# Física Experimental 1

# Práctica 1 - Determinación de la aceleración de la gravedad local

## 1. Objetivos

Con el fin de familiarizarnos con los procedimientos estadísticos para el tratamiento de datos expuestos en el repartido Medidas y tratamiento estadístico de datos, se propone determinar experimentalmente la aceleración local de la gravedad estudiando un péndulo simple.

## 2. Fundamento teórico

### 2.1. El péndulo simple

El péndulo simple es la idealización de un sistema físico real. Dicho sistema real es una masa $m$ suspendida de un soporte mediante un hilo de masa muy pequeña comparada con $m$. La idealización es una masa puntual, suspendida de un soporte fijo, mediante un hilo flexible, inextensible y sin masa, que se mueve confinada a un plano, como se muestra en la Figura 1. Se desprecian las fuerzas de rozamiento entre el aire y la masa, y entre el hilo y el punto de soporte.

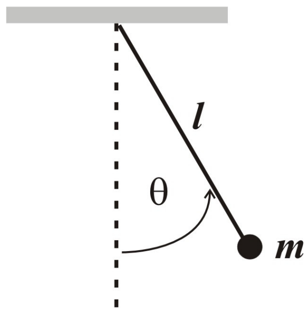


Figura 1: Esquema de un péndulo simple.

La ecuación de movimiento del péndulo simple es:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\sin\theta = 0 \tag{1}$$

donde $g$ es la aceleración gravitatoria, $l$ la longitud del péndulo y $\theta$ el ángulo respecto a la vertical. La ecuación 1 es válida para todo valor de $\theta$, pudiéndose linealizar en torno a la posición de equilibrio estable ($\theta = 0$), si $\theta$ es pequeño:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \tag{2}$$

De aquí en más nos referiremos a la ecuación 2 como la ecuación de pequeñas oscilaciones. Como observación, *cuando $\theta$ deja de ser pequeño (mayor a $10°$) sucede que $\sin(\theta) < \theta$, por lo que la ecuación 2 estaría sobrestimando la fuerza de restauración del péndulo*. De resolver la ecuación 2 en forma analítica, se puede ver que si el movimiento se restringe al rango en que el ángulo formado por el hilo y la vertical es pequeño, el período se vuelve independiente de la amplitud de la oscilación, esto es, que para cualquier amplitud dentro de ese rango, es aproximadamente constante.

### 2.2. Ejercicio 1

- Deducir la ecuación 1 a partir del modelo físico correspondiente al péndulo simple.
- Demostrar que la expresión del período, considerando la ecuación linealizada es:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{3}$$

Nota : La expresión del período puede ser usada para la determinación del valor de g, siempre que se mide $T$ y $l$ con suficiente precisión.

### 2.3. La aceleración de la gravedad

La llamada fuerza de la gravedad ($\vec{F}$) es aquella que hace que dos cuerpos masivos sean atraídos uno hacia el otro. La expresión para dicha fuerza fue propuesta por Newton en 1666 y puede ser definida como:

$$\overrightarrow{F} = -G\frac{Mm}{R^2}\hat{r} \tag{4}$$

donde $R$ es la distancia entre los objetos de masas $m$, $M$ y $G = 6,67 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2$ es la constante de Newton y $\hat{r}$ es un versor que define la línea que conecta los centros de masa de los dos cuerpos.

Al aplicar dicha fórmula al problema del movimiento de los cuerpos cerca de la superficie de la Tierra, basta con tomar $M$ y $R$ como la masa y radio medio de la Tierra, siendo: $M_{Tierra} = 5,97 \times 10^{24} kg$ y $R_{Tierra} = 6371\ km$ para obtener la forma del módulo de $\vec{F}$ en la ecuación:

$$F = mg \tag{5}$$

por lo tanto:

$$g = G\frac{M}{R^2} \cong 9,8163 m/s^2 \tag{6}$$

donde $m$ es la masa de un cuerpo cuyo movimiento se quiere describir. La ecuación 6 indica el valor esperado para la aceleración de la gravedad $g$ cerca de la superficie de la Tierra.

Estrictamente hablando, $g$ no es una constante, ya que depende de la distribución de masa y de la distancia al centro de la Tierra. Eso implica que aún imaginando un proceso de medida sin errores y con una muy baja incertidumbre, el valor medido de $g$ debería depender al menos del punto geográfico en el cual ha sido tomado. Además, la presencia cercana de otros cuerpos astronómicos cambiaría el valor de la aceleración experimentada por el cuerpo de masa $m$. En el caso de la Tierra, las fases de la luna pueden afectar el valor medido de $g$ para una alguna ubicación geográfica. Como veremos, las limitaciones impuestas por nuestros instrumentos de medida nos impedirán de distinguir entre cambios tan chicos, donde no podremos expresar el valor de $g$ con más de 3 cifras significativas.

## 3. Procedimiento experimental

Se utilizarán materiales disponibles en el laboratorio para armar un péndulo simple (tanza, objetos esféricos, soportes). Para la medición del período de las pequeñas oscilaciones se dispondrá de un fotosensor y un cronómetro.

1. Antes de armar el dispositivo deben discutir en grupos acerca del modelo utilizado y las hipótesis que se realizan en el mismo. Analizar y definir el largo del péndulo que utilizarán para la experiencia.
2. Medir la longitud del péndulo $l$. Recordar que la masa que estamos usando no es puntual.

3. Discutir en grupos y luego con el docente: ¿Cómo se determinarán el período? ¿Cuál es la incertidumbre al medir el período?, ¿Cómo puedo disminuirla?.

4. Una vez elegida la técnica de medida, determine el período en función del ángulo inicial desde donde se suelta la masa. ¿Cuál es el comportamiento esperado? ¿En qué rango de ángulos iniciales es razonable medir?

5. Mida el período de oscilación con dos instrumentos diferentes (un cronómetro y un fotosensor infrarojo). Recuerde que es importante poner la masa en movimiento con un ángulo inicial que permita considerar pequeñas oscilaciones procurando que el movimiento esté restringido a un plano.

6. Repetir el punto **??** un número suficiente de veces, que permita realizar un análisis estadístico. Registre los valores de los períodos en un archivo de datos.

7. Analizar la incertidumbre en la medida del período al utilizar cada uno de los instrumentos y métodos.

8. Dejar oscilar el péndulo por un tiempo de algunos minutos y medir de forma consecutiva el periodo de oscilación (solo con el fotosensor infrarojo).

## 4. Tratamiento de datos

1. Graficar con barras de error el período en función del ángulo inicial.

2. Realice un histograma que muestre las frecuencias de ocurrencia de las mediciones del período. Esto debe realizarse para las medidas obtenidas con el fotosensor y con el cronómetro.

3. Calcule el promedio del período y su desviación estándar para los 2 experimentos realizados. Verifique si es necesario descartar medidas en los datos del período (recuerde el criterio de descarte de medidas). En ese caso, se deberá graficar un nuevo histograma, y calcular nuevamente el promedio y desviación estándar para el vector de tiempos resultante.

4. Representar sobre cada histograma la curva de Gauss correspondiente. Tenga precaución con el factor de normalización de la curva gaussiana.

5. Exprese el valor de la aceleración de la gravedad con la incertidumbre correspondiente, obtenida mediante las medidas de cada uno de los instrumentos utilizados. Comentar sobre la exactitud y precisión del valor de $g$ obtenido.

6. Realizar un gráfico de las medidas del periodo realizadas de forma consecutiva (con el fotosensor).