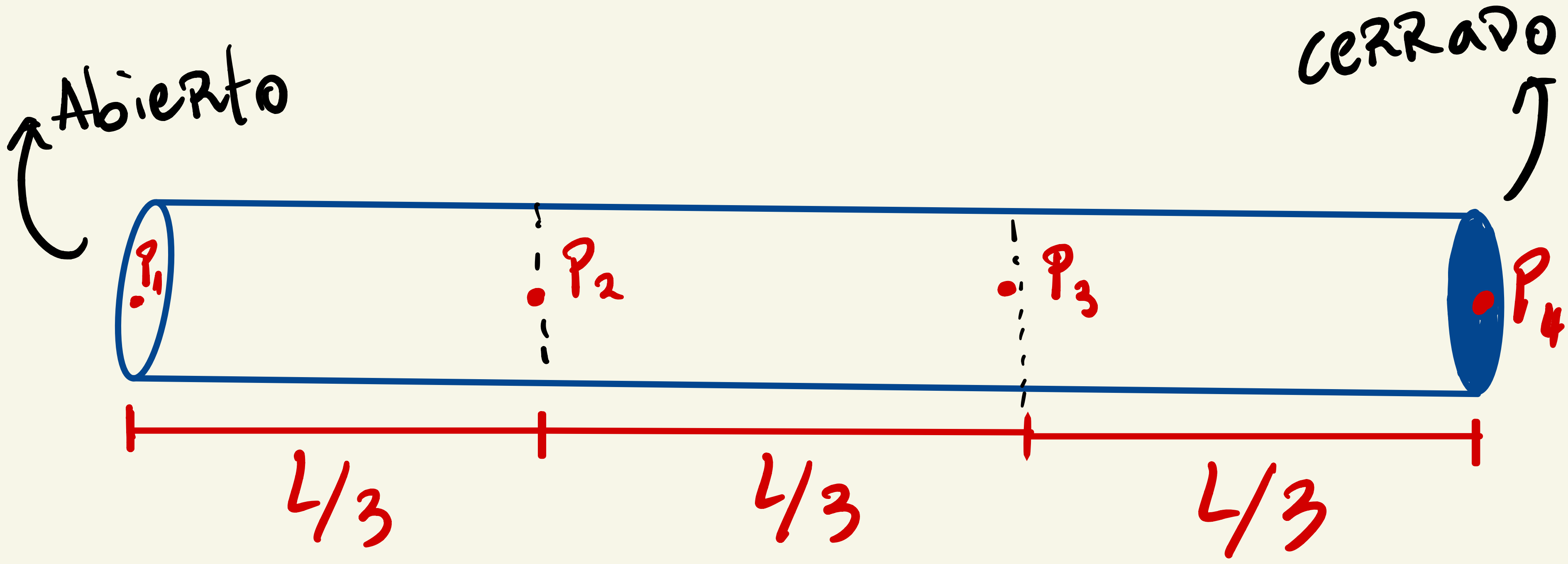


→ la longitud de onda para el segundo armónico de un tubo con una tapa cerrada y abierta es $\lambda = 4L/3$.

Antes que nada partimos calculando las condiciones de borde:

<u>Para $x=0$</u> (borde libre)

$$p(x=0,t) = p_0 - B \cdot \left.\frac{du(x,t)}{dx}\right|_{x=0}$$

presión atm.

Pero como está en el borde del extremo abierto, $p(x=0,t) = p_0$ lo que nos lleva a:

$$\rightarrow p(x=0,t) - p_0 = \Delta p = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\left.\frac{du(x,t)}{dx}\right|_{x=0} = 0} \quad \forall t$$

Es decir, $x=0$ representa un nodo de presión y un antinodo de desplazamiento. Por lo tanto en P_1 se debería colocar un micrófono tipo B.

Para $x=L$ (borde fijo)

Como el desplazamiento es nulo (dado que el extremo está cerrado):

$$(1) \quad u(x=L,t) = 0 \quad \forall t$$

Además para ondas armónicas:

$$u(x,t) = A\cos(kx-\omega t)$$

es solución.

$$\longrightarrow \frac{du(x,t)}{dx} = -Ak\,\text{sen}(kx-\omega t)$$

Además la ec. (1) se cumple $\forall t$, por lo que en particular podemos tomar $t=0$. Así, lo último al evaluar en $x=0$ nos queda:

$$\longrightarrow \left.\frac{du(x,t)}{dx}\right|_{\substack{x=L\\t=0}} = -Ak\,\mathrm{sen}(KL)$$

Pero $K = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\cancel{2}\pi}{\cancel{2}\frac{4L}{3}} = \frac{3\pi}{2L}$

$$\longrightarrow \left.\frac{du(x,t)}{dx}\right|_{\substack{x=L\\t=0}} = -A\,\frac{3\pi}{2L}\,\underbrace{\cancel{\mathrm{sen}\left(\frac{3\pi}{2\cancel{L}}\cdot\cancel{L}\right)}}_{-1}$$

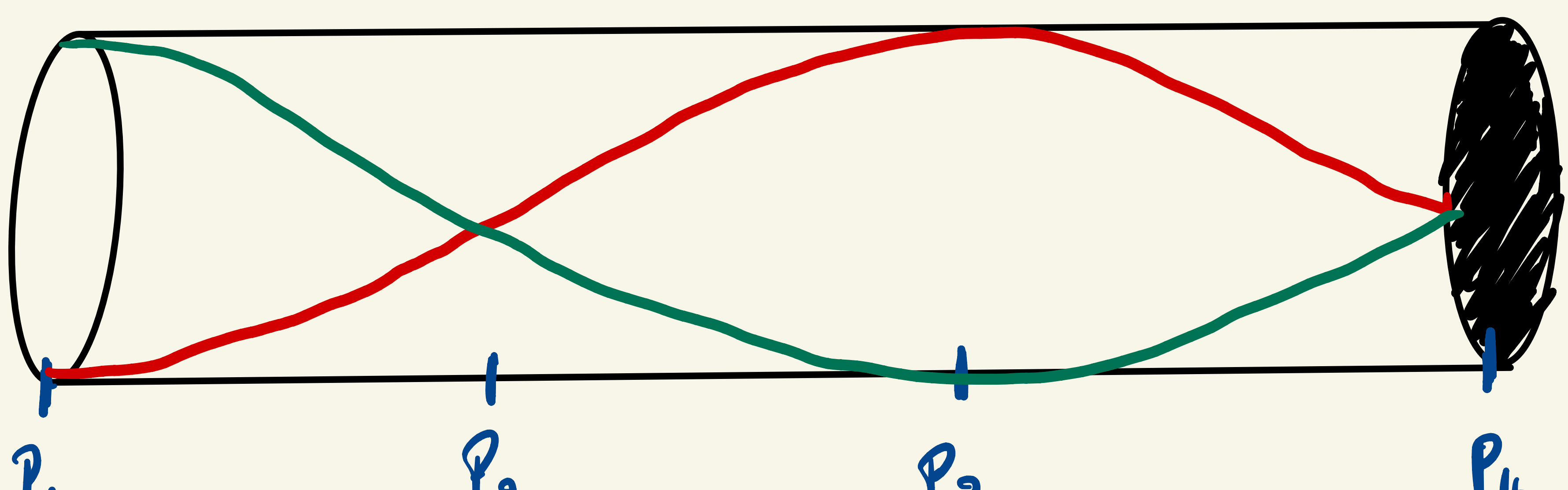
$$\Longrightarrow \boxed{\Delta p(x=L, t=0) = -BA\,\frac{3\pi}{2L}}$$

→ El punto $x=L$ es un nodo para el desplazamiento y un antinodo para la presión. Por lo tanto se deberá colocar un micrófono tipo A.

Además para el caso anterior en el punto P_1, el antinodo en el desplazamiento es:

$$\boxed{u(x=0,t=0) = A}$$

Ahora que tenemos ambas condiciones de borde podemos ilustrar como se verá el segundo armónico:



Para P_2:

$\longrightarrow u(x=L/3, t=0) = A\cos\left(\frac{3\pi}{2\cancel{L}} \cdot \frac{\cancel{L}}{3}\right)$

$= A\cancel{\cos}\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$ //

$\Longrightarrow$ NODO para el desplazamiento

$\longrightarrow \Delta p(x=L/3, t=0) = -B \cdot \left[-A\frac{3\pi}{2L}\operatorname{sen}\left(\frac{3\pi}{2\cancel{L}} \cdot \frac{\cancel{L}}{3}\right)\right]$

$\Longrightarrow \boxed{\Delta p = BA\frac{3\pi}{2L}}$ $\longrightarrow$ Antinodo para la presión

Por lo tanto se debe ocupar un micrófono tipo A.

Para P_3:

$\rightarrow u\left(x=\frac{2L}{3}, t=0\right) = A\cos\left(\frac{\cancel{3}\pi}{\cancel{2L}} \cdot \frac{\cancel{2L}}{\cancel{3}}\right) = -A$

$\Rightarrow$ Antinodo para el desplazamiento

$\rightarrow \boxed{\Delta p\left(x=\frac{2L}{3}, t=0\right) = 0}$

$\rightarrow$ Nodo para la presión.

Por lo tanto habrá que ocupar un micrófono tipo B.

* En particular en ondas armónicas para este contexto por cada nodo de desplazamiento ese punto es un antinodo de presión y viceversa.

En resumen la cuenta es:

$P_1 \longrightarrow B$

$P_2 \longrightarrow A$

$P_3 \longrightarrow B$

$P_4 \longrightarrow A$

b)