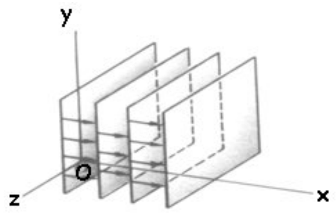
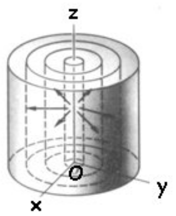
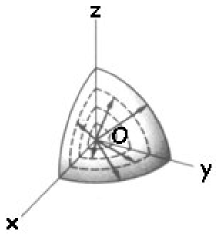
a) En el movimiento ondulatorio una perturbación en un punto del espacio provoca que un punto material se desplace en torno a su posición de equilibrio, es decir, que haya una variación de alguna magnitud física respecto a la situación de equilibrio. Esto provoca una oscilación de la partícula, que a su vez va a provocar que las partículas próximas oscilen o se perturben, y así sucesivamente, de forma que la perturbación inicial se propaga. Se entiende por frente de ondas todos los puntos del medio material que tienen el mismo estado de deformación en un instante dado.



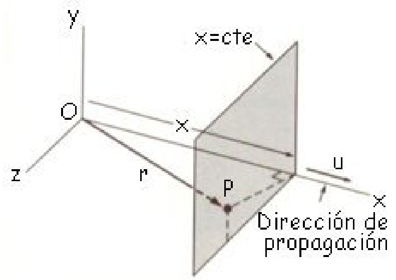
Existen varios tipos de frentes de ondas. Si en la función de onda y=f(x-vt) $\Rightarrow$ x=cte el frente de ondas viene dado por planos perpendiculares al eje X. A esta onda la denominamos onda plana. Las ondas planas se tienen siempre a gran distancia del foco emisor, donde se pueden considerar que los frentes de onda son planos.



Si los frentes de onda son cilindros coaxiales paralelos a una línea dada, las ondas son cilíndricas. En este caso la onda se propaga en todas las direcciones perpendiculares a dicha línea. Este tipo de ondas se generaría en un medio isótropo y homogéneo que contuviera muchas fuentes colocadas en una cierta línea. Es el caso, por ejemplo, de ondas circulares, generadas sobre la superficie del agua por una fuente puntual, que se mueve hacia arriba y abajo con movimiento periódico.



Si los frentes de onda son esferas concéntricas las ondas se denominan esféricas. La onda se propaga entonces en todas las direcciones del espacio. Este tipo de ondas se generaría en un medio isótropo y homogéneo donde hay una perturbación puntual.



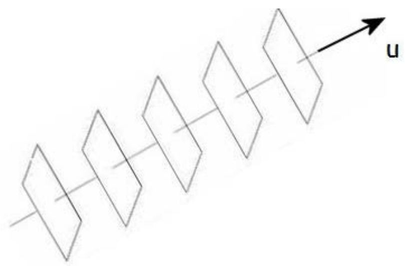
Centrémonos ahora en ondas planas. En tres dimensiones, la expresión y=f(x-vt) describe una onda plana que se propaga paralelamente al eje X. Notemos que todos los puntos del plano con x=cte tienen un vector de posición **r** tal que:

$$\mathbf{r} \cdot \mathbf{i} = \text{cte}$$

Por tanto, esa onda plana propagándose en dirección X se puede expresar como:

$$y = f(\mathbf{r} \cdot \mathbf{i} - vt)$$

Esto nos permite escribir cualquier onda plana propagándose en una dirección genérica **u**. Los frentes de onda serán los planos con **r** · **u**=cte y la onda se escribirá:



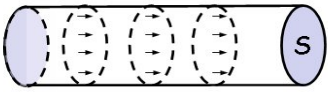
$$y = f(\mathbf{r} \cdot \mathbf{u} - vt)$$

Aunque esta expresión contiene las tres coordenadas, en realidad es un fenómeno en una dimensión: la onda se propaga sólo en la dirección de eje y no hay propagación en planos perpendiculares.

b) La intensidad de una onda representa la energía transmitida por unidad de tiempo y unidad de superficie:

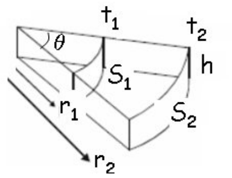
$$I = \frac{\langle P \rangle}{S} = v\frac{E_T}{S} = vE$$

siendo E la energía por unidad de volumen. En el Sistema Internacional la intensidad se mide en W/m^2.



En el caso de ondas planas, los frentes de onda son planos de sección S constante. La energía que atraviesa entonces cada sección es constante:

$$I_{planas} = \frac{\langle P \rangle}{S} = cte$$

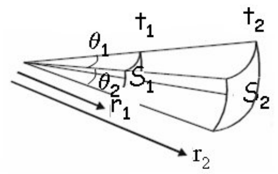


Para ondas cilíndricas, consideremos una porción de onda y dos instantes de tiempo t_1 y t_2. La energía que atraviesa la sección S_1 es la misma que atraviesa la sección S_2. Así, tendremos:

$$S_1=r_1\theta h;\ S_2=r_2\theta h;\ \langle P\rangle=cte$$

De modo que:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\langle P \rangle S_2}{\langle P \rangle S_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{r_2\theta h}{r_1\theta h} = \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow I_1 r_1 = I_2 r_2 \Rightarrow Ir = cte \Rightarrow I_{cilíndricas} \propto \frac{1}{r}$$



Operemos de igual modo con ondas esféricas, considerando una porción de onda y dos instantes de tiempo t_1 y t_2. La energía que atraviesa la sección S_1 es la misma que atraviesa la sección S_2. Así, tendremos:

$$S_1 = r_1\theta_1 r_1\theta_2 = r_1^2\theta_1\theta_2;\ S_2 = r_2\theta_1 r_2\theta_2 = r_2^2\theta_1\theta_2;\ \langle P \rangle = cte$$

Haciendo de modo análogo a como hicimos con ondas cilíndricas:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\langle P \rangle S_2}{\langle P \rangle S_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{r_2^2\theta_1\theta_2}{r_1^2\theta_1\theta_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \Rightarrow I_1 r_1^2 = I_2 r_2^2 \Rightarrow Ir^2 = cte \Rightarrow I_{esféricas} \propto \frac{1}{r^2}$$

$$I_{esféricas} \propto \frac{1}{r^2}$$