



# Física Experimental 1



## Práctica 2 - Medida de la aceleración de la gravedad local

### 1. Objetivos

Con el fin de poner en práctica los procedimientos estadísticos para el tratamiento de datos expuestos en el repartido Medidas y tratamiento estadístico de datos, se propone efectuar una medida de la aceleración local de la gravedad utilizando como instrumento un péndulo simple.

### 2. Fundamento teórico

#### a) 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.

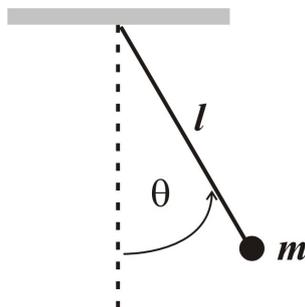


Figura 1: Esquema de un péndulo simple

La ecuación de movimiento del péndulo simple es:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \sin\theta = 0 \quad (1)$$

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, si  $\theta$  es pequeño:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0 \quad (2)$$

De aquí en más nos referiremos a ésta como la ecuación de pequeñas oscilaciones. De resolver 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.

### 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:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

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

- La aceleración de la gravedad

La llamada fuerza de la gravedad es aquella que hace con que dos cuerpos masivos sean atraídos uno hacia el otro. Dicha fuerza fue propuesta por Newton en 1666 y puede ser definida como

$$\vec{F} = -G\frac{Mm}{R^2}\hat{r} \quad (4)$$

donde  $R$  es la distancia entre los objetos de masas  $m$  y  $M$ .  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$  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 medios de la Tierra, respectivamente:  $M_{Tierra} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{Kg}$  y  $R_{Tierra} = 6371 \text{Km}$  para obtener la ecuación

$$F = mg \quad (5)$$

con

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

y  $m$  es la masa de un cuerpo cualquier, cuyo movimiento se quiere describir. La ec. 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 indica que aunque imagináramos un medidor infinitamente preciso, 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 deben afectar el valor medido de  $g$  para una dada ubicación. 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 cronómetro.

- a) Antes de armar el dispositivo discutir en grupos acerca del modelo utilizado y las hipótesis que se realizan en el mismo. Analicen y definan el largo del péndulo que utilizarán para la experiencia.
- b) Medir la longitud  $l$ . Recordar que la masa que estamos usando no es puntual.
- c) Discuta en grupos y luego con el docente: ¿Cómo se determinarán el período? ¿Cuál es la incertidumbre al medir el período? ¿Cómo puedo disminuirla? Una vez elegida la técnica de medida, mida el período de oscilación con dos instrumentos diferentes (cronómetro y sensor). 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.
- d) Repetir el punto 3 un número suficiente de veces, como para poder realizar un análisis estadístico. Registre los valores de los períodos en un archivo de datos.
- e) Estimar la incertidumbre en la medida del periodo al utilizar cada uno de los instrumentos.

### 4. Tratamiento de datos

#### Determinación de $g$

- a) Realice un histograma que muestre las frecuencias de ocurrencia de las mediciones del período. Esto debe realizarse para las medidas obtenidas con el sensor y con el cronómetro.
- b) Calcule el promedio del período y su desviación standard. 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 standard para el vector de tiempos resultante.
- c) Representar sobre cada histograma la curva de Gauss correspondiente.
- d) Exprese el valor de la aceleración de la gravedad con la incertidumbre correspondiente, obtenida mediante las medidas de cada uno de los instrumentos utilizados.