

Guía 6 Movimiento

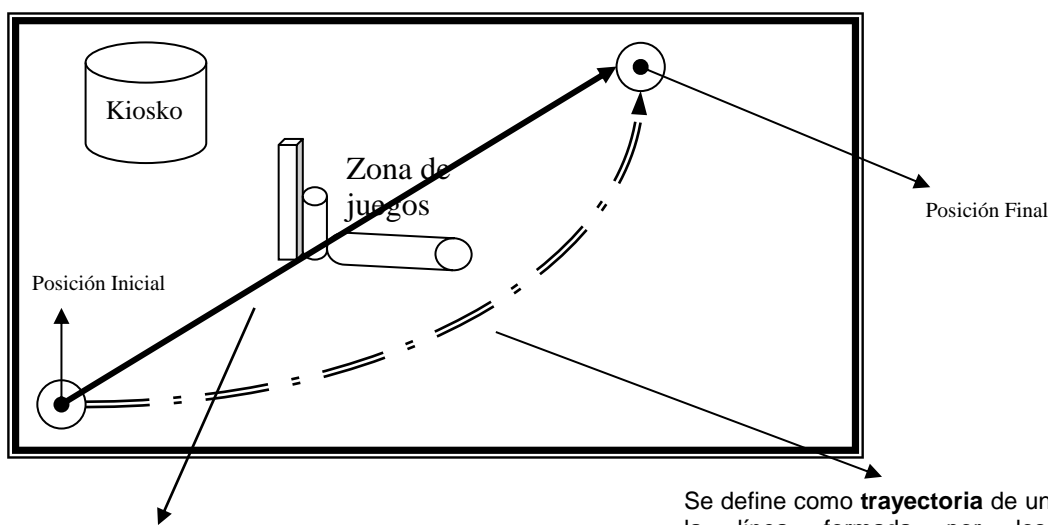
Comúnmente definimos al movimiento de un cuerpo simplemente como su cambio de lugar o posición. De tal forma decimos que nos movemos al caminar, que los automóviles que pasan por la calle se desplazan, o que la Luna se mueve. Sin embargo, de manera más precisa, diremos que **un cuerpo está en movimiento cuando cambia de posición respecto de un sistema de referencia**.

En esta última afirmación, se agrega un importantísimo factor para analizar el movimiento: el sistema de referencia. Imaginemos que vamos en un tren que se mueve de manera constante y rectilínea, si éste es nuestro sistema de referencia, lo más probable es que digamos respecto de nuestros compañeros de viaje que están en reposo. En efecto, a menos que se paren de sus asientos para ir al baño u otra cosa, podemos decir que, respecto del tren, no han realizado movimiento alguno y permanecen en reposo. El movimiento, al igual que el reposo, son fenómenos totalmente relativos, es decir, ocurren respecto de algo. A este "algo" le llamaremos sistema de referencia.

El sistema de referencia es un punto, marco o sistema de coordenadas desde el cual observamos describimos el movimiento, y que por supuesto, debemos considerar en reposo o fijo. La elección de este sistema de referencia es algo totalmente arbitrario, es decir, depende del observador.

Elementos del movimiento

Los elementos que nos permiten describir el movimiento de un cuerpo y que son básicos para la comprensión de la mecánica, son: posición, trayectoria, distancia recorrida (**longitud**), el **tiempo** y el desplazamiento. Todo esto dentro de un marco que llamamos sistema de referencia. Supongamos, por ejemplo, que queremos dirigirnos desde una esquina de la plaza hasta el otro extremo, tal como indica la figura. Supondremos además que debido a que existen algunos obstáculos en medio de la plaza, no podemos dirigirnos a ella en línea recta y tenemos que seguir un camino diferente:



El **desplazamiento** es el cambio de posición que experimenta el cuerpo. Se representa por una flecha (vector) que va desde la posición inicial hasta la final. El desplazamiento no es necesariamente una línea real, es simplemente una magnitud que permite estimar el cambio de posición.

Se define como **trayectoria** de un cuerpo a la línea formada por los puntos representativos de las distintas posiciones que sucesivamente va ocupando en el espacio. Es decir, corresponde a la curva que describe el cuerpo en su movimiento (es la "forma" del camino). La **distancia recorrida** es la longitud de la trayectoria, consiste en distancia efectivamente recorrida por el móvil al desplazarse.

Movimiento uniforme rectilíneo (mur)

En esta unidad, solamente abordaremos el movimiento unidimensional, es decir, aquél que se desarrolla en una trayectoria rectilínea. De tal forma que nuestro sistema de referencia estará dado por un solo eje del sistema cartesiano. En el caso de movimientos horizontales, emplearemos el eje **X**. El movimiento uniforme rectilíneo, es un movimiento que se desarrolla sobre una trayectoria rectilínea y con velocidad constante. Es decir, el cuerpo que desarrolla este tipo de movimiento “recorre espacios iguales en intervalos de tiempo iguales”.

En estas condiciones, podemos afirmar que la razón entre un desplazamiento y el intervalo de tiempo correspondiente es constante. A esta razón le llamamos velocidad (V)

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

Donde:
 V : velocidad.
 d : desplazamiento.
 t : tiempo.

De la relación anterior se puede deducir que en el movimiento uniforme la velocidad es constante y el desplazamiento realizado (que coincide en este caso con la distancia recorrida), es proporcional al tiempo empleado. Como la velocidad es el cociente entre desplazamiento y tiempo, sus unidades serán el cociente entre unidades de longitud y tiempo. Ejemplo: cm/s, m/s, km/s, etc. No obstante, la unidad para esta magnitud en el sistema internacional de unidades es el metro/segundo (m/s).

Ecuaciones del MUR

Debido a que la velocidad es constante en el MUR, y se desarrolla sobre el eje X , podemos escribir:

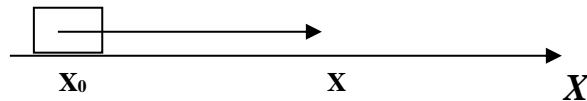
X_0 : posición inicial

X : posición final

d : desplazamiento

$$d = X - X_0$$

$$\square X = X - X_0$$



Por tanto:

$$\Delta x = V \cdot t$$

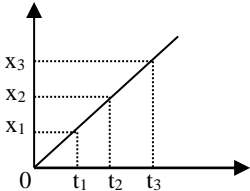
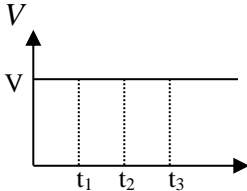
$$V = \frac{\Delta x}{t}$$

$$V = \frac{x - x_0}{t}$$

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

A esta última ecuación se le denomina ecuación de itinerario, puesto que permite determinar la posición del cuerpo en cualquier instante.

Representación gráfica del MUR

ráfico de Itinerario	ráfico Velocidad / tiempo
<p>Representación gráfica de la variación de posición del móvil respecto del tiempo</p>  <p>En el movimiento uniforme la gráfica de itinerario presenta una pendiente constante, ya que la posición aumenta en forma constante con respecto al tiempo (interpretación lineal). La pendiente de la gráfica corresponde a la velocidad del móvil.</p>	 <p>En el movimiento uniforme la velocidad se mantiene constante, por lo tanto, la gráfica no presenta pendiente</p>

Movimiento acelerado o variado

Velocidad media y velocidad instantánea

Cuando la velocidad de un cuerpo no es constante, decimos que estamos frente a un movimiento variado o acelerado. Dado que la velocidad en estos casos cambia permanentemente, resulta de utilidad introducir el concepto de **velocidad media**, que corresponde al cociente entre el desplazamiento total efectuado por un móvil y el tiempo total empleado en dicho desplazamiento. Si un cuerpo parte desde una posición X_1 en el instante t_1 y se mueve rectilíneamente hasta llegar a la posición X_2 en el instante t_2 , entonces su velocidad media (V_m) es:

$$V_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

Para estimar la velocidad no es un intervalo, sino que en un determinado instante se debe tomar un intervalo infinitesimalmente pequeño, de modo que $t_2 - t_1$ tienda a cero ($t_2 - t_1 \rightarrow 0$); y así tendremos la velocidad instantánea:

$$V_{instantánea} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

$$t_2 - t_1 \approx 0$$

Movimiento Uniforme Acelerado (MUA)

Un movimiento es acelerado cuando su velocidad experimenta alguna variación al transcurrir el tiempo, independientemente de si esta variación es un aumento o disminución.

La variación de velocidad respecto del tiempo, recibe el nombre de **aceleración**. Operacionalmente, la aceleración se determina como la variación de velocidad, dividida por el tiempo durante el cual transcurre esta variación. Por ejemplo, si en cierto instante t_1 , un móvil se mueve con una velocidad V_1 , y ésta varía de tal forma que en el instante t_2 , su valor es V_2 , podemos determinar la aceleración que experimenta el cuerpo de la siguiente manera:

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

Si las variaciones de la velocidad son proporcionales a las variaciones del tiempo, podemos decir que el movimiento es **uniformemente acelerado**; o que tiene **aceleración** constante.

Si $V_2 > V_1$, es decir, la velocidad aumenta con el tiempo, es un **movimiento con aceleración positiva**. En cambio, si $V_2 < V_1$, es decir, la velocidad disminuye con el tiempo, el cuerpo tiene una aceleración negativa, es decir va “frenando”. La antigua expresión “**movimiento retardado**”, para referirse los movimientos con aceleración negativa ha caído en desuso.

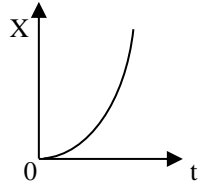
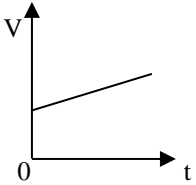
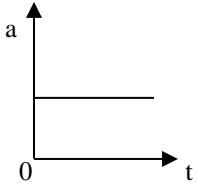
Es fácil demostrar que dado que la aceleración se mide en unidades de velocidad (m/s), divididas por unidad de tiempo (s), su unidad “propia” es m/s^2 o bien cm/s^2 .

Ejemplo: Consideremos un móvil que, partiendo con una velocidad de 12 cm/s, va aumentando ésta en la forma en que se detalla en la tabla adjunta. De la observación de la tabla, es posible inferir que el cuerpo aumenta su velocidad de manera constante en cada segundo. Es decir, en cada segundo de su movimiento, su velocidad aumenta en 3 cm/s, respecto del valor anterior. En este caso entonces, la aceleración en la aceleración tiene un valor constante de 3 cm/s^2 , ya que la velocidad aumenta a razón de 3 cm/s cada segundo; se trata, por tanto, de un movimiento uniformemente acelerado.

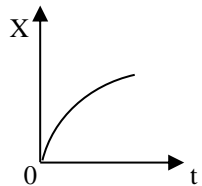
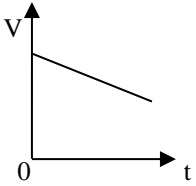
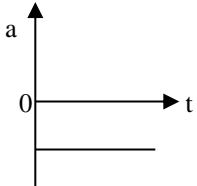
Tiempo (s)	Velocidad (cm/s)	Variación de velocidad (cm/s)
0	12	0
1	15	3
2	18	6
3	21	9
4	24	12
5	27	15

Representación gráfica del MUA

Cuando $a > 0$, se representa gráficamente como:

Itinerario (Posición respecto del tiempo)	Velocidad respecto del tiempo	Aceleración respecto del tiempo
		

Cuando $a < 0$, se representa gráficamente como:

Itinerario (Posición respecto del tiempo)	Velocidad respecto del tiempo	Aceleración respecto del tiempo
		

Ecuaciones del MUA

Itinerario y desplazamiento	Velocidad
Itinerario: $x = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$ Desplazamiento: $\Delta x = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$ $\Delta x = \frac{(V_0 + V) \cdot t}{2}$	Velocidad: $V = V_0 + a \cdot t$ $V_m = \frac{V_0 + V}{2}$ $V^2 - V_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta x$

Movimientos verticales

Los Filósofos griegos, así como todos los sabios hasta el siglo XVI afirmaban que los cuerpos pesados caen con más velocidad que los cuerpos ligeros en el espacio próximo a la superficie terrestre. Fue Galileo quien demostró, al dejar caer dos esferas de igual radio y distinta masa desde lo alto de la torre de Pisa, que todos los cuerpos tardan el mismo tiempo en caer y llegan con igual rapidez al piso, independientemente de su masa, si se sueltan simultáneamente.

Para demostrar la suposición de Galileo, Newton introdujo en un tubo de vidrio varios objetos de materiales de distinta densidad. Después hizo el vacío y lo colocó rápidamente en posición vertical para que los objetos cayesen en el interior del tubo. Observó que todos caían simultáneamente, oyéndose un solo golpe cuando llegaban al fondo del tubo. Cuando en el interior del tubo había aire y se realizaba el experimento, al tocar los objetos en el fondo del tubo se oían tantos golpes como objetos distintos.

Prescindiendo del roce ejercido por el aire sobre los cuerpos, podemos afirmar que la caída de los cuerpos está regida por las siguientes leyes:

- I. Todo cuerpo que cae libremente tiene una trayectoria vertical.
- II. La caída de los cuerpos es un movimiento uniformemente acelerado.
- III. Todos los cuerpos caen con la misma aceleración. Esta aceleración de caída es la aceleración de gravedad (g), y vale $9,81 \text{ m/s}^2$ en un punto de la superficie a 45° de latitud. Para otros puntos de la superficie terrestre la gravedad varía ligeramente. En general, la gravedad disminuye al aumentar la distancia al centro de la Tierra. Así, el valor de la aceleración de gravedad aumenta hacia los polos y disminuye en el Ecuador. El valor máximo es de $9,83 \text{ m/s}^2$ en los polos. El valor mínimo es $9,78 \text{ m/s}^2$ en el Ecuador.

Para todos los efectos prácticos y resolución de problemas, a menos que se indique algo diferente, emplearemos para g el valor aproximado de 10 m/s^2 .

Ecuaciones para los movimientos verticales

Son las mismas ecuaciones que para el movimiento uniforme acelerado. Designando por **g** a la aceleración de este movimiento, por **h** el desplazamiento y por **t** el tiempo empleado, las ecuaciones aplicables son:

Caída Libre	Lanzamiento Vertical Descendente	Lanzamiento Vertical Ascendente										
$V_0 = 0$ $a = g$ $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$ <p>Velocidad en cualquier instante:</p> $V = g \cdot t$ <p>Velocidad de llegada al suelo</p> $V_{llegada} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ <p>Tiempo de caída</p> $t_{caída} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$	$V_0 \neq 0$ $a = g$ $h = V_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}$ <p>Velocidad en cualquier instante:</p> $V = V_0 + g \cdot t$ <p>Velocidad de llegada al suelo</p> $V_{llegada} = \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot g \cdot h}$	$V_0 \neq 0$ $a = -g$ (esto sólo se debe a que en este caso la aceleración es opuesta a la velocidad y el cuerpo por consiguiente disminuye paulatina-mente el módulo de ésta) $h = V_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$ <p>Velocidad en cualquier instante:</p> $V = V_0 - g \cdot t$ <p>Altura máxima:</p> $h_{máxima} = \frac{V_0^2}{2 \cdot g}$ <p>Tiempo de subida:</p> $t_{subida} = \frac{V_0}{g}$ <p>Tiempo total:</p> $t_{total} = 2 \cdot t_{subida}$										
<p>Observaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el caso del lanzamiento vertical ascendente, cuando el cuerpo llega a la altura máxima, su velocidad en dicho instante se hace nula, sin embargo, su aceleración sigue siendo de módulo g. • Después de llegar a la altura máxima, el cuerpo se moverá en caída libre, de tal forma que son válidas las ecuaciones para dicho movimiento. El tiempo de subida, es de igual valor que el tiempo de caída. • Consecuentemente con lo anterior, al observar el movimiento de un cuerpo que es lanzado verticalmente hacia arriba, y que después de llegar a su altura máxima cae libremente, podemos darnos cuenta que la rapidez con que pasa por un punto en su ascenso, es de igual magnitud que la rapidez con que pasa por el mismo punto en el descenso. 		<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">Ascenso</td> <td style="text-align: center;">Descenso</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$V = 0$ ○</td> <td style="text-align: center;">$V = 0$ ○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V_3 ↑ ○</td> <td style="text-align: center;">V_3 ↓ ○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V_2 ↑ ○</td> <td style="text-align: center;">V_2 ↓ ○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V_1 ↑ ○</td> <td style="text-align: center;">V_1 ↓ ○</td> </tr> </table>	Ascenso	Descenso	$V = 0$ ○	$V = 0$ ○	V_3 ↑ ○	V_3 ↓ ○	V_2 ↑ ○	V_2 ↓ ○	V_1 ↑ ○	V_1 ↓ ○
Ascenso	Descenso											
$V = 0$ ○	$V = 0$ ○											
V_3 ↑ ○	V_3 ↓ ○											
V_2 ↑ ○	V_2 ↓ ○											
V_1 ↑ ○	V_1 ↓ ○											

Ejercicios

1. Un tren que viaja a 36 km/h frena y se detiene luego de recorrer 10 m. Su aceleración durante este proceso fue de:

- A) -5 m/s^2
- B) -10 m/s^2
- C) $3,6 \text{ m/s}^2$
- D) $0,1 \text{ m/s}^2$
- E) Ninguna de las anteriores

Para las preguntas 2, 3 y 4 considere el siguiente enunciado: "Un cuerpo se mueve partiendo del reposo con aceleración constante igual a 8 m/s^2 "

2. La rapidez instantánea del cuerpo a los 5 s de iniciado el movimiento es:

- A) 10 m/s
- B) 20 m/s
- C) 30 m/s
- D) 40 m/s
- E) 50 m/s

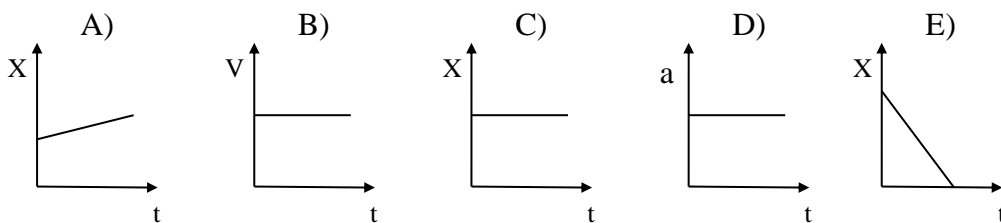
3. La rapidez media del cuerpo a los 5 segundos de iniciado el movimiento es:

- A) 10 m/s
- B) 20 m/s
- C) 30 m/s
- D) 40 m/s
- E) 50 m/s

4. La distancia recorrida por el cuerpo luego de transcurrido los 5 primeros segundos es de:

- A) 20 m
- B) 40 m
- C) 60 m
- D) 80 m
- E) 100 m

5. ¿Cuál de los siguientes gráficos representa una rapidez nula?



6. Si un cuerpo es llevado a un planeta donde la aceleración de gravedad es la mitad que en la Tierra y es soltado desde una altura tal que tarda el mismo tiempo que en la Tierra en tocar el suelo. ¿Qué sucede, en relación a la Tierra, con la rapidez del cuerpo cuando toca el suelo en el mencionado planeta?

- A) Aumenta 4 veces
- B) Aumenta 2 veces
- C) Permanece igual
- D) Disminuye a la cuarta parte
- E) Disminuye a la mitad

7. Un automóvil parte del origen del sistema de referencia con rapidez constante y rectilínea de 20 m/s. De acuerdo con esta situación, las correspondientes ecuaciones de itinerario y de velocidad para el cuerpo son respectivamente (considere que X se mide en metros y t en segundos):

A) $X = 20t$	$V = 20$
B) $X = 20 + 20t$	$V = 20t$
C) $X = 20t^2$	$V = 20t^2$
D) $X = \frac{20t^2}{2}$	$V = 20$
E) $X = 20t + \frac{20t^2}{2}$	$V = 20t$

8. Respecto de la pregunta anterior, al cabo de 3 segundos, el desplazamiento y la rapidez del cuerpo medidos en m y m/s, son respectivamente:

- A) 20 m y 90 m/s
- B) 30 m y 30 m/s
- C) 45 m y 45 m/s
- D) 60 m y 20 m/s
- E) 90 m y 20 m/s

9. Un camión recorre los 126 km de camino entre las ciudades W y Q en un total de 3 horas. El primer tramo del camino es totalmente asfaltado y el camión viaja a 60 km/h. El segundo tramo es de ripio y el vehículo debe viajar a 30 km/h. Suponiendo que el camino es rectilíneo y durante los dos tramos se mantuvo una rapidez constante, ¿qué longitud tiene el camino asfaltado?

- A) 54 km
- B) 60 km
- C) 72 km
- D) 80 km
- E) 94 km

10. Cierta marca de automóviles ofrece al mercado un modelo capaz de aclarar de 0 a 25 m/s en 5 segundos, entonces lo más correcto es afirmar que en este intervalo de tiempo:

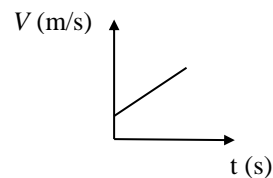
- A) Las tres opciones siguientes son válidas.
- B) La aceleración del automóvil es 5 m/s^2 .
- C) El móvil alcanza a recorrer 125 metros.
- D) La rapidez media del automóvil es de 5 m/s.
- E) Las tres opciones anteriores son falsas.

11. Un móvil viaja durante 30 s con rapidez constante de 4 m/s. Luego acelera uniformemente hasta alcanzar una rapidez de 6 m/s, empleando en ello 4 s. Al calcular la rapidez al cabo de 33 segundos después de iniciado el movimiento se obtiene un valor de:

- A) 4,0 m/s
- B) 4,5 m/s
- C) 5,0 m/s
- D) 5,5 m/s
- E) 6,0 m/s

12. El gráfico adjunto, que representa el movimiento de un cuerpo, indica que:

- I. La rapidez aumenta constantemente.
- II. La aceleración aumenta en forma constante.
- III. El desplazamiento del cuerpo es proporcional al tiempo.



De las anteriores afirmaciones, es(son) falsa(s):

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) II y III
- E) Ninguna

Respuestas selección múltiple

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
A	D	B	E	C	E	A	D	C	B	D	B