

Experimento 9

LEY DE HOOKE Y MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

Objetivos

1. Verificar la ley de Hooke,
2. Medir la constante k de un resorte, y
3. Medir el período de oscilación de un sistema masa-resorte y compararlo con su valor esperado

Teoría

¿Cómo se deforma un resorte cuando le aplicamos fuerzas? ¿Qué hace que un resorte sea diferente de otro? ¿Cómo cambia el período de oscilación de una masa, sujeta a un resorte, al aumentar el valor de la misma? ¿Cómo compara el valor teórico del período de oscilación de la masa en el resorte con el del valor medido? Estas son algunas de las preguntas que podremos contestar una vez hayamos hecho el experimento que describimos a continuación. En 1676 Robert Hooke, un científico inglés, contemporáneo de Newton, descubrió y estableció la ley que lleva su nombre y que se utiliza para definir las propiedades elásticas de un cuerpo. En el estudio de los efectos de las fuerzas de tensión, y compresión, observó que había un aumento en la longitud del resorte, o cuerpo elástico, que era proporcional a la fuerza aplicada, dentro de ciertos límites. Esta observación puede generalizarse diciendo que la deformación es directamente proporcional a la fuerza deformadora,

$$F = - k\Delta x$$

Donde F es la fuerza, medida en newtons, k , la constante del resorte y Δx , el alargamiento, o compresión. 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. Si la fuerza deformadora sobrepasa un cierto valor máximo, el cuerpo no volverá a su tamaño (o forma) original después de suprimir esa fuerza. Entonces se dice que el cuerpo ha adquirido una deformación permanente. La tensión, o compresión, más pequeña que produce una deformación permanente se llama límite de elasticidad. La ley de Hooke no es aplicable para fuerzas deformadoras que rebasan el límite de elasticidad. Por otro lado, cuando el movimiento de un objeto se repite en intervalos regulares, o períodos, se le llama movimiento periódico. Si tomamos las oscilaciones de un péndulo simple hacia los lados (con la salvedad de que sean menores de 12° con respecto a la vertical), tenemos un ejemplo de movimiento periódico. Consideremos una partícula de masa m , sujeta a un resorte que oscila en la dirección x sobre una superficie horizontal, sin fricción. Ver la figura 1

Aplicando la segunda ley de Newton al resorte tenemos:

$$- kx = ma$$

Por otro lado, la aceleración instantánea se define como,

$$a = \frac{d^2x}{dt^2}$$

De donde obtenemos que:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

O bien,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

Proponemos una solución de la forma,

$$x(t) = A \cos \omega t$$

Donde A es la amplitud de oscilación, o máxima elongación, y ω , la frecuencia. Esta solución es correcta si

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

De aquí podemos decir que el período de oscilación, $T = \omega/2\pi$ se puede escribir como:

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

(Acceder el siguiente enlace de Internet en donde aparece la animación de dos osciladores armónicos simples con diferentes frecuencias de oscilación: <http://www-staff.maths.uts.edu.au/~bohr/images/shm.gif>)

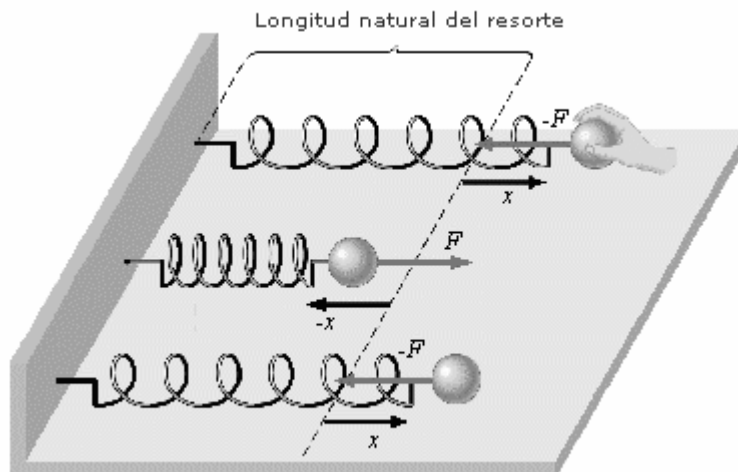


Figura 1. El oscilador armónico simple reacciona con una fuerza que se opone a la deformación

Materiales

Accesorio lineal de movimiento armónico simple (varilla delgada)
Abrazadera múltiple
Base para varilla
Interfaz Pasco 750 con sistema de computadora y programa *DataStudio*
Sensor de fuerza
Sensor de movimiento de rotación
Sistema masa-resorte para ley de Hooke
Varilla metálica de 120 centímetros de longitud y diámetro del $\frac{1}{2}$ "
Varilla de 45 cm de longitud $\frac{3}{4}$ " de diámetro

Procedimiento

1. Colocar la varilla de 120 centímetros en su soporte
2. Montar el sensor de rotación en la parte inferior de la varilla
3. Usar la abrazadera para unir la segunda varilla con la primera y montar el sensor de fuerza verticalmente de forma tal que el extremo con el gancho quede hacia abajo
4. Doblar un clip de papel y deslizarlo dentro de uno de los agujeros del accesorio lineal de movimiento
5. Deslizar el accesorio lineal del movimiento dentro del sensor de movimiento de rotación
6. Suspender el resorte del sensor de fuerza
7. Colocar los sensores de fuerza y de movimiento de rotación a una separación tal que el accesorio lineal quede dentro del sensor de movimiento de rotación al estirar el resorte
8. Asegurarse de que el sensor de fuerza, el resorte, y el accesorio lineal de movimiento estén alineados verticalmente. Ver la Figura 2

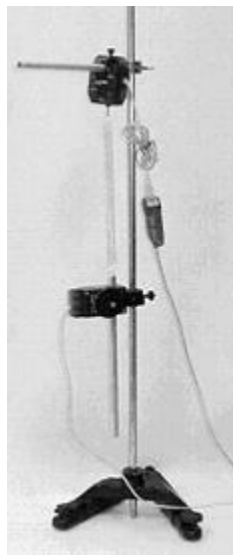


Figura 2 Arreglo del equipo para el experimento de ley de Hooke

Primera parte: Ley de Hooke

1. Tomar el accesorio lineal del movimiento con la mano para aguantar su peso de tal forma que el resorte no esté estirando
2. Tarar el sensor de fuerza presionando su botón correspondiente
3. Crear una grafica de *Fuerza (N) vs. Posición (m)* tomando los datos del sensor de fuerza y del sensor de rotación
4. Presione *Inicio* y hale lentamente el accesorio lineal de movimiento hacia abajo, estirando el resorte. El diagrama de fuerza contra alargamiento del resorte aparece en el gráfico. Presione *Detener* cuando el clip de papel alcance la parte superior del sensor de movimiento rotacional. Sus datos deben verse como los de la figura 3

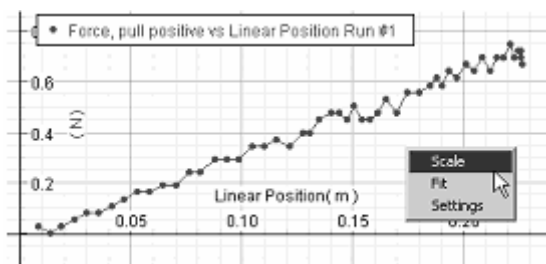


Figura 3 Gráfica de fuerza vs. alargamiento del resorte

Nota: Es muy importante hacer la medida con lentitud y asegurarse de que la varilla hace contacto con la polea del sensor de movimiento rotacional, para hacerla girar al estirar el resorte

5. Presione el botón de escala para optimizar el tamaño de la gráfica
6. Presione *Ajuste* y seleccione *Ajuste Lineal*. La pendiente de la línea es la constante del resorte. La constante del resorte de este ejemplo es 3.271 N/m. ver la figura 4

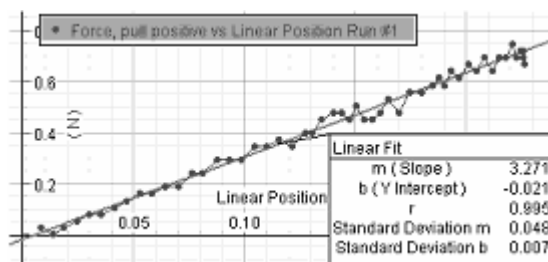


Figura 4 La pendiente de la recta es la constante del resorte

Segunda parte. Movimiento Armónico Simple

1. Usar una abrazadera para unir una de las varillas a la base grande
2. Pesar el resorte, el porta masas, y una masa de 0.050 kg
3. Registrar el valor de la masa total para la corrida #1 en kg

4. Con la barra y la abrazadera, suspenda el resorte de modo que pueda moverse libremente en dirección vertical
5. Coloque el porta masas en el extremo inferior del resorte y añada la masa de 0.050 kg
6. Colocar el sensor de movimiento en el piso, directamente debajo del porta masas. Ver la Figura 5

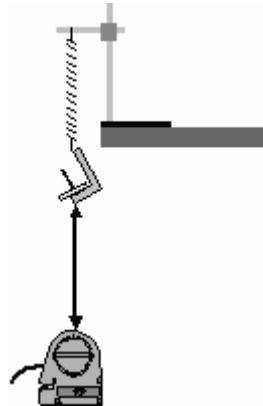


Figura 5 Arreglo del equipo para el experimento de oscilador armónico simple

7. Ponga a oscilar el resorte con la masa, dándole un halón suave hacia abajo
8. Déjelo oscilar unas cuantas veces hasta asegurarse de que han desaparecido las vibraciones laterales que pudieran haberse presentado al principio
9. Presione *Inicio* y detenga la medición después de unos 4 s
10. Haga un grafico de *Posición vs. Tiempo*
11. Presione el botón de *agrandar* para los primeros tres máximos de las curvas. Ver la figura 6
12. Elija el botón de *herramienta inteligente*. Aparecerá un cursor en la gráfica
13. Mueva el cursor hasta el primer pico en la gráfica
14. Mueva el cursor a la esquina inferior del botón de la herramienta inteligente. Un triángulo (llamado la herramienta delta) aparecerá
15. Arrastrar el delta al máximo siguiente. Aparecerá el valor del período, que en este ejemplo tiene un valor de 0.9200. Ver la figura 7

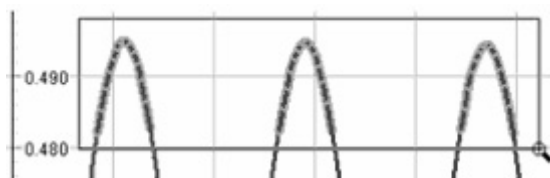


Figura 6 Tres máximos sucesivos en el movimiento periódico del oscilador

16. Registrar el período (medido) para la corrida # 1. Mover la herramienta inteligente al pico siguiente. Utilizar la herramienta del delta para encontrar el

período entre los segundos y terceros picos. Registrar el período. Hacer un promedio de estos valores y registrar el valor

17. Para la corrida # 2, añada una masa 20-g (0.020-kg) al porta masas y anote la masa total en su informe
18. Repita el procedimiento anterior con la nueva masa. La gráfica de *posición vs. tiempo* debe asemejarse a una función seno. De no ser así, coteje la alineación entre el sensor de movimiento, el resorte y porta masas

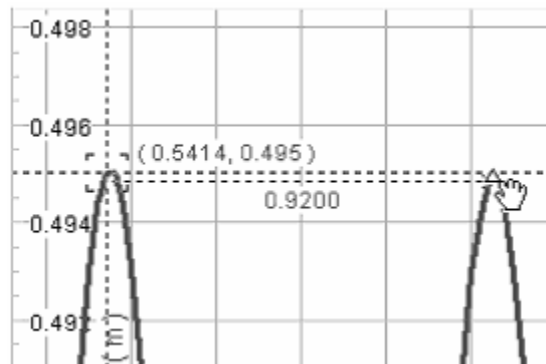


Figura 7 La herramienta delta permite medir el período de oscilación

Preguntas

Contestar correctamente antes de hacer el experimento

1. ¿Cuál es la relación entre la fuerza y la deformación (alargamiento o reducción del tamaño) del resorte?
 - a. La fuerza aumenta al estirarlo
 - b. La fuerza disminuye al estirarlo
 - c. No hay relación alguna
 - d. La fuerza no cambia al estirarlo
2. Cuando la tensión excesiva produce una deformación permanente en el resorte,
 - a. La ley de Hooke sigue siendo válida
 - b. Se produce un movimiento armónico simple
 - c. La ley de Hooke deja de ser válida
 - d. La fuerza es proporcional a la posición
3. En un oscilador armónico, el periodo y su frecuencia tienen una relación
 - a. De proporcionalidad directa
 - b. En donde el período es inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia
 - c. En donde el período es directamente proporcional al cuadrado de la frecuencia
 - d. De proporcionalidad inversa

4. Una persona que pesa 500N se encuentra sobre una balanza. El resorte de esta se comprime por 0.39 centímetros. ¿Cuál es la constante k , del resorte?
- 1.28×10^3 N/m
 - 1.95×10^2 N/m
 - 1.28×10^5 N/m
 - 1.95×10^4 N/m
5. ¿Cuál es la frecuencia radial de un oscilador armónico si tiene una $k = 8.5 \times 10^4$ N/m y una masa de 25 kg?
- 3400 rad/s
 - 58.3 rad/s
 - 7.35×10^{-3} rad/s
 - 8.6×10^{-2} rad/s
6. ¿Cuál es el período de un oscilador armónico si tiene una $k = 8.5 \times 10^4$ N/m y una masa de 25 kg?
- 0.11 s
 - 1.84×10^{-3} s
 - 8.6×10^{-2} s
 - 58.3 s
7. ¿Cuál es la frecuencia de un oscilador armónico si tiene una $k = 8.5 \times 10^4$ N/m y una masa de 25 kg?
- 541 Hz
 - 9.28 Hz
 - 1.17×10^{-3} Hz
 - 3.14 Hz
8. Un resorte se estira 0.018 m cuando soporta un objeto de 2.8 kg. ¿Cuánta masa debe soportar este resorte para que su frecuencia de vibración sea de 3.0 Hz?
- 100 kg
 - 3.2 kg
 - 7.6 kg
 - 4.3 kg
9. Si un oscilador armónico oscila con una frecuencia angular $\omega = 9.42$ rad/s ¿Cuál es su frecuencia f , en Hz?
- 1.5 Hz
 - 3 Hz
 - 9.42 Hz
 - 10 Hz

Informe del Experimento 9. Ley de Hooke y movimiento armónico simple

Sección _____ Mesa _____

Fecha: _____

Estudiantes:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Primera Parte. Ley de Hooke

Valor de k a partir de la pendiente (N/m)	Valor teórico de k (N/m)	% de error

$$\% \text{ error} = \left| \frac{\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teórico}} \right| \times 100$$

1. ¿Cuáles fueron las fuentes de error más importantes en este experimento?

2. ¿Cuál es la relación entre la fuerza y la longitud del resorte?

Problema

Una persona de 670 N de peso se monta en una báscula de resorte. El resorte se comprime 0.79 cm. (a) ¿Cuál es la constante del resorte? (b) ¿Cuál es el peso de otra persona que comprime el resorte 0.34 centímetros?

Segunda Parte. Movimiento Armónico Simple

Período medido según la gráfica. 1ª Corrida: $T =$
Período medido según la gráfica. 2ª Corrida: $T =$

Recuerde que la fórmula del período del oscilador armónico es,

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

Calcular el valor teórico del período.

	1ª Corrida	2ª Corrida
Masa total del oscilador (kg):		
Constante del resorte k (N/m) : Valor dado por el instructor		
Período calculado (teórico):		

Comparar los valores de los períodos obtenidos en los experimentos con los valores teóricos calculados. Calcular la diferencia entre ambos

	1ª Corrida	2ª Corrida
% de error		

Preguntas

1. ¿Cuáles fueron las fuentes del error más importantes en este experimento?

2. ¿Cómo cambiará el período si usted aumenta la masa del oscilador con el mismo resorte?

3. ¿Sus resultados apoyan su hipótesis?

Problema

Calcule la constante de un resorte que se estira 0.020 m cuando un objeto 3.7 kg se suspende de él. ¿Qué masa se debe suspender de este resorte para que su frecuencia de oscilación sea de 4.0 Hz?

