Ingreso 2019

Física

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

itu
INSTITUTO TECNOLÓGICO
UNIVERSITARIO

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

itu
INSTITUTO TECNOLÓGICO
UNIVERSITARIO

Autoridades de la UNCuyo
Rector
Ing. Agr. Daniel Ricardo Pizzi

Vicerrector
Dr. Prof. Jorge Horacio Barón

Secretaria Académica
Dra. Ing. María Dolores Lettelier

Autoridades del ITU
Director General
Cdor. Pedro Suso

Secretaria de Extensión y Relaciones Institucionales
Lic. Adriana Defacci

Secretario de Administración y Finanzas
Cdor. Pedro Suso

Responsable del Área de Gestión Pedagógico-Didáctica
Lic. Prof. Eleonora Valdivieso

Directores y coordinadores
Área de Tecnologías de la Producción
Ing. Jorge García Guibout

Mendoza
Ing. Jorge García Guibout

Ing. Gloria Tutera
Ing. Alejandro Fernández
Lic. Rosa Villegas
Ing. Fernando Castro
Ing. Nelson Mocayar

Luján de Cuyo
Lic. Gabriela Biondolillo

Rivadavia
Lic. Guillermo Barta

San Martín
Lic. Eduardo Ferrer

General Alvear
Lic. Romina Pietrelli

San Rafael
Pspg. Susana Semenzato

Tunuyán
Cdor. Oscar Niemetz

Coordinación de ingreso 2019
Esp. Marianela Aveni Metz

Equipo de producción de materiales de Matemática
Coordinadora: Prof. Cecilia Faccendini
Prof. Silvina Lloret

Diseño versión impresa y aula virtual
D.G. Noelia Díaz Puppato
D.G. Eduardo A. Lentini

Física

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

itu
INSTITUTO TECNOLÓGICO
UNIVERSITARIO

MÓDULO 1

Física

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

itu
INSTITUTO TECNOLÓGICO
UNIVERSITARIO

Índice

1.1. INTRODUCCIÓN

La **Cinemática** es la parte de la Mecánica dedicada al estudio de los movimientos de los cuerpos, independientemente de sus características intrínsecas y de las causas que los producen.

Los conceptos y relaciones que la Cinemática enseña, deben comprenderse bien antes de intentar estudiar el movimiento de los cuerpos **por la acción de fuerzas**, puede considerarse a esta rama como una "introducción a la Dinámica".

Pero en otras áreas, como el estudio de la transmisión de movimientos en los diversos mecanismos, por ejemplo, los métodos de la Cinemática tienen, por sí mismos, extraordinaria importancia práctica.

Ello explica el auge de la Cinemática en la primera mitad del siglo XIX, como eficaz ayuda para la naciente industria de fabricación de maquinaria.

1. 2. ESTUDIO DEL MOVIMIENTO

Tal como se entiende en el lenguaje corriente, un cuerpo **está en movimiento** cuando en parte, o su totalidad, **cambia de posición** a medida que transcurre el tiempo.

Ese "cambio de posición" es el que efectúa con respecto a otro cuerpo o conjunto de cuerpos que, consciente o inconscientemente, se toman como **"cuerpos o sistemas de referencia".**

En nuestra vida diaria tal función la cumplen las construcciones, los árboles y demás objetos afirmados en la Tierra, o bien las paredes de un vehículo en el que nos encontremos.

Formalmente y para su utilización en Mecánica, el cuerpo o sistema de referencia se idealiza en la forma de "un sistema de coordenadas": cartesianas ortogonales, polares, esféricas, etc.

Respecto del primer sistema, que es el más utilizado, un punto **P** de un cuerpo se ubica como lo indica la figura 1:

a) en el espacio; b) en el plano ; c) sobre la línea recta.

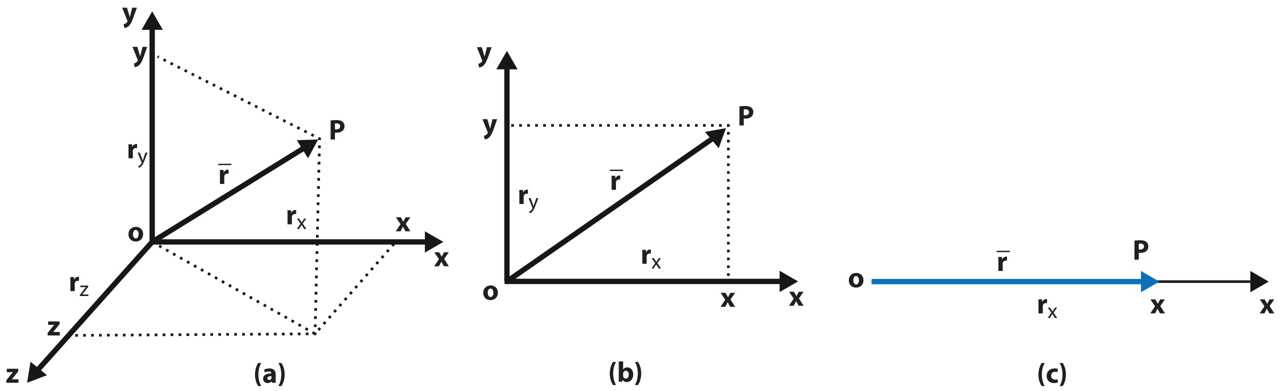


Figura 1

Siempre mediante el vector posición $\vec{r}$, con proyecciones:

$$\left.\begin{array}{l} r_x = x \\ r_y = y \\ r_z = z \end{array}\right\} \text{en a)} \quad ; \quad \left.\begin{array}{l} r_x = x \\ r_y = y \end{array}\right\} \text{en b)} \quad ; \quad r_x = x \quad \text{en c)}$$

Para ubicar al cuerpo en su totalidad deberíamos dar la posición de cada uno de sus puntos, lo que resulta muy complicado. Por eso y, para simplificar su estudio, en el desarrollo de este tema nos limitaremos a analizar el movimiento de una PARTÍCULA.

Definiremos prácticamente como tal, a un cuerpo cuyas dimensiones propias **pueden ser despreciadas** con relación a la distancia desde la que lo observamos.

Así, la cabeza de un alfiler actúa como partícula si la examinamos desde algunas decenas de centímetros y, pese a su enorme tamaño, cualquier estrella del cielo nocturno se comporta como una partícula cuando se la observa desde la Tierra.

En consecuencia:

> La posición de una **PARTÍCULA** queda determinada por un único vector posición.

Si la partícula se mueve, su vector posición cambiará a medida que transcurra el tiempo, de manera que:

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad \text{o bien} \quad \left.\begin{array}{l} rx = x = x(t) \end{array}\right\} \begin{array}{l} ry = y = y(t) \\ rz = z = z(t) \end{array}$$

es decir: el vector   o sus proyecciones, serán funciones del tiempo.

La curva continua, lugar geométrico de las sucesivas posiciones ocupadas por la partícula con el transcurso del tiempo, se denomina TRAYECTORIA y la más sencilla es la línea recta.

Consideremos una trayectoria espacial cualquiera como muestra la figura 2:

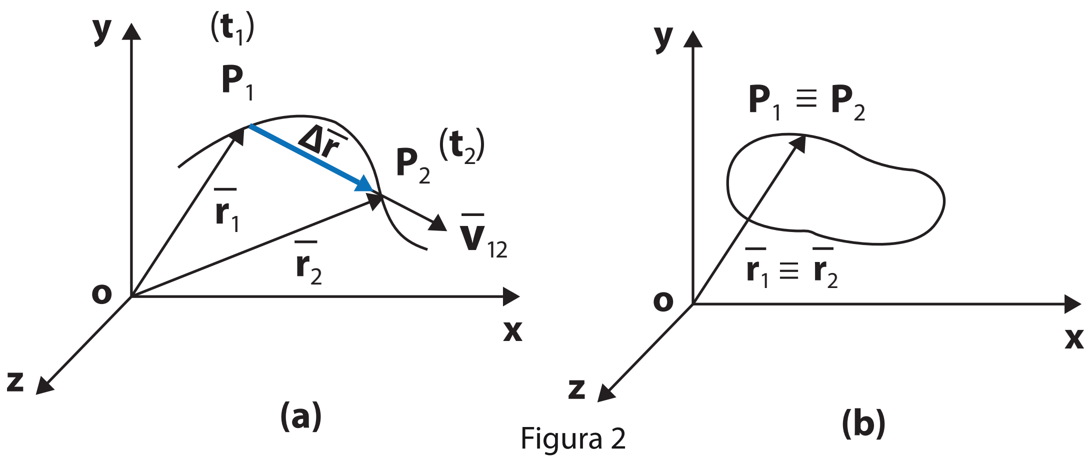


Figura 2

Si en un instante t_1 la partícula ocupa la posición P_1, dada por el vector $\vec{r}_1$ y en otro posterior t_2 la posición P_2, dada por el vector $\vec{r}_2$, decimos que la partícula ha experimentado un DESPLAZAMIENTO $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$

En una trayectoria cerrada (figura 2-b), donde la posición final P_2 coincide con la posición inicial P_1, $\vec{r}_1 \equiv \vec{r}_2$ y el vector DESPLAZAMIENTO es NULO.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = 0$$

Por más que la **longitud** de la **trayectoria recorrida** tenga un valor finito no nulo. Prestemos atención y no confundamos, entonces, DESPLAZAMIENTO con LONGITUD DE TRAYECTORIA o "camino recorrido".

Resumimos conceptos vistos hasta ahora:

• **Sistema de referencia:** se construye estableciendo un origen y ejes rectos o curvos que pueden ser uno, dos o tres según sea necesario. Cada una de las longitudes utilizadas para dar la posición de un punto del cuerpo se denomina **"coordenada de posición".**

• **Posición de un cuerpo:** al punto donde está ubicado el cuerpo que se mueve en un determinado instante respecto de un "sistema de referencia".

• **Coordenada de posición** de un cuerpo sobre una línea recta, en la cual se ha elegido "el cero" como punto de referencia, está determinada por la coordenada "x" del punto donde se encuentra.

La coordenada de posición puede ser positiva o negativa, dependiendo si está a la derecha o a la izquierda del cero, respectivamente.

*En esta introducción solo consideraremos los **movimientos unidimensionales**, si bien para aclarar algunos conceptos recurriremos a los bidimensionales.*

Para los movimientos horizontales tomaremos el eje X y para los verticales el eje Y.

Vector posición: es el vector que se traza desde el origen hasta la coordenada que marca la posición del cuerpo.

Veamos el siguiente ejemplo:

El auto se encuentra a 10 km a la derecha de su casa

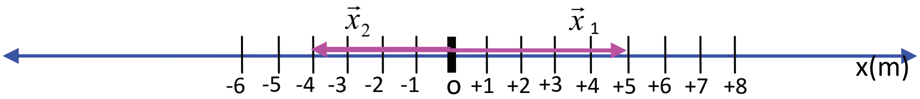
Casa ——————————————————→ auto

Supongamos ahora que el auto se encuentra a 10 km de la casa a las 14:00 h., a esto lo llamaremos **instante de tiempo**, es el momento en el que el auto se encuentra en esa posición. Si a las 14:10 h. se encuentra en su casa, podemos decir que transcurrieron 10 minutos desde que el automóvil estaba en su posición inicial, 10 km, hasta su posición final, 0 km, hasta la casa.

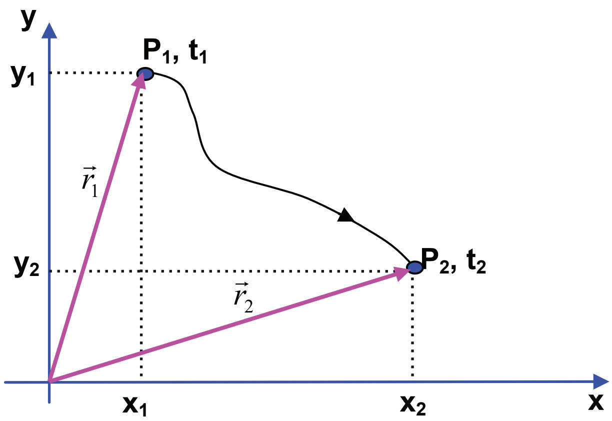
Al tiempo transcurrido entre dos instantes se simboliza con **Δt**, donde **Δ** es la letra griega delta y simboliza "la variación de la magnitud que acompaña".

Aplicación:

Ejemplo 1: Si tenemos dos posiciones $\vec{x}_1 = 5\text{m}$ y $\vec{x}_2 = \text{-4m}$



Ejemplo 2: En el plano bidimensional



RECUERDA

Un vector es un segmento orientado. Posee:

• *Intensidad:* representa las veces que incluye a la unidad. Esta indicado por la extensión del vector.

• *Dirección:* está indicada por la recta que sostiene al vector.

• *Sentido:* es hacia donde se dirige. Representado por la flecha.

Observa la siguiente imagen:

Representa el circuito de las bodegas. Si se sale de un punto del circuito para llegar a otro se puede ir por dos caminos en ese caso la distancia recorrida no es la misma. Pero el desplazamiento es el mismo y está indicado por la flecha.

Destacamos dos conceptos importantes aquí:

- *Trayectoria:* es el camino recorrido por un cuerpo al moverse, es decir, es el conjunto de puntos del espacio que va ocupando sucesivamente a medida que transcurre el tiempo.

- *Desplazamiento:* cuando un objeto cambia de posición desde un punto x_1 al punto x_2. Se lo designa como "vector desplazamiento" que tiene origen en x_1 y extremo en x_2.

El desplazamiento lo calculamos a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta\vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$$

Se lee: el vector desplazamiento es igual a la diferencia entre la posición final y la posición inicial del objeto.

(El símbolo Δ es la letra griega "delta" que siempre indica variación de la magnitud que la acompaña)

$\vec{x}_f$ = posición final del objeto
$\vec{x}_i$ = posición inicial del objeto

Esta definición evidencia que el desplazamiento es positivo si la posición final es mayor que la posición inicial. Cuando trabajamos con movimientos en una dimensión, un cuerpo se puede desplazar solamente en dos sentidos y se diferencian por los signos + (más) y - (menos).

Es de destacar que el desplazamiento es una **magnitud vectorial** cuyo origen es la posición inicial y el extremo es la posición final.

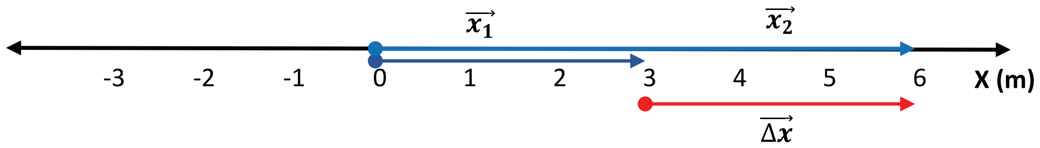
Veamos los siguientes ejemplos:

a) Calcular el desplazamiento de un cuerpo que pasa de la posición x_1 = 3m a la posición x_2= 6m.

b) Ídem para cuando el cuerpo pasa de la posición x_1= 7cm a la posición x_2=-3cm

Ejemplo 3

Gráficamente $\overrightarrow{x_1} = 3\ m$ $\overrightarrow{x_2} = 6\ m$

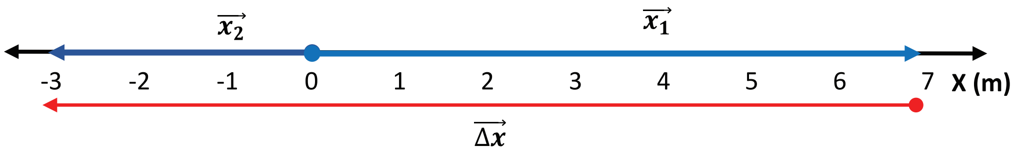


Analíticamente

$$\overrightarrow{\Delta x} = \overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1} = \mathbf{6\ m - 3\ m = 3\ m}$$

Ejemplo 4

Gráficamente $\overrightarrow{x_1} = 7cm$ $\overrightarrow{x_2} = -3cm$



Analíticamente

$$\overrightarrow{\Delta x} = \overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1} = \mathbf{-3cm - 7\ cm = -10cm}$$

Longitud (o distancia) del camino recorrido por el móvil en la trayectoria.

Se denomina **distancia recorrida** o **longitud recorrida** por un móvil (en algunos textos aparece mal llamado como espacio recorrido), a la medida de la trayectoria.
Lo indicaremos como **"longt"**, es una **magnitud escalar** y es siempre positiva.

1.3. MAGNITUD

Una magnitud es escalar cuando queda perfectamente definida por la cantidad y su unidad de medida.

Veamos el siguiente ejemplo de aplicación:

Entre tres posiciones diferentes, el desplazamiento total se puede calcular de las siguientes formas:

Siendo $\overrightarrow{x_1} = 5m$ $\overrightarrow{x_2} = -4m$ $\overrightarrow{x_3} = 3m$

$\Delta X_{total} = \overrightarrow{x_f} - \overrightarrow{x_i}$ Long$_{total}$ $= |\Delta X_{total}|$

Ó También como:

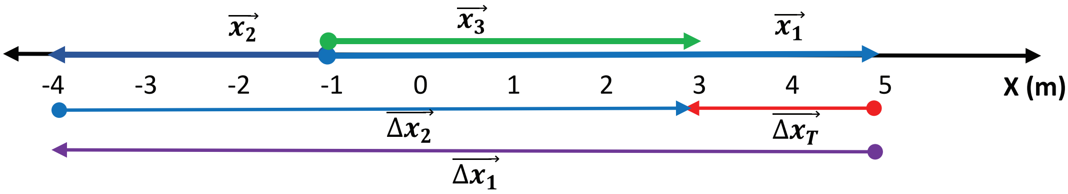
$\Delta X_1 = \overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}$ $\Delta X_{total} = \Delta X_1 + \Delta X_2$

$\Delta X_2 = \overrightarrow{x_3} - \overrightarrow{x_2}$

Long$_{total}$ $= |\Delta X_1| + |\Delta X_2| =$

Ejemplo 5

$\overrightarrow{x_1} = 5\ m$ $\overrightarrow{x_2} = -4\ m$ $\overrightarrow{x_3} = 3\ m$



NOTA:

A) El desplazamiento total del cuerpo: se halla calculando la suma vectorial de los desplazamientos en cada intervalo o, también, simplemente hallando la diferencia entre la posición final y la inicial.

B) La longitud total recorrida: se calcula sumando los valores absolutos de los desplazamientos en cada intervalo.

En estas páginas hemos definido algunas ***magnitudes*** que usaremos con frecuencia en física, es importante hacer una diferencia entre ellas.

Magnitudes escalares: quedan perfectamente determinadas al señalarse la medida y la unidad correspondiente. Por ejemplo: 4 m; 2 l; 45 km; 60 seg.; etc.

Magnitudes vectoriales: necesitan, además del número y de la unidad, una dirección y un sentido. Por ejemplo: la fuerza, la velocidad, la aceleración, el desplazamiento, etc.

Para realizar las mediciones se necesita determinar un sistema de unidades. Las medidas poseen una cantidad y una unidad de medida que se fija en forma convencional. Existes tres sistemas de medida: Sistema MKS; sistema cgs y el sistema internacional SI que es el que utiliza la ciencia.
Las magnitudes que se determinan como fundamentales son la masa, la longitud y el tiempo. Las otras derivan de estas.

Sistemas	Magnitudes Fundamentales	Símbolos	Unidades	Símbolos
Cegesimal o c.g.s	Longitud Masa Tiempo	l m t	**C**entímetro **G**ramo **S**egundo	cm g s
M.K.S	Longitud Masa Tiempo	l m t	Metro **K**ilogramo **S**egundo	m kg s
S.I	Longitud Fuerza Tiempo	l f t	**M**etro **K**ilogramo-fuerza **s**egundo	m kgf s

EJERCITACIÓN

1. Dadas las siguientes posiciones:

a) Calcular gráfica y analíticamente el desplazamiento y la longt , en cada caso. Marcar con diferentes colores los vectores posición sobre el eje x.

a) x_1= 3cm ; x_2= 7 cm	e) x_1= 2m ; x_2=-5m ; x_3= -7m
b) x_1= 6 cm ; x_2= -2 cm	f) x_1= -3m ; x_2= -1m ; x_3= 4m
c) x_1= -8 cm ; x_2= -4 cm	g) x_1= 5m ; x_2=-3m ; x_3= 2m
d) x_1= -3 cm ; x_2= 5 cm	h) x_1= -4m ; x_2 = 2m ; x_3= -5m

2. Susana y Martín viven en la misma calle, pero la casa de Susana es al 150 y la de Martín es al 620. La numeración de la calle se realizó de sur a norte por lo tanto consideraremos este sentido como positivo. Un día quedaron en juntarse en un café que queda en la misma calle al 480, pero Martín pasó a buscar a Susana por su casa antes de ir al café. De acuerdo a esto contesta:

a- ¿Cuál de los dos realizó un desplazamiento total mayor?

b- ¿Qué signo tienen los desplazamientos de cada uno?

c- ¿Se puede afirmar que el desplazamiento de Susana es igual a la longitud de la trayectoria? Justifique.

d- ¿Cuál de los dos tiene una longitud de la trayectoria mayor? Determina sus valores.

e- Representa gráficamente la situación planteada.

1.4. CONCEPTOS DE VELOCIDAD MEDIA Y RAPIDEZ MEDIA

En la vida diaria utilizamos constantemente las palabras **velocidad y rapidez** como sinónimos, pero ¿qué significado le damos en física?

1.4.1. Velocidad media

Definimos como velocidad media de la partícula en el intervalo $\Delta t = t_2 - t_1$, al cociente entre el vector desplazamiento y el intervalo de tiempo:

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

En forma dimensional expresamos: $[V] = \frac{[L]}{[T]}$

Es evidente que al ser Δt un escalar positivo (siempre $t_2 > t_1$), la velocidad media se representa mediante un **vector con igual dirección y sentido que el desplazamiento** $\Delta\vec{x}$.

En el caso particular de una trayectoria cerrada y cuando la partícula vuelve a pasar por el punto de partida, la **velocidad media (vector) resulta** $\rightarrow \vec{V}_m = 0$

La velocidad media es una magnitud vectorial cuya dirección y sentido coincide con la dirección y sentido del desplazamiento.

1.4.2. Rapidez media

Cuando consideramos la **longitud recorrida** ($long_t$) por el móvil en lugar del desplazamiento respecto del intervalo de tiempo transcurrido, lo que obtenemos es la ***rapidez media***. Esta es una magnitud escalar.

$$r_m = \frac{long_t}{tiempo}$$

Y sus unidades:

$$\left[\vec{V}_m\right]_{SI} = \frac{m}{s} \qquad \left[\vec{V}_m\right]_{cgs} = \frac{cm}{s}$$

Otras muy frecuentes:

$$\left[\vec{V}_m\right] = \frac{km}{h}$$

1.4.3. Velocidad instantánea

Si consideramos el intervalo de tiempo cada vez más pequeño de tal forma que tienda a cero, estamos hablando de la velocidad que posee un cuerpo en un instante determinado de tiempo.

$$\vec{V}_{inst.} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

1.5. REDUCCIÓN DE UN SISTEMA DE UNIDADES A OTRO

a) Expresar $40\frac{km}{h}$ en $\frac{m}{s}$

Recordemos que : 1 km= 1000m 1 h=3600 seg

$$40\frac{km}{h}\times\frac{1000m}{1km}\times\frac{1h}{3600s}=11{,}11\frac{m}{s}$$

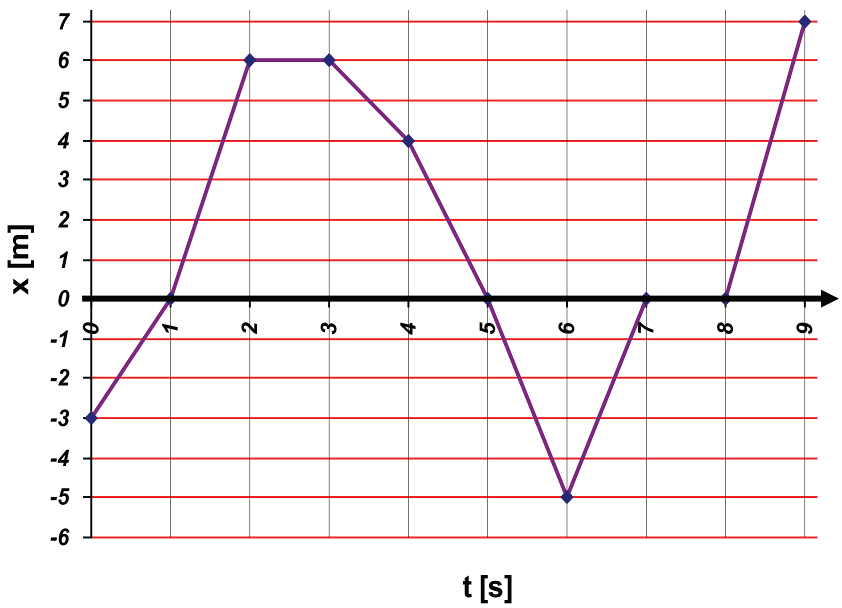
c) Expresar 50 $\frac{m}{\min}$ en

Recordemos que : 1 min= 60 s

$$50\frac{m}{\min}\times\frac{1\min}{60s}=0{,}8333..\frac{m}{s}$$

Ejemplo:

El siguiente gráfico ilustra la trayectoria de un móvil:



a) Calcula la velocidad media y la rapidez media de cada intervalo de 1 s.

b) Calcula la velocidad media y la rapidez media de todo el movimiento.

RESOLUCIÓN:

$$\vec{V}_m = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \qquad r_m = \frac{long_t}{tiempo}$$

Intervalo: $[0-1]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{0m - (-3m)}{1s} = 3\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 3\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[1-2]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{6m - 0m}{1s} = 6\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 6\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[2-3]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{6m - 6m}{1s} = 0\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 0\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[3-4]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{4m - 6m}{1s} = -2\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 2\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[4-5]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{0m - 4m}{1s} = -4\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 4\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[5-6]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{-5m - 0m}{1s} = -5\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 5\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[6-7]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{0m - (-5m)}{1s} = 5\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 5\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[7-8]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{0m - 0m}{1s} = 0\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 7\frac{m}{s}$$

Intervalo: $[8-9]s$

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}}{\Delta t} = \frac{7m - 0m}{1s} = 7\frac{m}{s} \qquad r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X|}{1s} = 7\frac{m}{s}$$

Para todo el intervalo total:

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{x_f} - \overrightarrow{x_i}}{\Delta t} = \frac{7m - (-3m)}{9s} = 1,\widehat{1}\,\frac{m}{s}$$

$$\boxed{\overrightarrow{V_m} = 1,\widehat{1}\,\frac{m}{s}}$$

$$r_m = \frac{lon_t}{\Delta t} = \frac{|\Delta X_{total}|}{9s} = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| + |\Delta x_4| + |\Delta x_5| + |\Delta x_6| + |\Delta x_7| + |\Delta x_8| + |\Delta x_9|}{9s}$$

$$r_m = \frac{3m + 6m + 0m + 2m + 4m + 5m + 5m + 0m + 7m}{9s} = \frac{32m}{9s} = 3,\widehat{5}\,\frac{m}{s}$$

$$\boxed{r_m = 3,\widehat{5}\,\frac{m}{s}}$$

EJERCITACIÓN

1. Un móvil sobre una carretera recta inicia su recorrido en la posición x_1=0 km en un tiempo t_1= 0h, alcanza la posición x_2= 200km y luego regresa a x_3= 150km, empleando para todo el recorrido un tiempo de 4h. Calcula la velocidad y la rapidez media de todo el intervalo.

2. Un atleta recorre la mitad de su trayectoria en 20 minutos y la segunda mitad en 30 minutos. Si el recorrido total es de 38 km. ¿Cuál es la rapidez media del atleta?

3. Un auto viaja de la ciudad A a la ciudad B separado 120 km, en 3 h y regresa en 4h. Calcula la velocidad y la rapidez media en todo el intervalo.

4. El siguiente gráfico ilustra la trayectoria de un móvil:

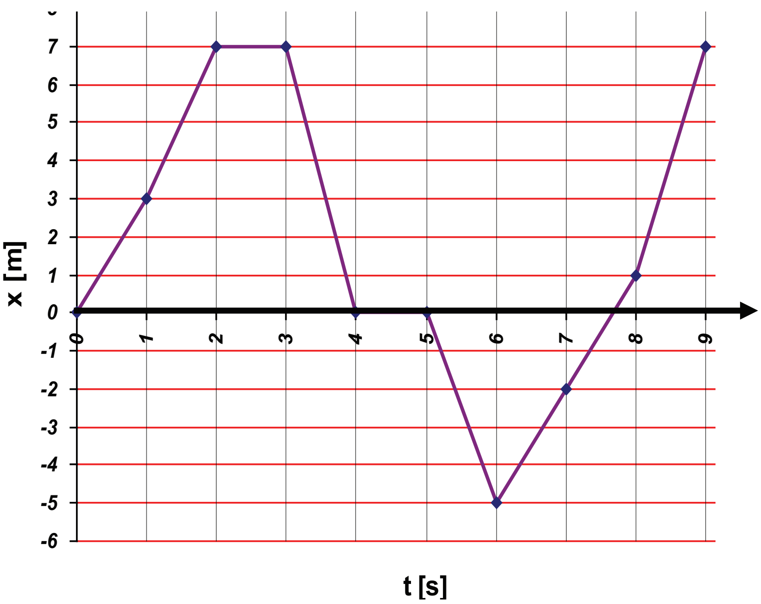
Calcular:

a- La velocidad media en cada intervalo.

b- La velocidad media total.

c- El distancia total recorrida

d- La rapidez media total.



1.6. MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME (M.R.U)

Es movimiento más simple que estudia la cinemática y se define como aquel movimiento que se efectúa sobre una trayectoria rectilínea con **vector velocidad constante.**

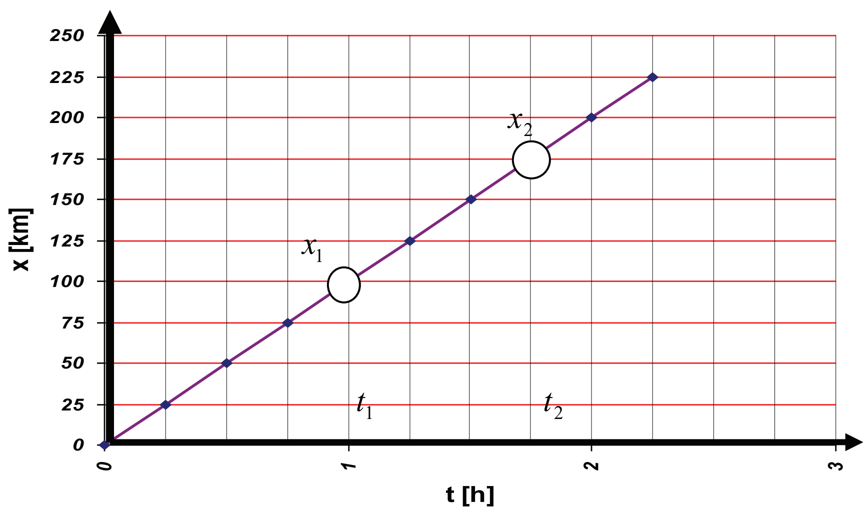
Afirmar que la velocidad es constante es afirmar que el **módulo, la dirección y el sentido** de la velocidad del móvil no cambian. Por lo tanto, también su **rapidez** será constante.

Cuando señalamos que la rapidez de un móvil es constante, afirmamos que recorre longitudes iguales en tiempos iguales.

Si decimos, por ejemplo, que mantiene una velocidad constante de 100 km/h, sabemos que recorre 100 km en 1 hora, 50 kilómetros en media hora, 25 kilómetros en 15 minutos, 200 kilómetros en 2 horas. . .

El tiempo transcurrido y la longitud recorrida son directamente proporcionales: si pasó la mitad de tiempo, la longitud recorrida será la mitad; si el intervalo de tiempo se duplica, la longitud recorrida será el doble, etc.

Podemos graficar cómo varía la posición del móvil en función del tiempo transcurrido, suponiendo que parte del origen de coordenadas, y observamos que los puntos se ubican sobre una recta como la representada en el siguiente gráfico:



Grafica posición respecto tiempo

Si se observa la gráfica se concluye que:
los movimientos que se realizan a velocidad constante determinan una recta en el gráfico posición respecto del Tiempo.

En este tipo de movimiento la velocidad media es siempre igual a la instantánea y su módulo es siempre igual a la rapidez.

1.6.1. Leyes del M.R.U

1° Ley (de la rapidez)

Surge directamente de la definición de M.R.U

V= cte

Pudiendo ser :

$$\begin{cases} v > 0 \\ v < 0 \end{cases}$$

2° Ley (de la posición)

Según la expresión:

$$\vec{V}_{inst.} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

Pero ahora esta rapidez es constante, por lo cual da igual evaluarla en un intervalo $\Delta t = t_2 - t_1$ que tiende a cero, como en cualquier intervalo finito $(t_2 - t_1)$.

En el M.R.U, la rapidez instantánea coincide con la media.

$$\Rightarrow v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \qquad (1)$$

Si consideramos a t_1 como **instante inicial** y lo simbolizamos con $\mathbf{t_0}$, a la posición inicial x_1 será conveniente simbolizarla con $\mathbf{x_0}$.

Del mismo modo, si t_2 es un **instante genérico** y, por ello, lo designamos **t**, a la posición genérica x_2 la designamos **x**.

O sea:

Si $t_1 = t_0 \longrightarrow x_1 = x_0$

$t_2 = t \longrightarrow x_2 = x$

con lo cual :

$$\Rightarrow v = \frac{x - x_0}{t - t_0} \longrightarrow x - x_0 = v.(t - t_0)$$

Pero desde que lo usual es tomar como **instante inicial t_0** a aquel en el que "se pone en marcha un cronómetro", la expresión anterior se simplifica haciendo $\mathbf{t_0 = 0}$

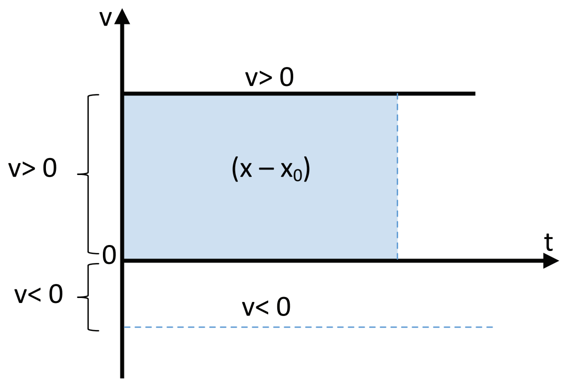
Resulta entonces: $x - x_0 = v.t$

Y la 2° ley se expresa $\boxed{x = x_0 + v.t}$ (2)

Representaciones gráficas

Para la 1° Ley: $\boxed{V = cte}$

Como puede ser $V < 0$ ó $V > 0$, en un sistema de ejes v=f(t), podríamos tener:



IMPORTANTE

Se puede ver que, de acuerdo con el área del rectángulo sombreado, bajo la gráfica de v=f(t) y el intervalo de tiempo comprendido entre 0 y t, representa el cambio de posición $(x- x_0)$.

Para la 2° Ley: $\boxed{x = x_0 + v.t}$ (3)

Escrita en la forma
Se puede comparar con la ecuación de la recta

$$\begin{cases} \mathbf{x= v.t +x0} \\ \mathbf{y=mx + b} \end{cases}$$

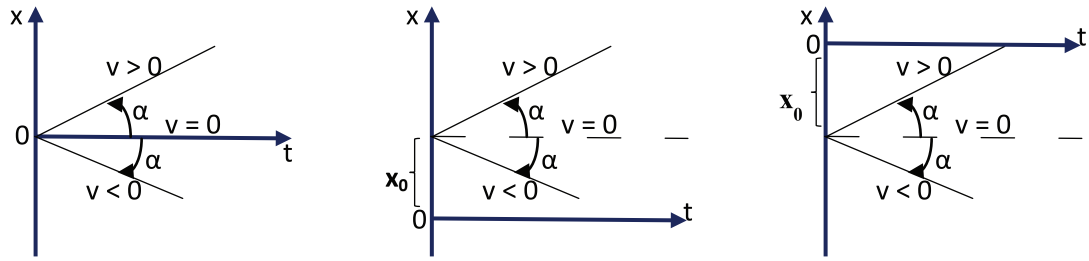
De esa manera se advierte que la representación de x=f(t) en un sistema de ejes cartesianos es una línea recta con:

$$\begin{cases} \text{Ordenada al origen:} & b = x_0 \\ \text{Pendiente:} & m= tg\alpha = v \end{cases}$$

Observaciones:

Como la velocidad puede ser: v> 0; v< 0 ó v=0. La inclinación de la recta es hacia arriba, hacia abajo o coincide con el eje del tiempo.

Igualmente con la posición inicial x0 <0; x>0 ó x=0.



(a) Posición Inicial $\mathbf{x_0= 0}$

(b) Posición Inicial $\mathbf{x_0> 0}$

(c) Posición Inicial $\mathbf{x_0<0}$

Aplicaciones:

1) Realizar las gráficas de posición y velocidad respecto del tiempo (x=f(t) y v=f(t)), para los siguientes datos:

V= 5 km/h ; x0 = 4 km y Δt= 5h

Resolución:

Siendo
x= v.t +x0 v=cte= 5 km Δt= 5 h

x_0= 4 km+ 5km/h. 0h= 4km

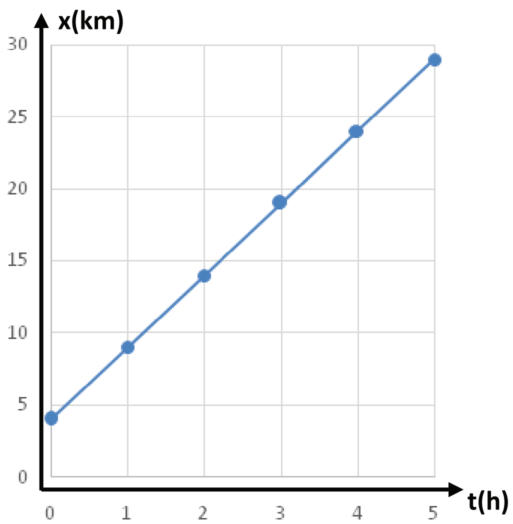
x_1= 4 km+ 5km/h. 1h=9km

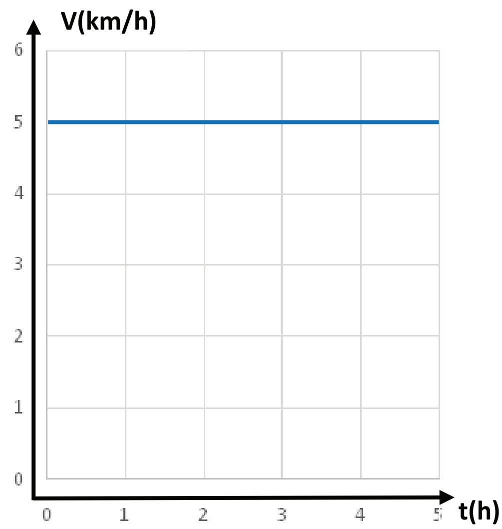
x_3= 4 km+ 5km/h. 2h=14 km

x_4= 4 km+ 5km/h. 3h=19 km

x_5= 4 km+ 5km/h. 4h=24 km

x_6= 4 km+ 5km/h. 5h=29km





EJERCITACIÓN

1. Grafica x (t) y v (t) para los siguientes casos:

a) v= -2 m/s ; $x_0 = 6$ m ; $\Delta t = 10$s.

b) v= -4 km/h ; $x_0 = 0$ km ; $\Delta t = 6$ h.

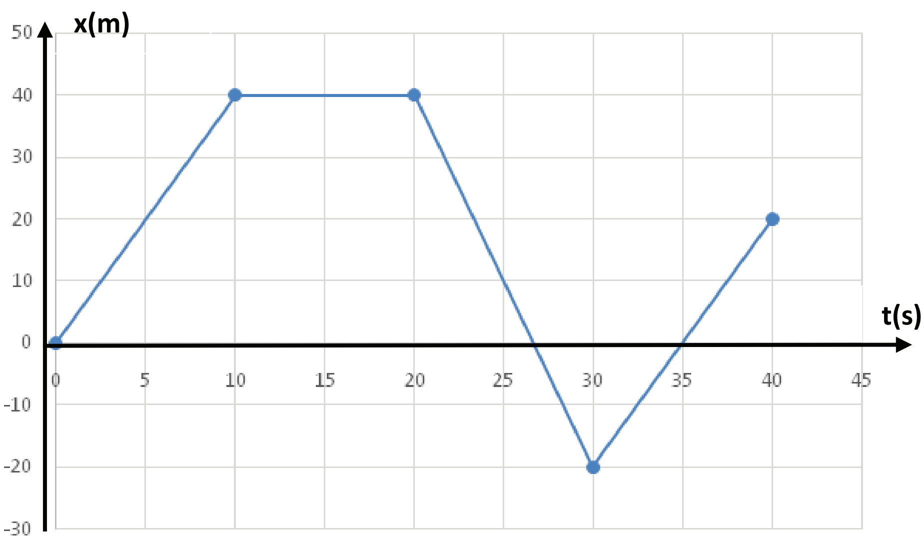
2. El siguiente gráfico muestra las sucesivas posiciones que ocupa un móvil en un intervalo de tiempo (Δt= 40 s). Calcular:

a) La velocidad media en cada intervalo.

b) La velocidad media total.

c) El distancia total recorrida.

d) La rapidez media total



3. ¿Cuál es la velocidad de un móvil que con movimiento uniforme, ha demorado 5 s para recorrer una distancia de 120 cm?. Expresar el resultado en m/s.

4. La velocidad de un avión es de 980km/h y la de otro es de 300m/s. ¿Cuál de los dos tiene mayor módulo de la velocidad?

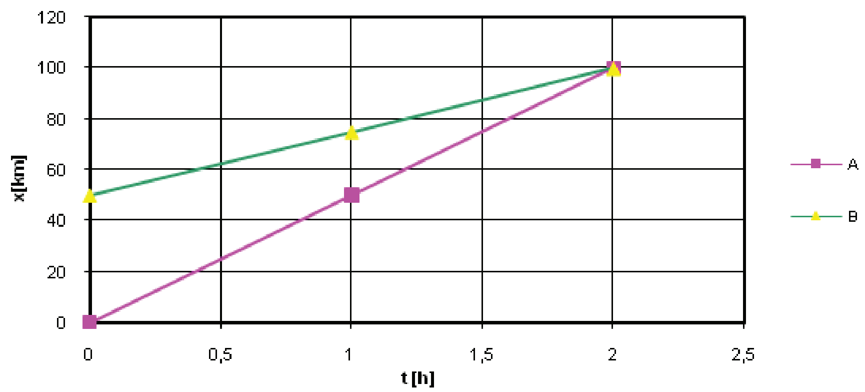
5. ¿Cuánto tarda un vehículo en recorrer 600 km con velocidad constante de 12 m/s?

6. El sonido se propaga en el aire a una velocidad de 340m/s. ¿Qué tiempo tarda en escucharse el estampido de un cañón situado a 15 km?

7. Dos móviles A y B se desplazan en una misma carretera tal como lo ilustra el gráfico. Calcular:

a) La velocidad de cada uno

b) Longitud recorrida por cada móvil.



Problemas de encuentro

Dos trenes parten de dos ciudades "A" y "B", distanciadas entre sí 600 km, con velocidades de 80 km/h y 100 km/h respectivamente, pero el tren que sale de la estación "A" *sale dos horas antes.*

¿Qué tiempo después de haber salido de "B" y a qué distancia de "A" se encuentran?

Solución:

Ambos móviles se desplazan con v=cte (M.R.U), por lo tanto, planteamos la ecuación horaria de la posición a ambos móviles:

$$x = x_0 + v.t$$

Móvil "A"	Móvil "B"
$V_A = 80$ km/h	$V_B = 100$ km/h
$X_{0A} = 0$ km	$X_{0B} = 600$ km

- La ecuación horaria para cada móvil es:

$X_A = x_{0A} + v_A.t$ (1) $\qquad$ $X_B = x_{0B} + v_B.t$ (2)

$X_A =$ okm+ 80km/h. (t +2h) $\qquad$ $X_B = 600$km - 100km/h.t

(el signo negativo de la velocidad del móvil B, es porque se mueve en sentido contrario, va desde B hacia A. El móvil A sale 2 h antes de la estación)

• Igualamos ambas expresiones porque se van a encontrar en un punto de la trayectoria

$$x_A = x_B$$

$$\begin{aligned} 0km+ 80km/h.(t+2h) &= 600km- 100km/h.t \\ 80km/h.t + 160\ km &= 600km -100\ km/h.t \\ 80\ km/h.t + 100\ km/h.t &= 600\ km -160\ km \\ 180\ km/h.\ t &= 440\ km \end{aligned}$$

$$t = \frac{440km}{180km/h} = 2{,}44h \qquad \boxed{T=2{,}44\ h}$$

Se encontrarán ambos móviles 2,44h después de haber salido de "B"

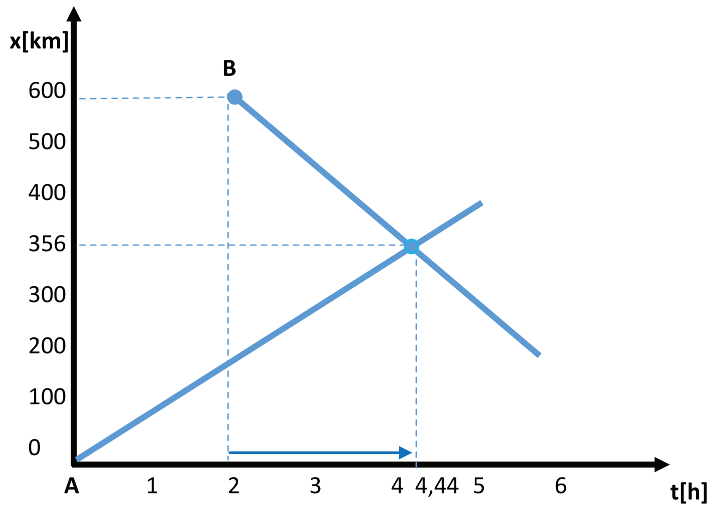
• Reemplazamos este valor de t en ambas expresiones (1) y (2), para encontrar el valor de la posición.

$$X_A = 80km/h.(t+2h) = 80\ km/h.(2{,}44\ h+ 2h)= 356\ km$$

$$X_B= 600km/h-100km/h.\ 2{,}44\ h= 356\ km \qquad \boxed{X= 356\ km}$$

Se encontrarán a 356 km de la estación "A".

A continuación mostramos la gráfica:



Ejercicios

1. Dos estaciones A y B están separadas 430 km. De A sale un tren hacia B con velocidad de 40 km/h y 2h, más tarde sale un tren de B hacia A con velocidad de 30 km/h. Calcular a qué distancia de A se cruzan y qué tiempo después de haber partido el segundo tren.

2. Dos trenes parten de dos ciudades A y B distantes entre sí 500 km, con velocidades de 90 y 60 km/h respectivamente. Pero el de B sale una hora antes. ¿Cuándo se encontrarán y a qué distancia?

a- Si viajan en sentido contrario, desde A hacia B.
b- Si viajan en el mismo sentido, desde A hacia B.

3. Andrés va en su bicicleta, con velocidad constante de 14 km/h, en una calle rectilínea, siguiendo a Karina, que va corriendo en el mismo sentido, a 5 km/h, también con velocidad constante. Si inicialmente estaban distanciados 100 m, hallar cuánto tiempo después la alcanzará, y qué distancia avanzó cada uno. Trazar gráficos posición – tiempo y velocidad – tiempo.

1.7. MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO. M.R.U.V.

Decimos que un cuerpo está acelerado cuando su velocidad cambia con el tiempo: puede cambiar su rapidez (aumentar o disminuir el módulo de la velocidad), su dirección y sentido, o ambas cosas a la vez.

Consideremos, entre todos los movimientos variados que podamos imaginar, el más sencillo: es el que llamamos **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, es decir, que tiene una trayectoria recta y una aceleración constante. Para este movimiento, el módulo de la velocidad cambia una magnitud fija en intervalos de tiempo fijos, pero su dirección y sentido permanecen constantes.** A partir de ahora cuando hablamos de cambios en la velocidad solo nos referiremos a su módulo.

RECUERDA

La aceleración es una magnitud vectorial.

Por ejemplo: si un cuerpo marcha con una aceleración constante y su velocidad aumenta 20 m/s en 10 segundos, podemos conocer cuánto aumentará la velocidad en cualquier lapso: 10 m/s en 5 segundos, 40 m/s en 20 segundos. Es decir, el tiempo transcurrido y el cambio en la velocidad son directamente proporcionales.

Esa variación de la velocidad por cada unidad de tiempo se denomina **"aceleración".**

1.7.1. Leyes del M.R.U.V

1° Ley (de la aceleración)

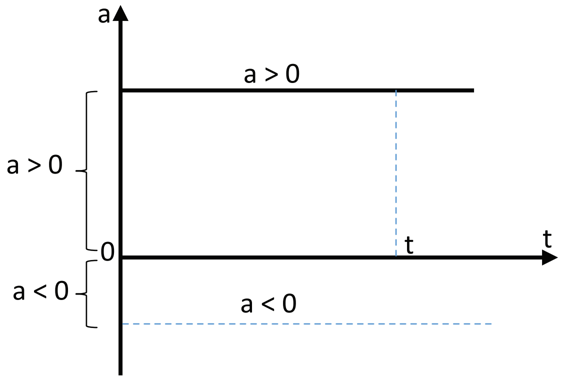
Surge directamente de la definición de M.R.U.V

$$\boxed{a = cte}$$

Pudiendo ser:

- $a \rangle 0$ Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado
- $a \langle 0$ Movimiento rectilíneo uniformemente desacelerado

Veamos cómo es esto gráficamente:



Y sus unidades:

$$[\vec{a}]_{SI} = \left[\frac{m}{s^2}\right] \qquad [\vec{a}]_{cgs} = \left[\frac{cm}{s^2}\right]$$

Otras :

$$[\vec{a}] = \left[\frac{km}{h^2}\right]$$

2° Ley (de la rapidez)

Al ser a= cte, su valor instantáneo coincide con su valor medio, por lo cual:

$$\boxed{a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}} \qquad (4)$$

Haciendo nuevamente:

$$t_1 = t_0 \Rightarrow v_1 = v_0$$
$$t_2 = t \Rightarrow v_2 = v$$

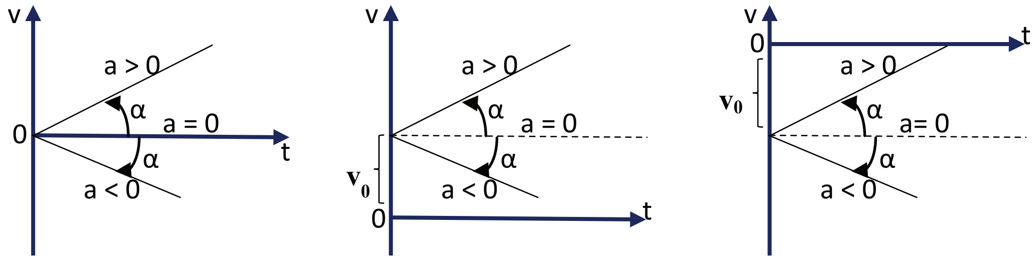
Resulta:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \Rightarrow v - v_0 = a.(t - t_0)$$

Y considerando, como es usual, t_0= 0

$$\boxed{v = v_0 \pm a.t} \qquad (5)$$

Desde que tanto v_0 como a pueden ser positivas, negativas o nulas, las representaciones posibles son las que muestra la siguiente gráfica:



(a) Posición Inicial $\mathbf{v_0 = 0}$ | **(b)** Posición Inicial $\mathbf{v_0 > 0}$ | **(c)** Posición Inicial $\mathbf{v_0 < 0}$

3° Ley (de la posición)

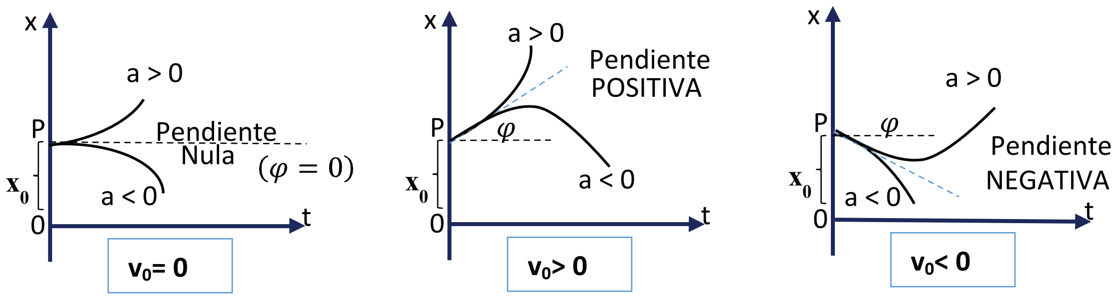
La fórmula de posición en función del tiempo en el M.R.U.V es:

$$\boxed{x = x_0 \pm v_0 . t \pm \frac{1}{2} . a . t^2} \quad (6)$$

La representación gráfica de esta ecuación es una parábola de eje vertical y con características distintivas dadas por los coeficientes:

$$\frac{1}{2} a ; v_0 ; x_0$$

Veamos las gráficas siguientes considerando $x_0 \rangle 0$



(a) **(b)** **(c)**

Rapidez en función de la posición

Otra fórmula sumamente útil, que nos dará la rapidez en función de la posición:

$$\boxed{v^2 = v_o^{\ 2} + 2 . a . (x - x_o)} \quad (7)$$

1.8. RESUMEN DE FÓRMULAS

$\Delta\vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$ (DESPLAZAMIENTO) Long$_{total}$ = $|\Delta X_{total}|$

M.R.U

$\vec{V}_m = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$ (VELOCIDAD MEDIA)

$$r_m = \frac{long_t}{tiempo}$$

$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ (VELOCIDAD INSTANTÁNEA)

$x = x_0 + v.t$ (POSICIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO)

M.R.U.V

$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ (ACELERACIÓN INSTANTÁNEA)

$v = v_0 + a.t$ (RAPIDEZ EN FUNCIÓN DEL TIEMPO)

- **Si $v_0 = 0$ → $v = a.t$**

X= $x_0 \pm v_0.t \pm \frac{1}{2}.a.t^2$ (POSICIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO)

- Si **$v_0 = 0$ y $x_0 = 0$** → X= $\pm\frac{1}{2}.a.t^2$

despejando de la ecuación “a” queda:

$$a = \frac{2.x}{t^2}$$

También podemos despejar “t” :

$$a = \frac{2.x}{t^2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2.x}{a}}$$

Rapidez en función de la posición

$$v^2 = v_0^{\,2} \pm 2.a.(x - x_0)$$

- Si $v_0=0$, $x_0=0$ la ecuación queda:

$$v^2 = \pm 2.a..x$$

Despejando "x" de la ecuación:

$$x = \frac{v^2}{2.a}$$

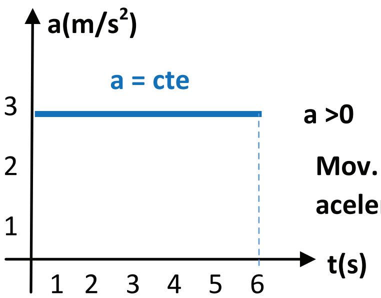
Despejando "a" de la ecuación:

$$a = \frac{v^2}{2.x}$$

EJERCITACIÓN

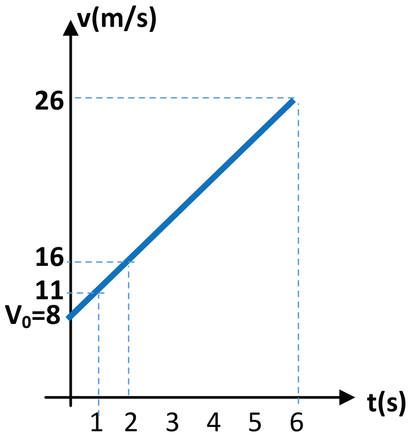
1. Realiza las gráficas de: a (t); v(t) y x(t). Conociendo las condiciones iniciales, identifica si es un movimiento acelerado o desacelerado.

a) x_0= - 5m ; v_0= 8m/s; a= 3m/s2; Δt= 6s



a >0

Mov. Rect. uniformemente acelerado

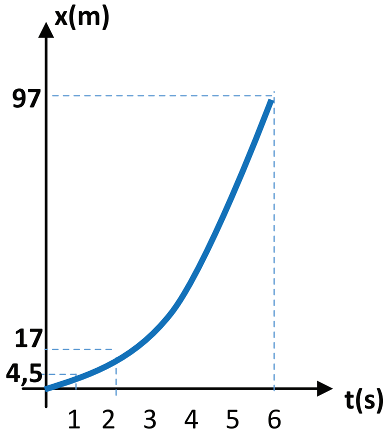


$$v = v_0 + a.t$$

$$t = 1s \qquad v = 8\frac{m}{s} + 3\frac{m}{s^2}.1s = 11\ \frac{m}{s}$$

$$t = 2s \qquad v = 8\frac{m}{s} + 3\frac{m}{s^2}.2s = 16\frac{m}{s}$$

$$t = 6s \qquad v = 8\frac{m}{s} + 3\frac{m}{s^2}.6s = 26\frac{m}{s}$$



$$x = x_0 + v_0.t + \frac{1}{2}a.t^2$$

$$t = 1s \quad x = -5m + 8\frac{m}{s}.1s + \frac{1}{2}3.\frac{m}{s^2}.1s^2 = 4,5\,m$$

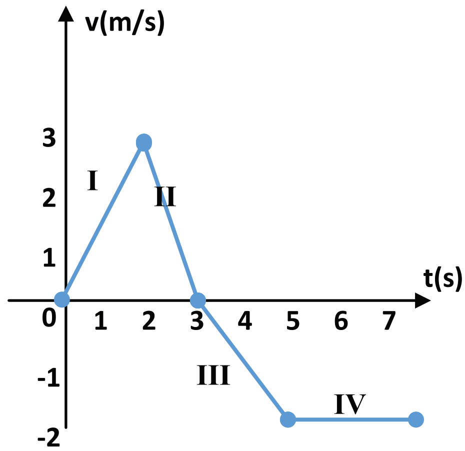
$$t = 2s \quad x = -5m + 8\frac{m}{s}.2s + \frac{1}{2}3.\frac{m}{s^2}.4s^2 = 17\,m$$

$$t = 6s \quad x = -5m + 8\frac{m}{s}.6s + \frac{1}{2}3.\frac{m}{s^2}.36s^2 = 97\,m$$

b) x0= 6m ; v0= -10 m/s; a= 5m/s2; Δt= 5s

c) x0= 3m ; v0= 4 m/s; a= -3m/s2; Δt= 5s

2. En el siguiente gráfico, identifica los tramos en que el móvil acelera, desacelera o mantiene su velocidad constante. En todos los tramos calcula su aceleración.



$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Tramo I: $[0-2]s$

$$a = \frac{3\,{}^{m}\!/_{s} - 0\,{}^{m}\!/_{s}}{2s} = \frac{3\,{}^{m}\!/_{s}}{2s} = 1{,}5\frac{m}{s^2}$$ M.R.U.Acelerado

Tramo II: $[2-3]s$

$$a = \frac{0\,{}^{m}\!/_{s} - 3\,{}^{m}\!/_{s}}{1s} = -3\frac{m}{s^2} =$$ M.R.U desacelerado

Tramo III: $[3-5]s$

$$a = \frac{-2\,{}^{m}\!/_{s} - 0\,{}^{m}\!/_{s}}{2s} = -1\frac{m}{s^2} \quad = \qquad \text{M.R.U desacelerado}$$

Tramo IV: $[5-7]s$

$$a = \frac{-2\,{}^{m}\!/_{s} - (-2)\,{}^{m}\!/_{s}}{2s} = 0\frac{m}{s^2} \qquad \text{M.R.Uniforme velocidad constante.}$$

3. ¿Qué velocidad inicial debe tener un móvil cuya aceleración es de 2 m/s^2, para alcanzar una velocidad de 90 km/h a los 4 s de su partida?

4. Un tren lleva una velocidad de 16 m/s, frena y se detiene en 12 s. Calcula su aceleración y la distancia recorrida desde que comienza a frenar.

5. Un móvil parte del reposo y a los 30 m tiene una velocidad de 6m/s.calcula su aceleración y el tiempo transcurrido en alcanzar dicha velocidad.

6. Un móvil se desplaza con velocidad de 72 km/h frena con una desaceleración constante y se para en 9 s. ¿Qué distancia durante ese intervalo de tiempo?

7. Un móvil parte del reposo y con una aceleración de 3m/s^2, recorre 150 m. ¿En cuánto tiempo realizó el recorrido y con qué velocidad final llegó?

MÓDULO 2

Física

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

itu
INSTITUTO TECNOLÓGICO
UNIVERSITARIO

Índice

MÓDULO 2: ***DINÁMICA***

2.1. INTRODUCCIÓN

Dinámica es la parte de la mecánica que estudia las leyes del movimiento de los cuerpos teniendo en cuenta **las causas** que lo producen.

Como tales **"causas"** entendemos:

a) las **fuerzas** que actúan

b) una magnitud intrínseca de cada cuerpo, que denominamos **masa inercial**

En este tema usaremos las cantidades de cinemática desplazamiento, velocidad y aceleración junto con dos conceptos nuevos, **fuerza y masa**, para analizar los principios de la dinámica, los cuales se resumen en las **leyes del movimiento de Newton.**

- La primera ley dice que si la *fuerza neta* sobre un cuerpo es cero, su movimiento no cambia.

- La segunda ley relaciona la fuerza con la aceleración cuando la *fuerza neta no es cero.*

- La tercera ley es una relación entre las fuerzas que ejercen dos cuerpos que interactúan uno con el otro.

Las leyes de Newton no son producto de deducciones matemáticas, sino una síntesis obtenida por los físicos que han descubierto al realizar un sinnúmero de *experimentos* con cuerpos en movimiento. Dichas leyes son fundamentales porque no pueden deducirse ni demostrarse a partir de otros principios. La gran importancia de las leyes de Newton radica en que permiten entender la mayor parte de los movimientos comunes; son la base de la mecánica clásica **(o mecánica newtoniana).** Sin embargo, las leyes de Newton no son universales requieren modificación a velocidades muy altas (cercanas a la de la luz) y para tamaños muy pequeños (dentro del átomo).

2.2. FUERZA E INTERACCIONES

El concepto de fuerza nos da una descripción cualitativa de la interacción entre dos cuerpos y su entorno. Cuando empujamos un auto, ejercemos una fuerza sobre él. Una locomotora ejerce una fuerza sobre el tren que arrastra.

Cuando una fuerza implica contacto directo entre dos cuerpos, la llamamos **fuerza de contacto.** Esto incluye un tirón o empujón que se ejerce con la mano, la fuerza de una cuerda sobre un bloque al que está atada y fricción que el suelo ejerce sobre el cuerpo.

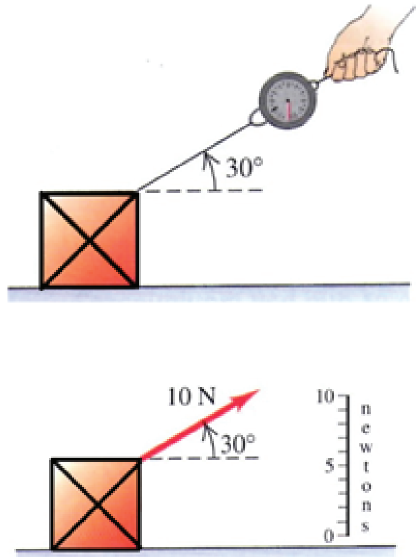
También hay fuerzas, llamadas **de largo alcance**, que actúan aunque los cuerpos estén separados. Por ejemplo la fuerza entre imanes, así también la gravedad es una fuerza de gran alcance; el sol ejerce una atracción gravitacional sobre la tierra, aun a una distancia de 150 millones de kilómetros, que la mantiene en su órbita. La fuerza de atracción gravitacional que la tierra ejerce sobre un cuerpo es el **peso** del cuerpo.

La fuerza es una cantidad vectorial; podemos empujar o tirar de un cuerpo en diferentes direcciones. Por tanto, para describir una fuerza debemos indicar su *dirección* de acción y su magnitud. La unidad de la magnitud en el SI es el **newton(N).**

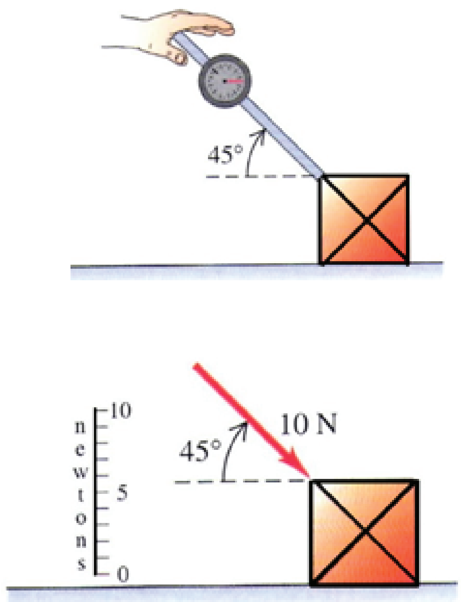
Un instrumento para medir la fuerza es la balanza de resorte, también llamado dinamómetro.

Suponga que desliza una caja sobre el piso tirando de ella con una cuerda o empujándola. En ambos casos dibujamos un vector que representa la fuerza aplicada.

Figura 1



(a)



(b)

Figura 2

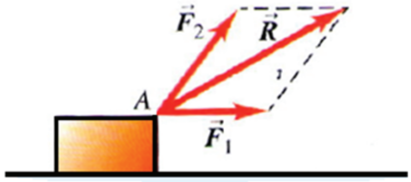
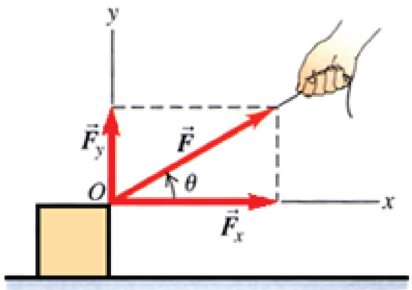


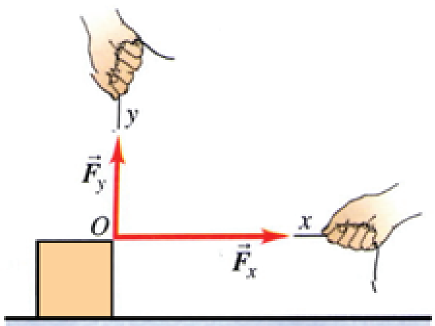
Figura 3



Vectores componentes: $\vec{F}_x$ **y** $\vec{F}_y$

Componentes: $\vec{F}_x = F\,.\cos\theta$ **y** $\vec{F}_y = F\,.\,sen\,\theta$

(a)



Los vectores componentes: $\vec{F}_x$ **y** $\vec{F}_y$

Juntos tienen el mismo efecto que la fuerza original $\vec{F}$**.**

(b)

Si dos fuerzas $\vec{F}_1 y \vec{F}_2$ actúan al mismo tiempo en un punto **A** de un cuerpo, los experimentos muestran que el efecto sobre el movimiento del cuerpo es igual al de una sola fuerza $\vec{R}$ igual a la *suma vectorial* de las fuerzas originales: $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. En general, el efecto de cualquier cantidad de fuerzas aplicadas a un punto de un cuerpo es el de una sola fuerza igual a la suma vectorial de las fuerzas. Éste es el importante principio de superposición de fuerzas. (Figura 2)

El descubrimiento experimental de que las fuerzas se combinan por suma vectorial es de enorme importancia. Usaremos este hecho muchas veces en nuestro estudio, pues nos permite sustituir una fuerza por sus vectores componentes. En la **figura 3ª**, la fuerza $\vec{F}$ actúa sobre un cuerpo en el punto **O**. Los vectores componentes en las direcciones Ox y Oy son $\vec{F}_x \ y \ \vec{F}_y$. Si estos se aplican simultáneamente, como en la figura 3b, el efecto es idéntico al de la fuerza original $\vec{F}$. Cualquier *fuerza puede ser* sustituida por sus vectores componentes, actuando en el mismo punto.

Suele ser más conveniente describir una fuerza $\vec{F}$ en términos de sus componentes x y y, $\vec{F}_x \ y \ \vec{F}_y$, en lugar de sus vectores componentes (recuerde: *los vectores componentes* son vectores, pero los *componentes* solo son números).

A menudo necesitamos obtener la suma vectorial (resultante) de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Llamamos a esto **fuerza neta** que actúa sobre el cuerpo. Usaremos la letra griega ∑ (sigma mayúscula equivalente a la S romana) para denotar sumatoria. Si las fuerzas son $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, etc....,$ abreviaremos la sumatoria así:

$$\boxed{\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + ... = \sum \vec{F}} \qquad (1)$$

Donde $\sum \vec{F}$ se lee "suma vectorial de las fuerzas" o "fuerza neta". La versión con componentes de la ecuación (1) es el par de ecuaciones:

$$\boxed{\begin{aligned} R_x &= \sum F_x \\ R_y &= \sum F_y \end{aligned}} \qquad (2)$$

Donde $\sum F_x$ es la suma de las componentes en x y $\sum F_y$ es la suma de las componentes en y. cada componente puede ser positiva o negativa.

Una vez que se tienen R_x y R_y, puede obtenerse la magnitud y la dirección de la **fuerza neta** $\vec{R} = \sum \vec{F}$ que actúa sobre el cuerpo. La magnitud es:

$$R = \sqrt{R_x{}^2 + R_y{}^2}$$

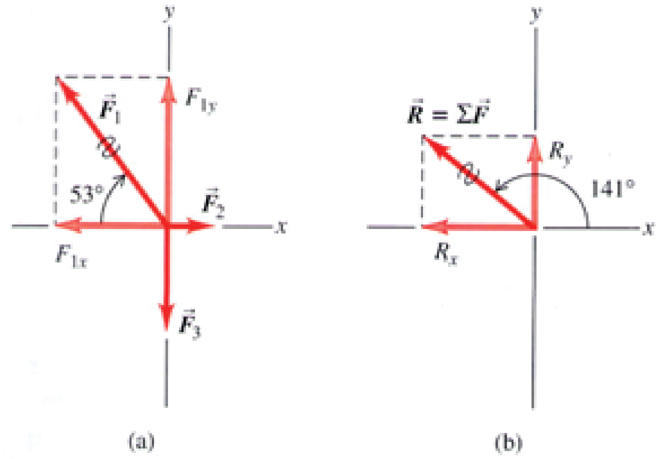
Y el ángulo θ entre $\vec{R}$ **y el eje +x** puede obtenerse de la relación: $tg\theta = \dfrac{R_y}{R_x}$.

Las componentes R_x y R_y pueden ser positivas, negativas o cero, y θ puede estar en cualquiera de los cuatro cuadrantes.

2.2.1. Aplicación

Tres luchadores profesionales se pelean el mismo cinturón de campeonato. Vistos desde arriba, aplican al cinturón las tres fuerzas horizontales de la figura **4**, donde el cinturón está en el origen. Las magnitudes de las tres fuerzas son F_1= 250 N, F_2= 50 N y F_3= 120 N. Obtenga las componentes *x* y *y* de la fuerza neta sobre el cinturón, y la magnitud y dirección de la fuerza neta.

Figura 4



Nota: la línea ondulada sobre el vector de fuerza $\vec{F}_1$ es para indicar que lo hemos sustituido por sus componente x y y. De lo contrario el diagrama incluiría la misma fuerza dos veces.

Este ejemplo no es más que un problema de suma vectorial. Nos piden las componentes de la **fuerza neta** así que planteamos este problema con el método de las componentes.

Las incógnitas son: la magnitud y dirección de la **fuerza neta**, $\vec{R}$ así como sus componentes *x* y *y*, que obtendremos usando la ecuación (2).

RESOLUCIÓN

En la figura 4a podemos observar los ángulos entre $\vec{F}_1, \vec{F}_2 y \vec{F}_3$ y el eje +x son
$\theta_1 = 180° - 53° = 127°,\ \theta_2 = 0° y \theta_3 = 270°$

Las componentes *x* y *y* de las fuerzas son:

$$F_{1x} = 250N.\cos 127° = -150N$$
$$F_{1y} = 250N.sen127° = 200N$$
$$F_{2x} = 50N.\cos 0° = 50N$$
$$F_{2y} = 50N.sen0° = 0N$$
$$F_{3x} = 120N.\cos 270° = 0N$$
$$F_{3y} = 120N.sen270° = -120N$$

Por la ecuación (2), la **fuerza neta** $\vec{R} = \sum \vec{F}$ tiene componentes:

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = (-150N) + 50N + 0N = -100N$$
$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 200N + 0N + (-120N) = 80N$$

La **fuerza neta** tiene componente x negativa y componente y positiva, así que apunta a la izquierda y hacia arriba en la figura 4b (es decir en el segundo cuadrante).

La magnitud de la **fuerza neta** $\vec{R} = \sum \vec{F}$ es:

$$R = \sqrt{R_x^{\ 2} + R_y^{\ 2}} = \sqrt{(-100N)^2 + (80N)^2} = 128N$$

Para obtener el ángulo entre la **fuerza neta** y el eje +x, usamos la relación $tg\theta = \dfrac{R_y}{R_x}$, o sea:

$$\theta = \arctan\frac{R_y}{R_x} = \arctan\left(\frac{80N}{-100N}\right) = \arctan(-0.80)$$

Las dos posibles soluciones son θ=-39° y θ=-39°+180°= 141°

Puesto que la **fuerza neta** está en el segundo cuadrante, como indicamos, la respuesta correcta es 141°.

CONCLUSIÓN

En esta situación, la **fuerza neta** no es cero y vemos que el luchador 1 es el que ejerce la mayor fuerza, probablemente es el ganador.

2.3. PRIMERA LEY DE NEWTON

*"Toda partícula en reposo seguirá en reposo y toda partícula en movimiento continuará animada de movimiento rectilíneo y uniforme, a menos que actúen sobre ella una **fuerza neta** de fuerzas exteriores que le obliguen a modificar dichos estados"*

Esto significa:

a) Que para iniciar el movimiento de una partícula o para detenerlo, hace falta la acción de un sistema de fuerzas que admita una fuerza neta (o resultante).

b) Que si una partícula se mueve de cualquier manera por acción de un sistema de fuerzas, si este **deja de actuar** la partícula continuará moviéndose indefinidamente con la velocidad (vector) que tenía en el preciso instante del cese de aquella acción: de ahí la trayectoria **rectilínea** y la **rapidez** constante.

Técnicas más elaboradas permiten hoy acercarnos a la validez de esta ley al considerar trayectos e intervalos de tiempo cortos.

Es importante señalar que lo que importa en la primera ley de Newton es la **fuerza neta.** Por ejemplo, dos fuerzas actúan sobre un libro en reposo en una mesa horizontal:

Es importante señalar que lo que importa en la primera ley de Newton es la fuerza neta. Por ejemplo, dos fuerzas actúan sobre un libro en reposo en una mesa horizontal: la fuerza hacia debajo de la atracción gravitacional terrestre (una fuerza de largo alcance que actúa aun si la mesa está más arriba del suelo) y una fuerza de apoyo hacia arriba ejercida por la mesa (una fuerza de contacto). El empuje hacia arriba de la superficie es tan grande como la atracción gravitatoria, así que la **fuerza neta** sobre el libro (la suma vectorial de las dos fuerzas) es cero.

En concordancia con la primera ley de Newton, si el libro está en reposo en la mesa, sigue en reposo.

El mismo principio se aplica a un disco de hockey que resbala sobre una superficie horizontal sin fricción: la resultante del empuje hacia arriba de la superficie y la atracción gravitatoria es 0. Si el disco está en movimiento, sigue moviéndose con velocidad constante porque la **fuerza neta** que actúa sobre él es 0.

En consecuencia, si sobre un cuerpo no actúan fuerzas, o actúan varias fuerzas cuya resultante es cero, decimos que el cuerpo está en **equilibrio**. Un cuerpo está en reposo o se mueve en línea recta con velocidad constante. Para que un cuerpo esté en equilibrio, la **fuerza neta es cero:**

$\sum \vec{F} = 0$ (cuerpo en equilibrio)

Para que esto se cumpla, cada componente de la fuerza neta debe ser cero, así que:

$$\sum \vec{F}_x = 0$$
$$\sum \vec{F}_y = 0$$

2.4. SEGUNDA LEY DE NEWTON

Al tratar la primera ley de Newton, vimos que cuando ninguna fuerza, o una fuerza neta cero, actúa sobre un cuerpo, este se mueve con velocidad constante y aceleración cero. Sin embargo, ¿qué sucede si la fuerza neta ***no*** es cero?

La conclusión es que la presencia de una **fuerza neta** que actúa sobre un cuerpo hace que este se acelere. La dirección de la aceleración es la de la fuerza neta. Si la magnitud de esta es constante, también lo será la magnitud de la aceleración.

Estas conclusiones también son válidas para un cuerpo que se mueve con trayectoria curva, como lo es el movimiento circular uniforme, en el cual la rapidez es constante y la aceleración es de magnitud constante dirigida al centro del círculo.

Los experimentos demuestran la relación que existe entre la aceleración y la **fuerza neta** que actúa sobre un cuerpo. Al duplicar la fuerza neta, se duplica la aceleración; reducir a la mitad la fuerza hace lo propio la aceleración. Esto quiere decir que la magnitud de la aceleración a= $|\vec{a}|$ es directamente proporcional a la **fuerza neta.**

$$\boxed{\frac{\left|\sum \vec{F}\right|}{a} = m} \quad (3)$$

2.4.1. Masa y fuerza

La masa es una medida cuantitativa de la inercia. Cuanto mayor es su masa, más se resiste un cuerpo a ser acelerado. Esto es fácil relacionar el concepto con experiencias de la vida cotidiana. Si golpeamos una pelota de ping-pong y una pelota de fútbol con la misma fuerza, el fútbol tendrá una aceleración mucho menor que la pelota de ping-pong. Si una fuerza causa una aceleración grande, la masa del cuerpo es pequeña; si la misma fuerza causa una aceleración pequeña, la masa es grande.

La unidad de masa en el SI es el **kilogramo** y la unidad de fuerza es el **Newton**:

Un newton es la cantidad de fuerza neta que proporciona una aceleración de un metro por segundo al cuadrado a un cuerpo con masa de un kilogramo.

$$\boxed{1N = 1kg.\frac{m}{s^2}}$$

Los experimentos muestran que si se aplica a un cuerpo una combinación de fuerzas $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \ldots$

El cuerpo tendrá la misma aceleración (magnitud y dirección) que si se aplicara una sola fuerza igual a la suma vectorial $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots..$

La ecuación $\left|\sum \vec{F}\right| = m.a$ relaciona la magnitud de la fuerza neta sobre un cuerpo con la magnitud de la aceleración que produce.

También vimos que la dirección de la **fuerza neta** es igual a la dirección de la aceleración, sea la trayectoria del cuerpo recta o curva.

Newton juntó todas estas relaciones y resultados experimentales en un solo enunciado que llamamos **segunda ley de Newton:**

Si una fuerza neta externa actúa sobre un cuerpo, este se acelera. La dirección de la aceleración es la misma que la de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa del cuerpo multiplicada por su aceleración.

$$\boxed{\left|\sum \vec{F}\right| = m.\vec{a}} \quad \textbf{(4)}$$

De esta se desprende

$$\frac{\left|\sum \vec{F}\right|}{m} = \vec{a} \quad \textbf{(5)}$$

La aceleración tiene la misma dirección que la fuerza neta.

Los aspectos que merecen atención al aplicar esta ley son:

a) La ecuación (4) es *vectorial*. Normalmente la usaremos en términos de componentes, con una ecuación para cada componente de fuerza y la aceleración correspondiente:

$$\sum F_x = m.a_x \quad \sum F_y = m.a_y \qquad (6)$$

Cada componente de la fuerza total es igual a la masa multiplicada por la componente correspondiente de la aceleración.

b) El enunciado de la segunda ley se refiere a *fuerzas externas,* es decir, fuerzas ejercidas por otros cuerpos de su entorno.

c) Las ecuaciones 5 y 6 son válidas si la masa es constante.

d) La segunda ley es válida dentro de marcos de referencias inerciales. Normalmente supondremos que la Tierra es una aproximación adecuada a un marco inercial, aunque estrictamente no lo es por su rotación y movimiento orbital.

IMPORTANTE

Observar que la cantidad m. $\vec{a}$ no es una fuerza. Las ecuaciones (4) y (6) sólo dicen que el vector m. $\vec{a}$ es igual en magnitud y dirección a la resultante $\sum \vec{F}$ de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Es incorrecto ver la aceleración como una fuerza; más bien, la aceleración es un resultado de una fuerza neta distinta de cero.

2.4.2. Masa y Peso

El *peso* de un cuerpo es una fuerza con la que la Tierra atrae al cuerpo.

La *masa* caracteriza las propiedades inerciales de un cuerpo. A mayor masa, más fuerza se necesita para causar una aceleración dada.

¿Qué relación existe entre la masa y el peso?

Según la leyenda, se le ocurrió a Newton estaba debajo del árbol de manzanas viendo caer una fruta. Un cuerpo en caída libre tiene una aceleración igual a *g* y, por la segunda ley de Newton, una fuerza debe producir una aceleración. Si un cuerpo de 1 kg cae con una aceleración de 9,8 m/s^2, la fuerza requerida tiene una magnitud:

F= m.a= 1kg.9,8 m/s^2= 9,8 kg.m/s^2= 9,8N

La fuerza que hace que el cuerpo se acelere hacia abajo es la atracción gravitacional de la Tierra, o sea, el *peso* del cuerpo. Cualquier cuerpo de 1 kg de masa cercano a la tierra, debe tener un peso de 9,8N para sufrir la aceleración que observamos en caída libre. En términos generales:

$$\boxed{P=m.g} \qquad (7) \quad \text{(magnitud del peso de un cuerpo de masa m)}$$

Por lo tanto, la magnitud peso es directamente proporcional a su masa m. El peso de un cuerpo es una fuerza, una cantidad vectorial y podemos escribir la ecuación como ecuación vectorial:

$$\boxed{\vec{P} = m.\vec{g}} \qquad (8)$$

Recordar que g es la magnitud de $\vec{g}$, la aceleración debida a la gravedad, así que g siempre es positiva, por definición. Así, *P* dada por la ecuación es la magnitud del peso y también es positiva.

IMPORTANTE

El peso de un cuerpo actúa sobre el cuerpo *todo el tiempo*, esté en caída libre o no. Si una maceta de 10 kg pende de una cadena, está en equilibrio y su aceleración es cero, pero su peso, dado por la ecuación (8) sigue actuando sobre él. En este caso, la cadena tira de la maceta hacia arriba con una fuerza ascendente. La *suma vectorial* de las fuerzas es cero, y la maceta está en equilibrio.

VALOR DE "g"

Usaremos g=9,80 m/s^2, para problemas en la tierra. En realidad el valor de *g* varía un poco en diferentes puntos de la tierra, porque la tierra no es perfectamente esférica y por los efectos de su rotación y movimiento orbital.

Conclusión: el peso de un cuerpo varía de un lugar a otro; la masa no.

2.4.3. Unidades de masa y peso

sistema	Unidad de			
	Peso ó fuerza	Masa	longitud	tiempo
Gravitatorio ó técnico	$k\vec{g}$ ó kgf	u.t.m=$\frac{k\vec{g}}{m/s^2}$	m	s
M.K.S	N=$\frac{kg.m}{s^2}$	kg	m	s
C.G.S	Dina=$\frac{g.cm}{s^2}$	g	m	s

EQUIVALENCIAS

$1k\vec{g} = 9{,}8N$

$1k\vec{g} = 9{,}8.10^5\,dinas$

$1N = 10^5\,dinas$

2.4.4. Para afianzar conceptos y sacar conclusiones

Ejercicio 1.

La masa de un cuerpo es de $\boxed{5{,}40kg}$. Calcular su peso en $\boxed{kgf}$

a) En el polo sur terrestre, donde $g=9{,}83 m/s^2$

b) En el ecuador terrestre, donde $g= 9{,}78 m/s^2$

c) En un lugar de la tierra, donde $g=9{,}80 m/s^2$

d) En marte, donde $g=3{,}60 m/s^2$

de (8) $\vec{P} = m.\vec{g}$ por lo que, en módulo P=m.g

a) $P_a= 5{,}40\ kg.9{,}83 m/s^2$ $P_a \cong 53{,}1N$

$P_a= 53{,}1N \times \frac{1kgf}{9{,}8N} = 5{,}42kgf$ $\boxed{P_a = 5{,}42kgf}$

b) $P_b= 5{,}40kg.9{,}78\ m/s^2$ $P_b=52{,}8N$

$P_b= 52{,}8N \times \frac{1kgf}{9{,}8N} = 5{,}39kgf$ $\boxed{P_b = 5{,}39kgf}$

c) $P_c= 5{,}40kg.9{,}80\ m/s^2$ $P_b=52{,}9N$

$P_c= 52{,}9N \times \frac{1kgf}{9{,}8N} = 5{,}40kgf$ $\boxed{P_c = 5{,}40kgf}$

d) $P_d= 5{,}40kg.3{,}60\ m/s^2$ $P_d=19{,}4N$

$P_d= 19{,}4N \times \frac{1kgf}{9{,}8N} = 19{,}4kgf$ $\boxed{P_d=1{,}98kgf}$

CONCLUSIÓN

Sobre la tierra *y muy aproximadamente, el peso de un cuerpo* ***en kgf*** *es numéricamente igual a su masa en* ***kg****.*

Así:

m=0,481kg pesarán, aproximadamente 0,481 kgf
m=729g pesarán, aproximadamente 729gf

Ejercicio 2.

El peso de un cuerpo es de $\boxed{2{,}75kgf}$. Calcular su masa en $\boxed{kg}$

a) En el polo sur terrestre, donde $g=9{,}83m/s^2$

b) En el ecuador terrestre, donde $g=9{,}78m/s^2$

c) En un lugar de la tierra, donde $g=9{,}80 m/s^2$

d) En la luna, donde $g=1{,}94 m/s^2$

de P=m.g $\Rightarrow m = \frac{P}{g}$

a) $m_a = \frac{2{,}75 kgf}{9{,}83 m/s^2} \bullet \frac{9{,}80 \frac{kg.m}{s^2}}{kgf} \Rightarrow m_a = 2{,}74 kg$ $\boxed{M_a=2{,}74kg}$

b) $m_b = \frac{2{,}75 kgf}{9{,}78 m/s^2} \bullet \frac{9{,}80 \frac{kg.m}{s^2}}{kgf} \Rightarrow m_b = 2{,}76 kg$ $\boxed{M_b=2{,}76kg}$

c) $m_c = \frac{2{,}75 kgf}{9{,}80 m/s^2} \bullet \frac{9{,}80 \frac{kg.m}{s^2}}{kgf} \Rightarrow m_c = 2{,}75 kg$ $\boxed{M_c=2{,}75kg}$

d) $m_d = \frac{2{,}75 kgf}{1{,}94 m/s^2} \bullet \frac{9{,}80 \frac{kg.m}{s^2}}{kgf} \Rightarrow m_d = 13{,}9 kg$ $\boxed{M_d=13{,}9kg}$

CONCLUSIÓN

Sobre la tierra *y muy aproximadamente, la masa de un cuerpo* ***en kg*** *es numéricamente igual a su peso* ***en kgf.***

Así, un cuerpo que pese:

P=13,8 kgf   tendrá, aproximadamente, una masa de 13,8 kg
P=907 gf   tendrá, aproximadamente, una masa de 907 g

2.5. TERCERA LEY DE NEWTON

Una fuerza que actúa sobre un cuerpo siempre es el resultado de su interacción con otro cuerpo, así que las fuerzas siempre vienen en pares. Al patear un balón, la fuerza hacia adelante que el pie ejerce sobre él lo lanza en su trayectoria, pero sentimos la fuerza que el balón ejerce sobre el pie.

En todos los casos, la fuerza que ejercemos sobre el otro cuerpo tiene dirección opuesta a la que el cuerpo ejerce sobre nosotros. Los experimentos muestran que, al interactuar dos cuerpos, las fuerzas que ejercen mutuamente *son iguales en magnitud y opuestas en dirección.* Esta es la tercera ley de Newton.

$$\boxed{\vec{F}_{AsobreB} = -\vec{F}_{BsobreA}}$$

Expresado en palabras:

Si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una acción), entonces B ejerce una fuerza sobre A (una reacción). Estas fuerzas tienen la misma magnitud pero en dirección opuesta y actúan sobre diferentes cuerpos.

En este enunciado, "acción" y "reacción" son las dos fuerzas opuestas y podemos llamarlas **par acción-reacción**. Esto no implica una relación causa y efecto; podemos considerar cualquiera de las fuerzas como la "acción" y la otra la "reacción". Con frecuencia decimos solo que las fuerzas son "iguales y opuestas" para indicar que tienen igual magnitud y dirección opuesta. Las fuerzas descritas en esta ley actúan sobre cuerpos *distintos*.

También esta ley es válida para las fuerzas de *largo alcance* que no requieren contacto físico, como la de atracción gravitacional.

2.6. APLICACIONES

1. En cierto lugar del Universo, una fuerza de 41,3N imprime una aceleración de 120cm/s^2 a un cuerpo que pesa 25 kgf.

¿Cuál será el valor de la aceleración de la gravedad en ese lugar?

F= m.a y m= $\frac{P}{g} \Rightarrow F = P.\frac{a}{g}$ $\quad g = P.\frac{a}{F}$

$$g = P.\frac{a}{F} = \frac{25kgf}{41{,}3N} \bullet \frac{120cm}{s^2} \bullet \frac{9{,}80N}{kgf} \bullet \frac{m}{10^2\,cm}$$

$\boxed{G=7{,}12m/s^2}$

2. Calcular la fuerza que el motor de un automóvil de 1500 kg debe ejercer para que, partiendo del reposo, el vehículo alcance una rapidez de108 km/h luego de recorrer 125m.

Como F=constante, también "a" será constante. El movimiento será, M.R.U.V y una de las ecuaciones, adaptada para este caso, es:

$$v^2 = 2.a.(x - x_0)$$

Despejamos de esta ecuación "a" $\quad a = \frac{v^2}{2.(x - x_0)}$

F= $\frac{m.v^2}{2.(x - x_0)}$

Desde que v = 108 $\frac{km}{h}.\frac{h}{3600s}.\frac{1000m}{1km} \Rightarrow v = 30\frac{m}{s}$

F= $\frac{1500kg.900m^2}{s^2.2.125m} = 5400N$

3. Si se aplica una fuerza neta horizontal de 132N a una persona de 60 kg que se halla en reposo. ¿Qué aceleración horizontal le produce?

4. Una fuerza horizontal neta de 140N actúa sobre una caja de 32,5kg que inicialmente está en reposo en el piso de una bodega. Calcular:

a) la aceleración que le produce dicha fuerza.
b) la distancia que recorre la caja en 10s.
c) la rapidez a los 10s.

5. Súperman lanza una roca de 2400N a un adversario. ¿Qué fuerza horizontal debe aplicar a la roca para darle una aceleración horizontal de 12m/s2?

6. En la superficie de Io, una luna de Júpiter, la aceleración debida a la gravedad es de $g=1{,}81 m/s^2$. Una sandía pesa 44N en la superficie terrestre.

a) ¿Qué masa tiene en la superficie terrestre?
b) ¿Qué masa y peso tiene en la superficie de Io?

Tercera ley de newton

7. Una velocista olímpica puede arrancar con una aceleración casi horizontal de magnitud de $15m/s^2$. ¿Qué fuerza horizontal debe aplicar una corredora de 55kg a los bloques de salida para producir esta aceleración? ¿Qué cuerpo ejerce la fuerza que impulsa a la corredora: los bloques o ella misma?

2.7. TRABAJO

Seguramente estará de acuerdo en que cuesta trabajo mover un sofá pesado, levantar una pila de libros desde el piso hasta colocarla en un estante alto, o empujar un auto.

Todos estos ejemplos concuerdan con el significado cotidiano de trabajo: Cualquier actividad que requiera un esfuerzo muscular o mental.

En física, el trabajo tiene una definición mucho más precisa. Al utilizar esta definición, descubriremos que, en cualquier movimiento, por complicado que sea, el trabajo total realizado sobre una partícula por todas las fuerzas que actúan sobre ella es igual al cambio de su energía cinética: una cantidad relacionada con la rapidez de la partícula.

Deduciremos la relación entre trabajo y energía cinética. Los tres ejemplos mencionados anteriormente (mover el sofá, levantar la pila de libros, empujar el auto) tienen algo en común: realizamos trabajo ejerciendo una fuerza sobre un cuerpo mientras éste se mueve de un lugar a otro, es decir, sufre un desplazamiento. Efectuamos más trabajo si la fuerza es mayor (tiramos más fuerte del sofá) o si el desplazamiento es mayor (lo arrastramos una mayor distancia).

El físico define el trabajo con base a estas observaciones. Considere un cuerpo que sufre un desplazamiento de magnitud *x* en línea recta (en el dibujo es la letra *s*. Por ahora, supondremos que todo cuerpo puede tratarse como partícula y haremos caso omiso cualquier rotación o cambio en la forma del cuerpo). Mientras el cuerpo se mueve, una fuerza constante $\vec{F}$ actúa sobre él en la dirección del desplazamiento $\vec{x}$.

Definimos el **trabajo T** realizado por esta fuerza constante en estas condiciones como el producto de la magnitud F de la fuerza y la magnitud x del desplazamiento:

$$\boxed{T=F.x}$$

El trabajo efectuado sobre el cuerpo es mayor si la fuerza F o el desplazamiento x es mayor, lo que coincide con nuestras observaciones.

La unidad de trabajo es el Joule:

$$\begin{aligned}[T]&=[F].[x]\\ [J]&=[N].[m]\end{aligned} \quad \text{En el M.K.S}$$

En el sistema técnico:

$$\begin{aligned}[T]&=[F].[x]\\ [kgm]&=[kgf].[m]\end{aligned} \qquad \text{equivalencia: } 1\text{kgm}=9{,}8\text{ J}$$

$$\begin{aligned}[T]&=[F].[x]\\ [erg]&=[dyn].[cm]\end{aligned} \qquad 1\text{J}=10^{7}\text{erg}$$

También puede suceder que el empuje se efectúe con un ángulo φ respecto del desplazamiento, en este caso solo la fuerza en la dirección del movimiento del auto sería útil para moverlo (otras fuerzas deben actuar en el auto para que se mueva en la dirección del desplazamiento de $\vec{x}$, no en la dirección de $\vec{F}$, pero sólo nos interesa el trabajo realizado por la persona, así que solo consideraremos la fuerza que ella ejerce). Si la fuerza $\vec{F}$ y el desplazamiento $\vec{x}$ tienen diferente dirección, tomamos la componente de $\vec{F}$ en la dirección de $\vec{x}$ y definimos el trabajo como el producto de esta componente y la magnitud del desplazamiento. La componente de $\vec{F}$ en la dirección de $\vec{x}$ es F cos φ, así que:

$$\boxed{T=F.x.\cos\varphi} \quad (2)$$

(fuerza constante, desplazamiento rectilíneo)

Estamos suponiendo que F y φ son constantes durante el desplazamiento.

Si $\varphi=0°$ y $\vec{F}$ y $\vec{x}$ tienen la misma dirección, entonces cos φ=1 y volvemos a la ecuación (1).

La ecuación (2) tiene la forma del *producto escalar* de dos vectores: $\vec{A}\bullet\vec{B}=A.B.\cos\varphi$

Esto nos permite escribir la ecuación (2) en forma más compacta:

$$\boxed{T=\vec{F}.\vec{x}} \quad (3)$$

IMPORTANTE

El trabajo es una cantidad escalar, aunque se calcule usando dos cantidades vectoriales (fuerza y desplazamiento).

CONCLUSIONES

1. Trabajo positivo o potente, cuando φ es agudo
cos φ‹0

2. Negativo o resistente cuando φ ›0 es obtuso
cos φ‹0

3. Nulo cuando φ =90° porque cos φ =0

2.8. ENERGÍA CINÉTICA

Consideremos una partícula de masa *m* que se mueve en el eje *x* bajo la acción de una fuerza neta constante de magnitud F dirigida hacia el eje +*x* . La aceleración de la partícula es constante y está dada por la segunda ley de Newton, $F=m.a_x$. Suponemos que la rapidez cambia de v_1 a v_2 mientras la partícula sufre un desplazamiento $x= x_2-x_1$ del punto x_1 a x_2. Usando una ecuación de aceleración constante, y sustituyendo v_i por v_1, v_x por v_2 y $(x-x_0)$ por *x*, tenemos:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2.a_x.x$$

$$a_x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2.x}$$

Al multiplicar esto por m y sustituir $m.a_x$ por la fuerza neta F, obtenemos:

$$F = m.a_x = m.\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.x}$$

$$F.x = \frac{1}{2}.mv_2^2 - \frac{1}{2}.mv_1^2$$

El producto F.x es el trabajo efectuado por la fuerza neta F y por tanto es igual al trabajo total efectuado por todas las fuerzas que actúan sobre la partícula. Llamamos a la cantidad:

$$\boxed{E_c = \frac{1}{2}.mv^2} \quad (4)$$

Igual que el trabajo, la energía cinética de una partícula es un escalar; solo depende de la masa y la rapidez de la partícula, no de su dirección de movimiento.

Un auto (visto como partícula) tiene la misma energía cinética yendo al norte a 10m/s que yendo al este a 10m/s. La energía cinética nunca puede ser negativa y es cero solo si la partícula está en reposo.

Unidad de medida de la energía en S.I es:

$$[J]=[kg]\left[\frac{m}{s}\right]^2$$

$$[J]=\left[kg.\frac{m}{s^2}\right].[m]=[N].[m]$$

2.9. ENERGÍA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Está asociada a la *posición* de los cuerpos en el sistema. Este tipo de energía es una medida del *potencial o posibilidad* de efectuar trabajo. Al levantar un objeto, existe potencial de que la fuerza de gravitación realice trabajo sobre él, pero solo si el cuerpo se deja caer al suelo.

Por ello la, la energía asociada con la posición se llama **energía potencial.** Lo dicho sugiere que hay energía potencial asociada al peso de un cuerpo y a su altura sobre el suelo: ***energía potencial gravitacional.*** Se denomina así porque es una propiedad compartida del cuerpo y la tierra.

$$\boxed{E_p=m.g.h} \quad (5)$$

La unidad de medida en S.I es el J.

2.10. APLICACIONES

1. Imagine que empuja un libro de física 1,50m sobre una mesa horizontal con fuerza horizontal de 2,40N. La fuerza de fricción opuesta al movimiento es de 0,600N. Calcular el trabajo realizado por la fuerza neta sobre el libro.

2. Calcular el trabajo necesario para elevar un cuerpo de 15kgf hasta una altura de 15m.

3. Dos remolcadores tiran de un buque tanque averiado. Cada uno ejerce una fuerza constante de 1,80.106N, uno 14° al oeste del norte y el otro a 14° al este del norte, tirando del buque tanque 0,75 km al norte. ¿Qué trabajo total efectúan sobre el buque tanque las fuerzas?

4. Calcule la energía cinética, en Joules, de un auto de 1600kg que viaja a 50km/h.
- ¿En qué factor cambia la energía cinética si se duplica la rapidez?

5. Se cree que la masa de un Tyrannosaurus rex era del orden de los 7000kg.
a) Trate al dinosaurio como una partícula y estime su energía cinética al caminar con rapidez de 4km/h.
b) ¿Con qué rapidez tendría que moverse una persona de 70kg para tener la misma energía cinética que el T rex al caminar?

6. Para subir un tonel hasta 3 m de altura ha sido necesario realizar un trabajo de 240 kgm. ¿Cuánto pesa el tonel?

7. Hallar el trabajo realizado para arrastrar un trineo, sobre una pista horizontal, una distancia de 8m. La fuerza ejercida en la cuerda es de 75m formando un ángulo de 28° con la horizontal.

Física
Ingreso 2019

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

itu
INSTITUTO TECNOLÓGICO
UNIVERSITARIO