

Guía 3: Movimiento oscilatorio

Parte 2: Movimiento oscilatorio armónico amortiguado

Cátedra: Prof. Laura Morales - Depto. Física, FCEyN, UBA.

Objetivo general: Esta práctica tiene como objetivo estudiar experimentalmente las características fundamentales del movimiento oscilatorio armónico, tanto simple como amortiguado.

Introducción

En las oscilaciones de los sistemas reales el movimiento está amortiguado debido a la acción de fuerzas disipativas. Por ejemplo, podemos considerar el caso de un sistema masa-resorte oscilando en el aire y luego en aceite. Dado que la viscosidad del fluido que rodea la masa oscilante en el último caso es mucho mayor que la del aire, esperamos que sus efectos disipativos sean también mayores.

Si bien la intuición nos dice que el movimiento oscilatorio se amortiguará más rápido en el aceite que en el aire, a priori, no sabemos si la amplitud de la oscilación decrecerá de forma lineal, cuadrática o logarítmicamente (por citar algunos ejemplos posibles) con el tiempo, ni cuánto tiempo tardará el movimiento en extinguirse. La forma en la que el movimiento se amortiguará depende de la relación funcional de la fuerza disipativa con las variables del problema.

Consideremos el caso de un cuerpo de masa m que se mueve en el seno de un fluido viscoso. Sabemos que la fuerza de rozamiento F_R es proporcional a la velocidad relativa v del cuerpo en el medio de la siguiente forma:

$$F_R = -b v \quad (1)$$

donde b es una constante que mide el grado de viscosidad del fluido.

Teniendo en cuenta las fuerzas actuantes, la ecuación de movimiento resulta:

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

cuya solución depende de los valores de los distintos parámetros involucrados, y de la relación entre ellos. Se define la constante de amortiguamiento del fluido ¹ γ como:

$$\gamma = \frac{b}{2m} \quad (3)$$

En general, un movimiento oscilatorio amortiguado con una fuerza de este tipo admite, según estudiaron en sus clases teóricas, una clasificación en tres posibles casos: subamortiguado, amortiguado críticamente y sobreamortiguado, según los valores particulares que asuman los parámetros del problema considerado. Si $\gamma^2 < \omega_0^2$ nos encontramos en el caso de un oscilador subamortiguado; es decir, la fuerza elástica es más importante que la fricción, al menos en algún intervalo de tiempo. En este caso, la solución de la ecuación de movimiento es:

¹Cuidado: En muchas referencias la notación de b y γ es distinta, y deberán volver a las ecuaciones de movimiento para interpretar correctamente los resultados.

$$x(t) = A e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \phi) \quad (4)$$

donde A y ϕ son constantes a determinar, y ω es la frecuencia de oscilación del sistema que puede expresarse como:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}. \quad (5)$$

Para el caso de un sistema masa-resorte $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

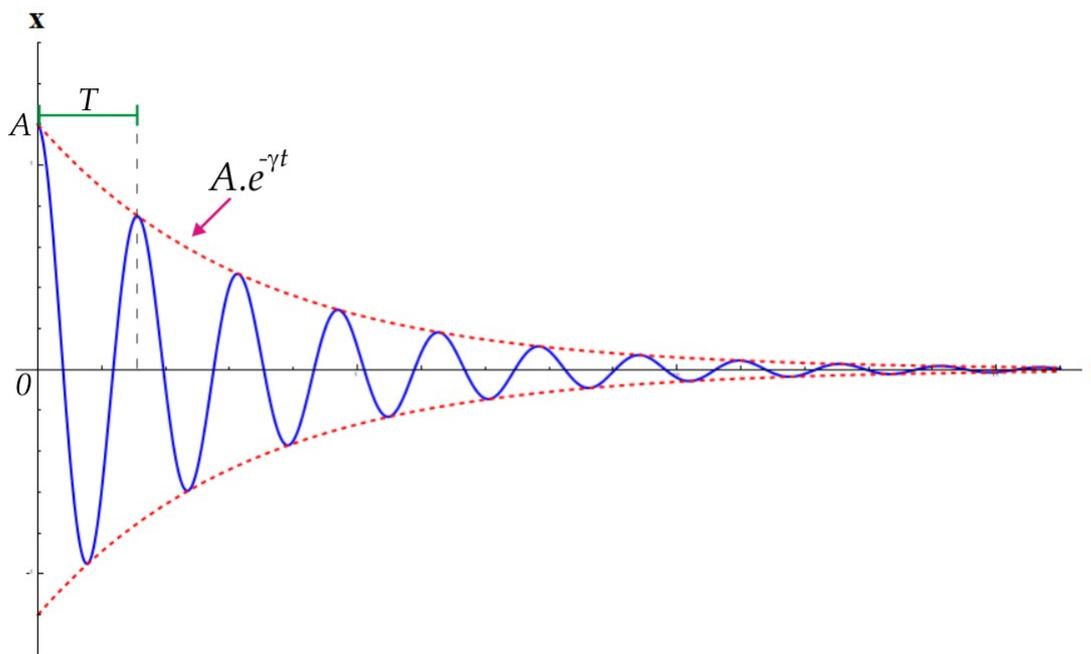


Figura 1: La amplitud del movimiento disminuye según la función $A.e^{-\gamma t}$ siendo $\gamma = \frac{b}{2m}$. T representa el período de la oscilación.

Antes de comenzar con las actividades propuestas leer el apunte **muestreo-de-señales.pdf**.

En **MATERIAL DE LAS CLASES** también se encuentran disponibles tutoriales para realizar las distintas actividades de esta guía.

Actividades

En esta segunda parte se propone estudiar las oscilaciones amortiguadas del sistema masa-resorte. En esta oportunidad analizarán videos que se generaron utilizando el software virtual empleado en la parte 1 de la guía 3: Masas y Resortes (PhET Universidad de Colorado Boulder) disponible en https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_es.html

Para el análisis de los videos utilizaremos el software libre Tracker que puede descargarse de <https://physlets.org/tracker/>. En el archivo **tutorial-tracker.pdf** se presenta una guía básica de uso de este programa.

Los videos **video-2.mp4** y **video-3.mp4** corresponden a dos oscilaciones amortiguadas con distinto grado de amortiguamiento. Para estos casos la constante elástica del resorte es $k = (7,0 \pm 0,4) \text{ N/m}$.

Procedimiento:

1. Analizar el video con el programa Tracker y medir la variación de la posición del extremo libre del resorte en función del tiempo. Se recomienda ubicar el origen del sistema de referencia en el extremo fijo del resorte.
2. Copiar los datos al programa que utiliza para el análisis (Origin o SciDAVis).
3. Asigne una incerteza a las magnitudes medidas: tiempo y posición.

Análisis: Determine el coeficiente de amortiguamiento de 4 maneras distintas:

1. Estudie si varía la frecuencia angular de este sistema respecto del sistema sin amortiguamiento. ¿Debería variar según fundamentos teóricos? ¿Es útil este método para determinar el coeficiente de amortiguamiento?

Recuerde que la frecuencia angular es $\omega = \frac{2\pi}{T}$ donde ahora T es el período de la oscilación del sistema amortiguado. Entonces, para responder la pregunta de este ítem primero deberá calcular el período de la oscilación como lo hizo en la Actividad 1 (ver **análisis-periodo.pdf**).

2. Identifique los picos de la función trigonométrica y gráfquelos por separado. ¿A qué función debería corresponder según el modelo? Obtenga la constante γ a partir del ajuste que considere conveniente.

Observación 1: Para encontrar los picos puede utilizar la opción *Find Peaks* del Origin como se explica en el tutorial **análisis-periodo.pdf**.

Observación 2: Para un ajuste no lineal de los datos puede explorar la función *Exponential* (que se encuentra en Origin dentro de las opciones de ajuste no lineal en la categoría *Exponential*):

$$y = y_0 + A e^{R_0 x} \quad (6)$$

3. Transforme las variables y partir de una regresión lineal obtenga el valor de γ correspondiente.

Observación: Antes de transformar las variables recuerde restar el valor de y_0 que se obtiene de la ecuación (6) a sus datos experimentales del ítem 2.

4. Finalmente, realice un ajuste no lineal de la señal amortiguada y determine a partir de los valores de los parámetros del ajuste la constante correspondiente (ver **tutorial-ajuste.pdf**).

Estudie la precisión de cada uno de los métodos propuestos.