- Aplicar las leyes de la reflexión de la luz en la solución de un mínimo de cuatro problemas típicos.

- Establecer la Ley de Snell.

- Resolver como mínimo tres problemas en donde se aplique la Ley de Snell.

- Explicar algunos fenómenos naturales en donde se observe la reflexión y la refracción de la luz.

- Construir diagramas de rayos para determinar la posición de la imagen, caracterizándola como real o virtual, mediante el uso de lentes o espejos.

- Resolver un mínimo de seis problemas relacionados con lentes y espejos, en donde se determine la posición de la imagen, indicando si es real o virtual.

- Explicar el funcionamiento de algunos dispositivos ópticos.

A.-MOVIMIENTO OSCILATORIO

1.- Introducción:

En esta unidad consideraremos un tipo de movimiento en el cual la fuerza resultante que actúa sobre un objeto varía periódicamente. La fuerza puede variar en magnitud o en dirección.

Existen en la naturaleza acontecimientos cotidianos de este tipo de movimiento, por ejemplo: el movimiento de un péndulo, un satélite alrededor de la Tierra, el día y la noche, las fases de la luna, las estaciones del año, las mareas, el movimiento de un cuerpo suspendido en un resorte, el respirar y el latir del corazón.

En el ejemplo del latir del corazón, cada 0.5s aproximadamente, se contrae, o sea cada vez que transcurre un tiempo igual a 0.5s el corazón se encuentra en iguales condiciones de movimiento.

Existen movimientos en los cuales el cuerpo va y viene por la misma trayectoria, repitiéndola todo el tiempo, por ejemplo el movimiento de un cuerpo suspendido de un resorte, el movimiento de los iones en un cristal, el movimiento de las cargas eléctricas en un circuito oscilador, etc.

El movimiento de un péndulo es un caso ideal, cuando consideramos despreciable la fuerza de fricción, de tal forma que oscilará indefinidamente. *Cuando actúa la fuerza de fricción en el péndulo que oscila, es el caso real, decae o disminuye el movimiento conforme se disipa la energía debido a la fricción, se le llama a este movimiento amortiguado. Cuando un agente externo por ejemplo una fuerza impulsora, suministra energía y el movimiento del péndulo es uniforme , a este movimiento se le llama forzado.*

Analizaremos el movimiento del péndulo que oscila, en donde los extremos de la oscilación están igualmente separados de la posición de equilibrio.

2.- Movimiento periódico

En muchos casos existen movimientos o procesos que tienen la característica de que al cabo de un tiempo fijo, repiten sus condiciones o estado de movimiento.

Se denomina movimiento periódico, a aquél en el que el sistema repite sus condiciones de movimiento, al cabo de cierto intervalo de tiempo, que va a ser constante, por ejemplo, el movimiento circular uniforme (estudiado en el Módulo VI), el movimiento del péndulo, el movimiento de un cuerpo suspendido en un resorte, el latir del corazón, etc.

Las magnitudes que describen el movimiento periódico son: el período (T) y la frecuencia (*f*). *El período es el tiempo mínimo al cabo del cual se repiten las condiciones del proceso.* En particular en el movimiento circular uniforme es el tiempo que tarda en dar una revolución completa. En general, en el movimiento periódico las condiciones del proceso se repiten cuando han realizado un ciclo o una oscilación completa. Siendo un ciclo o una oscilación completa cuando el cuerpo va de una posición extrema a otra y regresa a la posición inicial (o sea de la posición A a C y regresa a A, ver figura No. 1).

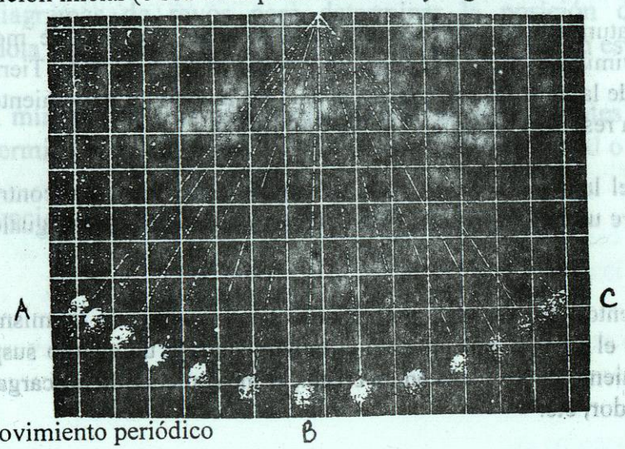

FIGURA 1 Movimiento periódico

La frecuencia se define como el número de veces que el proceso repite sus condiciones en la unidad de tiempo. Para calcular la frecuencia se necesita conocer las veces ciclos que el proceso repite sus condiciones en un tiempo cualquiera, entonces

$$f = \frac{\text{Numero de ciclos}}{\text{tiempo}}$$

dado que *f* y T son magnitudes que caracterizan el mismo proceso, de tal forma que se relacionan entre si

para un ciclo, nos quedaría $f = \dfrac{1}{\text{tiempo}}$

como el tiempo es el período (T), entonces $f = \dfrac{1}{T}$

quedando las dos magnitudes relacionadas de esta manera.

En el Sistema Internacional, la unidad de período es el segundo (s). La unidad de la frecuencia es el inverso del segundo $\left(\frac{1}{s}\right)$, que se interpreta como ciclo/segundo u oscilación/segundo. *A la unidad del inverso del segundo se le llama Hertz (Hz),* en honor del físico alemán Heinrich Hertz (1857-1894) descubridor de las ondas electromagnéticas. De tal manera que si un sistema tiene una frecuencia de 50 Hz, ésto quiere decir que el proceso se repite 50 veces por segundo.

Ejemplo 1. El médico determina que el corazón del paciente está latiendo 120 pulsaciones en un minuto. Determina la frecuencia y el período de las pulsaciones.

Solución:
El corazón es el proceso, en este caso particular y realiza 120 pulsaciones (ciclos) en un minuto, interpretándose que repite sus condiciones 120 veces por minuto. Este dato es la frecuencia, pero expresada en ciclos por minuto

entonces $f = \dfrac{\text{numero de ciclos}}{\text{tiempo}}$

sustituyendo $f = \dfrac{120 \text{ ciclos}}{60 \text{ segundos}} = 2\,\dfrac{1}{s}$

$$f = 2 \text{ Hz}$$

Como $T = \dfrac{1}{f}$

sustituyendo $T = \dfrac{1}{2\,\frac{1}{s}}$

$$T = 0.5\text{s}$$

Ejemplo 2. Un cuerpo suspendido de un resorte tiene un período de oscilaciones de 4 segundos. Calcula la frecuencia de las oscilaciones de dicho cuerpo.

T = 4s Como $f = \frac{1}{T}$

sustituyendo $f = \frac{1}{4s}$

$f = 0.25$

Ejemplo 3.- Un péndulo realiza oscilaciones y se observa que cada 4 segundos realiza 12 oscilaciones completas. Determina la frecuencia y el período de las oscilaciones completas.

Como $f = \frac{\text{numero de ciclos}}{\text{tiempo}}$

sustituyendo $f = \frac{12 \text{ oscilaciones}}{4 \text{ segundos}}$

$f = 3$ Hz

Como $T = \frac{1}{f}$

sustituyendo

$T = \frac{1}{3\ \frac{1}{s}}$

$T = 0.33$ s

3.- Movimiento armónico simple

Dentro de la variedad de movimientos periódicos se destaca una clase especial, que son aquellos movimientos en los cuales el cuerpo repite su trayectoria. Este es el caso del movimiento de un péndulo en el cual el cuerpo va y viene por la misma trayectoria, repetiéndola todo el tiempo. A los movimientos periódicos en los cuales el cuerpo repite la trayectoria se le llama movimiento oscilatorio. Este es el caso del movimiento de un cuerpo suspendido de un resorte, el movimiento de los iones en un cristal, etc.

La distancia entre la posición de equilibrio y la posición extrema ocupada por un cuerpo que oscila se le conoce como amplitud del movimiento, en la fig. 1, es de la posición B a la posición A, también es de la posición B a la posición C.

Al analizar el movimiento de un péndulo y observar el péndulo cuando está en la posición vertical (ver fig.1 posición B), la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo es cero, porque el peso del cuerpo está equilibrado con la tensión de la cuerda. En esta posición de equilibrio el cuerpo puede permanecer todo el tiempo si no se altera su estado por un agente externo. Si alejamos el péndulo de la posición de equilibrio, aplicando una fuerza

externa, y lo soltamos, el cuerpo comienza a moverse hacia la posición de equilibrio, pero cuando llegue a ella va a seguir su movimiento por inercia, debido a la velocidad que posee, por lo cual el cuerpo va a moverse alejándose de la posición de equilibrio, hacia el otro lado, hasta que su velocidad sea cero, en los extremos de la oscilación, cuando su amplitud es máxima, ver fig.1 en la posición A o en B. Entonces cambia el sentido de movimiento y regresa hacia la posición, de equilibrio, pero de nuevo la pasa, llegando al extremo de la oscilación, realizando así una oscilación completa o ciclo. De este análisis se puede concluir que existe una fuerza que tiende a regresar al cuerpo a la posición de equilibrio y que provoca las variaciones de su velocidad. A la fuerza que hace oscilar a un cuerpo se le llama fuerza restauradora o de restitución.

De todos los procesos oscilatorios que existen vamos a estudiar el caso más sencillo. Si un sistema cualquiera, cumple con las siguientes condiciones:

1) Presenta una fuerza proporcional al desplazamiento y dirigida siempre hacia la posición de equilibrio, o sea que tiende a regresar al cuerpo a la posición de equilibrio, con un sentido contrario al desplazamiento:

$$F = -kx$$

donde x es el desplazamiento, medido desde la posición de equilibrio, k es la constante de proporcionalidad, que puede ser un valor o una expresión, que tenga un valor constante para el sistema dado, y el signo menos indica que la fuerza F y el desplazamiento x tienen sentido contrario.

2) No presente agentes disipativos, o sea, agentes que disipen energía por fricción u otra causa.

Entonces el sistema realiza un movimiento oscilatorio llamado movimiento armónico simple, lo abreviaremos por MAS.

El movimiento del péndulo que oscila a lo largo de un plano único en un arco pequeño es un ejemplo de movimiento armónico simple. Esto se puede visualizar considerando que, del objeto suspendido se hace escapar arena, al encontrarse oscilando trazará una línea recta de corta longitud una y otra vez, ver fig.2. Si hacemos oscilar el péndulo arriba de una banda que se mueve uniformemente en dirección perpendicular al plano del péndulo oscilante, trazará una curva senoidal o sinuosidad, en donde se considera el movimiento de la banda como la variable tiempo y el péndulo realizando un movimiento armónico simple, formándose una gráfica que nos representa la posición del péndulo con respecto al tiempo, entonces, la gráfica de posición contra tiempo del movimiento armónico simple es una curva senoidal, ver fig.2b.

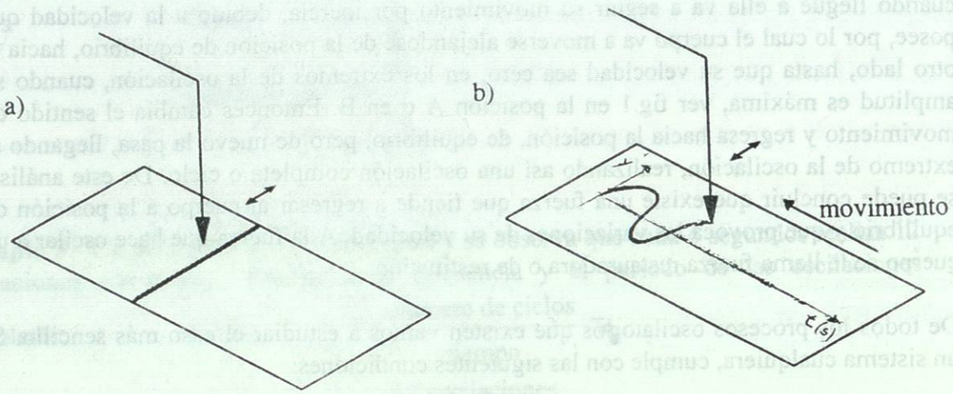

Figura 2. a) Línea recta de arena trazada por el péndulo al oscilar sobre la banda sin moverse. b) Curva senoidal o sinuoidal trazada por el péndulo cuando la banda se mueve uniformemente y en dirección perpendicular al plano de oscilación.

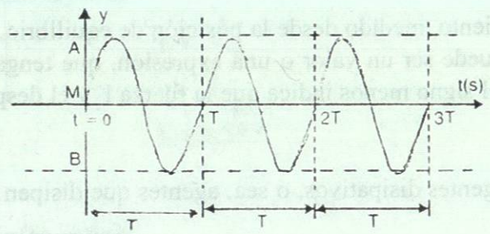

Figura 3. Gráfica de posición contra tiempo del movimiento armónico simple.

El nombre **MAS** proviene del hecho de que la posición del cuerpo queda determinada por una función armónica (seno o coseno) del tiempo.

Es importante destacar que en este caso, por primera vez, estudiamos el movimiento de un cuerpo bajo la acción de una fuerza variable. Por otra parte, a pesar de que la segunda condición, de la no presencia de agentes disipativos, puede parecer demasiado ideal, sí existen muchos sistemas que cumplen aproximadamente estas condiciones y por ello la importancia del estudio de este movimiento.

Ejemplos de estos sistemas, que pueden realizar un movimiento armónico simple, son: un péndulo cuando su desplazamiento desde la posición de equilibrio no es grande, un cuerpo suspendido de un resorte despreciando la fricción, las variaciones de la carga de un capacitor en un circuito compuesto por un inductor y un capacitor (sin resistencia), etc.

Analicemos el caso de un sistema mecánico, a partir de la Segunda Ley de Newton

$$F = ma$$

la fuerza debe ser proporcional al desplazamiento y en sentido contrario, entonces

$$F = -kx$$

sustituyendo

$$-kx = ma$$

despejando

$$a = -\frac{k}{m}x$$

A partir de la ecuación se observa que la aceleración del cuerpo no es constante, sino que depende de la magnitud del valor del desplazamiento x.

Dado que tanto k como m son positivas, se puede expresar el cociente k/m como una magnitud al cuadrado, o sea entonces

$$\omega_o^2 = \frac{k}{m}$$

y por tanto

$$a = -\omega_o^2$$

a la magnitud ω_o, se le llama frecuencia cíclica, o sea que un sistema, que tenga su aceleración en función del desplazamiento en la forma

$$a = -\omega_o^2 x$$

siempre que ω_o^2 sea una magnitud positiva y constante, realizará un movimiento armónico simple (**MAS**).

Analicemos el por qué de la magnitud llamada frecuencia cíclica, que nos recuerda el movimiento circular uniforme (módulo VI).