FISICA - GRADO 11 (Copiar en hojas cuadriculadas tamaño carta)

SUPERPOSICIÓN DE ONDAS

18. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN: Si dos o más conjuntos de ondas se cruzan en un punto determinado, cada uno de aquellos actúa como si estuviera solo, y su elongación en este punto no es perturbada por la otra elongación; en consecuencia, la elongación resultante $\boldsymbol{Y}$ es la suma algebraica de las elongaciones individuales $\boldsymbol{y}$ y $\boldsymbol{y'}$. Es decir: $\boldsymbol{Y = y + y'}$ **.**

19. ONDAS ESTACIONARIAS: Cuando el medio de propagación es de extensión finita, la onda se refleja con las mismas amplitud y frecuencia, y la onda que resulta es la suma de las ondas incidentes y reflejadas según el principio de superposición.

20. MÉTODO GEOMÉTRICO: Se construyen las dos curvas que representan en un momento dado, la forma de las ondas para los dos movimientos (dos sinusoidales de igual amplitud, que se desplazan en sentido contrario con la misma velocidad) y también la onda que resulta de los dos movimientos. En un determinado momento las dos curvas coinciden (véase fig. 1.61); la que resulta es la curva gruesa, y se ve inmediatamente que hay puntos de amplitud cero, llamados ***nodos***, separados $\lambda/2$, y puntos de amplitud máxima (amplitud doble en una de las sinusoidales), llamados ***vientres***, también separados $\lambda/2$.

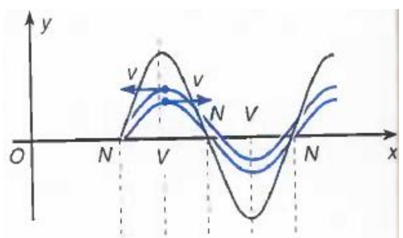

Figura 1.61

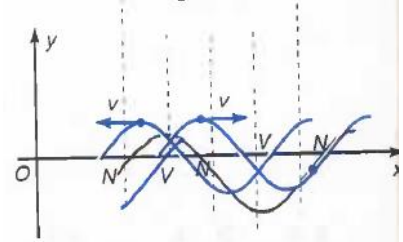

Figura 1.62

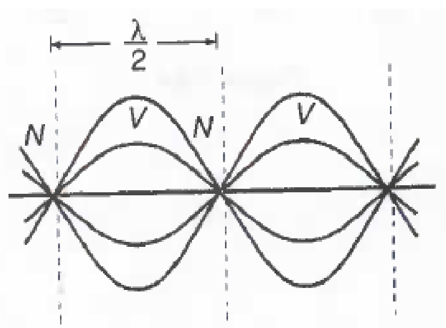

Figura 1.63

Veamos la construcción en un tiempo $\boldsymbol{t}$ más tarde. Las sinusoidales se han desplazado cantidades iguales en sentidos opuestos (véase fig. 1.62), y resulta de la simetría que en los nodos las elongaciones siempre son iguales, pero opuestas, mientras que en los vientres son siempre iguales, pero del mismo sentido, cualquiera que sea el tiempo t.

En resumen: si se dibuja el resultado de los dos movimientos en un mismo gráfico, a diferentes tiempos, se obtiene la figura 1.63. Generalmente, la cuerda vibra en forma tan rápida que el ojo sólo percibe la figura, en forma de *husos* separados por puntos que no vibran, los nodos. En una onda progresiva, la sinusoidal se desplaza; aquí, esta se deforma sin desplazarse; la energía no puede fluir más allá de los nodos, puesto que permanecen en reposo. Por tanto, la energía es estacionaria, o sea que en cada punto se reparte alternativamente en energía cinética y potencial elástica. Este tipo de movimiento se denomina ***ondas estacionarias.***

21. PULSACIONES

Consideremos ahora la superposición de dos vibraciones de frecuencias ligeramente diferentes. Supongamos que dos partículas que vibran con frecuencias diferentes están en su máximo en un momento dado. Mientras el tiempo avanza, una partícula se adelanta a la otra, y una nueva coincidencia de los máximos tendrá lugar después de un tiempo $\boldsymbol{T}$, cuando la primera partícula ha efectuado una oscilación más que la otra.

Se puede decir que la primera partícula, que realiza f oscilaciones en cada segundo, ha hecho fT oscilaciones, mientras que la otra ha efectuado $f'T'$ oscilaciones más una unidad. En resumen: $fT = f'T' + 1$.
O sea: $T = \frac{1}{f-f'}$. Si llamamos $F = \frac{1}{T}$, la frecuencia de las coincidencias de los máximos o **pulsaciones**, se tendrá: $F = f - f'$.

22. INTERFERENCIA

La interferencia en el espacio se refiere a la superposición de dos ondas de iguales frecuencias y amplitudes, que avanzan en la misma dirección con igual velocidad. Provienen de dos fuentes puntuales distintas y cada una de ellas recorre distancias diferentes. Supondremos que las fuentes producen los máximos y mínimos de las ondas al mismo tiempo, o sea que están en *fase*.

Representemos las dos ondas de igual amplitud A y frecuencia f en un momento dado, recorriendo la misma distancia (véase figura 1.66).

La suma de las elongaciones $Y = y + y'$ en la figura, muestra que se obtiene una onda sinusoidal de la misma frecuencia f pero de amplitud $2A$.

Se obtiene el mismo resultado (véase figura 1.67), si las dos ondas tienen entre sí una diferencia de camino Δx, igual a un número entero de longitud de onda λ, o sea: $\Delta x = x - x' = n\lambda$, con $(n = 0, 1, 2, \ldots)$.

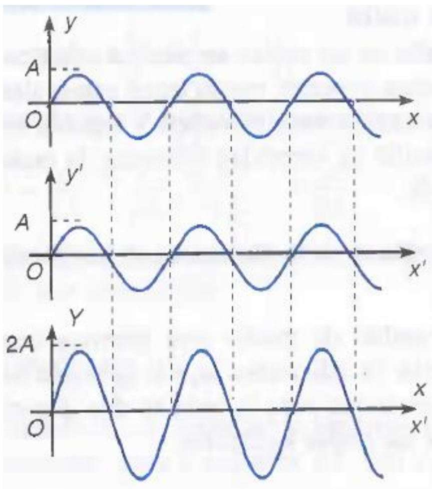

Figura 1.66

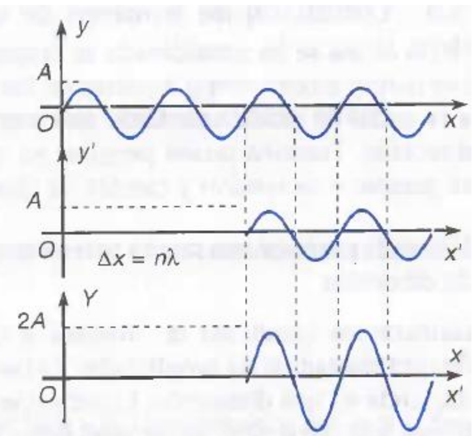

Figura 1.67

Las dos ondas llegan en fase a un punto, y se produce una interferencia constructiva cuando la diferencia de camino es un número entero de longitud de onda.

Si las dos ondas tienen entre sí una diferencia de camino $\lambda/2$ (véase figura 1.68), la suma de las elongaciones es siempre cero. Se obtiene el mismo resultado si la diferencia de camino es un número impar de $\lambda/2$ (véase figura 1.69), lo que se puede escribir:

$\Delta x = x - x' = (2n + 1)\lambda/2$, con $(n = 0, 1, 2, \ldots)$.

Las dos ondas llegan en oposición de fase en un punto, y se tiene una interferencia destructiva cuando la diferencia de camino es un número impar de longitud de onda dividido entre 2.

23. ONDAS EN CUERDAS

A) CON UN EXTREMO FIJO: Sea un pulso hacia arriba, que se dirige a un extremo fijo 0; por ejemplo, en una cuerda atada a un clavo o unida a una cuerda más densa (véase fig. 1.70). Cuando el pulso llega al extremo fijo, produce sobre éste una fuerza vertical hacia arriba. Por la tercera ley de Newton, el clavo ejercerá a su vez una fuerza igual pero de sentido contrario, o sea, hacia abajo. Esto genera un pulso de igual magnitud hacia abajo y que regresa en sentido opuesto al de la onda incidente. Es decir, *una onda, al reflejarse sobre un extremo fijo, sufre un cambio de fase de 180°*.

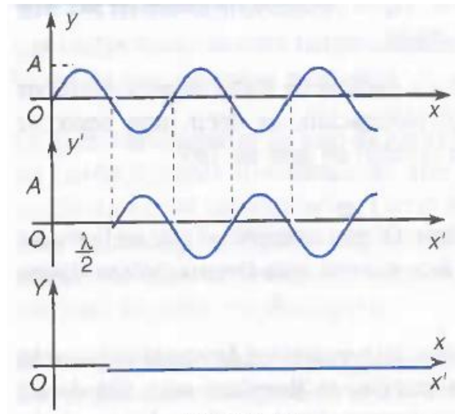

Figura 1.68

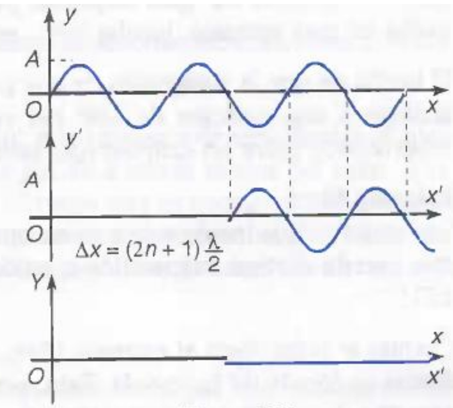

Figura 1.69

B) CON UN EXTREMO LIBRE: Sea un pulso que incide sobre un extremo libre 0; por ejemplo, el que se logra en una cuerda vertical suspendida o unida a una cuerda más liviana (véase fig. 1.71). Cuando el pulso llega al extremo libre, mueve éste y acelera horizontalmente la última molécula de la cuerda. Ésta, por su inercia, se desplaza más allá de su posición de equilibrio y, por tanto, ejerce una fuerza elástica sobre el resto de la cuerda. Esto genera un pulso reflejado, con una amplitud de igual magnitud y del mismo sentido que la amplitud del pulso incidente. Se dice entonces, que *la onda se refleja sin cambio de fase.*

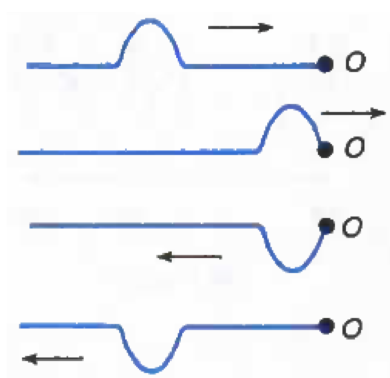

Figura 1.70

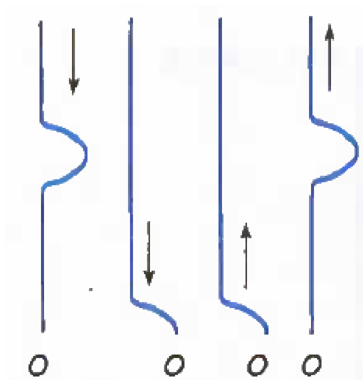

Figura 1.71