Movimiento armónico de un sistema masa-resorte

(exp. id 20210106-I-v1)

Un experimento propuesto por
Viviana Amati, Liceo Tasso, Roma (Italia)

Introducción

El objetivo de esta experiencia es observar el movimiento armónico, y así medir la constante elástica de un resorte. Primero investigamos cómo se relaciona la constante elástica K con el periodo de las oscilaciones T y la masa m de un oscilador armónico.
Para llevar a cabo este experimento utilizamos un smartphone equipado con PHYPHOX, una App gratuita disponible para los principales sistemas operativos en las respectivas tiendas de Apps. La medición se realiza utilizando el magnetómetro presente en la mayoría de los smartphones. El magnetómetro detecta y mide las variaciones, en las tres direcciones espaciales, del campo magnético en el que está sumergido el smartphone.
Podemos pensar en esto como una forma "dinámica" de medir K sólo por la elongación estática del resorte. Medimos el periodo de oscilación del resorte al que se unen uno o varios imanes. El movimiento de los imanes, de hecho, crea un campo magnético oscilante que es registrado por el smartphone colocado bajo el resorte.
A partir del análisis de las gráficas de intensidad del campo magnético es posible obtener el periodo del campo magnético oscilante con notable precisión. La constante elástica se obtiene a partir de la relación

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

Entonces es posible comparar esta medición con la medición estática de K, que utiliza la relación entre el peso y la fuerza elástica en el equilibrio. Además, este experimento también puede desencadenar una investigación más profunda sobre la dinámica del resorte.

Materiales & requisitos

1. Un smartphone con *phyphox* instalado;
2. una cinta métrica o una regla;
3. un slinky;
4. algunos imanes permanentes de distinto tamaño;
5. una balanza adecuada para medir la masa de los imanes;
6. algún soporte para colgar el resorte y el imán.

Todo el material de smartphysicslab se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini

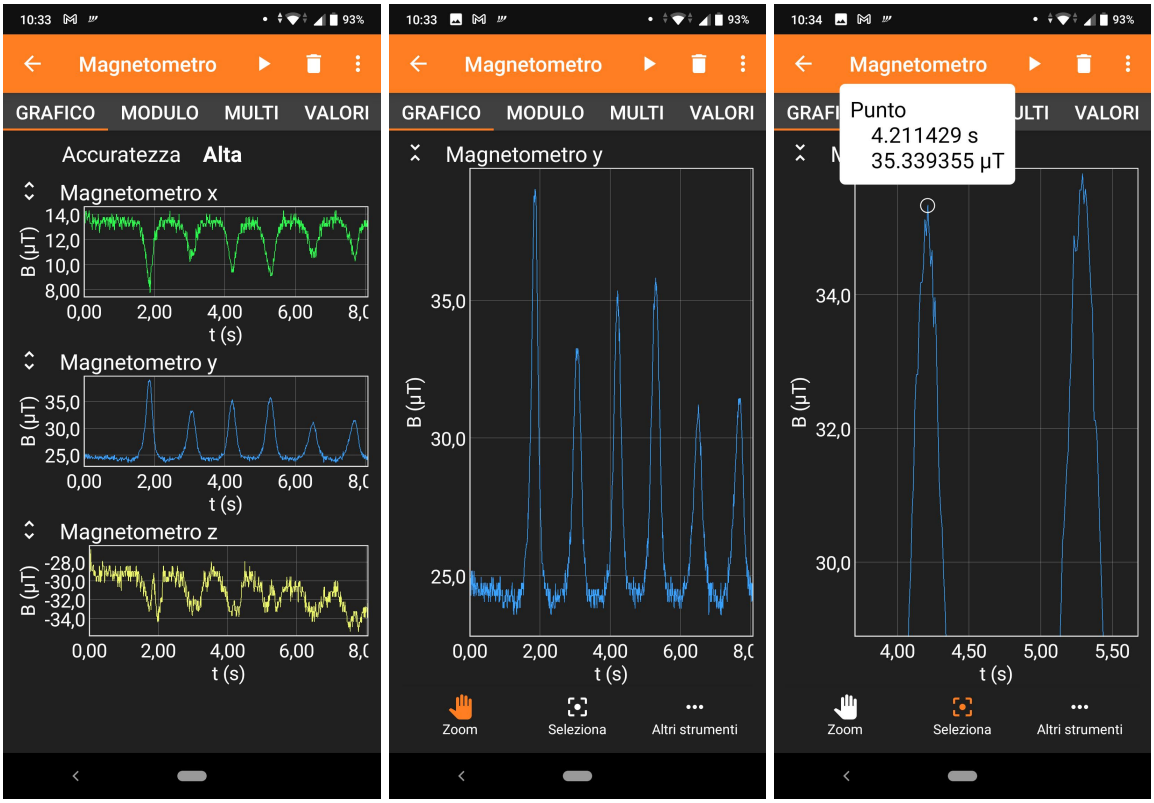
Adquisición de datos

Cuelga el resorte, en vertical, de un soporte y fija los imanes en su parte inferior. Puedes utilizar, por ejemplo, una varilla suspendida entre dos sillas como soporte; los imanes pueden fijarse al resorte con cinta adhesiva (para obtener mejores resultados, coloca un disco de cartón en el extremo libre del resorte y fija los imanes en él).

Coloque el teléfono inteligente en una superficie directamente debajo del resorte, inicie la adquisición de datos del magnetómetro y, a continuación, deje que la masa oscile. Observa las oscilaciones del campo magnético en el smartphone durante el movimiento del resorte.

Mida el periodo a partir del intervalo de tiempo entre los picos de la señal, después de haber pausado la medición. Pruebe diferentes métodos, si es posible. Puede descargar los datos y analizarlos *offline*, utilizando una computadora, o simplemente utilizar PHYPHOX para identificar manualmente las posiciones de los picos y obtener sus coordenadas.

Tome el período T en función de la masa m repitiendo el experimento con diferentes masas (por ejemplo, añadiendo o quitando imanes). Se recomienda utilizar al menos cinco masas diferentes (diferentes imanes, o imanes + algunas otras masas). Para obtener el período directamente a partir de PHYPHOX, amplíe la gráfica que presente la mejor resolución (por ejemplo, la que se encuentra en el eje y–en la parte inferior, a la izquierda).



Para ello, haga clic en el icono de zoom cerca del gráfico. El icono de la "mano" le permite hacer zoom y desplazarse por el gráfico individual (figura anterior, centro). Después de tocar la herramienta de selección , puede tocar cualquier punto del gráfico y obtener su coordenada, como se muestra en la figura superior de la derecha.

Todo el material de smartphysicslab se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini

Obtención de la constante del resorte

La constante del resorte K puede obtenerse a partir de la ecuación dada en la introducción, como

$$K = \frac{4\pi^2 m}{T^2}\,.$$

De esta forma se obtienen tantas mediciones de K como masas se utilicen para realizar las mediciones. ¿Son todas ellas consistentes? En caso afirmativo, ¿cómo proporcionarías una medida de la constante que tenga en cuenta todos tus resultados?

Haz un gráfico de T^2 en función de m. ¿Cómo esperas que se distribuyan los puntos? ¿Puedes obtener K a partir del gráfico? ¿Cuál es el valor esperado de T para $m = 0$? ¿Se apoya tu predicción en tus mediciones?

Compare los resultados obtenidos con los dos métodos anteriores y con una medida estática de K. Cuando el resorte está en reposo,

$$mg = K\Delta x\,,$$

siendo Δx la variación de su longitud cuando se cuelga una masa m en su extremo libre. Nótese que m puede ser la suma de las masas de varios imanes. ¿Hay alguna diferencia entre el valor de K medido con masas nulas y con al menos una masa?

Observaciones generales

Intente siempre estimar correctamente las incertidumbres de cada medición. ¿Puede detectar alguna fuente de error sistemático? ¿Puede estimar su tamaño?

Recuerde que el promedio de varias mediciones es siempre una buena práctica.

Antes de iniciar cualquier serie de mediciones, haz algunas pruebas para entrenar tu capacidad de realizar las operaciones requeridas sin problemas. Escriba las mediciones de forma ordenada y completa (indicando valores, incertidumbres y unidades). Utiliza adecuadamente las tablas y los gráficos.

Todo el material de smartphysicslab se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini

Para el docente

(exp. id 20210106-I-v1)

Este experimento puede hacerse más o menos complejo, dependiendo del tiempo disponible y del nivel de la clase. En la escuela, los datos se pueden obtener directamente de la pantalla del smartphone y se puede hacer un análisis de datos muy sencillo sin perjuicio. Para los estudiantes de grado, es aconsejable guardar los datos en archivos de texto y analizarlos en detalle, con un análisis de errores en profundidad y un tratamiento estadístico adecuado.

Se espera que un gráfico de T^2 en función de m se ajuste mediante una línea recta. El ajuste se realiza mejor utilizando el método de los mínimos cuadrados para estudiantes universitarios. En la escuela, el mejor ajuste puede aproximarse gráficamente. La pendiente de la línea recta resultante puede utilizarse para determinar la constante K. El intercepto de la gráfica puede ser significativamente diferente de cero si la masa del resorte no es despreciable.

Es instructivo comparar los resultados que pueden obtenerse utilizando un gráfico de T contra m con el gráfico linealizado anterior.

También es instructivo evaluar las incertidumbres sobre el período cuando éste se mide a lo largo de intervalos Δt_n iguales a exactamente un período ($n = 1$) o más de uno (por ejemplo, a lo largo de cuatro – $n = 4$ – o hasta diez – $n = 10$ – períodos), tomando $T = \Delta t_n/n$.

La medición del mismo período con un cronómetro proporciona pistas útiles para un debate sobre los errores sistemáticos y estadísticos.

En la medición estática, el valor de K medido comparando la longitud con cero o más imanes, puede ser diferente con respecto al obtenido midiendo el alargamiento añadiendo peso a un resorte ya estirado, si las vueltas del resorte están demasiado cerca unas de otras.

Este experimento ha sido probado con éxito por estudiantes de secundaria en Roma, durante el periodo de cierre de 2020.

Objetivos, nivel de despliegue y duración

1. Objetivo principal: Disfrutar y practicar en experimentos empíricos.
2. Objetivo principal: Desarrollo de habilidades de investigación científica.
3. Objetivo principal: Una “mirada” directa al movimiento armónico.
4. Objetivo principal: Obtener datos que puedan trazarse y ajustarse, sin necesidad de muchos análisis.
5. Adecuado para: escuela secundaria y universidad.
6. Duración: no más de 2 horas de adquisición de datos, + 1 hora de trazado de datos, + redacción de un breve informe.

Ampliaciones y otras consideraciones

- El movimiento armónico es un concepto que está en el corazón de la ciencia física, la ingeniería y los fenómenos cotidianos. Este experimento puede ser el punto de partida de numerosas investigaciones. A menudo es posible medir la amortiguación de las oscilaciones, que puede provenir del arrastre, del propio resorte o del movimiento y la disipación en el soporte.
- Más complejo: si se puede colocar un motor rotativo en el soporte, de forma que la parte superior del resorte tenga una componente de velocidad vertical, este montaje se presta al estudio de la resonancia (cuando la frecuencia de accionamiento es igual a la frecuencia ‘natural’ de oscilación).

Todo el material de smartphysicslab se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini

Para profundizar online

Deja opiniones, sugerencias, comentarios y noticias sobre el uso de este recurso en el canal correspondiente a este experimento dentro del espacio de trabajo de Slack “smartphysicslab.slack.com”. Los profesores pueden solicitar su registro en la plataforma a través del formulario de la *página de inicio* de `smartphysicslab.org`, y obtener la invitación para registrarse en Slack y ser incluidos en la *lista de correo* de smartphysicslab.

Todo el material de smartphysicslab se distribuye bajo la licencia CC-BY. Template copyright © 2020 by P. Cicuta & G. Organtini