

cambiar la rapidez, no la sentimos durante la mayor parte del trayecto en el que el elevador está moviéndose a un paso regular. De igual manera, las emociones de la montaña rusa y otros juegos similares en los parques de diversiones resultan de la aceleración inesperada. La rapidez en sí no provoca estas sensaciones, si así fuera, la sentiríamos igual en un avión que vuela a 650 millas por hora o durante el continuo movimiento de la Tierra alrededor del Sol, que es de 65,000 millas por hora.

Expresado de esta manera tan simple, la rapidez es una relación entre dos objetos, donde uno de ellos se toma como referencia, mientras el otro se mueve con respecto a él. Algunos ejemplos de esto la rapidez de la Tierra con respecto a las estrellas, la rapidez un nadador con respecto a la orilla de la alberca o la rapidez de la cabeza de un muchacho en crecimiento con respecto a sus pies. En un tren que corra en forma pareja, sólo podemos saber que estamos moviéndonos a gran rapidez por el escenario que pasa frente a nosotros. Tendríamos la misma sensación si el tren estuviera fijo de algún modo y la tierra, los rieles, etc., pasaran corriendo en dirección opuesta. Y si "perdiéramos el punto de referencia" (por ejemplo, corriendo las cortinas) no podríamos saber si nos estábamos moviendo o no. En contraste con esto, sí "sentimos" las aceleraciones y no necesitamos ver por la ventanilla para darnos cuenta de que el maquinista a arrancado de repente o a aplicado los frenos a todo lo que dan. Lo más probable es que nos pegáremos contra el asiento, o que el equipaje saliera disparado de las rejillas.

Todo esto nos muestra la profunda diferencia física que existe entre el movimiento uniforme y el movimiento con aceleración, pero aquí podemos resumir las ideas principales. Por el momento vamos a enfocar nuestra atención hacia las semejanzas que existen entre los conceptos rapidez y aceleración. Para un movimiento rectilíneo:

El ritmo de cambio de posición se llama rapidez

El ritmo de cambio de rapidez se llama aceleración.

La similitud en la forma es muy útil, puesto que nos

permite usar lo que acabamos de aprender sobre el concepto de la rapidez como una guía para usar el concepto de aceleración. Por ejemplo, hemos aprendido que la pendiente de una línea en una gráfica de distancia y tiempo es una medida de rapidez instantánea. De la misma manera, la inclinación de una gráfica de rapidez y tiempo es la medida de la aceleración instantánea.

Esta sección concluye con una lista de seis afirmaciones sobre el movimiento rectilíneo. Esta lista tiene dos propósitos: (1) ayudarlos a repasar las ideas principales presentadas en este capítulo, y (2) presentar las ideas correspondientes respecto a la aceleración. Por este motivo, cada afirmación sobre la rapidez está seguida inmediatamente por una afirmación semejante sobre la aceleración.

1.- La rapidez es el ritmo de cambio de posición. La aceleración es el ritmo de cambio de la rapidez.

2.- La rapidez se expresa en unidades de distancia/tiempo. La aceleración se expresa en unidades de rapidez/tiempo.

3.- La rapidez promedio en cualquier intervalo de tiempo es la relación entre el cambio de posición Δd y el intervalo de tiempo Δt :

$$v_{pr} = \Delta d / \Delta t$$

La aceleración promedio en cualquier intervalo de tiempo es la relación entre el cambio de rapidez v y el intervalo de tiempo t :

$$a_{pr} = \Delta v / \Delta t$$

4.* La velocidad instantánea es el valor que se obtiene por medio de la rapidez promedio cuando disminuimos cada vez más Δt . La aceleración instantánea es el valor que se obtiene por medio de la aceleración promedio cuando disminuimos cada vez más Δt .

5.- En una gráfica de distancia y tiempo, la rapidez instantánea en cualquier momento equivale a la pendiente de la línea recta tangente a la curva en el punto en cuestión. En una gráfica de rapidez y tiempo, la aceleración instantánea en cualquier momento, equivale a la inclinación de la línea recta

tangente en el punto en cuestión.

6.- En el caso particular de **rapidez constante**, la gráfica de distancia contra tiempo será una línea recta y por lo tanto, la rapidez instantánea tendrá el mismo valor en cualquier punto de la gráfica. Más aún, esta cifra será igual a la rapidez promedio calculada para todo el trayecto. En el caso particular de **aceleración constante**, la gráfica de rapidez contra tiempo será una línea recta y por lo tanto, la aceleración instantánea tendrá el mismo valor en cualquier punto de la gráfica. más aún, esta cifra será igual a la aceleración promedio calculada para todo el trayecto. Cuando la rapidez es constante, su valor puede calcularse por medio de cualquier d y t correspondiente y cuando la aceleración es constante, su valor puede calcularse por medio de cualquier v y t correspondientes. (Es útil recordar esto porque la aceleración constante es el tipo de movimiento que vamos a encontrar con mayor frecuencia en los capítulos siguientes.

Tenemos ahora la mayor parte de los instrumentos que necesitaremos para resolver algunos problemas reales de física. El primero de ellos tendrá que ver con el movimiento acelerado de los cuerpos causados por la atracción gravitacional. Fue precisamente estudiando el movimiento de los cuerpos que caen, como Galileo, en los primeros años del Siglo XVII, empezó a descubrir algo sobre la naturaleza del movimiento acelerado. Su trabajo permanece como un maravilloso ejemplo de cómo la teoría científica, las matemáticas y las medidas reales se pueden combinar para desarrollar conceptos físicos. Más que eso, la obra de Galileo inició una de las primeras y más importantes batallas de la revolución científica. Aún en la actualidad las ideas específicas que él introdujo son fundamentales en la ciencia de **la mecánica**, el estudio de los cuerpos en movimiento.

CINEMATICA. 5-2

La **mecánica** se define como la rama de la física que trata los movimientos o estados de los cuerpos materiales. Generalmente, se divide en dos partes: la primera llamada **cinemática**, que se ocupa de las diferentes clases de movimiento, sin preocuparse de sus causas o de los cambios observados en tales movimientos. y **dinámica** que estudia las

causas que provocan los movimientos.

La **dinámica** a su vez, se divide en dos partes: **estática y cinética**. Mientras que la estática se ocupa de los cuerpos en su estado de equilibrio que se produce cuando las fuerzas están compensadas, la cinética se ocupa de los cambios en el movimiento que se origina por una o más fuerzas no balanceadas.

En mecánica es conveniente despreciar, con frecuencia, el tamaño y la forma de un cuerpo y considerar su movimiento como el de una pequeña partícula de tamaño despreciable. Por ejemplo, al describir el movimiento de un aeroplano que vuela entre dos ciudades, no es necesario dar una descripción detallada del aparato para dar su posición y avance. Por lo tanto, se acostumbra describir el movimiento de un cuerpo como el movimiento de una partícula.

* TIPOS DE MOVIMIENTO. 5-3

* **Movimiento uniforme rectilíneo.** Es el más simple de todos los movimientos; es aquel en el cual un cuerpo se desplaza con una **velocidad constante a lo largo de una trayectoria rectilínea**. El término **uniforme** significa aquí que el valor de la velocidad se mantiene invariable.

* **Movimiento curvilíneo.** Se le llama así al movimiento a lo largo de **una trayectoria curva**. Cuando una partícula se mueve sobre una curva, **puede tener una rapidez constante o variable**. En este caso se usa el término rapidez en lugar de velocidad porque la trayectoria no es recta. Una rapidez constante se define como la que hace recorrer distancias iguales en intervalos iguales de tiempo, siendo medidas las distancias a lo largo de la trayectoria curva.

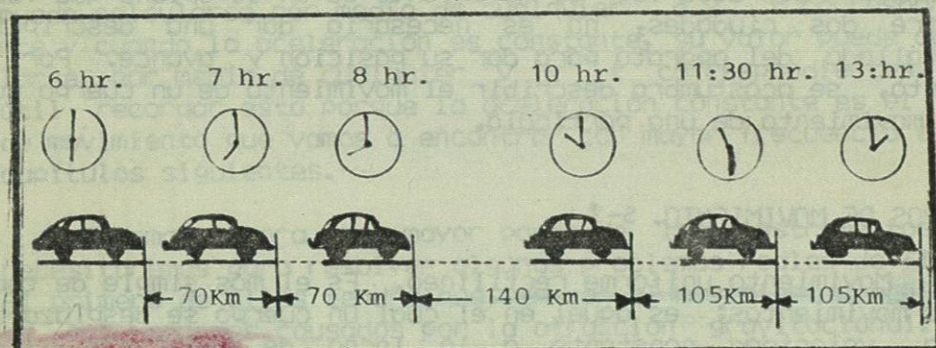
* **Lo mismo en una ~~rapidez variable~~ significa que las distancias recorridas en lapsos iguales de tiempo son diferentes.**

* **Movimiento rectilíneo uniforme variado.** Al igual que el movimiento uniforme rectilíneo, el cuerpo se desplaza en una trayectoria rectilínea, pero la velocidad va aumentando cantidades iguales en lapsos iguales de tiempo.

VELOCIDAD CONSTANTE.-4

Analicemos el siguiente suceso.

Una persona realiza un viaje por carretera y en ciertos lapsos de tiempo, checa el kilometraje recorrido de la siguiente forma: al empezar el viaje el viaje su reloj marca las 6:00 horas y el marcados indica 30,440 km, a las 7:00 horas indica 30,510 km, a las 8:00 horas indica 30,580 km, a las 10:00 horas indica 30,720 km, a las 11:30 hrs. inidca 30,825 km, a las 13:00 hrs. indica 30,930 km.



6:00 hr	7:00 hr	8:00 hr	10:00 hr	11:30 hr	13:00
30,440 km	30,510 km	30,580 km	30,720 km	30,825 km	30,930 km

Podemos observar:

Que el primer intervalo de tiempo es de 1 hora (7:00 hr - 6:00 hr) y la distancia recorrida es de 70 km: (30,510 km - 30,440 km). Siempre tomaremos el inicio como punto de referencia.

El segundo intervalo de tiempo es de 2 hrs (8:00 hr - 6:00 hr), y la distancia recorrida es de 140 km (30,580 km - 30,440 km).

El tercer intervalo de tiempo es de 4 hrs. y la distancia recorrida es de 280 km.

El cuarto intervalo de tiempo es de 5.5 hrs. y la distancia recorrida es de 385 km.

El quinto intervalo de tiempo es de 7 hrs. y la distancia

recorrida es de 490 km.

Lo colocaremos de la siguiente forma:

Distancia recorrida:

d	70 km	140 km	280 km	385 km	490 km
---	-------	--------	--------	--------	--------

Tiempo empleado por el auto.

t	1 hr	2 hr	4 hr	5.5 hr	7 hr
---	------	------	------	--------	------

Ahora agregamos un tercer renglón, donde pongamos la división (razón) d/t de cada una de las columnas y tenemos:

d/t	70 km/hr	70 km/hr	70 km/hr	70 km/hr	70 km/hr
-------	----------	----------	----------	----------	----------

Para encontrar cómo están relacionadas entre sí d y t , es más informativo trazar una gráfica con las dos cantidades medidas, como aparece en la fig. 2.

Grafiquemos en un par de ejes coordenados, distancias recorridas contra tiempo, cada una de las columnas del primer cuadro, considerando cada columna como un punto.

Marcamos sobre el eje horizontal (representará el tiempo) secciones de la misma magnitud, para que se puedan colocar todas las lecturas que corresponden a este eje.

Marcamos sobre el eje vertical, también, secciones de la misma magnitud que nos permita completar en nuestro espacio de papel la cantidad de lecturas.

Tomamos el primer punto (70 km : 1 hr), sobre el eje vertical encontramos el punto que indique 70 km y trazamos una línea horizontal (paralela al otro eje), y en el eje horizontal localizamos el punto que indique 1 hr y trazamos una línea vertical (paralela al otro eje). Donde se crucen las dos líneas tendremos el primer punto.

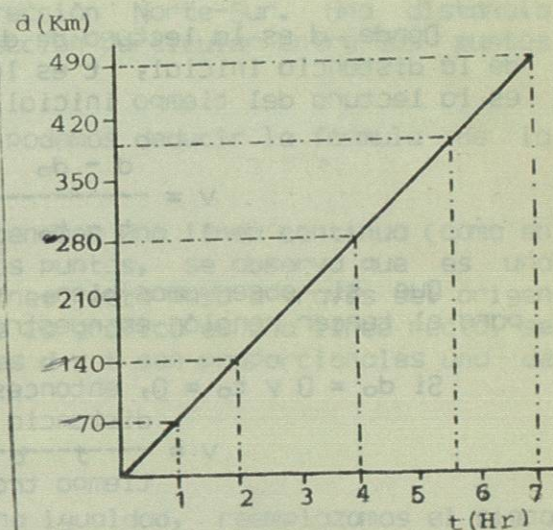


Fig. 2.

Ahora, con (140 km : 2 hr), sobre el eje vertical encontramos el punto que indique 140 km y trazamos una línea horizontal y en el eje horizontal localizamos el punto que indique 2 hr y trazamos una línea vertical. Donde crucen las dos líneas estará el segundo punto.

Con las otras 3 columnas usamos la misma forma y obtenemos los otros 3 puntos de la gráfica y al unirlos todos vemos que se genera una línea recta.

Ya con estos conocimientos prácticos, vamos a relacionarlos con los siguientes conceptos:

La **velocidad** se define como la distancia recorrida en el cambio de posición por unidad de tiempo.

$$v = d/t$$

Con el ejemplo anterior, tenemos:

$$d = d - d_0$$

$$t = t - t_0$$

Donde d es la lectura de distancia final y d_0 la lectura de la distancia inicial, t es la lectura de tiempo final y t_0 es la lectura del tiempo inicial. Por lo tanto tenemos:

$$v = \frac{d - d_0}{t - t_0}$$

Que si observamos bien, fue lo que hicimos al calcular para el tercer renglón en nuestro ejemplo.

Si $d_0 = 0$ y $t_0 = 0$, entonces:

$$v = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

$$v = d/t$$

También, con respecto al ejemplo, cuando esta razón nos da igual en todos los cálculos la **velocidad es constante**, es

decir, se recorren distancias iguales en lapsos iguales de tiempo sin cambiar la dirección.

Frecuentemente se usan los términos **velocidad** y **rapidez** como sinónimos, sin embargo, hablando estrictamente la **rapidez** es una **cantidad escalar** y la **velocidad** es una **cantidad vectorial**.

La **cantidad vectorial** tiene magnitud, dirección y sentido, mientras que la **cantidad escalar** sólo tiene magnitud.

La **rapidez** es un término aplicado a la magnitud de la velocidad y no especifica la dirección del movimiento.

Un cuerpo al moverse a lo largo de una línea recta, su **rapidez** y su **velocidad** tienen el mismo valor numérico. Pero, si la rapidez a lo largo de una trayectoria curva es constante, su **velocidad** no se considera constante porque cambia de dirección.

Lo mismo podemos decir de la distancia y desplazamiento. La **distancia** es una cantidad escalar y el **desplazamiento** es una cantidad vectorial. Ejemplo: el largo de un pedazo de papel puede ser de 20 cm, la dirección no es importante porque el papel puede estar en cualquier dirección. Sin embargo, la distancia de México, D. F. a Acapulco, Gro., no es sólo de 420 km, es de 420 km en dirección Norte-Sur. Una distancia vectorial medida en una dirección particular entre dos puntos se le llama **desplazamiento**.

En la gráfica también podemos deducir la fórmula de la velocidad constante.

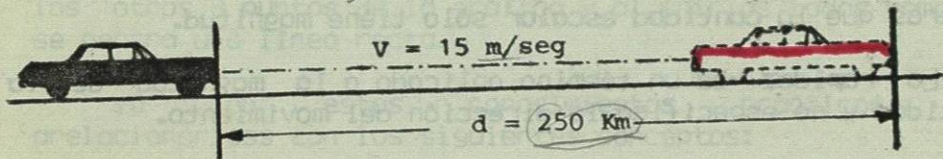
Cuando se grafica y obtenemos una línea continua (como en el ejemplo) a través de esos puntos, se observa que es una línea recta. Además, esta línea recta pasa a través del origen $d = 0$ y $t = 0$. Del hecho que la gráfica es una línea recta, se deduce que las dos cantidades d y t son proporcionales una de otra.

$$d \propto t$$

Para transformarla en una igualdad, reemplazamos el signo de proporcionalidad por una constante de proporcionalidad.

Llamando v a esta constante, $v = k$, tenemos:

despejando, $d = vt$
 $v = d/t$

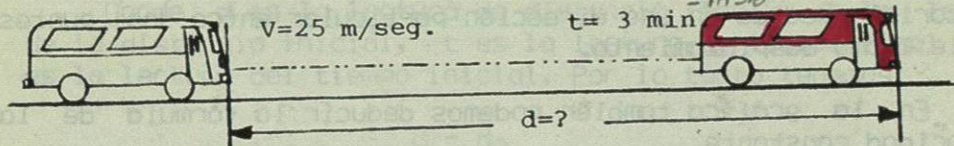


Ejemplo 1.

Si un automóvil viaja con una rapidez constante de 15 m/seg , cuánto tardará en llegar a un punto situado a 210 km ?

Solución: Por ser rapidez constante, usamos la Ec. $v = d/t$.

$v = d/t$ por definición



Ejemplo 2.

Si un cuerpo se mueve con una rapidez constante de 25 m/seg . Calcular la distancia recorrida después de 3 min .

$v = d/t$ por definición

$v = d/t$
 $d = vt$
 $d = 25 \text{ m/seg} \times 180 \text{ seg}$
 $d = 4500 \text{ m}$

$d = vt$

$d = 25 \text{ m/seg} \times 3 \text{ min} [60 \text{ seg/min}]$

$d = 25 \text{ m/seg} \times 180 \text{ seg}$

$d = 4500 \text{ m}$

VELOCIDAD MEDIA. 5-5

Una partícula tiene una velocidad variable cuando en intervalos iguales de tiempo sus desplazamientos son distintos. En tales casos se acostumbra decir velocidad media (\bar{v}), la cual es una velocidad promedio.

$\bar{v} = d/t$

VELOCIDAD INSTANTANEA. 5-6

Al describir el movimiento curvilíneo de una partícula, algunas veces se hace necesario especificar su velocidad instantánea. La velocidad instantánea de una partícula en un punto dado de su trayectoria, se obtiene trazando una tangente a la curva en dicho punto. La magnitud de la velocidad instantánea es igual a la rapidez de la partícula al pasar por un punto dado, y la dirección es la tangente a la curva en ese punto.

En la mayoría de los casos en que la velocidad esté establecida en km/hr (kilómetros por hora), es necesario trabajar las fórmulas en m/seg (metros por segundo). Por lo tanto, debemos de convertir de km/hr a m/seg . Veamos el siguiente ejemplo:

Transformar 45 km/hr a m/seg .

1.- Busquemos las equivalencias kilómetros a metros y horas a segundos.

$1000 \text{ m/km} = 10^3 \text{ m/km}$

$3600 \text{ seg/hr} = 3.6 \times 10^3 \text{ seg/hr}$

2.- Establezcamos estos factores de conversión con el dato dado.

$45 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \times \frac{[10^3 \text{ m/km}]}{[3.6 \times 10^3 \text{ seg/hr}]}$

3.- Resolvamos:

$$45 \frac{\text{km}}{\text{hr}} = \frac{45 \times 10^3}{3.6 \times 10^3 \text{ seg}}$$
$$= 12.5 \text{ m/seg}$$

Para transformar de m/seg a km/hr se hará de forma inversa:

$$10 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = \frac{10 \text{ m} \times 3.6 \times 10^3 \text{ seg/hr}}{\text{seg} \times 10^3 \text{ m/km}}$$
$$= 10 \times 3.6 \text{ km/hr}$$
$$= 36 \text{ km/hr}$$

Hacerlo inmediatamente:

- 1.- transformar 30 km/hr a m/seg
- 2.- Convertir 80 km/hr a m/seg.
- 3.- Convertir 50 m/seg a km/hr.

LOS TRES TIPOS DE MOVIMIENTO. 5-7

Ahora sí podemos definir el movimiento, como el cambio de posición con relación a ciertos puntos fijos que se toman como referencia. Como ejemplos tenemos a un automóvil que pasa a cierta velocidad frente a una señal de la carretera o camino; o una bola de beisbol que es golpeada por el bateador se aleja de la base. La señal del camino y la base serán los puntos de referencia.

Esta precaución de establecer el punto de referencia al estudiar un movimiento es muy importante; en el caso de cambiar el punto de referencia, digamos, el de un automóvil que se desplaza en la misma dirección y con la misma velocidad, el conductor de uno de los automoviles observaría al conductor del otro automóvil como si éste se encontrara en reposo. Por lo que podemos comprender que el punto de referencia debe ser fijo para simplificar el problema.

Ya que estamos analizando lo que es el movimiento, podemos

empezar a diferenciar entre los tres tipos de movimiento que existen: **Traslación, Rotación y Vibración**. Haciendo primeramente la aclaración de que, aunque otros textos les han dado nombres distintos, básicamente son los mismo tipos.

Un cuerpo efectúa una **traslación**, cuando todos sus puntos describen trayectorias de igual forma, entendiéndose por trayectoria una línea determinada al unir todos los puntos por los cuales ha pasado el cuerpo; puede ser rectilínea, circular, curvilínea en general o elíptica (como la de los planetas).

En nuestro caso, consideremos el estudio del movimiento de traslación en trayectorias rectilíneas inicialmente y circulares en el próximo curso.

El movimiento de **rotación**, es aquel en el que cada punto del cuerpo describe una trayectoria circular alrededor de algún punto que sirve como eje de rotación. Como ejemplo podríamos citar al movimiento de rotación de la Tierra, en el que cada uno de sus puntos, tarda 24 horas en volver a su posición original.

La tercera clase o tipo de movimiento es la más interesante de todas y requiere de un buen análisis que haremos posteriormente en nuestros cursos. Se trata del movimiento de **vibración**, que también puede ser llamado de **vaivén**, movimiento periódico o movimiento oscilante.

Este movimiento se caracteriza porque sigue un patrón cíclico de repetición, esto nos quiere decir, que las distintas fases del movimiento se van repitiendo una y otra vez.

El más común y más importante de los movimientos periódicos, es el movimiento **armónico simple**. Por ejemplo, un cuerpo que sube y baja suspendido de un resorte cilíndrico vertical; o el de un péndulo que se balancea, en el que el cuerpo colocado en el extremo, desciende describiendo el arco de un círculo y va cobrando velocidad al caer; cuando la cuerda (o barra) del péndulo alcanza la vertical, la velocidad del cuerpo es mayor, luego, empieza a subir, perdiendo velocidad hasta que por un momento se detiene en el punto más elevado, pero sólo por un momento, ya que cae nuevamente, aumentando la velocidad y volviendola a perder, como antes hasta alcanzar finalmente el punto de partida.