Lab #3 física de ondas

Juan Pablo Arcila Castaneda, Melany Uribe, Isabela Sepúlveda

August 2025

1 Ondas en resortes

Datos recopilados del sistema:

Sobretono	$f\ (Hz)$	$\lambda\ (m)$	$v\ (m/s)$	f/f_f
Fundam.	15.0 ± 0.1	0.426 ± 0.002	6.39 ± 0.008	1
1	30.0 ± 0.1	0.213 ± 0.001	6.39 ± 0.008	2
2	45.0 ± 0.1	0.142 ± 0.001	6.39 ± 0.008	3
3	60.0 ± 0.1	0.107 ± 0.001	6.42 ± 0.005	4

¿El resorte es un sistema dispersivo para las frecuencias usadas?
No aparenta serlo, pues el comportamiento de la onda no es caótico a simple vista y las velocidades cumplen con el criterio de igualdad. Sin embargo, el efecto de la gravedad a largo plazo puede generar una dispersión en el movimiento ondulatorio, debido al aumento en la tensión en los puntos superiores del resorte.

¿Son armónicos los sobretonos en el resorte?
Sí, puesto que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

En el modo 4, usando el estroboscopio ¿cómo oscilan las espiras del resorte a lado y lado de los nodos?
Se alcanza a notar un ligero aumento en la velocidad de oscilación de las espiras en el punto de arriba. Esto es debido a la tensión no uniforme del resorte, lo que aumenta la tensión en los puntos superiores, ergo, aumentando la velocidad de la onda.

2 Espira circular

# nodos	$f\ (Hz)$	$\lambda\ (m)$	$v\ (m/s)$	f/f_f
3	11.0 ± 0.1	1.884 ± 0.002	20.724 ± 0.008	1
5	33.0 ± 0.1	0.628 ± 0.001	20.728 ± 0.007	3
7	55.0 ± 0.1	0.377 ± 0.001	20.732 ± 0.008	5

¿Los sobretonos son armónicos?
Sí, puesto que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

¿ La espira circular es un sistema dispersivo?
Esencialmente puede serlo, ya que la curvatura de la espira y su tensión generan fenómenos que hacen que la velocidad de la onda dependa de la frecuencia.

3 Lengüeta

- Longitud de la lengueta: $L = 0.1\ m$
- Frecuencia fundamental: $f_f = 21.7\ \pm 0.1 Hz$
- Primer sobretono: $f_1 = 42.6 \pm 0.1 Hz$
- $f/f_f \approx 2$

4 Conclusiones y causas de error

En general los resultados fueron sumamente satisfactorios, demostramos experimentalmente el comportamiento de las ondas estacionares sobre diversos sistemas dispersivos, notando que aquella dispersión es mayor en el caso de la lengüeta que en el resorte y la espira, donde la velocidad se mantuvo bastante estable en la medición. Adicionalmente, se notaron dos puntos clave para mejorar y evitar errores en la medición:

Con respecto al primero, el tomar en cuenta los niveles de dispersión generados por la tensión no uniforme, la curvatura, y la composición del resorte, la espira y la lengüeta, respectivamente, aumentaría la precisión de los cálculos.

Tratando el segundo, hubo un inconveniente dentro del laboratorio que, de no haberse corregido a tiempo, pudo haber causado resultados inconsistentes con la teoría. Durante el cálculo de las longitudes de onda de la espira se tomó la ecuación $\lambda = 2L/n$ con $n = 1, 2, 3...$ ó $n = 3, 5, 7...$, a pesar de que esto es un error bastante grave, pues se pierde la independencia entre la velocidad y la frecuencia, y si bien esto es argumentable mediante el postulado de que la espira es un sistema dispersivo, esto no es del todo cierto, pues el coeficiente de dispersión de la espira no es lo suficientemente grande como para causar tales errores en los cálculos. El procedimiento correcto para encontrar los valores de n es el siguiente:

Primero, tomamos la onda en la espira como una onda estacionaria cuya ecuación está dada por:

$$\xi(x,t) = (A\cos kx + B\sin kx)\sin\omega t \tag{1}$$

con condiciones de frontera

$$\xi(0,t) = 0 \tag{2}$$

$$\partial_x\xi(0,t) = -\partial_x\xi(L,t) \tag{3}$$

Evaluando (2) en (1), obtenemos que $A = 0 \implies \xi(x,t) = B\sin kx\sin\omega t$

Entonces,

$$\partial_x\xi(x,t) = kB\cos kx\sin\omega t \tag{4}$$

Evaluando (3) en (4)

$$kB\sin\omega t = -kB\cos Lk\sin\omega t$$

$$\implies \cos Lk = -1$$

$$\implies Lk = (2n+1)\pi, \quad n = 0,1,2,3\ldots$$

Como $k = 2\pi/\lambda$

$$\implies 2\pi L/\lambda = (2n+1)\pi$$

$$\therefore \lambda = 2L/(2n+1), \quad n = 0,1,2,3\ldots$$

Así, la frecuencia fundamental tiene una longitud de onda de $\lambda_1 = 2L/(2\times 0+1) = 2L$ y sus sobretonos:

$$\lambda_1 = 2L/(2\times 1+1) = 2L/3$$

$$\lambda_2 = 2L(2\times 2+1) = 2L/5$$

$$\ldots$$

Donde el número de nodos está dados por $n' = 2n+3, \quad n = 0,1,2\ldots.$

Adjunto al laboratorio se entrega un código en Julia con una animación de los armónicos sobre una espira ideal. Gracias!