Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Física

Problemario de Oscilaciones, Ondas y Sonido

Física General III

Prof. Anamaría Font

Febrero 2009

Índice

1. Oscilaciones **3**

1.1. Oscilador Armónico Simple 3

1.2. Péndulos 4

1.3. Oscilaciones en Circuitos 5

1.4. Movimiento Amortiguado 6

1.5. Movimiento Forzado 7

2. Ondas **8**

2.1. Ondas Viajeras 8

2.2. Superposición e Interferencia 12

2.3. Ondas Estacionarias en Cuerdas 13

3. Sonido **15**

3.1. Velocidad del sonido 15

3.2. Ondas Sonoras Armónicas 15

3.3. Intensidad 15

3.4. Ondas Sonoras Estacionarias 16

3.5. Interferencia 17

3.6. Efecto Doppler 18

1. Oscilaciones

1.1. Oscilador Armónico Simple

1.1) La punta de un rascacielos se balancea completando 9 ciclos de oscilación en un tiempo de 1 minuto. Hallar el período y la frecuencia del movimiento.
(R: $6,67\,\texttt{s}$, $0,15\,\texttt{Hz}$)

1.2) Al tomar el pulso de un paciente un doctor cuenta 77 latidos en 1 minuto. Hallar el período y la frecuencia de las oscilaciones del corazón (del paciente).
(R: $0,78\,\texttt{s}$, $1,28\,\texttt{Hz}$)

1.3) Al atrapar una chiripa de masa $0,3\,\texttt{g}$, una tela de araña vibra a una frecuencia de $15\,\texttt{Hz}$. Considerando a la tela de araña como un resorte, determinar:
a) la constante elástica de la tela de araña.
b) la frecuencia de vibración cuando la tela atrapa un mosquito de masa $0,1\,\texttt{g}$.
(R: a) $2,66\,\texttt{N/m}$, b) $15\sqrt{3}\,\texttt{Hz}$)

1.4) Una masa de $0,3\,\texttt{kg}$ oscila armónicamente unida a un resorte horizontal de constante de fuerza $19,2\,\texttt{N/m}$. Inicialmente la masa se desplaza $5\,\texttt{cm}$ de la posición de equilibrio y se libera sin velocidad. Determinar:
a) el período de las oscilaciones.
b) el desplazamiento de la masa en $t_1 = \dfrac{\pi}{16}\,\texttt{s}$, $t_2 = \dfrac{\pi}{8}\,\texttt{s}$ y $t_3 = \dfrac{3\pi}{4}\,\texttt{s}$.
c) la velocidad de la masa en t_1, t_2 y t_3.
d) la energía total del sistema masa-resorte en t_1, t_2 y t_3.
(R: a) $\pi/4\,\texttt{s}$, b) 0, $-5\,\texttt{cm}$, $5\,\texttt{cm}$, c) $-40\,\texttt{cm/s}$, 0, 0, d) $0,024\,\texttt{J}$)

1.5) La punta de una sierra eléctrica realiza movimiento armónico simple de frecuencia $25\,\texttt{Hz}$. En $t = 0$, la punta está en su posición de equilibrio con desplazamiento cero y tiene una velocidad de $2,2\,\texttt{m/s}$. Determinar:
a) el desplazamiento de la punta en función del tiempo, o sea, $x(t)$.
b) la velocidad y el sentido del movimiento de la punta en $t = 2,505\,\texttt{s}$.
c) la máxima aceleración de la punta.
(R: a) $x(t) = (1,4\,\texttt{cm})\,\mathrm{sen}50\,\pi t$, b) $-1,56\,\texttt{m/s}$, hacia la izquierda, c) $345,4\,\texttt{m/s}^2$)

1.6) Una masa de $0,2\,\mathtt{kg}$, unida a un resorte, oscila con desplazamiento dado por

$$x(t) = (10\,\mathtt{cm})\,\cos(10\,t + \frac{\pi}{2})$$

con t en $\mathtt{s}$. Hallar:

a) el período de las oscilaciones.

b) el desplazamiento de la masa en $t_1 = \dfrac{\pi}{20}\,\mathtt{s}$, $t_2 = \dfrac{\pi}{10}\,\mathtt{s}$ y $t_3 = \dfrac{3\pi}{5}\,\mathtt{s}$.

c) la velocidad de la masa en t_1, t_2 y t_3.

d) la energía total del sistema masa-resorte en t_1, t_2 y t_3.

(R: a) $\pi/5\,\mathtt{s}$, b) $-10\,\mathtt{cm}$, 0, 0, c) 0, $1\,\mathtt{m/s}$, $-1\,\mathtt{m/s}$, d) $0,1\,\mathtt{J}$)

1.7) Cierto dispositivo para tranquilizar bebés consiste de un pequeño asiento suspendido del techo por un resorte. Al sentar cuidadosamente un bebé de $8,5\,\mathtt{kg}$, el resorte se estira $20\,\mathtt{cm}$. Desde esta posición de equilibrio el niño se desplaza $10\,\mathtt{cm}$ hacia abajo y se suelta sin velocidad inicial. Hallar:

a) el período de las oscilaciones.

b) la máxima energía cinética del bebé.

(R: a) $0,9\,\mathtt{s}$, b) $2,09\,\mathtt{J}$)

1.8) Un objeto de masa $0,15\,\mathtt{kg}$ que cuelga de un resorte vertical realiza movimiento armónico simple con desplazamiento dado por

$$y(t) = y_e + (3\,\mathtt{cm})\cos 14t \quad ,$$

con t en $\mathtt{s}$. El desplazamiento $y(t)$ está medido desde el punto en el cual no hay estiramiento del resorte. Determinar:

b) el desplazamiento en la posición de equilibrio (y_e),

b) la energía cinética del objeto cuando pasa por su posición de equilibrio,

c) el tiempo para el cual el objeto pasa por segunda vez por su posición de equilibrio.

(R: a) $5\,\mathtt{cm}$, b) $0,0132\,\mathtt{J}$, c) $0,3366\,\mathtt{s}$)

1.2. Péndulos

1.9) Un péndulo de demolición está formado por una masa de $650\,\mathtt{kg}$ suspendida de una cadena de $20\,\mathtt{m}$ de longitud y de masa despreciable. El tal péndulo se encuentra inicialmente

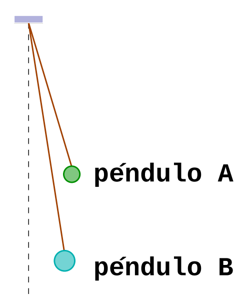
colgando verticalmente justo al lado de una pared del edificio a ser demolido. El péndulo se retira de la pared una distancia mucho menor que la longitud de la cadena y luego se suelta sin velocidad inicial. ¿ Cuánto tiempo pasa hasta que la masa golpea la pared ?
(R: $2,24\,\mathtt{s}$)

1.10) Dos niños en dos columpios se desplazan de la posición vertical y comienzan a oscilar al mismo tiempo. Cuando el primero ha completado 10 oscilaciones el segundo sólo ha realizado 5 oscilaciones. ¿ Cuál es el cociente ℓ_1/ℓ_2 de las longitudes de los columpios ? Considerar cada sistema niño-columpio como un péndulo simple.
(R: $\ell_2 = 4\ell_1$)

1.11) ¿ Es posible colocar un péndulo simple de período $5\,\mathtt{s}$ en una caja de $0,5\,\mathtt{m}$ de alto ? Justifique su respuesta.
(R: No, $\ell = 6,21\,\mathtt{m} > 0,5\,\mathtt{m}$)

1.12) Un marciano observa que un péndulo simple completa 5 oscilaciones en $12,8\,\mathtt{s}$. La longitud del péndulo es $0,6\,\mathtt{m}$. ¿ Cuál es el valor de la aceleración de la gravedad en Marte ?
(R: $3,61\,\mathtt{m/s}^2$)

1.13) Dos péndulos de longitudes $\ell_{\mathtt{A}} = 0,4\,\mathtt{m}$ y $\ell_{\mathtt{B}} = 0,9\,\mathtt{m}$ se cuelgan del mismo punto. En $t = 0$, el desplazamiento de la posición de equilibrio es de $10°$ para el péndulo A y de $8°$ para el péndulo B. Los péndulos se sueltan sin velocidad inicial.



a) ¿ Cuál es el cociente $T_{\mathtt{B}}/T_{\mathtt{A}}$ de los períodos de los péndulos ?
b) ¿ Cuál péndulo pasa primero por el punto de equilibrio ?
c) ¿ Cuál es la posición del péndulo A cuando el péndulo B ha completado el primer ciclo de su movimiento ?
(R: a) $\frac{3}{2}$, b) A, c) $-10°$)

1.3. Oscilaciones en Circuitos

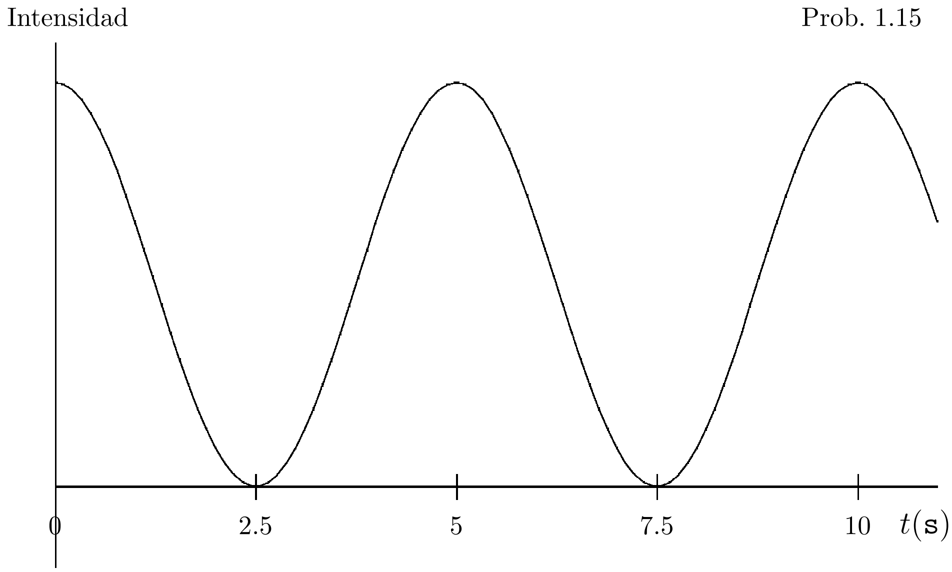
1.14) La frecuencia de resonancia de un circuito LC es $95,5\,\mathtt{MHz}$. El valor de la inductancia es $1,05\,\mu\mathtt{H}$. Hallar el valor de la capacidad. (R: $2,6\,\mathtt{pF}$)

1.15) La intensidad luminosa de una luciérnaga oscila como se indica en el gráfico.

a) Determinar la frecuencia de las oscilaciones en la luminosidad.

b) Se quiere modelar la luciérnaga como un bombillito de resistencia despreciable conectado en un circuito en serie con un condensador de capacidad C y con una inductancia de $L = 3\,\mathtt{H}$. La frecuencia de las oscilaciones en la luminosidad es el doble de la frecuencia de las oscilaciones en la corriente del circuito. Hallar el valor necesario de C.

(R: a) $0,2\,\mathtt{Hz}$, b) $0,84\,\mathtt{F}$)



1.4. Movimiento Amortiguado

1.16) Un sistema masa-resorte de masa $4,0\,\mathtt{kg}$ y frecuencia natural $5,0\,\mathtt{rad/s}$, es amortiguado por una fuerza $F = -b\,v$ de constante $b = 24,0\,\mathtt{kg/s}$.

a) Comprobar que el sistema está sub-amortiguado y determinar el período T de las oscilaciones amortiguadas.

b) En $t = 0$ la masa se desplaza $8\,\mathtt{cm}$ de su posición de equilibrio y se suelta sin velocidad inicial. Hallar la energía en $t = 0$ y en $t = T$. ¿ Hay conservación de la energía ?

(R: a) $\pi/2\,\mathtt{s}$, b) $E(0) = 0,32\,\mathtt{J}$, $E(T) = 2,6 \times 10^{-5}\,\mathtt{J}$)

1.17) El mecanismo de suspensión de un carro se comporta como un sistema masa-resorte con masa $1200\,\mathtt{kg}$ y constante de fuerza $58 \times 10^3\,\mathtt{N/m}$. El mecanismo está desgastado y sólo proporciona una fuerza amortiguadora con $b = 230\,\mathtt{kg/s}$. El carro cae en un hueco y comienza a vibrar.

a) Comprobar que las oscilaciones son sub-amortiguadas y determinar el período.

b) Determinar el número de oscilaciones que hace el carro hasta que la amplitud de oscilación disminuye a la mitad de su valor inicial.

(R: a) $0,904\,\mathtt{s}$, b) 8)

1.18) Un otolito* de un pez tiene masa $0,3\,\mathtt{g}$, una constante de fuerza efectiva $3,0\,\mathtt{N/m}$ y está sometido a una fuerza amortiguadora, $F_{amor} = -b\,v$ con $b = 1,5 \times 10^{-2}\,\mathtt{kg/s}$.

a) Comprobar que las oscilaciones son sub-amortiguadas y determinar el período.

b) ¿ En qué fracción decrece la amplitud inicial de oscilación cuando ha transcurrido un período ?

(R: a) $0,065\,\mathtt{s}$, b) $20\,\%$)

1.19) Un sistema bloque-resorte tiene una frecuencia angular natural de $9\,\mathtt{rad/s}$. El bloque de masa $4\,\mathtt{kg}$ se sumerge en aceite de tal manera que se produce una fuerza amortiguadora $F_{amor} = -b\,v$.

a) Hallar el valor de b si el amortiguamiento resultante es crítico.

b) Al cambiar el aceite se observa que el bloque realiza oscilaciones con amplitud $8\,\mathtt{cm}$ en el instante inicial y amplitud $1\,\mathtt{cm}$ cuando han transcurrido $2\,\mathtt{s}$. Hallar el nuevo valor de b y el período de las oscilaciones amortiguadas.

(R: a) $72\,\mathtt{kg/s}$, b) $8,32\,\mathtt{kg/s}$, c) $0,70\,\mathtt{s}$)

1.5. Movimiento Forzado

1.20) Una fuerza externa $F_0 \cos \omega_f t$ actúa sobre un péndulo simple de $2\,\mathtt{m}$ de longitud. Si los efectos de fricción son despreciables, ¿ para cuál valor de la frecuencia externa ω_f ocurre resonancia en el movimiento del péndulo ?

(R: $2,21\,\mathtt{rad/s}$)

1.21) En un circuito LCR forzado un inductor de $L = 0,4\,\mathtt{H}$, un condensador de capacidad

*partícula calcárea en el aparato vestibular (oído interno).

variable, y una resistencia $R = 500\,\Omega$, están conectados en serie a una fuerza electromotriz externa de frecuencia $50\,\mathtt{Hz}$. Hallar:

a) El valor de la capacidad para que ocurra resonancia.

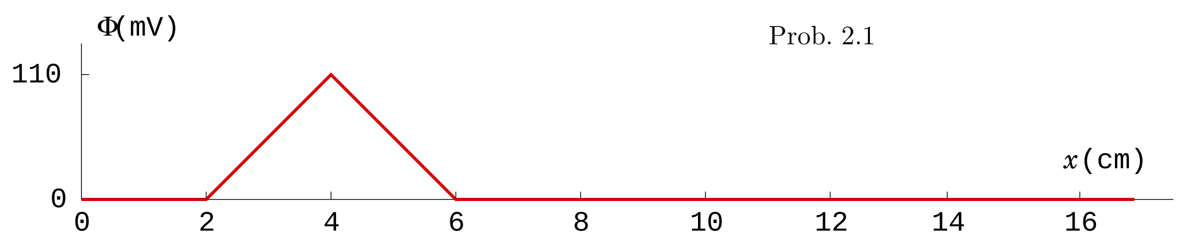
b) El período de las oscilaciones forzadas.

(R: a) $25\,\mu\mathtt{F}$, b) $0,02\mathtt{s}$)

2. Ondas

2.1. Ondas Viajeras

2.1) La propagación de un impulso nervioso en un axón amielínico es similar a la propagación de un pulso de onda. En la figura se muestra el impulso transversal en $t = 0$. El impulso se mueve hacia la derecha, sin dispersión, con una velocidad de $10\,\mathtt{m/s}$. Graficar el impulso $0,004\,\mathtt{s}$ más tarde.



Prob. 2.1

2.2) En $t = 0$, un pulso transversal sobre un alambre está descrito por:

$$y(x,0) = \frac{0,5\,\mathtt{m}^3}{x^2 + 10\,\mathtt{m}^2} \quad ,$$

con x en $\mathtt{m}$. El pulso viaja hacia la derecha (dirección x positiva) con una velocidad de $4\,\mathtt{m/s}$. Hallar el desplazamiento vertical del punto $x = 12\,\mathtt{m}$ en $t = 3\,\mathtt{s}$. (R: $5\,\mathtt{cm}$)

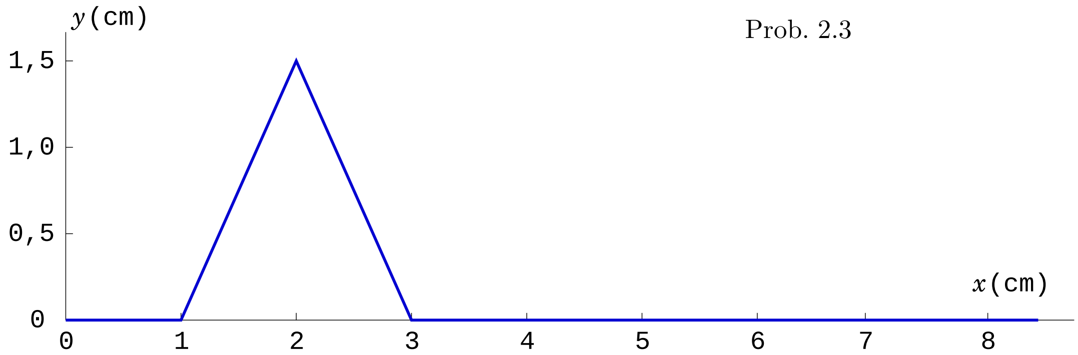
2.3) En la figura se muestra un pulso transversal en $t = 0$. El pulso se mueve hacia la derecha, sin dispersión, con una velocidad de $2\,\mathtt{cm/s}$.

a) Hallar el desplazamiento vertical del punto $x = 2\,\mathtt{cm}$ en $t = 0, 1, 2\,\mathtt{s}$.

b) Hallar el desplazamiento vertical del punto $x = 4\,\mathtt{cm}$ en $t = 0, 1, 2\,\mathtt{s}$.

c) ¿ Para qué tiempo es máximo el desplazamiento del punto $x = 7\,\mathtt{cm}$?

(R: a) $1,5\,\mathtt{cm}$, 0, 0, b) 0, $1,5\,\mathtt{cm}$, 0, c) $2,5\,\mathtt{s}$)



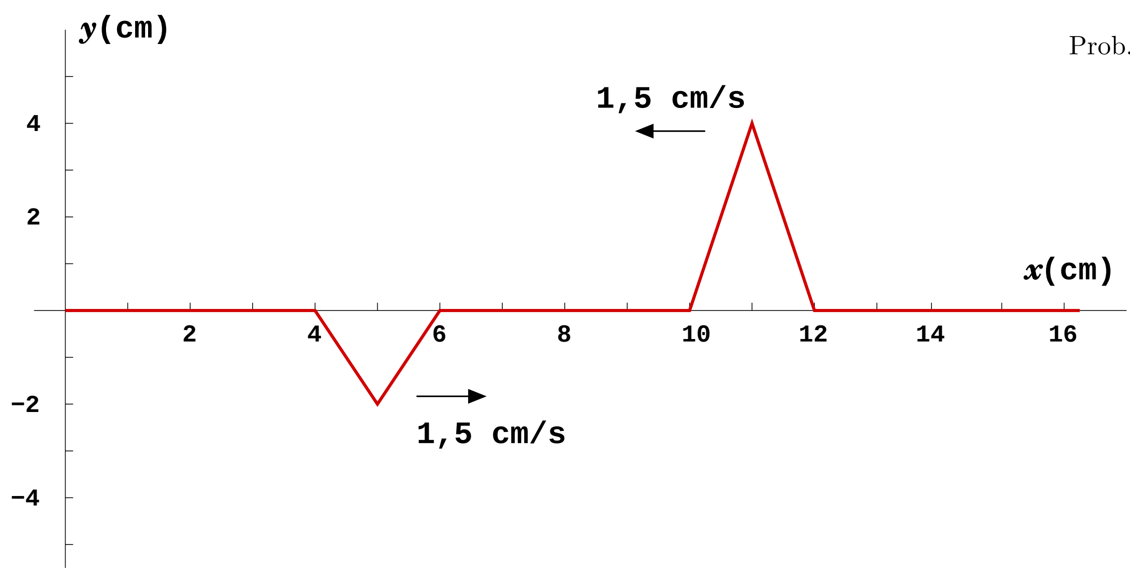
Prob. 2.3

2.4) Dos pulsos de onda triangulares se mueven en sentidos opuestos a lo largo de una cuerda. En $t = 0$ los pulsos se encuentran como se indica en la figura. Los pulsos no cambian su forma al propagarse. Hallar el desplazamiento vertical total en $t_1 = 2\,\mathtt{s}$ y en $t_2 = 4\,\mathtt{s}$:

a) del punto $x = 8\,\mathtt{cm}$.

b) del punto $x = 11\,\mathtt{cm}$.

(R: a) $2\mathtt{cm}$, 0, b) 0, $-2\mathtt{cm}$)



Prob. 2.4

2.5) Un pescador observa que por su bote pasan crestas de olas cada $6\,\mathtt{s}$, y además mide una distancia de $15\,\mathtt{m}$ entre dos crestas sucesivas. Determinar:

a) la longitud de ondas de las olas.

b) la velocidad de las olas.

Justifique su respuesta. (R: a) $15\,\mathtt{m}$, b) $2,5\,\mathtt{m/s}$)

2.6) Un escarabajo moviéndose en la arena produce ondas de velocidad $50\,\mathtt{m/s}$. Un escorpión cercano detecta 15 crestas de onda en $3\,\mathtt{s}$. Hallar la longitud de onda de las ondas producidas por el escarabajo. (R: $10\,\mathtt{m}$)

2.7) Una onda viajera en una cuerda está descrita por la función

$$y(x,t) = (0,35\,\mathtt{m})\,\cos(3\pi x - 10\pi t)$$

con x en $\mathtt{m}$ y t en $\mathtt{s}$. La tensión en la cuerda es $50\,\mathtt{N}$. Hallar:

a) la densidad lineal de masa de la cuerda.

b) la velocidad máxima de un punto de la cuerda.

c) la potencia que transmite la onda.

d) el desplazamiento vertical del punto $x = 0,5\,\mathtt{m}$ en $t = 0,05\,\mathtt{s}$.

e) el número de crestas que mira pasar en $1\,\mathtt{s}$ un observador localizado en $x = 0$.

(R: a) $4,5\,\mathtt{kg/m}$, b) $7\pi/2\,\mathtt{m/s}$, c) $906,8\,\mathtt{W}$, d) $-0,35\,\mathtt{cm}$), e) 5)

2.8) En una cuerda de nylon de densidad lineal $7,2\times10^{-3}\,\mathtt{kg/m}$, y tensión $288\,\mathtt{N}$, viajan ondas armónicas de longitud de onda $25\,\mathtt{m}$ y amplitud $3\,\mathtt{cm}$. Las ondas se propagan hacia la izquierda (dirección x negativa). Hallar:

a) la frecuencia de la onda (en $\mathtt{Hz}$),

b) la velocidad máxima de un punto de la cuerda,

c) la potencia necesaria para producir estas ondas.

d) la ecuación del desplazamiento $y(x,t)$, si $y(0,0) = 3\,\mathtt{cm}$.

(R: a) $8\,\mathtt{Hz}$, b) $1,51\,\mathtt{m/s}$, c) $1,64\,\mathtt{W}$, d) $(3\,\mathtt{cm})\,\cos(\frac{2\pi}{25}x + 16\pi t)$, x en $\mathtt{m}$, t en $\mathtt{s}$)

2.9) La figura *a* muestra una onda armónica en una cuerda en $t = 0$, graficada en función de la posición x. La figura *b* muestra la misma onda pero en $x = 0$ y graficada como función de t. La onda viaja hacia la derecha. Hallar:

a) el desplazamiento máximo de la cuerda.

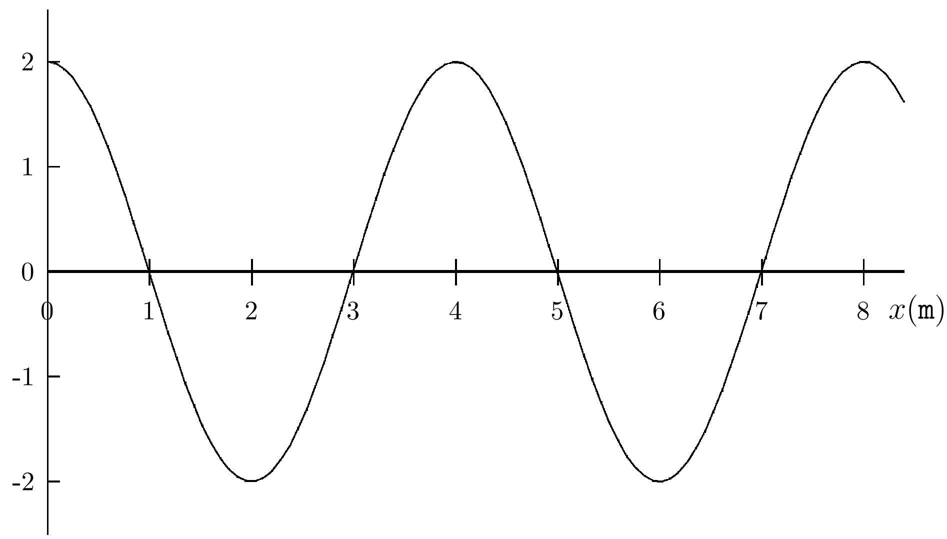
b) la longitud de onda.

c) la frecuencia de la onda (en Hz).

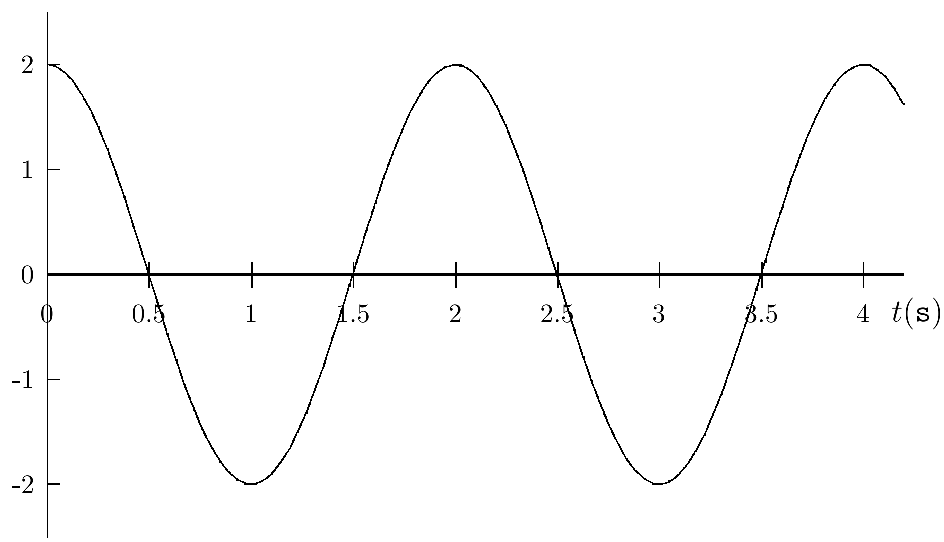
d) la función $y(x,t)$ que describe el desplazamiento de la onda.

(R: a) $2\,\mathtt{cm}$, b) $4\,\mathtt{m}$, c) $0,5\,\mathtt{Hz}$, d) $(2\,\mathtt{cm})\cos(\frac{\pi}{2}x-\pi t)$)

$y(\mathtt{cm})$ Prob. 2.9, Fig. a



$y(\mathtt{cm})$ Prob. 2.9, Fig. b



2.10) El gráfico muestra una onda armónica en una cuerda en $t=0$, graficada en función de la posición x. La onda viaja hacia la derecha. La tensión de la cuerda es $25\,\mathtt{N}$ y su densidad lineal es $0,25\,\mathtt{kg/m}$. Hallar:

a) el desplazamiento máximo de la cuerda.

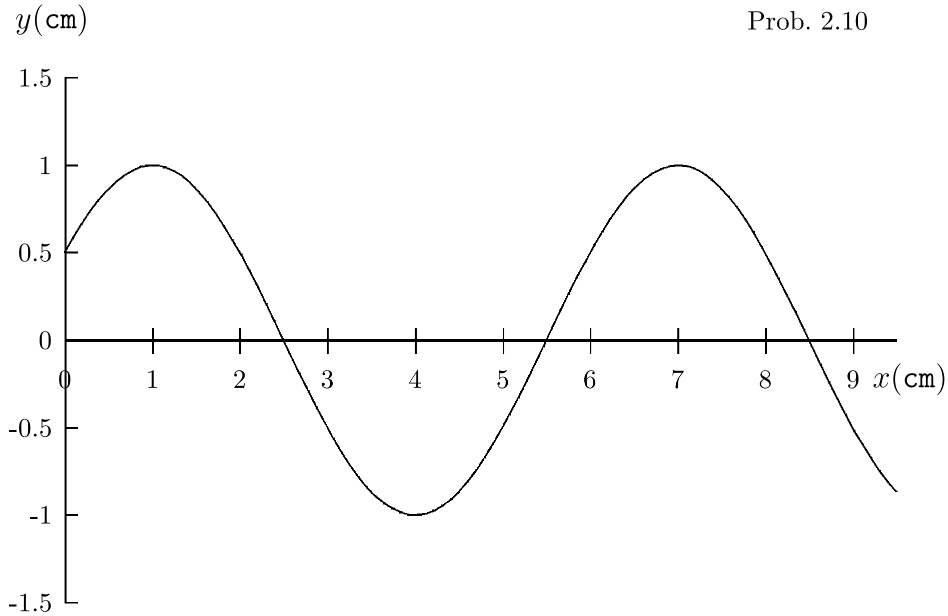
b) la longitud de onda.

c) la frecuencia de la onda (en $\mathtt{Hz}$).

d) la velocidad máxima de una partícula de la cuerda.

e) la función $y(x,t)$ que describe a esta onda viajera.

(R: a) $1\,\mathtt{cm}$, b) $6\,\mathtt{cm}$, c) $166,7\,\mathtt{Hz}$, d) $10,47\,\mathtt{m/s}$, e) $(1\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}(1,05x - 1047t + \frac{\pi}{6})$)



2.2. Superposición e Interferencia

2.11) Tres ondas armónicas están dadas por:

$$y_1(x,t) = (5\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}(7\pi x - 3\pi t + 2\pi)$$

$$y_2(x,t) = (5\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}(7\pi x - 3\pi t + 3\pi)$$

$$y_3(x,t) = (5\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}(7\pi x - 3\pi t + 4\pi)$$

con x en $\mathtt{m}$ y t en $\mathtt{s}$. Hallar:

a) la superposición de y_1 y y_2.

b) la superposición de y_1 y y_3.

(R: a) 0, b) $(10\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}(7\pi x - 3\pi t)$)

2.12) Dos ondas armónicas están dadas por:

$$y_1(x,t) = (4\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}(5\pi x - 8\pi t + \frac{\pi}{3})\ ,$$

$$y_2(x,t) = (4\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}(5\pi x - 8\pi t + \varphi)\ ,$$

con x en $\mathtt{m}$ y t en $\mathtt{s}$. Hallar un valor de φ tal que al superponer estas dos ondas se encuentre:

a) interferencia destructiva,

b) interferencia constructiva,

c) una onda de amplitud $4\,\mathtt{cm}$. ¿ Cuál es la velocidad de esta onda ?

(R: a) $\varphi = \frac{4\pi}{3} + 2n\pi$ b) $\varphi = \frac{\pi}{3} + 2n\pi$ c) $\varphi = (2n+1)\pi$, ó $\varphi = -\frac{\pi}{3} + 2n\pi$, $v = 1,6\,\mathtt{m/s}$)

2.13) Dos fuentes idénticas A y B emiten en fase ondas de longitud de onda λ. Un detector se encuentra a una distancia de $10\,\mathtt{m}$ desde A y de $8\,\mathtt{m}$ desde B. Determinar dos valores de λ para los cuales se detecta interferencia destructiva.

(R: $4\,\mathtt{m}$, $4/3\,\mathtt{m}$)

2.3. Ondas Estacionarias en Cuerdas

2.14) La ecuación de una onda estacionaria es

$$y(x,t) = (2\,\mathtt{cm})\,\mathrm{sen}\,\frac{\pi x}{5}\,\cos\frac{\pi t}{5}$$

con x en $\mathtt{cm}$ y t en $\mathtt{s}$.

a) Graficar la onda en $t = 0$, $t = 1\,\mathtt{s}$, y $t = 2\,\mathtt{s}$.

b) ¿ Cuál es la distancia entre los nodos ?

(R: b) $5\,\mathtt{cm}$)

2.15) La cuerda más pesada de un cuatro tiene densidad lineal de masa $3,62 \times 10^{-3}\,\mathtt{kg/m}$ y está estirada con una tensión de $212\,\mathtt{N}$. Cuando la cuerda vibra entre sus extremos fijos, la frecuencia del primer armónico (fundamental) es $220\,\mathtt{Hz}$ (nota La). Hallar:

a) la velocidad de propagación de las ondas en la cuerda,

b) la longitud de la cuerda vibrante,

c) la frecuencia del segundo armónico.

(R: a) $242\,\mathtt{m/s}$, b) $0,55\,\mathtt{m}$, c) $440\,\mathtt{Hz}$)

2.16) De extremo fijo a extremo fijo, la longitud de las cuerdas de un cuatro es $0,55\mathtt{m}$. cada cuerda está afinada de manera que la frecuencia del primer armćonico (fundamental) es: $220\,\mathtt{Hz}$ para la primera cuerda, $294\,\mathtt{Hz}$ para la segunda, $370\,\mathtt{Hz}$ para la tercera, y $247\,\mathtt{Hz}$ para la cuarta.

a) Para cada una de las cuerdas, hallar la frecuencia del tercer armónico.

b) Para cada una de las cuerdas, hallar la longitud de onda del quinto armónico.

c) ¿ Dónde se debe colocar el dedo en la primera cuerda para obtener una frecuencia fundamental de $440\,\mathtt{Hz}$? Suponga que la tensión de la cuerda no se altera.

(R: a) $660\,\mathtt{Hz}$, $882\,\mathtt{Hz}$, $1110\,\mathtt{Hz}$, $741\,\mathtt{Hz}$, b) $0,22\,\mathtt{m}$, c) $0,275\,\mathtt{m}$)

2.17) En una cuerda con sus extremos fijos en $x_0 = 0$ y $x_L = 120\,\mathtt{cm}$, se produce una onda estacionaria de longitud de onda $60\,\mathtt{cm}$ y frecuencia $160\,\mathtt{Hz}$.

a) Hallar la posición de los nodos y los antinodos. ¿ En cuál armónico oscila la cuerda ?

b) Hallar la frecuencia del modo fundamental si no se altera la tensión en la cuerda.

(R: a) nodos en $x = 0, 30, 60, 90, 120\,\mathtt{cm}$ y antinodos en $x = 15, 45, 75, 105\,\mathtt{cm}$, b) $40\,\mathtt{Hz}$)

2.18) Una cuerda vibrante, fija en ambos extremos, tiene masa $3\,\mathtt{g}$ y longitud $48\,\mathtt{cm}$. la tensión en la cuerda es $378\,\mathtt{N}$. Determinar:

a) la posición de los nodos y antinodos en el tercer armónico.

b) la frecuencia del tercer armónico.

(R: a) nodos en $x = 0, 16, 32, 48\,\mathtt{cm}$ y antinodos en $x = 8, 24, 40\,\mathtt{cm}$, b) $768\,\mathtt{Hz}$)

2.19) Dos cuerdas fijas en sus extremos tienen igual longitud y densidad de masa. Las cuerdas estan estiradas con una tensión de $600\,\mathtt{N}$ y la frecuencia fundamental de cada una es $110\,\mathtt{Hz}$. Si la tensión en una de las cuerdas se reduce a $486\,\mathtt{N}$, hallar la frecuencia de los batidos producidos cuando las dos cuerdas vibran simultáneamente.

(R: $11\,\mathtt{Hz}$)

3. Sonido

3.1. Velocidad del sonido

3.1) Argón y neón son gases monoatómicos ($\gamma = 5/3$) y sus pesos moleculares son $39,9\,\mathtt{g/mol}$ y $20,2\,\mathtt{g/mol}$ respectivamente. En una mezcla de estos gases la velocidad del sonido es $363\,\mathtt{m/s}$ a $25°\,\mathtt{C}$. Hallar el porcentaje de cada gas en la mezcla. (R $56,35\,\%$, $43,65\,\%$)

3.2. Ondas Sonoras Armónicas

3.2) Escriba una expresión que describa la variación de presión como una función de la posición y del tiempo para una onda sonora armónica en el aire a $30°\mathtt{C}$, si $\lambda = 0,1\,\mathtt{m}$ y $\Delta\mathcal{P}_m = 0,2\,\mathtt{N/m}^2$.
(R: $\Delta\mathcal{P} = 0,2\,\mathtt{N/m}^2\,\mathrm{sen}(20\pi x - 6976\pi t)$, con x en $\mathtt{m}$ y t en $\mathtt{s}$)

3.3) El módulo de Young del plomo (Pb) es $1,975 \times 10^{10}\,\mathtt{N/m}^2$ y la densidad del Pb es $11,3 \times 10^3\,\mathtt{kg/m}^3$. Hallar el tiempo que un pulso sonoro longitudinal tarda en propagarse de un extremo al otro de una barra de Pb de $0,7\,\mathtt{m}$ de largo. (R: $5,3 \times 10^{-4}\,\mathtt{s}$)

3.3. Intensidad

3.4) Una abeja asesina produce una onda sonora de frecuencia $250\,\mathtt{Hz}$. A una distancia de $1\,\mathtt{m}$ la intensidad de esta onda es $2 \times 10^{-10}\,\mathtt{W/m}^2$. Determinar:
a) la amplitud dedesplazamiento de la onda sonora a $1\,\mathtt{m}$ de la abeja. La densidad del aire es $1,2\,\mathtt{kg/m}^3$ y la velocidad del sonido es $343\,\mathtt{m/s}$.
b) el nivel de intensidad en dB de la onda producida por un enjambre de 1000 de estas abejas a $10\,\mathtt{m}$ de distancia. Suponga que al igual que una sóla abeja, el enjambre es como una fuente puntual que emite sonido en todas direcciones.
(R: a) $6,3 \times 10^{-10}\,\mathtt{m}$, b) $33\,\mathtt{dB}$)

3.5) Para transmitir un mensaje se golpea un tambor africano, emitiendo sonido uniformemente en todas las direcciones. A una distancia de $10\,\mathtt{m}$ el nivel de intensidad es $100\,\mathtt{dB}$.

¿ Es posible oír el mensaje a $10\,\mathtt{Km}$ de distancia ? Justifique su respuesta.

(R: Si, $\beta = 40\,\mathtt{dB}$)

3.6) Un cohetón explota a $5\,\mathtt{m}$ de un inocente expectador (E) y a $20\,\mathtt{m}$ del culpable detonador (D). La explosión produce una onda sonora de intensidad $4\,\mathtt{kW/m}^2$ a $20\,\mathtt{m}$ de distancia. La onda se propaga uniformemente en todas direcciones. La velocidad del sonido en el aire es $343\,\mathtt{m/s}$ y la densidad del aire es $1,2\,\mathtt{kg/m}^3$. Determinar:

a) la amplitud de presión y el nivel de intensidad en dB detectados por D,

b) si a E se le rompe el tímpano, considerando que el límite de ruptura es $10\,\mathtt{kW/m}^2$.

(R: a) $1,8 \times 10^3\,\mathtt{N}/m^2$, $156\,\mathtt{dB}$, b) $64\,\mathtt{kW/m}^2$, sí se rompe el tímpano)

3.4. Ondas Sonoras Estacionarias

3.7) A una temperatura de $20,0°\mathtt{C}$ una flauta con todos los huecos cerrados toca la nota Do a $262\,\mathtt{Hz}$. Una flauta idéntica se toca de igual manera pero a una temperatura de $15,5°\mathtt{C}$. ¿ Cuál es la frecuencia de los batidos producidos al tocar las dos flautas simultáneamente.

(R: $2\,\mathtt{Hz}$)

3.8) En un experimento para medir la velocidad del sonido en el aire se utiliza un tubo con un extremo abierto y el otro cerrado por una tapa de posición variable. En el extremo abierto se coloca una fuente que emite sonido a una frecuencia de $485\,\mathtt{Hz}$. La distancia más pequeña entre los extremos para la cual se observa resonancia es $0,18\,\mathtt{m}$. Hallar:

a) la velocidad del sonido.

b) la distancia entre los extremos para la cual se detecta la siguiente resonancia.

c) la temperatura del aire (en K).

(R: $349,2\,\mathtt{m/s}$, b) $0,54\,\mathtt{m}$, c) $303,7\,\mathtt{K}$)

3.9) Un tubo lleno de cierto gas a $293\,\mathtt{K}$ tiene una frecuencia fundamental de $788\,\mathtt{Hz}$. El tubo tiene un extremo cerrado y otro abierto, y su longitud es $0,32\,\mathtt{m}$. El gas en el interior puede ser H_2, He, ó Ar. Se conoce que a $293\,\mathtt{K}$ la velocidad del sonido en estos gases es: $1311\,\mathtt{m/s}$ (H_2), $1009\,\mathtt{m/s}$ (He) y $319\,\mathtt{m/s}$ (Ar). Determinar:

a) el gas en el interior del tubo,

b) la frecuencia del segundo armónico cuando la temperatura del gas disminuye a 283 $\mathtt{K}$.

(R: a) $\mathtt{He}$ b) 2323 $\mathtt{Hz}$)

3.5. Interferencia

3.10) Dos fuentes idénticas $\mathtt{A}$ y $\mathtt{B}$ emiten en fase ondas sonoras de frecuencia 440 $\mathtt{Hz}$ y velocidad 343 $\mathtt{m/s}$. Las fuentes están separadas una distancia d. Un observador $\mathtt{P}$ se encuentra a la derecha de $\mathtt{B}$ y sobre la misma línea. Determinar un posible valor de d tal que $\mathtt{P}$ detecte:

a) interferencia constructiva.

b) interferencia destructiva.

(R: a) $0,78\,\mathtt{m}$, b) $0,39\,\mathtt{m}$)

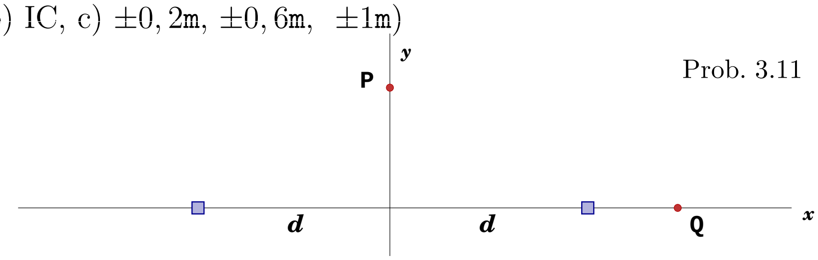
3.11) Dos cornetas alimentadas por el mismo amplificador emiten sonido de longitud de onda $\lambda = 0,8\,\mathtt{m}$. Las cornetas están sobre el eje x, cada una a una distancia $d = 1,2\,\mathtt{m}$ del origen. Hallar:

a) El tipo de interferencia detectada en un punto $\mathtt{P}$ cualquiera localizado sobre el eje y.

b) El tipo de interferencia detectada en un punto $\mathtt{Q}$ cualquiera localizado sobre el eje x a la derecha de las cornetas.

c) Todos los puntos entre las cornetas, sobre el eje x, donde se detecta interferencia destructiva.

(R: a) IC, b) IC, c) $\pm 0,2\mathtt{m}$, $\pm 0,6\mathtt{m}$, $\pm 1\mathtt{m}$)



Prob. 3.11

3.12) Dos cornetas idénticas $\mathtt{A}$ y $\mathtt{B}$ emiten en fase ondas sonoras de igual frecuencia y velocidad 343 $\mathtt{m/s}$. Un detector está localizado a $0,7\,\mathtt{m}$ de $\mathtt{A}$ y a $0,8\,\mathtt{m}$ de $\mathtt{B}$. Determinar:

a) las dos frecuencias más bajas que producirán una intensidad máxima en el detector,

b) la frecuencia más alta en el rango audible ($20-20000\,\mathtt{Hz}$) que producirá una intensidad mínima en el detector.

(R: a) 3430 $\mathtt{Hz}$, 6860 $\mathtt{Hz}$, b) 18865 $\mathtt{Hz}$)

3.6. Efecto Doppler

3.13) Un barco en reposo equipado con un sonar envía ondas sonoras de $40,00\,\texttt{MHz}$. Las ondas son reflejadas por un calamar gigante localizado directamente debajo del sonar. Las ondas reflejadas se reciben con una frecuencia de $39,95\,\texttt{MHz}$. Determinar la rapidez y el sentido del movimiento del calamar en la dirección vertical. La velocidad del sonido en el agua de mar es $1540\,\texttt{m/s}$.
(R: $0,96\,\texttt{m/s}$, hacia abajo)

3.14) Desde una fuente ultrasónica se dirigen ondas de $1,2\,\texttt{MHz}$ hacia un bebé en gestación para verificar su respiración. La velocidad máxima de la pared toráxica del feto es $0,08\,\texttt{m/s}$. Determinar la frecuencia de los batidos producidos por la supersposición de las ondas emitidas por la fuente y las ondas reflejadas por el feto. La velocidad del sonido en el cuerpo es $1500\,\texttt{m/s}$.
(R: $128\,\texttt{Hz}$)

3.15) Un murciélago en una cueva emite un sonido de frecuencia $77\,\texttt{kHz}$ mientras se mueve hacia una pared a una velocidad de $3/80$ de la velocidad del sonido. ¿ Qué frecuencia reflejada detecta el murciélago ?
(R: $83\,\texttt{kHz}$)

3.16) Un delfín subiendo hacia la superficie con rapidez $8\,\texttt{m/s}$, emite un sonido de frecuencia $250\,\texttt{kHz}$. El sonido se refleja en un barco en reposo. La velocidad del sonido en el agua de mar es $1540\,\texttt{m/s}$. Hallar:
a) la frecuencia detectada en el barco,
b) la frecuencia del eco recibido por el delfín.
(R: a) $251,3\,\texttt{kHz}$, b) $252,6\,\texttt{kHz}$)

3.17) El sistema de sonar de un barco en reposo emite sonido a una frecuencia de $31\,\texttt{kHz}$. El sonido se refleja en una ballena que se aleja del barco con rapidez $5\,\texttt{m/s}$. Hallar la frecuencia de batidos producidos por la superposición del eco recibido y el sonido emitido por el sonar. La velocidad del sonido en el agua de mar es $1545\,\texttt{m/s}$. (R: 200Hz)