

Experimento Online – loop

USP

Nombre: _____
Nombre: _____
Nombre: _____

Conjunto : _____

En este experimento online estudiaremos el movimiento de una esfera que realiza un movimiento de rotación sobre una pista dentro de un loop. Comenzaremos midiendo las posiciones angulares de la esfera con las marcas (en grados) del transportador, en función del tiempo. Desde las posiciones y tiempos angulares, calcularemos las velocidades y determinaremos las fuerzas que actúan sobre la esfera. Finalmente, construiremos un gráfico de esas fuerzas en función de la posición angular. Eso nos permitirá analizar el comportamiento de cada una y compararlas con las suposiciones que generalmente se hacen para el modelo adoptado al resolver el problema teórico clásico del loop.

¡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 Rotación**, selecciona el de **Loop**.
 2. Mira el video de demostración del experimento disponible en la pestaña **Apresentação**. Navega por las pestañas **Filmagens** y **Materiais** para ver los detalles del aparato experimental.
- a) Haz el diagrama de cuerpo libre de la esfera en el punto de altura máxima y en una posición anterior a ella:



- b) El problema teórico clásico del loop usualmente pide que sea calculada la altura mínima em que la esfera debe ser abandonada para poder completar el giro sin descolar de la pista. Al resolver este problema, ¿qué suposición se hace acerca de la energía mecánica? ¿Y cuánto se supone que vale la fuerza normal en el punto más alto del círculo en esa situación límite?

3. Descarga la plantilla de cálculo disponible en <http://fep.if.usp.br/~fisfoto/plantillaHojaCalculo>. Realiza paso a paso los cálculos en esa planilla de ahora en adelante. 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 los datos de tu conjunto, como la masa m de la esfera y el radio R de la trayectoria del loop. Abre la pestaña **Quadros** y elige el conjunto de imágenes que te fue atribuido.

4. La figura 1 muestra una imagen extraída de un video del experimento. En ella, aparece la esfera y el transportador pegado a la parte fija del aparato. En la esquina superior izquierda aparece el código de tiempo, que corresponde al instante (en segundos) en el que se obtuvo esta imagen, de un determinado conjunto de un video del experimento.

- a) para leer la posición angular de la esfera, imagina un eje radial que pase por su centro y verifica dónde intercepta el transportador de referencia. Si eliges un eje tangente a la esfera, puedes hacer esta lectura y sumar o restar de los valores encontrados un valor de ángulo correspondiente a la mitad de la esfera, para recuperar la posición angular del centro de ella. Una vez que hayas elegido la manera de medir, lee la posición angular en todas las imágenes con el mismo criterio. Ten en cuenta que la distancia mínima entre las marcas en la escala del transportador es de 0.5° .

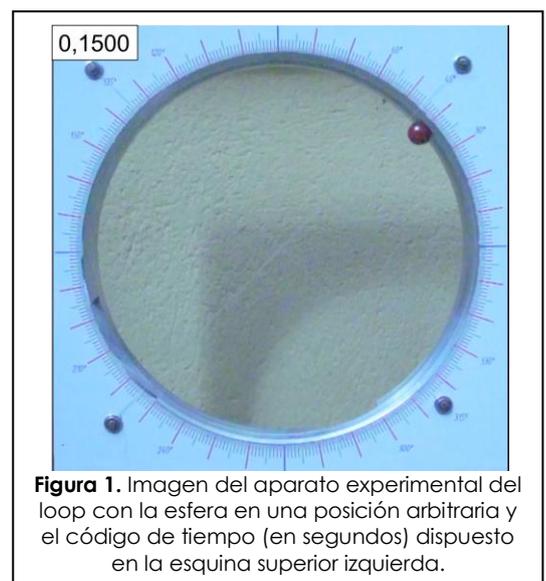


Figura 1. Imagen del aparato experimental del loop con la esfera en una posición arbitraria y el código de tiempo (en segundos) dispuesto en la esquina superior izquierda.

b) notarás que el movimiento comienza con la esfera en el cuarto cuadrante del transportador, donde las marcas están entre $\theta = 270,0^\circ$ y $\theta = 360,0^\circ$. Para que tus valores de posición angular tengan una tendencia creciente, es necesario que, en este cuadrante, y *solo en él*, tus lecturas tengan valores entre $\theta = -90,0^\circ$ y $\theta = 0^\circ$. Por lo tanto, puedes mantener las lecturas de acuerdo con la marca del transportador, siempre que se resten 360° del valor leído;

c) Calcula las posiciones angulares de la esfera en radianes, que se obtendrán a partir de los valores leídos en grados. Para realizar la conversión puedes usar la fórmula $\text{RADIANOS}()$ del Excel. ¡De ahora en adelante, estas serán las posiciones angulares utilizadas en tus cálculos!

5. Calcula los valores de las velocidades angulares y tangenciales de la esfera en función del tiempo.

a) Para realizar los cálculos de velocidad angular, utilizaremos un método conocido como derivación numérica: aproximaremos la velocidad angular instantánea en un cierto instante t_i como siendo la velocidad angular media en el intervalo $t_{i-1} \leq t_i \leq t_{i+1}$. Es decir, lo haremos $\omega(t_i) = \frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$, donde i es el número de cada imagen de tu conjunto. Ten en cuenta que no será posible calcular la velocidad para el primer o el último instante de tiempo de la tabla.

b) Calcula la velocidad tangencial $v(t_i)$ de la esfera (en su trayectoria circular) para cada instante de tiempo, con los valores de la velocidad angular $\omega(t_i)$ y el radio R del loop.

c) Construye el gráfico de la velocidad tangencial $v(t_i)$ en función del tiempo.

6. Adopta un sistema de coordenadas polares que se origine en el centro del loop y, considera que la dirección radial tiene la dirección convencional, positiva para fuera de la circunferencia. Es posible así calcular la fuerza centrípeta resultante como $R_{cp}(t_i) = -m \cdot [v(t_i)]^2 / R$ y la proyección radial de la fuerza peso como $P_{radial}(t_i) = -m \cdot g \cdot \text{sen}[\theta(t_i)]$, donde m es la masa de la esfera, R el radio de la trayectoria y g la intensidad de la aceleración local de la gravedad. Introduce estas fórmulas en tu planilla y determina el valor de dichas fuerzas para todos los instantes de tiempo posibles.

a) Expresa la 2ª ley de Newton para la dirección radial, de acuerdo con el diagrama de fuerzas construido en la pregunta **2a**. Determina la fuerza normal a partir de esa ecuación, introduciendo la fórmula en tu hoja de trabajo y calcula el valor de la fuerza normal para todos los instantes de tiempo posibles.

b) Construye, en un único sistema de ejes coordenados la gráfica de cada fuerza en función de la posición angular (en grados). No olvides incluir las barras de incertidumbre.

7. Responde los siguientes ítems, considerando todos los resultados obtenidos.

a) Dibuja abajo de los gráficos que tienes en los ítems **5c** y **6b**.



b) Interpreta los gráficos obtenidos. En tus comentarios, explora los significados de los posibles elementos de la gráfica, como su aumento o disminución, los ensanchamientos, los puntos máximos o mínimos y otros detalles que consideres importantes.

c) Recupera las respuestas de la pregunta **2b** y comenta si las suposiciones que normalmente se consideran en el problema teórico se corresponden con tus resultados experimentales. En cualquier caso, comenta lo que se puede deducir de este análisis desde el punto de vista físico.