FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

CIMT CENTRO DE INFORMATICA MEDICA Y TELEMEDICINA

PROF. JOCELYN DUNSTAN

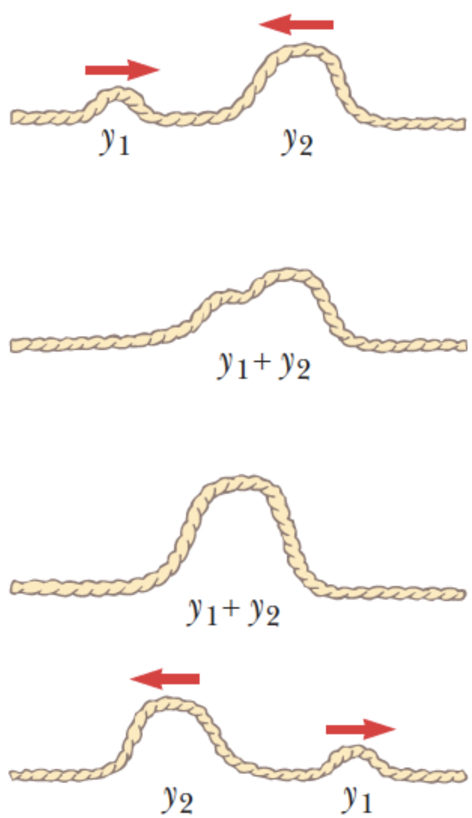
SUPERPOSICIÓN DE ONDAS

-Fisica II, Tecnología Médica 2018
-

OBJETIVOS DE ESTA CLASE

- Superposición de ondas e interferencia
- Ondas estacionarias (nodo y antinodo)
- Ondas estacionarias en cuerdas y columnas de aire
- Ondas en barras y membranas
- Batimiento: ondas con frecuencia similar
- Ondas no-sinusoidales

Si dos o más ondas se mueven en un medio, la onda resultante será la suma algebraica de los valores de las funciones en cada punto.



Ejemplo: pulsos en una cuerda

Suponga que dos ondas viajan hacia la derecha con la misma amplitud y longitud de onda, pero con un desfase φ

$$y_1 = A\sin(kx - \omega t) \qquad y_2 = A\sin(kx - \omega t + \phi)$$

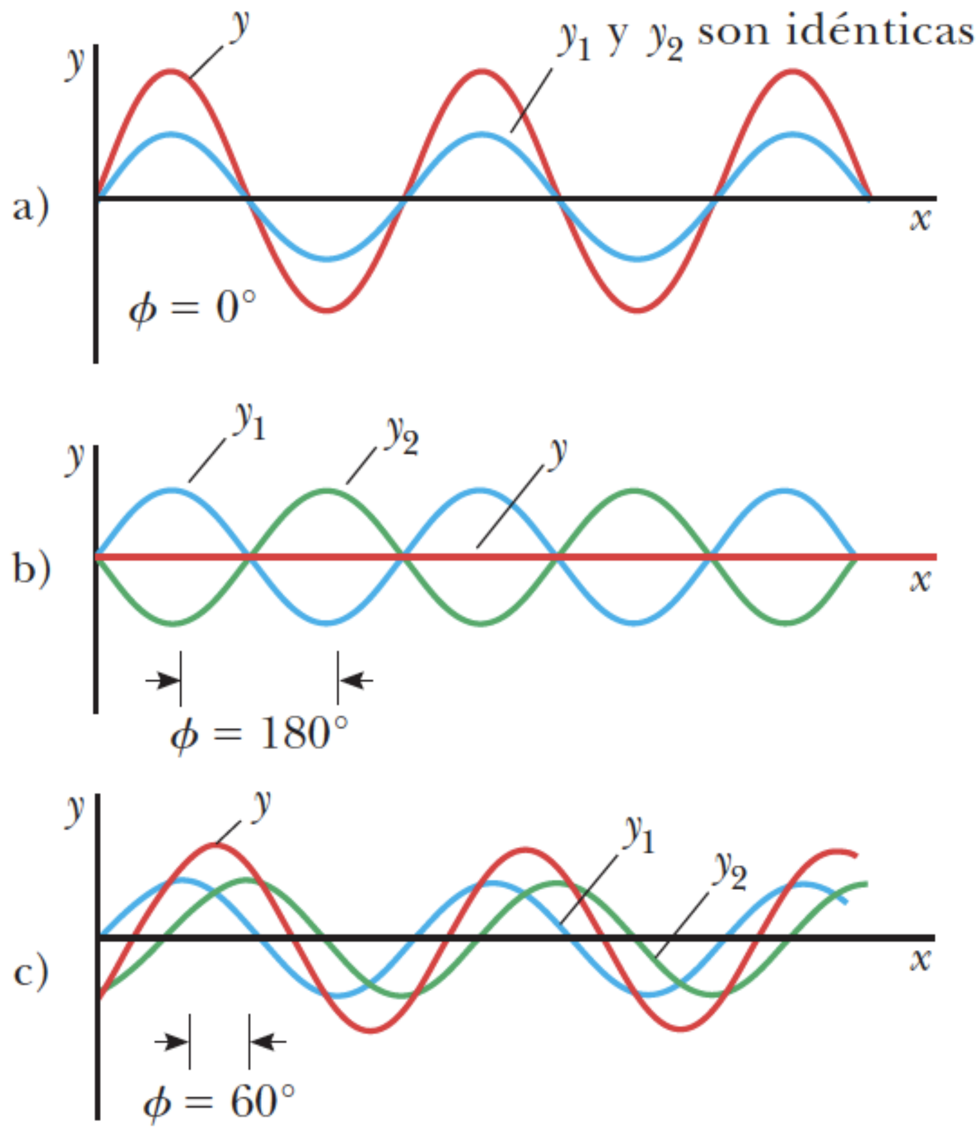
Usando la identidad trigonométrica:

$$\sin a + \sin b = 2\cos\left(\frac{a-b}{2}\right)\sin\left(\frac{a+b}{2}\right)$$

Se obtiene que la onda resultante es:

$$y = 2A\cos\left(\frac{\phi}{2}\right)\sin(kx - \omega t + \frac{\phi}{2})$$

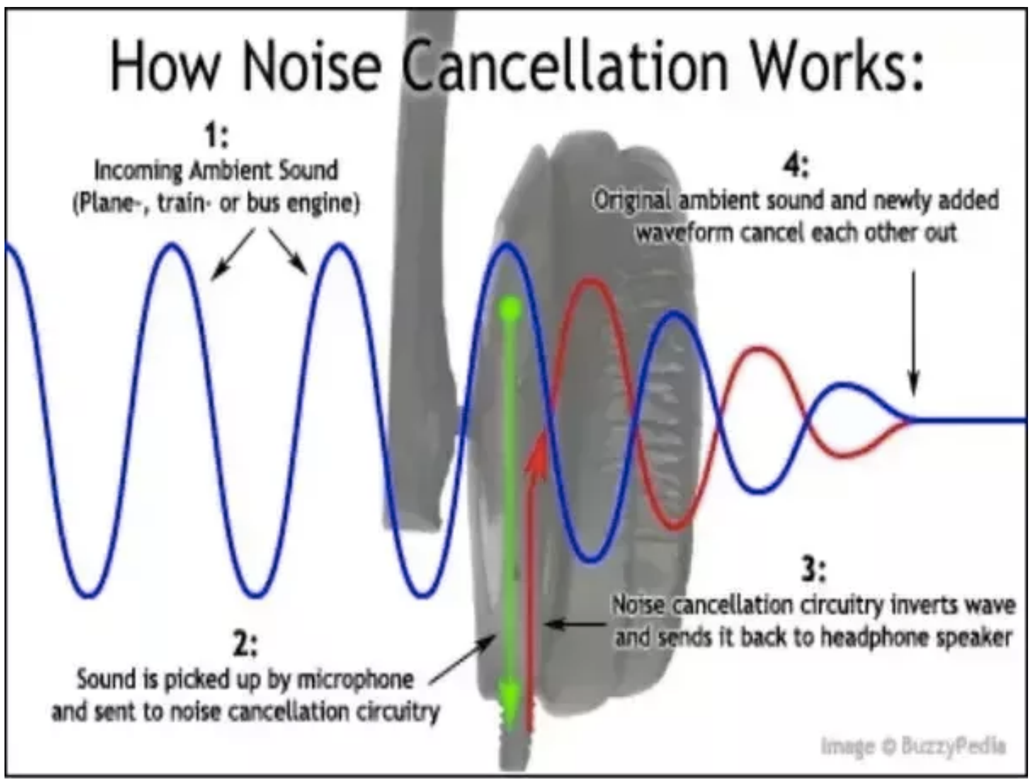
RESULTADO DE SUPERPOSICIÓN DE ONDAS DEPENDIENDO DE LA FASE



Física, Serway & Jewett, 7ta Edición

¿Cómo funcionan los audífonos con bloqueo de ruido?

Escuchando el ruido ambiente para luego crear la misma onda pero desfasada en medio ciclo, y de ese modo la suma es cero (silencio)



Considere ondas sinusoidales transversales de la misma amplitud, frecuencia y longitud de onda que se mueven en direcciones opuestas:

$$y_1 = A\sin(kx - \omega t) \qquad y_2 = A\sin(kx + \omega t)$$

Usando la identidad trigonométrica,

$$\sin(a+b) + \sin(a-b) = 2\sin a \cos b$$

$$y = 2A\sin(kx)\ \cos(\omega t)$$

La cual no es una onda viajera, sino que en cada elemento de la cuerda la amplitud está dada por la distancia al origen y el movimiento tiene frecuencia ω

Los nodos son puntos de amplitud cero (fijos) dados por:

$$kx = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, ...$$

Y puesto que k=2π\λ,

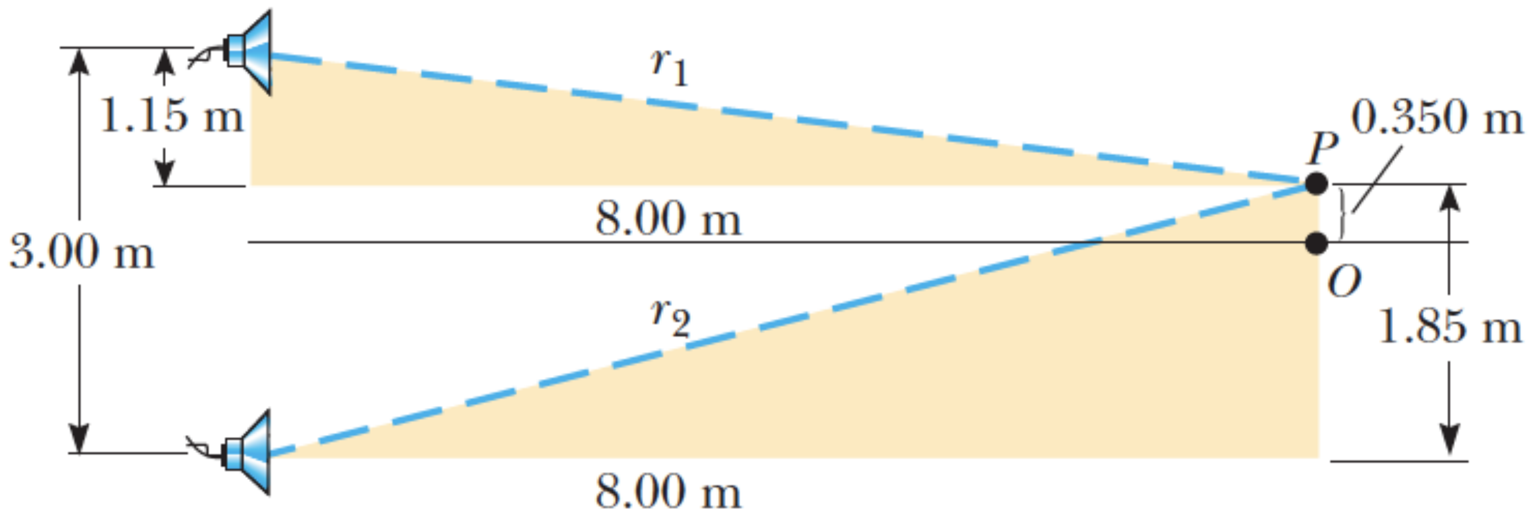
$$x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2}, ... = n\frac{\lambda}{2}$$

Por otra parte, los antinodos son puntos de máxima amplitud:

$$x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, ... = n\frac{\lambda}{4}$$

PROBLEMA #1

Considere dos bocinas colocadas como indica la figura. Si el escucha se mueve al punto P y experimenta el primer mínimo, ¿cuál es la frecuencia de las bocinas?



Respuesta: 1.3 KHz

PROBLEMA #2

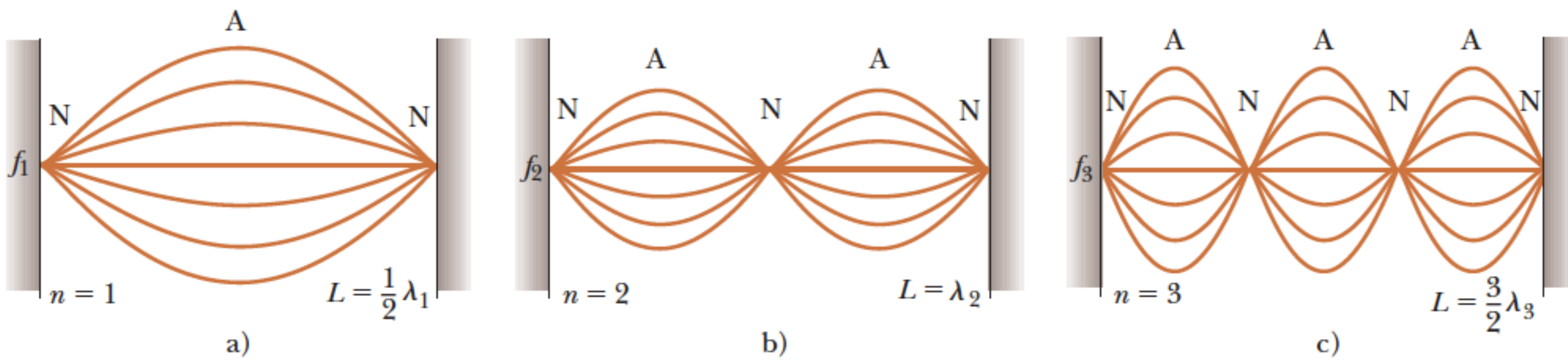
Considere las siguientes dos ondas que viajan en direcciones opuestas:

$$y_1 = (4cm)\sin(3x - 2t) \qquad y_2 = (4cm)\sin(3x + 2t)$$

Calcule la amplitud en x=2.3 cm.

Respuesta: 4.6 cm

Modos de vibración: a) 1er, b) 2do, c) 3er armónico.



Esto es lo que en física se conoce como un *problema con condiciones de borde* donde tanto las posibles frecuencias como las longitudes de onda están determinadas por las distancias entre los extremos (que están forzados a ser nodos). Esto se conoce como cuantización de estados!

Las longitudes de onda de los modos normales son:

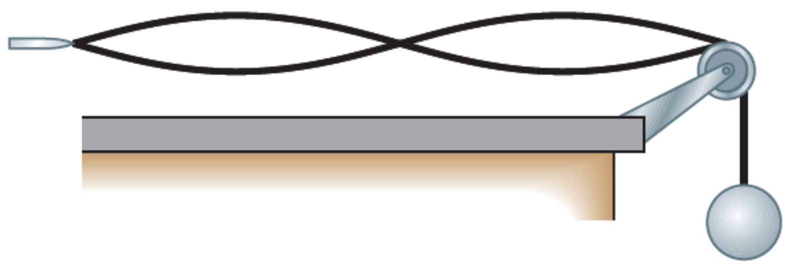
$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \qquad\qquad n = 1, 2, 3...$$

Y consecuentemente, las frecuencias cuantizadas son:

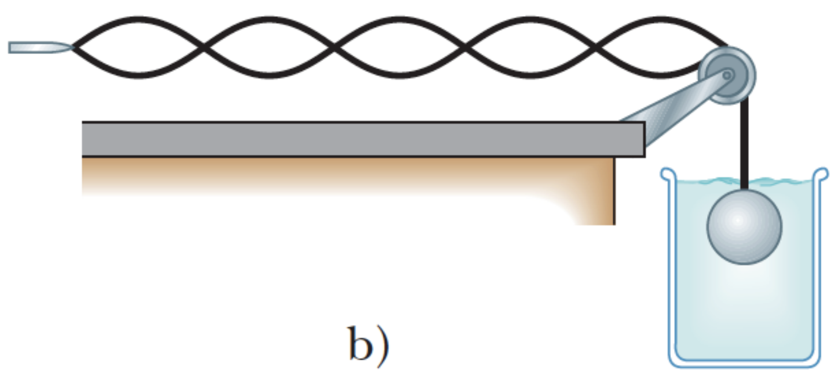
$$f_n = n\frac{v}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad\qquad n = 1, 2, 3...$$

PROBLEMA #3

Una cuerda está conectada por un lado a una varilla oscilante y por el otro a una masa de 2 kg, en cuyo caso oscila en el 2do armónico. Cuando la masa se introduce completamente en agua la cuerda vibra en el 5to armónico. Calcule el radio de la esfera.



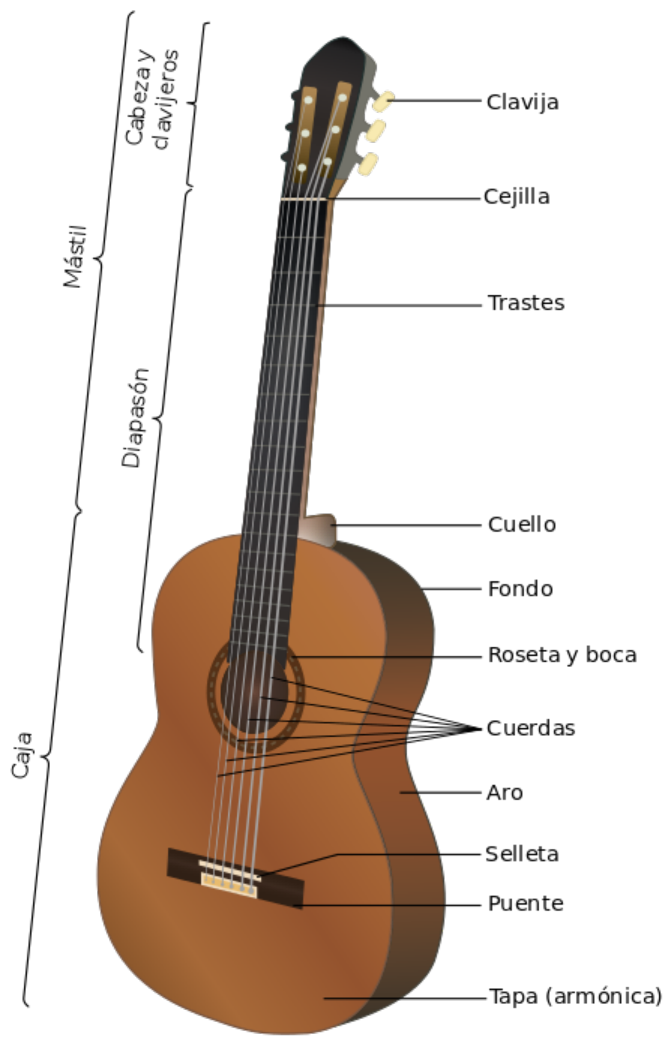
a)



b)

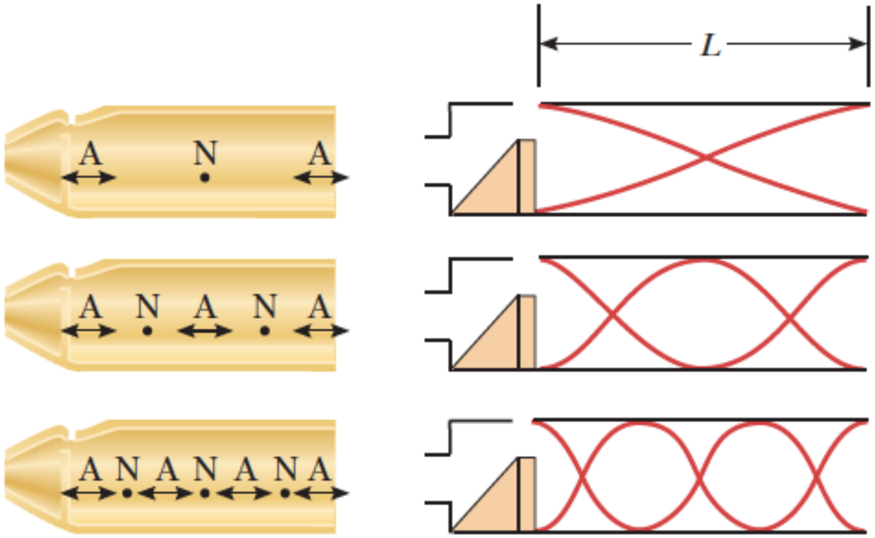
Respuesta: 7.38 cm

ONDAS DE SONIDO EN UNA GUITARRA



- Si se perturba la cuerda sin presionar los trastes, se excita el modo fundamental.
- La velocidad de propagación puede modificarse cambiando la tensión o la densidad lineal de masa.
- Cuando se presionan las cuerdas se cambia la longitud de la cuerda, cambiando de ese modo la frecuencia.

ONDAS PERIÓDICAS EN UNA COLUMNA DE AIRE

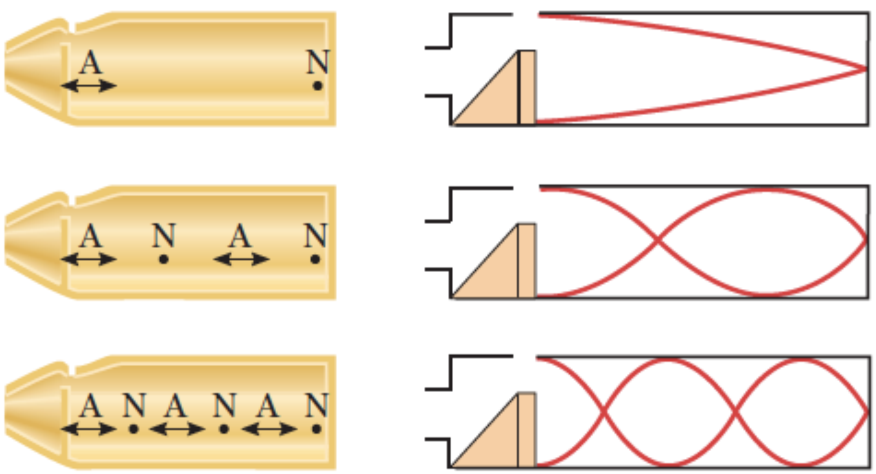


$\lambda_1 = 2L$, $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$ — Primer armónico

$\lambda_2 = L$, $f_2 = \frac{v}{L} = 2f_1$ — Segundo armónico

$\lambda_3 = \frac{2}{3}L$, $f_3 = \frac{3v}{2L} = 3f_1$ — Tercer armónico

a) Abierto en ambos extremos



$\lambda_1 = 4L$, $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$ — Primer armónico

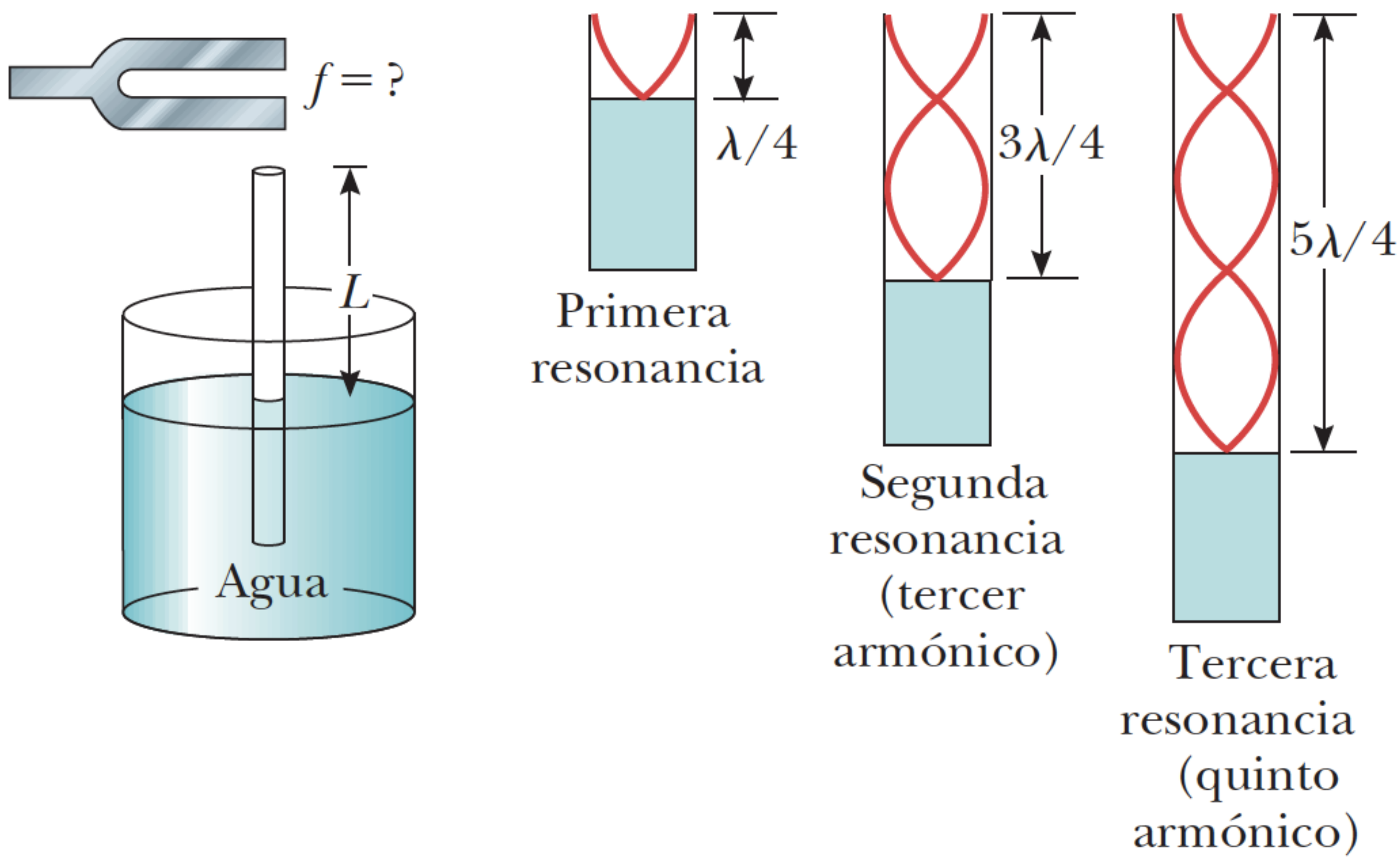
$\lambda_3 = \frac{4}{3}L$, $f_3 = \frac{3v}{4L} = 3f_1$ — Tercer armónico

$\lambda_5 = \frac{4}{5}L$, $f_5 = \frac{5v}{4L} = 5f_1$ — Quinto armónico

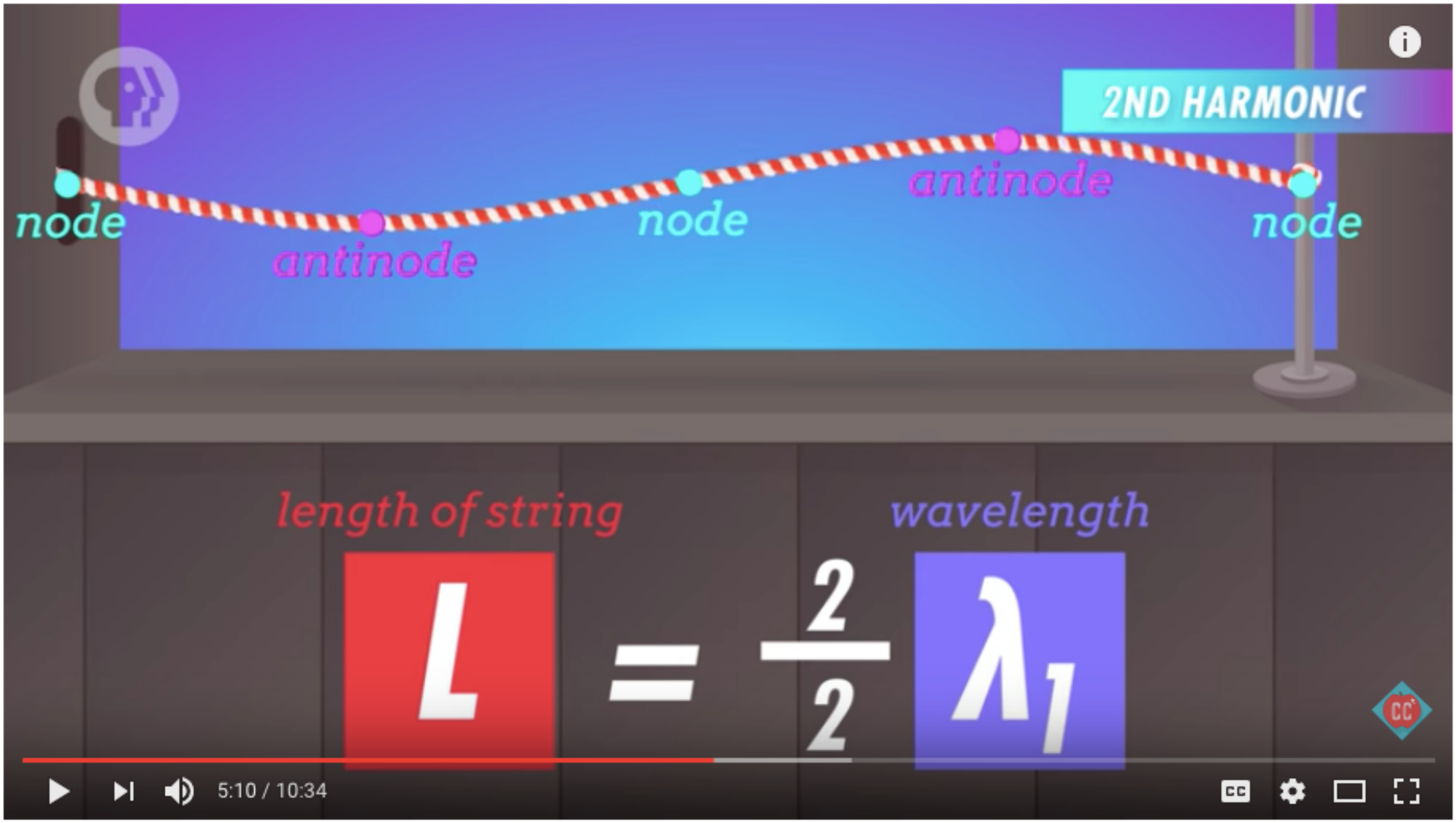
b) Cerrado en un extremo, abierto en el otro

PROBLEMA #4

Si para cierto tubo el valor más pequeño de L para el que se presenta un peak en intensidad es 9 cm, ¿Cúal es la frecuencia del diapasón?, ¿Cúales son las longitudes para las siguientes resonancias?



VIDEO RECOMENDADO (INGLÉS)



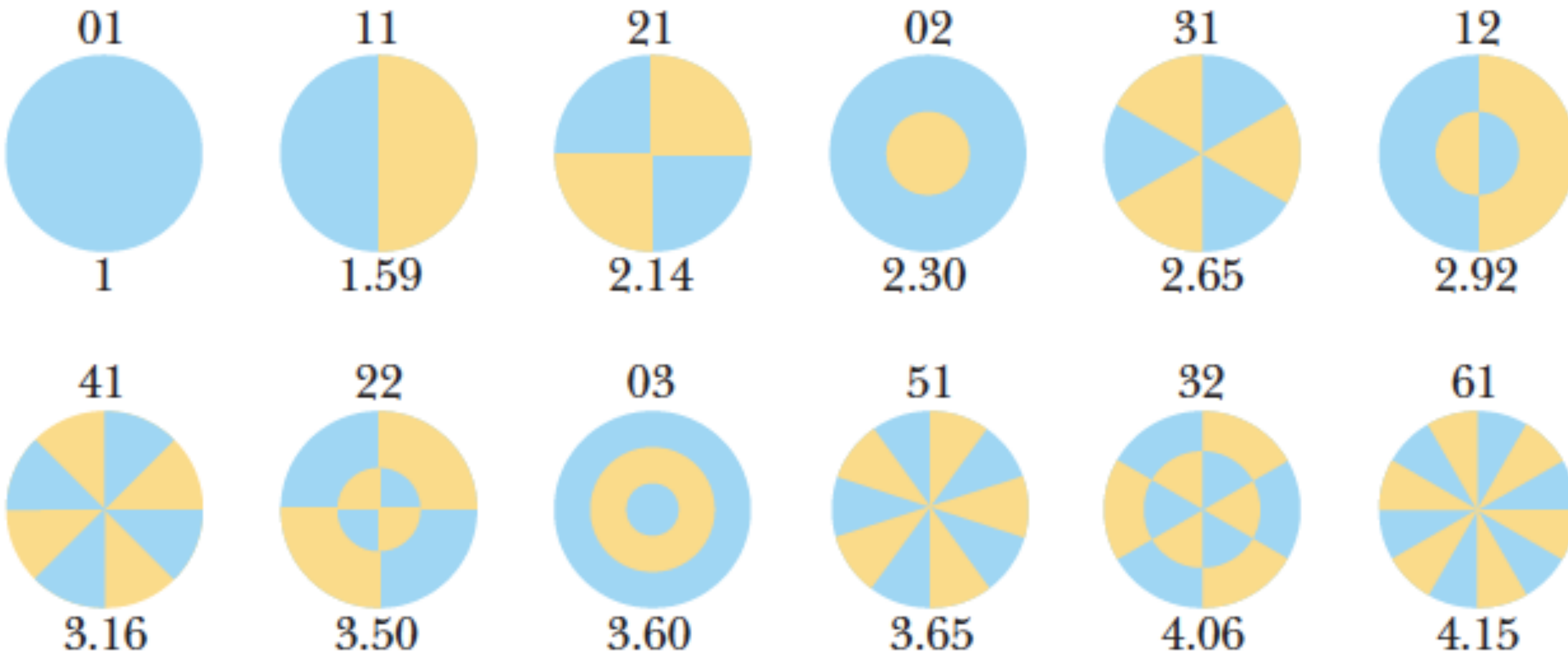
The Physics of Music: Crash Course Physics #19

https://youtu.be/XDsk6tZX55g

FRECUENCIAS DE INSTRUMENTOS CON CAMBIOS DE TEMPERATURA

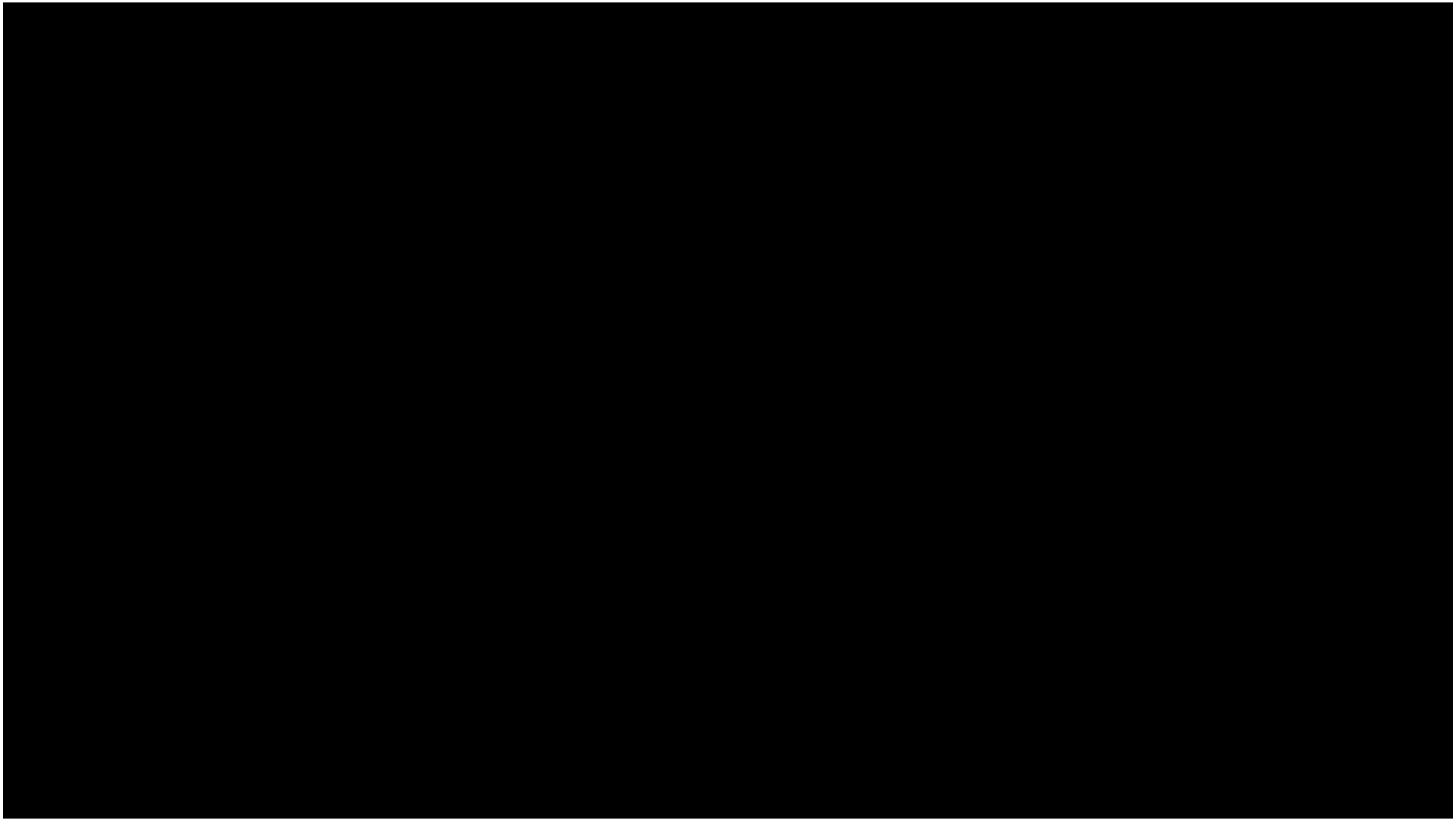
- En una flauta, la frecuencia aumenta (más agudo) cuando la temperatura aumenta puesto que la rapidez del sonido aumenta.
- En un instrumento de cuerda la frecuencia disminuye (más grave) cuando aumenta la temperatura puesto que la tensión disminuye, y con ello la rapidez de la onda.

ONDAS EN MEMBRANAS



Elementos del medio que se mueven fuera de la página en un instante de tiempo.

Elementos del medio que se mueven hacia la página en un instante de tiempo.



https://www.youtube.com/watch?v=wvJAgrUBF4w

Este fenómeno resulta de superponer ondas con frecuencias ligeramente distintas.

Considere dos ondas de frecuencias de amplitud A y frecuencias f_1 y f_2 de modo que $kx=\pi/2$,

$$y_1 = A\sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega_1 t\right) = A\cos(2\pi f_1 t)$$

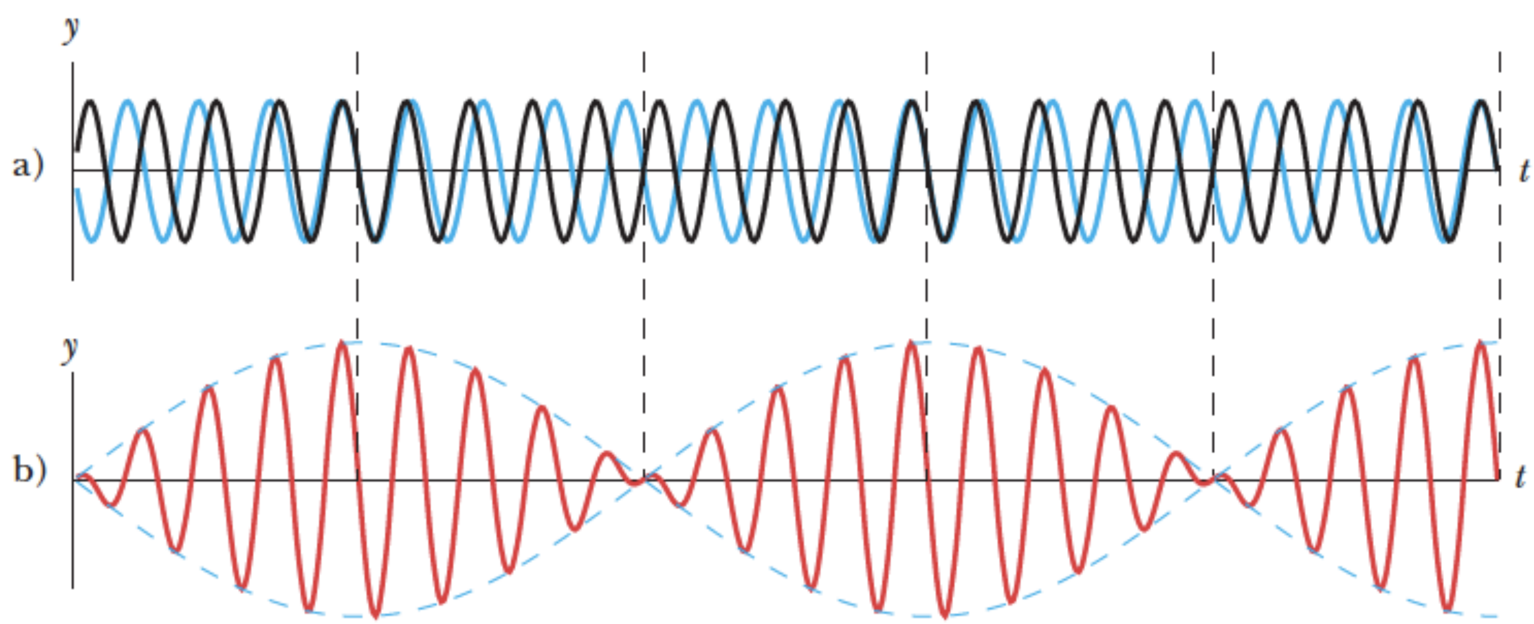
$$y_2 = A\sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega_2 t\right) = A\cos(2\pi f_2 t)$$

Usando identidades trigonométricas,

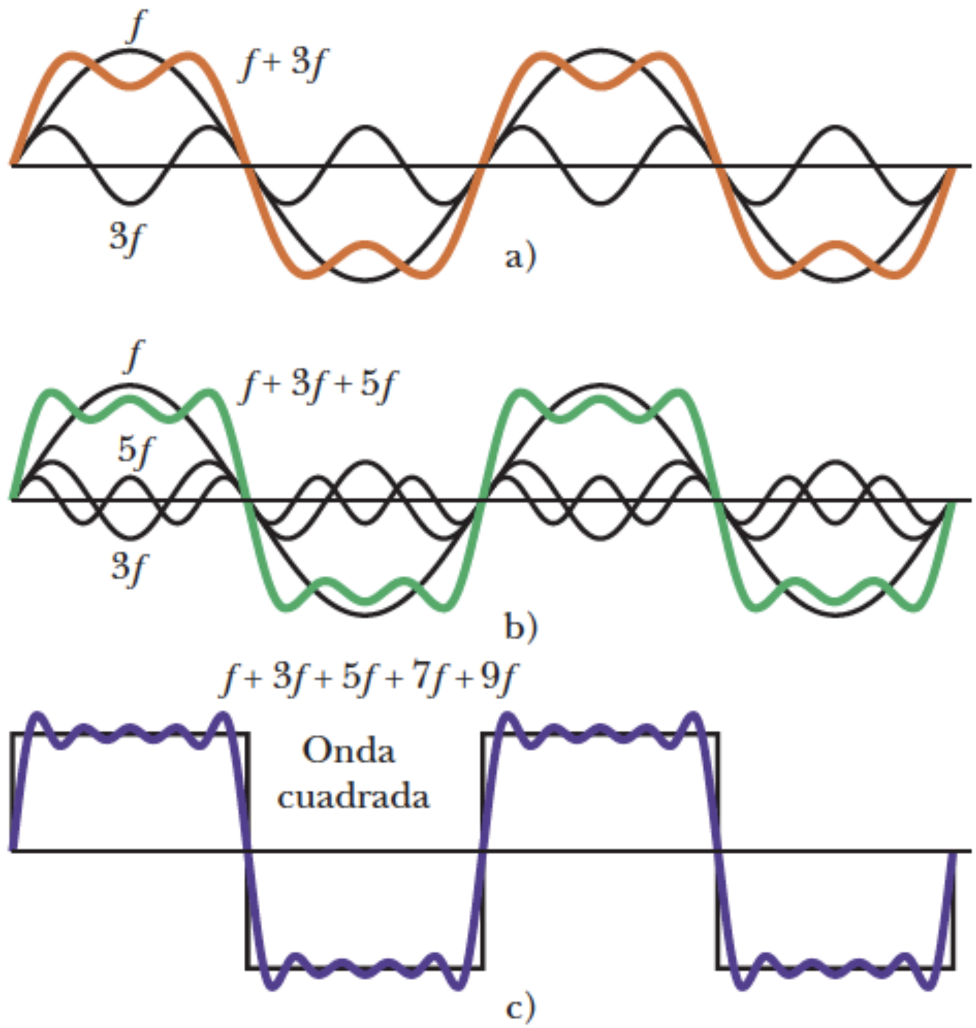
BATIMIENTOS: ONDAS CON SIMILARES FRECUENCIAS

$$y = \left[2A\cos 2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right]\cos 2\pi\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)t$$

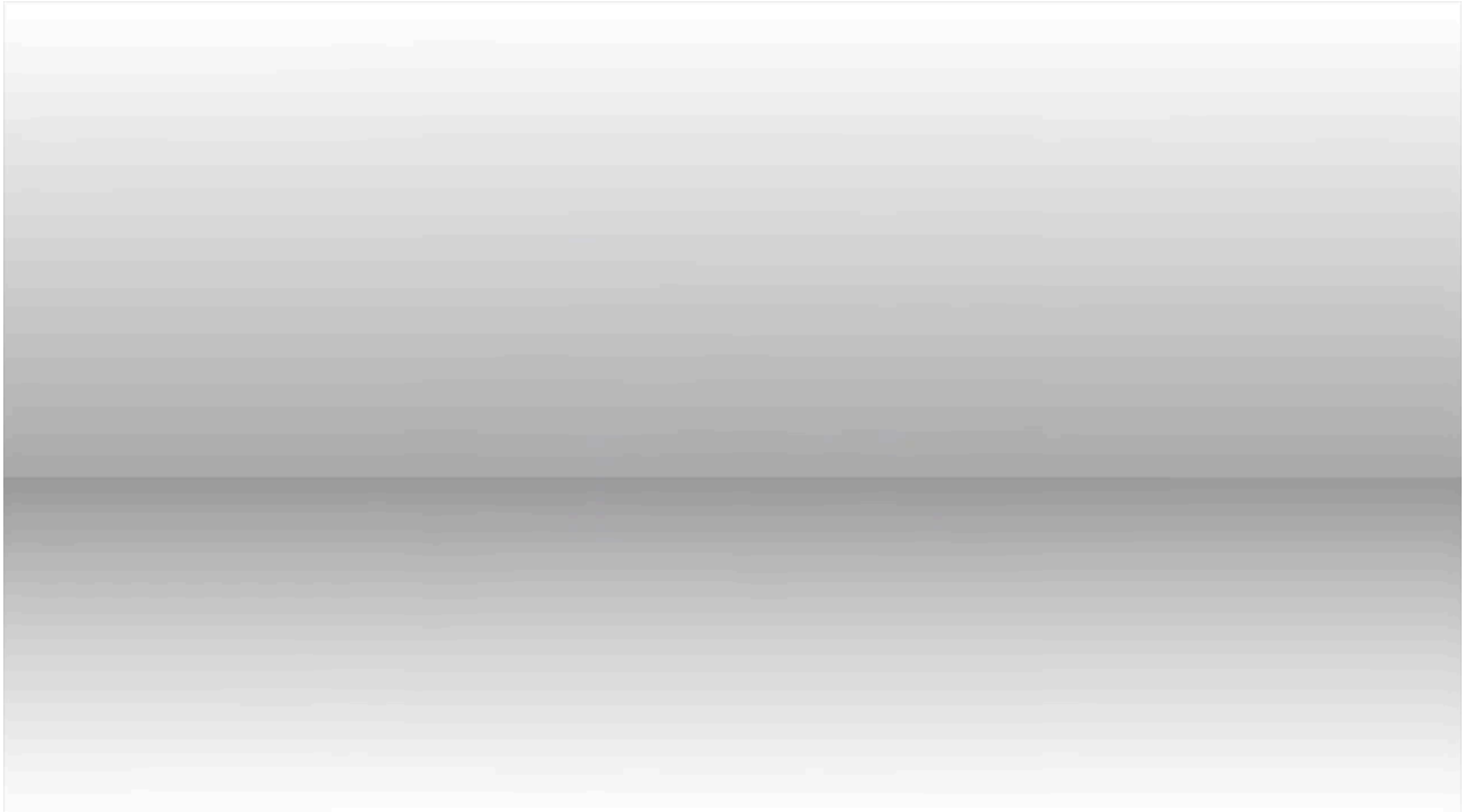
La onda resultante es una onda con frecuencia igual al promedio de las frecuencias, con una envolvente de frecuencia igual a la diferencia de las ondas iniciales.



El teorema de Fourier establece que toda onda periódica puede obtenerse como una combinación de senos y cosenos

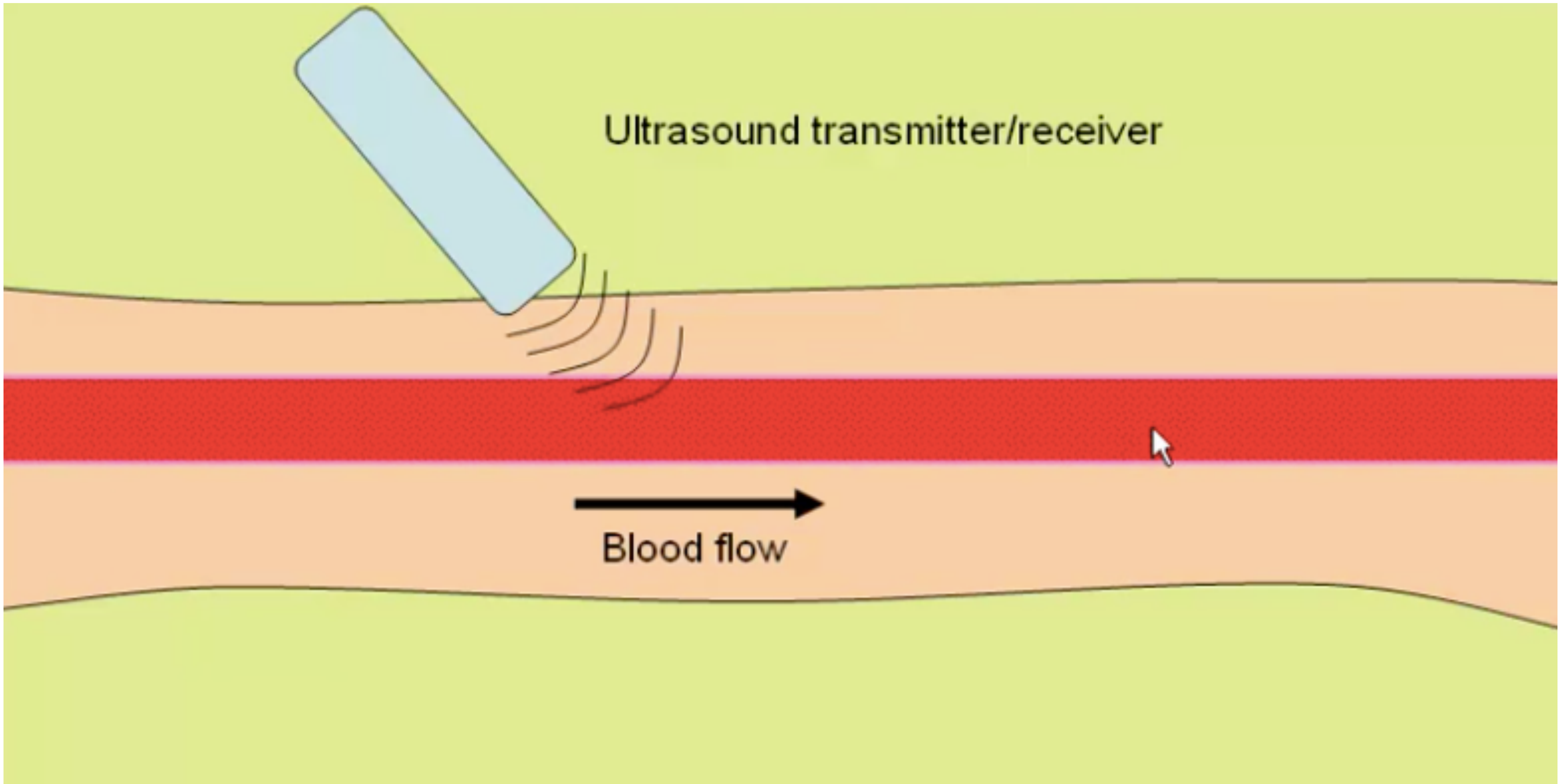


BONUS 1: COMO FUNCIONA EL ULTRASONIDO



https://www.youtube.com/watch?v=I1Bdp2tMFsY

BONUS 2: USO DE EFECTO DOPPLER EN MEDICINA



Se usa para medir la dirección y rapidez de la sangre