

1. Trayectoria y desplazamiento

A partir de la actividad anterior, pudiste apreciar que la distancia más corta entre dos lugares es la recta que los separa. Sin embargo, en la vida diaria y en la mayoría de las ocasiones, para ir de un lugar a otro, no es posible hacerlo a través de la recta que los une y es necesario tomar caminos diferentes; cada uno de ellos suelen tener longitudes distintas. Es así como, en una ciudad, es común utilizar algún medio de transporte para trasladarse, y según distancias que hay que recorrer y el sentido de las calles, puede que el camino que toma un bus o vehículo de ida sea completamente diferente al que toma de regreso. En otros, sin embargo, por transitar a lo largo de calles de doble sentido puede recorrerlas sin cambiar de ruta, pero lo hace en sentido opuesto al retomar.

Resulta necesario distinguir entre el camino recorrido o trayectoria y el desplazamiento, ya que para la descripción de un movimiento esta diferencia es realmente importante. La **trayectoria** es la línea continua por la cual un cuerpo se mueve, por lo tanto, esta puede ser recta, curva o enredarse sobre sí misma, ya que el objeto puede pasar varias veces sobre el mismo punto. A la longitud de la trayectoria la denominaremos distancia recorrida (Δd).

El **desplazamiento** (Δx), en cambio, es muy diferente; lo representamos por una flecha que está dirigida desde el punto inicial del movimiento hasta un punto cualquiera en el que se encuentre el móvil, y corresponde al cambio de posición de este. **El desplazamiento solo depende de los puntos entre los cuales se ha movido el cuerpo, y es independiente del camino seguido por él.**

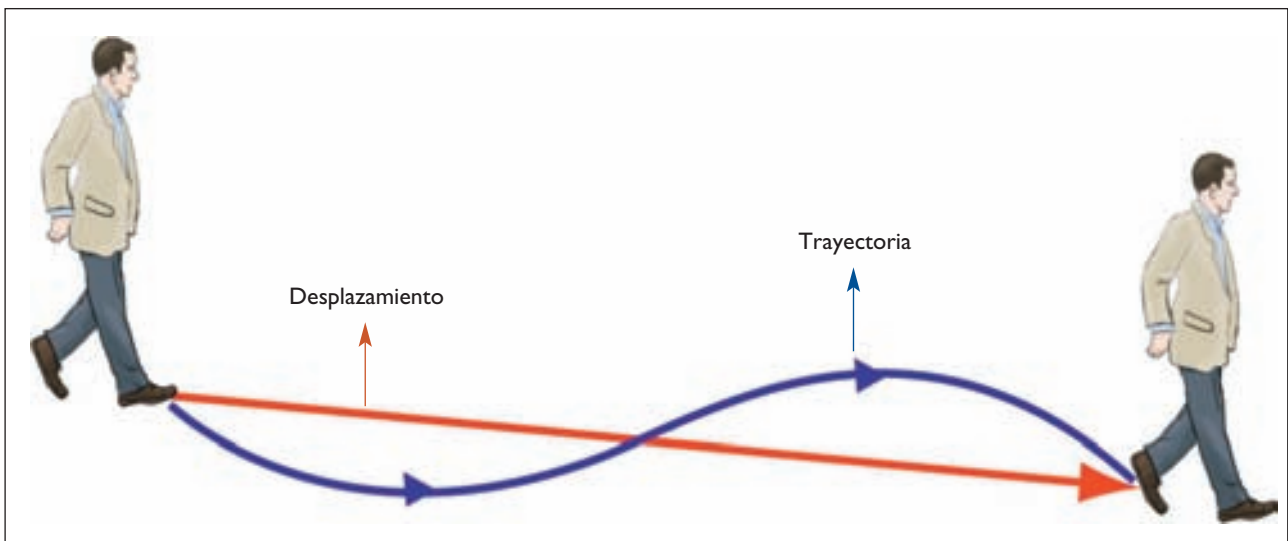
CONCEPTOS CLAVE

Cuerpo: en Física, es frecuente emplear la palabra cuerpo para referirse a un objeto o ser vivo.

Móvil: se denomina así a un cuerpo en movimiento.

Ten presente que:

- Dirección y sentido para el movimiento de un cuerpo son conceptos distintos. Hablamos de dirección cuando nos referimos a la línea recta por la que se mueve un cuerpo. El sentido, en cambio, es hacia dónde, en dicha línea recta, se mueve el cuerpo.



2. Rapidez y velocidad en movimientos rectilíneos

Actividad 3

DESCRIBIR-DEDUCIR

DESCUBRIENDO LA RAPIDEZ Y VELOCIDAD

Reúnanse en grupos de dos o tres integrantes y consigan una cinta métrica y un cronómetro.

1. A lo largo de la sala, y en una línea recta, realicen tres marcas en el piso, espaciadas un metro entre sí. Rotulen dichas marcas con las letras A, B y C, respectivamente.
2. Un alumno o alumna debe caminar en línea recta desde el punto A hasta el punto C, pero a través del siguiente trayecto: ir de A hasta C, luego debe regresar a B y finalmente ir de B a C. Mientras se realiza el recorrido, otro integrante del grupo mide el tiempo, utilizando el cronómetro.
 - a. ¿Cuál fue la distancia recorrida?, ¿cuál el desplazamiento?
 - b. Determinen el valor obtenido al dividir la distancia recorrida por el tiempo medido.
 - c. Determinen el valor obtenido al dividir el desplazamiento por el tiempo.
 - d. ¿Hay diferencia entre estos valores?

2.1 Rapidez media

En la actividad anterior, la distancia recorrida está representada por la longitud de la trayectoria. Al valor de la razón entre distancia recorrida (Δd) y tiempo empleado en recorrerla (Δt) lo llamaremos rapidez media (v) y lo representaremos a través de la siguiente expresión:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Esta definición es válida para cualquier tipo de movimiento curvo o rectilíneo. En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la rapidez se expresa en m/s. Sin embargo, es frecuente expresar la rapidez en km/h. Si un móvil se mueve con una rapidez de 100 km/h, ¿cuál es su rapidez expresada en m/s?

Si un automóvil recorre una distancia de 200 km en 4 horas, su rapidez media es de 50 km/h. ¿Significa esto que el automovilista condujo durante 4 horas a 50 km/h? No necesariamente. Por ejemplo, es posible que haya ido en algunos tramos a 100 km/h y en otros a 20 km/h, e incluso el conductor pudo haberse detenido para descansar o comer. El concepto de **rapidez instantánea** corresponde al valor de la rapidez en cualquier instante. Una buena aproximación de dicho valor la entrega el velocímetro de los automóviles o microbuses.



El velocímetro de un auto indica con buena aproximación la rapidez instantánea de este.

3. Aceleración en movimientos rectilíneos

¿QUÉ SUCEDERÍA SI...? _____

Imagina que una nave espacial aumenta paulatinamente su velocidad, es decir, acelera positivamente. ¿Crees que sería posible que su velocidad aumentase indefinidamente?, ¿sería posible alcanzar una velocidad infinita?; ¿crees que existe una velocidad límite?, y de ser así, ¿cuál crees que es dicha velocidad límite?

En la actividad anterior, comprobamos cómo la velocidad media de la bolita iba cambiando en cada uno de los tramos. Este cambio de velocidad de los cuerpos se llama **aceleración** y habitualmente nosotros la experimentamos en nuestro diario vivir, cuando nos desplazamos al caminar, al ir dentro de un auto, al subir en un ascensor, etc.

Comúnmente, la aceleración se asocia al aumento de la rapidez, pero, en Física, la aceleración involucra cualquier **cambio de velocidad** ocurrido durante un cierto tiempo.

Cuando un cuerpo en movimiento aumenta o disminuye su velocidad (rapidez) en la misma cantidad cada segundo, entonces se dice que su **aceleración es constante**. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando dejamos caer un objeto desde cierta altura o si lo lanzamos hacia arriba.

En la mayor parte de los movimientos cotidianos, como el movimiento de los seres vivos, los automóviles que circulan por las calles o la caída de una hoja, la aceleración no es uniforme, sino que varía a medida que transcurre el tiempo. Sin embargo, el concepto de **aceleración media** (a_m) nos permite conocer el cambio que experimentó la velocidad durante todo el proceso.

Operacionalmente, la aceleración media se obtiene como la variación de la velocidad ($\Delta v = v_f - v_i$) en un intervalo de tiempo (Δt), es decir:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

En esta expresión, v_f y v_i representan el valor de la velocidad instantánea del objeto en los instantes final t_f , e inicial t_i del intervalo de tiempo. La unidad en el SI para expresar la aceleración es el m/s^2 , que indica la cantidad de m/s (velocidad) que un cuerpo cambia en cada segundo.

El signo de la aceleración depende de dos cosas:

- que la velocidad esté aumentando o disminuyendo.
- el movimiento del cuerpo en relación al marco de referencia.

Entonces, de acuerdo con esto, ocurre que:

- si un móvil está disminuyendo su rapidez (está frenando), entonces el signo de la aceleración es contrario al de la velocidad.
- si un móvil aumenta su rapidez, la aceleración tiene el mismo signo que la velocidad.

EJEMPLO RESUELTO 2

Determinando la aceleración de un móvil

Una moto que parte del reposo hacia el sur alcanza una rapidez de 30 m/s, al cabo de 5 s. ¿Cuál es su aceleración media?

La aceleración la podemos obtener a partir de la relación:

$$a_m = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

La rapidez inicial es 0 m/s, ya que parte del reposo, y la final, a los 5 s, es de 30 m/s.

Remplazando los valores en la ecuación, resulta:

$$a_m = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s}} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esta expresión indica que la moto aumenta su rapidez en 6 m/s cada segundo. Con relación a los signos, tanto la rapidez como la aceleración tienen signo positivo, lo que nos indica que el movimiento aumenta su rapidez.

Actividad 6

ITINERARIO DE UN MÓVIL

INTERPRETAR

En la siguiente tabla se muestra la velocidad de una bicicleta en diferentes instantes :

1. Realiza un gráfico rapidez vs. tiempo
2. Responde las siguientes preguntas respecto del gráfico
 - a. ¿Cambia la velocidad de la bicicleta en el tiempo?
 - b. ¿La aceleración es siempre la misma?
 - c. ¿En qué intervalo de tiempo la aceleración es positiva?
 - d. ¿Entre qué valores del tiempo no hay aceleración?
 - e. ¿En qué intervalo de tiempo la aceleración es negativa?
 - f. Si en el tramo final la bicicleta mantuviera su aceleración, ¿en qué instante la velocidad de la bicicleta será nuevamente igual a cero?

Tiempo (s)	Rapidez instantánea (m/s)
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	8
6	8
7	8
8	6
9	4
10	2

CONCEPTOS CLAVE

Cinemática: es la parte de la mecánica que estudia las leyes del movimiento de los cuerpos, sin considerar las causas que lo originan.

4. Tipos de movimientos rectilíneos

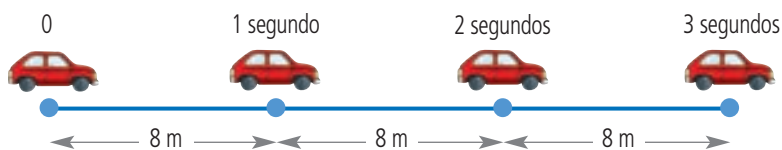
En la actividad anterior se representó gráficamente el movimiento de un cuerpo. En cinemática es común usar gráficos, pues ayudan a entender y describir la variación en el movimiento de los cuerpos a lo largo del tiempo.

Los gráficos más usados en cinemática son tres: **posición vs. tiempo**, **velocidad vs. tiempo** y **aceleración vs. tiempo**.

El movimiento de un cuerpo en una trayectoria rectilínea puede desarrollarse de diversas maneras. Si el cuerpo se mueve con velocidad constante se denomina **movimiento uniforme rectilíneo**, mientras que si mantiene aceleración constante se llama **movimiento uniformemente acelerado**.

4.1 Movimientos con velocidad constante

Cuando un cuerpo se mueve de tal modo que su velocidad permanece constante o invariante en el tiempo, se dice que describe un **movimiento uniforme rectilíneo**, que se abrevia **MUR**. Esto significa que el cuerpo recorre distancias iguales en intervalos de tiempo iguales (rapidez constante) y sigue una trayectoria recta (sin variar su sentido ni dirección). ¿Cómo será la aceleración en este tipo de movimiento?



El automóvil recorre distancias iguales de 8 m en tiempos iguales de un segundo. Por lo que podemos afirmar que, en dicho tramo, el auto tiene una velocidad constante de 8 m/s. ¿Cuál es la aceleración en dicho tramo?

Actividad 7

OBSERVANDO MOVIMIENTOS

INTERPRETAR

A partir de cada una de las siguientes situaciones, confecciona un gráfico en papel milimetrado. En el eje horizontal (X), ubica la variable tiempo y en el eje vertical (Y), la posición del móvil con los datos que representan cada situación. Recuerda que cada gráfico debe presentar un título y que deben ir señaladas, en los ejes, las magnitudes físicas y sus unidades correspondientes.

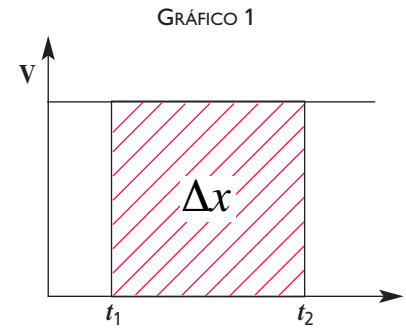
1. Una persona permanece en reposo durante 4 s a 10 m del origen.
2. Un automóvil que parte del origen ($x = 0$), se mueve en línea recta con una velocidad constante en la dirección positiva del eje X durante 4 s. Los puntos siguientes corresponden a los datos experimentales obtenidos: (0 s, 0 m); (1 s, 5 m); (2 s, 10 m); (3 s, 15 m); (4 s, 20 m).

4.2 ¿Cómo determinamos la distancia recorrida en un MUR?

Si conocemos la velocidad y el tiempo empleado del movimiento uniforme rectilíneo de un cuerpo, podemos determinar la distancia recorrida, que, en este caso, corresponde al desplazamiento. Transformando la relación:

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

El mismo valor se obtiene si se calcula el área bajo la curva del gráfico de velocidad versus tiempo obtenido.



En un gráfico de velocidad vs. tiempo, el área bajo la curva representa el camino recorrido del móvil.

EJEMPLO RESUELTO 3

Analizando gráficos

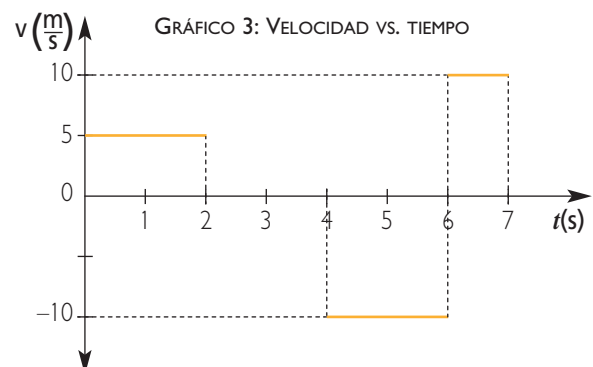
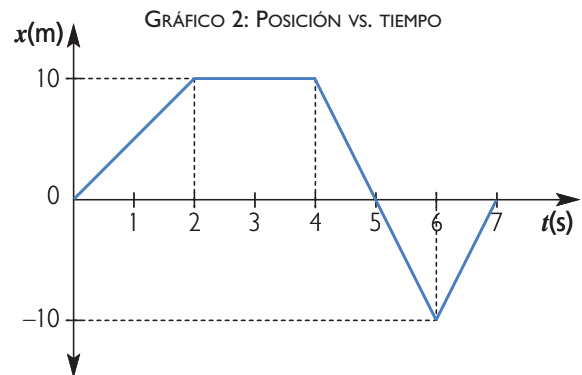
Supongamos que un cuerpo que se mueve en línea recta tiene el siguiente gráfico itinerario:

¿Cuál sería el gráfico de “velocidad vs. tiempo” asociado al gráfico 2?

- Para construir el gráfico v vs. t , es necesario analizar el gráfico de itinerario por intervalos de tiempo en que la recta x vs. t tenga una pendiente constante (que indica una velocidad constante).
- En el gráfico 2 de itinerario, podemos distinguir los intervalos de tiempo (0 s, 2 s); (2 s, 4 s); (4 s, 6 s) y (6 s, 7 s), y los respectivos valores para la velocidad media del móvil, que se ven en la siguiente tabla:

Intervalo de tiempo Δt (s)	Velocidad media (m/s)
0 - 2	+5
2 - 4	0
4 - 6	-10
6 - 7	+10

- A partir de la tabla anterior, podemos construir el gráfico de velocidad vs. tiempo:



4.3 Movimientos con aceleración constante

Actividad 8

ANALIZANDO UN MOVIMIENTO ACELERADO

ANALIZAR

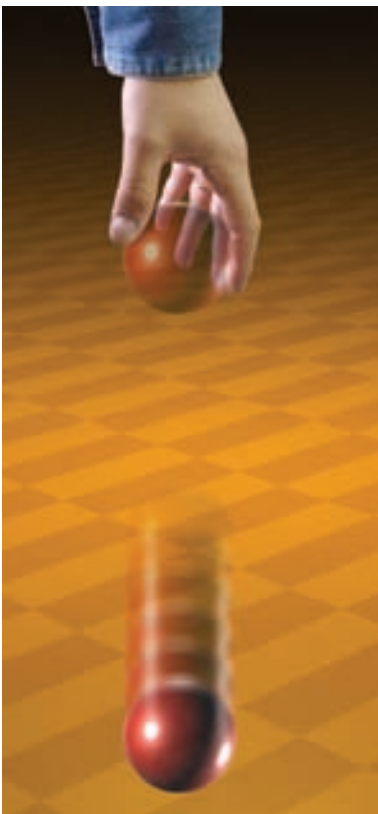
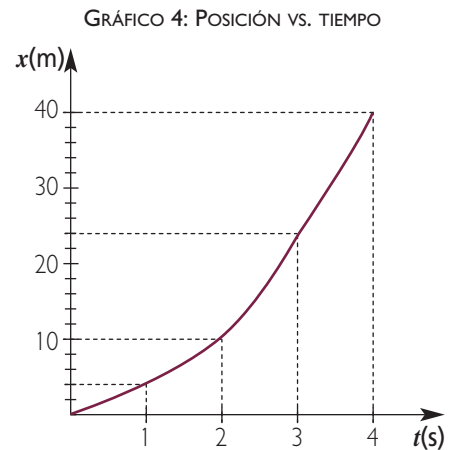
Un motociclista que parte del reposo desde el origen, se mueve en línea recta hacia la derecha durante 4 segundos. Al graficar su posición en función del tiempo, se obtiene el siguiente gráfico itinerario:

1. Analiza el gráfico y completa en tu cuaderno la siguiente tabla de valores:

Tiempo (s)					
Posición (m)					

Responde las siguientes preguntas:

- a. ¿La moto recorre la misma distancia en intervalos iguales de tiempo? Explica.
- b. ¿Cuándo va más rápido y cuándo va más lento?



Un movimiento con aceleración constante es la caída libre que experimentan cuerpos que caen de cierta altura.

Al analizar el gráfico de la actividad anterior puedes apreciar que la moto no recorrió la misma distancia en intervalos iguales de tiempo, esto quiere decir que su velocidad fue variando.

Cuando el movimiento que experimenta un cuerpo es una trayectoria rectilínea y su velocidad experimenta variaciones iguales en intervalos de tiempo también iguales, se dice que tiene un **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado**, que se abrevia MUA, donde el gráfico "posición vs. tiempo", que representa el movimiento, ya no es una recta, sino una curva (como el analizado en la actividad anterior).

¿Cómo sería la curva en el caso de un cuerpo que disminuya constantemente su velocidad?

Ten presente que:

- Una de las formas que tiene la ciencia de estudiar los fenómenos, es ir de lo simple a lo complejo. Por esto, en el movimiento de los cuerpos se estudian inicialmente los rectilíneos, ya que estos son más simples de describir y analizar, pero en la realidad, dichos movimientos no existen de forma pura en la naturaleza.

Lanzamiento vertical

Observación

Si lanzas cualquier objeto verticalmente hacia arriba, después de un instante puedes observar que este disminuye su rapidez hasta detenerse por completo en el aire, para luego comenzar a caer.

Si el objeto fue lanzado inicialmente con cierta rapidez y después se detuvo, se dice que hay una variación de su velocidad entre esos dos instantes, por lo tanto, existe una aceleración.

¿Crees que dicha aceleración negativa que experimentan los objetos lanzados verticalmente hacia arriba es uniforme?

Plantea una posible respuesta a esta pregunta.

Procedimiento

Como la medición de los datos en un lanzamiento vertical no es algo simple, te proponemos trabajar con datos simulados. La siguiente es la tabla que representa el itinerario del movimiento de un cuerpo que es lanzado verticalmente hacia arriba.

t (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
x (m)	0	2,8	5,2	7,2	8,8	10	10,9	11,2	11,2

1. Con los datos de la tabla, construye el gráfico itinerario correspondiente.

Análisis

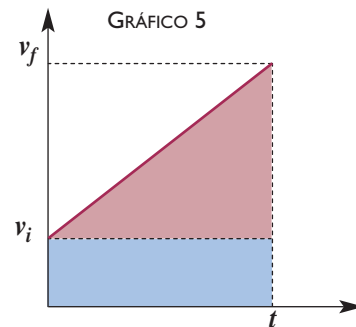
- a. ¿Qué ocurre con la velocidad a medida que pasa el tiempo?
- b. ¿Qué tipo de movimiento es el que experimentó la pelota?, ¿por qué?
- c. ¿Qué crees que pasaría con la posición del cuerpo al transcurrir más tiempo?
- d. ¿El análisis del gráfico comprobó o desechó la respuesta que diste al inicio de la investigación?
- e. ¿Cómo crees que será el movimiento de un cuerpo, una vez que este cae?

EJEMPLO RESUELTO 4

¿Cómo determinar la distancia recorrida en un MUA?

En un movimiento rectilíneo uniforme acelerado, es posible conocer la distancia recorrida a través de un método gráfico, que consiste en el cálculo del área bajo la curva en un gráfico de "velocidad vs. tiempo".

Consideremos un móvil que parte desde el origen con una rapidez v_i y que después de un cierto tiempo t ha alcanzado una rapidez v_f . Esto se representa en el gráfico:



1. El área total bajo la recta es la suma del área de un rectángulo de lados v_i y t y el área de un triángulo de base t y altura $(v_f - v_i)$:

$$\text{área} = v_i \cdot t + \frac{(v_f - v_i) \cdot t}{2}$$

Y la aceleración media se determina por la relación:

$$a_m = \frac{(v_f - v_i)}{t}$$

Al multiplicar por t^2 y simplificar, la relación nos quedará

$$a_m \cdot t^2 = (v_f - v_i) \cdot t$$

Luego, reemplazamos parte del segundo miembro de la relación inicial por la expresión $a_m \cdot t^2$, con lo que se obtiene una expresión que relaciona el desplazamiento con la velocidad inicial, la aceleración y el tiempo, para un MUA.

$$\text{área total} = v_i \cdot t + \frac{a_m \cdot t^2}{2} = \text{distancia recorrida}$$

CONEXIÓN CON... BIOLOGÍA

El halcón peregrino es uno de los animales más veloces que existen, en picada puede alcanzar velocidades superiores a los 300 km/h, recorriendo 1.140 m durante 16 s, esto significa que su aceleración media es cerca de 8,8 m/s². Al entrar en picada, el halcón peregrino disminuye la resistencia que le opone el aire plegando sus alas y maximizando la aceleración, ¿cómo crees que lo consigue?

