

## Física II - Biociencias y Geociencias (Curso 2011)

### Practico 8

#### SONIDO, INTENSIDAD, DOPPLER

8.1 El desplazamiento del medio en una cierta onda sonora se describe por

$$s(x,t) = 0,002 \cos(\pi(50x - 17200t)) \quad \text{donde } s \text{ está en } \mu\text{m}, x \text{ está en } m \text{ y } t \text{ en seg.}$$

- ¿Cuál es la frecuencia, longitud de onda y velocidad de la onda?
- ¿Cuál es el desplazamiento en  $x = 0,05 \text{ m}$  cuando  $t = 0$  ?
- ¿Cuál es la velocidad del medio en  $x = 0,05 \text{ m}$  cuando  $t = 0$  ?

8.2 La nota más baja de un piano tiene una frecuencia fundamental de  $27,5 \text{ Hz}$  y es producida por un alambre de  $1,18 \text{ m}$ . Determinar la razón entre la longitud de la onda sonora a la longitud de onda de las ondas que se desplazan por el alambre ( $\lambda$  sonido/  $\lambda$  alambre).

8.3 Una cierta persona hablando emite sonido de intensidad  $60 \text{ dB}$  a un metro de ella. Si este sonido esta concentrada en un cono hacia delante que abarca la cuarta parte de una esfera (en otras palabras, que subtiende un ángulo sólido de  $\pi$ ) ¿cual es la potencia sonora que ella esta produciendo?

8.4 Si el nivel de intensidad del habla de una persona es de  $50 \text{ dB}$ , ¿cuál es el nivel de intensidad cuando  $10$  personas a la misma distancia hablan a la vez de la misma manera?

8.5 Un pasajero de un tren oye una frecuencia de  $520 \text{ Hz}$  cuando se aproxima a una campana sobre una estación al lado de la vía. Si la campana está emitiendo con una frecuencia de  $500 \text{ Hz}$ , ¿qué frecuencia escuchará el pasajero después de pasar por la campana? Suponer que el aire esta en reposo relativo a la estación.

8.6 Un murciélago emite chillidos de corta duración a una frecuencia de  $80000 \text{ Hz}$ . Si vuela hacia un obstáculo con una velocidad de  $20 \text{ m/s}$ , ¿cuál es la frecuencia de la onda reflejada que percibe el murciélago?

#### ➤ Acercándonos al “mundo real”...

8.7 Una persona hablando emite  $10^{-5} \text{ W}$  de sonido. El oído humano en perfecta condición es sensible a sonido de intensidad tan baja como  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ . ¿Hasta que distancia se dejaría oír la persona si no hay otro sonido tapándolo ni absorción del sonido por el aire o reflexión del sonido por el piso u otros obstáculos? Este resultado ¿corresponde a su experiencia?

**8.8** Las moléculas absorben y emiten luz solamente en ciertas frecuencias características que conforman su *espectro*, siendo cada una de esas frecuencias una *línea espectral*. Pero si una molécula está en movimiento (relativo al observador), la frecuencia observada de la luz emitida va a ser corrida por el efecto Doppler. En un gas, donde cada molécula tiene un movimiento aleatorio térmico, cada molécula que emite luz lo hace con un corrimiento de Doppler distinto. Entonces la luz emitida por el gas no tiene líneas espectrales del todo nítidas. Cada línea espectral tiene un cierto ancho - quiere decir que hay emisión en un rango de frecuencias entorno de las frecuencias de emisión de una molécula en reposo. Vamos a calcular este efecto. (También hay otros efectos, distintos del corrimiento Doppler por movimiento térmico, que contribuyen al ensanchamiento de las líneas espectrales).

Consideramos entonces un gas de HCl y nos concentramos en una línea infrarroja de su espectro.

a) Si la longitud de onda de la línea emitida por una molécula en reposo es  $3.605 \mu\text{m}$  ¿cuál es su frecuencia  $f_0$ ?

b) A temperatura  $T$  (en Kelvin) cada molécula tiene energía cinética promedio  $3/2 k_B T$ , donde  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$  es la constante de Boltzmann. Busca la masa de un hidrógeno (H) y un cloro (Cl) y calcula a partir del valor de la energía cinética promedio el promedio del cuadrado de las velocidades de las moléculas. Suponer que  $T = 298 \text{ K} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ , es decir temperatura ambiente.

c) ¿Cuál es el valor típico del corrimiento Doppler de la frecuencia  $f_0$  para las moléculas del gas? ¿Cuál es entonces el rango aproximado de frecuencias entorno a la frecuencia  $f_0$  en que el gas emite luz?

**8.9** a) El impacto de un meteorito en el mar produce una gran ola circular (un “tsunami”) que se aleja del punto de impacto. Si la energía total de la ola es  $1,0 \times 10^{12} \text{ J}$  y la pérdida de energía total de la ola en su propagación es despreciable, ¿cuál es la energía transmitida por la ola a una isla circular de diámetro  $1 \text{ km}$  ubicada a  $1000 \text{ km}$  del punto de impacto del meteorito? Suponer que no hay ola reflejada por la isla, y por tanto toda la energía de la parte de la ola que llega a la isla es absorbida por esta.

b) Se golpea un largo caño de metal produciendo dos iguales pulsos de vibración propagando en los dos sentidos a lo largo del caño. Los dos pulsos juntos tienen una energía de  $10 \mu\text{J}$ . Una persona escucha con su oído contra el caño a una distancia de  $x$  metros del golpe. ¿Cómo depende la intensidad del sonido que oye el oyente de la distancia  $x$ ? Se puede suponer que los pulsos propagan sin pérdidas (disipación de energía) por el caño.

c) Anda a un caño con un amigo y prueban el experimento. Hay muy largos caños verticales en las escaleras de la facultad (especialmente en la torre). Si  $x$  es la distancia desde el punto en que se golpea al caño ¿cómo varía con  $x$  la intensidad que uno oye con el oído contra el caño según sus observaciones?

## EJERCICIOS PARA ENTREGAR

- 1 Se juega un partido de fútbol en un estadio circular de  $100\text{ m}$  radio. El árbitro, ubicado en el centro de la cancha, deja pasar un foul, y los  $20000$  hinchas del equipo ofendido silban simultáneamente. Si el silbido de un hincha tiene una intensidad de  $90\text{ dB}$  a un metro de distancia ¿cuál es la intensidad del sonido que percibe el árbitro? (Supongamos que no hay reflexión del sonido por el césped u otras superficies ni absorción del sonido por el aire).
  
- 2 Un radar para medir la velocidad de autos consiste de un emisor que emite ondas electromagnéticas de frecuencia  $20\text{ Ghz}$ , y un detector que detecta las ondas reflejadas por los autos. Emisor y detector están incorporados en el mismo aparato, y por tanto tienen la misma velocidad y casi la misma posición.
  - a) Un auto se acerca al detector con velocidad  $100\text{ km/h}$ . ¿Cuál es la diferencia entre  $f_E$ , la frecuencia de la onda emitida por el radar, y  $f_A$ , la frecuencia de la onda reflejada por el auto que mide el detector?
  
  - b) Si se pretende medir la velocidad del auto con un error menor que  $1\text{ km/h}$ . ¿Cuán grande es el mayor error permisible en la medición de la diferencia en las frecuencias?
  
  - c) Es fácil medir la diferencia entre las frecuencias de dos ondas: Si en un punto las dos ondas están sincronizadas, tal que las crestas de las dos vienen juntas, entonces la intensidad de la suma de las ondas es más grande que la intensidad de cada uno por separado. Si están con fases opuestas, tal que las crestas de una onda llegan juntas a los valles de la otra, entonces la intensidad es menor. Si dos ondas de frecuencias distintas,  $f_1$  y  $f_2$ , están sincronizados inicialmente en un punto entonces con el pasaje del tiempo dejan de estarlo, y luego de un rato tendrán fase opuesta. Luego de un tiempo más estarán sincronizados de nuevo. Esto produce una fluctuación regular en la intensidad (llamada “pulsación”) que se puede detectar, y del cual se puede despejar la diferencia  $|f_1 - f_2|$ . ¿Cuál es el tiempo entre un máximo de la intensidad de la suma de las ondas (cuando estén en fase) y un mínimo (cuando estén con fases opuestas)? En otras palabras, ¿cuanto tiempo,  $T$ , requiere la onda de menor frecuencia para hacer  $u$  ciclos mientras la de mayor frecuencia hace  $u + \frac{1}{2}$  ciclos? ( $u$  no es necesariamente entero.) ¿Cuál entonces es la frecuencia de la pulsación?

## Ejercicios de examen

**Segundo parcial 2006** Un carro de bomberos utiliza una sirena que emite con longitud de onda de  $20\text{m}$  cuando se encuentra en reposo. Si el rango de frecuencias audibles por el ser humano es de  $16\text{ Hz}$  a  $20.000\text{Hz}$ , la velocidad del sonido en el aire es de  $343\text{ m/s}$ , y se desea que la sirena sea escuchada desde todas las casas a lo largo de una avenida cuando el carro viaje por la misma (asumiendo que la intensidad se mantiene siempre sobre el umbral auditivo), entonces la velocidad máxima a la que el chofer debe conducir es de:

- a)  $72\text{ km/h}$       b)  $89\text{ km/h}$     c)  $99\text{ km/h}$       d)  $111\text{ km/h}$     e)  $133\text{ km/h}$

**Examen febrero 2007** Una sirena emite un sonido periódico en el aire, en una región donde no hay obstáculos para su propagación. De las siguientes afirmaciones: 1) la intensidad del sonido disminuye proporcionalmente a la distancia de la sirena; 2) podemos regular la velocidad con que se propaga la onda cambiando la frecuencia de la sirena; 3) percibimos el doble de decibeles si duplicamos la potencia con que emite la sirena; 4) mientras nos alejamos de la sirena percibimos una frecuencia mayor que cuando nos quedamos en reposo.

- a) ninguna es correcta  
b) sólo 1) es correcta  
c) sólo 1) y 2) son correctas  
d) sólo 1), 2) y 3) son correctas  
e) todas son correctas

**Examen febrero 2007** La velocidad de circulación de la sangre se manifiesta con el efecto Doppler a través de un cambio de frecuencia. Se emite un ultrasonido de frecuencia  $3\text{MHz}$  que viaja por el cuerpo a una velocidad de  $1540\text{m/s}$ . Suponga que la sangre se mueve en forma paralela y con sentido opuesto al del ultrasonido, a una velocidad de  $0,1\text{m/s}$ . El ultrasonido se refleja cuando se encuentra con la sangre, y una vez que regresó al emisor, su frecuencia:

- a) Aumenta en  $390\text{ Hz}$   
b) Aumenta en  $60\text{ KHz}$   
c) Aumenta en  $0,22\text{ MHz}$   
d) Disminuye en  $45\text{ Hz}$   
e) Disminuye en  $510\text{ Hz}$