Aprendizaje de física experimental
El Aula-Laboratorio en casa

Propuestas experimentales para estudiantes - Versión 1.0

José Di Laccio-Andrés Monetta-Javier Carro

Por sugerencias y erratas: `jdilaccio@gmail.com`
Abril de 2020

El Laboratorio en casa

Índice general

Laboratorio 6

El Laboratorio en casa

1. Péndulo

1.1 Péndulo simple

1.1.1 Ecuación de movimiento

El péndulo simple es un sistema idealizado, constituido por una partícula de masa m que está suspendida de un punto O mediante un hilo inextensible y peso muy pequeño y para el cual se desprecia el rozamiento con el aire. A partir de una inspección de la figura 1.1, es sencillo plantear las fuerzas sobre la masa en la dirección tangencial y llegar a la ecuación de movimiento del péndulo simple:

$$ml^2\ddot{\theta}(t) + mglsin\theta(t) = 0 \tag{1.1}$$

donde θ es la forma habitual de escribir la aceleración angular y g es la aceleración gravitatoria. Para pequeñas oscilaciones, $sin\theta \approx \theta$ obteniéndose así la ecuación de un oscilador armónico,

$$\ddot{\theta}(t) + \omega_0^2\theta(t) = 0 \tag{1.2}$$

donde $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$ es la frecuencia natural y θ está en radianes.

1.1.2 Período de oscilación: pequeñas oscilaciones

El período de oscilación asociado a esta frecuencia natural es $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$, que se puede escribir como:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \tag{1.3}$$

y no depende de la masa m del péndulo ni de la amplitud de la oscilación (hipótesis de pequeñas oscilaciones), depende de $l^{\frac{1}{2}}$.

1.1.3 Intercambios de energía en el péndulo

La energía mecánica en un péndulo simple varía entre energía cinética y energía potencial gravitatoria. Supongamos que tenemos el péndulo simple de la figura 1.1 en donde inicialmente cumplen las condiciones: $\theta_{(0)}$=θ_0, la velocidad tangencial es nula y la altura respecto un plano de referencia que pasa por la posición más baja. La conservación de la energía mecánica entre el lugar inicial y otro genérico a tiempo t, es:

$$E_{pg} = Ec(t) + E_{pg}(t) \tag{1.4}$$

$$mgh_1 = \frac{1}{2}mv(t)^2 + mgh_2(t) \tag{1.5}$$

donde h_1 representa la altura inicial asociada al ángulo θ_0, v es la velocidad tangencial y h es la altura. Las alturas pueden ser escritas en función del largo de la cuerda (L) y el ángulo, $h_1 = L(1-cos\theta_0)$ y $h_2 = L(1-cos\theta(t))$ y la velocidad tangencial se puede escribir usando la velocidad angular ($\omega(t)$) como $v = L\omega(t)$.

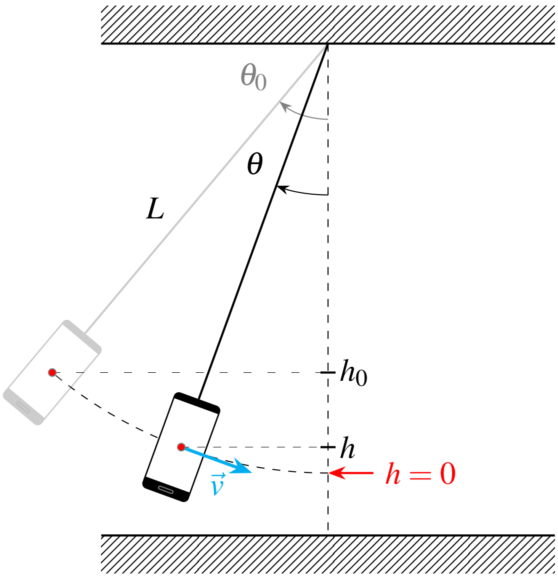

Figura 1.1: Diagrama esquemático de un péndulo simple, h_1 y h_2 es la altura de la masa respecto del punto de equilibrio estable y θ_0 y θ es la amplitud angular inicial

La ecuación (1.5) puede escribirse como:

$$mgL(1-cos\theta_0) = \frac{1}{2}mL^2\omega(t)^2 + mgL(1-cos\theta(t)) \tag{1.6}$$

Desde luego, este es el caso en donde solamente actúan fuerzas conservativas y de potencia nula. Las fuerzas no conservativas, por ejemplo la fuerza de roce con el medio (fluido) disminuye la energía mecánica del sistema.

1.2 Proyecto 1: Leyes del péndulo

1.2.1 Introducción

El objetivo de este proyecto es poner a prueba las leyes del péndulo simple. Primero estudiar, para el caso de las pequeñas oscilaciones, la relación entre: el período de oscilación y su longitud y si se verifica determinaremos la aceleración gravitatoria. Luego estudiaremos la dependencia o no del período con la masa que pende para un largo constante.

1.2.2 Equipo

Equipo necesario: un smartphone que tengan aplicaciones para medir las componentes de la aceleración (acelerómetro) y/o la velocidad angular (giroscopio), hilo delgado, un soporte y de forma opcional una computadora personal.

1.2.3 Sugerencias de trabajo

- Implemente un péndulo como el de la figura 1.1, use un largo de péndulo de alrededor de 1.5 m.
- Configure su celular para registrar las componentes de la aceleración y la velocidad angular. Una frecuencia de muestreo de 100 Hz puede ser suficiente.
- Inicie la recolección de datos, separe el bulbo del péndulo (teléfono) un ángulo menor a 10^o y libérelo dejando que realice al menos unas 20 a 30 oscilaciones y detenga la recolección.
- Repita el ítem anterior al menos 5 largos diferentes.
- A partir de los datos recolectados, de velocidad angular o aceleración, grafique cada uno y obtenga el período promedio para cada longitud.
- Grafique T^2 vs l y mediante el ajuste adecuado de los datos, determine el valor de la aceleración gravitatoria.
- Como segundo caso, elija un largo fijo de su péndulo, por ejemplo 1.5 m y determine el período de oscilación usando un único teléfono inteligente. Luego repita el largo pero usando de bulbo dos teléfonos adheridos entre sí. ¿Se producen variaciones en el período? ¿Por qué?

1.3 Proyecto 2: Intercambios de energía en el péndulo

1.3.1 Introducción

Aquí nos proponemos estudiar los intercambios de energía en el péndulo y poner a prueba la ecuación 1.6. Para ello utilizaremos la App AndroSensor y sus sensores (inclinómetro, gravedad, giroscopio).

1.3.2 Equipo

Un péndulo en donde el bulbo es un teléfono inteligente, una cinta métrica y un ordenador personal(PC).

1.3.3 Sugerencias de trabajo

- Realice un montaje similar al de la figura 1.1. El bulbo del péndulo es un teléfono inteligente que tendrá también la función de medir la velocidad angular (giroscopio) respecto de sus ejes.
- Coloque el bulbo del péndulo con un ángulo mayor a 40^o respecto de la vertical (puede usar el inclinómetro del propio teléfono o habilitar en sensor gravedad para calcular el ángulo). Inicie la grabación del giroscopio en el teléfono y desde el reposo libere el teléfono. Espere al menos tres oscilaciones completas.

- Una vez finalizada la recolección de datos, grafique las componentes de la velocidad angular en función del tiempo. Identifique la componente de velocidad angular correspondiente al plano de giro de su péndulo.
- Obtenga la velocidad angular máxima de cada oscilación y calcule la velocidad tangencial, v_t=ΩL, del bulbo al pasar por la posición más baja de la trayectoria. ¿Varía? ¿Significativamente?
- Calcule la energía mecánica por unidad de masa para la posición inicial. Grafique la energía cinética y la energía potencial gravitatoria por unidad de masa del bulbo como función del tiempo.
- Compare la suma de la energía cinética y potencial gravitatoria por unidad de masa con la energía potencial gravitatoria por unidad de masa inicial.
- ¿Se conserva la energía mecánica? ¿Cómo lo sabe?
- Determine las posibles pérdidas de energía mecánica por unidad de masa para al menos tres oscilaciones.