

ONDAS SONORAS – EFECTO DOPPLER

GUIA de PROBLEMAS de FISICA III para Carreras de Ingeniería

Prof. Mariano A. Nicotra
Profesor adjunto de Fisica II y Mecánica Analítica, con funciones anexas en Física III
Departamento de Física
FCEFN – UNC

Primera versión – Agosto de 2018

Con excepción de los problemas que provienen de guías o textos de otros autores, el material incluido en esta guía queda sujeto a la licencia que se refiere a continuación.

This work is licensed under the Creative Commons 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA)

Unidad II: ONDAS SONORAS – EFECTO DOPPLER

Velocidad de la onda sonora

1. En un experimento destinado a verificar el valor de la velocidad del sonido en el aire, dos ingenieros se sitúan, durante la noche, en las cimas de dos montes vecinos y uno de ellos dispara un arma de fuego. Si el segundo percibe la detonación 7 s después de haber visto el destello luminoso del arma: a) ¿A qué distancia se encuentra del lugar de la detonación? b) ¿Cuál es el error relativo porcentual que se introduce en la determinación de la distancia si se supone propagación instantánea de la luz? Suponer que la velocidad de las ondas sonoras es de 340 m/s, en tanto que la velocidad de la luz es de $3 \cdot 10^8$ m/s.
2. Se sabe por sondeos meteorológicos que, generalmente, a medida que se asciende en la zona de la atmósfera más cercana a la Tierra o troposfera, cuyo espesor medio es de unos 11 km, la temperatura disminuye a razón de unos 0,65 °C por cada 100 metros de elevación. Si un avión supersónico rompe la barrera del sonido cuando se encuentra a 8000 metros de altura, determinar cuánto tiempo tardará la onda sonora en llegar al suelo si:
a) se considera que el sonido se propaga a la velocidad que corresponde a la temperatura a nivel del suelo (30°C); b) si el sonido se propagara todo el camino a la velocidad correspondiente a la altura donde se produjo. c) Si se toma en cuenta la velocidad que corresponde a cada punto del camino (en este último caso limitarse a discutir el planteo de la solución). Analizar que tan importante resulta considerar un caso u otro.

Longitud de onda, intensidad y nivel de intensidad sonora

3. Los dispositivos piezoeléctricos utilizados en los ecógrafos emiten ondas ultrasónicas cuyas frecuencias están en el rango de 1-10 MHz. Si se sabe que en tejidos blandos como los que constituyen el hígado la onda se propaga a 1540 m/s, determinar la mínima separación entre dos superficies reflectantes que será capaz de distinguir el ecógrafo con cada frecuencia (resolución espacial axial del ecógrafo).
4. La intensidad de onda sonora más baja que puede percibir el oído a una frecuencia de 1 kHz es de 10^{-12} W/m². Calcule la amplitud del desplazamiento del tímpano y la sobrepresión en él en esa situación y para una intensidad acústica de 120 dB, que corresponde al umbral de dolor.
5. a) Una onda sonora de $f=1$ kHz ¿producirá sensación dolorosa en los oídos en un lugar en que tiene una intensidad de $0,4$ W/m²? b) ¿Y en otro lugar situado a la mitad de distancia a la fuente en comparación con el descrito en (a)?
6. (De una guía anterior preparada por Odetto, Chautemps & Lazarte) Un altavoz está ubicado entre dos observadores separados por una distancia de 100 m a lo largo de la línea que los une. Si uno de ellos registra un nivel de intensidad sonora de 60 dB y el otro, de 80 dB, calcular a qué distancia está el altavoz de cada observador.
7. (De una guía anterior preparada por Odetto, Chautemps & Lazarte) Dos parlantes emiten ondas sonoras de diferentes frecuencias. El primero de ellos tiene una potencia de salida de 2W mientras que el otro tiene una potencia de salida de 5W. Calcular el nivel de intensidad sonora que detecta un micrófono situado a 10 metros de cada parlante si: a) Sólo emite el primero; b) Sólo emite el segundo; c) Ambos emiten simultáneamente.

Interferencia entre ondas sonoras

8. Suponga que dos pequeños parlantes separados 0.75 metros son excitados por un mismo oscilador de audio, emitiendo sonidos de $f = 113$ Hz. Si un micrófono está ubicado a 2 m de uno de los parlantes, luego de confeccionar un esquema de la localización de los tres elementos, responder:

- ¿A qué distancia debe estar el segundo parlante para estar afectado por interferencia destructiva?
- ¿Qué valor toma el ángulo entre la línea recta de ambos parlantes y la línea micrófono-primer parlante?

b) El micrófono ¿puede estar localizado sobre la línea definida por los dos emisores? Justificar
Suponga que la velocidad de propagación del sonido en el aire es de 339 m/s.

9. (De una guía anterior preparada por Odetto, Chautemps & Lazarte) Con el fin de controlar el tráfico en una intersección de carreteras, se sitúan en las posiciones E y R un emisor de ondas E y un receptor R, de acuerdo a la figura que se incluye en el pizarrón. En la posición A se coloca un reflector estático, de modo que en R se reciben las ondas procedentes directamente de E y las reflejadas en A.

- ¿Cuál es la longitud de onda de la señal si en estas condiciones se sabe que en R se percibe el primer máximo de amplitud?
- Si el reflector se desplaza hacia A' ¿Cuál debe ser la distancia AA' para que en R no se perciba señal alguna?

Efecto Doppler

10. Un equipo estático de ondas ultrasonoras emite una onda de 50 kHz y, a la vez, detecta el eco producido en un móvil que se acerca a dicho equipo a razón de 34 m/s. El detector que está formando parte del equipo emisor ¿encontrará coincidencia entre la frecuencia emitida por el equipo y aquella reflejada en el objeto? Cualquiera sea su respuesta, ¿Cuál será el valor de la frecuencia detectada?

11. Una patrulla de policía viaja en un tramo recto de una autopista a la velocidad de 120 km/h cuando hace sonar su sirena ($f = 850$ Hz). Tres vehículos están ubicados más adelante:

- un automóvil que atraviesa la ruta a 50 km/h en un cruce transversal a 90° ;
- una ómnibus de transporte de pasajeros que se aproxima de frente a 80 km/h ;
- Un camión que avanza en el mismo sentido del móvil policial también a 80 km/h.

Se pide calcular qué valor de frecuencia perciben los pasajeros en cada vehículo.

12. El efecto Doppler en fenómenos ópticos se utiliza para determinar la velocidad con que se alejan o acercan los astros con relación a nuestra posición terrestre, sea por efecto de la expansión general del Universo o por cualquier otra causa. Si se sabe que la *Galaxia de Andrómeda* se acerca a la *Vía Láctea* a razón de $4 \cdot 10^5$ km/h, ¿con qué longitud de onda λ_r se detectará la luz producida por átomos de sodio en la *Andrómeda* si en los experimentos de laboratorios terrestres se sabe que el sodio emite luz amarilla de $\lambda_e = 589.3$ nm ? ¿Esa longitud de onda detectada está desplazada hacia el extremo rojo del espectro luminoso (750 nm) o hacia el extremo azul (400 nm) respecto al valor convencional? ¿Cuál de las dos longitudes de onda es más larga?