

Sección 3 - Exercicios de autoavaliación

1. Contesta ás seguintes cuestións:
 - a) Pode transmitirse o son no baleiro?
 - b) Por que a velocidade de propagación do son é maior no hidróxeno ca no aire?
2. Dase un golpe a un extremo dunha viga de ferro. Unha persoa que se atopa situada no outro extremo escoita dous golpes separados por un intervalo de 0,2 s. Cal é a lonxitude da viga?

Datos: velocidade do son no ferro = 5130 m/s
velocidade do son no aire = 340 m/s
3. O oído humano pode percibir sons de frecuencias comprendidas entre 20 Hz e 20000 Hz, aproximadamente; cales son as lonxitudes de onda no aire que corresponden a estas frecuencias?
Dato: velocidade do son no aire = 340 m/s
4. Razona a veracidade ou falsidade da seguinte afirmación: "un son de 80 dB ten o dobre de intensidade que un de 40 dB".
5. O oído humano é capaz de distinguir dous sons que se emiten cun intervalo de 0,1 s. A que distancia mínima dunha parede debe estar situada unha persoa para percibir o eco?
6. Un secador de pelo ten un nivel de intensidade de 80 dB. Cal é a intensidade do seu son en W/m^2 ?
7. Un altofalante xera unha intensidade sonora de $10^{-2} W/m^2$ a 20 m de distancia.
 - a) Determina en decibelios o nivel de intensidade sonora.
 - b) Determina tamén a potencia de son emitida polo altofalante considerándoo como un foco puntual de ondas esféricas.
 - c) A que distancia da fonte o son se reduce a un nivel de 50 dB?
Dato: $I_0 = 10^{-12} W/m^2$
8. Unha pantalla acústica atenúa o son que chega a unha vivenda, de modo que pasa de 100 a 40 dB. En que factor diminúeu a intensidade do son que chega á vivenda?
9. Unha fiestra aberta ten por dimensións $0,5 \times 2,0 m$ e o nivel de intensidade sonora no ventanal é de 60 dB. Que potencia acústica penetra na habitación?
10. Un tren móvese cunha velocidade de 100 m/s, e a frecuencia do seu silbato é de 100 Hz. Calcula a lonxitude de onda que percibe un observador inmóvil que está situado:
 - a) Diante da locomotora.
 - b) Detrás da locomotora.
11. O son dunha fonte que emite a 450 Hz percíbese a 500 Hz cando nos achegamos a ela a certa velocidade. Que frecuencia percibiremos cando nos alonxemos dela á mesma velocidade?

12. Un coche A que circula a 100 km/h alónxase doutro B que vai a 80 km/h en sentido contrario facendo sonar o seu claxon. Se a frecuencia da bocina é de 480 Hz, calcula a que percibe o condutor do coche B.
13. Déixase caer unha pedra nun pozo. Se o impacto se escoita ao cabo de 10s, cal é a profundidade do pozo?
Dato: velocidade do son no aire = 340 m/s
14. A distancia que separa dous nodos consecutivos nun sistema de ondas sonoras estacionarias no aire é de 120 cm. Calcula a frecuencia e o período do son.
15. Un tubo de órgano de 2 m encóntrase aberto polos seus dous extremos:
- Cal é a súa frecuencia fundamental?
 - Cal é o armónico máis alto posible para este tubo, dentro do intervalo audible?

Solucións

1. a) Non, porque é unha onda mecánica e como tal necesita un medio material para a súa propagación.

b) Porque a masa molar do hidróxeno é menor, polo que a velocidade de propagación é maior, según se desprende da expresión: $v_g = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

2. A velocidade do son no ferro é de 5130 m/s. Así pois, se a lonxitude da viga é l , e o son a través da viga tarda un tempo t en chegar ao outro extremo, teremos:

$$l = v_f t$$

O segundo golpe que se escoita é o que se transmite polo aire, que chega con certo retraso con respecto ao que se transmite polo ferro. Posto que a lonxitude que percorre é a mesma e o tempo invertido neste caso é $t' = t + 0,2$, teremos:

$$l = v_{\text{aire}}(t + 0,2)$$

E, ao igualar obteremos:

$$t = 7,1 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

E substituíndo, concluimos que:

$$l = 36,41 \text{ m}$$

3. As lonxitudes de onda para 20 Hz e 20000 Hz serán, respectivamente:

$$\lambda_{\text{umbral}} = \frac{v}{f_{\text{umbral}}} = 17 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{v}{f_{\text{máx}}} = 0,017 \text{ m}$$

4. A afirmación é falsa: a intensidade do son é 10000 veces maior. Dado que $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$, ó desenvolver a expresión $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ para un son de 80 dB, obtense:

$$80 \text{ dB} = 10 \log I + 120$$

É dicir:

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

e para un son de 40 dB:

$$I' = 10^{-8} \text{ W/m}^2$$

Por tanto: $I = 10^4 \cdot I'$

5. O intervalo de 0,1 s é o tempo transcurrido entre que escoitamos a nosa voz e o seu eco reflexado na parede. O son recorre unha distancia 2d (ida e volta), é dicir:

$$2d = vt$$

de onde:

$$d = \frac{340 \cdot 0,1}{2} = 17 \text{ m}$$

6. A partir da lei de Weber-Fechner:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Substituímos:

$$80 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow \log I = -4$$

É dicir:

$$I = 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

7. a) Expresamos o nivel de intensidade sonora en decibelios, tal e como nos piden:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \log \frac{10^{-2}}{10^{-12}} = 100 \text{ dB}$$

b) A intensidade da onda nun punto é a potencia que chega á unidade de superficie perpendicular á dirección de propagación da onda. Supñemos que a onda é armónica e que non diminúe a súa potencia:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} \rightarrow P = I 4\pi r^2 = 10^{-2} \cdot 4 \cdot \pi \cdot 20^2 = 50,26 \text{ W}$$

c) Para achar a intensidade no nivel de 50 dB empregamos a seguinte expresión:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \rightarrow \frac{\beta}{10} = \log \frac{I}{I_0} \rightarrow \frac{50}{10} = \log \frac{I}{I_0} \rightarrow 5 = \log \frac{I}{I_0}$$

$$10^5 = \frac{I}{I_0} \rightarrow I = 10^5 I_0 \rightarrow I = 10^5 \cdot 10^{-12} = 10^{-7} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

A partir da expresión $I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$, podemos atopar o valor de R:

$$R = \sqrt{\frac{P}{4\pi I}} \rightarrow R = \sqrt{\frac{50,26 \text{ W}}{4\pi 10^{-7} \text{ W/m}^2}} = 6324,2 \text{ m}$$

8. O nivel da intensidade na escala decibélica vén dado pola expresión:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Así pois, para comparar as intensidades de dous sons, unha vez que se coñecen os valores de nivel de intensidade, podemos operar do seguinte xeito:

$$\beta - \beta' = 10 \left(\log \frac{I}{I_0} - \log \frac{I'}{I_0} \right) = 10 \log \frac{I}{I'}$$

Aplicando a expresión ó noso caso, encontramos que:

$$60 = 10 \log \frac{I}{I'}$$

Polo que:

$$\log \frac{I}{I'} = 6 \Rightarrow I = 10^6 \cdot I'$$

É dicir, a intensidade orixinal era 10^6 veces maior que a intensidade despois do apantallamento. Así pois, a intensidade diminúeu nun factor de 10^6 .

9. A potencia acústica ven dada por

$$P = IS$$

e a intensidade I está relacionada co nivel de intensidade β en dB mediante a ecuación

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}, \text{ sendo } I_0 \text{ a intensidade inicial mínima: } I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}.$$

Neste caso,

$$\log \frac{I}{I_0} = \frac{\beta}{10} = \frac{60}{10} = 6$$

é dicir,

$$\frac{I}{I_0} = 10^6; I = 10^6 \cdot 10^{-12} = 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

logo

$$P = IS = 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 2,0 = 10^{-6} \text{ W}$$

10. a) Neste caso de efecto Doppler, o foco sonoro móvese con relación a un observador que está en repouso diante da locomotora, polo que a fonte se achega a aquel.

Así, a lonxitude de onda medida polo observador será:

$$\lambda' = (v - v_F)T = \frac{v - v_F}{f}$$

Substituíndo os datos:

$$\lambda' = \frac{340 - 100}{100} = 2,4 \text{ m}$$

b) Se o observador está detrás da locomotora, a fonte sonora alónxase daquel e a lonxitude de onda medida será:

$$\lambda' = (v + v_F)T = \frac{v + v_F}{f}$$

Substituíndo os datos:

$$\lambda' = \frac{340 + 100}{100} = 4,4 \text{ m}$$

Comentario: A lonxitude emitida polo fonte sonora vén dada pola expresión:

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} = \frac{340}{100} = 3,4 \text{ m}$$

Así pois, como vimos no desenvolvemento desta unidade, e no caso dunha fonte sonora que esté en movemento mentres o observador permanece en repouso, $\lambda' < \lambda$ se a fonte se achega ao observador e $\lambda' > \lambda$ no caso contrario.

11. A frecuencia que percibimos a medida que nos achegamos á fonte, ven dada pola seguinte expresión:

$$f' = f \left(\frac{v + v_0}{v} \right)$$

Substituíndo os datos:

$$500 = 450 \cdot \left(\frac{340 + v_0}{340} \right)$$

Resolvendo, obtemos que:

$$v_0 = 37,8 \text{ m/s}$$

Así pois, a medida que nos alonxemos da fonte con dita velocidade, a frecuencia que percibiremos será:

$$f' = f \left(\frac{v - v_0}{v} \right)$$

Substituíndo os datos:

$$f' = 450 \cdot \left(\frac{340 - 37,8}{340} \right) = 400 \text{ Hz}$$

12. En primeiro lugar, pasamos as dúas velocidades a unidades do Sistema Internacional.

$$100 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$80 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A frecuencia que percibe o conductor do coche B calcúlase mediante a seguinte expresión, aplicable a unha fonte sonora e un observador en movemento **alonxándose á vez**:

$$f' = \frac{v'}{\lambda'} = f \left(\frac{v - v_0}{v + v_F} \right) = 480 \cdot \left(\frac{340 - 22,22}{340 + 27,78} \right) = 414,74 \text{ Hz}$$

13. Os 10 s corresponden ó tempo que tarda a pedra en chegar ao fondo do pozo, máis o que emprega o son en ascender ata o observador. É dicir:

$$t_1 + t_2 = 10 \text{ s}$$

A altura descendida pola pedra é:

$$y = \frac{1}{2}gt_1^2$$

Esa mesma altura é a que ascende o son. Como $y = vt_2$, entón:

$$\frac{1}{2}gt_1^2 = vt_2$$

Substituíndo t_2 por $10 - t_1$:

$$\frac{1}{2}gt_1^2 = v(10 - t_1)$$

e despregando t_1 , obtemos:

$$t_1 = 8,9s$$

Tendo isto en conta, a profundidade do pozo será:

$$y = \frac{1}{2}gt_1^2 = 388,1m$$

14. Nunha onda estacionaria, a distancia entre dous nodos consecutivos é igual a $\frac{\lambda}{2}$.
Así pois:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2}$$

Polo tanto, no noso caso:

$$\lambda = 240cm = 2,4m$$

Así pois:

$$f = \frac{v}{\lambda} = 141,67Hz$$

$$T = \frac{1}{f} = 7,1 \cdot 10^{-3}s$$

15. a) A súa frecuencia fundamental é:

$$f = n \frac{v}{2L} \text{ para } n=1$$

Polo tanto:

$$f = \frac{v}{2L} = \frac{340}{2 \cdot 2} = 85Hz$$

b) Considerando 20000 Hz a máxima frecuencia audible, teremos:

$$f = n \frac{v}{2L} \Rightarrow n = \frac{2Lf}{v}$$

Substituíndo os datos:

$$n = \frac{2 \cdot 2 \cdot 20000}{340} = 235$$

Por tanto, o armónico máis alto é o 235.