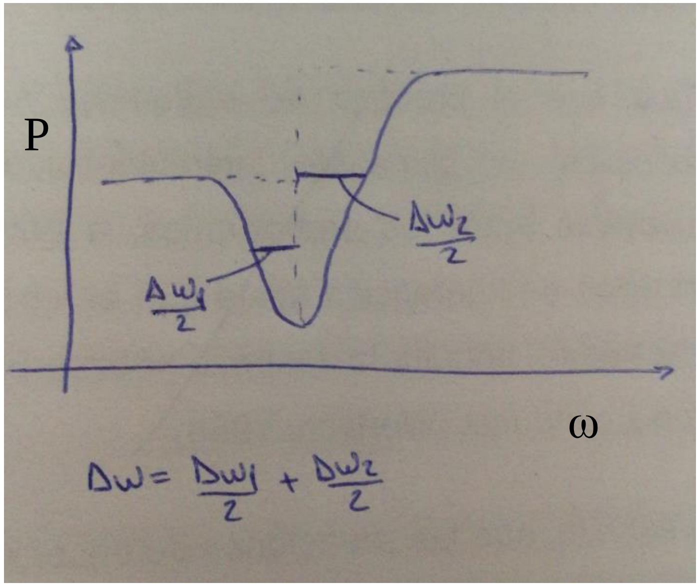
departamento de física
universidad de buenos aires - exactas
Juan José Giambiagi

Clase 07

Ondas estacionarias

Laboratorio de física 2 para químicos

Aclaración clase pasada RLC paralelo



Sigue valiendo la definición de ancho de banda: intervalo de frecuencias para el que la **potencia disipada cae a la mitad de la máxima**

Factor de mérito

$$\boxed{Q \equiv \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \omega_0 \frac{L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

Antirresonancia

$$\boxed{\omega_{0\parallel} = \frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{1 - {R_L}^2 \frac{C}{L}} = \omega_0 \sqrt{1 - Q^{-2}}}$$

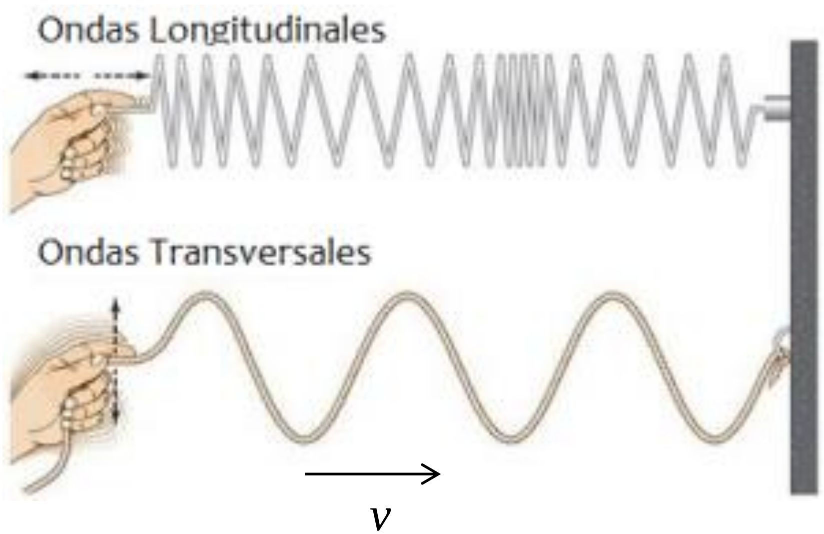
Importancia de R_L

1) Explicación teórica

I. Ondas estacionarias en una cuerda

➢Una onda mecánica es una perturbación que viaja por un material o una sustancia (esto es el medio de la onda) que produce que las partículas del medio sufran desplazamientos.

➢Cuando estos desplazamientos son perpendiculares o transversales a la dirección de propagación de la onda, decimos que se trata de una **onda transversal**. En cambio, si los movimientos de las partículas del medio son hacia adelante y hacia atrás en la misma línea en que viaja la onda, decimos que se trata de una **onda longitudinal.**



Ver video: https://www.youtube.com/watch?v=-_PMqqEnr7E

http://demezcalaparaelmundo.blogspot.com/2012/06/ondas-se-podria-definir-una-onda-como.html

1) Explicación teórica

I. Ondas estacionarias en una cuerda

- Consideremos una cuerda de longitud L sujeta rígidamente en ambos extremos.
- Cuando se la perturba, en ella se produce una onda que se refleja una y otra vez en los extremos de la cuerda formando una onda estacionaria.
- La onda estacionaria $y(x,t)$ es el resultado de la superposición de dos movimientos ondulatorios armónicos de igual amplitud y frecuencia que se propagan en sentidos opuestos a través de un medio.

$$y(x,t) = \underbrace{2A\sin(kx)}_{\text{dependencia espacial (corresponde a la amplitud)}}\ \underbrace{\sin(\omega t)}_{\text{dependencia temporal}}$$

k=2π/λ es número de onda
λ= longitud de onda
ω = 2π/T es la frecuencia angular y T el período

<u>Condición:</u> nodo en ambos extremos ⇒ $2A\sin(0) = 0 \quad y \quad 2A\sin(kL) = 0$

De esta condición se deduce (kL = nπ) ⇒ $L = n\frac{\lambda}{2} \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$

1) Explicación teórica

I. Ondas estacionarias en una cuerda

➢Dos nodos adyacentes están separados media longitud de onda ($\lambda/2$), así que la longitud de la cuerda debe ser un número entero de medias longitudes de onda.

➢Se tienen los posibles valores de λ:

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

<u>Observación:</u> pueden existir ondas en la cuerda si la longitud de onda no cumple esta condición, sin embargo, no puede haber un patrón de onda estable con nodos y la onda resultante no es **estacionaria**.

➢Para cada longitud de onda estacionaria λ_n se tiene una frecuencia de onda estacionaria f_n y sabiendo que $v = \lambda . f$, donde v es la velocidad de propagación de la onda en el medio:

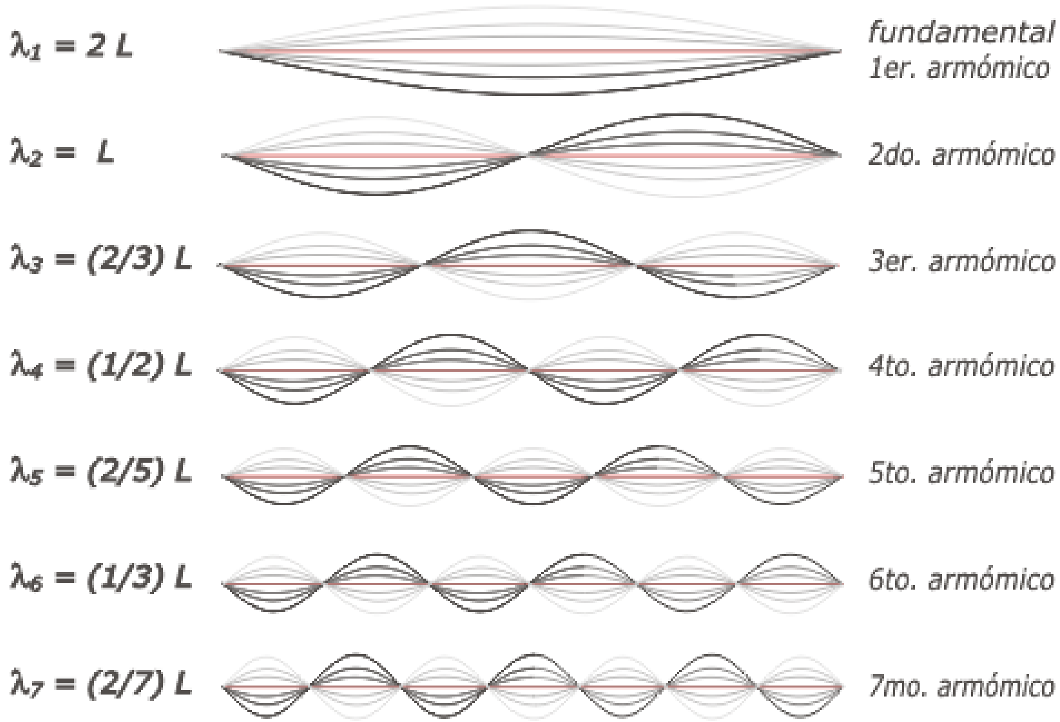
$$f_n = n\frac{v}{2L} \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$$

Esta frecuencia se llaman armónicos y el primer armónico f_1 (con n=1) es la **frecuencia del fundamental** (que corresponde a la longitud de onda más grande λ_1=2L)

1) Explicación teórica

I. Ondas estacionarias en una cuerda

Armónicos:



https://ricuti.com.ar/no_me_salen/ondas/Ap_ond_11.html

➢Observación: En una cuerda de densidad lineal μ sometida a la tensión *T*, la velocidad de propagación *v* de una onda viene dada por:

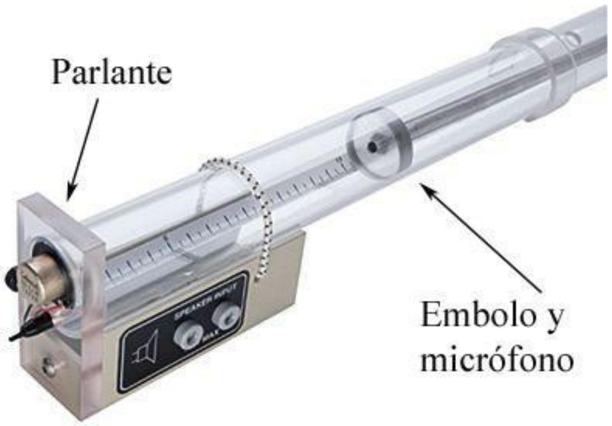
Donde μ es la densidad de masa de la cuerda: $\mu = m_c/L$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

1) Explicación teórica

II. Ondas estacionarias de sonido: Tubo de Kundt

- Se dispone de un emisor acústico (parlante) conectado a un generador de funciones que puede emitir sonidos en un amplio rango de frecuencias y amplitudes.
- También se dispone de un detector de sonido (micrófono) conectado a un osciloscopio. El parlante se encuentra ubicado en un extremo del tubo y el micrófono puede moverse por el interior del tubo o adjuntarse a un émbolo o pistón que cierra el tubo y provoca que las ondas acústicas se reflejen.
- Se puede variar la posición del pistón a fin de obtener tubos de Kundt de distinta longitud.



Tubo de kundt demostrativo: https://www.youtube.com/watch?v=Nbhh0B2ajaQ
Tubo de kundt (más parecido a lo que se hace en clase):
https://www.youtube.com/watch?v=cthCLX_9rRQ

1) Explicación teórica

II. Ondas estacionarias de sonido: Tubo de Kundt

- El parlante genera una perturbación que se propaga **longitudinalmente** desplazando a las moléculas del aire alrededor de su posición de equilibrio.
- Al llegar a un extremo del tubo, sea abierto o cerrado, la onda se reflejará e interferirá con la incidente.
- Sólo cuando las frecuencias de excitación coincidan con algún modo normal de vibración del sistema esta interferencia tomará la forma de ondas estacionarias.
- Bajo la condición de **resonancia**, en las posiciones en las que el **desplazamiento** de una molécula (amplitud) es **máximo**, las moléculas a su alrededor vibran en fase, con lo que la **presión es mínima**.
- Si la molécula está en su posición de equilibrio (nodo), las moléculas a su alrededor vibran en oposición de fase, con lo que la **presión es máxima**.
- Por tanto, **máximos de presión corresponden a mínimos de desplazamiento y viceversa** (las dos ondas están desfasadas en $\pi/2$).
- En el caso de un tubo semicerrado, las frecuencias de resonancia se dan para múltiplos de $\lambda/4$, es decir, se tiene que cumplir la relación:

$$L = (2n+1)\ \lambda/4 \quad \text{y} \quad f_n = (2n+1)\ v/4L \qquad \text{con } n = 0,1,2,3,\ldots.$$

2) Objetivos de la práctica

I. Ondas estacionarias en una cuerda

➢Estudiar **ondas estacionarias en cuerdas** con sus dos extremos fijos:
-Medir los modos normales de vibración, determinando experimentalmente sus frecuencias características.
-Determinar la velocidad de las ondas en términos de la tensión y la densidad de la cuerda.

II. Ondas estacionarias de sonido: Tubo de Kundt

➢Estudiar ondas **estacionarias de sonido en un tubo semicerrado** (tubo de kundt):
-Encontrar los modos normales de vibración y sus frecuencias características.
-Calcular las velocidades de propagación del sonido.

3) Arreglo experimental:

I. Ondas estacionarias en una cuerda

-Usar el applet: https://ophysics.com/w8.html

***Parte I*:**

- Para un valor de T y μ fijos, determinar las frecuencias f para los modos normales de excitación de la cuerda. ¿Cuántos modos normales se pueden ver?
- Para cada modo normal, determinar también la longitud de onda λ.
- Graficar la frecuencia en función de la inversa de la longitud de onda. ¿Qué se obtiene de la pendiente del ajuste de la curva?
- ¿Qué se concluye a partir de sus resultados experimentales? ¿Qué tipo de onda es?

Observación: la amplitud de la cuerda tiene que ser **máxima** para poder determinar de forma correcta los modos normales.

***Parte II*: Variación de masas**

- Para una cuerda dada de largo L, elegir al menos 8 pares de valores de tensión T y densidad lineal μ. En cada caso, para un armónico, calcular la velocidad de la onda usando $v=\lambda.f$
- Graficar v en función de $\sqrt{T/\mu}$. ¿Qué conclusión se obtiene en este caso?

3) Arreglo experimental:

II. Ondas estacionarias de sonido: Tubo de Kundt

-Usar el applet: https://www.walter-fendt.de/html5/phen/standinglongitudinalwaves_en.htm

- Para una dada longitud del tubo, *L*, estudiar la frecuencia fundamental de resonancia y los primeros 5 armónicos.
- Graficar las frecuencias de resonancia del tubo en función de $(2n+1)/4L$ donde *n* es el orden de cada resonancia.
- ¿Qué se obtiene de la pendiente del ajuste lineal de la curva? ¿Qué tipo de onda es?
- ¿Cómo se compara el resultado de la velocidad con el valor de referencia?
- Repetir los ítems anteriores con dos largos de tubo distintos. Comparar los valores de velocidad hallados en cada largo del tubo.

Pausa

Volvemos en 10 min

Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2/3 personas

<u>Subir figuras a:</u>
https://docs.google.com/document/d/1XnH7332-_hqaAe_G5hGiKCnhW9ffLZU6rfBzZE-2MK8/edit?usp=sharing

Trabajo en salas por 1 hora

4) Algunos resultados y análisis

I. Ondas estacionarias en una cuerda

Parte I:

-Anotar *f* para cada modo normal, *n* , observado y calcular λ con: $\lambda = 2L/n$

-¿Cuántos modos normales se pueden ver?

-Graficar *f* vs 1/λ → de la pendiente se obtiene la velocidad, dado que : $f_n = n\dfrac{v}{2L}$

-Caso de onda transversal

***Parte II*:**

-Variación de 8 masas (o sea, de la Tensión) y/o de μ.

- Calcular la velocidad de la onda usando $v=\lambda.f$

- Graficar *v* en función de $\sqrt{T/\mu}$ → la pendiente debe ser 1, dado por la relación: $v = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$

II. Ondas estacionarias de sonido: Tubo de Kundt

-Caso de onda longitudinal

-Anotar *f* para cada modo normal, *n*

-Graficar *f* vs (2n +1)/4L, por lo que se obtiene la velocidad del sonido (v_s) de la pendiente:

$$f_n = (2n+1)\ v/4L \qquad \text{con } n = 0,1,2,3,\ldots.$$

-Buscar el valor de referencia de v_s para poder comparar.

-Variar L y volver a medir. La pendiente de estos gráficos debería dar el mismo valor de v_s dado que sigo midiendo en aire.