

# Física II B 2015

## Ondas, nada más

Asorey-Cutsaimanis

Práctica individual

### 1. Didáctica (actividad grupal, dos grupos, Jueves 08 de octubre)

Se implementará un entorno S.O.L.E. (ambiente de aprendizaje auto-organizado, por sus siglas en inglés, *self organizing learning environment*) y se debatirán las conclusiones obtenidas por cada grupo. El docente modera la actividad. El tema será propuesto el mismo día. Es importante contar con una computadora o teléfono capaz de conectarse a Internet.

### 2. Para pensar (entregar todas)

1. Dos ondas viajan sobre la misma cuerda. ¿Es posible que ambas tengan a) diferentes frecuencias?, b) diferentes longitudes de onda?, c) diferentes velocidades?, d) diferentes amplitudes?, e) la misma frecuencia, pero diferentes longitudes de onda?
2. En una cuerda sometida a una tensión de magnitud  $F$ , una onda tarda 4,00 s en recorrer una distancia  $d$ . ¿Cuál debe ser la tensión de la cuerda, en relación con  $F$ , para que la onda demore 16,00 s en recorrer la misma distancia?
3. En una cuerda real, la amplitud de una onda viajera disminuye con el tiempo. ¿Qué sucede con la energía en este caso?
4. Las cuatro cuerdas de un violín tienen la misma longitud de vibración  $l$ , la misma tensión  $F$  pero distinto diámetro. En este caso, ¿las ondas viajan más rápido en las cuerdas gruesas o en las delgadas? ¿Por qué? Compare la frecuencia fundamental de vibración (es decir, la frecuencia de la onda que tiene  $\lambda = l$ ) las cuerdas gruesas y delgadas.
5. Dos cuerdas con diferente densidad lineal de masa  $\mu_1$  y  $\mu_2$  se unen y se estiran con una tensión de magnitud  $F$ . Una onda viaja por la cuerda y pasa por la discontinuidad de masa. Indique cuáles de las siguientes propiedades de la onda serán iguales a ambos lados de la discontinuidad y cuáles cambiarán: velocidad de la onda  $v$ , frecuencia  $f$ , longitud de onda  $\lambda$ . Justifique físicamente cada respuesta.
6. ¿Podemos producir una onda estacionaria en una cuerda superponiendo dos ondas que viajan en direcciones opuestas con la misma frecuencia pero diferente amplitud? ¿Por

qué? ¿Podemos producirla superponiendo dos ondas que viajen en direcciones opuestas con diferente frecuencia, pero la misma amplitud? ¿Por qué?

7. ¿En una onda estacionaria en una cuerda, hay transferencia neta de energía de un extremo al otro? Justifique su respuesta.
8. Una diferencia de una octava (ocho tonos que van del “Do” al siguiente “Do”) en un instrumento musical corresponde a un factor 2 en frecuencia. Es decir, si “La” corresponde a una frecuencia de 440 Hz, el “La” de la siguiente escala tendrá una frecuencia de 880 Hz. ¿En qué factor debe aumentarse la tensión en una cuerda de guitarra o violín para aumentar su tono una octava? ¿Y dos octavas? ¿por qué cree que en esos instrumentos se usan cuerdas de distintos materiales o grosores para los distintos tonos, si con sólo cambiar la tensión es posible cambiar la frecuencia? Justifique todas sus respuestas.
9. Si un chelista toca una cuerda de su chelo levemente en el centro de la misma mientras la frota normalmente con el arco, puede producir una nota exactamente una octava arriba de aquella para la cual se afinó la cuerda. ¿Cómo es posible esto?
10. ¿Por qué los violines son pequeños y los contrabajos son grandes?

### 3. Problemas

Para hacer los gráficos puede usar excel, gnuplot o el sistema que le resulte más conveniente. El Jueves 22 de Octubre deberán entregar los ejercicios marcados con (\*).

1. La rapidez del sonido en aire a 20°C es de 344 m/s. a) Calcule la longitud de onda de una onda sonora con la frecuencia que corresponde a la nota fa de la cuarta octava de un piano (averigüe este dato en Internet), y cuántos milisegundos dura cada vibración. b) Calcule la longitud de onda de una onda sonora una octava más alta y una octava más baja que la nota del punto anterior.
2. El 26 de diciembre de 2004 ocurrió un intenso terremoto en las costas de Sumatra, y desencadenó un tsunami devastador. Gracias a los satélites, se pudo establecer que había 800 km de la cresta de una ola a la siguiente, y que el periodo entre una y otra fue de 1.0 hora. ¿Cuál fue la velocidad de esas olas en m/s? ¿Comprende ahora porque el efecto fue devastador? ¿Podría estimar “a la Fermi” la energía de la ola?
3. En exploración médica se utilizan ondas sonoras con frecuencias mayores a las que puede percibir el oído humano ( $f > 20$  kHz). Si las ondas utilizadas tienen una velocidad de 2000 m/s, y la longitud de onda no debería ser mayor que 1 mm, ¿Qué frecuencia tiene la onda utilizada? ¿Cuál es el periodo?
4. (\*) La ecuación de una onda transversal es  $y(x, t) = 6 \text{ mm} \cos(4 \text{ mm}^{-1} x - 10 \text{ s}^{-1} t)$ . Obtenga: a) la amplitud, b) la longitud de onda, c) la frecuencia, d) velocidad y dirección de propagación de la onda.
5. Un oscilador armónico simple en el punto  $x = 0$  produce ondas en una cuerda. El oscilador opera con una frecuencia de 60 Hz y una amplitud de 2,50 cm. La cuerda tiene una densidad  $\mu = 70 \text{ g/m}$  y se le aplica una tensión de 9,00 N. Entonces:
  - a) Determine la rapidez de la onda.

- b) Calcule la longitud de onda.
- c) Describa la función de onda  $y(x, t)$  (suponga que el oscilador tiene su desplazamiento máximo hacia arriba en el instante  $t = 0$ ).
- d) Calcule la aceleración transversal máxima de las partículas de la cuerda.
6. (\*) Una cuerda de longitud 1,50 m y masa  $m = 0,128$  kg está pegada al techo por su extremo superior, mientras que el extremo inferior sostiene un cuerpo de masa  $M$ . Si usted produce un leve pulso en la cuerda, las ondas generadas se desplazan hacia arriba, según la ecuación de onda  $y(x, t) = (8,50 \text{ mm}) \cos(172 \text{ m}^{-1}x - 2730 \text{ s}^{-1}t)$ . Responda:
- a) ¿Cuánto tiempo tarda un pulso en viajar a lo largo de toda la cuerda?
- b) ¿Cuál es la masa  $M$ ?
- c) ¿Cuántas longitudes de onda hay en la cuerda en cualquier instante?
- d) ¿Qué sucede con las ondas al llegar al extremo superior de la cuerda?
- e) ¿Cuál es la ecuación para las ondas en dirección descendente?
7. Imagine una onda viajera, con función de onda  $y(x, t) = A \cos(kx - \omega t)$ , moviéndose a lo largo de una cuerda en la dirección  $+x$ . Con estos datos, y recordando las identidades trigonométricas para el coseno de la suma y resta de dos ángulos,  $\cos(a \pm b) = (\cos a \cos b) \pm (\sin a \sin b)$ , deduzca la ecuación que describe la correspondiente onda estacionaria en la cuerda para los siguientes casos:
- a) los extremos de la cuerda pueden moverse (visto en clase);
- b) los extremos de la cuerda son puntos fijos.
- En cada caso, obtenga además la amplitud máxima, la longitud de onda, el período, y la posición de los nodos y antinodos de la onda estacionaria.
8. (\*) Una cuerda uniforme de longitud  $L$  y masa  $m$  está sujeta por un extremo a un motor que gira con velocidad angular  $\Omega$ . Despreciando el efecto de la gravedad sobre la cuerda, calcule el tiempo que una onda transversal necesita para recorrer la longitud de la cuerda  $L$ .
9. Un afinador de pianos estira un alambre de piano de acero con una tensión de 800 N. El alambre tiene 0,400 m de longitud y una masa de  $m = 3,00$  g.
- a) Calcule la frecuencia de su modo fundamental de vibración.
- b) Determine el número del armónico más alto que podría escuchar una persona que capta frecuencias de hasta 10 kHz.
10. La función de onda de una onda estacionaria es  $y(x, t) = 4,44 \text{ mm} \sin(32,5 \text{ m}^{-1}x) \sin(754 \text{ s}^{-1}t)$ . Para las dos ondas viajeras que forman esta onda estacionaria, determine la amplitud, la longitud de onda, la frecuencia, la velocidad de propagación y las funciones de onda. Con la información suministrada, ¿puede determinar de qué armónico se trata? Justifique.
11. (\*) Una cuerda con ambos extremos fijos está vibrando en su tercer armónico. Las ondas tienen una rapidez de 192 m/s y una frecuencia de 240 Hz. La amplitud de la onda estacionaria en un antinodo es de 0,400 cm. Entonces

- a) Calcule la amplitud del movimiento de puntos de la cuerda a una distancia de
- 1) 40,0 cm
  - 2) 20,0 cm; y
  - 3) 10,0 cm
- del extremo izquierdo de la cuerda.
- b) para cada uno de los puntos del inciso anterior, calcule cuánto tiempo tarda la cuerda en ir de su desplazamiento más grande hacia arriba, hasta su desplazamiento más grande hacia abajo.
- c) Calcule la velocidad y la aceleración transversales máximas de la cuerda en cada uno de los puntos del inciso a).
12. (\*) Una escultura de aluminio sólido se cuelga de un alambre de acero. La frecuencia fundamental para ondas estacionarias transversales en el alambre es de 440 Hz. Luego, la escultura (no el alambre) se sumerge totalmente en agua. Calcule la nueva frecuencia fundamental y diga por qué es una buena aproximación tratar el alambre como si estuviera fijo en ambos extremos (obtenga las densidades de tablas).