

# APUNTE - **CINEMÁTICA**

---

Laboratorio de Física I  
Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería  
Universidad Católica Argentina

## **Objetivos de la guía (TP 2)**

- Observar y analizar movimientos rectilíneos uniformes y uniformemente acelerados.
- Obtener los distintos parámetros que intervienen en las ecuaciones horarias para cada uno de los movimientos.

## **[DESAMBIGÜACIÓN] Parecen iguales pero ¡nada que ver!**

La cinemática es una rama de la mecánica que se ocupa de describir el movimiento de cuerpos en el espacio. Esa *descripción* es una interpretación de la realidad. Dado que la realidad es complicada, se busca utilizar hipótesis simples, que guardan relación con el fenómeno que queremos describir. Por ejemplo, si queremos describir la secuencia de posiciones en el espacio que va ocupando una pelota de rugby desde la punta del zapato del jugador hasta pasar entre los postes del arco, podemos sustituir a la pelota por lo que llamamos una **partícula**, que definiremos como un punto con una masa asociada<sup>1</sup>. Por el contrario, si nos interesa estudiar cómo se va moviendo la pelota y la influencia del viento, la gravedad, el impulso inicial del puntapié, etc., podremos adoptar una hipótesis más complicada, pero que sigue siendo simplificada, que es la del cuerpo rígido, que

---

<sup>1</sup> Observar que el punto no tiene dimensión.

definiremos como un cuerpo para el cual la distancia entre dos puntos del mismo, arbitrariamente elegidos, no cambia. En la realidad, los cuerpos son deformables. A lo largo de este apunte, representaremos los cuerpos a estudiar como partículas.

Para describir el movimiento de un cuerpo, necesitamos conocer varios conceptos. Comenzando con problemas simples diremos que hay un *observador* que se da cuenta que a medida que pasa el **tiempo**, la partícula va cambiando de lugar o **posición** en el espacio. Para establecer una posición necesitamos una referencia (posición respecto de quién). Esa referencia puede ser un sistema de coordenadas y podemos elegir el origen donde se encuentra el observador. La posición quedará definida mediante un vector cuyo origen se encuentra en el origen de coordenadas y su extremo en la partícula. Hay, entonces, dos elementos clave en la descripción del movimiento de una partícula: el tiempo y el vector posición.

Si el cuerpo se mueve, lo hará describiendo un camino o **trayectoria**. El cambio en la posición del cuerpo que ocurre cuando éste se mueve está representado por el vector **desplazamiento**.

**¡ATENCIÓN!** No confundir **distancia** (o **espacio recorrido**) con desplazamiento. La distancia es una magnitud escalar que se mide sobre la trayectoria; es decir, la longitud de la trayectoria. Es siempre positiva porque la longitud de una curva es siempre un escalar mayor o igual a cero y aumenta a medida que el cuerpo se mueve. El desplazamiento es una magnitud vectorial que sólo depende de la posición inicial y final del cuerpo y es independiente de la trayectoria. El desplazamiento de un camino cerrado (posición inicial = posición final) es igual a cero.

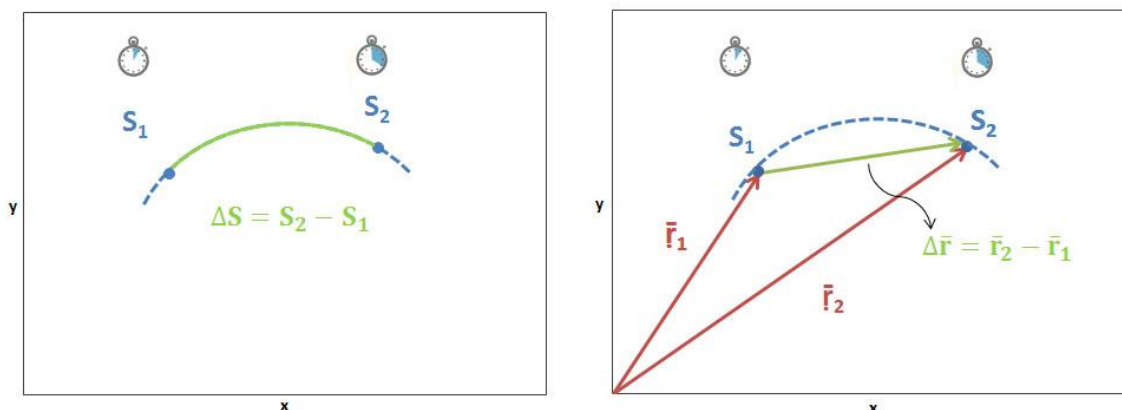


Figura 1. Diferencias entre distancia ( $\Delta S$ ) y desplazamiento ( $\Delta \vec{r}$ ).

## [velocidad y aceleración] Ahora sí... ¡en movimiento!

La **velocidad media** es la distancia o camino recorrido sobre un intervalo de tiempo  $\Delta t = t_2 - t_1$  empleado en recorrerlo. Así:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Si el intervalo de tiempo considerado tiende a cero, la tasa de cambio en la posición del cuerpo respecto del tiempo, representada por el **vector velocidad instantánea** (es decir, la velocidad en un instante de tiempo dado) se define como:

$$\bar{v}_{\text{inst}} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (2)$$

La magnitud del vector velocidad se conoce como **rapidez instantánea**, o simplemente rapidez.

$$v_{\text{inst}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \quad (3)$$

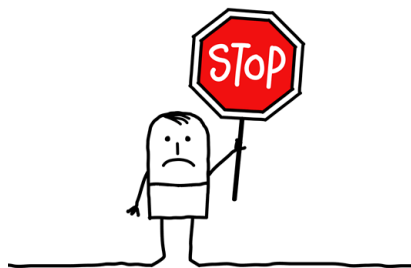
Así, la velocidad mide con qué rapidez, dirección y sentido se mueve un cuerpo. En el caso particular de movimientos rectilíneos (movimientos cuya trayectoria es una recta), la velocidad tendrá la misma dirección y sentido que el desplazamiento.

De manera análoga, la aceleración es el cambio en la rapidez respecto del tiempo. Así,

$$\text{aceleración media} = a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (4)$$

$$\text{aceleración instantánea} = \bar{a}_{\text{inst}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} a_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{d\bar{v}}{dt} \quad (5)$$

**¡ATENCIÓN!** La aceleración es una magnitud vectorial, por lo que un cuerpo tiene aceleración cuando su velocidad varía en módulo (rapidez), dirección O sentido. Si un cuerpo se mueve con una velocidad que varía su dirección en el tiempo, el mismo tendrá una aceleración no nula, independientemente de que su rapidez sea o no constante<sup>2</sup>.



Antes de seguir, es importantísimo asegurarnos que entendimos bien qué significan los parámetros que definimos. Así que se recomienda completar el siguiente cuadro:

<sup>2</sup> Un ejemplo muy importante es el movimiento circular y su caso particular con rapidez constante (movimiento circular uniforme).



Parámetro	¿Vectorial o escalar?	Unidades en SI
desplazamiento		
distancia		
velocidad media		
velocidad instantánea		
aceleración media		
rapidez		
tiempo		
posición		
$\Delta t$		
espacio recorrido		

**Tabla I.** A repasar se ha dicho...

### [movimientos rectilíneos] **MRU – MRUA – MRUR**

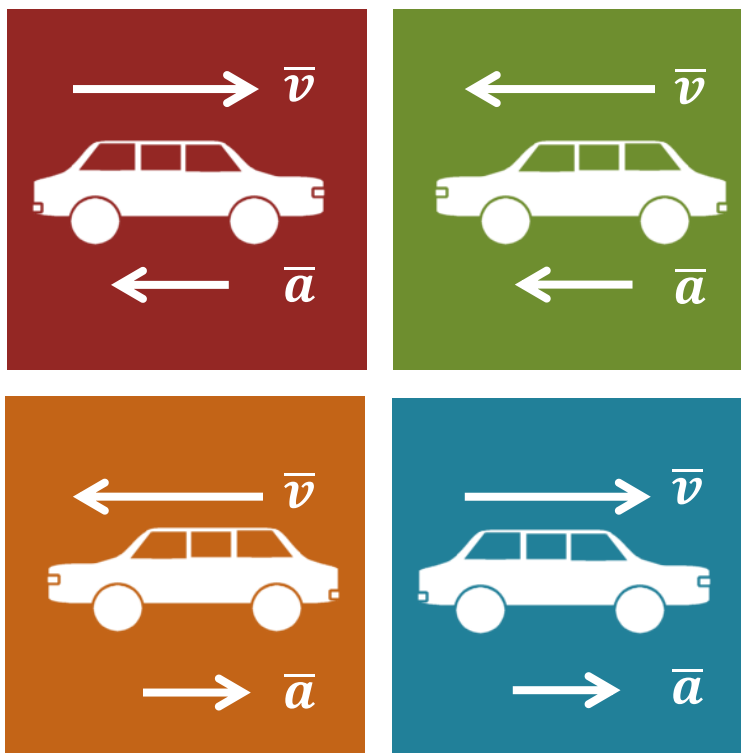
La dirección de la aceleración será la misma que la de la velocidad y el desplazamiento cuando el cuerpo se mueva a lo largo de una trayectoria recta. Si el cuerpo se está acelerando (aumentando su rapidez), la aceleración tendrá el mismo sentido que la velocidad. Si el cuerpo se está frenando, los sentidos de ambos vectores serán opuestos.

En el caso particular de movimientos unidimensionales, los parámetros que caracterizan los movimientos pueden definirse como:

$$\begin{aligned}
 \vec{r} &= x\hat{i} \\
 \vec{v} &= v_x\hat{i} \\
 \vec{a} &= a_x\hat{i}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

En este tipo de movimientos, la aceleración suele considerarse positiva o negativa, de acuerdo al sistema de referencia elegido. Por lo tanto, una aceleración positiva NO SIEMPRE significa que la velocidad del cuerpo vaya aumentando. De la misma manera, una aceleración negativa NO SIEMPRE significa que el cuerpo se esté frenando.

Para comprobar si han comprendido lo explicado anteriormente, sugerimos indicar si los móviles se están frenando o acelerando.



**Figura 2.** ¿El auto acelera o frena?

Los movimientos acelerados más sencillos son los movimientos rectilíneos con **aceleración constante**, es decir, movimientos donde la tasa de cambio de la velocidad es constante con el tiempo y la aceleración tiene el mismo valor  $a$  para cualquier tiempo  $t$  del recorrido. Para este tipo de movimientos, se deducen las ecuaciones horarias:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (t - t_0)^2 \quad (7)$$

$$v(t) = v_0 + a \cdot (t - t_0) \quad (8)$$

$x_0$  y  $v_0$  son, respectivamente, la posición y la velocidad iniciales (tiempo  $t = t_0$ )<sup>3</sup>.

Cuando un cuerpo se mueve en una línea recta con una rapidez creciente (cada vez más rápido), se dice que el cuerpo describe un **Movimiento Uniformemente Acelerado (MRUA)**. Esto ocurre porque los vectores velocidad y aceleración tienen el mismo sentido (y obviamente la misma

<sup>3</sup> Pueden encontrar la deducción de las ecuaciones horarias en sus libros de texto.

dirección, porque el movimiento es rectilíneo). El cuerpo describe distancias cada vez mayores en intervalos de tiempo iguales y la velocidad aumenta proporcionalmente con el tiempo. Si, por el contrario, la aceleración tiene sentido opuesto a la velocidad el móvil se frena; es decir, describe un **Movimiento Uniformemente Retardado o Desacelerado (MRUR)**. De acuerdo a la ecuación (7), la trayectoria descrita será una parábola cuya convexidad o concavidad dependerá del coeficiente principal ( $a/2$ ). Más adelante volveremos a este análisis con mayor detalle.

Finalmente, cuando la aceleración es nula, la partícula se mueve con velocidad constante. Es decir, su vector velocidad tiene la misma rapidez, dirección y sentido durante todo el recorrido. De esta forma, la partícula recorre *distancias iguales en tiempos iguales*. Este tipo de movimientos se conocen como **Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)**. Las ecuaciones horarias para el caso particular en el que  $a = 0$  son:

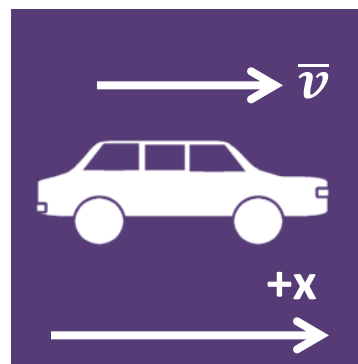
$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot (t - t_0) \quad (9)$$

$$v(t) = v_0 \quad (10)$$

En la Figura 3 se observan las gráficas de posición, velocidad y aceleración respecto del tiempo para los MRUA, MRU y MRUR. Para entenderlas, debemos recordar las definiciones dadas por las ecuaciones (2) y (5), según las cuales la velocidad es la derivada de la posición respecto del tiempo y la aceleración es la derivada de la velocidad respecto del tiempo. De hecho, aunque no han sido demostradas, las ecuaciones horarias (7) y (8) surgen de esas definiciones. Notar que la ecuación (8) (recta) no es nada menos que la derivada de (7) (cuadrática) respecto del tiempo. Si derivamos la ecuación de la velocidad (8), obtendremos  $a(t) = a = \text{cte}$ .

Analicemos primero las Figuras 3 (a), (b) y (c). Para construirlas, primero definimos un eje de referencias que en este caso sería como el del esquema.

Es decir, el móvil se mueve con una trayectoria creciente respecto al eje  $x$  positivo. Esto implicará que el valor de la aceleración constante será positivo para el MRUA y negativo para el MRUR.



De esta forma, tal como se observa en la Figura 3 (a), si el móvil se mueve con MRUA la parábola tendrá coeficiente principal positivo y si describe un MRUR su coeficiente principal será negativo. Si se trata de un MRU, el gráfico de la posición será una recta de pendiente positiva, de acuerdo con la ecuación (9).

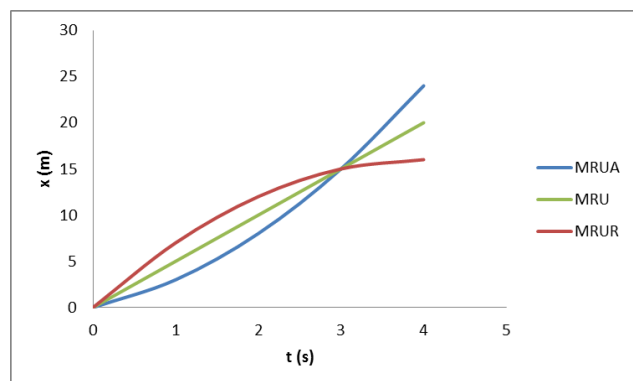
En la Figura 3 (b) se observan las gráficas de velocidad para los tres movimientos. Tal como vimos en la ecuación (10), la velocidad será constante para el MRU. Dado que el móvil se mueve a lo largo del eje positivo de las  $x$ , el valor de velocidad será positivo y constante. En el caso del MRUA, la velocidad será una recta de pendiente ( $a$ ) positiva, de acuerdo con la ecuación (8). Análogamente,  $a$  será negativa para el MRUR.



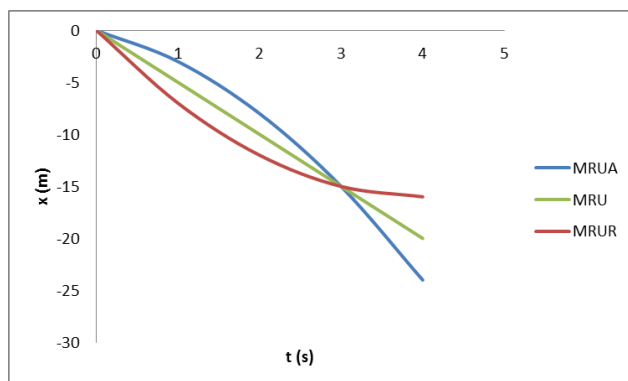
Finalmente, la Figura 3 (c) muestra las gráficas de aceleración en función del tiempo. Dado que los tres casos son movimientos con aceleración constante, en todos ellos la aceleración es una recta constante (pendiente = 0): positiva para MRUA, negativa para MRUR y cero para MRU.

**¡ATENCIÓN!** Es muy importante tener en claro cómo se grafican estas funciones matemáticas y qué relación guardan entre ellas. No olviden el significado físico que tienen los parámetros que se están graficando. NO perder de vista que la partícula se mueve EN LÍNEA RECTA en todos los casos analizados, independiente de cómo sea el gráfico de la posición en función del tiempo.

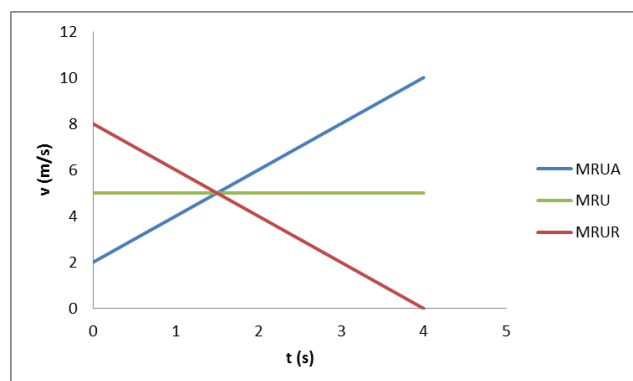
Las Figuras 3 (d), (e) y (f) corresponden al caso en que el móvil se mueve en sentido contrario al eje. Analicen las nuevas gráficas obtenidas. Es importante notar que la aceleración puede tomar valores negativos y el móvil puede estar describiendo un MRUA y viceversa ( $a > 0$  para MRUR). ¿Se animan a relacionar las gráficas de la Figura 3 con los esquemas de la Figura 2?



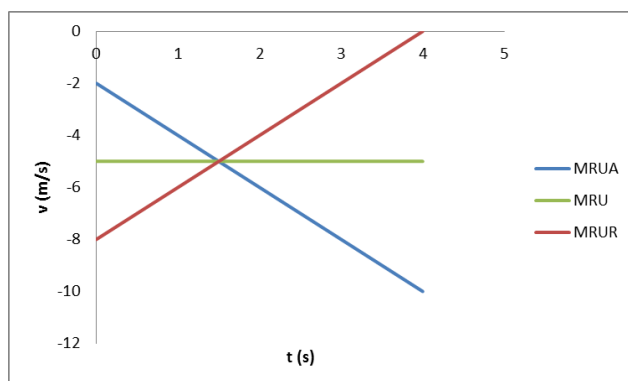
(a)



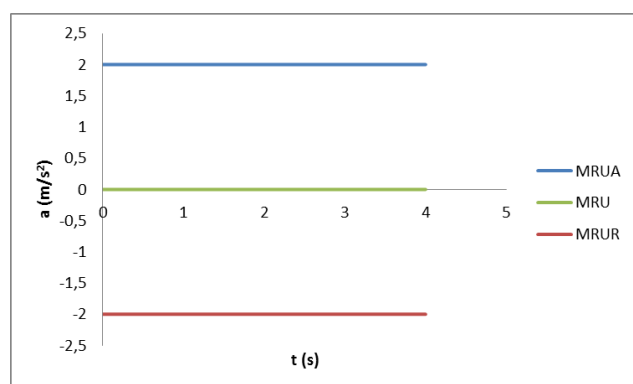
(d)



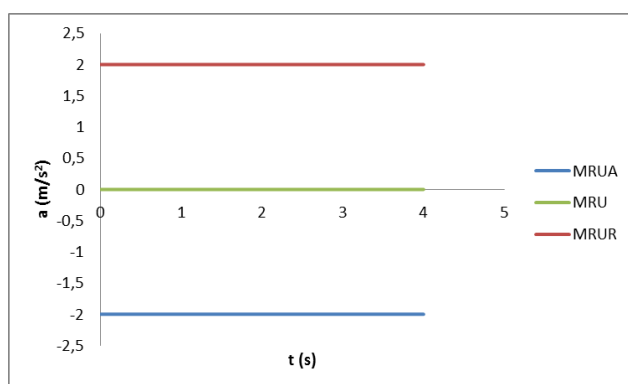
(b)



(e)



(c)



(f)

**Figura 3.** Gráficas de posición, velocidad y aceleración para MRU, MRUA, MRUR con dos sistemas de referencia: En (a), (b) y (c) el eje  $x$  se definió con el mismo sentido que el movimiento del cuerpo y en (d), (e) y (f) con sentido contrario.





## [bibliografía] ¡Los libros no muerden!

Sears, F., Zemansky, M., *Física Universitaria*, Addison Wesley Longman, México, 1999.

Alonso, M. y Finn, E., *Física. Volumen I: Mecánica*, Fondo Educativo Interamericano S.A., México, 1976.

Gartenhaus, S. *Física I. Mecánica*, Interamericana, México, 1977.

## Para repasar...

Amrita University. One dimensional motion. [https://www.youtube.com/watch?v=X6\\_wXmjxUdM](https://www.youtube.com/watch?v=X6_wXmjxUdM)