

LABORATORIO DE MECÁNICA Y TERMODINÁMICA
TURNOS MARTES Y JUEVES – CÁTEDRA: PROF. ANA AMADOR

Estudiantes de Licenciatura en Biología y Geología.
Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.

PRÁCTICA 2: Determinación de g .

Principio de Mínimos Cuadrados y Adquisición Digital de Datos

OBJETIVO GENERAL

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

ACTIVIDAD 1: DETERMINACIÓN DE g A PARTIR DE LA MEDICIÓN DEL PERÍODO DE UN PÉNDULO DE LONGITUD VARIABLE

Para esta primera parte se propone construir un péndulo simple e investigar la dependencia del período de oscilación T con la longitud L del péndulo. Para la medición del período se cuenta con un foto-interruptor (**photogate**) que puede conectarse a la computadora a través de una interfaz **SensorDAQ**¹.

- a) **Antes de comenzar la experiencia**, para familiarizarse con el instrumental de adquisición digital, se propone variar la frecuencia de muestreo y el tiempo de adquisición de datos mientras se obtura con la mano al foto-interruptor y se observa la señal.
 - i. ¿Qué diferencia de potencial registra el **SensorDAQ** cuando el foto-interruptor está obturado? ¿Y cuando no lo está?
 - ii. ¿Cómo son los cambios entre un estado y otro? ¿Qué pasa cuando se aumenta la frecuencia de adquisición?
 - iii. Determine la resolución y la incerteza en voltaje del sistema de adquisición de datos registrando una señal constante en el tiempo. Para ello se recomienda utilizar una frecuencia de adquisición elevada.
- b) Una vez construido el montaje, mida el período del péndulo para al menos **10 longitudes diferentes**, sin modificar los demás parámetros del montaje experimental. Para las mediciones, coloque el foto-interruptor de forma que el péndulo interrumpa el haz de luz en su recorrido. ¿Tiene importancia dónde se coloca el foto-interruptor? Realice varias pruebas antes de empezar a medir para establecer la frecuencia de adquisición correcta. **Considere una amplitud angular menor o igual a 10° para el experimento.**

- i. Una vez completadas las mediciones, grafique T en función de L , incluyendo sus incertezas en el gráfico. ¿Es ésta una relación lineal? De no ser así, considere linealizarla construyendo nuevas variables, utilizando tres maneras distintas. Al calcular cada nueva variable tenga en cuenta que debe también calcular su incerteza².
- ii. Utilizando un ajuste de los datos experimentales por **cuadrados mínimos**³, calcule el valor de g con su error considerando la teoría del péndulo simple, para cada una de las linealizaciones efectuadas. **NO OLVIDAR** colocar los errores absolutos y evaluar los errores relativos antes de realizar el **ajuste lineal** (la variable cuyo error relativo sea mayor se colocará en el eje y). Reporte los valores de la ordenada al origen, la pendiente y el coeficiente R del ajuste.
- iii. Utilizando una ley de potencias de la forma $f(x) = ax^k$, donde a es un factor de proporcionalidad y k el exponente, realice un ajuste (fit) de los datos no linealizados y compruebe si el parámetro k obtenido concuerda con lo esperado teóricamente. Estime nuevamente el valor de g utilizando el valor del factor de proporcionalidad.
- iv. Por último, compare todos los resultados obtenidos con el valor tabulado ¿Son distinguibles? ¿Y al comparar con lo determinado en la guía anterior? ¿El método resultó más o menos preciso? ¿Y más o menos exacto?

ACTIVIDAD 2: DETERMINACIÓN DE g A PARTIR DE EXPERIENCIAS DE CAÍDA LIBRE

Para esta segunda parte se propone determinar la aceleración gravitatoria realizando experiencias de caída libre. Para ello, use como cuerpo en caída libre una placa traslucida con marcas regulares, y detecte su movimiento empleando el foto-interruptor. Como guía para la realización de esta parte, se sugieren seguir los siguientes pasos:

- a) Determine el período espacial d del patrón impreso en la placa (i.e., la distancia regular entre franjas), y calcule así las distancias $x_0, x_1, x_2, \dots, x_N$ asociadas⁴.
- b) Calcule la velocidad de pasaje de la placa en caída libre usando el foto-interruptor, a partir de la determinación de los tiempos correspondientes t_1, t_2, \dots, t_N .
- c) Para el análisis de datos, construya al menos los dos siguientes gráficos:
 - i. distancia en función del tiempo $x(t)$.
 - ii. velocidad en función del tiempo $v(t)$.
- d) Realice un ajuste lineal por cuadrados mínimos para determinar la aceleración local de la gravedad junto con su incerteza.

Atención: reflexione acerca de qué representación ($x(t)$, $v(t)$ u otra) es la más adecuada para realizar el ajuste de datos.
- e) Compare sus resultados con un valor de g de referencia, y discuta las posibles fuentes de error asociadas con este montaje experimental y la técnica de medición asociada. Compare el valor de g obtenido con el de la sección anterior y los obtenidos en la Guía N1. ¿Qué determinación es más precisa? ¿Cuál presenta mayor exactitud? Discuta los resultados.

ACTIVIDAD OPCIONAL: INSTRUMENTACION ALTERNATIVA PARA LA ACTIVIDAD 2.

De forma opcional, se pueden explorar otras formas de adquisición (semi) automatizada para medir los periodos del péndulo de la Actividad 2. Aquí planteamos dos opciones:

1. Utilizar el sensor de posición. Se deben tener las mismas consideraciones respecto a la configuración del Sensor DAQ.

2. Filmar el péndulo. Se deberán agregar elementos que permitan asignar una escala a la imagen. Se propone procesar los datos usando el **Tracker**.

En caso de realizar alguna de las formas alternativas de adquisición, comparar la precisión y exactitud lograda sobre el valor final medido para g en cada método y discutir.

APENDICES

Introducción: Sistemas de adquisición de datos

En esta práctica se utilizará el sistema de adquisición de datos **SensorDAQ** conectado a un sensor infrarrojo tipo barrera (**photogate**) para determinar intervalos de tiempo. El sistema toma señales que son adquiridas por una amplia variedad de sensores, las transforma a diferencias de potencial en función del tiempo (señales analógicas) y las digitaliza en un conjunto de datos de voltaje en función del tiempo, para que puedan ser interpretadas y procesadas en una computadora. El valor de la diferencia de potencial es determinado por un sensor, que convierte alguna magnitud física: temperatura, presión, fuerza, etc., en una diferencia de potencial. En el caso del photogate, el mismo emite y recibe una luz infrarroja, y la señal de interés se produce cuando esta es interrumpida, evidenciando el paso de un objeto. Es por esto que resulta necesario analizar la precisión de la señal digital obtenida tanto en voltaje como en tiempo:

- La **resolución en voltaje** de la placa está determinada por el rango de medición y el número de bits de la misma, que fija en cuántos intervalos se discretiza el rango de voltaje medido. Por ejemplo, una placa de 8 bits divide el rango en $2^8 = 256$ intervalos, y si el rango es de 10 Volts, esto equivale a una resolución en voltaje de 0.04 Volts
- La **resolución temporal** está dada por el intervalo de tiempo entre datos sucesivos, determinado por la frecuencia de adquisición o frecuencia de muestreo de datos. Esta frecuencia puede ser determinada por el usuario, pero sólo en un cierto rango, que depende de la duración del evento y del número total de datos permitidos por el programa. Por ejemplo, si la frecuencia de adquisición es de 1000 Hz, la resolución temporal es de $1/1000\text{Hz} = 1\text{ms}$.

¹Uso del SensorDAQ:

Configuración del canal: Ingrese a **Configurar canales > Archivos de calibracion por defecto**. Seleccione el canal en el que está conectado el foto-interruptor "**Custom 10 V**".

Configuración de los tiempos de adquisición: Haga click sobre el icono del reloj (junto al botón "Collect"). El primer campo permite establecer el tiempo total de medición, el segundo fija la frecuencia de muestreo. Importante: Hasta 200 muestras por segundo se pueden ver las mismas en tiempo real (es decir se visualizan las mediciones mientras se van adquiriendo). Para medir, vaya a "**Collect**".

²Colocar los errores absolutos en un gráfico de Origin:

Coloque los errores absolutos de la variable x en una columna nueva y los de la variable y en otra (todo en la misma tabla). Le quedarán 4 columnas: variable x , variable y , error absoluto de x y error absoluto de y . Para hacerle saber al programa que la columna donde se encuentran los errores de la variable x son errores, cliquee 2 veces sobre la columna de datos, seleccione **Plot designation**, y coloque **X Error**. Realice el mismo procedimiento en el caso de y , y coloque **Y Error**.

³Ajuste lineal por cuadrados mínimos:

Tenga la ventana abierta del gráfico que desea ajustar. Vaya a: **Analysis > Fitting > Fit linear > Open Dialog...OK**.

⁴Distancias (x) y tiempo (t)

Tenga en cuenta que cada franja tiene una longitud d , debe asignarle un valor X . Luego, a cada valor de X se le debe asignar un valor de t . Ese valor no es una diferencia de tiempos, es el tiempo que pasó hasta llegar a dicho X .