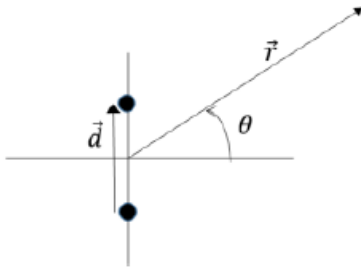


Práctico 7



1. Dipolo acústico. Considere dos fuentes simples monocromáticas en el espacio libre. Las fuentes operan a la misma frecuencia ω y con la misma amplitud $A = i\omega\rho_0 Q_s$ pero están desfasadas 180° entre sí. Sea \vec{d} el vector separación entre las fuentes. (a) Mostrar que, en campo lejano, $r \gg d$, la presión acústica se puede expresar como: $P'(r, \theta, t) = P'_s(r)H(\theta)$, Donde r es la distancia desde el punto medio entre las fuentes y el punto

de observación y θ es el ángulo respecto a la mediatriz del eje del dipolo como se muestra en la figura, $P'_s(r)$ es el campo acústico de una fuente simple y $H(\theta)$ es la función de directividad que deberá hallar explícitamente. Para campo lejano hallar: (b) la velocidad particular \vec{u} (c) la impedancia acústica del dipolo y (d) el diagrama de directividad de la intensidad acústica $\langle I \rangle$. (e) Hacer un bosquejo del diagrama de directividad anterior para el caso $kd=3\pi/2$.

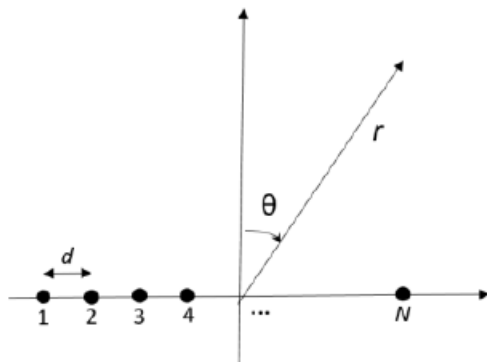
2 El principio de reciprocidad acústica establece que:

$$\int [P'_1 \vec{u}_2 - P'_2 \vec{u}_1] \cdot \hat{n} dS = 0$$

donde la integral refiere a las superficies que rodean las fuentes 1 y 2. Aplicar este principio a dos fuentes pequeñas de geometría arbitraria y separadas varias longitudes de onda entre sí para mostrar la equivalencia entre fuentes simples:

$$\frac{Q_1}{P'_1} = \frac{Q_2}{P'_2}$$

donde $Q = \int \vec{u} \cdot \hat{n} dS$ es el poder de la fuente.



3. Arreglo lineal de fuentes simples. Considere un arreglo lineal de N fuentes simples discretas como se muestra en la figura. La separación entre fuentes es d . Todas las fuentes emiten con la misma frecuencia y la misma fase. (a) Muestre que en el campo lejano, la presión acústica se puede expresar como $P'(r, \theta, t) = P'_s(r)H(\theta)$. Hallar las expresiones para $P'_s(r)$ y $H(\theta)$. (b) **Ejercicio numérico** Hallar $H(\theta)$ para $kd=3/2$ y $N = 11$ y para $kd=1/2$ y $N = 11$.

Realizar un gráfico de $H(\theta)$ en cada caso (c) Para el caso $kd=1/2$, idear una manera de que el lóbulo principal de se emita con un ángulo $\theta_0 \neq 0$ sin girar físicamente el arreglo lineal.

Relaciones útiles:

$$\sum_{n=0}^{N-1} \cos(n\theta) = \frac{\sin\left(\frac{N\theta}{2}\right) \cos\left(\frac{(N-1)\theta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} \sin(n\theta) = \frac{\sin\left(\frac{N\theta}{2}\right) \sin\left(\frac{(N-1)\theta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

4. Fuente lineal. Considere un cilindro de largo L y radio a , con $L \gg a$. La superficie cilíndrica vibra con velocidad $\vec{u} = U_0 e^{i\omega t} \hat{r}$. Este tipo de fuentes se conoce como fuente lineal (a) Hallar una expresión para la presión acústica en campo lejano. (b) Bosquejar el diagrama de directividad para la presión acústica. (c) Hallar la intensidad acústica $\langle I \rangle$ en campo lejano. Comparar el resultado con el obtenido para el arreglo lineal de fuentes simples.

5. Fuente circular. La superficie de un pistón circular plano de radio $a = 15$ cm vibra uniformemente con frecuencia angular ω y amplitud U_0 en aire ($c = 340$ m/s). (a) Mostrar que en campo lejano el campo acústico se puede escribir como $P'_s(r)H(\theta)$ y hallar explícitamente estas funciones. (b) ¿Para qué frecuencia ω el diagrama de directividad no tiene lóbulos laterales? (c) Si el pistón vibra con una frecuencia $f = \omega/2\pi = 3000$ Hz, ¿a qué distancia se encuentra aproximadamente el límite entre campo lejano y campo cercano? (d) Para la frecuencia de la parte anterior, hallar la relación en dB entre el lóbulo principal y el primer lóbulo secundario

Relaciones útiles:

$$J_m(x) = \frac{(-i)^m}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^{ix \cos(\phi)} \cos(m\phi) d\phi$$

$$\int x J_0(x) = x J_1(x)$$

6. Fuente rectangular (a) Hallar el diagrama de directividad en campo lejano de una fuente rectangular de lados L_x y L_y actuando en modo pistón (b) Estudiar el caso $L_y \ll L_x$ y comparar el resultado con el de la fuente lineal.

7. El eje de una fuente lineal de largo L coincide con el eje x de manera que la fuente se extiende desde $-L/2$ hasta $L/2$. La amplitud de vibración de la superficie cilíndrica de la fuente no es uniforme sino que tiene una apodización triangular dada por:

$$U(x) = \begin{cases} \frac{2U_0}{L} \left(x + \frac{L}{2}\right) & x < 0 \\ -\frac{2U_0}{L} \left(x - \frac{L}{2}\right) & x > 0 \end{cases}$$

Hallar el diagrama de directividad de esta fuente en campo lejano y compararlo con el obtenido para la fuente del ejercicio 4.

8. (a) Mostrar que la impedancia de radiación de una esfera pulsante se puede escribir como:

$$Z_r = \rho_0 c (4\pi a^2) \cos(\theta_a) e^{i\theta_a}$$

donde $\cos(\theta_a) = \frac{ka}{[1+(ka)^2]^{1/2}}$ (b) Mostrar que en el límite $ka \ll 1$, la reactancia de radiación es equivalente a una masa de fluido $m_r = \chi_r/\omega = 3\rho_0 V_a$, donde V_a es el volumen de la esfera pulsante.

9. (a) A un tubo de paredes rígidas y sección transversal constante se le inserta un resonador de Hemholtz como rama lateral como se muestra en la figura 1. Mostrar que, en el límite de bajas frecuencias, el resonador actúa como un filtro suprime-banda, suprimiendo las frecuencias en torno a la frecuencia de resonancia del resonador de Hemholtz. (b) Si ahora la rama lateral es abierta como en la figura 2, mostrar que, en el límite de bajas frecuencias, ésta se comporta como un filtro pasa-altos.

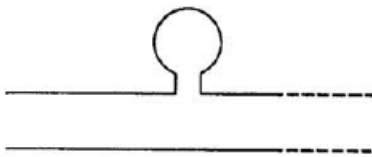


Figura 1

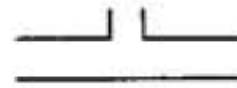


Figura 2