departamento de física
universidad de buenos aires - exactas
Juan José Giambiagi

Clase 05:
1er parte: Movimiento oscilatorio armónico simple

Laboratorio de física 1 para químicxs

1er cuatrimestre 2024

1) Explicación teórica:
Movimiento oscilatorio armónico simple

• 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 (**Ley de Hooke**).

•Planteando el diagrama de cuerpo libre de una masa colgada de un resorte se obtiene:

$$P - |F_e| = m\ddot{x}$$

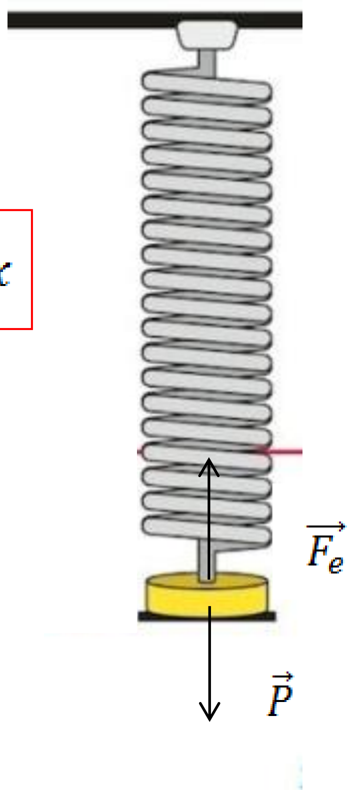
Donde F_e es la fuerza elástica dada por la **ley de Hooke**

$$\boxed{F_e = -k\,\Delta x}$$

$$P - k(x - x_0) = m\ddot{x}$$

En el caso estático:

$$\ddot{x} = 0 \rightarrow P = k(x - x_0) \rightarrow m.g = k(x - x_0) \quad (1)$$



• Pregunta: ¿Cómo mido cada variable de la ecuación (1)?

• Hipótesis en este caso:

-Masa de resorte despreciable. (¿es cierto? Pesar el resorte)

-Masa puntal.

Imagen: https://concepto.de/ley-de-hooke/

1) Explicación teórica: Movimiento oscilatorio armónico simple

• ¿Qué pasa en el caso que se ponga a oscilar el resorte? ¿Cómo cambian las ecuaciones anteriores? (**caso dinámico**).

•Volviendo a la ecuación de movimiento del experimento:

$$m\ddot{x} = P - k(x - x_0)$$

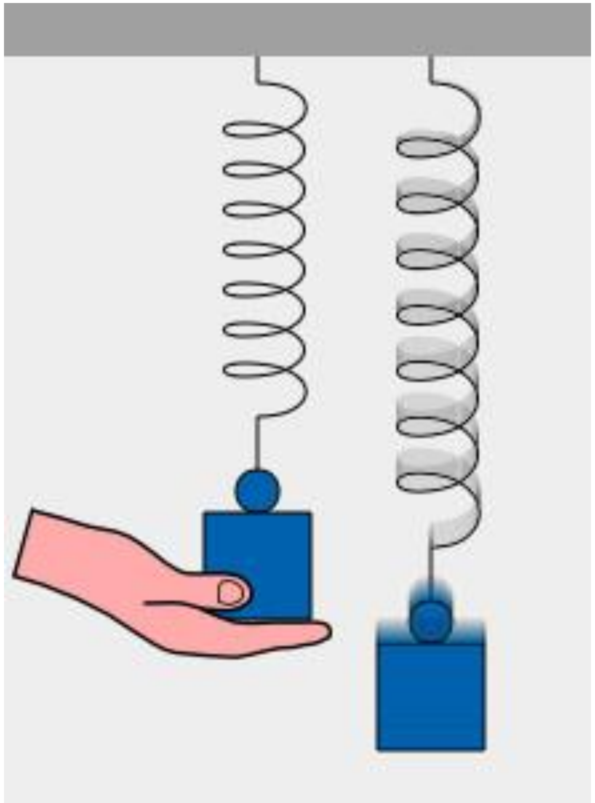
Solución:

$$x = A\,sen(\omega t + \varphi_0) + cte$$

$$\dot{x} = A\,\omega cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\ddot{x} = -A\,\omega^2 sen(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$$

Frecuencia de oscilación:



Teniendo en cuenta:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}\ y\ T = \frac{1}{f} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

• Importante: Ecuación de un movimiento oscilatorio armónico simple $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$

Recordar ecuación del péndulo $\ell\ddot{\theta} + g\theta = 0$

• Hipótesis en este caso:

-Pequeñas oscilaciones.

-Rozamiento con el aire despreciable.

Imagen: https://aulaenred.ibercaja.es/contenidos-didacticos/fuerzas-2-2/ley-de-hooke-1-4188/ /

2) Experimento

• Objetivos:

-Estudiar el movimiento oscilatorio armónico simple.

-Determinar la constante elástica, *k*, de un resorte conocido con dos métodos, uno **estático** y otro **dinámico.**

-Analizar las hipótesis planteadas para el experimento y reportar la magnitud con su respectiva incerteza para cada método (analizar precisión, exactitud y confiabilidad)

•Actividad 1 (día 1): Determinación de la constante elástica de un resorte (*k).*

1) Método estático:

a) Armar el experimento suspendiendo el resorte a estudiar en un extremo fijo y en el otro extremo ir colgando diferentes masas de valor conocido. De esta forma, el resorte se irá estirando a medida que se colocan las diferentes masas. Medir la longitud del resorte, x, correspondiente para cada masa, m. Tenga en cuenta cómo se mide esa longitud (desde dónde y hasta dónde) y repetir este criterio para las diferentes medidas. Importante: medir la longitud de reposo, x_0, antes de suspender las masas.

Sugerencia: usar el sensor de fuerza como soporte del extremo fijo así queda armado el dispositivo para el método 2 (PERO! Tener en cuenta que el sensor **NO SE USA en esta parte**).

b) Graficar la fuerza aplicada, F, vs posición del resorte, x. ¿Qué relación hay entre las magnitudes?

c) Teniendo en cuenta la Ley de Hook, realizar una regresión lineal de acuerdo a la ec (1) y obtener el valor de la constante elástica, k (con su respectiva incerteza). Analizar el valor de la ordenada al origen.

2) Experimento

2) <u>Método dinámico</u>:

a) Se utiliza el mismo arreglo experimental que para el método 1, pero en este método sí se usa el sensor de fuerza. Este sensor va a registrar la señal de oscilación a través del conversor A/D y del programa MotionDAQ (visto la clase pasada) para cada masa a medir. Recordar habilitar el canal a usar y cargar la calibración por defecto incorporada en el programa (DUAL FORCE 10 N).
(Ver apunte del sensor de fuerza en la página de la materia. **No hace falta calibrar**).
Entonces, poner a oscilar el resorte e ir registrando la señal (voltaje) vs tiempo en el programa MotionDAQ para, por lo menos, 5 masas distintas (se puede usar las del ítem anterior). Hacer varias mediciones de prueba hasta encontrar una adecuada. Luego exportar los datos que se van a utilizar para el análisis.

b) Graficar la fuerza aplicada, F, vs t para cada masa (en el TP **sólo poner 1 gráfico de F vs t** de ejemplo del análisis). Obtener el periodo y de esta forma, la frecuencia de oscilación, ω usando la ec (3) para cada masa medida (ver incerteza de T y ω).

c) Se propone graficar ω^2 vs $1/m$ (ecuación linealizada de la frecuencia de oscilación, de acuerdo a ecuación 2) para obtener la contante elástica, k, a partir de un ajuste lineal. ¿Qué otras variables se podrían graficar? Discutir. <u>Observación</u>: GRAFICAR CON INCERTEZAS!

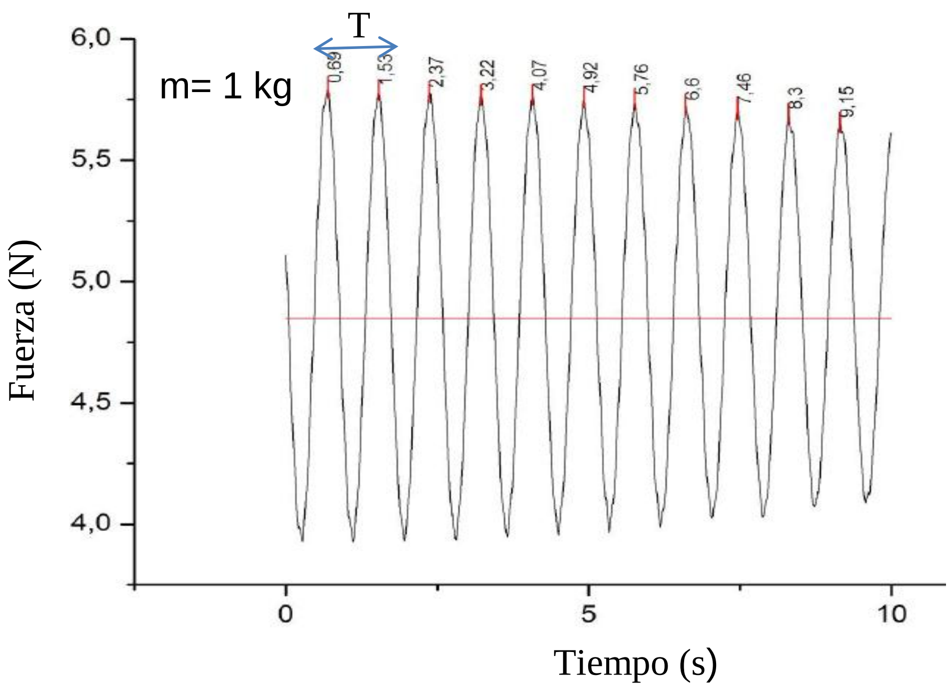
d) Comparar ambos métodos y discutir la confiabilidad, exactitud y precisión.

2) Experimento
Aclaración para el análisis método 2

•Para obtener el período se necesita extraer los máximos del gráfico de F vs t.
Para ello se va a utilizar el siguiente comando de Origin (sobre el gráfico):
"Analysis/Peak and Baseline/Peak Analyser/"
Se abre una ventana de diálogo en el que se va a usar la función "Find Peaks". Seguir el instructivo de acuerdo a lo que se quiere obtener (los máximos en tiempo de la función F vs t).
IMPORTANTE: usar la línea de base o "baseline" en medio o "mean" y en la última parte escoger los picos positivos (o sea máximos) y no "both".
Luego esos datos estarán en una tabla de datos aparte en el que se tiene que restar los tiempos t_{i+1}-t_i para obtener el período, *T*.

Ejemplo de análisis de datos para **una** masa:
(De esta medida saco **un** valor de T, por lo que se puede hacer estadística)

Problema a tener en cuenta: si se mide con mucha densidad de puntos, es probable que el programa encuentre varios máximos para un mismo valor de tiempo y dificulte el análisis. Chequear el valor de los máximos con el gráfico!

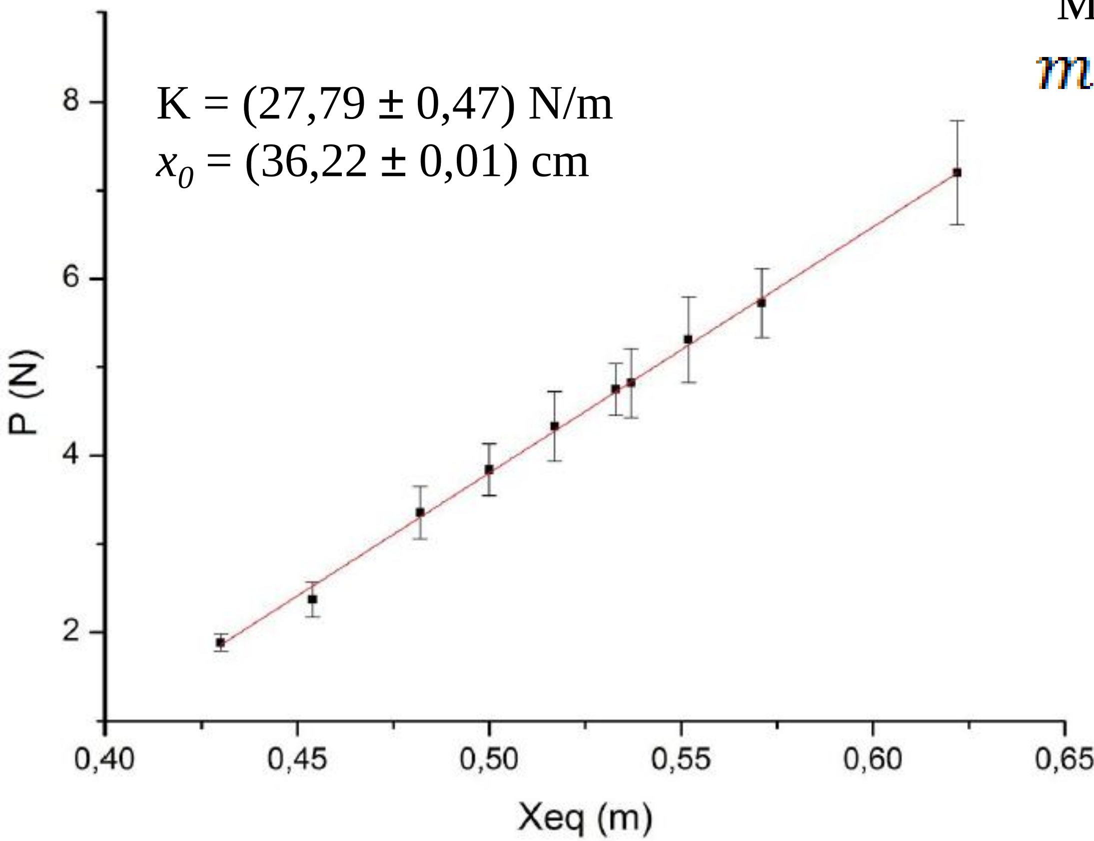


¡A medir!

3) Resultados y análisis

• Método 1 (estático):

Gráfico de Fuerza peso vs x (posición de equilibrio):



K = (27,79 ± 0,47) N/m

x_0 = (36,22 ± 0,01) cm

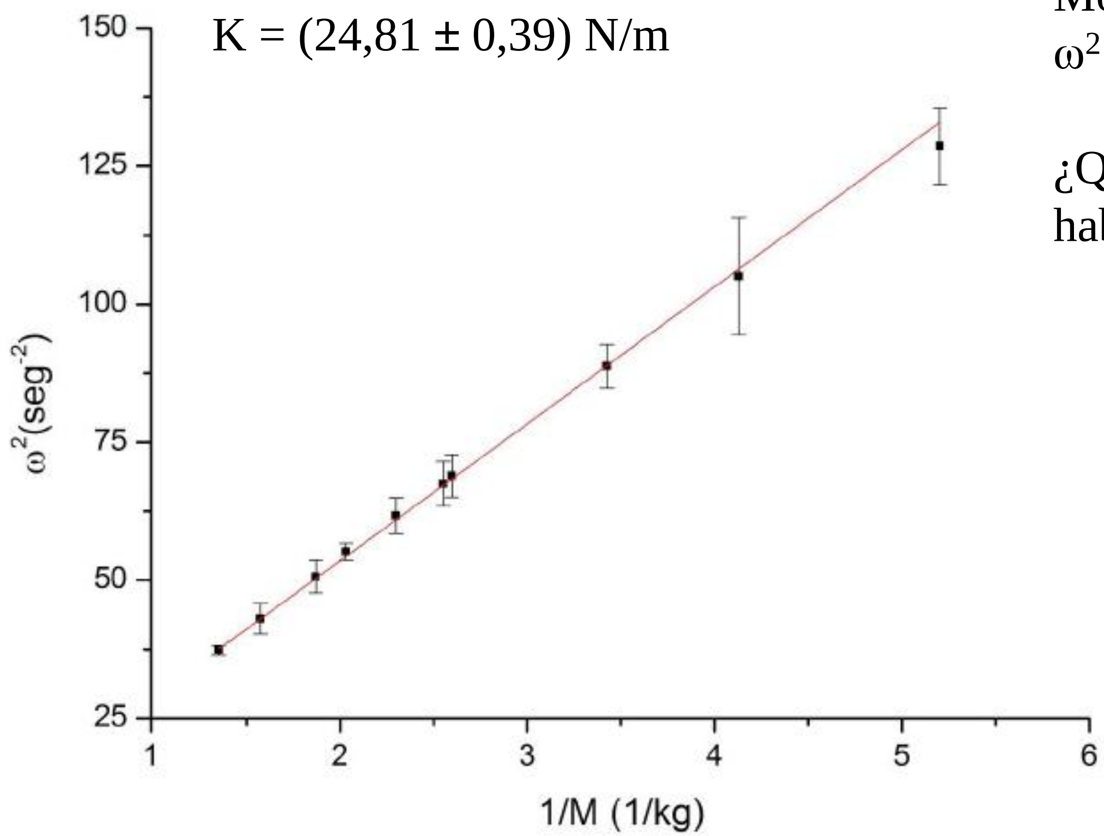
Modelo:

$$m.\,g = k(x - x_0)$$

3) Resultados y análisis

• Método 2 (dinámico):

Gráfico de ω^2 vs 1/m



Modelo de acuerdo a ec (2):
$\omega^2 = k/m$

¿Qué otras variables podría haber graficado para obtener *k*?

Valor tabulado: K = (29,215 ± 0,086) N/m