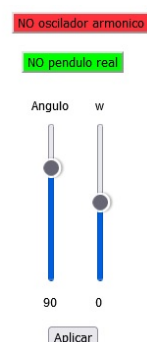
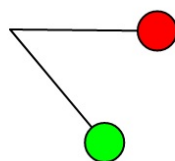
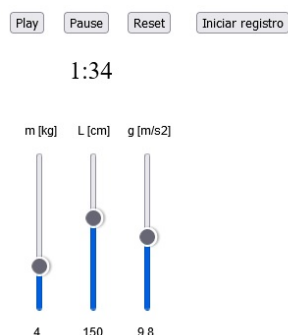


INSTRUCCIONES DE USO



En la figura, se puede observar la interfaz de la simulación, en donde la partícula de color verde representa al péndulo simple real y la partícula de color rojo representa al péndulo con aproximación al movimiento armónico simple. Ambos péndulos se activan o se desactivan, haciendo click sobre el botón con el color respectivo a cada uno.

Figura 1: Interfaz de la simulación.

Entre los controles hay varios botones:

- (1) **Aplicar**, para activar cambios de la amplitud angular o la velocidad angular, como valores iniciales en la dinámica del sistema;
- (2) **Play**, para iniciar o continuar la simulación cuando esté pausada;
- (3) **Pause**, para suspender la simulación en un determinado instante; y
- (4) **Reset**, para restablecer la simulación con las variables y parámetros predefinidos.

La opción de almacenar los datos en un archivo con extensión **.cvs**, está disponible presionando el botón de **Iniciar Registro**, instante en el que se activará en el mismo botón la opción de **Guardar** por un término de tiempo máximo de dos minutos (el avance temporal se puede visualizar en el cronómetro incorporado a la interfaz). Se ejecutará una ventana para guardar el archivo con los datos almacenados, haciendo click en **Guardar** o automáticamente cuando hayan pasado dos minutos.

Los demás controles, están definidos por barras verticales, para nivelar o asignar un valor a las variables dinámicas y los parámetros de ambos sistemas. El rango de valores es el siguiente:

- Para la masa m : entre 2 kg y 10 kg.
- Para la longitud L : entre 30 cm y 230 cm.
- Para la aceleración de la gravedad g : entre 1 m/s^2 y 20 m/s^2 .
- Para la amplitud angular inicial ϕ_0 (Angulo): entre -180° y 180° .
- Para la velocidad angular inicial ω : entre -3 rad/s y 3 rad/s .

NOTA: para asignar valores precisos, se puede hacer click en la respectiva barra vertical y nivelar el valor, utilizando las flechas de dirección del teclado; presionando arriba \uparrow para aumentar valores y abajo \downarrow para disminuirlos.

ACTIVIDADES.

■ Objetivos.

- Identificar algunas de las propiedades del péndulo simple, mediante las cuales está condicionado su movimiento.
- Explorar aspectos básicos de un movimiento oscilatorio y los principios que lo describen.
- Comprender el movimiento de un péndulo, relacionando su período con la longitud de la cuerda.
- Establecer las características que rigen el modelamiento de las medidas de dos magnitudes físicas en relación cuadrática.

1. **Comportamiento del péndulo simple.** Seguir las instrucciones dadas a continuación para el péndulo simple real y el péndulo con movimiento armónico simple.

Cambiar la masa del péndulo. Con la longitud $L = 1.5$ m, y una amplitud angular desplazada $\phi_0 = 45^\circ$ (ambas fijas), hacer un primer ensayo con masas diferentes. Observar el movimiento y verificar el periodo de oscilación para:

- $m = 3.0$ kg
- $m = 2.0$ kg

Para calcular el período de oscilación se realizan al menos 10 oscilaciones y se toma el tiempo en efectuarlas, siendo $T = t/n$ (aquí t , es el tiempo completo que tarda en registrar todas las oscilaciones, y n , el número de oscilaciones).

Cambiar la longitud del péndulo. Con la masa $m = 4.0$ kg, y una amplitud angular desplazada $\phi_0 = 45^\circ$ (ambas fijas), hacer un segundo ensayo con dos longitudes diferentes. Observar el movimiento y verificar el periodo de oscilación para:

- $L = 2.0$ m
- $L = 1.0$ m

Cambiar las amplitudes del péndulo. Ahora con la longitud $L = 1.5$ m y con la masa $m = 4.0$ kg (ambas fijas), hacer un tercer ensayo con dos amplitudes desplazadas por ángulos diferentes. Observar el movimiento y verificar el periodo de oscilación para:

- $\phi_0 = 90^\circ$
- $\phi_0 = 45^\circ$

Comparar las cantidades observadas y responder las siguientes preguntas:

- ¿Para cuáles de los valores de masa, longitud y amplitud se produce una oscilación más rápida?
- ¿Qué efecto tiene la masa, la longitud y la amplitud angular del péndulo en su período de oscilación?

2. Determinación del error en el período de oscilación.

Cuando solo se cuenta con un cronómetro, los periodos de oscilación se calculan tomando varias medidas del tiempo que tarda el péndulo en hacer algunas oscilaciones.

Fijar los parámetros del péndulo simple con $\phi_0 = 60^\circ$ y asignando un valor para la longitud y para la masa. Obtener el período de oscilación y estimar un promedio entre cinco medidas realizadas. Los datos se pueden registrar en tablas como las siguientes:

Masa [kg]	
Longitud [m]	
Amplitud angular [grados]	

Medidas período de oscilación [s]

# 1	
# 2	
# 3	
# 4	
# 5	
Promedio de medidas	

Repetir lo anterior para el péndulo simple con aproximación al movimiento armónico simple, fijando parámetros similares, pero ahora con $\phi_0 = 25^\circ$.

Comparar los resultados para ambos péndulos y responder las siguientes preguntas:

- De acuerdo con el promedio de medidas para el período de oscilación, ¿cuál sería el error ΔT ?
- Considerando que al utilizar un cronómetro para medir los períodos de oscilación, hay un tiempo de respuesta entre lo que estima el ojo humano y el instante en que se activa o se detiene el cronómetro, una forma de reducir el error es estimando el promedio de las cinco medidas realizadas. ¿De qué formas se puede reducir aún más el error cometido?
- ¿Cómo se relaciona el período con la frecuencia angular del desplazamiento?

3. Relación entre la longitud y el periodo de un péndulo simple.

Fijar la longitud del péndulo en $L = 0.9\text{ m}$ y elegir un valor para la masa m . Tomar el tiempo que el péndulo tarda en registrar 10 oscilaciones y repetir el procedimiento, pero cambiando la longitud cada 10 cm. En este caso, se pueden registrar los datos obtenidos en una tabla como la siguiente:

Periodo y longitud de un péndulo simple.

Longitud L [cm]	Período $T = t/n$ [s]

Análisis del resultado.

Utilizar un programa para elaborar una gráfica de la longitud en función del período de oscilación (L vs. T).

- ¿De qué tipo es la curva representativa?
- ¿Cuál es la relación de proporcionalidad que existe entre las variables longitud y periodo?
- ¿A qué se debe este comportamiento?