# Experimento Online – Péndulo Simple

Nombre: ____________________________________________

Nombre:____________________________________________

Nombre:____________________________________________

Conjunto:

________________

En este experimento online, estudiaremos el movimiento de un péndulo simple, compuesto por una esfera unida al extremo inferior de una cuerda, cuyo extremo superior está fijo. Este sistema oscila después de abandonar la esfera de una cierta amplitud inicial. Comenzaremos con la medida de las posiciones angulares de la cuerda, en función del tiempo, que se obtendrán de la lectura directa en el transportador ubicado detrás y muy cerca de ella. Desde las posiciones angulares y los tiempos, calcularemos las velocidades y determinaremos las energías (potencial gravitacional, cinética y mecánica) en función del tiempo. Finalmente, verificaremos mediante un método gráfico, por un análisis estadístico si se puede afirmar que la energía mecánica se conserva.

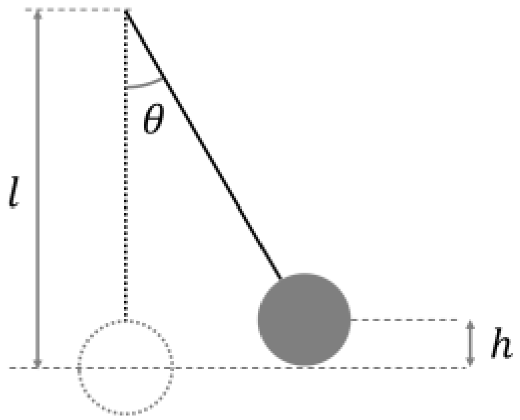
***¡Escucha las instrucciones dadas por el profesor antes de iniciar la actividad!***

**1.** Abre la página inicial de **Mecánica Experimental con Imágenes** (MEXI) con el link ***http://fep.if.usp.br/~fisfoto***. En el menú ***Experimentos de Rotação***, selecciona el de ***Pêndulo Simples***.

**2.** Mira el video de demostración del experimento disponible en la pestaña ***Apresentação***. Navega por las pestañas ***Filmagens*** y ***Materiais*** para entender los detalles del aparto experimental.

**a)** A partir de la observación de los videos, ¿tu expectativa inicial es que la energía mecánica se conserva o no? Justifica tu respuesta en función de los parámetros visuales y/o intuitivos que utilizaste en tu pensamiento.

**b)** Orienta el eje vertical para las alturas hacia arriba y adopta su origen en el centro de la esfera cuando está en su posición de equilibrio. Deduce el valor de la altura $h$ desde el centro de la esfera para una posición alejada de la posición de equilibrio en función de la longitud $l$ del péndulo y del ángulo $\theta$ de abertura.




**3.** Descarga la plantilla de cálculo disponible en ***http://fep.if.usp.br/~fisfoto/plantillaHojaCalculo***. Sigue los siguientes pasos usando esta hoja de cálculo. Escribe la identificación del conjunto de imágenes que te han asignado en la esquina superior derecha de esta página. Abre la pestaña ***Filmes e Quadros*** y registra también los valores de tu conjunto de imágenes, como la masa $\boldsymbol{m}$ de la esfera, la longitud $\boldsymbol{l}$ de la cuerda y su espesura $\Delta\boldsymbol{\theta_f}$. Abre la pestaña ***Quadros*** y elige el conjunto de imágenes que te fue atribuido.

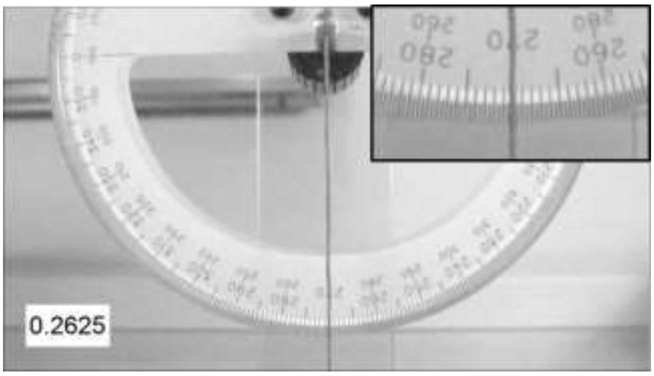



**Figura 1.** Imagen del aparato experimental del péndulo, con el transportador, la cuerda en reposo y el código de tiempo.

**4.** La Figura 1 muestra una imagen extraída de un video del experimento. En él, se muestran la cuerda frente al transportador, con un ancho de $0,5°$, y el código de tiempo en la esquina inferior izquierda, que corresponde al instante (en segundos) en que esa imagen se obtuvo, dentro de cierto conjunto de uno de los videos del experimento. Lee los valores de posición angular de la cuerda en función del tiempo, llevando en cuenta las siguientes instrucciones:

**a)** Usa la escala de lectura más interna del transportador cuyos valores aumentan en sentido antihorario;
**b)** Adopta como punto de referencia de tus lecturas el extremo derecho de la cuerda;
**c)** Para evitar errores sistemáticos y hacer coincidir el centro geométrico de la cuerda con el valor esperado de cada medida, es necesario restar del valor leído la mitad de la espesura $\Delta\boldsymbol{\theta}_f$ de la cuerda, pero para que coincida la marca $0°$ con la posición de equilibrio del péndulo, es necesario realizar un cambio de sistema de referencia, restando $270°$ del valor leído, de modo que $\boldsymbol{\theta}_{definitivo} = \boldsymbol{\theta}_{leido} - \mathbf{270°} - \Delta\boldsymbol{\theta}_f/\mathbf{2}$.
**5.** Calcula las velocidades angular y tangencial del péndulo en función del tiempo.
**a)** Para obtener la velocidad angular, recurriremos a un método conocido como derivación numérica: aproximaremos la velocidad angular instantánea en un cierto instante $\boldsymbol{t_i}$ como siendo la *velocidad angular media* en el intervalo $\boldsymbol{t_{i-1}} \leq \boldsymbol{t_i} \leq \boldsymbol{t_{i+1}}$. Es decir, lo haremos $\boldsymbol{\omega}(\boldsymbol{t_i}) = \frac{\boldsymbol{\theta_{i+1}} - \boldsymbol{\theta_{i-1}}}{\boldsymbol{t_{i+1}} - \boldsymbol{t_{i-1}}}$, donde $\boldsymbol{i}$ es el número de la imagen dentro de tu conjunto. Ten en cuenta que no será posible calcular la velocidad para el primer o el último instante de tiempo en la tabla.
**b)** Calcula la velocidad tangencial $\boldsymbol{v}(\boldsymbol{t_i})$ del péndulo para cada instante de tiempo, a partir de la velocidad angular $\boldsymbol{\omega}(\boldsymbol{t_i})$ y la longitud $\boldsymbol{l}$ de la cuerda.
**6.** Calcula las energías potencial gravitacional, cinética y mecánica en función del tiempo para cada instante.
**a)** Determina la energía potencial gravitacional usando $\boldsymbol{U}(\boldsymbol{t_i}) = \boldsymbol{m} \cdot \boldsymbol{g} \cdot \boldsymbol{h}(\boldsymbol{t_i})$, con la altura $\boldsymbol{h}$ calculada en **2b**.
**b)** La energía cinética puede ser calculada como $\boldsymbol{K}(\boldsymbol{t_i}) = \boldsymbol{m} \cdot [\boldsymbol{v}(\boldsymbol{t_i})]^2/\mathbf{2}$.
**c)** Para la energía mecánica $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{t_i})$, haz la suma de las energías potencial y cinética para cada $\boldsymbol{t_i}$.
**d)** Construye en un mismo sistema de ejes los gráficos de energías en función del tiempo.


**e)** Interpreta el comportamiento de cada energía explorando los significados de los posibles elementos del gráfico, como aumentar o disminuir los ensanchamientos y los puntos máximos o mínimos.

**7.** ¡Ahora, trataremos de analizar si la energía mecánica se conserva!
**a)** Calcula el valor medio y la desviación estándar de los valores de energía mecánica. ¡Las fórmulas `MÉDIA()` y `DESVPAD()` del Excel pueden ser útiles!
**b)** Construye un nuevo gráfico de la energía mecánica en función del tiempo. Introduce barras de incertidumbre en los puntos experimentales, de acuerdo con la desviación estándar encontrada. También ingresa una línea constante para el valor medio de la energía mecánica. *Consejo*: Ajusta la escala del eje de energía para que se puedan ver bien los puntos y las barras de incertidumbre en comparación con la línea de valor medio.
**c)** ¿Qué porcentaje de puntos experimentales es menor o mayor que una desviación estándar del valor medio? Suponiendo que los datos se comportan de acuerdo con una distribución normal (gaussiana), ¿qué nos permite concluir sobre la conservación de la energía mecánica? ¿Esta conclusión corrobora su expectativa inicial, informada en **2a**?