

Introducción



Si observa a su alrededor podrá ver automóviles en movimiento, gente caminando; otros suben a una bicicleta y se desplazan en ellas a diferentes velocidades. En ámbitos más grandes, se puede ver que nuestro planeta gira alrededor del Sol y este alrededor de la vía láctea.

El movimiento es común a todas las cosas en el universo, pero algunas veces el movimiento puede ser un asunto un tanto complejo; por ejemplo, si se habla del movimiento de una bola pequeña que se lanza al piso o el de una varilla que se lanza al aire, en ambos casos los cuerpos avanzan rotando, es decir, que ocurren a la vez dos movimientos: uno de traslación y otro de rotación. Por esta razón, es conveniente iniciar esta unidad hablando del movimiento de una partícula que por ser tan pequeña su rotación prácticamente no se toma en cuenta.

El movimiento de una partícula en una dimensión se puede imaginar como un desplazamiento a lo largo de una línea recta. En forma natural, es posible asociar esta línea con el eje de los números reales. La elección de un origen divide a esta recta en dos zonas, que en forma arbitraria se denominan lado positivo, a la derecha, y negativo al lado izquierdo.

Una buena estrategia para estudiar un movimiento es graficando la función; así, observar un gráfico permite obtener una gran cantidad de información, por eso es importante saber interpretarlos.

A medida que se avance en el contenido de esta unidad, usted conocerá diferentes conceptos que son importantes para el análisis del movimiento.

¿Qué vamos a aprender?

Competencia	Objetivos	Contenidos
Recolectan datos de un objeto que se mueve en línea recta utilizando instrumentos para medir longitud y tiempo, expresando correctamente los resultados de las unidades del sistema internacional.	<p>Enunciar los conceptos: marco de referencia, posición y movimiento.</p> <p>Establecer las diferencias fundamentales de los conceptos: posición, distancia recorrida y desplazamiento.</p> <p>Enunciar los conceptos de rapidez media y velocidad media, destacando a su vez las diferencias entre ellos.</p>	<p>Marco de referencia</p> <p>Posición de una partícula</p> <p>Movimiento</p> <p>Trayectoria</p> <p>Distancia</p> <p>Desplazamiento</p> <p>Rapidez media</p> <p>Velocidad media</p>
Describen cualitativa y cuantitativamente el movimiento de una partícula que se mueve en línea recta con velocidad y aceleración constantes, incluyendo caída libre como caso especial, aplicando correctamente las ecuaciones de la cinemática y el análisis gráfico.	<p>Describir matemática y gráficamente el movimiento rectilíneo uniforme de una partícula, interpretando la ecuación y la gráfica correspondiente a la posición en función del tiempo.</p> <p>Establecer las condiciones espaciales y temporales asociadas al concepto de velocidad instantánea.</p>	<p>Movimiento rectilíneo uniforme</p> <p>Velocidad instantánea</p>

<p>Resuelven problemas teóricos y experimentales, cualitativos y cuantitativos, hasta el nivel de reproducción con variantes relacionadas con el cálculo del desplazamiento, la posición, la velocidad y la aceleración de objetos animados de movimiento rectilíneo uniforme o uniformemente acelerado e involucrando un máximo de dos cuerpos.</p>	<p>Interpretar el significado físico de la aceleración media y del signo que la acompaña.</p> <p>Establecer si un objeto se mueve con aceleración constante, partiendo del concepto de aceleración media.</p> <p>Representar gráficamente la posición y la velocidad en función del tiempo de una partícula animada con movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.</p> <p>Utilizar las ecuaciones fundamentales del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado para describir el movimiento de un objeto en caída libre.</p>	<p>Aceleración</p> <p>Aceleración media</p> <p>Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado</p> <p>Ecuaciones del movimiento uniformemente acelerado</p> <p>Representación gráfica de movimiento uniformemente acelerado</p> <p>Caída libre</p>
--	---	--

Mis conocimientos previos

Es posible que usted sepa que todo lo que nos rodea está en constante movimiento: los automóviles, las aves, los insectos, el viento, la Tierra con respecto al Sol, el Sol con respecto a la vía láctea, incluso en el interior de nuestro cuerpo existe un continuo movimiento, la sangre, el aire que se respira, los átomos, las moléculas, etcétera.



Partiendo de la idea de que todo se mueve, conteste y comente con sus compañeros las siguientes interrogantes:

1. ¿Cómo se sabe si algo está en movimiento?

2. Si usted es un náufrago que está en medio del mar en un bote salvavidas, ¿cómo sabe si el bote se mueve o no?

3. Cuando viaja en un automóvil, ¿cómo se percata de que está en reposo o en movimiento?

4. ¿Por qué cree que la posición de un objeto es importante para explicar su movimiento?

5. Describa la diferencia entre desplazamiento, distancia y trayectoria:

Marco de referencia y posición de un objeto

Cuando se describe el movimiento de un cuerpo es importante saber su posición con respecto a un marco de referencia y este no es más que un conjunto de señales y puntos que ayudan a ubicar un objeto con respecto a otro. Por ejemplo, en un pueblo, la plaza central es el lugar referencial que sirve para ubicar otros lugares con respecto a él; si se preguntara una dirección cualquiera, podría decirse que está a dos cuadras al norte de la plaza central.

Un marco de referencia es como la hoja de un papel milimetrado, en el cual se ubican puntos que representen lugares importantes y todos los demás sitios se ubican con respecto a ellos, dependiendo de lo cerca o largo que se encuentren de cada uno.

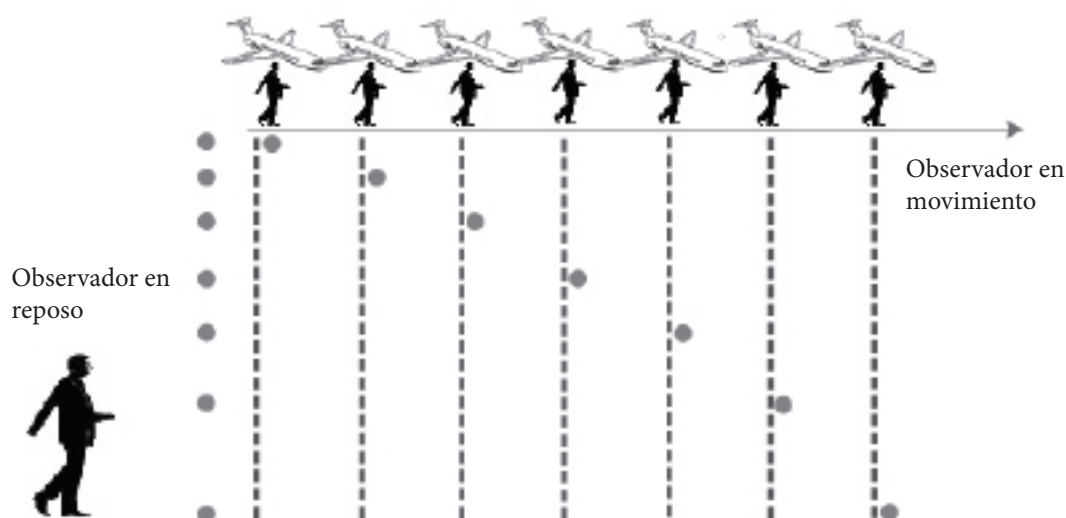
Marco de referencia relativo

Las descripciones que una persona hace de un cuerpo que está en movimiento, por ejemplo su posición, trayectoria, desplazamiento, velocidad y aceleración, generalmente las concibe dependiendo del marco de referencia en el cual ella se encuentra.

Si se le preguntara que si usted está en movimiento, esta interrogante puede tener respuestas diferentes y todas serán igualmente válidas, dependiendo del marco de referencia del observador. Por ejemplo, la respuesta podría ser no, si se está sentado en un pupitre en salón de clase o podría ser sí, si se encuentra en un autobús que va pasando frente al colegio; no, si se encuentra en una ciudad; si, con respecto a un sistema de coordenadas fijo al eje de rotación de la Tierra.

Para comprender mejor este concepto, observe la figura 1 que muestra la forma en que un observador en reposo ve un objeto que cae de un avión; para este observador el evento ocurre de forma lineal, porque tanto él como el objeto en caída libre se mueven sobre la Tierra a la misma velocidad. Mientras en la parte superior un avión se mueve a velocidad constante, para un observador que se encuentra dentro del avión, observa la trayectoria del objeto como la mitad de una parábola. Esto significa que el marco de referencia depende del observador.

Figura 1. Caída de un objeto desde un avión



Recuerde que todo se mueve, incluso los objetos que están en reposo, pues estos lo hacen con respecto al Sol.

ACTIVIDAD 1

Elabore un croquis de la comunidad donde usted vive, luego ubique por lo menos cinco lugares (incluyendo su casa), describiendo la dirección de cada uno.

●●● Trayectoria, distancia y desplazamiento

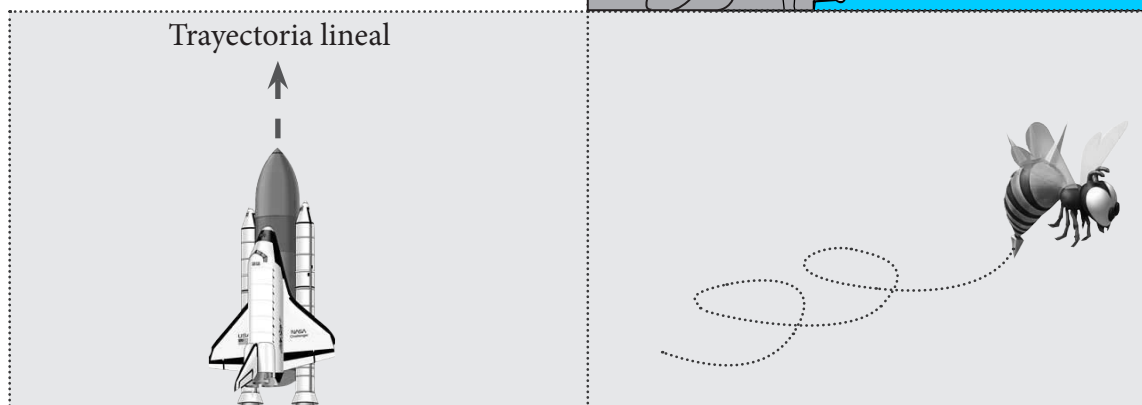
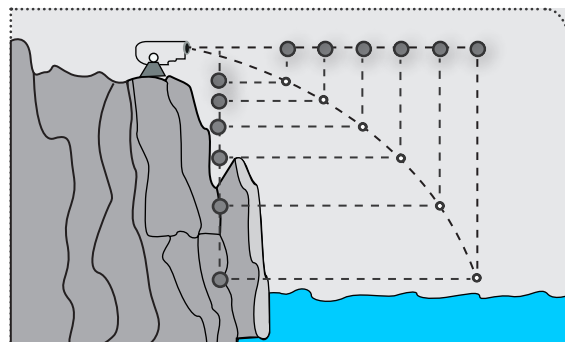
Antes de comenzar con el estudio formal del movimiento de un objeto, es importante conocer los siguientes conceptos:

- a. **Mecánica:** ciencia que estudia el estado de reposo y movimiento de los cuerpos.
- b. **Cinemática:** es la rama de la mecánica que estudia los tipos de movimiento de los cuerpos independientemente de las causas que la producen. El propósito fundamental de la cinemática consiste en describir y predecir el movimiento futuro, determinar la posición, velocidad y aceleración de un móvil en función del tiempo.
- c. **Partícula:** es la menor porción de la materia, no tiene extensión física, pero posee masa. Dependiendo del contexto en el que se analice el móvil, este será considerado como partícula o no. Por ejemplo, un barco crucero es inmenso frente a cualquier persona, pero pequeño en comparación con la longitud de su ruta, por lo que al describir su movimiento por el océano, se considera a la nave como un punto.
- d. **Posición:** es la separación entre un objeto y un punto de referencia. El sistema de referencia es un punto o conjunto de puntos con respecto a los cuales se describe el movimiento.
- e. **Razón de cambio:** se define como una cantidad con respecto a otra y se expresa en forma de cociente. La razón de cambio con respecto al tiempo da la información de cuánto cambia una cantidad en determinado tiempo.

Trayectoria

La trayectoria de una partícula es el camino seguido por esta durante su movimiento; puede ser lineal, en forma de curva o errático. La forma de la trayectoria depende del sistema de referencia.

La palabra trayectoria se entenderá como una línea imaginaria que traza un objeto al moverse de un lugar a otro por un camino dado.



Distancia

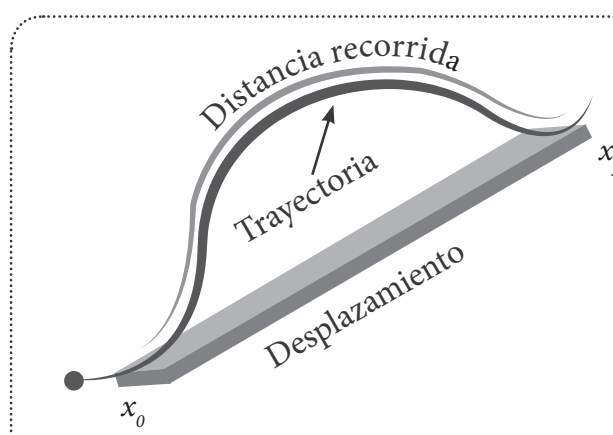
Es el espacio entre dos puntos que equivale a la longitud de un segmento de una recta que los une, expresado numéricamente.



Desplazamiento

Frecuentemente se denomina desplazamiento al cambio de posición de un objeto. Cuando un cuerpo se mueve de un lugar a otro, se dice que se está desplazando (ver figura 2).

Figura 2. Desplazamiento de un móvil



ACTIVIDAD 2

1. Describa la trayectoria de los siguientes movimientos:
 - Una pelota que cae
 - Un atleta corriendo una carrera de 200 m
 - El disparo de una pelota de futbol con efecto

2. ¿Qué trayectoria se describirá al derramarse el agua de un depósito si se hace un orificio en la parte lateral del mismo?

3. Considere que un niño está sentado en una banca en un campo de futbol, cuando de pronto un jugador le da un puntapié a un balón y este sale hacia la calle, el niño le da seguimiento al desplazamiento del balón y se hace las siguientes preguntas:
 - ¿El movimiento de la pelota es el mismo siempre?
 - ¿Cómo fue la trayectoria de la pelota desde que el jugador le dio el puntapié hasta que cayó en el suelo por primera vez?
 - Cuando el balón bajó unas gradas y luego pegó en una pared, ¿cómo fue su trayectoria?

4. Forme un equipo con tres compañeros para comentar y responder lo siguiente:

- Diferencia entre desplazamiento y distancia.
- Determine las diferencias de los siguientes conceptos:
 - ▶ Móvil
 - ▶ Movimiento
 - ▶ Movimiento absoluto
 - ▶ Movimiento relativo

Rapidez

Es la razón de cambio entre la distancia que recorre un cuerpo y el tiempo empleado en dicho recorrido. Por ejemplo, cuando usted recorre cierta distancia para llegar a su centro escolar en un tiempo determinado o cuando un automóvil de carreras recorre un circuito de 20 km en 5 minutos.

La rapidez es una medida física que señala en cuánto tiempo o que tan de prisa se recorre una determinada distancia.

Cuando se describe la rapidez se utiliza la palabra *por*, que quiere decir *divido entre* y se representa con una diagonal entre las unidades de las magnitudes; por ejemplo, si un ciclista va a veintitrés kilómetros por hora, se escribe así:

$$23 \frac{\text{km}}{\text{h.}}$$

Rapidez media

Imagínese un automóvil que va desplazándose en un circuito de carreras, en las partes rectas de la pista aumenta su rapidez, pero necesariamente en las curvas más cerradas tendrá que bajar un poco la velocidad para evitar algún accidente.



En este caso, lo que se necesita saber es en cuánto tiempo recorrerá toda la pista, por supuesto que el automóvil no mantiene su misma rapidez durante todo el recorrido por las curvas en las que tiene que desplazarse. Por lo tanto, es necesario calcular la rapidez promedio, ya que este dato estimará el tiempo que tardará en recorrer todo el circuito.

Este es el tipo de movimiento más sencillo que puede experimentar un objeto y se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rapidez media} = \frac{(\text{distancia recorrida})}{(\text{tiempo transcurrido})}$$

Dado que la rapidez se mide como la distancia recorrida por unidad de tiempo, esta tiene unidades de longitud dividida por unidades de tiempo:

$$\text{Rapidez} = \frac{\text{longitud}}{\text{tiempo}}$$

Por ejemplo, si un atleta recorre una distancia de 20 km en 4 horas, ¿cuál fue su rapidez media?

$$\text{Rapidez media} = \frac{(\text{distancia recorrida})}{(\text{tiempo transcurrido})} = \frac{(20 \text{ km})}{(4 \text{ h})} = \frac{5 \text{ km}}{\text{h}}$$

¿Sabía que la rapidez de un caracol común es 0,001 m/s; 0,0036 km/h; 0,0023 mph?

Velocidad

Los conceptos rapidez y velocidad comúnmente se utilizan para definir lo mismo, pero tienen una diferencia. La rapidez se utiliza para mencionar que tan aprisa se desplaza un móvil; la velocidad también, con la diferencia que esta posee una dirección. Por ejemplo:

Si se dice que un autobús viaja a $70 \frac{km}{h}$, se menciona la rapidez.

Si se dice que un autobús viaja a $70 \frac{km}{h}$ hacia el norte, se menciona la velocidad.

La velocidad se calcula dividiendo el desplazamiento entre el tiempo empleado. Se calcula utilizando la fórmula:

$$V = \frac{d}{t}$$

En donde:

V = velocidad

d = distancia

t = tiempo

Utilizando el despeje de variables de esta fórmula, se obtienen otras que ayudan a calcular la distancia y tiempo:

$$V = \frac{d}{t} \quad d = V \cdot t$$

Ejemplos

1. Carlos recorre 5 km todas las mañanas para llegar al colegio al norte de la capital y luego al mediodía regresa a su casa:
 - a. ¿Cuál es su desplazamiento hasta llegar al colegio?
 - b. ¿Cuál es el desplazamiento total al llegar al mediodía a su casa?
 - c. ¿Qué distancia recorrerá todos los días?

Solución:

- a. Carlos se desplaza 5 km al norte.
 - b. Su desplazamiento total es 0 (cero), ya que Carlos regresó al punto de partida.
 - c. La distancia recorrida es de 10 km, dado que recorre 5 km hasta el colegio y 5 km del colegio a su casa.
2. Un vehículo recorre una distancia de 693 km en 8 h, ¿cuál es la velocidad en km/h?

Solución:

- Datos:

$$v = ?$$

$$d = 693 \text{ km}$$

$$t = 8 \text{ h}$$

- Sustituyendo valores en la fórmula:

$$V = \frac{d}{t} = \frac{(693 \text{ km})}{8 \text{ h}} = 86.625 \text{ km/h}$$

- La velocidad del vehículo es de 86.625 km/h.

3. Un golfista logra el primer hoyo en 3 segundos después de que golpea la pelota. Si esta viajó con una velocidad media de 0.8 m/s, ¿a qué distancia estaba el hoyo?

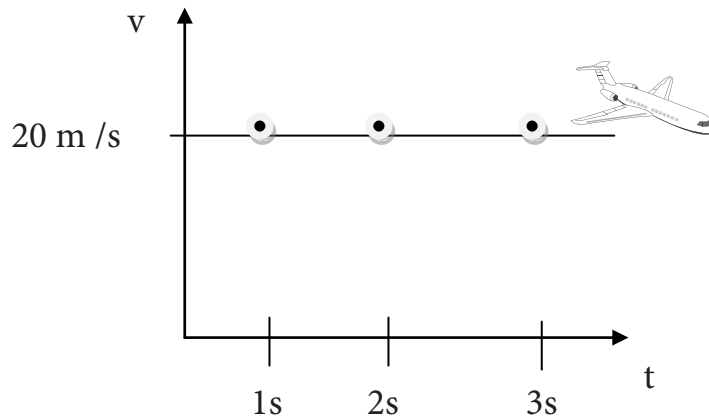
Solución:
$$d = V \cdot t = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 \text{ s} = 2.4 \frac{(\text{m} \cdot \text{s})}{\text{s}} = 2.4 \text{ m}$$

- Utilizando la fórmula para calcular la distancia se tiene:

$$d = V \cdot t = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 \text{ s} = 2.4 \frac{(\text{m} \cdot \text{s})}{\text{s}} = 2.4 \text{ m}$$

- Por tanto, la distancia que hay hasta el hoyo es de 2.4 m.

4. Encuentre el desplazamiento del avión descrito en la gráfica de abajo, cuando este se mueve a velocidad constante durante:
- 1 s
 - 2 s
 - 3 s



Solución:

Se conoce la velocidad que es $v = 20\text{ m/s}$, norte, se sabe el cambio del tiempo que es $t = 1\text{ s}$, 2 s y 3 s . Se desconoce el cambio en el desplazamiento d .

El desplazamiento se calcula utilizando la fórmula $d = V \cdot t$

$$\text{Para } t = 1\text{ s} \quad d = V \cdot t = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1\text{ s} = 20 \frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{s}} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Para } t = 2\text{ s} \quad d = V \cdot t = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2\text{ s} = 40 \frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{s}} = 40 \text{ m}$$

$$\text{Para } t = 3\text{ s} \quad d = V \cdot t = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3\text{ s} = 60 \frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{s}} = 60 \text{ m}$$

5. Calcular el tiempo necesario para un automóvil que se mueve a una velocidad hacia el sur de 100 km/h y recorre una distancia de 200 km.

Solución:

Para resolver este problema es necesario utilizar la fórmula que permitirá calcular el tiempo transcurrido:

$$t = \frac{d}{V}$$

Datos:

$$d = 200 \text{ km}$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$t = ?$$

Solución:

$$t = \frac{d}{V} = \frac{200 \text{ km}}{100 \text{ km/h}} = 2 \frac{\text{km} \cdot \text{h}}{\text{km}} = 2 \text{ h}$$

ACTIVIDAD 3

1. Si usted viaja en un auto por una carretera y en el transcurso del camino el odómetro (velocímetro) se daña, ¿cómo calcularía la velocidad que lleva el auto?

2. Un atleta recorre una distancia de 100 m en 21 s:
- Calcule su velocidad media en m/s.
 - ¿Cómo explicaría a una persona que la velocidad instantánea no es necesariamente la misma que la velocidad media?

3. Un vehículo recorre 140 km en 2 horas, luego 140 km más en tres horas y otros últimos 140 km en dos horas. Con estos valores elabore un gráfico que explique la posición en función del tiempo.

4. Una ambulancia que se mueve a una velocidad de 120 km/h, necesita recorrer un tramo recto de 60 km. Calcule el tiempo necesario para que la ambulancia llegue a su destino.

5. Un objeto vuela con una velocidad de 150 m/s durante 60s , calcular la distancia que se desplaza durante ese tiempo:

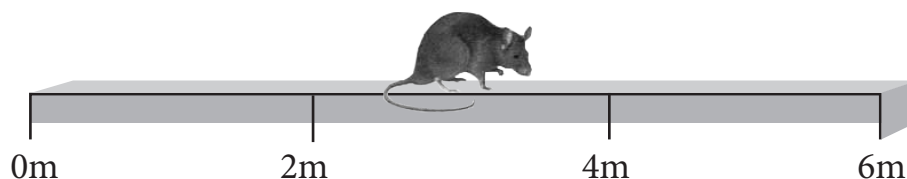
6. Calcular la distancia que recorre un tren durante 5 minutos si la magnitud de su rapidez es de 120 km/h :

●●● Movimiento rectilíneo uniforme

Analice la siguiente situación:

Un roedor se desplaza sobre una superficie plana y recta a una velocidad constante (2 m/s) (ver figura 3):

Figura 3. Desplazamiento del roedor



Con esta información, se puede saber:

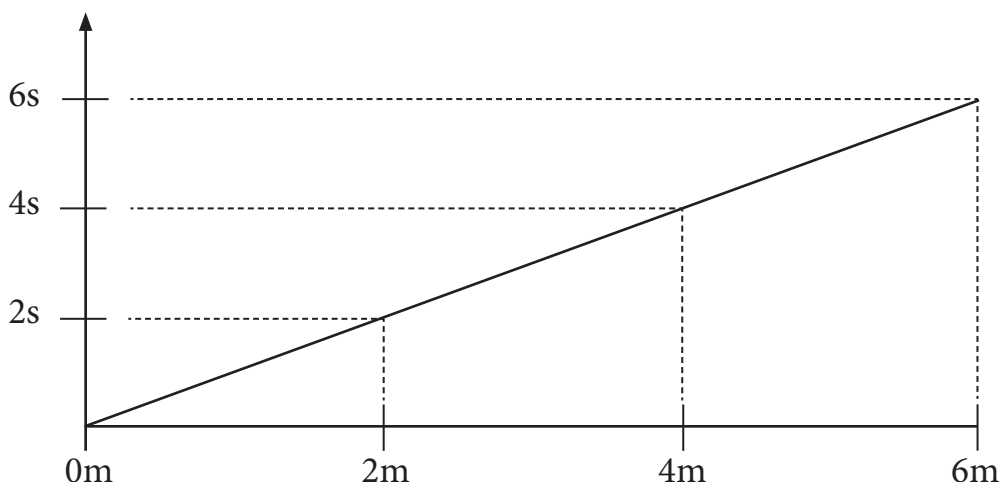
- ¿Cuántos metros recorre en un (0) segundo?
- ¿Cuántos metros recorre en dos (2) segundos?
- ¿Cuántos metros recorre en cuatro (4) segundos?

Con los valores de tiempo y desplazamiento se puede elaborar una tabla de valores y una gráfica que describa la situación:

Tabla 1. Tabla de desplazamiento versus tiempo

Desplazamiento (m)	Tiempo (s)
0	0
2	2
4	4
6	6

Gráfica 3. Desplazamiento versus tiempo



La gráfica 3 dice todo sobre el recorrido del roedor y el lugar donde se encuentra este en cada instante de tiempo.

Este movimiento se denomina *movimiento rectilíneo uniforme* y se caracteriza porque su trayectoria es una línea recta a velocidad constante o uniforme, es decir que recorre distancias iguales en tiempos iguales.

Para calcular la velocidad, en este caso, se utilizará la misma fórmula de la sección anterior: $V = \frac{d}{t}$, donde V es el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla.

Entonces, se puede calcular la velocidad en que se desplazó el roedor:

$$V = \frac{d}{t} = \frac{6m}{6s} = 1 \text{ m/s}$$

El roedor se desplazó a 1 metro por cada segundo.

Ejemplo 1

Un auto recorrió una distancia de 406 km durante un periodo de 7 horas con una velocidad constante. ¿Cuál es la velocidad en km/h?

Datos:

$$d = 406 \text{ km}$$

$$t = 7 \text{ horas}$$

$$V = ?$$

Solución:

$$V = \frac{d}{t} = \frac{406 \text{ km}}{7h} = 58 \text{ km/h}$$

Respuesta: el auto viajó a 58 kilómetros por hora.

Ejemplo 2

Un avión recorre una distancia de 1800 km en 3h, con una velocidad uniforme. ¿Cuál es la velocidad del recorrido?

Datos:

$$d = 1800 \text{ km}$$

$$t = 3 \text{ horas}$$

$$V = ?$$

Solución:

$$V = \frac{d}{t} = \frac{1800 \text{ km}}{3h} = 600 \text{ km/h}$$

Respuesta: el avión viajó a 600 kilómetros por hora.

Interpretación física de la velocidad en función del tiempo ●●●

En el trabajo de los científicos siempre hay una fase de experimentación en la que se lleva a cabo un registro de lo que se observa. Esta información recibe el nombre de datos y estos se suelen ilustrar en gráficas en las que se observa fácilmente la relación entre ellos.

Los datos son en principio números y expresan los resultados del experimento científico, a partir de estos se elabora una tabla que sirve de base para hacer una gráfica.

Las gráficas se realizan sobre ejes cartesianos que constan de varias partes: eje de las abscisas, que es el horizontal, y el eje de las ordenadas, que es el vertical.

Los resultados se disponen en el eje de las ordenadas y el factor a estudiar se dispone en el de las abscisas. En cada eje hay que conservar la escala elegida (distancia entre los puntos) y establecer una correspondencia entre cada dato del factor y el dato del resultado.

La correspondencia se muestra uniendo cada factor con su resultado y obteniendo un punto por cada uno de ellos. Al final se unen todos los puntos y se observa la figura que aparece en la gráfica, la cual indica cómo varían los datos con respecto a los factores, esto ayuda considerablemente a interpretar los resultados. Las líneas o dibujos, representan la relación entre los datos.

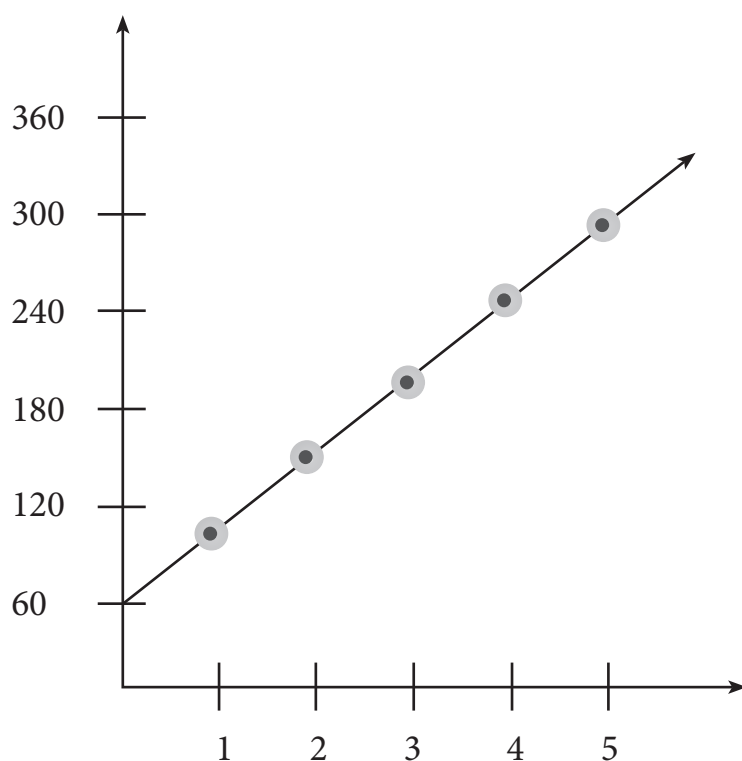
Ejemplo

Graficar el recorrido de un automóvil que viaja hacia la ciudad de San Pedro Sula, con una velocidad uniforme de 60 km/h. Empieza el recorrido a 10 km de Tegucigalpa.

Recuerde que una velocidad uniforme se recorre en distancias iguales en tiempos iguales. Si no se proporciona, es conveniente elaborar una tabla de valores con los datos suministrados.

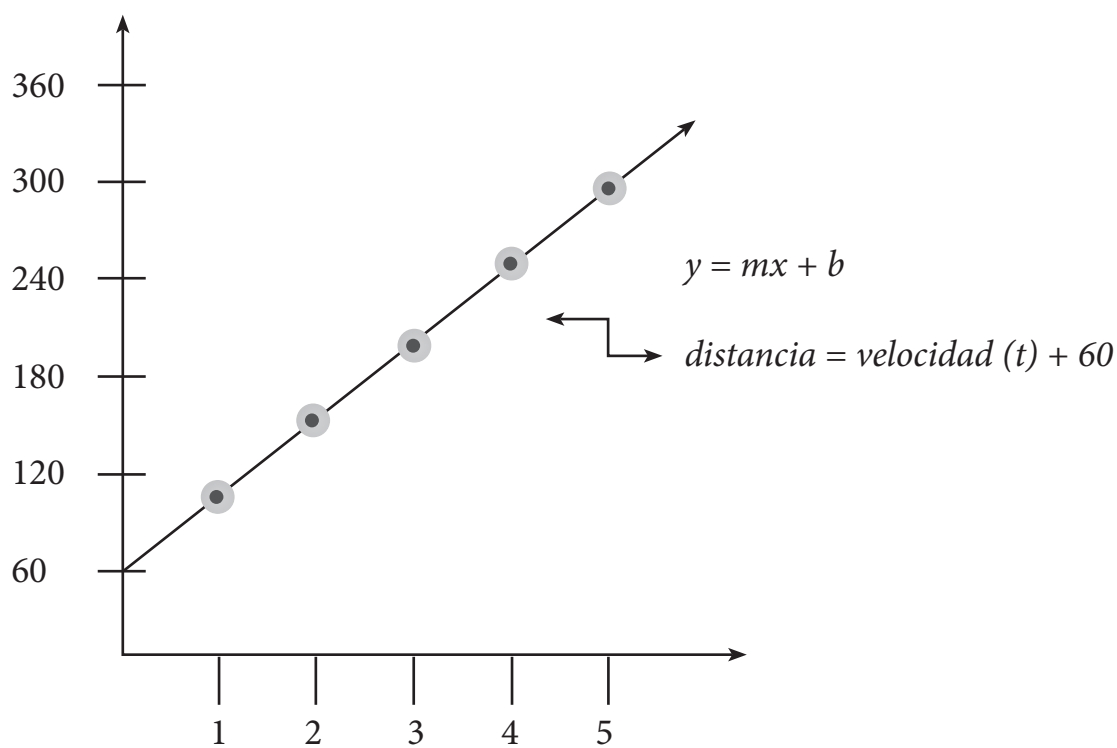
Tiempo (h)	Distancia (km)
0	60
1	120
2	180
3	240
4	300
5	360

A partir de la tabla de valores, en este caso, se grafica la distancia en función del tiempo, ubicando los valores del tiempo en el eje X y los valores de la distancia en el eje Y.



Observe que todos los puntos están sobre una misma recta. En el movimiento rectilíneo uniforme, la representación gráfica de la distancia en función del tiempo es una línea recta.

La ecuación de una recta en un sistema de coordenadas cartesianas con eje x y y está dada en forma general por la expresión: $y = mx + b$, donde m es la pendiente o inclinación de la recta y b es la ordenada al origen. Con base en lo anterior, para el ejemplo del vehículo que viaja a la ciudad de San Pedro Sula, se tiene que la *distancia* = *velocidad* (t) + 60 . Esta ecuación expresa el valor de la distancia en función de la velocidad y el tiempo, por tanto, si se tiene el valor de la velocidad, con esta ecuación se puede obtener el valor de la distancia recorrida para cualquier valor del tiempo (t).



ACTIVIDAD 4

1. Las pruebas de velocidad de un automóvil se registraron en la siguiente tabla:

Tiempo en segundos	Distancia en metros
0	0
4	10
8	20
12	30
16	40
20	50

Con base en los datos anteriores, conteste las siguientes preguntas:

a. ¿Es un movimiento rectilíneo uniforme? ¿Por qué?

b. ¿Cuál es la velocidad durante todo el recorrido?

c. Si el automóvil continuó moviéndose uniformemente, ¿cuál será la distancia después de 32 segundos?

d. ¿En cuánto tiempo habrá recorrido el automóvil 120 metros?

e. Elabore una gráfica que describa el movimiento del automóvil:

2. Un móvil parte desde la posición 5 m de un sistema de referencias y se desplaza con movimiento rectilíneo uniforme a una velocidad de 3 m/s. Calcular su posición a los 4 s., 7 s. y 10 s. Representar su posición y velocidad en función del tiempo.

Velocidad media

La velocidad media o velocidad promedio es la velocidad en un intervalo de tiempo dado. Este se calcula dividiendo el desplazamiento entre dos puntos $(x_f - x_i)$, entre el tiempo empleado $(t_f - t_i)$ mediante la siguiente fórmula:

$$V_m = \frac{(\text{distancia recorrida})}{(\text{tiempo invertido})} = \frac{(x_f - x_i)}{(t_f - t_i)}$$

Donde:

$x_f - x_i$ representa la distancia recorrida desde un punto inicial x_i hasta el punto final x_f , conocida como Δx .

El símbolo Δ (letra griega Delta) significa “cambio en”, entonces, Δx significa el desplazamiento o el cambio en x .

$t_f - t_i$ representa el intervalo de tiempo que transcurrió al recorrer dicha distancia, se conoce como Δt .

También la ecuación se puede expresar de la siguiente forma:

$$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(x_f - x_i)}{(t_f - t_i)}$$

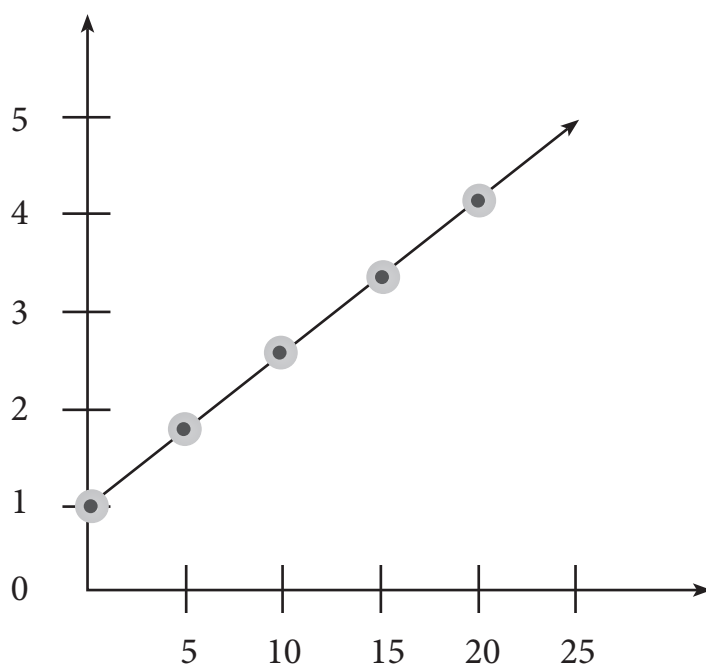
Observe que es la misma fórmula que se utilizó en la sección anterior para calcular la velocidad, solo que ahora se utiliza con una notación estándar que únicamente es válida para el movimiento que sea rectilíneo uniforme.

Ejemplo

Un ciclista está parado en el kilómetro 1 de una pista completamente recta, luego empieza a recorrerla con una velocidad constante y justamente cuando inicia el movimiento, activa un cronómetro y con la ayuda de un odómetro marca los siguientes datos:

Tiempo (minutos)	Distancia (km)
$t_i = 0$	$x_i = 1$
5	2
10	3
15	4
$t_f = 20$	$x_f = 5$

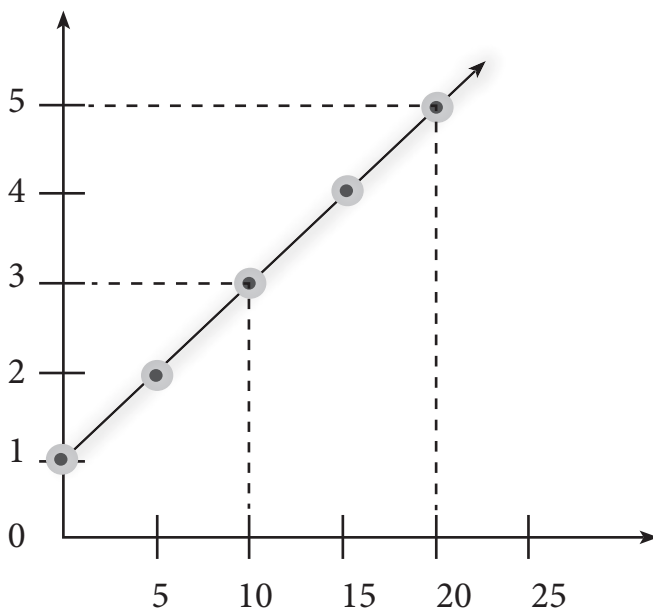
Se elabora una gráfica para describir el movimiento:



Observe que el conductor recorrió distancias iguales de 1 kilómetro en intervalos de tiempo iguales de 5 minutos. Entonces, se puede calcular la velocidad media del ciclista:

$$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{5 - 1 \text{ km}}{20 - 0 \text{ minutos}} = \frac{4 \text{ km}}{20 \text{ min}} = 0.20 \text{ km/min}$$

La velocidad permanece constante durante todo el desplazamiento y se puede comprobar tomando cualquier distancia, dividiéndola por el intervalo de tiempo correspondiente, esto se puede visualizar mejor en la gráfica.



La velocidad media en los intervalos de tiempo y distancia marcados es la siguiente:

$$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{5 - 3 \text{ km}}{20 - 10 \text{ minutos}} = \frac{2 \text{ km}}{10 \text{ min}} = 0.20 \text{ km/min}$$

Velocidad instantánea

El movimiento rectilíneo uniforme es un movimiento idealizado que solo se puede observar si se tiene el control de los factores que lo afectan, por esta razón es muy difícil observarlo en la vida cotidiana, ya que los cuerpos que están en movimiento continuamente, cambian y experimentan cambios en su velocidad. Por ejemplo, en un viaje por carretera, el conductor del automóvil reduce la velocidad en las curvas y pendientes, posiblemente aumente la rapidez en las rectas, etcétera.

Para conocer con mayor certeza la velocidad de un móvil se recurre al cálculo de la velocidad instantánea, que trata de poseer conocimiento de cuál es la velocidad que lleva en determinado momento.

La velocidad instantánea es la velocidad de un cuerpo o móvil en cada instante o en un determinado punto de la trayectoria. Si se mantiene constante durante todo el movimiento se denomina movimiento uniforme, ya que las velocidades media e instantánea coinciden. Si la velocidad instantánea no se mantiene constante, el movimiento se denomina no uniforme o variado.

Hasta ahora se han estudiado problemas en los cuales se conoce la velocidad media en un cierto número de intervalos. Suponga que un automóvil viaja por la carretera, usted puede calcular la velocidad que lleva en determinado tramo, al ir de un tramo al siguiente, aunque la velocidad media puede experimentar un salto para alcanzar el nuevo valor. Pero, obviamente esto es artificial, porque la velocidad varía en forma continua, no a saltos.

Para disminuir la magnitud de los saltos es necesario subdividir el tramo en intervalos más pequeños. Si se pretende hacerlos imperceptibles, se debe aumentar el número de intervalos, haciéndolos más y más diminutos.

En el límite cuando el tramo es más pequeño, pero distinto de cero, se necesita conocer la velocidad asociada a cada uno de los puntos de la trayectoria. Esto es lo que se denomina como la velocidad instantánea.

Para realizar este proceso se debe calcular la velocidad media entre dos puntos que estén lo más cercanos posible. En el proceso de acercar un punto al otro, el valor de la velocidad va cambiando, pero se aproxima a un límite que se denomina velocidad instantánea y que corresponde a la inclinación de la tangente a la curva en dicho punto.

ACTIVIDAD 5

Un móvil se desplaza en una trayectoria rectilínea de manera que si se le asocia con un eje X de coordenadas, su posición en el instante en que el reloj marca 20 s. es 50 m., cuando el reloj indica 30 s. la posición es 70 m, cuando el reloj indica 40 s. la posición es 60 m y cuando marca 50 s. es 10 m. A partir de esta información:

- Elabore un gráfico que describa el movimiento:

- b. Calcule la velocidad media entre los instantes: 20 y 30 s.; 20 y 40 s.; 20 y 50 s.; 30 y 40 s. y 40 y 50 s:

Aceleración ●●●

Para determinar el cambio de velocidad de un móvil, es decir, con qué rapidez o lentitud varía la velocidad, se introduce una nueva magnitud llamada aceleración. Esta puede ser positiva o negativa, según si la velocidad disminuye o aumenta.

Aceleración media (a_m)

La aceleración media es la variación de la velocidad en un determinado intervalo de tiempo

$$a_m = \frac{\text{variación de la velocidad}}{\text{tiempo}} = \frac{\Delta V}{t} = \frac{V_f - V_i}{t}$$

Donde:

a_m = aceleración media

V_f = velocidad final

V_i = velocidad inicial

t = tiempo

Unidades de la aceleración media

Si se toma la unidad de la velocidad en metros por segundo (m/s) y de tiempo el segundo (s), la unidad de aceleración será:

$$a_m = \frac{m/s}{s} = \frac{m}{s^2}$$

Cuadro comparativo de magnitudes

Velocidad	Aceleración
La velocidad mide el cambio de posición por unidad de tiempo.	La aceleración mide el cambio de velocidad por unidad de tiempo.
La unidad de velocidad es el m/s .	La unidad de la aceleración es el m/s^2 .
$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$	$a_m = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_f - v_i}{t}$
Velocidad instantánea: velocidad cuando Δt es muy pequeño.	Aceleración instantánea: aceleración cuando Δt es muy pequeño.

Ejemplo 1

Un vehículo acelera a lo largo de un camino recto, del reposo a 75 km/h en 0.50 h . ¿Cuál es la magnitud de su aceleración promedio?

Datos:

$$a_m = ?$$

$$V_f = 75 \text{ km/h}$$

$$V_i = 0 \text{ km/h}$$

$$t = 0.50 \text{ h}$$

Solución:

El vehículo parte de reposo, por lo que $V_i = 0 \text{ km/h}$; en cambio la velocidad final es $V_f = 75 \text{ km/h}$.

$$a_m = \frac{\Delta V}{t} = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{75 \text{ km/h} - 0 \text{ km/h}}{0.50 \text{ h}} = \frac{75 \text{ km/h}}{0.50 \text{ h}} = 150 \text{ km/h}^2$$

El chita o guepardo corre con una rapidez máxima entre los 97 y 101 km/h . Su aceleración pasa de reposo a 72 km/h en tan solo 2 segundos.

Ejemplo 2

Un camión de bomberos aumenta su velocidad de 0 a 21 m/s hacia el Este, en 3.5 segundos. ¿Cuál es su aceleración?

Datos:

$$a_m = ?$$

$$V_f = 21 \text{ m/s}$$

$$V_i = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 3.5 \text{ s}$$

Solución:

$$a_m = \frac{\Delta V}{t} = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{21 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{3.5 \text{ s}} = \frac{21 \text{ m/s}}{3.5 \text{ s}} = 6 \text{ m/s}^2$$

El resultado indica que por cada segundo que transcurre, la velocidad del auto aumenta por 6.0 m/s.

Observe que la aceleración en los ejemplos anteriores son valores positivos, por lo tanto se le conoce como aceleración positiva, ahora se analizarán ejemplos de aceleración negativa.

La aceleración negativa se debe a que la fuerza de detención tiene una dirección opuesta a la velocidad inicial.

Ejemplo 3

Un automóvil reduce su velocidad de 21 m/s a 7 m/s, en 3.5 segundos. ¿Cuál es su aceleración?

Datos:

$$a_m = ?$$

$$V_f = 7 \text{ m/s}$$

$$V_i = 21 \text{ m/s}$$

$$t = 3.5 \text{ s}$$

Solución:

$$a_m = \frac{\Delta V}{t} = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{7 \text{ m/s} - 21 \text{ m/s}}{3.5 \text{ s}} = \frac{-21 \text{ m/s}}{3.5 \text{ s}} = -6 \text{ m/s}^2$$

El resultado indica que por cada segundo que transcurre, la velocidad del auto disminuye por 6 m/s. La aceleración al ser negativa, implica que el auto desacelera.

ACTIVIDAD 6

1. ¿Qué significa que la aceleración de un vehículo es de -3 m/s^2 ?
2. Un bus se traslada hacia San Pedro Sula a una velocidad de 35 m/s y en 7 s, su velocidad pasa a ser 40 m/s. ¿Cuál ha sido su aceleración?

3. Un ciclista que circula a 65 km/h ve un obstáculo en la carretera, aprieta los frenos de la bicicleta y se detiene en 4 s:
 - a. ¿Cuál ha sido su aceleración de frenado?

b. ¿Cuál es el significado del signo menos?

4. Un auto sube una loma, disminuye la velocidad de 60 km/h a 30 km/h en 0.03 h. Encuentre la aceleración.

5. Partiendo del reposo, un auto de carreras adquiere una rapidez de 90 km/h en 50 s. Encuentre su aceleración.

6. Un vehículo que iba con una rapidez de 5 m/s recibe una aceleración constante. Si al final de 15 s tiene una rapidez de 18 m/s, ¿cuál ha sido su aceleración?

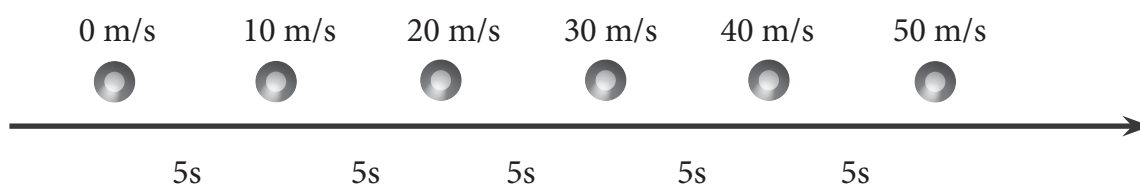
7. Se cae una caja de un camión mientras este viaja a 60 mi/h. Si la caja se desliza por el pavimento y acaba por detenerse a los 8 s, ¿cuál es su aceleración?

Movimiento uniformemente acelerado

El movimiento uniformemente acelerado es el movimiento rectilíneo en el cual la rapidez cambia a razón constante. La trayectoria seguida por el móvil es a lo largo de una línea recta, en donde el móvil recorre distancias diferentes en tiempos iguales, por lo que su aceleración permanece constante. Se le llama también movimiento de aceleración constante.

Si la rapidez del móvil aumenta, se dice que es un movimiento acelerado, por tanto el signo de la aceleración es positivo; pero, si la rapidez del movimiento disminuye, se dice que es un movimiento desacelerado, por lo tanto el signo de la aceleración es negativo.

Gráfica 1. Aceleración de un balón



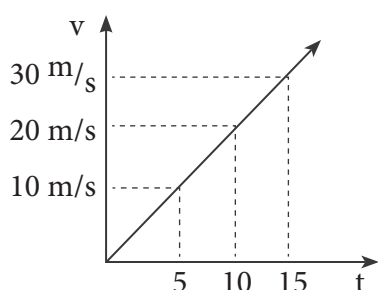
El cálculo de la aceleración para el primer segmento de la grafica anterior es el siguiente:

$$a_m = \frac{\Delta V}{t} = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{10 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$$

Para el otro segmento

$$a_m = \frac{\Delta V}{t} = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{30 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$$

En la gráfica 1, el balón aumenta la velocidad en diez metros por segundo (10 m/s) cada cinco segundos (5 s). En consecuencia, se puede decir que un objeto con movimiento rectilíneo uniformemente acelerado aumentará a intervalos de velocidad iguales en intervalos de tiempo iguales. Por tanto, la gráfica de velocidad contra el tiempo tendrá una inclinación y pendiente constantes y diferentes de cero.



Fórmulas del movimiento uniformemente acelerado

A partir de la fórmula: $a = \frac{V_f - V_i}{t}$, se despejan las fórmulas correspondientes al tiempo (t), velocidad final (V_f) y velocidad inicial (V_i), con lo cual obtendremos:

$$V_f = V_i + at$$

$$V_i = V_f - at$$

$$t = \frac{V_f - V_i}{a}$$

Cuando la velocidad cambia uniformemente con el tiempo, la velocidad promedio en cualquier intervalo de tiempo se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$v = \frac{V_f + V_i}{2}$$

Esta relación es válida porque la aceleración es constante.

Recuerde las primeras fórmulas para el cálculo de la velocidad, el tiempo y la distancia.

$$V = \frac{d}{t} \qquad t = \frac{d}{v} \qquad d = v \cdot t$$

Con la ayuda de la fórmula de la distancia en términos de la velocidad y el tiempo, se puede obtener la distancia recorrida por un móvil sustituyendo la velocidad promedio

$$d = V \cdot t = \frac{(V_i + V_f)t}{2}$$

Conociendo la velocidad final, la velocidad inicial y el tiempo transcurrido en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, se puede calcular con la fórmula anterior la distancia recorrida.

Cuando se resuelven problemas de movimiento uniformemente acelerado es conveniente relacionar todas las variables que intervienen para facilitar los cálculos; por ejemplo, de la fórmula para la distancia y la de velocidad final, sustituyendo V_f se tiene que:

$$\begin{aligned} V_f &= V_i + at \\ d &= V \cdot t = \frac{(V_i + V_f)t}{2} \\ d &= \frac{(V_i + V_f)t}{2} = \frac{(V_i + V_f + at)t}{2} = \frac{2V_i t + V_f t + at^2}{2} = \frac{V_i t + (at^2)}{2} \\ d &= V_i t + \frac{at^2}{2} \end{aligned}$$

Con esta ecuación se puede calcular la distancia recorrida en un tiempo determinado en función de la velocidad inicial y la aceleración.

Si se despeja t en la fórmula: $V_f = V_i + at$, se obtiene $t = \frac{V_f - V_i}{a}$,

sustituyendo en $d = \frac{(V_i + V_f) t}{2}$ la distancia queda como:

$$d = \frac{(V_i + V_f) t}{2} = \left[\frac{(V_i + V_f)}{2} \right] = \left[\frac{(V_i + V_f)}{a} \right] = \frac{(V_f^2 - V_i^2)}{2a}$$

Y despejando V_f^2 se obtiene la fórmula para calcular el valor de la velocidad final en función de la aceleración, la distancia y la velocidad inicial:

$$V_f^2 = 2ax + V_i^2$$

Tabla 1. Fórmulas de movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

	$V_i > 0$	$V_i = 0$
Aceleración	$a = \frac{V_f - V_i}{t}$	$a = \frac{V_f}{t}$
Velocidad final	$V_f = V_i + at$	$V_f = at$
	$V_f^2 = 2ad + V_i^2$	$V_f^2 = 2ad + V_i^2$
Velocidad inicial	$V_i = V_f - at$	0
Tiempo	$t = \frac{V_f - V_i}{a}$	$t = \frac{V_f}{a}$
Distancia	$d = V_i t + \frac{at^2}{2}$	$d = \frac{at^2}{2}$

Ejemplo 1

Un automóvil mantiene una aceleración constante de 8 m/s^2 . Si su velocidad inicial es de 20 m/s , ¿cuál será su velocidad después de 6 s ?

Datos:

$$a = 8 \text{ m/s}^2$$

$$V_i = 20 \text{ m/s}$$

$$t = 6 \text{ s}$$

$$V_f = ?$$

Fórmula que se utilizará: $V_f = V_i + at$ (observe que $V_i > 0$)

Solución sustituyendo los valores en la fórmula:

$$V_f = V_i + at \frac{m}{s}$$

$$V_f = 20 + \left(8 \frac{m}{s^2}\right)(6 \text{ s})$$

$$V_f = 20 \frac{m}{s} + 48 \frac{ms}{s^2} = 20 \frac{m}{s} + 48 \frac{m}{s}$$

$$V_f = 68 \text{ m/s}$$

Ejemplo 2

Un móvil lleva una velocidad de 15 m/s, acelera su marcha a razón de 3 m/s².

Con los datos proporcionados, calcule:

- Velocidad final
- Incremento de velocidad durante un minuto
- Velocidad promedio
- Distancia recorrida en un minuto

Datos:

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

$$V_i = 15 \text{ m/s}$$

$$T = 1 \text{ mint. (60 s)}$$

$$V_f = ?$$

$$d = ?$$

$$\Delta V = ?$$

Solución:

Inciso a

$$V_f = V_i + at$$

$$V_f = 15 \text{ m/s} + (3 \text{ m/s}^2)(60 \text{ s})$$

$$V_f = 15 \text{ m/s} + 180 \text{ m/s}$$

$$V_f = 195 \text{ m/s}$$

Inciso b

$$\Delta V = V_f - V_i = 195 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s} = 180 \text{ m/s}$$

Inciso c

$$V = \frac{V_i + V_f}{2} = \frac{15 \text{ m/s} + 195 \text{ m/s}}{2} = \frac{210 \text{ m/s}}{2} = 105 \text{ m/s}$$

Inciso d

$$d = V_i t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$d = (15 \text{ m/s})(60 \text{ s}) + \frac{1}{2} (3 \text{ m/s}^2)(60 \text{ s})^2$$

$$d = 900 \text{ m} + \frac{1}{2} (3 \text{ m/s}^2) 3600 \text{ s}^2$$

$$d = 900 \text{ m} + \frac{1}{2} (10800 \text{ m})$$

$$d = 900 \text{ m} + 5400 \text{ m}$$

$$d = 6300 \text{ m}$$

ACTIVIDAD 7

1. Un automóvil que viaja a una velocidad constante de 120 km/h, demora 10 s en detenerse. Calcule:
 - a. ¿Qué distancia necesitó para detenerse?
 - b. ¿Con qué velocidad chocaría a otro vehículo ubicado a 30 m del lugar donde aplicó los frenos?

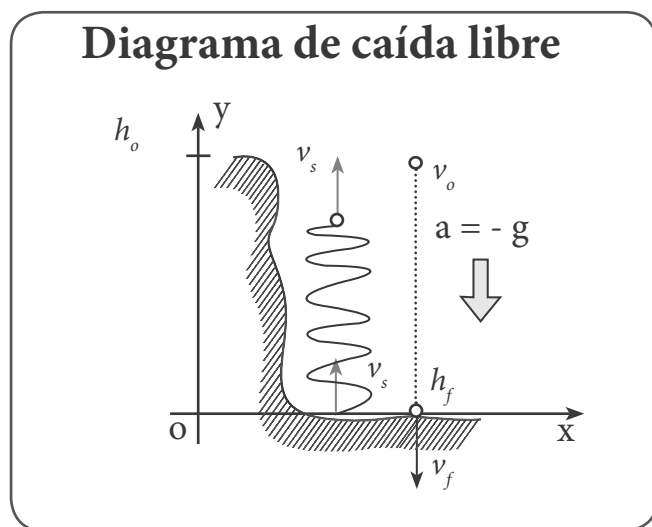
2. Un ciclista que va a 30 km/h, aplica los frenos y logra detener la bicicleta en 4 segundos. Calcule:
 - a. ¿Qué desaceleración produjeron los frenos?
 - b. ¿Qué distancia necesitó para frenar?

3. Un móvil que se desplaza con velocidad constante, aplica los frenos durante 25 s y recorre una distancia de 400 m hasta detenerse. Determine:
 - a. ¿Qué velocidad tenía el móvil antes de aplicar los frenos?
 - b. ¿Qué desaceleración produjeron los frenos?

Caída libre ●●●

Galileo fue el primero en demostrar experimentalmente que si se desestima la resistencia que ofrece el aire, todos los cuerpos independientemente de cual sea su masa, caen hacia la Tierra con la misma aceleración. Este movimiento ideal, en el que no se toma en cuenta la resistencia del aire ni el cambio de aceleración con la altura, es decir, que se debe únicamente a la influencia de la gravedad, se denomina caída libre.

La caída libre es un movimiento uniformemente acelerado y para analizarlo se toma como marco de referencia un eje vertical perpendicular a la superficie de la Tierra. Este eje se toma como positivo de forma vertical hacia arriba.



Todos los cuerpos con este tipo de movimiento tienen una aceleración dirigida hacia abajo, cuyo valor depende del lugar en el que se encuentren. En la Tierra este valor es de aproximadamente 9.8 m/s^2 , es decir, que los cuerpos dejados en caída libre aumentan su velocidad (hacia abajo) en 9.8 metros cada segundo. La aceleración por gravedad se representa con la letra g .

Puesto que este es un movimiento en línea recta y con aceleración uniforme, las fórmulas del movimiento uniformemente acelerado son aplicables, solo hay que sustituir “ a ” por “ $-g$ ”, porque la aceleración se debe a la gravedad con dirección hacia abajo.

Tabla 1. Fórmulas de caída libre de los cuerpos

Velocidad final	$V_f = V_i - gt$
	$V_f^2 = V_i^2 - 2gh$
Distancia	$h = \frac{(V_i + V_f) t}{2}$
	$h = V_i t - \frac{gt^2}{2}$

Si el cuerpo es lanzado hacia arriba, el desplazamiento (h) será positivo y su velocidad también. Cuando el cuerpo es lanzado hacia abajo o simplemente se deja caer, el desplazamiento ($-h$) será negativo y su velocidad también. Si el cuerpo sube la aceleración de la gravedad es negativa ($-g$) y si baja es positiva ($+g$).

Ejemplo 1

Desde la terraza de un edificio se deja caer un objeto que tarda 4 s en llegar al suelo. Calcule la altura del edificio.

Datos:

$$V_i = 0$$

$$t = 4 \text{ s}$$

$$h = ?$$

Solución:

Se utilizará la fórmula: $h = V_i t - \frac{gt^2}{2}$, pero la velocidad inicial es cero, por tanto: $h = -\frac{gt^2}{2}$

Sustituyendo los valores: $h = -\frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(4\text{s})^2$

$$h = -\frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(16\text{s}^2)$$

$$h = -\frac{1}{2}(156.8 \frac{\text{ms}^2}{\text{s}^2})$$

$$h = -78.4 \text{ m}$$

Ejemplo 2

Desde uno de los pisos de un edificio en construcción, que está a 30 m del suelo, se cae un ladrillo. Calcule:

- El tiempo que tarda en llegar al suelo.
- La velocidad que tiene en ese momento.

Nota: Este ejemplo se trata de un movimiento uniformemente acelerado con $a = g = 9.8 \text{ m/s}^2$. El ladrillo cae libremente, por lo tanto, $V_i = 0$.

Datos:

$$\begin{aligned} V_i &= 0 \\ h &= 30 \text{ m} \\ t &= ? \\ V_f &= ? \end{aligned}$$

Solución:

Se utilizarán las fórmulas:

$$\begin{aligned} V_f &= V_i - gt \\ h &= V_i t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned}$$

- Cálculo del tiempo que tarda en caer:

$$h = -\frac{gt^2}{2}, \text{ la velocidad inicial es cero.}$$

De esta fórmula se despeja la variable t, así:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2(30\text{m})}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{\frac{60\text{m}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{6.12\text{s}^2} = 2.47\text{s}$$

- La velocidad con la que llega al suelo será:

$$V_f = V_i - gt = \left(0 - 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(2.47\text{s}) = -24.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

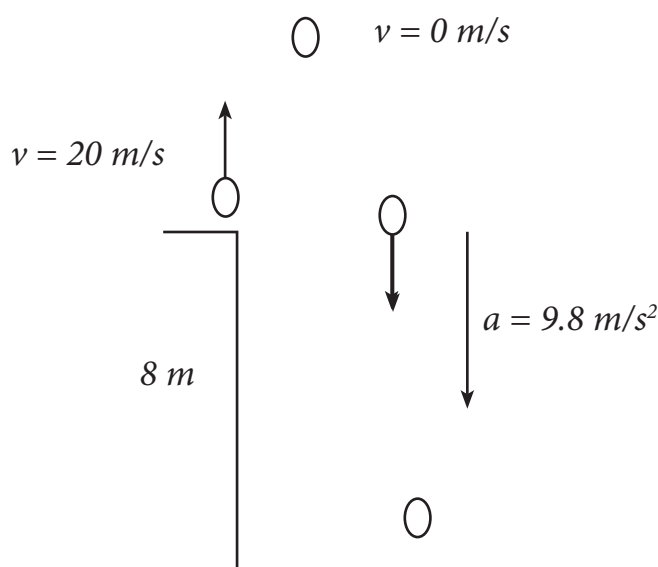
Ejemplo 3

Desde una terraza que está situada a 8 metros de altura se lanza una manzana hacia arriba con una velocidad de 20 m/s:

- Calcule el tiempo que tarda en llegar a su altura máxima.
- ¿Cuál será la altura de la manzana en ese momento con respecto al suelo?
- ¿Cuál será la velocidad de la manzana cuando en su caída pase por la terraza otra vez?
- ¿Qué tiempo transcurrirá para que la manzana caiga hasta el suelo?
- ¿Con qué velocidad la manzana golpea el suelo?

Solución:

En este tipo de problemas es conveniente elaborar un esquema del problema, indicando el sistema de referencia, los datos y las posibles soluciones del problema:



Es un movimiento uniformemente acelerado, ya que es de caída con poco rozamiento. En este caso la aceleración es constante y de valor 9.8 m/s^2 y dirigida hacia abajo.

La manzana comenzará a subir desde la terraza disminuyendo su velocidad. En el punto más alto su velocidad se hace 0 y comenzará a bajar. La velocidad del lanzamiento es 20 m/s y tardará en subir unos segundos.

La caída será acelerada y chocará con el suelo a gran velocidad. En esta caída empleará más tiempo del que empleó en la subida. Se puede suponer que el tiempo que tarda en subir es el mismo que tarda en bajar otra vez hasta la terraza. Entonces, se pueden utilizar las fórmulas de este tipo de movimiento.

- a. Calcule el tiempo que tarda en llegar a su altura máxima.

La manzana está subiendo. Cuando llega a su altura máxima la velocidad final es 0:

$$V_f = V_i - gt$$

$$0 = 20 \text{ m/s} - (9.8 \text{ m/s}^2)t$$

$$t = \frac{20 \text{ m/s}}{9.8 \text{ m/s}^2} = 2.04 \text{ s}$$

El tiempo que tarda en llegar a su altura máxima es de $2.04 \text{ s} \cong 2 \text{ s}$.

En bajar hasta la terraza otros 2 segundos.

- b. ¿Cuál será la altura de la manzana en ese momento con respecto al suelo?

La posición en el punto más alto la alcanza a los 2 segundos, se calcula la altura hasta ese punto:

$$h = \frac{(V_i + V_f) t}{2} = \frac{((20 \text{ m/s}) + 0)(2 \text{ s})}{2} = 20 \text{ m}$$

Para encontrar la altura desde el suelo se le suma la altura del edificio:

$$h = 8 \text{ m} + 20 \text{ m} = 28 \text{ m}$$

La altura que alcanza la manzana con respecto al suelo es de 28 m.

- c. ¿Cuál será la velocidad de la manzana cuando en su caída pase por la terraza otra vez?

Bajada hasta la terraza.

La velocidad al pasar por la terraza después de 4 segundos de movimiento.

Se calcula con la fórmula:

$$V_f = V_i - gt = 20 \text{ m/s} - (9.8 \text{ m/s}^2)(4\text{s}) = 19.2 \text{ m/s}$$

La velocidad de caída de la manzana cuando pasa por la terraza es de 19.2 m/s.

Observe que este resultado es casi igual a la velocidad inicial de la manzana. Este resultado es normal, ya que el rozamiento con el aire no se toma en cuenta.

- d. ¿Qué tiempo transcurrirá para que la manzana caiga hasta el suelo desde que se lanzó?

Caída al suelo.

En el momento de llegar al suelo la altura será 0, con lo cual se puede calcular el tiempo que debe pasar (que será algo más de cuatro segundos), se supondrá que el origen del movimiento es el punto más alto, la velocidad inicial es 0 y la altura 28 metros:

$$h = V_i \cdot t = \frac{gt^2}{2}$$

$$28 = 0 - \frac{(9.8) t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{56 \text{ m}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 2.39 \text{ s}$$

El tiempo que tarda en caer la manzana desde su lanzamiento se encuentra sumando el tiempo de subida con el de bajada y es: $2\text{s} + 2.39 \text{ s} = 4.39\text{s}$.

- e. ¿Con qué velocidad la manzana golpea el suelo?

La velocidad en ese momento será mayor de 20 m/s y se calcula con la fórmula:

$$V_f = V_i - gt = 20 \text{ m/s} - (9.8 \text{ m/s}^2)(4.39) = 23.02 \text{ m/s}$$

La velocidad con que la manzana golpea el suelo es de 23.02 m/s.

ACTIVIDAD 8

1. Si desde lo alto de un edificio dejáramos caer un objeto y pudiéramos medir el espacio recorrido cada segundo, obtendríamos la siguiente tabla de valores:

Tiempo (t)	Distancia (m)
0	0
1	4.9
2	19.6
3	44.1
4	78.4

- a. Compruebe que estos valores cumplen la ecuación $h = \frac{1}{2} gt^2$.
- b. Complete la tabla de valores para los instantes 5 s y 6 s.
- c. Represente gráficamente el movimiento del ladrillo utilizando la tabla de valores.

2. Un niño travieso tira desde la ventana de su casa situada a 5 metros del suelo una sandía, le da un empuje hacia arriba con una velocidad de 30 m/s:
- a. Calcule el tiempo que tarda en llegar la sandía a su altura máxima.
 - b. ¿Cuál será la altura de la sandía en ese momento con respecto al suelo?
 - c. ¿Cuál será la velocidad de la sandía cuando en su caída pase por la ventana otra vez?
 - d. ¿Qué tiempo transcurrirá para que la sandía caiga hasta el suelo?
 - e. ¿Con qué velocidad la sandía golpea el suelo?
3. Realice el laboratorio del movimiento de caída libre que se describe a continuación.

Práctica de caída libre

Objetivo:

Reconocer algunas variables físicas relevantes en una investigación sobre la caída libre de los cuerpos.

Materiales:

- Dos mables de diferentes tamaños
- Un reloj con segundero
- Dos recipientes altos de vidrio (15 cm por lo menos) que sean transparentes
- Un poco de agua
- Dos hojas de papel del mismo grosor y tamaño
- vasos grandes de vidrio transparente

Procedimiento 1:

Pida a un ayudante que deje caer los dos mables al mismo tiempo desde la misma altura (se sugiere que se haga desde un primer piso, en un balcón). Mientras tanto, usted debe observar el movimiento de caída y registrar el tiempo que tardaron en caer las dos pelotas. Anote sus observaciones y el tiempo en la hoja de respuestas. Conteste:

a. ¿Cómo fue el movimiento de los dos mables?

b. ¿Cuál mable llegó primero?

c. ¿Depende el tiempo de caída de la masa del objeto?

Procedimiento 2:

1. Llene los dos vasos con agua.
2. Pida a su ayudante que deje caer los dos mables al mismo tiempo y de la misma altura dentro de los dos recipientes, mientras que usted observa el movimiento de caída hasta el fondo del recipiente y registra el tiempo y sus observaciones en la hoja de respuestas.

Vacíe los recipientes y pida a su ayudante que repita el paso anterior, pero sin agua. Registre nuevamente sus observaciones y el tiempo de caída hasta el fondo del vaso. Conteste:

- a. ¿Cómo fue el movimiento de los dos mables dentro del agua?

- b. ¿Cuál mable tarda menos tiempo en llegar al fondo del vaso?

- c. ¿Cómo se modifican los resultados cuando los mables caen a través del aire?

- d. ¿Cómo influyen el aire y el agua en la caída de los cuerpos?

- e. ¿Podría decirse que la naturaleza del medio es una variable en la caída libre de un objeto? ¿Por qué?

Procedimiento 3:

1. Tome las dos hojas de papel. Corte la mitad de una de ellas y arrúguela un poco y comprima la otra lo más que pueda.
2. Pida a su ayudante que las deje caer simultáneamente (desde un primer piso, si es posible), mientras usted observa el movimiento y registra el tiempo de caída en la hoja de respuestas.
3. Conteste las preguntas del cuestionario y establezca sus conclusiones sobre el experimento. Responda:

a. ¿Cómo es el movimiento de las pelotas de papel?

b. ¿Cuál de las hojas de papel llegó primero al piso?

c. ¿Cómo explica el resultado?

Reflexión:

¿Se cumplió con el propósito de este experimento? ¿Por qué? Explique si los resultados que obtuvo de este experimento son útiles en su vida cotidiana.

Glosario

Eje cartesiano: son dos rectas perpendiculares que se cortan en el punto 0. Una es horizontal denominada eje "x", y otra es vertical denominada eje "y".

Gravedad: es una fuerza física que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos hacia su centro. También se trata de la fuerza de atracción de los cuerpos en razón de su masa.

Marco de referencia: es un conjunto de señales y puntos que ayudan a ubicar un objeto con respecto a otro.

Móvil: es un objeto en movimiento del que se quiere estudiar su trayectoria o las fuerzas que intervienen sobre él.

Movimiento rectilíneo uniforme: es el movimiento que recorre distancias iguales en tiempos iguales.

Odómetro: es un instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un cuerpo (generalmente por un vehículo) en la unidad de longitud en la cual ha sido configurado: metros o millas.

Velocímetro: es un instrumento que mide el valor de la rapidez media de un vehículo.



Actividad metacognitiva

Con base a lo que ha aprendido en esta unidad, responda lo siguiente:

1. El conocimiento de los tipos de movimientos que tienen los objetos le hace comprender mejor las situaciones rutinarias. ¿Por qué?

2. Ante cualquier cuerpo en movimiento podrá describir sus características en cuanto al desplazamiento, rapidez, velocidad, aceleración o caída. ¿Por qué?

3. ¿Considera que adquirió nuevos aprendizajes al estudiar los temas de esta unidad? ¿Puede mencionar cuáles?

4. ¿Qué contenidos de los estudiados considera importantes para su aplicación en su vida habitual? ¿Por qué?



Autoevaluación

I. Tipo selección única

Instrucciones: encierre con una circunferencia la respuesta que haga correcta cada proposición.

1. Es la menor extensión de materia, no tiene extensión, pero posee masa:
 - a. Posición
 - b. Punto
 - c. Partícula
 - d. Masa
2. Describir y predecir el movimiento futuro, determinar la posición, velocidad y aceleración de un móvil en función del tiempo, es el propósito de:
 - a. La mecánica
 - b. La cinemática
 - c. La trayectoria
 - d. El desplazamiento
3. Estudia el estado de reposo y movimiento de los cuerpos:
 - a. Cinemática
 - b. Caída libre
 - c. Mecánica
 - d. Razón de cambio
4. Es el camino seguido por un cuerpo durante su movimiento, puede ser lineal, en forma de curva o errático:
 - a. Desplazamiento
 - b. Trayectoria
 - c. Distancia
 - d. Posición

5. Se le denomina frecuentemente al cambio de posición de un objeto:
- Desplazamiento
 - Trayectoria
 - Distancia
 - Posición
6. Es una medida física que señala en cuánto tiempo o que tan aprisa se recorre una determinada distancia:
- Velocidad
 - Aceleración
 - Caída libre
 - Rapidez
7. Determinar el cambio de velocidad de un móvil:
- Velocidad
 - Aceleración
 - Rapidez
 - Caída libre
8. La velocidad de un móvil que se desplaza con MRU, recorre una distancia de 800 m en 40 s es:
- 2 m/s
 - 20 m/s
 - 200 m/s
 - 320 m/s
9. El tiempo necesario para que un automóvil que se mueve con una rapidez de 100 km/h y recorra una distancia de 200 km es:
- 2h
 - 1/2 h
 - 1h
 - 4h
10. Si un atleta recorrió 100 metros en 9 segundos, ¿a qué velocidad se desplazó?
- 9 m/s
 - 11.11 m/s
 - 1.1 m/s
 - 10 m/s

II. Tipo práctico

Instrucciones: trabaje en forma clara y ordenada para resolver los siguientes problemas:

1. Una abeja vuela en línea recta hacia el oeste durante 30 s. Si posee una velocidad de 15 m/s, calcule la distancia total recorrida por la abeja.
2. Una pelota se desplaza en línea recta y recorre una distancia de 10 m en 5 s, ¿cuál es su rapidez?
3. Un avión vuela en línea recta hacia el norte durante 15 min, si lleva una velocidad de 700 km/h, ¿cuál es la distancia que recorre durante ese tiempo?
Nota: se deben transformar los minutos a horas para poder tener unidades iguales en todos los datos.

4. Calcular cuál es la magnitud de la velocidad que posee un cuerpo que recorre una distancia de 135 m en 7 s hacia el SE.

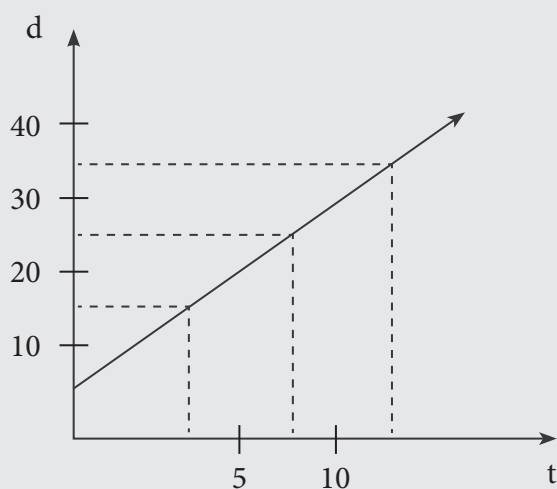
5. Un automóvil que viaja de Tegucigalpa a Tela recorre 312 km en un tiempo de 5 h. ¿Cuál es su velocidad?

6. ¿Qué tiempo tardará un automóvil en recorrer 600 km con una velocidad de 80 km/h?

7. ¿Qué distancia habrá recorrido un avión después de 4 h con una velocidad de 600 km/h?

8. Daniel tarda 3 minutos para recorrer los 90 m de distancia que hay entre su casa y la escuela, ¿cuál es su rapidez?

9. Un atleta parte de la posición de 5 km de un sistema de referencia y se desplaza con una velocidad de 3 km/h. Calcule su posición después de 7 horas y después de 10 horas. Con estos datos elabore un gráfico de distancia en función del tiempo :



10. Un tren parte desde su estado de reposo con un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado y alcanza una velocidad de 30 m/s en 5 s . Calcule:
- Su aceleración.
 - La distancia que recorrió en ese tiempo.

11. Un automóvil viaja a una velocidad de 40 m/s y comienza a frenar hasta detenerse en 8 segundos . Calcule la aceleración y la distancia que recorre.

12. Se deja caer un cuerpo desde una altura de 10 metros . Halle:
- El tiempo que tarda en caer.
 - La velocidad con que llega al suelo.

13. Un niño deja caer un huevo desde el balcón de su casa y se estrella 3 segundos después. ¿Qué altura tiene el balcón?

Bibliografía ●●●

Hijar Juarez, Humberto. Et al (2010). *Física I*. Editorial Santillana.

Herrera Aguayo, Macarena. Moncada Mijic Felipe. Valdes Arriaga, Pablo. (2009). *Física*. Chile: Editorial Santillana.

Maiztegui ,Sabato (1973). *Física*. Argentina: Editorial Kapeluz.

Sears, Francis W. Et al (2004). *Física Universitaria*. México: Editorial Pearson Educación.

Serway, Raymond A. y Jewett, Jhon W. (2005). *Física I y II. Texto basado en cálculo*. México: Editorial Thomson.

Serway, Raymond A. y Faughn Jerry. (2007). *Física para Bachillerato General*. México: Editorial Thomson.