Física 2 - 2024

Instituto de Física
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

Abril 2024

Bienvenidos!

- Docente: Elisa Castro - ecastro@fing.edu.uy

  Lunes de 1800 a 2000 - Virtual

  Jueves de 1200 a 1400 - S. B21
- Docente: Facundo Gutiérrez - fgutierrez@fing.edu.uy

  Martes de 1200 a 1400 - S. 305

- Docente: Matías Osorio Mirambell - mosorio@fing.edu.uy

  Martes de 1200 a 1400 - S. 305

  Jueves de 1200 a 1400 - S. B21

Cronograma del curso

Cronograma Física 2 - semestre impar - 2024

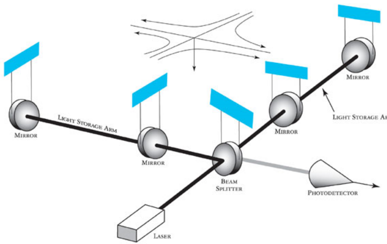
Semana	Fechas	Teórico	Práctico	
1	04/03/24 - 08/03/24	HIDROSTÁTICA		
2	11/03/24 - 15/03/24	HIDRODINÁMICA	1 HIDROSTÁTICA	
3	18/03/24 - 22/03/24	HIDRODINÁMICA	2 HIDRODINÁMICA	
4	25/03/24 - 29/03/24	Semana de turismo		
5	01/04/24 - 05/04/24	ONDAS MECÁNICAS	2 HIDRODINÁMICA	
6	08/04/24 - 12/04/24	SONIDO	3 ONDAS MECÁNICAS	
7	15/04/24 - 19/04/24	ONDAS Y SONIDO – Ejercicios	4 ONDAS DE SONIDO	**USTED ESTÁ AQUÍ**
8	22/04/24 - 26/04/24	TEMPERATURA – LEY CERO – DILATACIÓN TÉRMICA	ONDAS Y REPASO	
9	29/04/24 - 08/05/24	Período de 1º parciales		**WINTER IS COMING**

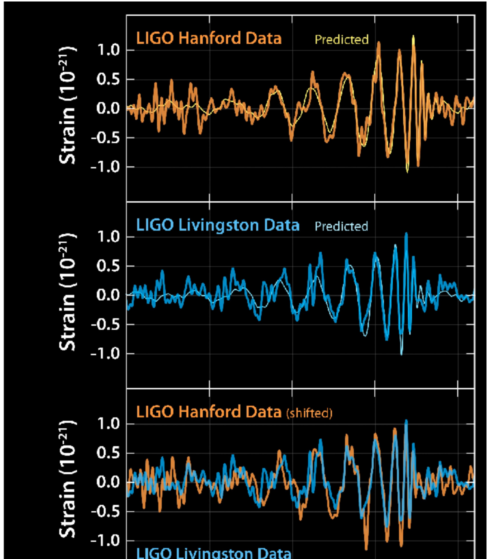
Resumen

- A resolver: ¿Cómo describimos el estado de un fluido en reposo? ✓ $\rightarrow$ mediante principios de Pascal, Arquímedes e hidroestática
- A resolver: ¿Cómo describimos el estado de un fluido en movimiento? ✓ $\rightarrow$ mediante la Ec. de continuidad y Bernoulli, bajo ciertas hipótesis
- A resolver: ¿Cómo describimos el fenómeno ondulatorio?

Fenómeno ondulatorio

- Proceso por el que se propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia, mediante ondas mecánicas o electromagnéticas.





Ondas mecánicas

- Transportan energía a través de un medio elástico.
- Se originan cuando una parte del medio recibe un impulso, el medio se libera y se desplaza de su posición de equilibrio.
- Al ser el medio elástico, la perturbación se propaga.
- Transversales: partículas del medio se mueven en dirección perpendicular a la dir. de propagación. Ej.: cuerda.
- Longitudinales: partículas del medio se mueven en dirección longitudinal a la dir. de propagación. Ej.: sonido.
- La perturbación puede o no ser periódica (depende de la fuente).

Ondas longitudinales viajeras

- Sea una onda longitudinal que viaja en un medio (aire) y se mantiene su forma. Describimos la perturbación del medio como una función de dos variables: $y = f(x, t)$.
- Spoiler: Esta función y debe cumplir la ecuación de onda:

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2}$$

- ¿Qué es v? Es la velocidad de propagación de la onda.

Ondas longitudinales viajeras - Sonido

- Las ondas sonoras son un ejemplo de ondas longitudinales.
- Suelen dispersarse en todas direcciones a partir de la fuente sonido, con una amplitud que depende de la dirección y la distancia a la fuente.
- Los desplazamientos del medio son paralelos a la dirección en que viaja la onda, así que las distancias x y y se miden paralelas entre sí, no perpendicularmente como en las ondas transversales.
- Vamos a expresar la perturbación en función de la variación de presión del medio ($\Delta P(x,t)$) o del desplazamiento longitudinal del medio ($s(x,t)$).

Ondas longitudinales viajeras - Sonido

- Las OS pueden describirse en términos del desplaz. longitudinal del medio (similar a las transversales):

$$y(x, t)$$

- ¿A qué velocidad se propagan en un fluido?

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

- Para el aire: $v_{\text{son}} = 343\,\mathrm{m\,s^{-1}}$
- Si la fuente impone una onda senoidal:

$$y(x, t) = A\cos(kx - \omega t + \phi)$$

- ¡Trabajamos de la misma forma que en la onda transversal! $\rightarrow$ la perturbación es longitudinal.

Ondas longitudinales viajeras - Sonido

- Las OS pueden también describirse en términos de variaciones de presión.
- En una OS senoidal en el aire, la presión del medio fluctúa por arriba y por debajo de P_o en forma senoidal con la misma frecuencia que los movimientos de las partículas de aire:

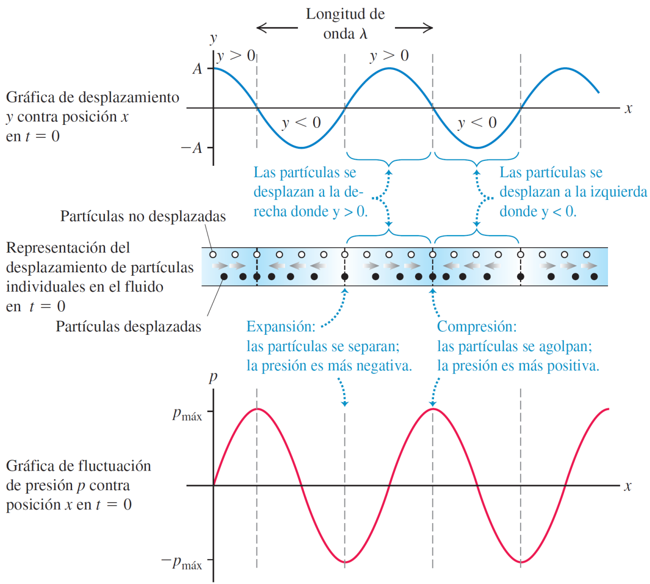
$$\Delta P(x,t) = P_{\mathsf{abs}}(x,t) - P_o$$

- El oído humano funciona detectando dichas variaciones de presión.
- ¿Cómo se vinculan?

$$\delta P(x,t) = -B\frac{\partial y(x,t)}{\partial x}$$

- $B =$ módulo volumétrico del medio - "cómo cambia la presión del medio a una deformación del mismo":

$$B = -\frac{P(x,t)}{(dV/V)}$$


Longitud de
onda λ
y
y > 0
y > 0
A
−A
Gráfica de desplazamiento
y contra posición x
en t = 0
x
y < 0
y < 0
Las partículas se
desplazan a la de-
recha donde y > 0.
Las partículas se
desplazan a la izquierda
donde y < 0.
Partículas no desplazadas
Representación del
desplazamiento de partículas
individuales en el fluido
en t = 0
Partículas desplazadas
Expansión:
las partículas se separan;
la presión es más negativa.
Compresión:
las partículas se agolpan;
la presión es más positiva.
p
p máx
−p máx
Gráfica de fluctuación
de presión p contra
posición x en t = 0
x

Ondas longitudinales viajeras - Sonido

- La relación entre $\Delta P(x, t)$ y $y(x, t)$ nos dice que están defasadas $\pi/2$ entre sí.
- Cuando hay un máximo/mínimo de sobrepresión, hay un valor nulo de desplazamiento.
- Si $y(x, t) = A\cos(kx - \omega t) \rightarrow \Delta P(x, t) = BkA\sin(kx - \omega t)$
- Amplitud de la sobrepresión (dada la amplitud A del despl. long.):

$$\Delta P_{\text{max}} = BkA$$

Ondas sonoras estacionarias

- Cuando ondas sonoras se propagan en un fluido dentro de un tubo con longitud finita, se reflejan en los extremos igual que las ondas transversales en una cuerda.
- La superposición de las ondas que viajan en direcciones opuestas forma una onda estacionaria.
- Al igual que las ondas estacionarias transversales en una cuerda , las ondas sonoras estacionarias (modos normales) en un tubo pueden servir para crear ondas de sonido en el aire circundante.
- Instrumentos musicales.
- **En general vamos a estudiar qué sucede en tubos.**

Ondas sonoras estacionarias

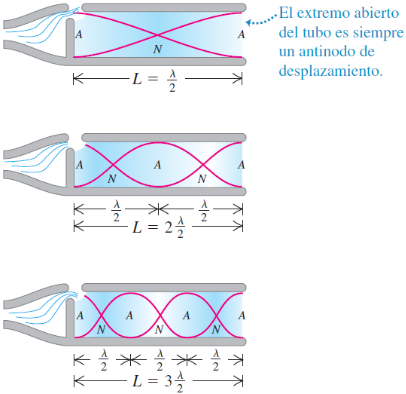
- Al igual que en una cuerda tenemos dos posibilidades: el extremo del tubo es abierto o cerrado.
- Esto impacta en el patrón de ondas estacionarias.
- LINK: TUBO DE KUNDT.

Ondas sonoras estacionarias

a)
Fundamental: $f_1 = \frac{v}{2L}$

b)
Segundo armónico: $f_2 = 2\frac{v}{2L} = 2f_1$

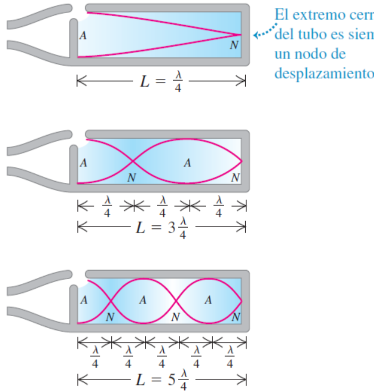
c)
Tercer armónico: $f_3 = 3\frac{v}{2L} = 3f_1$



a)
Fundamental: $f_1 = \frac{v}{4L}$

b)
Tercer armónico: $f_3 = 3\frac{v}{4L} = 3f_1$

c)
Quinto armónico: $f_5 = 5\frac{v}{4L} = 5f_1$



Ondas sonoras estacionarias

- De las condiciones que nos imponen los extremos podemos deducir que:
- **Tubo Abierto-Abierto (AA):**

$$f_n^{\text{AA}} = \frac{nv}{2L}, \ \ n = 1, 2, 3...$$

- f_1 es la fundamental. f_2 es el segundo armónico o el primer sobretono. f_3 es el tercer armónico o el segundo sobretono...$\rightarrow$ $f_n^{\text{AA}} = nf_1; \ \ n = 1, 2, 3...$
- **Tubo Abierto-Cerrado (AC):**

$$f_n^{\text{AC}} = \frac{n'v}{4L}, \ \ n' = 1, 3, 5...$$

- f_1 es la fundamental. f_3 es el tercer armónico o el primer sobretono. f_5 es el quinto armónico o el segundo sobretono...
- **Tubo Cerrado-Cerrado (CC):** ???

Intensidad

- Al ser el sonido una onda transporta energía.
- Intensidad:

$$I = \frac{\bar{P}}{A}$$

- Para ondas planas:

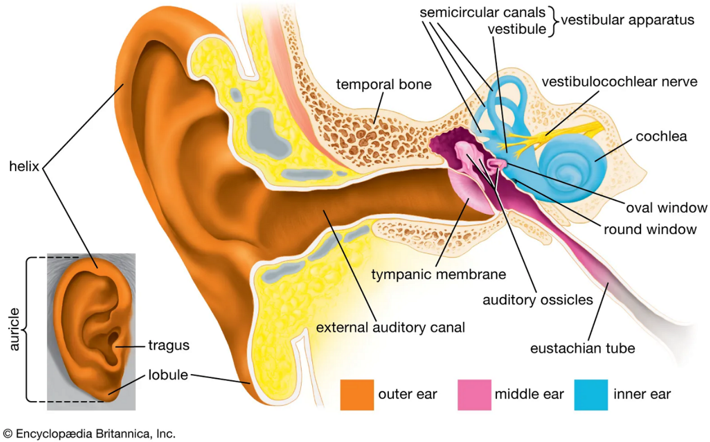
$$I = \frac{Bk\omega A^2}{2}$$

- Para ondas esféricas:

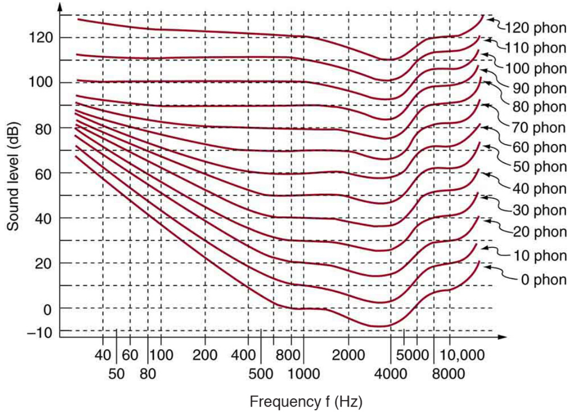
$$I = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} \rightarrow \frac{I(r_1)}{I(r_2)} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

- La potencia se distribuye para dar la misma intensidad en todo el frente de onda.
- Decibeles: $\beta = 10 \log(I/I_o)$, $I_o = 10^{-12}\,\mathrm{W\,m^{-2}}$
- I_o = umbral de audición a $1\,\mathrm{kHz}$ ($\Delta P \approx 20\,\mu\mathrm{Pa}$).

Oído humano



semicircular canals
vestibule
vestibular apparatus
temporal bone
vestibulocochlear nerve
cochlea
helix
oval window
round window
tympanic membrane
auditory ossicles
external auditory canal
eustachian tube
auricle
tragus
lobule
outer ear
middle ear
inner ear
© Encyclopædia Britannica, Inc.

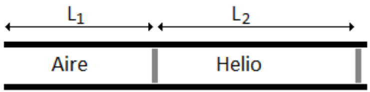


Sound level (dB)
120
100
80
60
40
20
0
−10
40
50
60
80
100
200
400
500
800
1000
2000
4000
5000
8000
10,000
Frequency f (Hz)
120 phon
110 phon
100 phon
90 phon
80 phon
70 phon
60 phon
50 phon
40 phon
30 phon
20 phon
10 phon
0 phon

Ejercicio 1

Examen Física 2
29 de julio del 2016

Problema 2



Dos cámaras cilíndricas contienen gases de distinta densidad, aire y helio. La cámara que contiene helio está limitada por dos membranas que se pueden mover libremente, sólo a efectos de que el helio no se mezcle con el aire de la otra cámara ni con el aire circundante. Una fuente no mostrada en la figura produce ondas de sonido de frecuencia 523 Hz. Sabiendo que se generan ondas estacionarias con un nodo de sobre-presión en la interfase aire-helio:

Parte A: Halle las longitudes de las cámaras para que ambas resuenen con la mayor longitud de onda posible.

Parte B: Considere ahora que las longitudes de las cámaras son L_1 = 40 cm para la que contiene aire y L_2 = 80 cm para la que contiene helio.
I) ¿Cuál es la mínima frecuencia de exitación para que ambos presenten ondas estacionarias?
II) Haga un esquema de la sobre-presión en el sistema. ¿Cuántos nodos se observarán en cada tubo, excluyendo los nodos de los extremos y de la interfase.

Parte C:
I) Determine una expresión para la frecuencia que escucha un observador que se mueve hacia una fuente de sonido en reposo.
II) Mientras el sistema descrito en la parte B está resonando, una persona está corriendo con velocidad constante, primero hacia la fuente de sonido y luego, alejándose de la fuente de sonido. Si la diferencia de frecuencias que escucha es de 20 Hz, ¿cuál es la velocidad de la persona?

Ejercicio 2

Fisica 2 –Primer parcial
14 de octubre de 2020

3.

a) Considere un tubo de aire con un extremo cerrado y el otro abierto. El tubo es de sección constante y tiene un largo de 682 mm. ¿Es posible hacer resonar este tubo en la frecuencia de 880 Hz? Si lo hace, ¿cuál sería la longitud de onda de sonido asociada? En este caso, ¿en qué armónico resuena?

b) Ahora considere 2 tubos iguales, que emiten ondas esféricas de sonido. Cada tubo es amplificado por un parlante. El parlante 1 tiene 10 W de potencia media, mientras que el parlante 2 tiene potencia variable. Los parlantes están separados una distancia D = 1,00 m. Ubicado justo en frente al parlante 1, se encuentra un observador en el punto P, que mide una intensidad sonora de 120 dB cuando solo el parlante 1 está prendido. ¿Qué potencia debe de tener el parlante 2 para que ambas ondas tengan la misma intensidad media en el punto P?

Examen de Física II

Problema 2:

28 de julio de 2017

Un diapasón montado sobre una caja de resonancia se golpea con un martillete emitiendo una onda sonora de 612 Hz que se propaga a v = 340 m/s y alcanza un receptor.
Considerando que la onda que alcanza el receptor es una onda plana, se pide:

a) Si la sobrepresión máxima producida por la onda sonora en el receptor es igual a $p_0 = 2x10^{-4}$ Pa, escribir la ecuación de la onda viajera, explicando la elección que se haga para la fase inicial, y calcular su longitud de onda.

b) La intensidad del sonido en función de la presión está dada por la relación $I = ½(p_0^2/\rho v)$.
Calcular la intensidad del sonido que percibe el receptor, indicando sus unidades en el sistema internacional (m kg s).

c) Tomando como intensidad de referencia en el sistema internacional (m kg s) $Io = 10^{-12}$ (con su unidad correspondiente), calcular el nivel de intensidad en dB.

d) En un segundo experimento se vuelve a golpear el diapasón y en el receptor el nivel de intensidad es 20 dB mayor que antes. ¿Cuál es la intensidad que llega al receptor?
Dato: Densidad del aire en las condiciones del experimento: $\rho = 1{,}22\ kg/m^3$

Próxima clase...

- Dudas: recuerden el uso del foro
- Ideal: terminar con el práctico 4
- La semana que viene vamos a hacer repaso para el parcial

Cronograma del curso

Cronograma Física 2 - semestre impar - 2024

Semana	Fechas	Teórico	Práctico
1	04/03/24 - 08/03/24	HIDROSTÁTICA	
2	11/03/24 - 15/03/24	HIDRODINÁMICA	1 HIDROSTÁTICA
3	18/03/24 - 22/03/24	HIDRODINÁMICA	2 HIDRODINÁMICA
4	25/03/24 - 29/03/24	Semana de turismo	
5	01/04/24 - 05/04/24	ONDAS MECÁNICAS	2 HIDRODINÁMICA
6	08/04/24 - 12/04/24	SONIDO	3 ONDAS MECÁNICAS
7	15/04/24 - 19/04/24	ONDAS Y SONIDO – Ejercicios	4 ONDAS DE SONIDO
8	22/04/24 - 26/04/24	TEMPERATURA – LEY CERO – DILATACIÓN TÉRMICA	ONDAS Y REPASO
9	29/04/24 - 08/05/24	Período de 1º parciales	

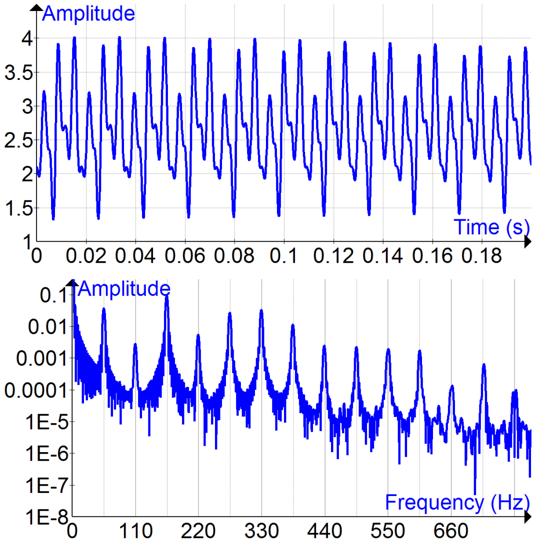
USTED ESTÁ AQUÍ

WINTER IS COMING

Resumen

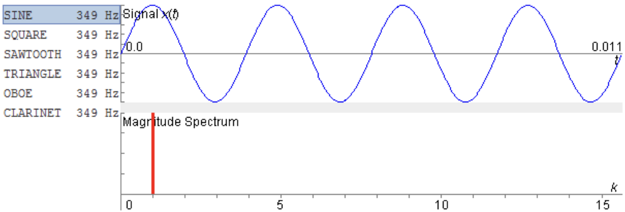
- A resolver: ¿Cómo describimos el estado de un fluido en reposo? ✓ $\rightarrow$ mediante principios de Pascal, Arquímedes e hidroestática
- A resolver: ¿Cómo describimos el estado de un fluido en movimiento? ✓ $\rightarrow$ mediante la Ec. de continuidad y Bernoulli, bajo ciertas hipótesis
- A resolver: ¿Cómo describimos el fenómeno ondulatorio? ✓ $\rightarrow$ mediante la ec. de onda, su solución y la interacción entre las perturbaciones en diferentes medios.

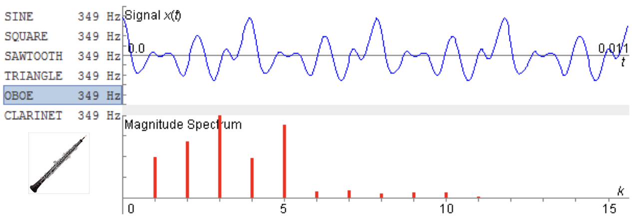
Análisis de Fourier

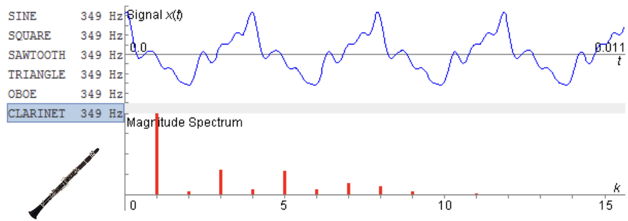


- Las características físicas de una OS tienen una relación directa con la percepción por parte del receptor.
- Para una f dada (grave o aguda), al aumentar ΔP_{max}, aumenta la intensidad o el volumen.
- Análisis frecuencial $\to$ análisis de Fourier.

Instrumentos musicales







Interferencia de ondas sonoras

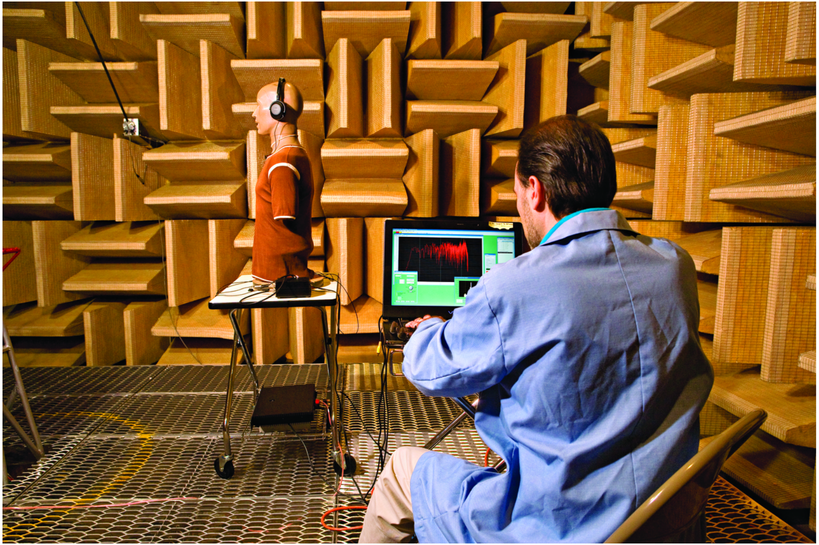
- Dadas dos (o más) fuentes de ondas, es posible colocar un receptor en algún lugar del espacio de modo que se oiga un máximo o un mínimo.
- Estrategia: observar el camino recorrido por las ondas (Δx) e imponer cierto desfasaje entre ellos.
- Interferencia constructiva:

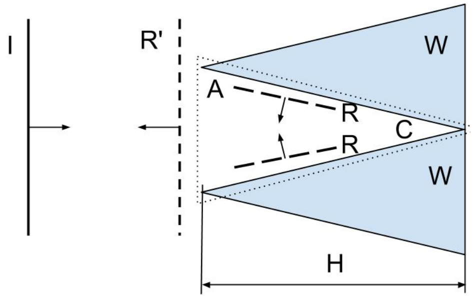
$$k\Delta x = \frac{(2n+1)\pi}{2} \to \Delta x = \frac{(2n+1)\lambda}{2}$$

- Interferencia destructiva:

$$k\Delta x = n\pi \to \Delta x = n\lambda$$

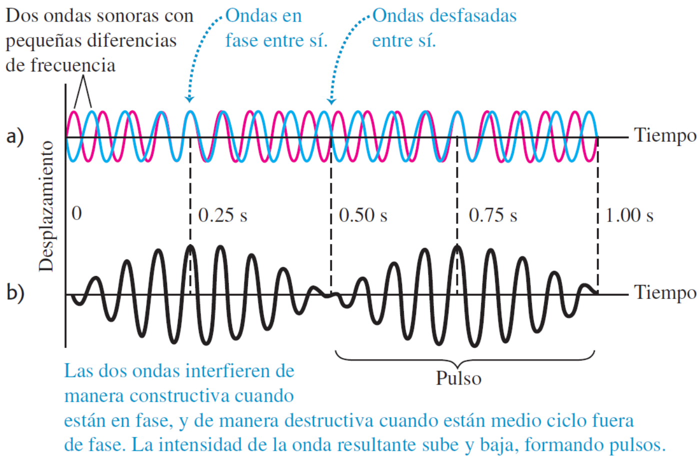
Interferencia de ondas sonoras - cámara anecoica





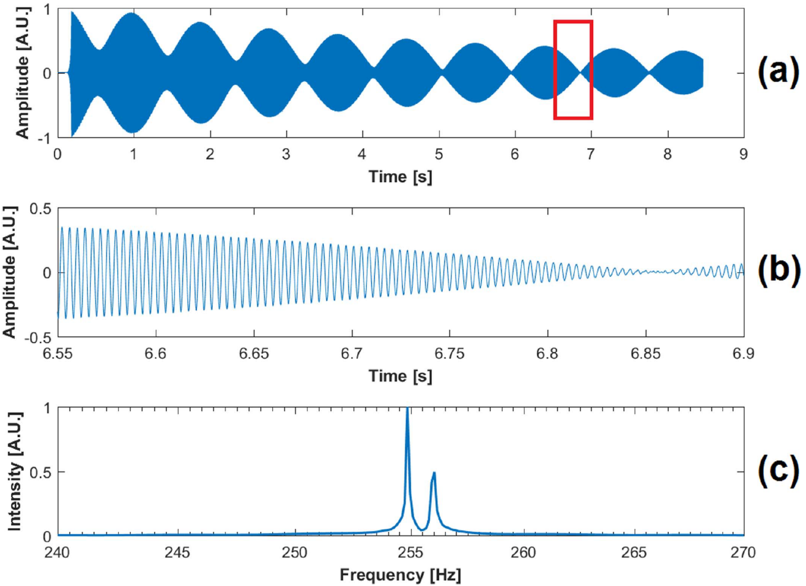
Efecto de batido/pulsaciones

- Efecto que se da cuando se superponen ondas de igual amplitud pero frecuencias levemente diferentes.



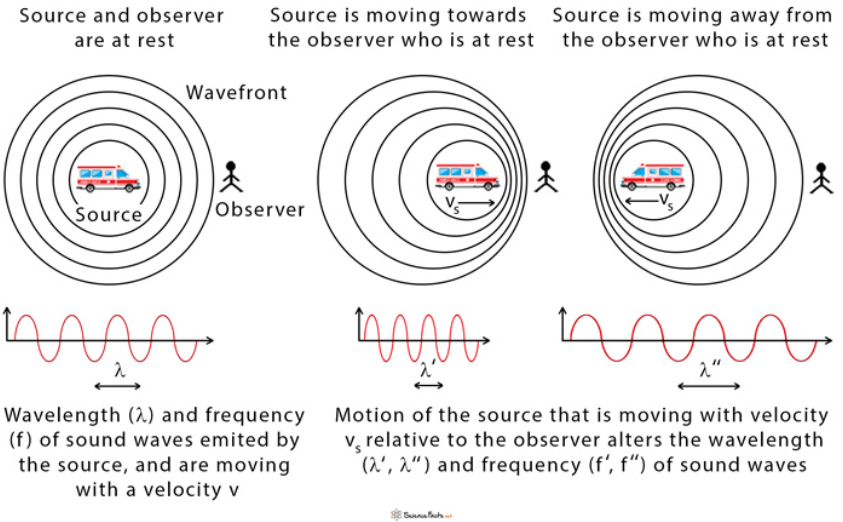
- Frecuencia de batido: $f_{\text{bat}} = |f_2 - f_1|$

Efecto de batido/pulsaciones



Efecto Doppler

- ¿Cómo cambia la frecuencia de la onda percibida cuando el observador y/o la fuente se mueven entre sí?



Efecto Doppler

- ¿Cómo cambia la frecuencia de la onda percibida cuando el observador y/o la fuente se mueven entre sí?
- Obs. móvil (v_o) - fuente en reposo:

$$f' = \frac{f(v \pm v_o)}{v}, \text{ - si se aleja}$$

- Fuente móvil (v_s) - obs. en reposo:

$$f' = \frac{fv}{(v \pm v_s)}, \ + \text{ si se aleja}$$

- Ambos móviles:

$$f' = f\frac{(v \pm v_o)}{(v \mp v_s)}, \ +/\text{- si se acercan ambos; -}/+ \text{ se alejan}$$

Ejercicio 4

Ejercicio 2 (20 puntos)

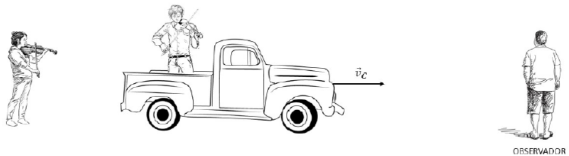
a) Una cuerda de violín debe afinarse para que su frecuencia fundamental sea 440 Hz (nota LA). Se observa que cuando la tensión de la cuerda es de 80 N, el violín emite un sonido (en su frecuencia fundamental) de 400 Hz. ¿Cuál debe ser la tensión para afinarla correctamente?

c) Habiendo afinado sus violines, dos estudiantes desean reproducir una variación del experimento de Buys Ballot (1845). Para esto, uno de ellos se coloca en la plataforma de una camioneta que se mueve a velocidad constante v_C y toca en su violín la nota LA. La otra estudiante está detrás de la camioneta en reposo y toca la misma nota LA, como se muestra en la figura. Si un observador situado delante de la camioneta detecta 20 pulsaciones por segundo:

i) ¿Cuál es la velocidad de la camioneta?

ii) ¿Cuál es la frecuencia de batido después que la camioneta rebasó al observador?

ii) ¿Cuál es la frecuencia oída por el observador antes y después de que la camioneta lo rebase?



Ejercicio 5

Física 2 - Examen

11 de Febrero de 2019

2. Dos cuerdas del mismo material (cuya densidad lineal de masa es de $2\,\mathrm{g\,m^{-1}}$) son tensadas mediante la aplicación de una fuerza de 180 N, como se ve en la Fig. 2. La cuerda de la izquierda mide $L_1 = 33{,}7\,\mathrm{cm}$, y la de la derecha $L_2 = 34{,}1\,\mathrm{cm}$, y ambas cuerdas tienen sus extremos fijos.

Un observador se encuentra parado entre las cuerdas mientras las mismas resuenan en su modo fundamental.

a) Determine la frecuencia a la que resuena cada cuerda.

b) Halle la frecuencia de batido que escucha el observador.

c) ¿A qué velocidad y en qué dirección debe moverse el observador para dejar de oír el efecto del batido (pulsaciones)?

d) ¿Existe algún punto a la derecha o a la izquierda de ambas cuerdas donde, a alguna velocidad se deje de oír el efecto de batido? Fundamente su respuesta.

Figura 2

Próxima clase...

- **Parcial 4/5**
- Dudas: recuerden el uso del foro

Anexo: Recordando matemática...

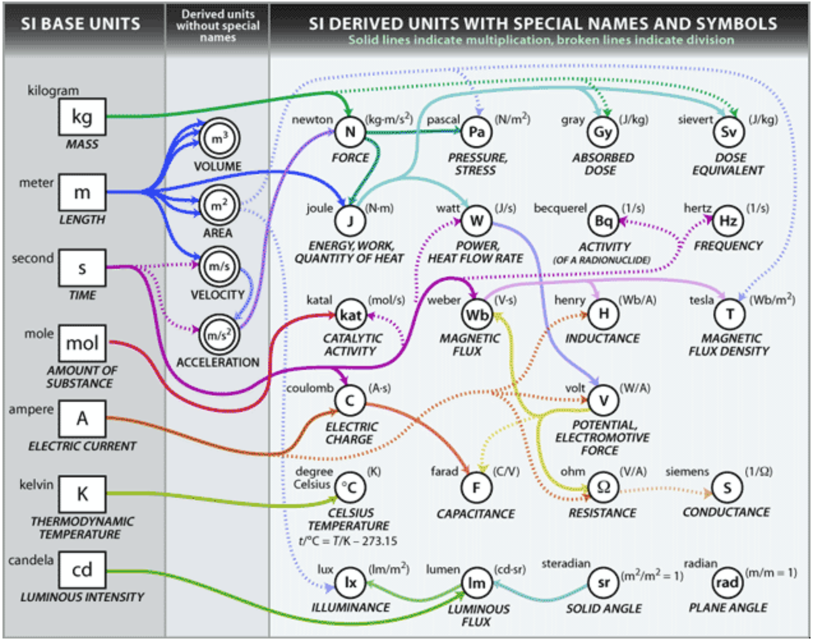
- $\sin(-x) = -\sin(x)$
- $\cos(-x) = \cos(x)$
- $\sin(x + \pi/2) = \cos(x)$
- $\sin(\alpha) + \sin(\beta) = 2\sin((\alpha + \beta)/2)\cos((\alpha - \beta)/2)$
- $\cos(\alpha) + \cos(\beta) = 2\cos((\alpha + \beta)/2)\cos((\alpha - \beta)/2)$

$$\sin^2(x) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2\alpha))$$

$$\cos^2(x) = \frac{1}{2}(1 + \cos(2\alpha))$$

- $\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$

Anexo: SI - Unidades derivadas



Anexo: SI - Prefijos

Prefiks	Symbol	Multiplying factor
yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{24}
zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{21}
exa	E	1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}
peta	P	1 000 000 000 000 000 = 10^{15}
tera	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}
giga	G	1 000 000 000 = 10^{9}
mega	M	1 000 000 = 10^{6}
kilo	k	1 000 = 10^{3}
hecto	h	100 = 10^{2}
deka	da	10 = 10^{1}
deci	d	0,1 = 10^{-1}
centi	c	0,01 = 10^{-2}
milli	m	0,001 = 10^{-3}
mikro	μ	0,000 001 = 10^{-6}
nano	n	0,000 000 001 = 10^{-9}
piko	p	0,000 000 000 001 = 10^{-12}
femto	f	0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}
atto	a	0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}
zepto	z	0,000 000 000 000 000 000 001 = 10^{-21}
yocto	y	0,000 000 000 000 000 000 000 001 = 10^{-24}