LABORATORIO DE FÍSICA 1 – L1

Estudiantes de Licenciatura en Ciencias Biológicas y Geológicas

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

PRÁCTICA 3: Movimiento Oscilatorio Armónico Simple y Amortiguado

OBJETIVO GENERAL

Esta práctica tiene como objetivo estudiar experimentalmente las características 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, los sistemas lineales 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:

$$F = -k\Delta x \qquad (1)$$

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:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + w_0^2 x = 0 \qquad (2)$$

cuya solución más general es:

$$x(t) = a\cos(w_0 t + \varphi) + x_0 \qquad (3)$$

siendo *a* la amplitud de oscilación o máxima elongación, ω_0 la frecuencia propia de oscilación, φ la fase inicial y x_0 La posición de equilibrio.

La frecuencia propia de oscilación tiene la siguiente forma:

$$w_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (4)$$

con *m* como la masa total efectiva oscilante.

Cuando un sistema oscilatorio se encuentra moviéndose en el seno de un fluido la fuerza de fricción del fluido puede suponerse como:

$$F_v = -bv \qquad (5)$$

donde *Fv* es la fuerza de fricción del fluido (fuerza viscosa), *v* la velocidad y *b* es una constante que mide el grado de viscosidad del fluido.

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

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \left(\frac{b}{m}\right)\frac{dx}{dt} + w_0^2 x = 0 \qquad (6)$$

cuya solución depende de los valores de los distintos parámetros involucrados (w_o, b y m), y de la relación entre ellos.

Se define la constante de amortiguamiento del fluido, γ, como:

$$\gamma = \frac{b}{2m} \qquad (7)$$

Si $\gamma^2 < w_o^2$ 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, una posible solución de la ecuación de movimiento es:

$$x(t) = a\exp^{-\gamma t}\, sen(wt + \varphi) + x_0 \qquad (8)$$

donde x_0 es la posición de equilibrio, *a* y φ constantes a determinar, y *w* la frecuencia angular de oscilación del sistema, que puede expresarse como:

$$w = \sqrt{w_0^2 - \gamma^2} \qquad (9)$$

con w_0 como la frecuencia angular de oscilación del movimiento sin amortiguar (fuera del fluido).

A partir de la ec. (8), podemos deducir que:

$$F(t) = A\exp^{-\gamma t}\, sen(wt + \varphi) + F_0 \qquad (10)$$

ACTIVIDAD 1: ESTUDIO DEL MOVIMIENTO OSCILATORIO ARMÓNICO SIMPLE Y DETERMINACIÓN DE LA CONSTANTE ELÁSTICA DE UN RESORTE

Se propone determinar las características de un resorte simple empleando para ello dos métodos experimentales distintos: uno estático y otro dinámico. El protocolo experimental sugerido para implementar dichos métodos se describe a continuación.

A. Método estático

1. Construya un sistema de un resorte soportando un porta objetos en su extremo inferior para depositar cuerpos con distinta masa. Se utilizarán **8 diferentes masas** (con valores

entre el mínimo posible, que sería el soporte, y 800 g como máximo, para asegurarse de que el resorte no duplique su longitud inicial al estirarse).

2. Coloque al sistema del resorte+cuerpo en su posición de equilibrio y determine la posición del cuerpo x con una regla. Determine el peso del cuerpo, P. Repita este proceso para cada una de las 8 masas.
3. Represente gráficamente la fuerza peso (P) en función de la posición (x) del resorte (no olvide poner los errores absolutos en el gráfico). ¿Qué relación encuentra entre estas magnitudes?
4. Determine el valor de la constante *k* del resorte a partir del ajuste mediante cuadrados mínimos de la función graficada en el ítem 3 (una vez evaluados los errores relativos para saber qué variable se grafica en cada eje) y usando la ley de Hooke. Reporte los valores de la ordenada al origen, pendiente y R^2 del ajuste. ¿Es el valor de la ordenada al origen el esperado?

B. Método dinámico

1. Construya un sistema de un resorte suspendido de un sensor de fuerzas y una esfera de masa m. En estas condiciones se procede a ponerlo a oscilar en diversas condiciones para así registrar la lectura del sensor de fuerzas en función del tiempo.
2. Determine el período *T* y a partir de dicho resultado, calcule la frecuencia de oscilación ω_0. ¿Cuántos períodos tomaría?
3. Obtenga el valor de la constante elástica del resorte, *k*, a partir de los datos que tiene de esta experiencia. ¿Qué ecuación utilizaría para dicho cálculo?
4. Compare los resultados de *k* obtenidos por ambos métodos de medición en lo que respecta a la exactitud, precisión y diferencias significativas de los valores obtenidos para la constante elástica del resorte, *k*. ¿Qué método le resultó más confiable?

ACTIVIDAD 2: ESTUDIO DEL MOVIMIENTO OSCILATORIO ARMÓNICO AMORTIGUADO

En esta segunda parte se propone estudiar las oscilaciones amortiguadas del sistema masa-resorte, cuando la masa es parcialmente sumergida en un fluido viscoso.

1. Tome el sistema con el resorte suspendido de un sensor de fuerzas y una esfera de masa m y sumérjalo en un recipiente con algún fluido viscoso de modo tal de que la masa quede totalmente inmersa en él (asegúrese que el resorte no toque el fluido).
   a) ¿Qué se espera observar en esta experiencia?
   b) ¿La amplitud de la oscilación decrecerá con el tiempo de forma lineal, cuadrática, logarítmicamente ….?
2. Ponga a oscilar el resorte y registre la lectura del sensor de fuerzas en función del tiempo.
3. Determine el período *T* y a partir de dicho gráfico y calcule la frecuencia de oscilación ω.

4. Obtenga la constante de amortiguamiento γ a partir del decaimiento de la amplitud del grafico Fuerza vs. Tiempo. Para ello, obtenga los máximos locales de dicho gráfico[1] y realice una aproximación de los datos por una función exponencial propuesta por el Origin[2].
5. Obtenga la constante de amortiguamiento γ a partir de la linealización de la función de amplitud, y el uso de la técnica de cuadrados mínimos.

[1]Obtención de los valores de los máximos locales (picos):

a) Primero, desde el *SensorDAQ*, sobre el gráfico F(t), seleccione con el mouse un intervalo que abarque un período. Luego, clickee el ícono que le sirve para determinar la mediana, máx y min. De allí sólo le interesa conocer el valor de N de los que seleccionó, para su uso a continuención.

b) Luego, en el Origin, con el gráfico F(t) abierto, siga los siguientes pasos:

Analysis lot > ***Peaks and Baseline*** > ***Peaks Analyzer*** > ***Open Dialog*** > ***Goal*** > ***Find Peaks*** > ***Open Dialog***

Goal > ***Find Peaks*** > ***Next***

Baseline Model > ***None*** > ***Next***

Peaks Finding Setting > ***Direction*** > ***Positive***

> ***Method*** > ***Local Maximum***

> ***Local Points*** > ***N*** *(donde N es el valor que calcularon en a))*

[2]Ajuste no lineal:

Analysis > ***Fitting*** > ***Non linear curve Fit***. Elija la **función Exponencial** que considere adecuada para su caso.

APÉNDICE 1: SENSOR DE FUERZAS

El sensor de fuerzas es un dispositivo multipropósito para la medición de fuerzas de empuje y de tracción. Tiene dos rangos de medición con sus correspondientes resoluciones. Dependiendo de la magnitud a medir y de la precisión buscada se aconseja utilizar uno u otro rango de medición. Los rangos son:

±10 N	0.01N	Stored Calibration	slope:	–4.9 N/V
			intercept:	12.25 N
± 50 N	0.05 N	Stored Calibration	slope:	–24.5 N/V
			intercept:	61.25 N

Estudie si la calibración de fábrica es correcta para su montaje experimental.

Si la práctica lo requiere, podría ser que necesite redefinir el cero de la calibración de fábrica o eventualmente hacer una calibración completa del sensor. En ese caso, calibre el sensor en la posición que vaya a utilizarlo (vertical u horizontal). Para recalibrar el sensor necesitará dos puntos, uno correspondiente a 0N (sin peso en el sensor ubicado en la posición de medición) y como segundo punto se aconseja utilizar una masa de 300g (2.94N) o equivalente. Una vez calibrado revise que la calibración sea la correcta midiendo estos dos puntos de calibración.