

Guía 7 – Laboratorio 1 (1er cuatrimestre de 2025) – J. Sacanell

Ley de Hooke. Oscilador armónico simple. Introducción al sensor de posición de un móvil. Ajustes no lineales.

Introducción

En las guías anteriores se trataron distintas herramientas útiles y necesarias para realizar una corroboración experimental sistemática de un modelo físico. Entre ellas se incluyeron temas de medición, tratamiento de incertezas, estadística, instrumentación/adquisición, ajuste de modelos (lineales), etc. En la presente guía se hará uso de todas estas herramientas para estudiar la validez del modelo de *oscilador armónico* para describir el movimiento de una masa sometida a una fuerza regida por la ley de Hooke.

Modelo

Se tiene un resorte de masa despreciable que sigue la ley de Hooke,

$$F(x) = -k(x - x_0) \quad (1)$$

donde F es la fuerza aplicada, x la posición del extremo, x_0 la posición natural y k la constante elástica del resorte. El signo negativo indica que la fuerza del resorte es restitutiva u opuesta a la fuerza externa que lo deforma. Por otro lado, cuando el movimiento del resorte es armónico simple, la ecuación que lo describe está dada por

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0 x = 0 \quad (2)$$

cuya solución más general es

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi) + x_p \quad (3)$$

donde A es la amplitud de oscilación, t es el tiempo, x_p la posición inicial, ω la frecuencia angular y ϕ una fase inicial. La frecuencia queda determinada por

$$\omega_0 = 2\pi \cdot f_0 = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (4)$$

siendo f_0 la frecuencia de la oscilación y M la masa total efectiva oscilante [1,2].

Objetivo

Estudiar bajo qué condiciones experimentales es válido el modelo de las ecuaciones (1), (3) y (4) para una masa fijada al extremo de un resorte.

Para registrar la posición de la masa, se puede utilizar un sensor de ultrasonido que debe calibrarse previamente. A partir de esto, se proponen tres actividades.

Actividad 1: Introducción al sensor de posición

Calibración del sensor de posición y estimación de su error de apreciación.

Introducir el principio de funcionamiento de este sensor, su calibración y modo de uso (Apéndice 1).

TIEMPO ESTIMADO: 30 MIN.

a- Preparar el experimento según el esquema de la figura 1. Utilice como pantalla un rectángulo de cartón ($\approx 20 \times 20$ cm). Se necesitan solo dos posiciones diferentes de la pantalla puesto que la respuesta del sensor es lineal. Recuerde que la posición más cercana al sensor debe ser > 30 cm.

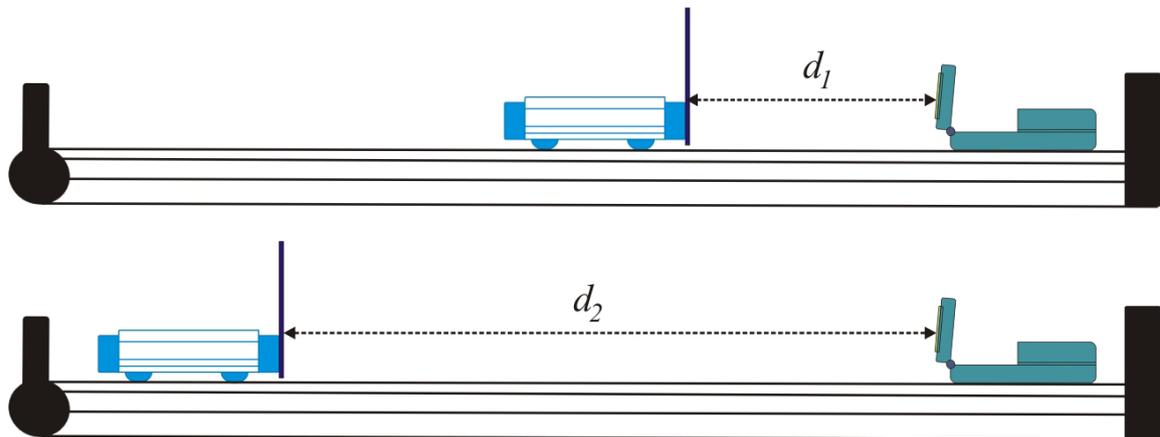


Figura 1: Propuesta de montaje para la calibración del sensor de posición.

b- Para establecer el error de apreciación ubique el objeto en distintas posiciones. Inicie la adquisición de datos con una frecuencia de muestreo de ≈ 10 Hz y un tiempo de ensayo de ≈ 1 min. Haga estadística con esos datos. Considere la desviación estándar y el error estadístico como fuentes de error. ¿En qué casos aplicaría cada uno? Piense en mediciones estáticas y dinámicas.

Actividad 2: Fuerza dependiente de la posición - Ley de Hooke

Considerar el caso de equilibrio de una masa acoplada a un resorte. Hallar en forma experimental la dependencia de la fuerza con la posición y verificar si se cumple la ecuación (1).

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

a- Preparar el experimento según la figura 2. Utilizar el sensor de posición para identificar la posición de equilibrio de varias masas colocadas en la varilla. Hallar experimentalmente la relación fuerza versus desplazamiento. Realizar la experiencia con alrededor de 8 masas diferentes.

b- Inducir a la observación del fenómeno de equilibrio identificando las variables que intervienen. Discutir el rango de variación de la masa M (especialmente discutir el problema de la carga máxima en relación al fenómeno de plasticidad).

c- Analizar la relación entre las posiciones y la fuerza Peso aplicada comparando con la ecuación (1). Evaluar mediante cuadrados mínimos su validez y realizar una MEDICIÓN INDIRECTA de la constante elástica k del resorte a través de los parámetros óptimos hallados.

Actividad 3: Oscilador armónico simple

Modelar el movimiento armónico simple. Ajustar los puntos con una dependencia sinusoidal. Obtener la constante elástica k del resorte realizando el experimento con varias masas.

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

a- Preparar el experimento según la figura 2.

b- Realizar el experimento y visualizar la posición en función del tiempo utilizando el programa

MotionDAQ.

c- Discutir los conceptos de amplitud, período, frecuencia y fase para la evolución temporal de la posición y la fuerza, considerando la ecuación (3). Para la selección de las masas ver Apéndice 2.

d- Obtener la posición en función del tiempo y analizar los datos adquiridos mediante UN AJUSTE NO LINEAL con cuadrados mínimos a la ecuación (3). Obtener a partir de los parámetros hallados: la amplitud, la frecuencia y la fase inicial. ¿Es válido asumir que el movimiento es armónico simple? ¿En qué intervalos de tiempos característicos?

e- Realizar el punto anterior para, al menos, 4 masas. A partir del k medido en la actividad 2 y las frecuencias medidas en el ítem 3d, determinar la validez de la ecuación (4). Elijan las masas siguiendo la recomendación del Apéndice 2.

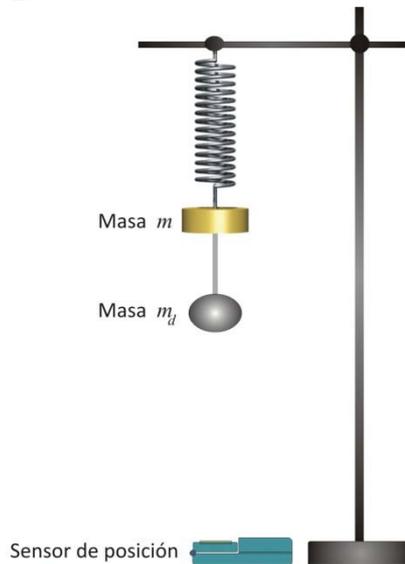


Figura 2: Montaje para los experimentos de medición estática y dinámica de la constante elástica del resorte.

AVANZADO: Si lograron completar todas las actividades pero sus resultados no coinciden con lo esperado, pueden consultar las referencias [1] y [2] para entender cómo afecta la masa del resorte.

ENTREGAR EL INFORME COMPLETO DE ESTA PRÁCTICA ANTES DEL 28/05 A LAS 14 Hs.

Chequear el cronograma por si hay actualizaciones

Enviarlo como pdf por email a los docentes. Recuerde que las “Actividades” son una guía para el trabajo. En el informe, deben estar presentadas las actividades enunciadas, presentadas a modo de relato, no de respuestas a preguntas.

REFERENCIAS

- 1- A. Arrieta, E.S. Arrieta, J.M. Tejeiros. *Revista Colombiana de Física*, vol. 41, No. 2, Abril 2009.
- 2- J. T. Cushing. *American Journal of Physics* 52, 925 (1984); doi: 10.1119/1.13796

Apéndice 1. Introducción al sensor de posición

El sensor de posición es un transductor para ser utilizado con la interfase Sensor DAQ. Su principio de funcionamiento consiste en la emisión de un pulso de ultrasonido y la posterior detección del eco, es decir, el pulso que retorna después de la colisión con algún blanco. Mediante la medición del retardo

existente entre emisión y detección del pulso el programa de adquisición calcula la distancia entre el sensor y el blanco, luego escribe esta magnitud en un archivo.

El cono subtendido por el haz emitido es de aproximadamente 30°. El primer blanco alcanzado por el haz emitido originará el primer eco detectado excepto que por su geometría o rigidez desvíe o amortigüe la onda. Recibido el primer eco el programa no aceptará otro eco para el cálculo de la distancia e iniciará un nuevo pulso de emisión. Por lo expuesto, el objeto más cercano al detector será el único detectado.

Apéndice 2. Selección de masas en el caso dinámico

Tenga en cuenta que para obtener la constante elástica del resorte con el método dinámico se debe utilizar la inversa de la masa como una de las variables. Seleccione las masas de forma tal que $1/m$ se encuentre equidistribuida (ver ejemplo en la figura 3).

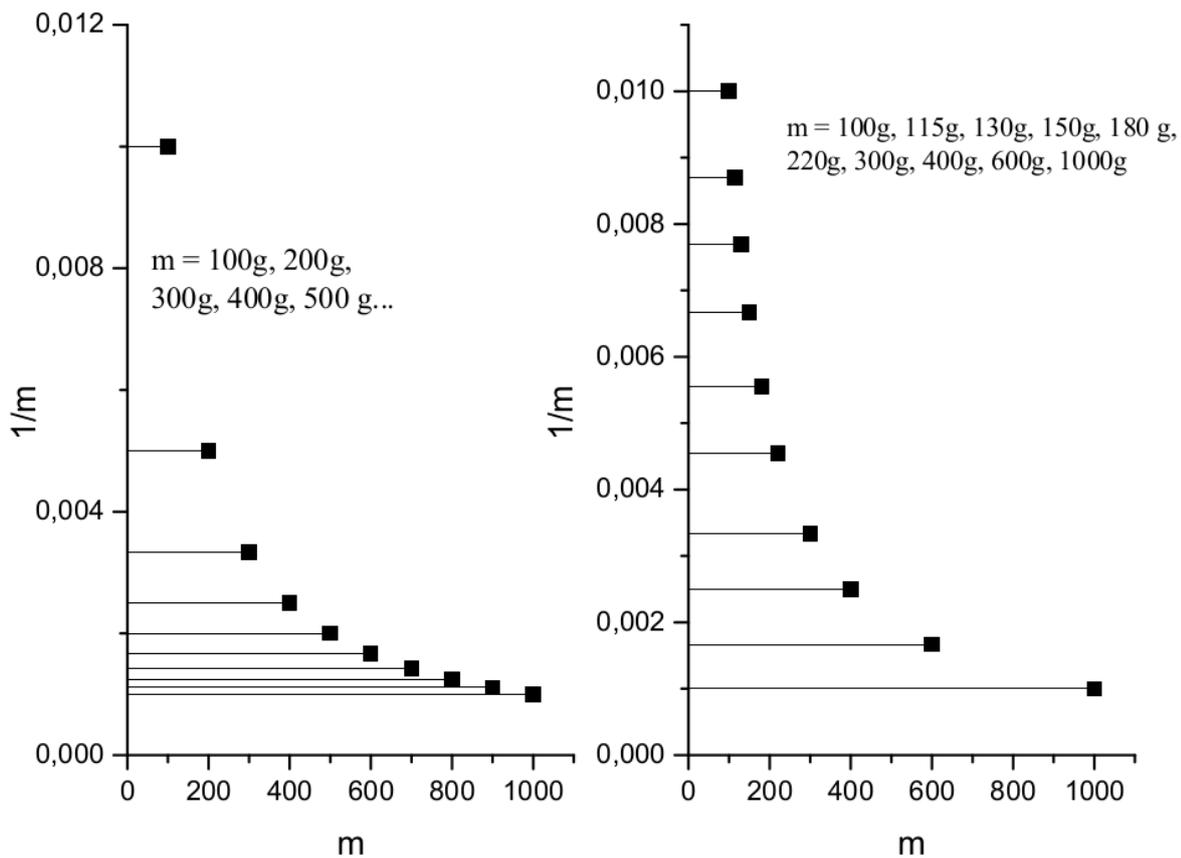


Figura 3: Distribución de la inversa de la masa en función de m .