

LABORATORIO 1

INTRODUCCIÓN A MEDICIONES E INCERTEZAS DE MEDIDA CON EXPERIMENTOS DE MECÁNICA

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

PRÁCTICA 1: Mediciones Directas – Período de un péndulo

OBJETIVO GENERAL

En esta práctica se busca estudiar cuál es la manera más adecuada de medir y reportar una magnitud. Se buscará determinar las incertezas de las magnitudes de interés, aprendiendo a generar criterios para medir correctamente. Con este experimento se desea adquirir los conocimientos básicos de los conceptos involucrados en una medición directa. Además, esta guía tiene como objetivo adquirir conocimientos básicos de estadística y determinación de incertezas para comprender la información contenida en estas mediciones. Se utilizará un programa (puede ser Origin o Python) para su facilitar su observación y análisis.

ACTIVIDADES DÍA 1

ACTIVIDAD 1A: OBSERVACIÓN Y REGISTRO DE UNA MAGNITUD

Para esta primera parte, se propone medir el período temporal de un péndulo simple de **1 metro de longitud**. Tenga en cuenta todas las hipótesis del péndulo simple para planificar su experimento. Recuerde utilizar un ángulo de oscilación menor a 10° (¿por qué?). Discuta si es suficiente medir el período una sola vez o si sería mejor realizar varias mediciones.

- a) ¿Con cuánta precisión puede definir la longitud del péndulo? Determine la incerteza asociada a esta magnitud.
- b) Utilice un cronómetro para realizar 20 mediciones del período del péndulo, todas tomadas por una misma persona. Puede emplear un cronómetro de un teléfono celular o uno online. Discuta las diferencias entre estos dispositivos y, de manera crítica, determine cuál prefiere utilizar.
 - ¿Qué observa en las mediciones realizadas?
 - Grafique (Período del péndulo) vs. (Tiempo). ¿Qué informaciones puede extraer de este gráfico?
 - Luego, represente los datos en un histograma utilizando el programa Origin (ver Apéndice 1) o Python (ver Apéndice 2). Observe e interprete el gráfico obtenido.
- c) Realice una nueva serie de 40 mediciones del período del péndulo, todas efectuadas por la misma persona que en el punto b (¿por qué?).
 - Incorpore estos nuevos datos a los anteriores (puede usar una nueva worksheet o generar un nuevo array de datos) y genere nuevamente los gráficos de b) ¿Qué cambios observa respecto a los gráficos previos?
 - ¿Qué papel juega en el histograma el *bin size* (ancho de columna) en el análisis de sus datos? ¿Cómo se relaciona el *bin size* con el número de columnas del histograma? ¿Cuál es el criterio adecuado para definir este ancho? *Modifique el ancho de cada columna con criterio y analice el resultado.*
- d) Realice 140 mediciones adicionales e incorpórelas a las 60 mediciones anteriores.
 - Analice sus datos considerando un subconjunto de 100 mediciones y luego el conjunto completo de 200 mediciones.
 - ¿El *bin size* elegido anteriormente sigue siendo adecuado para el análisis?

LABORATORIO 1

INTRODUCCIÓN A MEDICIONES E INCERTEZAS DE MEDIDA CON EXPERIMENTOS DE MECÁNICA

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

ACTIVIDAD 1B: IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES DEL PROBLEMA

En esta segunda parte, se propone que una persona diferente realice una nueva serie de 200 mediciones del período del péndulo.

- Grafique ambas series de datos por separado, compárelas entre sí y con las 200 mediciones anteriores. Utilice el mismo *bin size* empleado en la Actividad 1 para realizar la comparación. Discuta: ¿Es correcto utilizar el mismo?
 - ¿Qué diferencias observa entre las series? En caso de que existan, ¿a qué podrían deberse estas diferencias?
 - Si realizó la tercera serie de mediciones, compare los resultados obtenidos al utilizar dos instrumentos de medición distintos.
- En el punto anterior se propuso comparar diferentes series de datos de manera gráfica (o extrayendo información de un gráfico). ¿Se le ocurre otra manera de comparar series de datos?

ACTIVIDADES DÍA 2

ACTIVIDAD 1C: UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS DE ESTADÍSTICA

Una vez definido el *bin size* adecuado, estamos en condiciones de ver si la distribución de datos obtenida sigue alguna ley estadística.

- Determine la **moda**, la **mediana** y la **media** de su distribución de datos. Estudie los correspondientes intervalos de confianza.
- En caso de que los intervalos de confianza se superpongan, ajuste la distribución mediante una función gaussiana de la forma:

$$y(x) = A e^{-\frac{(x-x_c)^2}{2w^2}}$$

donde A , x_c , w son constantes que definen la amplitud máxima, el valor central y el ancho de la campana gaussiana, respectivamente. Consulte el Apéndice 3 para conocer cómo proceder con los programas. En base al ajuste realizado, discuta si los valores de los parámetros son coherentes con lo analizado anteriormente.

- Obtenga el promedio del período T y la desviación estándar S para todas las series. Utilice grupos de $N = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180$ y 200 datos. Analice la tendencia en probabilidad de T y S hacia μ y σ (los límites estadísticos del promedio y la desviación estándar cuando $N \rightarrow \infty$) a medida que aumenta el número de datos en la serie.
 - ¿Se observa alguna tendencia?
 - ¿Los valores se estabilizan?
 - ¿A partir de qué número de datos considera que esto ocurre?
 - ¿Qué nos indica esto sobre la cantidad de datos necesaria para describir las fluctuaciones estadísticas del promedio del período?

Ayuda: Una forma práctica de analizar esto es graficar T y S en función del tamaño del grupo N , observando si presentan alguna tendencia o si oscilan alrededor de un valor estable. Si es posible, se sugiere variar el valor de N de uno en uno, en lugar de usar únicamente los grupos de datos propuestos al principio del punto c), dependiendo del programa de análisis que utilice.

LABORATORIO 1

INTRODUCCIÓN A MEDICIONES E INCERTEZAS DE MEDIDA CON EXPERIMENTOS DE MECÁNICA

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

- d) Existen teorías, cuya explicación excede los contenidos de este curso, que permiten determinar el tamaño óptimo del *bin size*. Una de ellas es la regla de Scott¹, que propone

$$\text{bin size} = 3.49\sigma N^{-\frac{1}{3}}$$

donde σ es el desvío estándar de la muestra y N es la cantidad total de datos.

Construya los histogramas de las mediciones anteriores utilizando este *bin size* óptimo, compárelos con los histogramas anteriores, realice nuevamente el ajuste y compare los resultados.

ACTIVIDAD 1D: COMPARACIÓN ENTRE SERIES DE DATOS

Compare los resultados obtenidos para las distintas series de datos. ¿Los resultados obtenidos son iguales? Si hay diferencias, analice si estas pueden considerarse significativas desde el punto de vista estadístico. Discuta cómo justificaría sus respuestas.

Apéndice 1: Histograma en Origin

Para crear un histograma en **Origin**, primero asegúrese de que la columna de datos esté configurada como tipo "Y". Luego, haga clic derecho sobre la columna y seleccione: *Plot* → *Statistics* → *Histogram*. Para modificar el *bin size*, haga doble clic sobre el histograma generado. En la solapa *Data*, desactive la opción *Automatic Binning* y ajuste el *bin size* manualmente. Modifique con criterio este parámetro según el número de datos.

Puede encontrar una explicación detallada de estos pasos en el apunte "Cómo hacer un histograma en Origin" (disponible en la página web de la materia) y/o en el siguiente link:

https://www.youtube.com/watch?v=iA_1i_02qGU

Apéndice 2: Histograma en Python

Para realizar un histograma en **Python** copie las mediciones en un archivo tipo Excel y exportélo como .CSV. Luego, suba este archivo .CSV a Google Colab. Una vez que los valores estén correctamente cargados y en formato numérico, utilice la función *hist()* de la librería *matplotlib* para generar el histograma correspondiente. Para modificar la cantidad de columnas del histograma, utilice el input *bins* dentro de la función *hist()*. Al hacerlo, también estará variando el *bin size*.

Puede consultar más detalles sobre cómo construir histogramas en Python, así como recomendaciones y consideraciones importantes, en el siguiente link:

<https://maurosilber.github.io/python-tutorial/estadistica/histograma.html>

¹David W. Scott, *Biometrika*, Vol. 66, No. 3 (Dec., 1979), pp. 605-610

LABORATORIO 1

INTRODUCCIÓN A MEDICIONES E INCERTEZAS DE MEDIDA CON EXPERIMENTOS DE MECÁNICA

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

Apéndice 3: Ajuste con función gaussiana**En Origin:**

- 1- Haga clic botón derecho sobre el histograma y seleccione la opción *Go to Bin Worksheet*. Se abrirá una nueva solapa llamada *Book#_A Bins*.
- 2- A partir de esta hoja, genere un gráfico de columnas utilizando las dos primeras columnas: *Bin Centers* y *Bin Counts*.
- 3- Haga doble clic sobre el gráfico generado y, en la solapa *Spacing*, coloque 0% de espaciamiento entre columnas.
- 4- Con el gráfico abierto, diríjase a solapa: *Analysis* → *Fitting* → *Nonlinear Curve Fit*. Se abrirá una ventana de diálogo.
- 5- Elija la función *GaussAmp* (*Category* → *Origin Basic Functions*) Si hace clic en la solapa *Function*, podrá visualizar la expresión matemática de la función de ajuste, que coincide con la presentada en esta guía.
- 6- En la solapa *Parameters*, fije el valor de $y_0 = 0$ (ya que en este caso no se considera un offset) e inicialice los demás parámetros de manera razonable. Una buena estimación inicial de los parámetros ayuda a que el ajuste converja más rápido.
- 7- Presione el ícono  (*1 Iteration*) para observar la evolución del ajuste paso a paso, o  (*Fit Until Converge*) para que el programa itere automáticamente hasta alcanzar la mejor curva.
- 8- Finalmente, al presionar *Fit*, se completará el proceso y podrá visualizar la función gaussiana ajustada a sus datos.

En Python:

Para realizar el mismo ajuste en Python, utilice la función *curve_fit* de la librería *SciPy*. Esta función requiere:

- 1- Definir previamente la función que se desea ajustar (en este caso, la función gaussiana).
- 2- Dos arrays: uno con los valores de x (centros de los bins) y otro con los valores de y (alturas de las columnas del histograma). Estos pares (x, y) deben extraerse del histograma.

El ajuste devolverá los valores óptimos de los parámetros de la función y sus respectivos errores. Para más detalles y ejemplos sobre cómo realizar este tipo de ajustes visitar la página:

https://maurosilber.github.io/python-tutorial/estadistica/cuadrados_minimos.html