lee como «**metros por segundo cuadrado**»):

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} \rightarrow \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2$$

Por lo tanto, un móvil que aumente su velocidad en 1 m/s cada 1 s que transcurra poseerá una aceleración (positiva) de 1 m/s^2 , y hablaremos entonces de **movimiento uniformemente acelerado**.

En cambio, un móvil que reduzca su velocidad en 1 m/s cada 1 s presentará una aceleración de -1 m/s^2 (aceleración negativa, por tratarse de una desaceleración), y hablaremos de **movimiento uniformemente retardado** o **decelerado**.

5.2. ¿Cómo resolvemos problemas de movimientos con aceleración?

Ejercicio resuelto

- V Un coche espera a que el semáforo se ponga en verde. Cuando esto ocurre, pisa el acelerador y alcanza 80 km/h en 5 s. ¿Cuál ha sido la aceleración del vehículo?

Cuando resolvemos problemas en física, es muy importante empezar anotando todos los datos que nos proporciona el enunciado:

- $v_i = 0$ (el coche se encuentra inicialmente en reposo)
- $v_f = 80 \text{ km/h}$
- $t = 5 \text{ s}$



El siguiente paso es comprobar que todos los datos se expresan en las unidades adecuadas. En este caso, velocidad y tiempo deberían expresarse ambas en horas o en segundos, por lo que habrá que cambiar las unidades de una de las dos:

$$80 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{80 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{80 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{800 \text{ m}}{36 \text{ s}} \approx 22,2 \text{ m/s}$$

Por último, a partir de la definición de la aceleración podemos calcular su valor:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{22,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0}{5 \text{ s}} \approx 4,4 \text{ m/s}^2$$

Por lo tanto, la aceleración del coche ha sido de $4,4 \text{ m/s}^2$, lo que significa que ha aumentado su velocidad en $4,4 \text{ m/s}$ cada segundo.

- VI Un motorista circula por la carretera con una velocidad de 120 km/h. De repente, ve a lo lejos una señal de velocidad máxima de 90 km/h y reduce su velocidad hasta ese valor en 3 s. Calcula la aceleración de la moto y justifica el resultado.

Tomamos los datos a partir del enunciado:

- $v_i = 120 \text{ km/h}$
- $v_f = 90 \text{ km/h}$
- $t = 3 \text{ s}$

Cambiamos las unidades de velocidad a m/s:

$$120 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{120 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{120 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{1200 \text{ m}}{36 \text{ s}} = 33,3 \text{ m/s}$$

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{90 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{90 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{900 \text{ m}}{36 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

Por último, calculamos el valor de la aceleración a partir de su definición:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{25 \text{ m/s} - 33,3 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} \approx -2,8 \text{ m/s}^2$$

Por lo tanto, la aceleración de la moto ha sido de $-2,8 \text{ m/s}^2$. El **signo negativo** resultante nos indica que **la velocidad ha disminuido** en $2,8 \text{ m/s}$ cada segundo transcurrido.



Actividades

- 22 Una moto circula a 104 km/h por una autopista. En cierto momento decide adelantar al coche que lleva delante, y aumenta su velocidad hasta los 120 km/h en 2 s. ¿Cuál es su aceleración durante el adelantamiento?

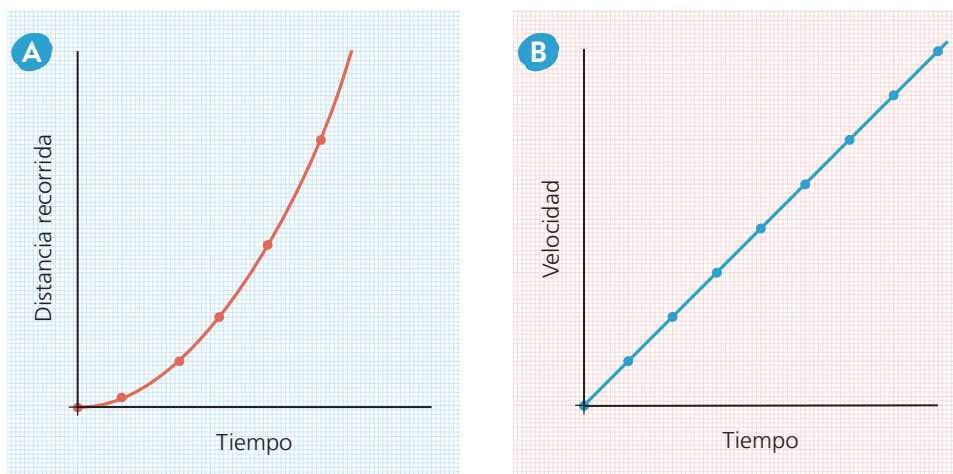
- 23 Un coche que circula a una velocidad de 90 km/h se detiene por completo en 5 s por acción de los frenos. Calcula su aceleración y justifica tu resultado.

5.3. Gráficas de movimientos con aceleración constante

La imagen muestra una pelota que cae al suelo, fotografiada a intervalos regulares de 0,014 s (entre imagen e imagen). Si la pelota parte del reposo ($v_i = 0$) y las dos primeras posiciones de la pelota prácticamente solapan con la inicial (la imagen que se observa a 0,7 cm corresponde a la tercera posición, con un tiempo de 0,042 s), calcula:

- La gráfica distancia recorrida-tiempo, correspondiente al movimiento de la imagen.
- La gráfica velocidad-tiempo de dicho movimiento. (Para ello, hay que medir la distancia entre dos fotogramas consecutivos y dividirla entre el tiempo transcurrido, que son 0,014 s).

Como habrás podido comprobar al realizar las gráficas, la que relaciona la distancia recorrida con el tiempo en este movimiento resulta ser una parábola similar a la de la figura A, mientras que la gráfica que representa la velocidad frente al tiempo es una línea recta (figura B):



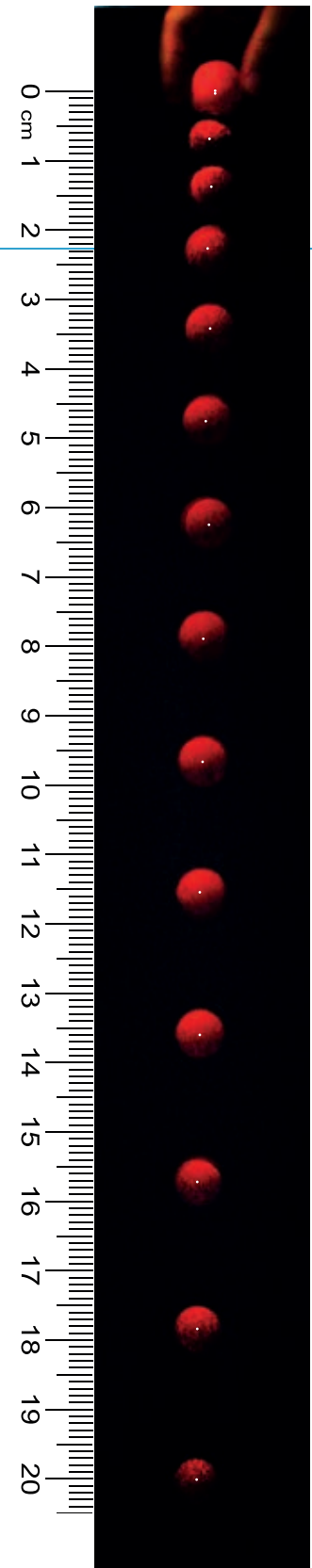
Cuando un cuerpo describe una trayectoria rectilínea y se mueve con aceleración constante, se dice que realiza un **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)**. Su velocidad, por tanto, **varía en cantidades iguales en tiempos idénticos**.

En cambio, como puedes apreciar en la imagen del margen, al contrario de lo que ocurre en un MRU, en un MRUA **no se recorren distancias iguales en intervalos de tiempo iguales**.

Podemos encontrar multitud de ejemplos de MRUA. Uno de ellos sería el movimiento vertical de los objetos: al caer o al ser lanzados hacia abajo, su velocidad aumenta (y su aceleración es positiva); al ser lanzados hacia arriba, su velocidad disminuye (y su aceleración es negativa).

Actividades

- 24 Deduce, a partir de la gráfica que has realizado en la actividad del recuadro inicial, la ecuación que relaciona la distancia recorrida con el tiempo correspondiente al movimiento representado en la fotografía del margen.
- 25 Deduce igualmente, y a partir de la gráfica velocidad-tiempo que has realizado en el apartado b del recuadro inicial, la ecuación que relaciona la velocidad con el tiempo. ¿Cuál es el valor de la aceleración en dicho movimiento? Exprésala en m/s^2 .



Consolidación y síntesis

¿Qué entendemos por movimiento?

- 26 ¿Por qué decimos que el movimiento es relativo? Pon algún ejemplo para explicar dicha afirmación.

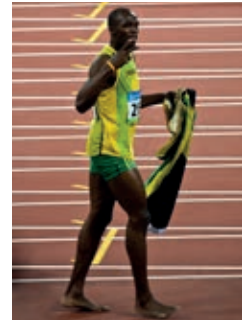
La posición de los cuerpos

- 27 Completa las frases siguientes:
- La línea recta que une dos puntos cualesquiera de la trayectoria recibe el nombre de .
 - Llamamos a la línea geométrica que une todos los puntos por los que pasa un cuerpo en su movimiento.
 - Si medimos la longitud total recorrida por un cuerpo, estamos determinando la .
- 28 Una persona corre por una pista circular de 100 m de diámetro. Calcula, demostrando y explicando tus cálculos, su desplazamiento y su distancia recorrida, cuando:
- Completa una vuelta entera.
 - Completa media vuelta.
- 29 Un ciclista da vueltas en una pista circular. Si después de dar 10 vueltas regresa al inicio:
- ¿Cuál habrá sido su desplazamiento?
 - ¿Cuál habrá sido la distancia recorrida si la pista tiene 50 m de radio?

Velocidad

- 30 Te vas de vacaciones con tu familia. Si recorréis una distancia de 150 km en hora y media, ¿a qué velocidad media habéis circulado?
- 31 Un excursionista da un grito en medio de la montaña. Su compañero, que se encuentra a 1,7 km de distancia, lo oye 5 s después. ¿Cuál es la velocidad del sonido a través del aire? Expresa el resultado en m/s.
- 32 Un caracol recorre 50 m cada hora. Calcula:
- Su velocidad en cm/s.
 - Su velocidad en km/h.
 - El tiempo que tardará en recorrer, de lado a lado, una clase de 8 m.
 - La distancia que recorrerá al cabo de 3 h.
- 33 Un atleta corre con una velocidad media de 520 m/min. ¿Cuánto tiempo tardará en recorrer un kilómetro y medio?

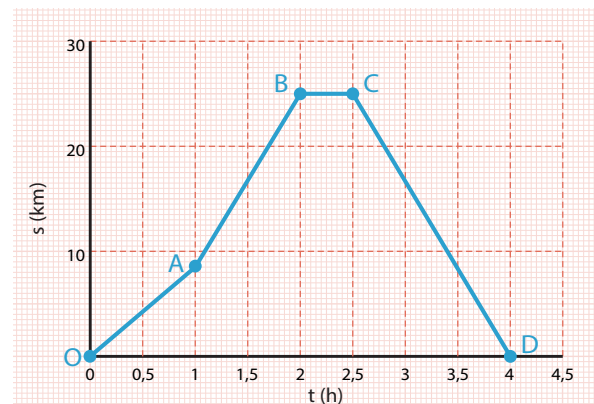
- 34 El jamaicano Usain Bolt fue campeón del mundo de 100 m en el Mundial de Atletismo de Pekín 2015, al recorrer dicha distancia en 9,79 s. ¿Qué velocidad llevó, si consideramos que fue constante durante toda la carrera?



- 35 Una chica sale de su casa a las 9:00 de la mañana para jugar un partido de baloncesto a las 9:30. Si el polideportivo dista de su casa 2 km, ¿a qué velocidad mínima, en km/h, tiene que ir para llegar a tiempo? Expresa dicha velocidad también en m/s y en m/min.

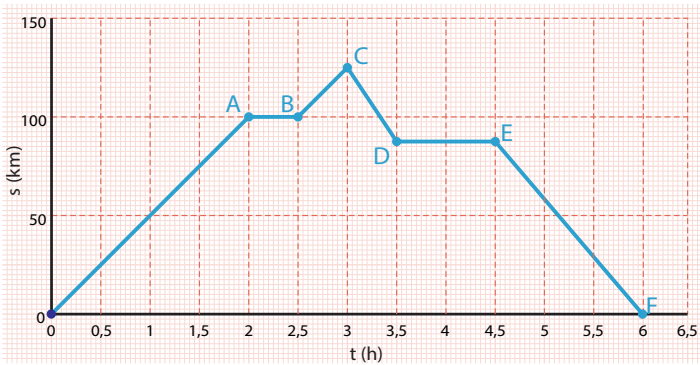
Movimiento rectilíneo uniforme

- 36 Observa la siguiente gráfica y responde:



- ¿Qué tipo de movimiento lleva el ciclista en el tramo OA? ¿Cuál es su velocidad en dicho tramo?
 - ¿Y en el tramo AB?
 - ¿Y en el tramo BC? ¿Cuánto tiempo se encuentra en dicho estado?
 - ¿Cuál es la velocidad media en todo el recorrido?
- 37 Calcula la distancia recorrida en cada tramo del ejercicio anterior.
- 38 Susana y Juan corren el uno al encuentro del otro. Susana empieza la carrera desde su casa con una velocidad constante de 5 m/s, y Juan sale de la estación, a 1 km de la casa de Susana, y con una velocidad constante de 4 m/s.
- Representa el movimiento de ambos amigos en una misma gráfica s-t.
 - ¿A qué distancia de la casa de Susana se encontrarán?
 - ¿Cuánto tiempo tardarán en reunirse?

40 Dada la siguiente gráfica s-t, responde a las cuestiones planteadas:



- a) ¿Qué tipo de movimiento presenta el móvil en cada tramo?
- b) ¿Qué distancia recorre en cada tramo? ¿Y a lo largo de todo el recorrido?
- c) ¿Qué velocidad lleva en cada tramo?
- d) ¿Cuál es la velocidad media en todo el recorrido?

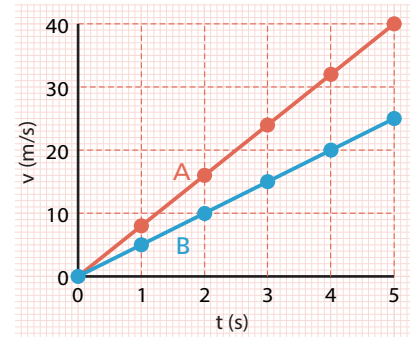
Aceleración

- 41 Un coche circula en línea recta a 60 km/h y aumenta su velocidad hasta los 85 km/h en 2 segundos. Calcula su aceleración.
- 42 Un avión se encuentra en la pista de despegue. En un determinado momento, comienza a moverse, alcanzando una velocidad de 280 km/h en 1 min 10 s. Calcula su aceleración en km/h² y en m/s².

43 ¿Cuánto tiempo tardará una moto en aumentar su velocidad de 50 km/h a 120 km/h si su aceleración es de 3 m/s²?

44 La siguiente gráfica representa el movimiento de dos motos, A y B:

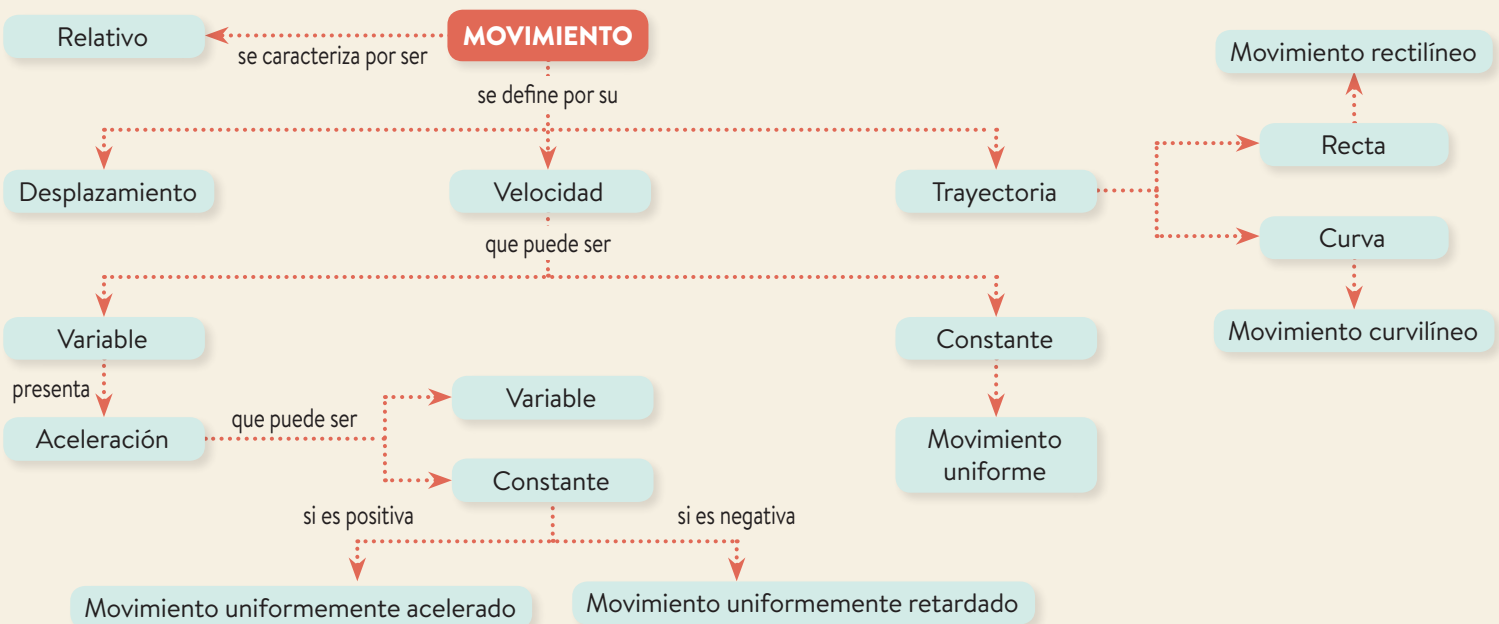
- a) Sin hacer cálculos, ¿sabrías decir cuál de las dos lleva mayor aceleración? Justifica tu respuesta.
- b) Calcula la aceleración de cada moto a partir de las gráficas.



Repaso de la unidad

- 44 Copia el esquema en tu cuaderno y redacta un resumen a partir de los términos que aparecen en él.
- 45 Crea tu propio diccionario científico. Define los términos siguientes y añade otros que consideres adecuados: sistema de referencia, movimiento, posición, desplazamiento, trayectoria, distancia recorrida, velocidad, velocidad media, velocidad instantánea, MRU, aceleración.

Conocimientos básicos



Estudio experimental de un MRU

El movimiento rectilíneo uniforme es un tipo de movimiento muy difícil de encontrar en la naturaleza. En esta práctica realizarás un montaje sencillo que te permitirá estudiarlo experimentalmente.

Este trabajo lo podéis hacer en parejas o en grupos de tres personas.

MATERIALES

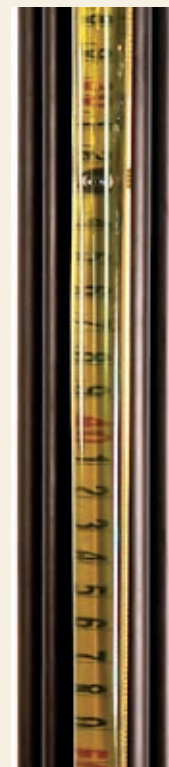
- Aceite tapafugas o aceite de motor.
- Una esfera de acero.
- Tubo de plástico (como mínimo, de 1 m de longitud) abierto por un único extremo.
- Cinta métrica.
- Rotulador permanente o indeleble.
- Cronómetro (o teléfono móvil).
- Un imán (para extraer la bola de acero al final del experimento).

PROCEDIMIENTO

1. Con un rotulador indeleble, marca el tubo de plástico cada 5-10 cm utilizando para ello la cinta métrica (otra opción es pegar al tubo, con cola, una cinta métrica de papel como las que se pueden conseguir en algunas grandes superficies de bricolaje, de manera que se puedan leer las divisiones a través del tubo y el aceite).
2. Rellena el tubo, con mucho cuidado, con alguno de los aceites indicados en el apartado *Materiales*, hasta la marca superior (que será tu cero).
3. Prepara el cronómetro (o el teléfono móvil en modo cronómetro) y deja caer la esfera de acero desde lo alto del tubo; pon en marcha el contador cuando pase por la marca del cero.
4. Anota el tiempo que indica el cronómetro cada vez que la esfera pasa por una de las marcas.
5. Repite el experimento al menos tres veces y calcula el valor medio de los tiempos.
6. Para sacar la esfera de acero del tubo una vez acabado el experimento, usa el imán.

OBJETIVOS

- Recopilar datos y ordenarlos en tablas.
- Estudiar experimentalmente un MRU.
- Realizar cálculos de magnitudes cinemáticas relevantes.
- Construir gráficas $s-t$.
- Aprender la importancia del trabajo experimental.



Análisis de los resultados

1. Completa la siguiente tabla con los datos que has recogido:

Distancia (cm)	...	...	...	...	...
Tiempo (min)	...	...	...	...	...
2. A partir de estos datos, construye la gráfica distancia-tiempo. ¿Qué forma tiene?
3. Justifica si la gráfica obtenida coincide con la esperada de acuerdo con lo estudiado en esta unidad.
4. Calcula la velocidad de la bola para cada tramo (cada 5-10 cm, según tus medidas).
5. Calcula la velocidad media de la bola.
6. Obtén la ecuación que relaciona ambas variables.
7. Haz un informe científico de tu trabajo y una presentación con diapositivas. No olvides incluir la gráfica obtenida.
8. Expón tus resultados al resto de la clase

Cuestión de reflejos Informe y exposición

Atletas, judocas, esquiadores, pilotos de Fórmula 1 o de Moto GP y un largo etcétera tienen algo en común, aparte del hecho de ser deportistas: todos ellos son conscientes de lo importante que es estar bien alerta y poder reaccionar cuanto antes. Una milésima de segundo puede marcar la diferencia entre acabar en primera o segunda posición, tener una caída o llevarse la patada o el puñetazo durante un combate. Para todos ellos el tiempo de reacción es de suma importancia, pero... ¿solo para ellos?

Numerosas actividades de nuestro día a día pueden convertirse en situaciones de riesgo si no estamos atentos; y es que eso de «ir distraídos» nos puede jugar una mala pasada. Sin embargo, nuestra capacidad de reaccionar a tiempo frente a algo inesperado no solo depende de nuestro nivel de atención o de concentración; también hay una parte innata puesto que no todo el mundo tiene los mismos reflejos, ni estos son iguales a lo largo de la vida de una misma persona.



El **objetivo** de esta tarea es **investigar** sobre el tiempo de reacción y **analizar** su importancia en nuestras vidas. Esto permitirá identificar los principales factores y establecer la relación entre dicho tiempo y la seguridad vial. Los resultados se reflejarán en un **informe** y se expondrán las conclusiones mediante una **exposición**.

Investigación

1 Recopilad, en grupos pequeños, la siguiente información:

- Qué conocemos como *tiempo de reacción*.
- Cuál es el tiempo de reacción medio en los seres humanos.
- Qué factores influyen en el tiempo de reacción medio de los seres humanos (edad, cansancio, falta de horas de sueño, estrés...).
- Qué importancia tiene dicho tiempo en nuestras vidas (proponed ejemplos concretos).

Experimentación

2 Diseñad algún experimento sencillo que os permita medir o comparar los tiempos de reacción de diferentes personas. Un posible procedimiento sería el siguiente:

- Sostened una regla y pedid a alguien que coloque sus dedos a ambos lados del cero, sin llegar a agarrarla.
- Dicha persona debe juntar los dedos rápidamente cuando vea que soltáis la regla.



- Podréis calcular el tiempo de reacción en cada caso substituyendo la distancia, d , que recorre la regla al caer, en centímetros, en la siguiente ecuación:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{g}} = 0,045 \cdot \sqrt{d}$$

- 3 Repetid el experimento modificando alguna variable: iluminación de la habitación, nivel de ruido, edad de las personas seleccionadas...

Elaboración y comunicación

- 4 Elaborad un informe en el que se recojan los resultados obtenidos durante el experimento. Podéis incorporar dibujos o gráficos.
- 5 Relacionad los resultados de vuestra investigación inicial y los de vuestro experimento con lo que ocurre en los accidentes de tráfico en los que hay exceso de velocidad, distracciones al volante, somnolencia... ¿Qué se espera que ocurra en estas situaciones y por qué? ¿Qué consecuencias puede haber?
- 6 Exponed los resultados obtenidos y vuestras conclusiones. Haced especial hincapié en la relación que existe entre el tiempo de reacción y los accidentes de tráfico. Buscad otras relaciones con la vida cotidiana: reacción frente a un balonazo, frente a un golpe, etc.