TEMA I.18

Pulsaciones

Dr. Juan Pablo Torres-Papaqui

Departamento de Astronomía
Universidad de Guanajuato
DA-UG (México)

papaqui@astro.ugto.mx

División de Ciencias Naturales y Exactas,
Campus Guanajuato, Sede Noria Alta

Pulsaciones

Cuando dos ondas de la misma amplitud pero con frecuencias un poco diferentes interfieren se produce un fenómeno de pulsaciones.

La onda resultante semeja una onda senosoidal con amplitud variable que va desde un máximo a 0 y se repite.

La variación de amplitud o variación de volumen es lo que llamamos pulsación.

La frecuencia con la que cambia el volumen es la frecuencia de pulsación (ver Figura I.18.1).

Una frecuencia de pulsación de unos cuantos *Hz* es interpretada con una variación de tono.

Pulsaciones

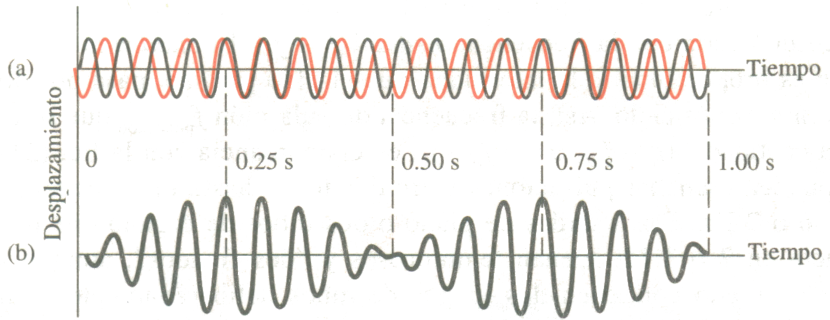

Figura I.18.1: Las pulsaciones son fluctuaciones de la amplitud producidas por dos ondas sonoras de frecuencias ligeramente distintas. (a) Ondas individuales. (b) Onda resultante.

Pulsaciones

La frecuencia de pulsación siempre es igual a la diferencia de las dos frecuencias f_A y f_B de las dos ondas que se solapan.

Demostración I:

Si $f_A > f_B$, $\Rightarrow$ $T_A < T_B$.

Si las dos ondas empiezan en fase en $t = 0$, volverán a ser en fase solamente cuando la primera onda haya pasado por un ciclo más que la segunda onda.

Esto sucederá en $t = T_{pul}$.

El número de ciclo de la segunda será entonces n - 1.

Pulsaciones

De manera que $T_{pul} = nT_A = (n-1)T_B$.

Eliminando n: $T_{pul} = \frac{T_A T_B}{T_B - T_A}$

El reciproco del periodo es la frecuencia: $f_{pul} = \frac{T_B - T_A}{T_A T_B} = \frac{1}{T_A}$ - $\frac{1}{T_B}$

$$f_{pul} = f_A - f_B \qquad (I.18.1)$$

Pulsaciones

Demostración II:

Suponga que $y_A(t) = A\,sen(2\,\pi\,f_A t)$ y $y_B(t) =$ -$A\,sen(2\,\pi\,f_B\,t)$

$$\Rightarrow y(t) = y_A(t) + y_B(t)$$

Usamos la identidad $sen(X)$ - $sen(Y) = 2\,sen\frac{1}{2}(X - Y)cos\frac{1}{2}(X + Y)$

$$y(t) = 2\,A\,sen\left(\frac{1}{2}2\,\pi(f_A - f_B)t\right)cos\left(\frac{1}{2}2\,\pi(f_A + f_B)t\right)$$

Vemos que el factor de amplitud varía con frecuencia $\frac{1}{2}(f_A - f_B)$

El factor coseno varía con frecuencia $\frac{1}{2}(f_A + f_B)$

Pulsaciones

El cuadrado de la amplitud (que es proporcional a I) pasa por dos máximos y dos mínimos por ciclo.

Así $f_{pul} = 2 \times \frac{1}{2}(f_A - f_B)$.

Se pueden escuchar pulsaciones hasta unas frecuencias de pulsación de 6 a 7 Hz.

Detectar pulsación es un método para afinar instrumentos a cuerdas.

Con frecuencias mayores a 6-7 Hz, no se detecta más pulsaciones y la sensación se funde en consonancia o disonancia.

Motores de avión con varias hélices deben ser sincronizados de modo que el sonido no causa pulsaciones.

Pulsaciones

Ejercicio: Dos guitarristas intentan tocar al mismo tiempo una misma nota musical cuya longitud de onda es de 6.5 *cm*, pero uno de instrumentos esta ligeramente desafinado y toca la nota musical a una longitud de onda de 6.52 *cm*. ¿Cuál es la frecuencia de la pulsación que estos musicos escuchan cuando estan tocando?

Recordando que $f_{pul} = |f_1 - f_2|$ y $\nu = f\lambda$, donde $\nu = 344\ m/s$, $\lambda_1 = 6.50$ *cm* y $\lambda_2 = 6.52$ *cm*. Así que $\lambda_2 > \lambda_1$ entonces $f_1 > f_2$. Sustituyendo

$$f_1 - f_2 = \nu\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

$$= \frac{\nu(\lambda_2 - \lambda_1)}{\lambda_1\lambda_2}$$

$$= \frac{(344\, m/s)(0.02 \times 10^{-2} m)}{(6.50 \times 10^{-2} m)(6.52 \times 10^{-2} m)}$$
$$= 16\, Hz$$

Nota: Podríamos haber calculado f_1 y f_2 y simplemente restar, pero hacerlo de esta manera tendríamos que tener cuidado de mantener las suficientes cifras significativas en los cálculos intermedios para evitar errores de redondeo.