

Problemas

1. El ladrido de un perro supone alrededor de 1 mW de potencia. Si esta potencia se distribuye uniformemente en todas las direcciones, ¿cuál es el nivel de intensidad sonora a una distancia de 5 m? ¿Y si estuvieran dos perros ladrando al mismo tiempo?

La intensidad sonora a 5 m será

$$I = W/4\pi r^2 = 10^{-3}/314 = 3,18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

$$NIS = 10 \log I/I_0 = 65 \text{ dB}$$

Dos perros doblan la intensidad sonora con lo que

$$NIS = 10 \log 2 + 10 \log I/I_0 = 3 + 65 = 68 \text{ dB}$$

2. La intensidad de una orquesta es la misma que la de 250 violines. Si el nivel de intensidad de la orquesta es de 80 dB, ¿cuál es la de un violín?

Tenemos que el NIS viene dada por

$$NIS = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ decibelios}$$

y sabiendo que el NIS de la orquesta es de 80 dB, la intensidad de la onda sonora generada por la orquesta es igual a

$$I = I_0 10^{NIS/10} = 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

La intensidad del violín es 250 veces menor que la de la orquesta con lo que el NIS del violín será

$$NIS = 10 \log(10^{-4}/250 \cdot 10^{-12}) = 56 \text{ dB}$$

3. El NIS de un altavoz a 0,5 m es de 111 dB. ¿Cuál es el NIS a 3 m?

Sabemos que la intensidad sonora es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia con lo que

$$I(3m)=I(0,5\text{ m})(0,5/3)^2=I(0,5m)/36$$

El nivel de intensidad sonora a 3m es

$$\text{NIS}=10\log(I(3m)/I_0)=10\log(I(0,5m)/36I_0)=111\text{ dB}-10\log 36=94,4\text{ dB}$$

4. Una onda sonora esférica posee un NIS doble a 1 m de la fuente que a 2 m. Calcular su NIS a 1 m y a 4m de la fuente y la potencia de la fuente.

$$\text{NIS}(1\text{m})=2\text{NIS}(2\text{m})$$

$$I(1\text{m})=I(2\text{m})(2/1)^2=4I(2\text{m})$$

$$\text{Sabido que } \text{NIS}=10\log(I/I_0)$$

$$2(\text{NIS}(1\text{m})-10\log 4)=\text{NIS}(1\text{m}); \text{NIS}(1\text{m})=20\log 4= 12 \text{ dB}$$

El nivel de intensidad sonora a 4 m sera igual a

$$\text{NIS}(4\text{m})= \text{NIS}(1\text{m})-10\lg(4/1)^2=12-12=0 \text{ dB}$$

La potencia de la fuente es

$$P=4\pi r^2 I=4\pi I_0 10^{\text{NIS}(1\text{m})/10}= 2 \times 10^{-10} \text{ W}$$

5. Una onda sonora de 90 dB y frecuencia angular 100 rad/s se transmite por el agua. Calcular la amplitud de oscilación y la variación máxima de presión.

La intensidad de la onda sonora es

$$I = I_0 10^{NIS/10} = 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

Sabemos que la intensidad de la onda se relaciona con la máxima variación de presión por

$$I = \frac{\Delta p_0^2}{2v r_0} = \frac{\Delta p_0^2}{2Z}$$

$$Z = r v = 1,48 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{s}$$

$$\Delta p_0 = 54,4 \text{ N/m}^2$$

y la amplitud de desplazamiento es igual a

$$x_0 = \frac{\Delta p_0}{\omega Z} = 3,68 \times 10^{-7} \text{ m}$$

6. Cuando un violinista mueve su arco sobre una cuerda "la", que vibra con una frecuencia de 440 Hz, ejerce una fuerza de 0,6 N desplazando el arco a una velocidad de 0,5 m/s. Un oyente a 35 m del músico oye un NIS de 60 dB. ¿Cuál es el rendimiento de transformación de potencia mecánica en potencia sonora?

La potencia mecánica viene dada por la ecuación

$$P_m = Fv = 0,3 \text{ W}$$

Sabemos que el NIS a 35 m es 60 dB

$$60 \text{ dB} = 10 \log I(35 \text{ m}) / I_0$$

con lo que la intensidad de la onda sonora a 35 m es

$$I(35 \text{ m}) = 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

La potencia acústica será igual a, asumiendo que el sonido se irradia en todas las direcciones

$$P_a = I(35 \text{ m}) 4\pi(35)^2 = 0,0154 \text{ W}$$

Con lo que el rendimiento es $\eta = 0,0154/0,3 = 5,13\%$

7. Una onda sonora de 100 dB incide normalmente sobre una superficie de agua. ¿Cuánto decibelios poseen las ondas transmitida y reflejada?

Sabemos que los factores de transmisión al incidir una onda de forma normal sobre una superficie de separación vienen dados por

$$t = \frac{4s}{(1+s)^2}$$

$$r = 1 - \frac{4s}{(1+s)^2}$$

donde s es la razón entre impedancias acústicas $s = Z_2/Z_1 = 3700$

La intensidad de la onda incidente es igual a

$$I_i = I_0 10^{S/10} = 10^{-2} \text{ W/m}^2$$

con lo que la intensidad de la onda transmitida es igual a

$$I_t = t I_i = 1,08 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2 \text{ y su NIS} = 70,3 \text{ dB}$$

La intensidad de la onda reflejada será

$$I_r = I_i - I_t = 9,99 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2 \text{ y su NIS} = 99,99 \text{ dB}$$

8. Calcular para una sala rectangular el tiempo de reverberación asumiendo que las superficies son de hormigón. ¿Cómo cambia el tiempo de reverberación si las paredes se recubren de madera, el suelo se alfombra y se recubre de yeso el techo?

9. Calcular, de forma que se optimice el tiempo de reverberación, el coeficiente de absorción medio para una sala de conferencias de 10 m de ancho por 12 m de largo y 4 m de alto.

El volumen y superficie de esta sala es igual a

$$V= 480 \text{ m}^3$$

$$S= 416 \text{ m}^2$$

El tiempo de reverberación es igual a

$$t_r= 0,165 \frac{V}{A}$$

donde $A=\alpha S$

Para una sala de estas características el tiempo de reverberación tiene que estar en torno a 0,7 s con lo que

$$\alpha= 0,27$$

10. Para la sala anteriormente optimizada calcular la sonoridad del campo reverberante para una fuente acústica de 0,1 W. ¿Cuál sería la sonoridad total a una distancia de 10 m de la fuente?

La intensidad del campo reverberante será igual a

$$I_r = 4W_a \frac{1-a}{aS} = 2,6 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

y el nivel de intensidad sonora del campo reverberante será

$$\text{NIS} = 10 \log(I/I_0) = 94,1 \text{ dB}$$

La intensidad total a 10 m de distancia de la fuente sonora es

$$I = W_a \left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4(1-a)}{aS} \right) = 7,96 \times 10^{-5} + 2,6 \times 10^{-3} = 2,68 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

y el NIS del campo total

$$\text{NIS} = 94,3 \text{ dB}$$

11. Una pared deja pasar el 1% de la intensidad de la onda sonora de 1 kHz de frecuencia de un lado al otro. Calcular las pérdidas por transmisión TL y estimar la masa por unidad de superficie de la pared. ¿Con cuántos decibelios oímos un sonido generado al otro lado de la pared con un nivel de intensidad sonora de 90 dB?. ¿En cuánto deberíamos variar el espesor de la pared si deseamos mantener las pérdidas por transmisión para un sonido de 400 Hz?

La pérdida por transmisión será igual a

$$TL = 10 \log(1/0,01) = 20 \text{ dB}$$

Por otro lado

$$TL = 20 \log(mf) - 43$$

con lo que

$$m = f^{-1} 10^{(TL+43)/20} = 1,41 \text{ Kg/m}^2$$

El NIS al otro lado de la pared para un sonido de 90 dB será igual a

$$NIS_2 = NIS_1 - 10 \lg 100 = 70 \text{ dB}$$

12. Considérese una sala de 4 m de ancho por 5 m de largo y 3 m de alto con un coeficiente de absorción medio de 0,25. Se desea instalar un equipo de música estereo de forma que a 3 m de los altavoces, que tienen un rendimiento de 90 dB, el nivel de intensidad sonora sea de 110 dB. ¿Qué potencia eléctrica deben tener los altavoces?

Sabemos que el nivel de intensidad sonora a una distancia r producida por un altavoz a limentado por una potencia eléctrica W_e viene dado por

$$NIS(r, W_e) = R + 10 \log W_e + 10 \log \left(\frac{1}{r^2} + 16p \frac{1-a}{aS} \right)$$

Despejando W_e

$$W_e = 10^{\frac{NIS(r, W_e) - R}{10}} \left(\frac{1}{r^2} + 16p \frac{1-a}{aS} \right)^{-1}$$

Dado que existen 2 altavoces, la intensidad sonora a igual distancia de los altavoces será el doble. Esto significa un aumento de 3 dB respecto a un solo altavoz. Por tanto la sonoridad a alcanzar por un altavoz será de 107 dB para obtener los 110 dB deseados a 3 m.

La habitación tiene una superficie $S=94 \text{ m}^2$ con un $\alpha=0,25$

La potencia eléctrica a suministrar al altavoz es igual a

$$W_e = 86 \text{ W}$$