Guía 3: Movimiento oscilatorio

Parte 1: Movimiento oscilatorio armónico simple: Determinación de la constante elástica de un resorte

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

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.

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

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

cuya solución más general es

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi) \tag{3}$$

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. Para unificar criterios, haremos distinción entre la *frecuencia angular* ω_0 y la *frecuencia* f_0 (a secas)

$$\omega_0 \;=\; 2\pi\, f_0 \;=\; \frac{2\pi}{T} \tag{5}$$

siendo T el periodo de oscilación.

Actividades

Se propone determinar las características de un resorte simple empleando para ello dos métodos experimentales distintos: uno estático y otro dinámico utilizando el software virtual: Masas y Resortes (PhET Universidad de Colorado Boulder).

El protocolo experimental sugerido para implementar dichos métodos se describe a continuación.

Actividad 1: Método estático

Hallar la posición de equilibrio X_{eq} de un sistema formado por un objeto que cuelga de un resorte, para diversas masas m del objeto suspendido. A partir de la dependencia de dicha posición de equilibrio como función de la masa del cuerpo se puede determinar la longitud natural del resorte (L_0) y la constante elástica del resorte (k) mediante un ajuste de los resultados.

Procedimiento:
Entre al link:
https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_es.html

1. Entre al menú Laboratorio y familiarícese con el software.
2. Observe el resorte en ausencia de una masa colgante.
3. Coloque la regla de manera tal que su cero coincida con el comienzo del resorte.
4. Dentro del menú de opciones, seleccione **Desplazamiento** y **Longitud Natural**, el cual dibuja una línea horizontal azul indicando la longitud natural del resorte y un vector vertical verde indicando el desplazamiento medido respecto de la posición de la longitud natural del resorte.
5. Mida la longitud natural del resorte con la regla.
6. En el panel **Amortiguamiento** seleccionar **Nada**.
7. Coloque la masa de 100 g colgando del resorte. El resorte comenzará a oscilar.
8. Presione el botón rojo (STOP) de manera tal que el resorte deje de oscilar alcanzando la posición de equilibrio X_{eq}.
9. Dentro del menú de opciones, seleccione **Referencia Móvil** y colóquela donde termina el vector desplazamiento (posición de equilibrio X_{eq}).
10. Mida con la regla la posición de equilibrio X_{eq} para 8 masas distintas. El valor de la masa puede cambiarlo a través del panel **Masa** a la izquierda del resorte (figura 1).
11. Asigne una incerteza a ambas magnitudes: posición de equilibrio X_{eq} y masa m.

Análisis:

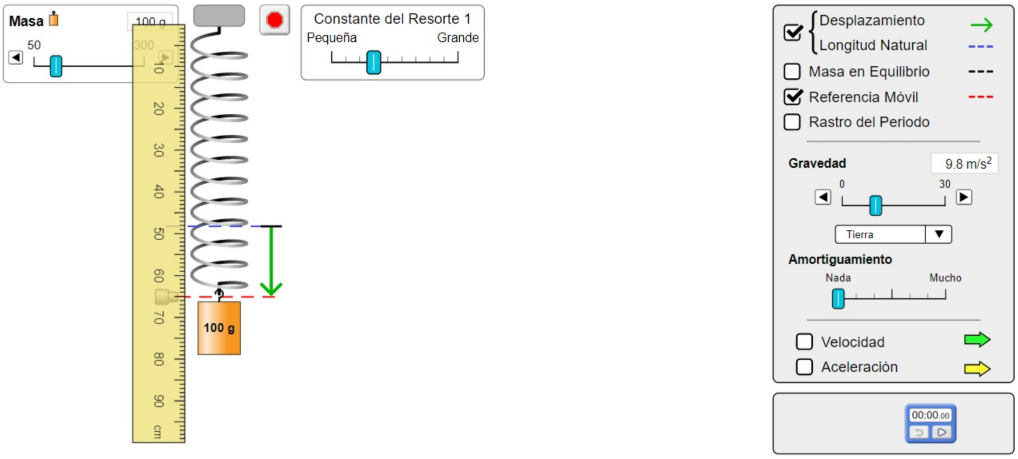

Figura 1: Pantalla del menú Laboratorio (Masas y Resortes, PhET Colorado).

I. Represente gráficamente la posición de equilibrio X_{eq}, en función de la masa del cuerpo suspendido m (ambas magnitudes con sus incertezas).

II. A partir de una regresión lineal estime el valor de la longitud natural del resorte L_0 y de la constante elástica k del resorte con su incertezas, sabiendo que la relación funcional entre X_{eq} y m está dada por la ecuación

$$X_{eq} = L_0 + \frac{mg}{k}. \tag{6}$$

Considere el valor de referencia $g = (9,7969 \pm 0,0001)\,\mathrm{m/s^2}$ (aceleración de la gravedad local medido por el Ing. Ceccato en el Laboratorio de Mecánica, Departamento de Física, FCEyN, UBA).
Sugerencia: para realizar la regresión lineal coloque como variable Y aquella variable con mayor error relativo.

Actividad 2: Método dinámico

Hallar la constante elástica (k) del resorte a través de un método dinámico. Para distintas masas del cuerpo colgante, ponga a oscilar el resorte apartándolo de la posición de equilibrio y mida el periodo de la oscilación con un cronómetro. A través de la dependencia funcional entre el periodo de una oscilación T y la masa del cuerpo colgante m, calcule el valor de k por regresión lineal.

Procedimiento:

1. Coloque la masa de 100 g colgando del resorte. El resorte comenzará a oscilar.
2. Asegúrese de tener seleccionado un amortiguamiento nulo de manera tal que el resorte oscile a través de un movimiento oscilatorio armónico simple.
3. Seleccione **Desplazamiento** y **Longitud Natural**, el cual dibuja una línea horizontal azul indicando la longitud natural del resorte y un vector vertical verde indicando el desplazamiento medido respecto de la posición de la longitud natural del resorte.

4. Presione el botón rojo (STOP) de manera tal que el resorte deje de oscilar alcanzando la posición de equilibrio X_{eq}.
5. Seleccione la **Referencia Móvil** y ubíquelo desplazado (verticalmente) de la posición de equilibrio X_{eq}. De esta manera usted define la amplitud máxima de la oscilación.
6. Aleje el cuerpo de la posición de equilibrio hasta la línea roja punteada (referencia móvil) como se muestra en la figura 2. Suelte el cuerpo y éste comenzará a oscilar.
7. Mida el periodo de 20 oscilaciones juntas T_{20} con el cronómetro y luego calcule el valor del periodo de una oscilación T para la masa de 100 g.
8. Repita el procedimiento (1 a 7) para 8 masas distintas (el valor de la masa puede cambiarlo a través del panel **Masa** a la izquierda del resorte).
9. Asigne una incerteza a las magnitudes medidas: T_{20}, T y m.

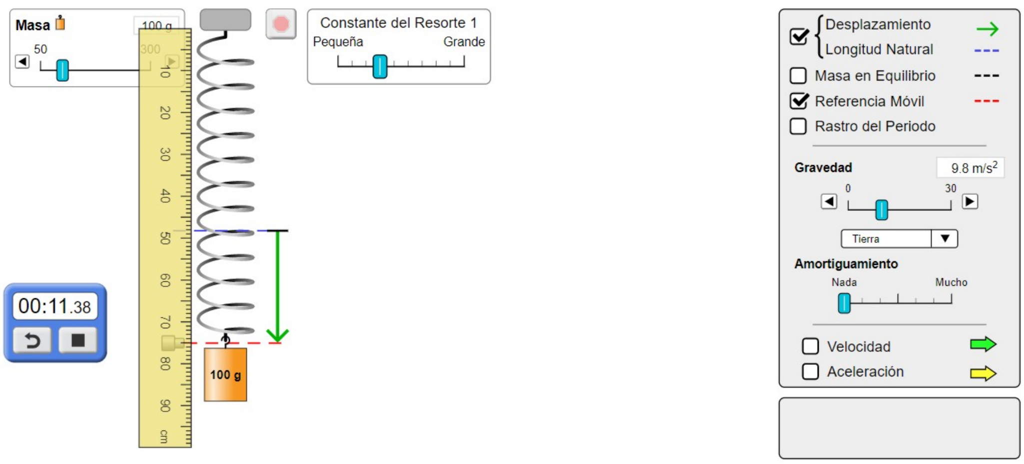

Figura 2: Masa de 100 g en la posición de amplitud máxima.

Análisis:

I. Grafique:

   i. T en función de m,

   ii. T y $\sqrt{m}$ ó T^2 y m (implementar técnicas de linealización aprendidas en la Guía 2).

   iii. $\ln(T)$ y $\ln(m)$.

   Incluya las incertezas en los gráficos. Puede consultar el apunte de propagación de errores y el apunte de uso de Origin de las clases anteriores.

II. Para los gráficos en los que se observó una relación lineal entre las variables, realice una regresión lineal por cuadrados mínimos de las variables (consulte el apunte de regresión lineal por cuadrados mínimos) y calcule el valor de k con su error considerando la relación funcional entre el periodo de la oscilación T y la masa m de un cuerpo oscilando, dada por la ecuación 7.

Sugerencia: para realizar la regresión lineal coloque como variable Y aquella variable con mayor incerteza.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \tag{7}$$

Comentarios adicionales para tener en cuenta en el informe:

- Compare ambos métodos de medición (método estático y método dinámico) respecto de la precisión de los valores obtenidos para la constante elástica del resorte. ¿Cuál método es más preciso?
- ¿Existe discrepancia entre los valores de k obtenidos por ambos métodos?
- ¿Existe discrepancia entre el valor de L_0 medido con la regla y el recuperado a partir de la regresión lineal?