TÍTULO: *Movimiento Rectilíneo*

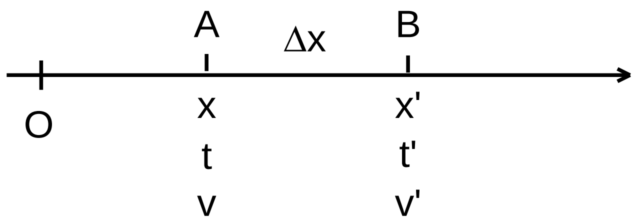
OBJETIVOS:

- La **Cinemática** es la parte de la Física que se ocupa de la descripción de los movimientos sin atender a las causas que lo producen.
- Una partícula realiza un **movimiento rectilíneo** cuando la trayectoria descrita en su movimiento es un línea recta.

DESARROLLO CONCEPTUAL

Sistema de referencia, es un punto o un conjunto de puntos respecto al cual el observador describe el movimiento. Así, por ejemplo cuando un tren pasa por una estación el tren se encuentra en movimiento respecto a la estación, pero un pasajero situado en el tren puede pensar que la estación se encuentra en movimiento en el sentido contrario.

La trayectoria de un movimiento rectilíneo es una línea recta. En la figura adjunta, el eje *OX* coincide con la trayectoria de la partícula.



La posición de la partícula en un instante determinado es descrita mediante la abscisa sobre este eje y el **desplazamiento** (función del tiempo) es la distancia recorrida desde un punto *O* arbitrario tomado como origen. Si en el instante t_1 la partícula se encuentra en *A*, $OA = x_1$, y en un instante posterior t_2 se encuentra en *B*, $OB = x_2$, podemos decir que $\Delta x = x_2 - x_1$ es el desplazamiento de la partícula, y $\Delta t = t_2 - t_1$ es el tiempo transcurrido.

Llamamos velocidad media al desplazamiento medio por unidad de tiempo. La velocidad media entre *A* y *B* se puede expresar así.

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Ejemplo: Conducimos un coche durante 200 km empleando un tiempo de 5 horas. Entonces la velocidad media será

$$v_m = \frac{200}{5} = 40 km.h^{-1}$$

pero no nos indica nada acerca de los detalles del viaje, pues podemos haber conducido constantemente a 40 km.h-1 durante las 5 horas del viaje o más deprisa durante parte del tiempo y más despacio el resto del viaje. Incluso, podemos haber parado durante una hora y continuar, en régimen variable, durante las restantes 4 horas.

La **velocidad instantánea *v*** (en adelante la llamaremos **velocidad** se define como:

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} v_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

La velocidad se encuentra observando al cuerpo en movimiento en dos posiciones muy cercanas separadas por una pequeña distancia *dx* y midiendo el intervalo de tiempo *dt* preciso para ir de una posición a otra.

El signo de la velocidad en el movimiento rectilíneo indica la dirección del mismo, así si la velocidad es positiva la dirección del movimiento es *+OX*, mientras que cuando la velocidad es negativa su dirección es *–OX*.

No se debe confundir la *distancia recorrida* con el *desplazamiento*: Entre la ciudad *A* y la ciudad *B* existe una distancia de *200 km* . Para ir de *A* a *B* visitamos, primero, la ciudad *C* que se encuentra a *150 km* de *A* y 100 km de *B*, para luego llegar a *B*. La distancia recorrida es de *350 km* mientras que el desplazamiento entre las ciudades *A* y *B* es de *200 km*.

Ejemplo.- Una partícula se mueve a lo largo del eje *X* de manera que su posición en un instante cualquiera *t* viene expresada por la ecuación: $x = 1 + 5t^2$ [donde *x* y *t* , se expresan respectivamente, en *m* y *s*]. Calcular la velocidad media en el intervalo de tiempo transcurrido entre $t_1 = 2\ s$ y $t_2 = 4\ s$, así como la velocidad a los *2 s*.

La velocidad media es $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ siendo Δx = 81 –21 = 60 m y Δt = 4 – 2 = 2 s, luego

$$v_m = \frac{60}{2} = 30\, m/s$$

Para averiguar la velocidad a los 2 s , basta con derivar la expresión dada y, luego, particularizar para t = 2s,

$$v = \frac{dx}{dt} = 10t \Rightarrow v = 10.2 = 20 m.s^{-1}$$

Cuando la velocidad es constante se trata de un **movimiento uniforme**. Si la trayectoria es rectilínea es un **movimiento rectilíneo uniforme**.

Si la velocidad no permanece constante, podemos definir una nueva magnitud cinemática que tiene en cuenta esta situación. Cuando la partícula se encuentra en *A* posee una velocidad v_1 en el instante t_1 y en el instante t_2 se encuentra en *B* con una velocidad v_2, se define la **aceleración media** entre los puntos *A* y *B* de la siguiente manera

$$a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

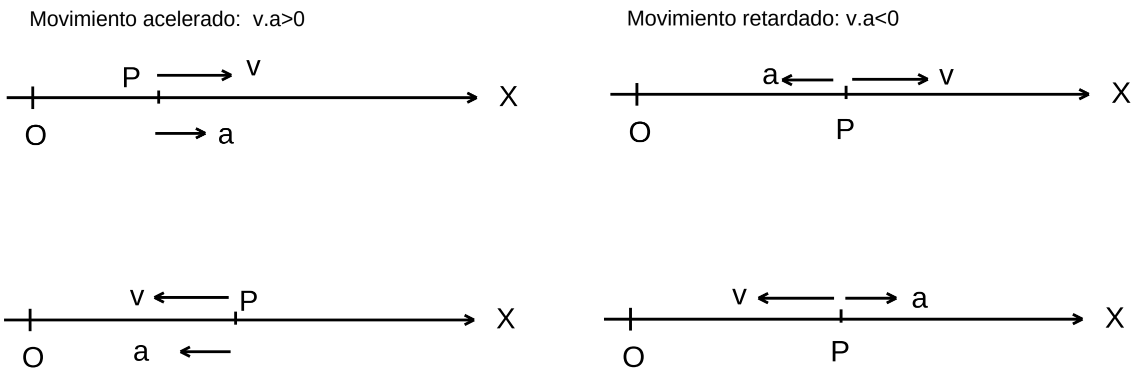
donde, Δv es el cambio o variación de la velocidad y Δt es el tiempo transcurrido, por tanto, la aceleración media en un cierto intervalo de tiempo es el cambio de la velocidad por unidad de tiempo durante este intervalo de tiempo.

Mediante un razonamiento matemático semejante al utilizado para definir la velocidad se puede definir la **aceleración instantánea a** (en adelante **aceleración**),

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} a_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{dv}{dt}$$

La aceleración representa el pequeño cambio de la velocidad dv que sucede en un intervalo de tiempo muy pequeño.

Representación gráfica.-En un movimiento rectilíneo la velocidad es un vector de módulo dado por la expresión $v = \dfrac{dx}{dt}$ y su dirección coincide con la del movimiento. El módulo del vector de aceleración se expresa por $a = \dfrac{dv}{dt}$ y su dirección coincide con OX si la aceleración es positiva y, en dirección opuesta, en el caso de que sea negativa. En la figura siguiente representamos esta situación tanto si se trata de un movimiento rectilíneo acelerado como en el retardado**.**



Tanto la velocidad como la aceleración son magnitudes vectoriales aunque en la exposición realizada no hemos hecho referencia alguna al estudiar el movimiento rectilíneo pues la sencillez de este tipo de movimiento, es suficiente recurrir a la primera componente del vector (de las tres componentes de un vector en el espacio, la segunda y la tercera son nulas) y, por tanto, se pueden expresar como escalares.

En el movimiento rectilíneo sólo una de las componentes de los vectores (por ejemplo la OX) es no nula. Esto permite escribir las magnitudes asociadas a este problema (velocidad, aceleración, …) como escalares. Un tratamiento más riguroso se puede hacer definiendo un vector unitario ***u*** que apunta en la dirección positiva del eje OX y que permite expresar la velocidad y la aceleración como:

De todas maneras es sencillo considerar, en este caso, escribir las magnitudes cinemáticas utilizadas en forma vectorial sin más que definir un vector unitario ***u*** en la dirección positiva del eje *X (OX*). Así, resulta

$$\mathbf{v} = \mathbf{u}v = \mathbf{u}\frac{dx}{dt} \therefore \mathbf{a} = \mathbf{x}\frac{dv}{dt}$$

Los vectores ***v*** y ***a*** estarán dirigidos en la dirección del vector ***u*** o en la dirección opuesta al vector y el movimiento. En el caso de que ***a*** apunte en la dirección de avance del cuerpo el movimiento éste aumentará su velocidad, en el caso de que ***a*** apunte en dirección opuesta, la velocidad del cuerpo disminuya.

Resumen

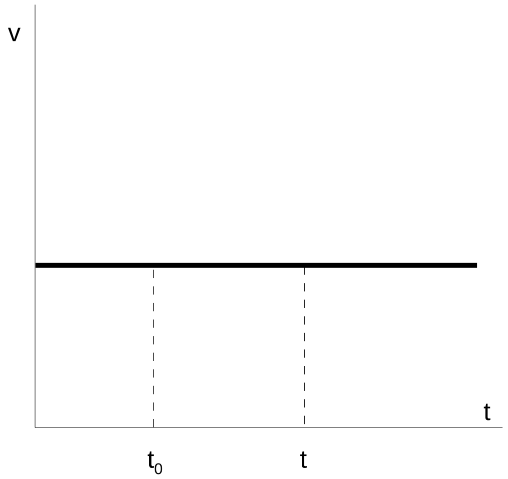
<u>Movimiento rectilíneo uniforme (MRU).-</u>

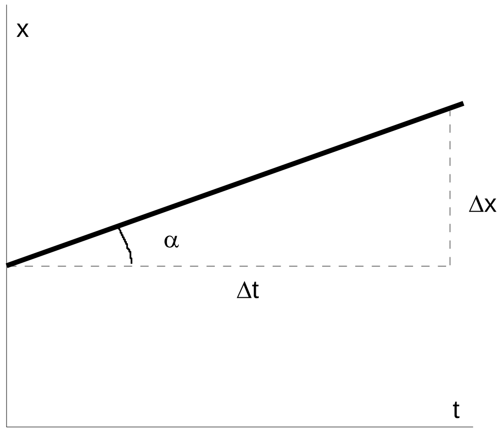
*La partícula se desplaza siguiendo una **trayectoria rectilínea** con una **velocidad constante**, por tanto, su aceleración es nula, **a = 0**.*

Velocidad: $v = v + \int_{t_1}^{t_2} adt \rightarrow v = v_0 = cte$

Posición: $x = x_0 + \int_{t_1}^{t_2} vdt \rightarrow x = x_0 + v(t_2 - t_1)$

Representación gráfica:





Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA).-

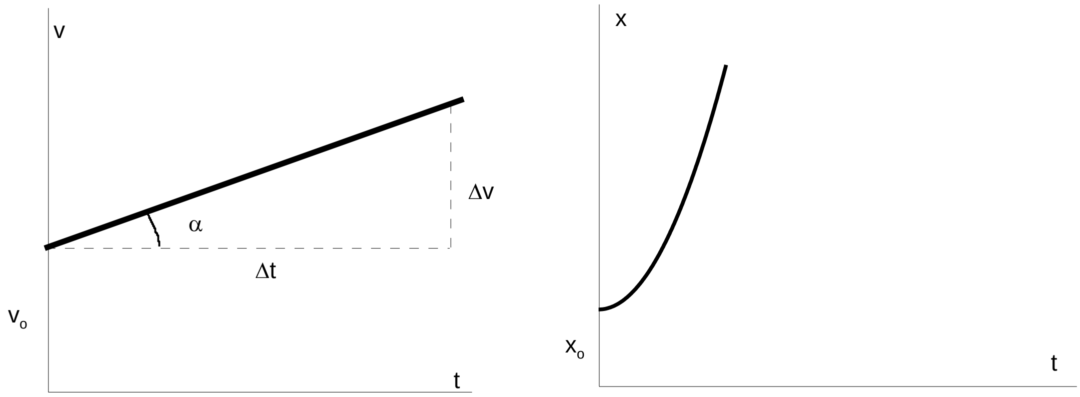
*La partícula describe al desplazarse una **trayectoria rectilínea** manteniendo la **aceleración constante, a = cte.***

Velocidad: $v = v_0 + \int_{t_1}^{t_2} adt \Rightarrow v = v_0 + a(t - t_0)$

Posición: $x = x_0 + \int_{t_1}^{t_2} vdt = x_0 + \int \left[v_0 + a(t_2 - t_1)\right]dt$

$$x = x_0 + v_0(t_2 - t_1) + \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2$$

Representación gráfica:



<u>Movimiento vertical de los cuerpos.-</u>

En la naturaleza existen gran variedad de movimientos acelerados pero, tal vez, los que tengan mayor interés son los que se realizan en las proximidades de la superficie terrestre y se encuentra sometido a una aceleración debida al campo gravitatorio que es constante a pequeñas alturas respecto al radio de la Tierra. A esta aceleración se representa por **g** , es independiente de la masa del cuerpo y su valor constantes es **g = 9,8 m.s^{-2}.**

Algunos ejemplos de movimiento rectilíneo con aceleración constante g son los denominados el de caída libre y el de lanzamiento vertical tanto hacia arriba como hacia abajo. Todos ellos son MRUA en los que ***a* = -*g*** (la aceleración ***g*** actúa en una dirección vertical dirigida hacia abajo). Por tanto, las ecuaciones que debemos utilizar toman la siguiente forma para la posición y la velocidad:

$$y = y_0 + v_0 (t - t_0) - \frac{1}{2} g (t - t_0)^2$$
$$v = v_0 - g (t - t_0)$$

En el movimiento de caída la velocidad inicial es nula $v_0 = 0$ (el objeto que cae se suelta sin velocidad), mientras que en el lanzamiento vertical la velocidad inicial es diferente de cero tanto si se trata de un lanzamiento hacia arriba o hacia abajo siendo, respectivamente, del mismo signo que *g* o de signo distinto.

EJEMPLO

Un automóvil circula por una carretera rectilínea. Parte del reposo con una aceleración de *2 m.s^{-2}* que mantiene durante un tiempo de *10 s* y, a continuación, sigue en su movimiento con una velocidad constante durante *30 s*. Determinar la distancia total recorrida por este automóvil.

Resolución.-
En el recorrido de este automóvil se pueden diferenciar claramente dos etapas. En primer lugar, realiza un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado para, en una segunda etapa, seguir un movimiento rectilíneo uniforme. Esta situación se puede representar utilizando el eje horizontal *OX*. En el punto *O* , por ejemplo, se

inicia el movimiento del automóvil, siendo las condiciones iniciales del movimiento $x_0 = 0$, $v_0 = 0$, $t_0 = 0$ y se desplaza con una aceleración constante $a = 2\ m.s^{-2}$ hasta alcanzar otro punto, el punto *A*, caracterizado por una abscisa x_1, siendo el intervalo de tiempo transcurrido $t_1 - t_0 = 10\ s$. En ese momento inicia un movimiento con velocidad constante hasta alcanzar el punto *B* de abscisa x_2, empleando en este recorrido *30 s.*

Averiguamos, en primer lugar, la posición y la velocidad de la primera parte del movimiento MRUA:

$$x_1 = x_0 + v_0(t_1 - t_0) + \frac{1}{2}a(t_1 - t_0)^2 .$$

Sustituyendo los datos facilitados en el enunciado, procurando que todos se encuentren expresados en el mismo sistema de unidades SI, tenemos:

$$x_1 = \frac{1}{2}.2.10^2 = 100m .$$

Análogamente, la velocidad es

La segunda parte del movimiento es MRU, se inicia con una velocidad $v_1 = 20\ m.s^{-1}$. La posición al final de este movimiento nos proporciona la distancia total recorrida que nos pedían:

$$x_2 = x_1 + v_1(t_2 - t_1) = 100 + 20.30 = 700m$$

EJERCICIO DE AUTOCOMPROBACIÓN

Un automóvil y un camión parten en el mismo momento, inicialmente el coche se encuentra a una cierta distancia del camión. Suponiendo que el coche tiene una aceleración de $3\ m.s^{-2}$ y la del camión es de $2\ m.s^{-2}$ y que el coche alcanza al camión, este último ha recorrido 60 m. Averiguar: a) la distancia inicial entre ambos, b) la velocidad de cada uno de los vehículos en el momento del encuentro.

RESULTADO.-

a) $$x_c = \frac{1}{2}a_c t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2x_c}{a_c}} = \sqrt{\frac{2.60}{2}} = 2\sqrt{15}s$$

$$x_a = \frac{1}{2}a_a t^2 = \frac{1}{2}a_a t^2 = \frac{1}{2}3.60 = 90m \rightarrow d = x_a - x_c = 30m$$

b) $v_a = a_a.t = 6.\sqrt{15}m.s^{-1} \therefore v_c = a_c.t = 4\sqrt{15}m.s^{-1}$

REFERENCIAS:

- Tipler,O.P., *Física Universitaria* (2 vol), Barcelona: Reverté, 1987
- Cromer, A., *Física en la Ciencia y en la Industria*, Barcelona: Reverté, 1998
- Alonso- Finn, *Física*, México: Person-Educación, 1995

AUTOR:

- **JOAQUÍN SUMMERS GÁMEZ**