Guía 4: Movimiento oscilatorio

Cátedra Joaquín Sacanell - Laboratorio de Física 1 (Q)

adaptación guía cátedra Mónica Pinkholz 2020
Dept. Física, FCEyN, UBA.

Abril 2021

Todo sistema físico que se encuentra en equilibrio estable, oscila al ser apartado de su posición de equilibrio. En general, dichos sistemas oscilan además en forma armónica, siempre que la perturbación aplicada lo aparte levemente de su posición de equilibrio. En estas condiciones se puede definir una frecuencia de oscilación, que estará completamente determinada por los parámetros del sistema físico en consideración, y será independiente de las condiciones específicas en las que se pone a oscilar el sistema. Dentro del laboratorio verán ejemplos de movimientos con resortes y péndulos y también en circuitos eléctricos, pero las ecuaciones y sus soluciones se aplican a una infinidad de casos a lo largo de todas las ciencias naturales y sociales. Esta práctica tiene como objetivo estudiar experimentalmente las características fundamentales del movimiento oscilatorio armónico, tanto simple como amortiguado.

1. Movimiento oscilatorio armónico simple Determinación de la constante elástica del resorte

1.1. Introducción

El movimiento de tensión y compresión de un resorte muestra que la elongación del mismo aumenta proporcionalmente con la fuerza aplicada, dentro de ciertos límites. Esta observación se generaliza con la siguiente ecuación:

$$F = -k \cdot \Delta x \tag{1}$$

donde F es la fuerza aplicada, Δx el vector desplazamiento 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. Esta expresión se conoce con el nombre de ley de Hooke. Por otro lado, cuando el movimiento del resorte es armónico simple, la ecuación que lo describe está dada por:

$$\frac{d^2x}{d^2t} + \omega_0^2 \cdot x = 0 \tag{2}$$

cuya solución más general es:

$$x(t) = a \cdot cos(w_0 \cdot t + \phi) \tag{3}$$

siendo a la amplitud de oscilación o máxima elongación, ω_0 la frecuencia de oscilación, y ϕ la fase inicial. La frecuencia de oscilación tiene la siguiente forma:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}} \tag{4}$$

con M como la masa total efectiva oscilante (¿A qué nos referimos con *masa efectiva*?). Para unificar criterios al momento de reportar resultados, haremos distinción entre la *frecuencia angular* ω_0 y la frecuencia f (a secas):

$$\omega_0 = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T} \tag{5}$$

siendo T el período de oscilación.

1.2. Actividades

Cada integrante del grupo deberá construir un sistema elástico, oscilatorio. La propuesta es que un integrante utilice un resorte (slinky metálico, resorte metálico, resorte de anillado de librería, etc.), y el otro integrante utilice un material elástico (trozo de elástico, algunas banditas elásticas unidas, bretel de corpiño, etc.). Se propone determinar las características de estos sistemas, empleando para ello dos métodos experimentales distintos: uno estático y uno dinámicos. Los protocolos experimentales sugeridos para implementar dichos métodos se describen a continuación.

1.2.1. Método estático

Hallar la posición de equilibrio de un sistema formado por un objeto que cuelga de un resorte, para diversas masas del objeto suspendido. A partir de la dependencia de la posición de equilibrio como función de la masa del cuerpo se pueden determinar las características del resorte (constante elástica y longitud en reposo) mediante un ajuste de los resultados. Elija un método para la medición de la variación en la posición (ej. Cinta métrica, sensor de posición, otro) y otro para la fuerza (balanza, sensor de fuerza). Realice la medición para al menos 7 elongaciones distintas. El rango de pesos a utilizar dependerá del sistema que se esté estudiando. Tenga en cuenta que el peso mínimo debe ser tal que logre estirar el sistema y el peso máximo no debe deformarlo irreversiblemente. Un rango aproximado de entre 30 g y 200 g - 250 g es esperable para banditas elásticas, mientras que para el elástico y el resorte puede ser un poco mayor según las características de los mismos. Para calcular el peso aplicado tenga en cuenta el peso del sistema que utilice para colgar las diferentes pesas

1. ¿Con qué incertidumbre midió la longitud? ¿Es correcto en este caso utilizar la mínima división del instrumento de medición? ¿Por qué? ¿Qué incertidumbre le asignó a la masa del objeto?

2. Represente gráficamente la fuerza aplicada (peso), P, en función de la elongación del resorte. ¿Qué relación encuentra entre estas magnitudes?

3. El sistema estudiado, ¿cumple la ley de Hooke que ha estudiado en su clase teórica?
   - En caso de cumplirla realice un ajuste lineal. ¿Qué representa la pendiente? ¿Y la ordenada al origen? ¿Es el valor obtenido por ajuste de la ordenada al origen el esperado?
   - En caso de no cumplirla, indique si existe un sub-rango de valores que se comporten según dicha ley y realice el o los ajustes correspondientes. ¿Qué representa la pendiente? ¿Es representativo el valor de la ordenada al origen en este caso?
4. Determine la constante elástica del sistema y su incertidumbre de medición.

1.2.2. Método Dinámico

Se suspende el resorte de un soporte firme y se le cuelga el teléfono del extremo inferior. El mismo elongará el sistema hasta una nueva posición de equilibrio. El teléfono debe tener activada la App Phyphox en su modo *Aceleración con g* (se recomienda activar el modo remoto previamente para agilizar el proceso de toma de datos.) En estas condiciones se procede a poner a oscilar el sistema y lectura del sensor de aceleración en función del tiempo. Si se cumple la condición de pequeñas oscilaciones, deberá registrarse una señal sinusoidal de frecuencia fija, sin importar cómo se ponga el sistema en movimiento. Realice este procedimiento para 3 pesos distintos. Tenga en cuenta el peso del teléfono [1] y el dispositivo de amarre y no sobrecargue demasiado el sistema. (**Opcional**: realice 3 mediciones para cada peso con el fin de evaluar la repetibilidad en el valor de la frecuencia de oscilación y así reportar un valor más representativo.)

- Estudie la dependencia de la frecuencia angular (ω_0) de oscilación con la masa (M).
- Represente sus resultados en un gráfico. ¿Qué variables debe graficar para obtener una relación lineal? ¿Cuál es la variable con mayor incertidumbre relativa? *Determine la constante elástica del resorte y su incertidumbre por este método.*
- A partir de sus mediciones, diga si el sistema estudiado cumple con la ecuación de movimiento propuesta en 3.
- **Opcional**: Estudie experimentalmente la dependencia del período con la amplitud de oscilación. ¿Puede explicar sus resultados teóricamente? ¿Qué principios físicos están involucrados en su explicación?
- **Opcional**: Describa las características de las fuerzas de roce involucradas en la experiencia (caso real).

[1] Si no dispone de una balanza de cocina, puede averiguar el peso del mismo buscando la hoja de datos de su modelo en internet. Recuerde que este peso es del teléfono sin su funda.

2. Trabajo a entregar

PDF incluyendo:

1. Descripción de los dispositivos experimentales.
2. Gráficos obtenidos con el método estático, que incluyan:
   - las barras de incertidumbre
   - el o los ajustes realizados. (Informar los parámetros obtenidos en el ajuste !!)
   - el valor de K obtenido por este método. (con su incertidumbre de medición!!)
3. Gráficos de aceleración en función del tiempo obtenidos con el celular para el método dinámico.
4. Gráfico que relacione la frecuencia de oscilación con la masa aplicada obtenido con el método dinámico, que incluya:
   - las barras de incertidumbre
   - el ajuste realizado con los parámetros obtenidos.
   - el valor de K obtenido por este método.(con su incertidumbre de medición!!)

2.1. Material adicional

SIMULADOR DE MASAS Y RESORTES:

Les recomendamos jugar con el simulador de Phet (`https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_es.html`). Les va a permitir repasar los conceptos de la teórica que necesitamos aplicar y mejorar su intuición sobre el experimento.