

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 $9.5 \pm 0.6 \text{ m/s}^2$. 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 s^{-1} para 42 cm, 0.095 s^{-1} para 26 cm, y 0.125 s^{-1} para 15 cm. Finalmente, se identificó el rango de ángulos donde se cumplen pequeñas oscilaciones, siendo este de aproximadamente $---$ °.

1. Introduccion

El estudio del péndulo simple ha sido fundamental en la comprensión de la dinámica oscilatoria y los principios físicos básicos que la rigen. A través de este experimento, se analizaron los efectos de variables clave, como el ángulo inicial, la longitud de la cuerda y la masa del péndulo, sobre el periodo de oscilación y la frecuencia angular. La ecuacion del periodo de un pendulo simple esta dada por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

La ecuacion 1 indica que este es independiente tanto de la masa del péndulo como de su ángulo inicial en el régimen de pequeñas oscilaciones, pero depende de la longitud de la cuerda.

Asimismo, la frecuencia angular ω se puede expresar en términos del periodo como:

$$\omega = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Esto sugiere que sugiere que, al reducir la longitud de la cuerda, la frecuencia angular aumentará, reflejando un ciclo de oscilación más rápido.

A partir de las mediciones obtenidas, buscamos estimar una gravedad efectiva mediante el análisis de la pendiente en la gráfica de T^2 frente a la longitud L , considerando que esta pendiente corresponde a:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L \quad (3)$$

Este enfoque permite no solo una estimación experimental de g , sino también la evaluación de la precisión de nuestro sistema.

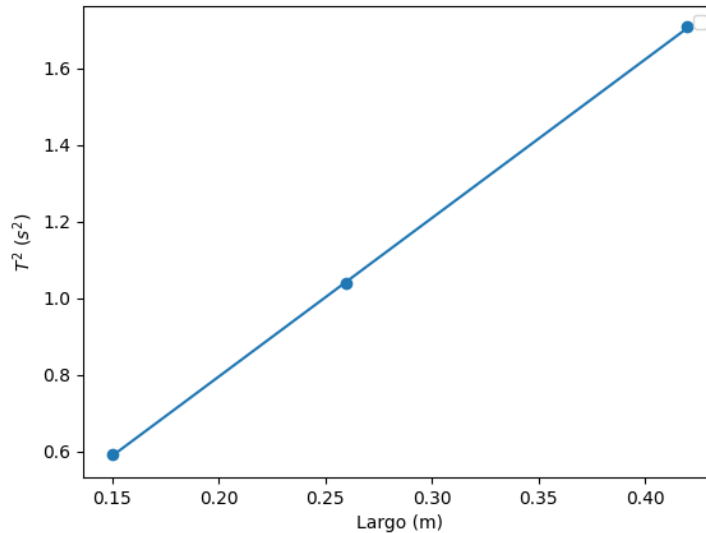


Figura 1:

Despejando g de la pendiente de la recta obtenemos: $g = 9.5 \pm 0.6 m/s^2$. Este parametro incluye a la gravedad real y a los errores de medicion del experimento.

Este informe abordará el desarrollo experimental, los métodos de análisis de los datos y la discusión de los resultados, con el fin de proporcionar una comprensión detallada del comportamiento oscilatorio de un péndulo y su relación con los parámetros físicos involucrados.

2. Practica experimental

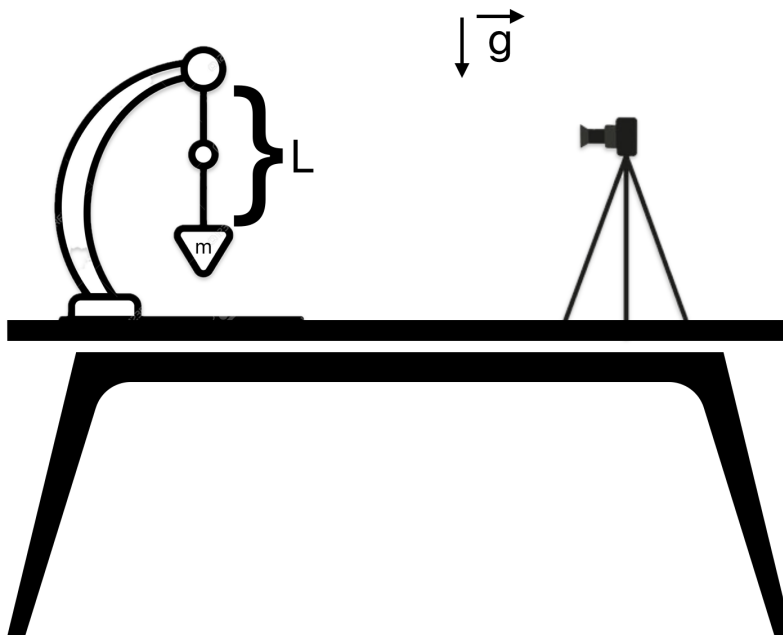


Figura 2: Esquema del experimento donde m y el largo de la cuerda son variables

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 ± 0.1 g y una longitud de soga de 42 ± 0.1 cm y variamos los ángulos iniciales, utilizando valores de $\theta = \{55^\circ, 45^\circ, 25^\circ, 15^\circ, 10^\circ\} \pm 1^\circ$. 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 ± 0.1 cm, un ángulo inicial de $25^\circ \pm 1^\circ$ y variamos la masa, usando valores de $m = 5 \pm 1$ g, $m = 23 \pm 1$ g y $m = 72 \pm 1$ 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 $m = 23 \pm 0.1$ g

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

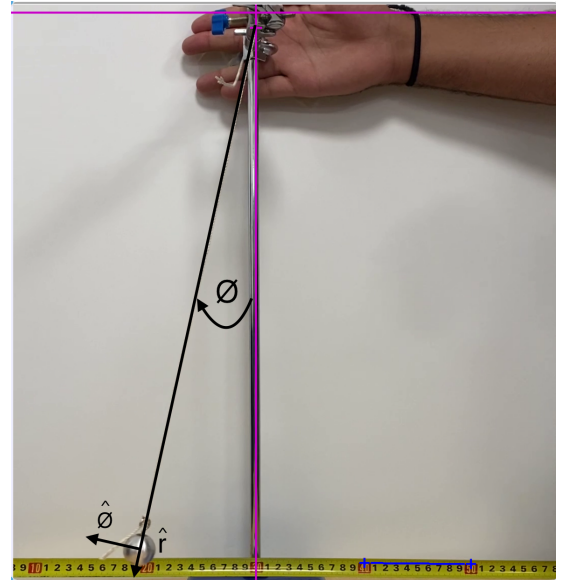
Finalmente, con los datos obtenidos y utilizando las ecuaciones de período y frecuencia del péndulo simple, calculamos la gravedad efectiva.

Los errores que tuvimos en cuenta fueron los siguientes:

- Error en la medición del largo de la soga: ± 0.1 cm
- Error en la medición del ángulo inicial: $\pm 1^\circ$
- Error en la posición de la bolita: ± 1 cm (radio de la bolita)

3. Seguimiento de la trayectoria

Primero descargamos los videos de los experimentos y los abrimos en el programa *Tracker*. Luego, seleccionamos la masa y seguimos su trayectoria en función del tiempo usando un feature que ofrece la aplicación. El seguimiento lleva un error asociado ya que no sigue perfectamente el centro de la bolita por lo que, en nuestras bolitas de 2cm de diametro, tenemos un error de ± 1 cm. También, definimos un sistema de coordenadas polares con el origen en el inicio de la soga. Para determinar distancias en el video, colocamos una cinta métrica en el fondo de la escena y calibramos el programa para que pueda determinar distancias en el video.



4. Resultados

Para los distintos ángulos iniciales se obtuvieron los siguientes resultados:

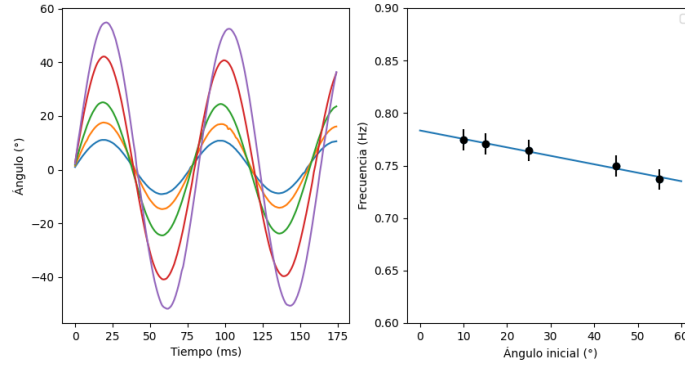


Figura 3: Posicion de la masa en funcion del tiempo para distintos angulos iniciales

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

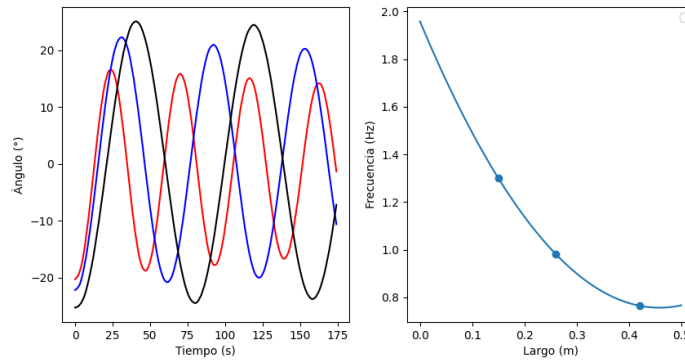


Figura 4: Posicion de la masa en funcion del tiempo para distintos largos de sogas

Se puede observar como el largo de la sogas 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 definida como $d = r\theta$, por lo que a mayor longitud de sogas, mayor longitud de arco recorre la bolita.

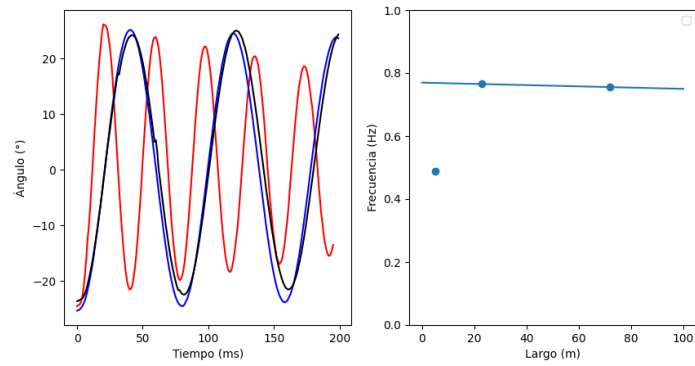


Figura 5: Posicion de la masa en funcion del tiempo para distintas masas

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 sog a no es perfectamente rigida, por lo que, al tener poca masa, el movimiento de la sog a se deforma.