

Práctico N° 4- Oscilaciones, ondas y sonido

Oscilaciones, movimiento ondulatorio, interferencia y superposición, sonido, efecto Doppler

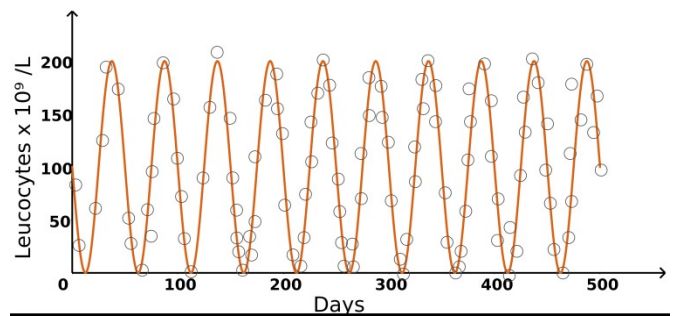
4.1.1- Un resorte se estira 5,0 cm cuando se le cuelga una masa de 0,300 kg.

- a) ¿Cuál es la constante del resorte?
- b) Si la masa se estira 10,0 cm de la posición anterior, ¿cuál es la amplitud y el periodo de oscilación?

4.1.2- Utilizando unos órganos sensoriales de sus patas, las arañas pueden detectar vibraciones de sus telas cuando su presa queda prendida de ellas. Al quedar atrapado en una telaraña un insecto de masa 1,00 g hace que la red vibre a 15 Hz.

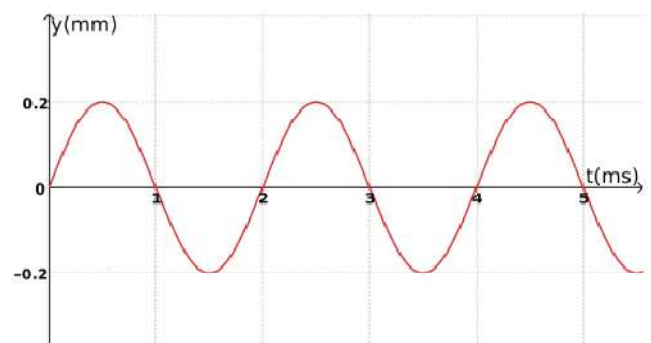
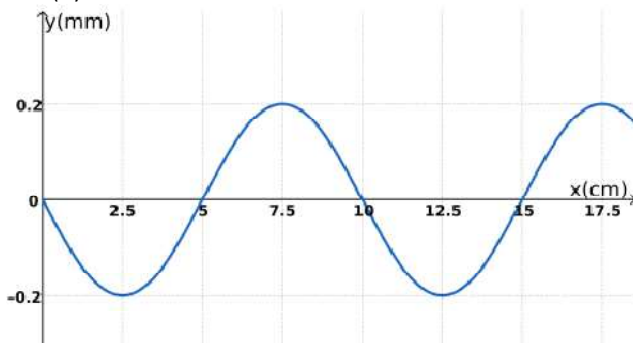
- a) ¿Cuál es la constante elástica de la telaraña?
- b) ¿Cuál sería el período de oscilación cuando quedara capturado en la red un insecto de 5,00 g?

4.1.3- En ciertas enfermedades sanguíneas como la leucemia, el número de células de distinto tipo comienza a oscilar. Actualmente se cree que este comportamiento emerge por la pérdida de estabilidad en los mecanismos de regulación de las células madre pluri-potenciales. Supongamos que tenemos una concentración de leucocitos en sangre como se muestra en la figura.



- a) ¿Cuánto vale la amplitud de las oscilaciones de la concentración de leucocitos? ¿Cuánto vale el período, su frecuencia y la frecuencia angular?
- b) Queremos modelar la dinámica de la concentración de leucocitos como un oscilador armónico. Basándose en el gráfico, escriba la ecuación diferencial que describe la dinámica de la concentración de leucocitos. Escriba la solución a esta ecuación, esto es, la ecuación de la concentración del número de leucocitos como función del tiempo, considerando la concentración que había en el momento inicial (mostrada en la gráfica).
- c) Supongamos que el paciente se comienza a recuperar, y por lo tanto las oscilaciones comienzan a reducirse en amplitud. Si observamos experimentalmente que la amplitud de la concentración de leucocitos cae a la mitad en cuatro períodos, y queremos modelar el sistema como un oscilador amortiguado. ¿Cuánto vale el coeficiente de amortiguamiento?
- d) Para el caso anterior escriba la ecuación que gobierna la dinámica de la concentración de leucocitos, su solución asumiendo las mismas condiciones iniciales que en la primera parte, y esboce el gráfico de la concentración de leucocitos como función del tiempo para este caso.

4.1.4- En una cuerda elástica se mueve una onda progresiva transversal sinusoidal. Las siguientes dos gráficas representan el desplazamiento de la cuerda como función de x a tiempo $t = 0$ (A), y el desplazamiento como función de t en la posición $x = 0$ (B).



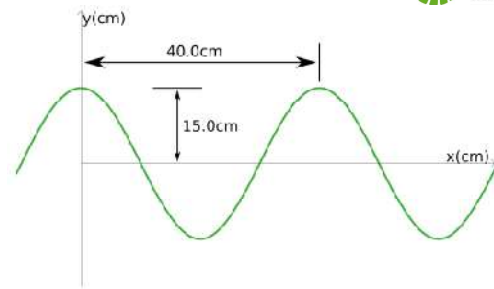
Dar alguna función que represente el desplazamiento y de la cuerda como función de x y t (x está medido en cm, y en mm, y t en ms).

4.1.5- Una onda transversal en una cuerda se describe por medio de la función

$$y(x, t) = (0,12 \text{ m}) \sin \left[\pi \left(\frac{x}{0,80 \text{ m}} + (4,0 \text{ s}^{-1})t \right) \right]$$

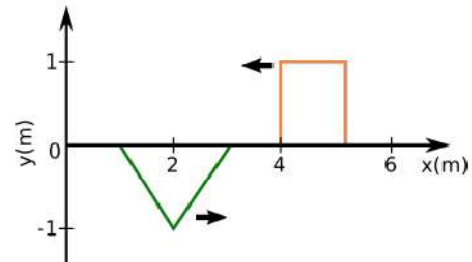
- a) Determine la velocidad y aceleración transversales de la cuerda en $t = 2,0$ s para el punto sobre la cuerda localizado en $x = 1,6$ m.
- b) ¿Cuáles son la longitud de onda, el período y la velocidad de propagación de esta onda?
- c) Grafique el perfil de la onda en $t = 0$ s y en $t = 0,25$ s.
- d) Grafique la altura en función del tiempo para el punto de la cuerda ubicado en $x = 1,0$ m.

4.1.6- Una onda sinusoidal progresiva en la dirección x positiva tiene una amplitud de 15,0 cm, longitud de onda de 40,0 cm y frecuencia de 8,00 Hz. La posición vertical de un elemento del medio en $t = 0$ y $x = 0$ también es de 15,0 cm, como se muestra en la figura.



- Encuentre el número de onda k , período T , frecuencia angular ω y rapidez v de la onda.
- Determine la constante de fase ϕ y escriba una expresión general para la función de onda.

4.1.7- Un sensor de sismos detecta las ondas tipo P, que son longitudinales. Este tipo de ondas suele propagarse en la tierra a una velocidad de aproximadamente 5,0 km/s. Supongamos que para testear un sistema de dos sensores –el primero ubicado en $(x; y) = (0; 0)$ km y otro en $(x; y) = (0; 1,5)$ km –, se genera un derrumbe a tiempo $t = 0$ s en un lugar desconocido. Si el primer detector detecta una onda P a $t = 0,28$ s y el segundo a $t = 0,22$ s, ¿Cuáles son las posibles locaciones del derrumbe?



4.1.8- Sobre una cuerda dada se transmiten dos pulsos, uno triangular y uno rectangular, como muestra la figura. Hacer un esquema de la forma de la cuerda transcurridos 1,00 s, 1,25 s y 1,50 s después del instante que se muestra. Considerar que la velocidad de los pulsos de onda es 1,00 m/s.

4.1.9- La frecuencia fundamental de una cuerda con extremos fijos es de 100 Hz y la velocidad de la onda es de 300 m/s.

- ¿Cuál es la longitud de onda de la frecuencia fundamental?
- ¿Cuál es la longitud de la cuerda?

4.1.10- Una cuerda de guitarra de 65,0 cm de largo y densidad lineal de masa 2,723 g/m se encuentra estirada bajo una tensión de 50,0 N.

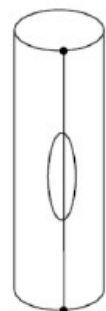
- ¿Cuál es la frecuencia fundamental de la cuerda?
- ¿A qué nota musical se corresponde esa frecuencia?
- Si mientras toca, el guitarrista aprieta la cuerda contra uno de los trastes de la guitarra (sin que esto aumente la tensión sobre la cuerda ni la estire), ¿cómo cambia la frecuencia y por qué?

4.1.11- Un alambre de acero de 25,0 g de masa y 1,35 m de longitud se coloca en un bajo de tal modo que la distancia desde el peine hasta el puente es de 1,10 m.

- Calcule la densidad lineal de la cuerda.
- ¿Qué velocidad de onda sobre la cuerda producirá la frecuencia fundamental deseada de la cuerda de Mi, 41,2 Hz?
- Calcule la tensión requerida para obtener la frecuencia apropiada.
- Calcule la longitud de onda de la vibración de la cuerda.
- ¿Cuál es la longitud de onda del sonido producido en el aire? (Suponga que la velocidad del sonido en el aire es de 343 m/s.)

4.2.1- Un tubo abierto solo en un extremo, se corta en dos partes de distinta longitud. La parte que tiene abiertos sus dos extremos tiene una frecuencia fundamental de 429 Hz, mientras que el otro trozo tiene una frecuencia fundamental de 464 Hz. ¿Cuál era la frecuencia del tubo original?

4.2.2- Un instrumento musical consiste de un tubo cerrado en los dos extremos, con una abertura en la pared lateral, y una cuerda estirada fuera y paralela al tubo que pasa sobre la abertura. La cuerda y el tubo tienen la misma longitud de 50,0 cm. Al tocar la cuerda, los primeros 5 armónicos son excitados apreciablemente. Los armónicos de la cuerda dan lugar a un sonido fuerte solo si su frecuencia es cercana a una frecuencia resonante del tubo. La tensión en la cuerda es 588 N y su masa es 10,0 g.



- ¿Cuáles son las frecuencias de los armónicos que están amplificados de esta manera?
- ¿Cuáles serían las frecuencias si uno de los extremos del tubo se abre?

4.2.3- Si el nivel de intensidad del habla de una persona es de 50 dB, ¿cuál es el nivel de intensidad cuando 10 personas hablan a la vez de la misma manera?

4.2.4- Una persona hablando emite sonido con una potencia de 10^{-5} W. ¿Cuál es la máxima distancia a la cual otra persona puede escuchar su voz? (Supongamos que no hay otro sonido tapándolo ni absorción del sonido por el aire).

4.2.5- Estime la energía sonora total liberada por un cohete en la Noche de las Luces. El sonido de dicho cohete tuvo una duración de 0,200 s y se registró un nivel sonoro de 120 dB, a 500 m del centro de la explosión.

4.2.6- Las células ciliadas poseen cilios, extensiones cilíndricas muy delgadas que se proyectan desde la superficie de la célula. Los cilios permiten detectar perturbaciones acústicas y transmitir las a las células sensoriales. Supongamos que dos cilios de dureza $3,0 \times 10^{-3}$ N/m que se encuentran en el interior del oído reciben una perturbación sonora de una frecuencia de 1,0 kHz.

- Si el segundo cilio recibe la perturbación $1,5 \mu\text{s}$ luego de que lo recibe el primero, ¿a qué distancia se encuentran los cilios?
- Si la perturbación sonora coincide con la frecuencia de resonancia del cilio, ¿cuánto vale su masa? Modele el cilio como un sistema masa–resorte.
- Supongamos que ahora llega una perturbación sonora con distinta frecuencia. Si modelamos el aire como un medio no-dispersivo, ¿será igual la diferencia de tiempo entre que llega al primer y segundo cilio respecto del caso anterior? ¿Será igual la amplitud del movimiento de los cilios? Justifique sus respuestas.

4.2.7- Una estación sísmica es capaz de estimar la distancia a la que se originó un temblor gracias al retraso entre la llegada de las ondas P (longitudinal) y S (transversal). Típicamente la velocidad de propagación de las ondas P es de 5,0 km/s , y la de las S es 1,73 veces menor. Si la onda S se registra 2,19 s luego de la P, ¿a qué distancia del detector se produjo el sismo?

4.2.8- Murciélagos- Aunque los murciélagos emiten una amplia variedad de sonidos, cierto tipo produce pulsos de sonido que tienen una frecuencia de entre 39,0 y 78,0 kHz. Considere que la velocidad del sonido en el aire es de 343 m/s.



- ¿Cuál es el intervalo de longitudes de onda de los sonidos que emite?
- Los murciélagos pueden detectar objetos muy pequeños, como un insecto cuya longitud sea aproximadamente igual a una longitud de onda del sonido que el murciélago emite. Si un murciélago emite chillidos a una frecuencia de 60,0 kHz ¿cuál es el tamaño del insecto más pequeño que el murciélago puede detectar emitiendo a esa frecuencia?
- Si un murciélago emite chillidos de corta duración a una frecuencia de 60,0 kHz y vuela hacia una pared inmóvil a su máxima velocidad de 126 km/h , ¿cuál es la frecuencia de la onda reflejada que percibe el murciélago?
- Si ahora el murciélago se mueve a 5,00 m/s persiguiendo a una polilla que trata de escapar y emite un chillido de 40,0 kHz y recibe un eco a 40,4 kHz, ¿cuál es la velocidad del insecto? ¿Si el murciélago mantiene su rapidez, es capaz de atrapar al insecto? Explique.

4.2.9- Un auto de policía que suena una sirena con una frecuencia de 1200 Hz viaja a 126 km/h . Otro automóvil viaja en sentido contrario a una velocidad de 72,0 km/h. Considere que la velocidad del sonido en el aire vale 343 m/s. ¿Cuánto vale, en Hz, la diferencia entre la frecuencia que percibe el conductor del auto antes y después de que lo pase el auto de policía?

4.2.10- A menudo se utilizan ecografías para localizar tumores. Los ecógrafos utilizan transductores de ultrasonido para enviar un tren de ondas de ultrasonido y recibir sus ecos (ondas reflejadas). Estos ecos se producen cuando el tren de pulsos encuentra un cambio de medio (por ejemplo de tejido sano a cancerígeno). Sin embargo utilizar frecuencias ultrasónicas tiene una desventaja: las frecuencias altas suelen atenuar más que las bajas, esto quiere decir que la longitud de penetración de un ultrasonido es bastante baja.

- Investiguen por qué se utiliza el ultrasonido para realizar ecografías a pesar de la baja longitud de penetración. Si la velocidad de propagación de las ondas sonoras en tejidos biológicos es de aproximadamente 1.500 m/s. ¿Cuál es el tamaño del tumor más pequeño que podríamos detectar con un ecógrafo de 2,00 MHz?
- Si quisiéramos detectar un tumor de 0,40 mm, ¿Cuál es la mínima frecuencia que debe tener el ecógrafo?
- Supongamos que queremos detectar la ubicación de un tumor en un seno. Colocamos el ultrasonido, emitimos los pulsos de ultrasonido y recibimos un eco significativo $4,0 \times 10^{-5}$ s después. ¿A qué profundidad se encuentra el tumor?