

El efecto Doppler.

Consideremos una fuente sonora que emite una frecuencia ν y que se desplaza respecto a un observador en reposo. Al pasar por delante del observador (momento en que la fuente sonora pasa de acercarse a alejarse respecto del observador), éste percibirá un cambio en la frecuencia del sonido, pasando éste de un tono más agudo a uno más grave. De la misma forma, si es el observador el que se dirige a la fuente, supuesta ésta en reposo, apreciará una disminución de la frecuencia cuando pase por delante de la fuente (el observador pasa, en ese momento, de acercarse a alejarse con respecto a la fuente).

Analicemos en primer lugar el caso de una fuente móvil y un observador en reposo. Como se puede ver en la siguiente representación gráfica, la longitud de onda disminuye cuando la fuente se acerca al observador, y aumenta si aquella se aleja de éste.

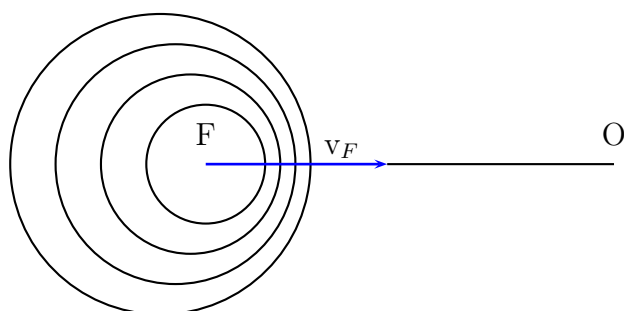


Figura 1: Fuente móvil y observador en reposo

Llamaremos v_F a la velocidad de la fuente y v a la velocidad de la onda. Si para $t = 0$ se emite el primer frente de ondas, cuando haya transcurrido un tiempo igual al periodo, T , se emitirá el segundo frente de ondas. El primero de ellos habrá recorrido una distancia vT , mientras que la fuente habrá recorrido una distancia $v_F t$. La separación entre ambos frentes de ondas, que corresponde a la longitud de onda percibida por el observador, será $\lambda_F = vT - v_F T$. La frecuencia percibida por el observador será entonces:

$$\nu_o = \frac{v}{\lambda_F} = \frac{v}{vT - v_F T} = \frac{v}{(v - v_F)T} = \nu_F \frac{v}{v - v_F}$$

Si dividimos numerador y denominador por v , tendremos:

$$\nu_o = \frac{\nu_F}{1 - \frac{v_F}{v}}$$

Como puede verse, la frecuencia percibida por el observador será mayor que la emitida por la fuente cuando ésta se acerque a aquel. Si la fuente se aleja del observador, la expresión quedará así:

$$\nu_o = \frac{\nu_F}{1 + \frac{v_F}{v}}$$

de forma que, como expresión general, podremos poner la siguiente:

$$\nu_o = \frac{\nu_F}{1 \mp \frac{v_F}{v}}$$

Veamos ahora el caso de una fuente en reposo y un observador móvil con velocidad v_o . Como podemos ver en el la representación gráfica, la longitud de onda percibida por el observador no varía con respecto a la de la fuente, aunque podemos considerar que la velocidad de propagación de la onda es $v + v_o$, por lo que:

$$\nu_o = \frac{v + v_o}{\lambda} \quad \text{y} \quad \nu_F = \frac{v}{\lambda}$$

por lo que dividiendo miembro a miembro, tendremos:

$$\frac{\nu_o}{\nu_F} = \frac{v + v_o}{v} \quad \text{por lo que} \quad \nu_o = \nu_F \left(1 + \frac{v_o}{v} \right)$$

Como es lógico, si el observador se aleja de la fuente, la velocidad de la onda respecto al observador será $v - v_o$, con lo que la frecuencia percibida por el observador será:

$$\nu_o = \nu_F \left(1 - \frac{v_o}{v} \right)$$

con lo que la expresión general queda de la forma:

$$\nu_o = \nu_F \left(1 \pm \frac{v_o}{v} \right)$$