

**LABORATORIO 1****INTRODUCCIÓN A MEDICIONES E INCERTEZAS DE MEDIDA CON EXPERIMENTOS DE MECÁNICA**

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

**PRÁCTICA 3: DETERMINACIÓN DE  $g$** **Adquisición Digital de Datos y Ajustes por Cuadrados Mínimos****OBJETIVO GENERAL**

Esta práctica tiene como objetivo presentar las herramientas básicas para la adquisición digital de datos, el análisis gráfico de dependencias funcionales y la determinación de magnitudes experimentales mediante el ajuste lineal por cuadrados mínimos. Como caso de estudio para aplicar estos conceptos, se propone determinar la aceleración local de la gravedad, denotada como  $g$ , empleando dos métodos.

**ACTIVIDAD DÍA 1****ACTIVIDAD 1: DETERMINACIÓN DE  $g$  A PARTIR DE LA MEDICIÓN DEL PERÍODO DE UN PÉNDULO**

En esta primera parte se propone construir un péndulo simple e investigar la dependencia del período de oscilación  $T$  con la longitud  $L$  del péndulo.

**Procedimiento y mediciones:**

- Construya un sistema físico que se aproxime a un péndulo simple, cuya longitud  $L$  pueda variarse fácilmente. ¿Qué cuidados debe tener al poner en movimiento el péndulo? ¿Cómo puede garantizar repetitividad de los experimentos? ¿Qué amplitudes angulares iniciales corresponden a las hipótesis asumidas? ¿Qué otras condiciones deben cumplirse para que el sistema se comporte como un péndulo simple?
- Mida el período del péndulo  $T$  con buena estadística, es decir, realizando un número suficiente de mediciones que le permitan asegurar un error relativo porcentual inferior al 5%. Repita el procedimiento para 10 longitudes distintas del péndulo, manteniendo constantes los demás parámetros del montaje experimental.

**Análisis:**

- Para el análisis gráfico de datos, construya al menos tres gráficos: uno en el que represente  $T$  en función de  $L$ , otro en el que muestre  $T^2$  en función de  $L$  y otro con  $T$  en función de  $\sqrt{L}$ , todos los puntos con sus respectivas incertezas en ambos ejes. Con la ayuda de estos gráficos (y/o de otros que considere pertinentes) discuta las correlaciones entre las magnitudes graficadas.
- Analice cuál de las dos variables presenta mayor error relativo y decida cuál debe colocarse en el eje y, para realizar un ajuste lineal.
- Ajuste los datos de los tres gráficos realizados en el inciso (a) mediante el método de cuadrados mínimos (ver tutoriales en la página del curso o código en Python). Evalúe la calidad del ajuste a partir del valor de chi cuadrado reducido, el gráfico de residuos y el coeficiente de correlación de Pearson. Discuta en cada caso cómo se interpreta el resultado del ajuste.
- ¿Se espera una ordenada al origen distinta de cero? ¿Qué interpretación física podría tener en ese caso?
- Obtenga la aceleración de la gravedad y su incerteza a partir de los parámetros de ajuste del punto c. ¿Influyen los errores de la longitud y del período en la determinación de  $g$ ? Discuta.

**LABORATORIO 1****INTRODUCCIÓN A MEDICIONES E INCERTEZAS DE MEDIDA CON EXPERIMENTOS DE MECÁNICA**

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- f) Teniendo en cuenta que la predicción teórica establece que, para un péndulo ideal simple compuesto de un hilo inextensible y una masa puntual que realiza oscilaciones de pequeña amplitud en ausencia de rozamiento, el período  $T$  viene dado por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

discuta en qué medida las hipótesis teóricas asumidas para derivar esta relación se cumplen en la práctica dentro del montaje experimental que construyó.

**ACTIVIDADES DÍA 2****ACTIVIDAD 2: DETERMINACIÓN DE G A PARTIR DE EXPERIENCIAS DE CAÍDA LIBRE**

**(Actividad opcional: realizar solo si dispone de tiempo luego de completar la Actividad 1)**

Para esta segunda parte se propone determinar la aceleración de la gravedad mediante experimentos de caída libre “*a la Galileo*”. Utilice como cuerpo en caída libre una esfera maciza y opaca. Registre el movimiento con la cámara de un teléfono celular; los videos de la trayectoria de la esfera se analizarán con el programa Tracker <https://physlets.org/tracker/> (ver Apéndice).

Elabore un gráfico de posición en función del tiempo. ¿Cómo sería el ajuste de los datos? ¿Es un ajuste lineal? Elabore además un gráfico de velocidad en función del tiempo y determine la aceleración de la gravedad a partir del análisis del mismo.

**Importante:** Antes de filmar, analice el la cantidad de cuadros por segundo que puede adquirir con la cámara (esto varía según el modelo de teléfono celular) y estime la altura desde la que se dejará caer el cuerpo para obtener un número significativo de datos. Previamente, considere cuál o cuáles variables debe medir (directa e indirectamente), el tipo de análisis que realizará a posteriori y cuáles son las fuentes de incertezas. ¿Cuántas veces debe repetir la medición?

**ACTIVIDAD 3: COMPARACIÓN DE RESULTADOS**

En esta actividad no se requieren mediciones adicionales. Compare los resultados de  $g$  obtenidos en las dos secciones anteriores entre sí y con un valor de  $g$  de referencia. En función de dicha comparación: ¿Qué resultado es más preciso? ¿Cuál presenta mayor exactitud? Justifique claramente sus respuestas.

**LABORATORIO 1****INTRODUCCIÓN A MEDICIONES E INCERTEZAS DE MEDIDA CON EXPERIMENTOS DE MECÁNICA**

Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

**APÉNDICE**

*Tracker* es un software gratuito desarrollado por *Open Source Physics* (OSP), disponible para varios sistemas operativos. El programa permite analizar videos y modelar resultados. En particular, es de gran utilidad su herramienta de seguimiento de objetos, que permite obtener posición, velocidad y aceleración. Además, cuenta con una amplia variedad de filtros espaciales para mejorar la calidad de la imagen, así como perfiles de línea para analizar espectros y patrones de interferencia. Está especialmente diseñado para su aplicación en laboratorios universitarios.

Para que el programa funcione correctamente, es importante que el fondo y la iluminación sean homogéneos, a fin de reducir el ruido en las mediciones, y que se maximice el contraste entre el fondo y la esfera a registrar.

En cada video es necesario contar con una magnitud patrón que permita calibrar las distancias recorridas. Una vez abierto el archivo en *Tracker*, se deben seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar los cuadros de interés del video con la herramienta *Ajustes de corte* (*Clip settings*).
- Realizar la calibración espacial, utilizando el patrón, mediante la herramienta *Calibración*.
- Agregar el sistema de referencia.

La trayectoria de la esfera puede determinarse de forma manual (cuadro a cuadro, seleccionando la posición) o automática. Esta última suele resultar más precisa. Para ello, seleccione *Crear > Masa puntual* (*Point Mass*) y elija el *keyframe* (punto de referencia que el programa seguirá). Esto se realiza en el primer cuadro de la trayectoria presionando *Shift + Ctrl + clic* con el mouse.