

LEY DE HOOKE: CONSTANTE ELÁSTICA DE UN MUELLE SISTEMA DE MUELLES EN SERIE

1. Objetivos

- Estudiar la relación que existe entre la fuerza deformadora que se aplica a un muelle y su elongación.
- Determinar la constante elástica de un muelle.
- Analizar la combinación en serie de dos muelles y su constante elástica.

2. Fundamentos teóricos

La *ley de Hooke** da cuenta de la relación que existe entre la fuerza que se aplica a un cuerpo y la deformación que en él se produce. Esta ley es válida cuando las deformaciones son pequeñas y el cuerpo vuelve a su estado original una vez que se deja de aplicar la fuerza. Hablamos entonces de deformaciones *elásticas*. Si tras aplicar la fuerza, la deformación es permanente y el cuerpo no vuelve a su estado original, se dice que la deformación es *plástica*. Ambos tipos de deformaciones son anteriores a su *rotura*.

Si el cuerpo al que ejercemos la fuerza es un muelle o resorte, y ejercemos la fuerza en la dirección de su eje, éste se deformará en el sentido de la fuerza ejercida. Tomando esa dirección como el eje x , su deformación será $\Delta x = (x - x_0)$, siendo x la longitud del muelle y x_0 la *longitud natural* del muelle o longitud del muelle sin fuerza aplicada (ver figura 1). Como sabemos por la 3ª Ley de Newton, el muelle responderá ejerciendo una fuerza de igual módulo y dirección pero de sentido contrario al objeto que causó su deformación. Si llamamos \vec{F}_e a la fuerza ejercida al muelle y \vec{F}_M a la fuerza con la que responde el muelle, se tiene que, para deformaciones pequeñas:

$$\vec{F}_M = -\vec{F}_e = -k(\vec{x} - \vec{x}_0) \quad [1]$$

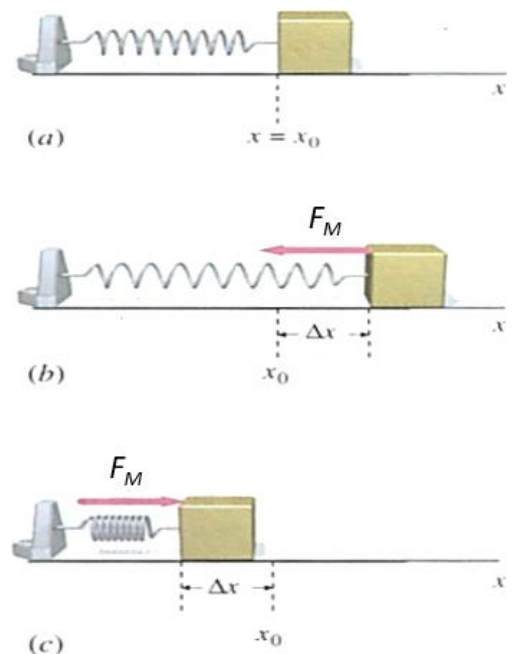


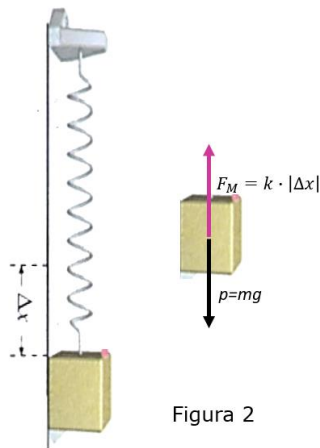
Figura 1

* Esta ley recibe su nombre de Robert Hooke, físico británico contemporáneo de Isaac Newton. Ante el temor de que alguien se apoderara de su descubrimiento, Hooke lo publicó en forma de un famoso anagrama, *ceiinoosssttuv*, revelando su contenido un par de años más tarde. El anagrama significa *Ut tensio sic vis* ("como la extensión, así la fuerza").

donde k es la *constante elástica del muelle*, una medida de su rigidez, que depende del material de que está hecho y de algunas de sus dimensiones. Así, un muelle con valor de k grande necesitará que se le ejerza una fuerza más grande para deformarlo que un muelle con valor de k pequeño.

Esta expresión nos permite calcular tanto el módulo de la fuerza que ejerce el muelle al objeto como su dirección y sentido, y recibe el nombre de *Ley de Hooke*. En la figura 1 se representa la fuerza \vec{F}_M que el muelle ejerce al bloque en el caso en que el muelle esté elongado (b) y en el caso en que esté comprimido (c).

Si el muelle se coloca en posición vertical y del extremo libre se cuelga un objeto de masa m , para el sistema en equilibrio se obtiene:



$$k \cdot |\Delta x| - mg = 0$$

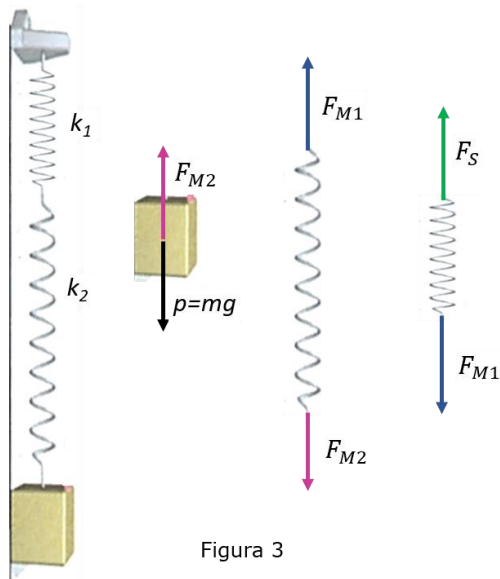
y por tanto:

$$|\Delta x| = \frac{mg}{k} \quad [2]$$

Muelles en serie

Dos muelles se pueden combinar conectándolos en serie o en paralelo. En esta práctica nos centraremos en el estudio de dos muelles ideales, sin masa y de constantes elásticas k_1 y k_2 , conectados en serie. Para el sistema en reposo la elongación total de los muelles así conectados vendrá dada por:

$$|\Delta x_{TOTAL}| = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| \quad [3]$$



Según el diagrama de fuerzas de la figura 3, se obtiene:

$$F_S = F_{M1}$$

$$F_{M1} = F_{M2}$$

$$F_{M2} = mg$$

donde F_{M1} es la fuerza que ejerce el muelle 1, F_{M2} la ejercida por el muelle 2 y F_S la ejercida por el soporte.

Por tanto:

$$F_{M2} = F_{M1} = mg$$

Como:

$$k_1 \cdot |\Delta x_1| = mg \quad |\Delta x_1| = \frac{mg}{k_1}$$

$$k_2 \cdot |\Delta x_2| = mg \quad |\Delta x_2| = \frac{mg}{k_2}$$

$$|\Delta x_{TOTAL}| = \frac{mg}{k_1} + \frac{mg}{k_2}$$

Los muelles conectados en serie son, entonces, equivalentes a un muelle de constante elástica k y de elongación $|\Delta x_{TOTAL}|$, que cumple:

$$|\Delta x_{TOTAL}| = \frac{mg}{k} \quad [4]$$

donde la constante k de ese muelle equivalente viene dada por:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad \text{o} \quad k = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2} \quad [5]$$

3. Para saber más...

- TIPLER, PA & MOSCA, G. "FISICA" Volumen 1.
Cap. 4 "Leyes de Newton"
– 4.4 Las fuerzas en la naturaleza: Muelles

En internet

https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_elasticidad_de_Hooke

<https://es.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/hookes-law/a/what-is-hookes-law>

https://phet.colorado.edu/sims/html/hookes-law/latest/hookes-law_es.html

4. Material

1. 2 muelles con graduación.
2. Soporte para los muelles.
3. Soporte para las pesas.
4. Juego de pesas.



Figura 4

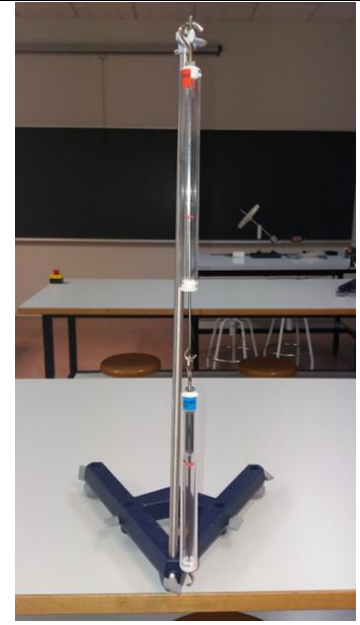


Figura 5

5. Método experimental

5.1 Relación deformación-fuerza de un muelle

5.1.1 Montaje general.

Realice el montaje que muestra la figura 4 para cada uno de los muelles. Asegúrese que el indicador de cada muelle marca cero cuando no se cuelga nada de él.

5.1.2 Adquisición de datos.

Cuelgue el portapesas. Fíjese que el portapesas tiene una masa de 20 g. Espere a que el sistema esté en equilibrio y mida la elongación del muelle mediante la regla del muelle. Añada las pesas poco a poco y con cuidado, midiendo en cada caso la elongación del muelle cuando el sistema esté en equilibrio. Atención: Para el muelle rojo añada pesas de 20 en 20 g y para el muelle azul de 40 en 40 g. Tome para cada muelle al menos 6 medidas.

5.2 Relación deformación-fuerza de dos muelles combinados en serie

5.2.1 Montaje general.

Realice el montaje de la figura 5 colgando del soporte superior el muelle rojo, y de éste el azul.

5.2.2 Adquisición de datos.

Mida la elongación de cada uno de los muelles. A continuación, cuelgue el portapesas del muelle azul y anote la elongación de cada muelle. Añada con cuidado pesas de 20 en 20 g midiendo en cada caso las elongaciones de los muelles cuando el sistema esté en equilibrio. Tome al menos 6 medidas.