

Ondas en una cuerda

Objetivo. Realizar un estudio experimental de ondas estacionarias en cuerdas con sus dos extremos fijos. Se propone medir los modos normales de vibración, determinando experimentalmente sus frecuencias características. En función de estos resultados, se busca determinar la velocidad de las ondas en términos de la tensión y la densidad de masa de la cuerda.

Temáticas abordadas. ondas estacionarias, ondas en una cuerda, modos normales, frecuencias características, velocidad de propagación.

1. Consideraciones preliminares

La Figura 1 muestra un esquema del dispositivo experimental propuesto para el desarrollo de esta experiencia. En el mismo puede verse una cuerda (en trazo azul grueso) sujeta en sus dos extremos. El extremo izquierdo está fijo a una pared (punto A), mientras que el extremo derecho está fijo a una polea (punto B). La distancia entre los puntos A y B es L . Vinculado mecánicamente con la cuerda, más allá de la polea, se encuentra un objeto de masa m , en reposo debido a la acción combinada de la gravedad y la tensión provista por la cuerda. Cerca del punto A, un *driver* mecánico imprime a la cuerda un movimiento oscilatorio armónico de frecuencia y amplitud controladas, provisto por un generador de funciones.

Para llevar a cabo la experiencia se dispone de una cuerda cuya masa por unidad de longitud μ puede determinar experimentalmente. La tensión mecánica que actúa sobre la cuerda está determinada por el peso colgado en uno de sus extremos, según se observa en la Figura 1.

La longitud de onda de cada modo excitado por el *driver* está determinada por la longitud de la cuerda, ya que la longitud L es siempre igual a un número entero de veces media longitud de onda.

Antes de continuar, asegúrese de poder responder estas dos preguntas:

- ¿Por qué vale $L = n(\lambda/2)$, siendo n entero?
- ¿Cómo haría para conocer μ en sus condiciones de trabajo?

2. Desarrollo de la experiencia

2.1. Primera parte

Para un determinado valor de los parámetros T y μ , determine las frecuencias f para los primeros 8 modos normales de excitación de la cuerda. Para cada uno de dichos modos, determine también la longitud de onda correspondiente λ y, a partir de estos parámetros, calcule la velocidad v de la onda para cada modo. Grafique la velocidad de la onda en función del orden de cada modo. ¿Qué concluye a partir de sus resultados experimentales?

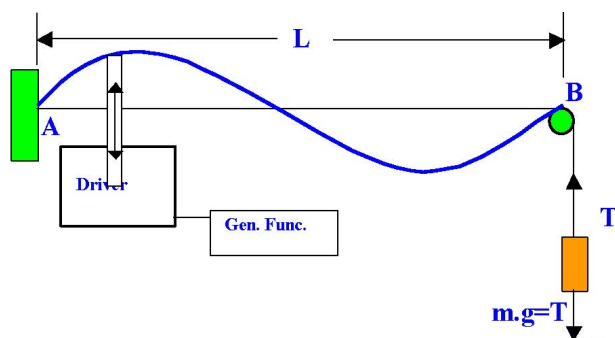


Figura 1. Esquema del montaje experimental propuesto para la realización de esta práctica.

2.2. Segunda parte

Para una cuerda dada, varíe la masa m colgada en uno de los extremos de la cuerda. Para cada valor de m empleado, determine la velocidad de la onda en la cuerda. Tome al menos 8 valores de m . En cada caso, determine el valor de T y μ . Grafique entonces v en función de $\sqrt{T/\mu}$. ¿Qué conclusión puede obtener en este caso?

2.3. Tercera parte

Cuando varía la masa m , se varía tanto la tensión T como la densidad de masa m . Demuestre que la relación entre la velocidad de la onda y la masa m colgada es:

$$v = \sqrt{\frac{m(L_0 + km)g}{m_c}}, \quad (1)$$

donde m_c es la masa total de la cuerda, L_0 su longitud natural y k la constante de estiramiento de la cuerda. ¿Cómo puede determinar el valor de k experimentalmente? Discuta su idea con el docente y lleve adelante la medición de k . Luego compare en un gráfico la relación encontrada experimentalmente entre v y m ; y en el mismo gráfico indique la curva que esperaría teóricamente para esta relación usando la ecuación (1). Describa sus conclusiones en este caso.

Referencias

1. M. Alonso and E.J. Finn. *Física: Campos y ondas*, volume 2 of *Física*. Editorial Pearson Educación, 1998.
2. F.S. Crawford. *Ondas*, volume 3 of *Berkeley Physics Course*. Editorial Reverté, 1994.