

Física II

Ondas mecánicas y sonido

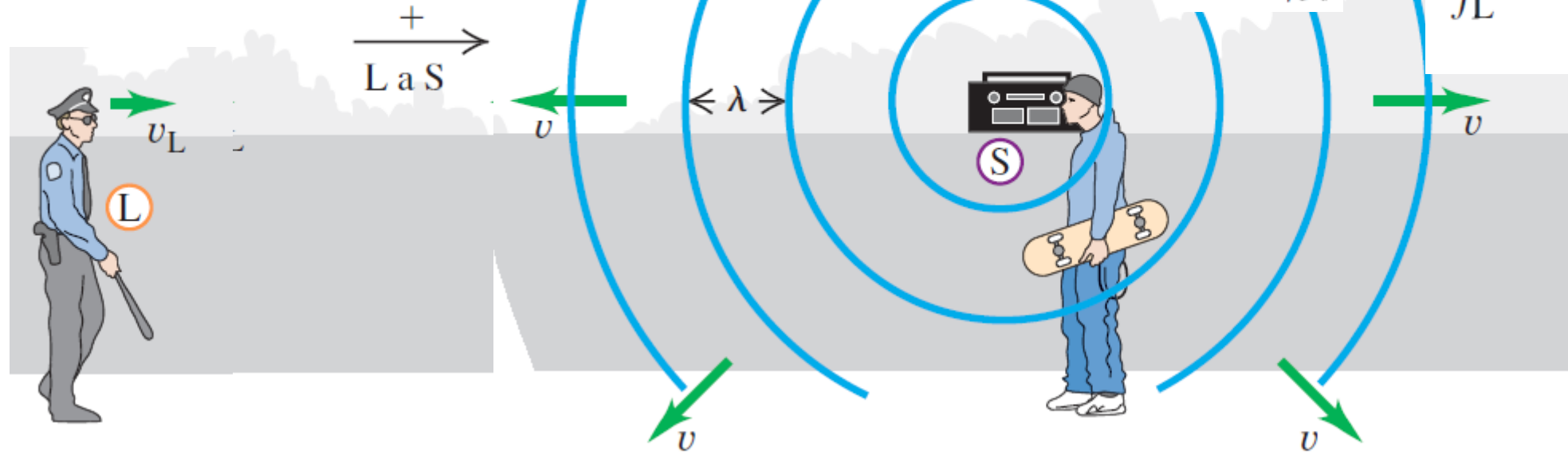
Ondas sonoras

Efecto Doppler



Efecto Doppler Receptor en movimiento y fuente estacionaria

- Velocidad del receptor (L) = v_L
- Velocidad de la fuente (S) = 0 (en reposo)
- Rapidez de la onda sonora = v
- Dirección positiva: del receptor a la fuente



Frecuencia con que llegan a la posición del receptor → frecuencia que el receptor oye

$$f_L = \frac{v + v_L}{\lambda} = \frac{v + v_L}{v/f_S}$$

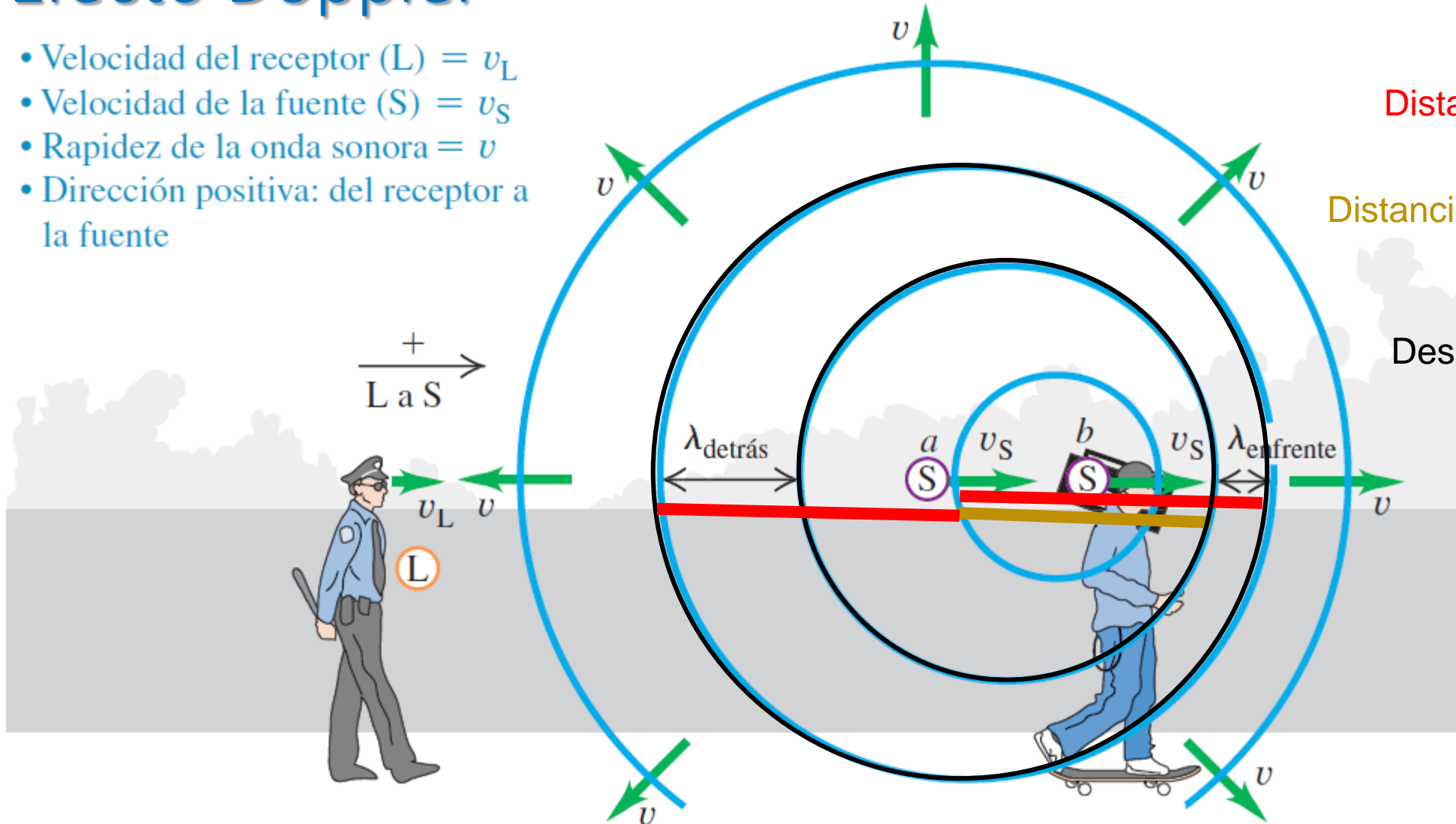
hacia una fuente ($v_L > 0$)
frecuencia más alta (tono más agudo)
se aleja de la fuente ($v_L < 0$)
frecuencia más baja (tono más grave)

$$f_L = \left(\frac{v + v_L}{v} \right) f_S = \left(1 + \frac{v_L}{v} \right) f_S \quad \text{(receptor móvil, fuente estacionaria)}$$

Efecto Doppler

Fuente en movimiento y receptor en movimiento

- Velocidad del receptor (L) = v_L
- Velocidad de la fuente (S) = v_S
- Rapidez de la onda sonora = v
- Dirección positiva: del receptor a la fuente



Distancia que viaja la onda:

$$vT = v/f_S$$

Distancia que se mueve la fuente:

$$v_S T = v_S/f_S$$

Desplazamiento relativo de la fuente y la onda

$$\lambda_{\text{enfrente}} = \frac{v}{f_S} - \frac{v_S}{f_S} = \frac{v - v_S}{f_S}$$

(longitud de onda enfrente de una fuente móvil)

$$\lambda_{\text{atrás}} = \frac{v + v_S}{f_S}$$

(longitud de onda atrás de una fuente móvil)

Efecto Doppler

Fuente en movimiento y receptor en movimiento

$$\lambda_{\text{enfrente}} = \frac{v}{f_S} - \frac{v_S}{f_S} = \frac{v - v_S}{f_S} \quad (\text{longitud de onda enfrente de una fuente móvil}) \quad \lambda_{\text{atrás}} = \frac{v + v_S}{f_S} \quad (\text{longitud de onda atrás de una fuente móvil})$$

Sustituimos la última ec. en la frecuencia que el receptor oye

$$f_L = \frac{v + v_L}{\lambda_{\text{atrás}}} = \frac{v + v_L}{(v + v_S)/f_S}$$

Efecto Doppler para
receptor en movimiento
L y fuente móvil S:

$$f_L = \frac{v + v_L}{v + v_S} f_S$$

Frecuencia escuchada por el receptor f_L

Velocidad del escucha (+ si es de L a S, - si es opuesta) v_L

Rapidez del sonido v

Velocidad de la fuente (+ si es de L a S, - si es opuesta) v_S

Frecuencia emitida por la fuente f_S

Efecto Doppler

Efecto Doppler para receptor en movimiento L y fuente móvil S:

$$f_L = \frac{v + v_L}{v + v_S} f_S$$

Labels for the equation:

- f_L : Frecuencia escuchada por el receptor
- v : Rapidez del sonido
- v_L : Velocidad del escucha (+ si es de L a S, - si es opuesta)
- f_S : Frecuencia emitida por la fuente
- v_S : Velocidad de la fuente (+ si es de L a S, - si es opuesta)

16.29 El efecto Doppler explica por qué la sirena de un carro de bomberos o de una ambulancia tiene un tono alto ($f_L > f_S$) cuando se acerca ($v_S < 0$) y un tono bajo ($f_L < f_S$) cuando se aleja ($v_S > 0$).



Defina un sistema de coordenadas, con la dirección positiva del receptor a la fuente

Si la fuente y el receptor se están acercando entre sí

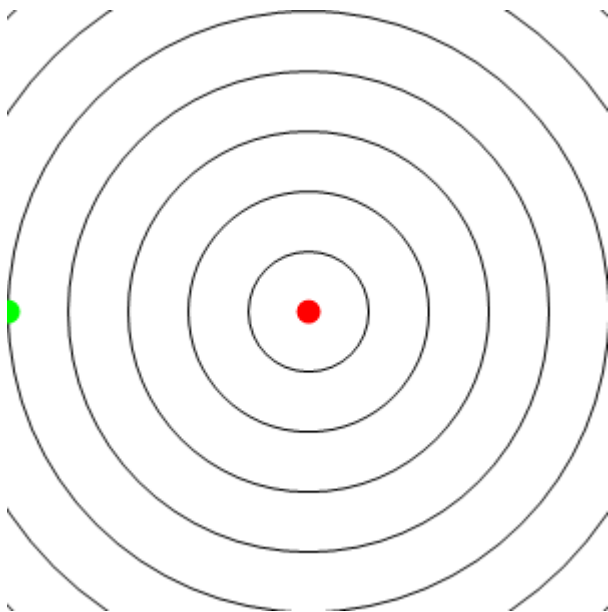
$$f_L > f_S$$

Si se están alejando

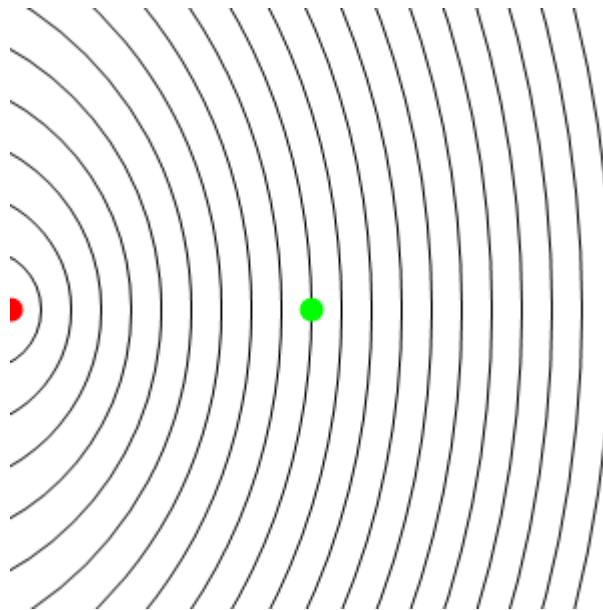
$$f_L < f_S$$

Si la fuente y el receptor no tienen movimiento relativo

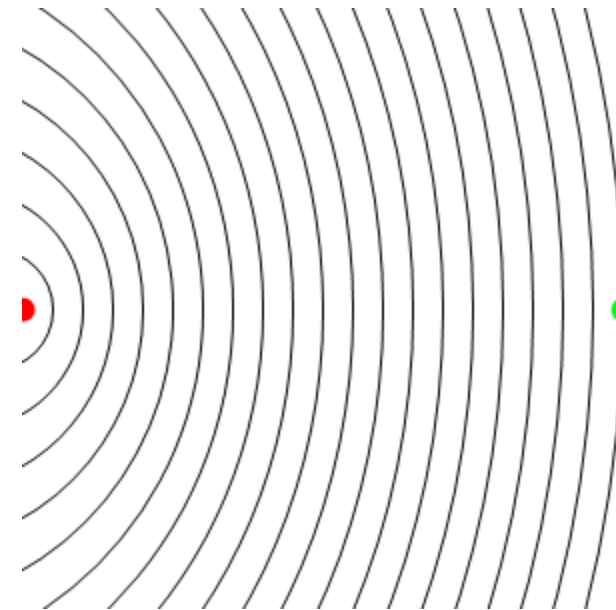
$$f_L = f_S$$



Fuente en reposo

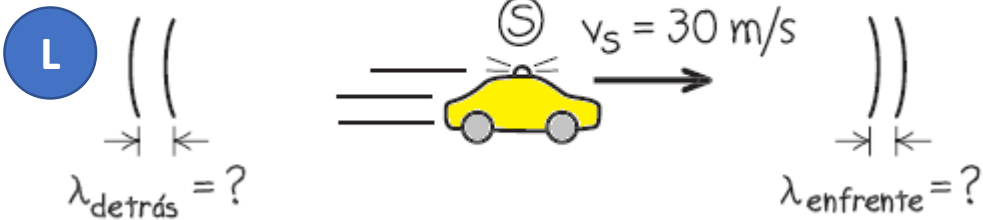


Fuente en movimiento



Fuente y receptor en movimiento

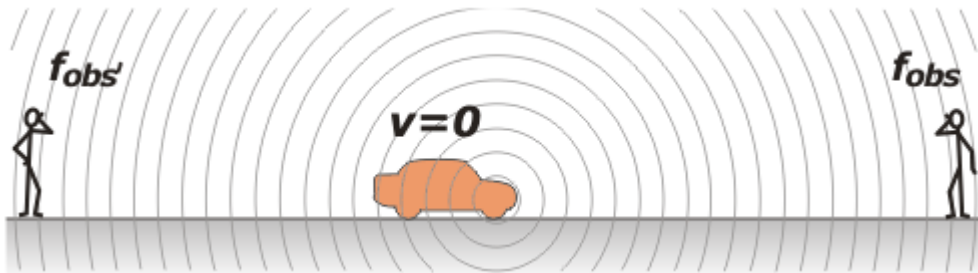
Ejemplo 8



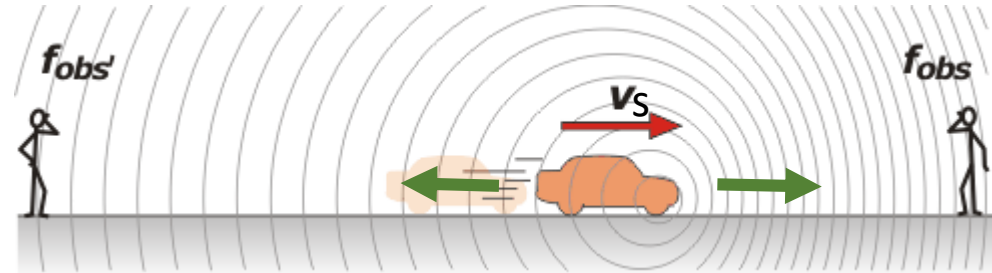
a) Encontrar la longitud de onda del sonido si la sirena está en reposo
No hay efecto Doppler

$$v = \lambda f_s \quad \lambda = v / f_s$$

$$\lambda = (340 \text{ m/s}) / (300 \text{ s}^{-1}) = 1.13 \text{ m}$$



b) Encontrar la longitud de onda del sonido si la sirena se mueve (imagen)



$$f_L = \frac{v + v_L}{v + v_s} f_s \quad v_L = 0 \quad f_L = \frac{v}{v + v_s} f_s$$

← **+** Enfrente

$$f_L = \frac{v}{v - v_s} f_s$$

$$f_L = \frac{340}{340 - 30} (300 \text{ Hz})$$

$$f_L = 329 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f_L} = \frac{340 \text{ m/s}}{329 \text{ Hz}} = 1.03 \text{ m}$$

Detrás **+** →

$$f_L = \frac{v}{v + v_s} f_s$$

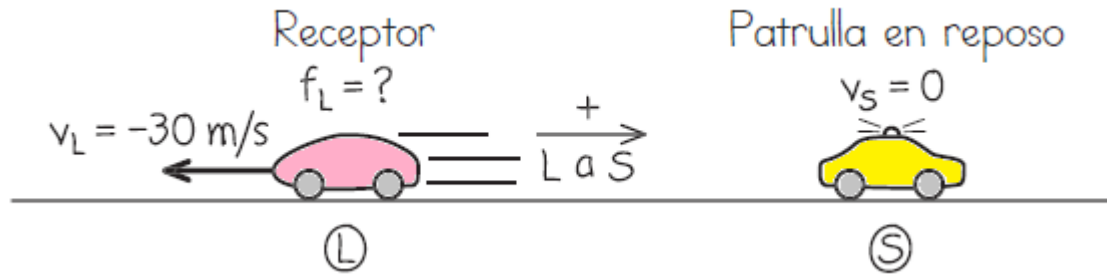
$$f_L = \frac{340}{340 + 30} (300 \text{ Hz})$$

$$f_L = 276 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{276 \text{ Hz}} = 1.23 \text{ m}$$

Ejemplo 8

c) Si la sirena está en reposo y el receptor se mueve alejándose de la sirena a 30 m/s, ¿qué frecuencia oye?

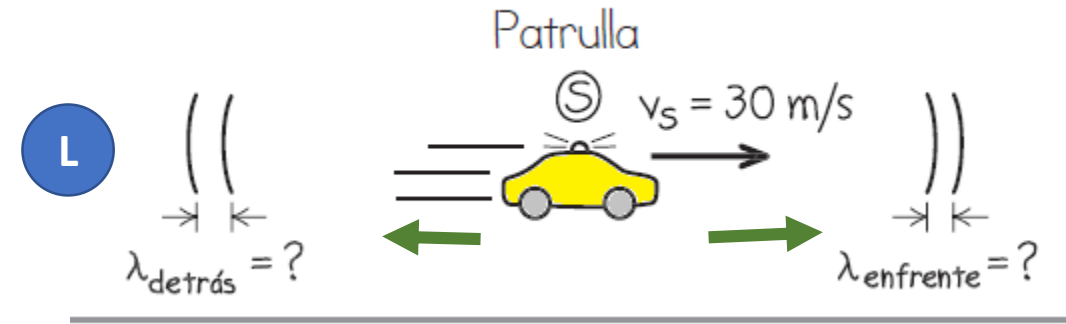


$$f_L = \frac{v + v_L}{v + v_s} f_s \quad v_s = 0$$

$$f_L = \frac{v + v_L}{v} f_s$$

$$f_L = \frac{340 - 30}{340} (300 \text{ Hz})$$

$$f_L = 274 \text{ Hz}$$



Enfrente

$$f_L = 329 \text{ Hz}$$

Detrás

$$f_L = 276 \text{ Hz}$$

c) Si la sirena está en reposo y el receptor se mueve acercándose de la sirena a 30 m/s, ¿qué frecuencia oye?

$$f_L = \frac{340 + 30}{340} (300 \text{ Hz}) \quad f_L = 326. \text{ Hz}$$

d) Si ambos están acercándose a 30 m/s, ¿qué frecuencia oye?

$$f_L = \frac{340 + 30}{340 - 30} (300 \text{ Hz})$$

$$f_L = 358 \text{ Hz}$$

e) Si ambos están alejándose a 30 m/s, ¿qué frecuencia oye?

$$f_L = \frac{340 - 30}{340 + 30} (300 \text{ Hz})$$

$$f_L = 251 \text{ Hz}$$

Pregunta 9

- Imagine que está en un concierto al aire libre y que el viento sopla a 10 m/s de los músicos hacia usted. ¿El sonido que escucha ha sufrido un desplazamiento Doppler?
- Si es así, ¿se desplazó a frecuencias más bajas o más altas?

GRACIAS
(Practica con la autoevaluación de sonido)