Analisis movimiento de un pendulo

Francisco Carruthers, Facundo Firpo y Joel Jablonski

{fcarruthers, ffirpo, jjablonski}@udesa.edu.ar

Fisica I, tutorial Vinograd

2do Semestre 2024

Resumen

Se investigó el movimiento de un péndulo simple variando la longitud de la cuerda y la masa del péndulo. El objetivo principal fue registrar y caracterizar su trayectoria, determinar el rango angular donde se cumplen las condiciones de pequeñas oscilaciones, calcular la frecuencia de oscilación y estimar la gravedad efectiva. Primero, se mantuvo una longitud fija de cuerda, variando los ángulos iniciales con diferentes masas, y luego se analizó cómo la longitud de la cuerda afecta el movimiento al fijar el ángulo y la masa. La gravedad efectiva obtenida fue de $9.5 \pm 0.6 \mathrm{m/s^2}$. Además, evaluamos la influencia de los parámetros sobre la frecuencia de oscilación (ω) del péndulo, concluyendo que, aunque la masa no altera la frecuencia, la longitud sí lo hace; los valores obtenidos fueron $0.075\,\mathrm{s^{-1}}$ para 42 cm, $0.095\,\mathrm{s^{-1}}$ para 26 cm, y $0.125\,\mathrm{s^{-1}}$ para 15 cm. Finalmente, se identificó el rango de ángulos donde se cumplen pequeñas oscilaciones, siendo este de aproximadamente ___°.

1. Introduccion

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \tag{1}$$

$$\omega = \frac{1}{T} \tag{2}$$

Vamos a ver como modificar el angulo inicial, la longitud de la soga y la masa de la bolita afectan el periodo del movimiento. Viendo la ecuacion 1 podemos ver que el periodo es independiente del angulo inicial y a la masa de la bolita. Sin embargo, si depende de la longitud de la soga.

De los datos obtenidos podemos encontrar una gravedad real del experimento, la cual es una modificacion de la conocida $g = 9.8 m/s^2$.

De la ecuacion 1 podemos definir:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L \tag{3}$$

Lo que nos deja a $\frac{4\pi^2}{g}$ como la pendiente de la recta que se obtiene al graficar T^2 en funcion de L. Haciendo un ajuste lineal podemos encontrar la pendiente y, por lo tanto, la gravedad efectiva.

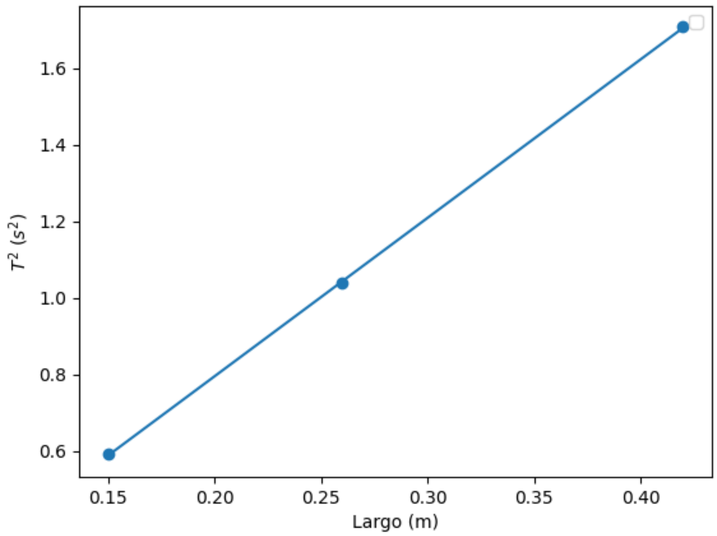

Figura 1:

Despejando g de la pendiente de la recta obtenemos: $g = 9.5 \pm 0.6 m/s^2$

2. Practica experimental

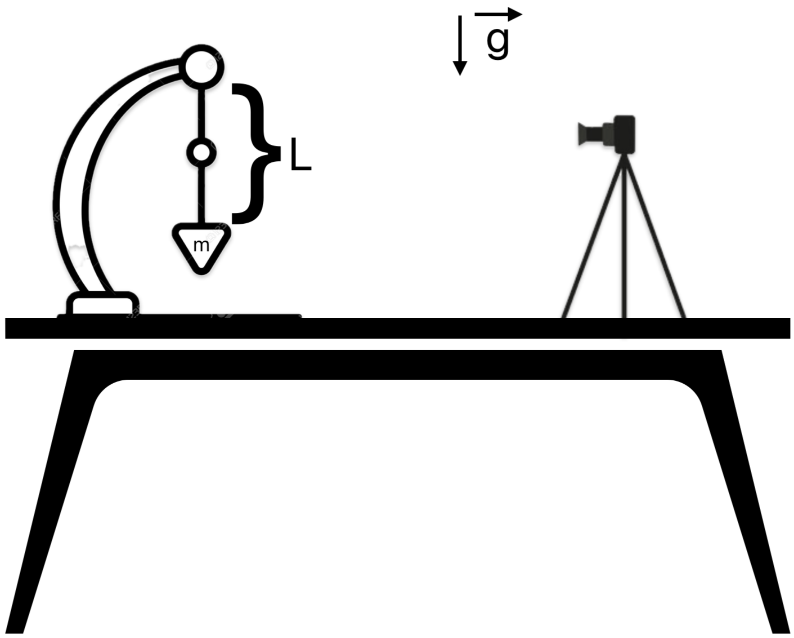

Figura 2: Esquema del experimento donde m y el largo de la cuerda son variables

Para llevar a cabo el experimento, dispusimos de un sistema compuesto por una masa, una soga y una cámara, que nos permitió construir un péndulo simple y grabar sus movimientos. El esquema del sistema se muestra en la Figura 2. La masa y la longitud de la soga se pueden variar, lo que nos permitió experimentar con diferentes condiciones iniciales y observar sus efectos en el comportamiento del péndulo simple.

Para la adquisición de datos, utilizamos un teléfono para filmar los movimientos del péndulo y posteriormente analizamos los videos con el programa *Tracker*, que permite seguir una masa específica en función del tiempo y registrar su posición en un sistema de coordenadas definido. Para obtener una referencia de distancia, colocamos una cinta métrica en el fondo de cada video, permitiendo al programa calibrar la relación entre píxeles y distancia real y, así, establecer la posición de la masa con precisión.

Una vez construido el sistema, procedimos con el experimento. Primero, mantuvimos una masa constante de $23 \pm 0.1\,\mathrm{g}$ y una longitud de soga de $42 \pm 0.1\,\mathrm{cm}$ y variamos los ángulos iniciales, utilizando valores de $\theta = \{55°, 45°, 25°, 15°, 10°\} \pm 1°$. Estos datos nos permitieron analizar el rango angular en el que se cumplen las condiciones de pequeñas oscilaciones, de modo que el péndulo se pueda modelar como un movimiento armónico simple.

Para el siguiente análisis, empleamos un largo fijo de $42 \pm 0.1\,\mathrm{cm}$, un ángulo inicial de $25° \pm 1°$ y variamos la masa, usando valores de $m = 5 \pm 1\,\mathrm{g}$, $m = 23 \pm 1\,\mathrm{g}$ y $m = 72 \pm 1\,\mathrm{g}$. El objetivo de este experimento fue estudiar el impacto de la masa en la frecuencia de oscilación del péndulo simple. Además, experimentamos manteniendo constantes la masa y el ángulo (con valores de $m = 23 \pm 0.1\,\mathrm{g}$

y $\theta = 25° \pm 1°$) y variando la longitud de la soga con valores de $L = 42 \pm 0.1\,\text{cm}$, $L = 26 \pm 0.1\,\text{cm}$ y $L = 15 \pm 0.1\,\text{cm}$. Esto nos permitió analizar la dependencia de la frecuencia de oscilación con respecto a la longitud de la soga.

Finalmente, con los datos obtenidos y utilizando las ecuaciones de período y frecuencia del péndulo simple, calculamos la gravedad efectiva.

Los errores que tuvimos en cuenta fueron los siguientes:

- Error en la medicion del largo de la soga: $\pm 0.1cm$
- Error en la medicion del angulo inicial: $\pm 1°$
- Error en la posicion de la bolita: $\pm 1cm$ (radio de la bolita)

3. Seguimiento de la trayectoria

Usamos la aplicacion de Tracker

4. Resultados

Para los distintos angulos iniciales se obtuvieron los siguientes resultados:

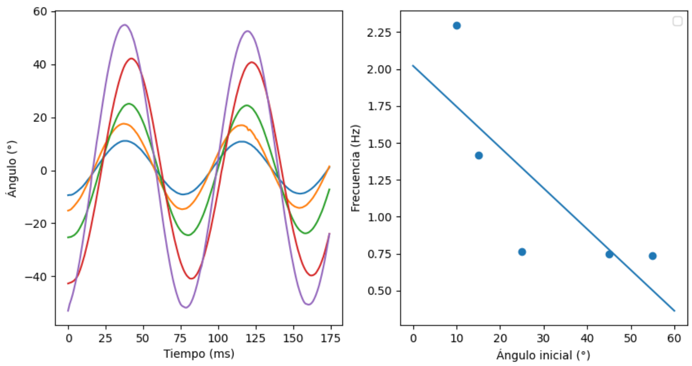

Figura 3: Posicion de la masa en funcion del tiempo para distintos angulos iniciales

Se puede observar como la amplitud del movimiento no afecta la frecuencia del mismo.

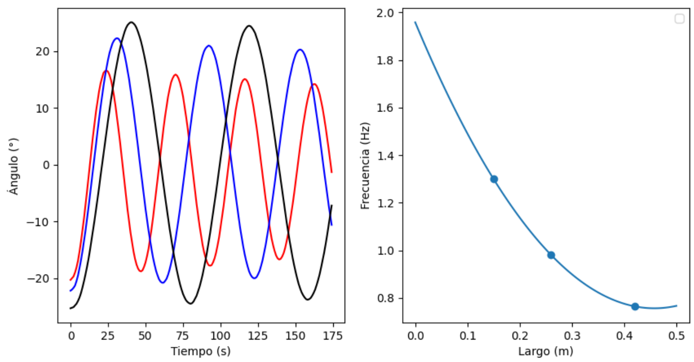

Figura 4: Posicion de la masa en funcion del tiempo para distintos largos de soga

Se puede observar como el largo de la soga afecta la frecuencia del movimiento. A mayor largo, menor frecuencia. Esto se debe a que la bolita recorre una mayor distancia. Sabemos que la longitud de arco esta defenida como $d = r\theta$, por lo que a mayor longitud de soga, mayor longitud de arco recorre la bolita.

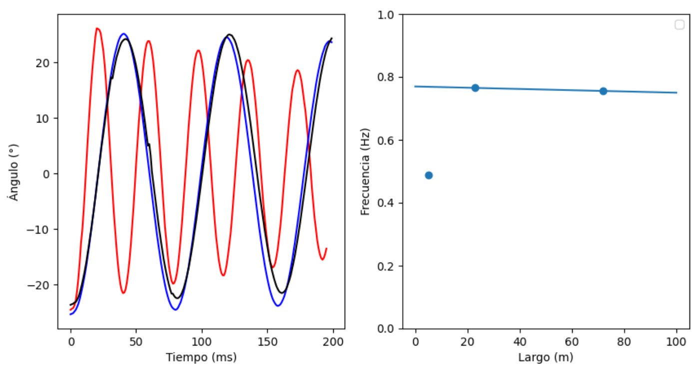

Figura 5: Posicion de la masa en funcion del tiempo para distintas masas

Se puede observar como la masa de la bolita no afecta la frecuencia del movimiento excepto cuando la masa es chica. Esto se debe a en el experimento la soga no es perfectamente rigida, por lo que, al tener poca masa, el movimiento de la soga se deforma.