

Guía 8 – Laboratorio 1 (1er cuatrimestre de 2024)

Resumen: Oscilador armónico amortiguado. Introducción al sensor de fuerzas. Ajustes no lineales.

En esta guía usaremos todas las herramientas hasta aquí aprendidas para analizar un problema físico: el oscilador armónico amortiguado.

Modelo:

Continuando desde lo visto en la guía 7, vamos a agregar un ingrediente al problema del oscilador armónico. Vamos a considerar el caso en el cual, además de someter una masa a la fuerza de un resorte como la descrita por la ecuación 1, agregaremos una fuerza disipativa dependiente de la velocidad como indica la ecuación 2. La fuerza disipativa será debida al rozamiento de un cuerpo que se moverá en el seno de un fluido.

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

$$F_v(x) = -b\dot{x} \quad (2)$$

donde F es la fuerza, x la posición del extremo, x_0 la posición cuando el resorte se encuentra en su longitud natural y k la constante elástica del resorte, F_v es la fuerza disipativa viscosa debida al movimiento de l cuerpo en el seno de un fluido y \dot{x} es la velocidad.

En este video (<https://youtu.be/sO-6xmqb59k?si=Fp77coBM2JB5gqti>), que también se encuentra en material adicional, se explica el problema. El movimiento de un cuerpo sometido a estas interacciones tiene tres regímenes distintos, de los cuáles el más interesante, y aquel en el que nos concentraremos, es el caso subamortiguado, para el cual la solución es:

$$x(t) = Ae^{-\lambda t}(\omega t + \phi) + x_0 \quad (3)$$

donde A es la amplitud de oscilación, t es el tiempo, x_0 la posición inicial, ω la frecuencia angular, ϕ una fase inicial y λ la constante de amortiguación.

Algunas relaciones entre las constantes son:

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \lambda^2; \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}}; \lambda = \frac{b}{2M} \quad (4)$$

Objetivo

Analizar la validez del modelo presentado en la ecuación (3). Estudiar la dependencia de las magnitudes presentadas en la ecuación (4) con la masa del objeto.

Procedimiento

Vamos a sumergir la masa colgada de un resorte en un fluido viscoso (puede ser agua) como se muestra en la Figura 1. Para analizar el problema necesitamos medir alguna magnitud relacionada con la posición (ec. 3). En este caso ¿Será posible utilizar el sensor de posición por ultrasonido que utilizamos en la clase anterior? ¿Por qué?

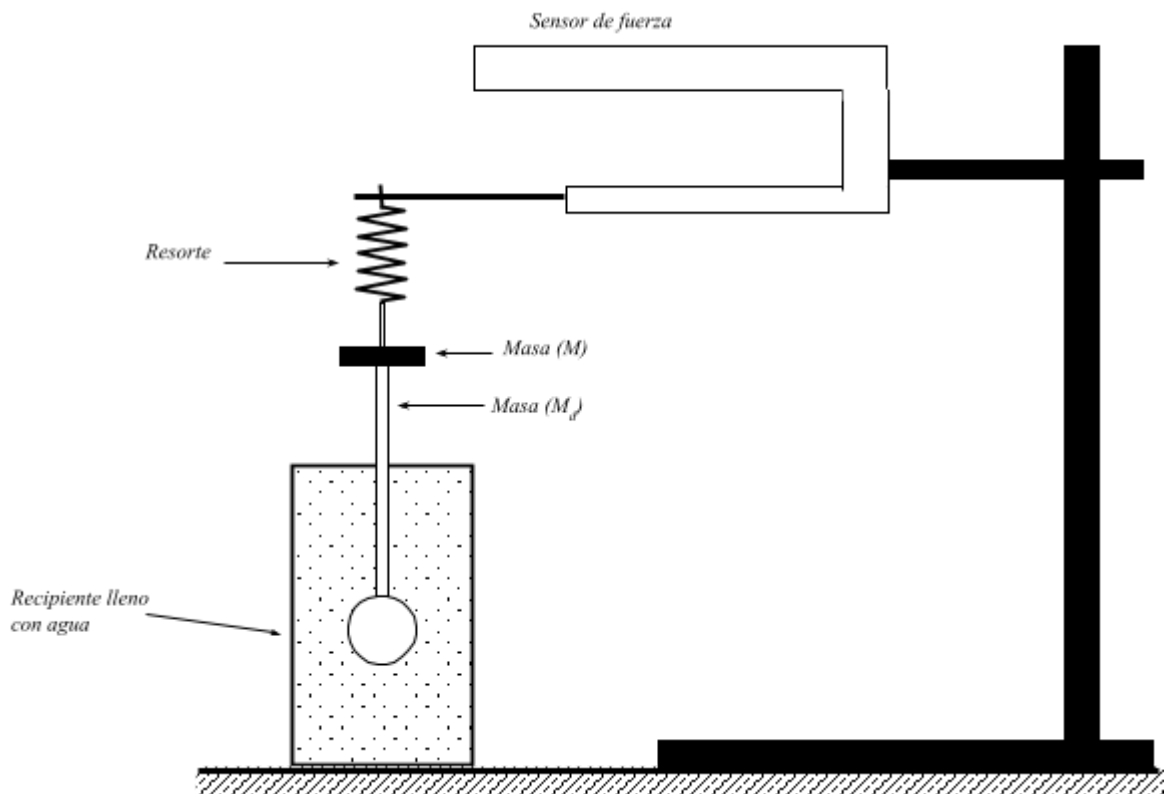


Figura 1: Montaje experimental de la masa colgada del resorte y sumergida en agua.

En este caso (piensen por qué) utilizaremos un sensor de fuerzas, que como su nombre indica es capaz de medir la fuerza que se ejerce sobre él. Este sensor devuelve una magnitud eléctrica (tensión) que es proporcional a la fuerza que se ejerce sobre él. La constante de proporcionalidad puede obtenerse calibrándolo. En “Material Adicional” pueden encontrar mas información sobre este dispositivo.

Introducción al sensor de fuerzas

El sensor funciona mediante un dispositivo conocido como “*strain gauge*” cuya resistencia eléctrica depende de las deformaciones que se le hagan al material que lo conforma.

Analizar la respuesta del sensor colgando cuerpos de masa conocidas. El sensor tiene calibraciones cargadas y dos escalas distintas (+/- 10N y +/- 50N). Chequear si la respuesta del sensor es adecuada para medir fuerzas en esos rangos. Si no fuera así, discutir con los docentes cómo calibrar el sensor.

Asignar un error a la medición de fuerzas.

TIEMPO ESTIMADO: MENOS DE 30 MIN

Movimiento armónico amortiguado

Considerar el caso de equilibrio de un cuerpo acoplado a un resorte y sumergido en agua. Hallar en forma experimental la dependencia de la fuerza en función del tiempo y verificar si se cumple la ecuación (3).

Laboratorio: TENGAN EN CUENTA QUE A LAS 11 hs DEBEN TENER AL MENOS UNA CURVA BIEN MEDIDA Y ANALIZADA

- a) Preparar el experimento según la figura 1.
- b) Realizar el experimento y visualizar con el programa MotionDAQ, la fuerza en función del tiempo. Realizar una medición con agua y otra sin agua para el mismo cuerpo.
- c) Discutir las magnitudes expresadas en las ecuaciones 1 a 4 y cómo identificarlas en la dependencia de la fuerza vs tiempo. ¿Es posible obtener la posición en función del tiempo midiendo la fuerza? ¿Es necesario hacerlo?
- d) Obtener la posición en función del tiempo y analizar los datos adquiridos mediante el ajuste no lineal de la ecuación (3) de forma similar a lo realizado en la clase anterior. Es posible obtener la constante de amortiguación analizando solamente la amplitud. Analice si es conveniente hacer esto o directamente ajustar la dependencia de la fuerza con la posición completa.
- e) Realizar el experimento con cuatro cuerpos de masas diferentes. Elegir las masas siguiendo la recomendación del apéndice 2.
- f) Obtener la frecuencia angular del oscilador amortiguado y no amortiguado, obtener la constante de amortiguación. Analizar las magnitudes en función de las masas según las ecuaciones (4).

AVANZADO: Si pudieron cumplir con TODAS las actividades y no obtuvieron los resultados esperados, pueden guiarse con estas dos referencias [1, 2] y ver cómo afecta al movimiento la masa del resorte.

ENTREGA: 28/10

REFERENCIAS

[1] A. Arrieta, E.S. Arrieta, J.M. Tejeiros. *Revista Colombiana de Física*, vol. 41, No. 2, Abril 2009.

[2] James T. Cushing. *American Journal of Physics* 52, 925 (1984); doi: 10.1119/1.13796

APENDICE

1. Introducción al sensor de fuerza

Utilice el material disponible en la página para trabajar con el sensor de fuerzas.

2. Selección de masas en el caso dinámico

Tenga en cuenta que para obtener la constante 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. Ejemplo en la figura A1.

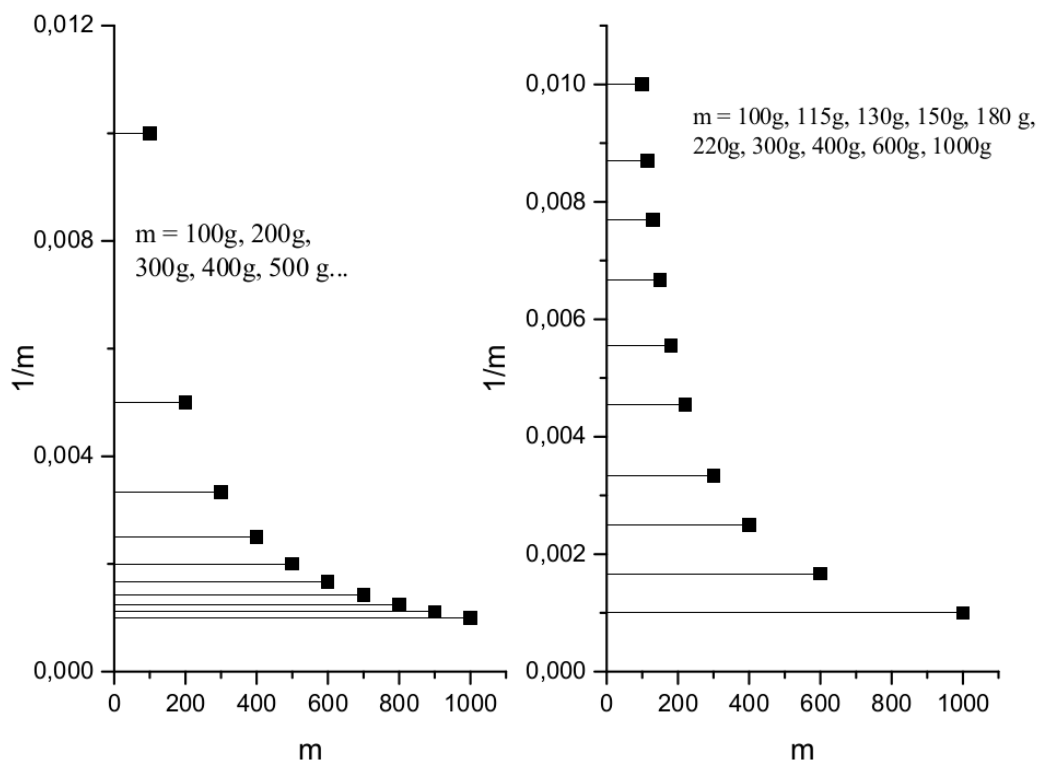


Figura A1