



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formatos para prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
TRONCO COMÚN	2005-2	4348	DINÁMICA

PRÁCTICA NO.	LABORATORIO DE	LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS	DURACIÓN (HORAS)
DIN-09	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PÉNDULO SIMPLE	2:00

1. INTRODUCCIÓN

Esta práctica está diseñada para que el alumno obtenga experimentalmente la ecuación que gobierna el péndulo simple utilizando un péndulo sencillo que bien pudiera haberlo construido él mismo. El péndulo es equipado con un sistema de adquisición de datos que le permite medir el tiempo que dura una oscilación con buena precisión.

Se proporciona los fundamentos teóricos que le permiten, al alumno, recordar lo visto en clase y comprender con mayor facilidad las actividades a realizar en el proceso de experimentación del fenómeno, también se redacta procedimiento a seguir, así como, la forma en que debe de presentar el resultado para lograr el objetivo deseado. Con el tiempo y la longitud se realiza una tabla, proporcionando las indicaciones a seguir para obtener la ecuación que gobierna el fenómeno. Con este experimento sencillo, se espera que el alumno desarrolle su creatividad e imaginación para su aplicación e interpretación en equipo ingenieril y de uso común.

2. OBJETIVO (COMPETENCIA)

Analizar un sistema oscilatorio simple al hacer funcionar un péndulo simple y el factor de corrección, utilizando el péndulo reversible de Katar, mostrando una disposición para aplicar la creatividad, de trabajar en equipo y responsabilidad en el uso de material y equipo de laboratorio

3. FUNDAMENTO

Un péndulo simple se define como una partícula de masa m suspendida del punto O , como se muestra en la Fig. 1, por un hilo inextensible de longitud l y de masa despreciable.

Si la partícula se desplaza a una posición θ (ángulo que hace el hilo con la vertical) y luego se suelta, el péndulo comienza a oscilar.

Formuló	Revisó	Aprobó	Autorizó
FIS. JUAN ORTIZ HUENDO	M. C. ENRIQUE RENÉ BASTIDAS PUGA	M.I JUAN GUILLERMO ANGUIANO SILVA	M.C. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de Programa Educativo	Gestión de Calidad	Director de la Facultad



Formatos para prácticas de laboratorio

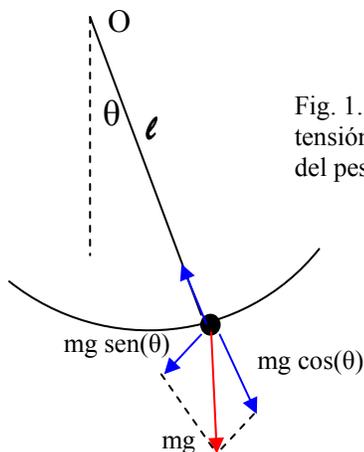


Fig. 1. Representación de tensión y las componentes del peso en un péndulo.

El péndulo describe un arco de una circunferencia de radio ℓ . Estudiaremos su movimiento en la dirección tangencial y en la dirección normal. Las fuerzas que actúan sobre la partícula de masa m son dos; la fuerza vertical (el peso mg) y la acción del hilo (una fuerza T en la dirección radial). Al descomponer el peso en la dirección tangencial ($mg \sin(\theta)$) y dirección radial ($mg \cos(\theta)$).

Ecuación del movimiento en la dirección radial

La aceleración de la partícula es $a_n = v^2 / \ell$, dirigida radialmente hacia el centro de su trayectoria circular. La segunda ley de Newton se escribe como:

$$ma_n = T - mg \cos(\theta) \tag{1}$$

Conocido el valor de la velocidad (v) en la posición angular (θ) podemos determinar la tensión (T) del hilo. Principio de conservación de la energía

En la posición $\theta = \theta_0$ el péndulo únicamente tiene energía potencial, que se transforma totalmente en energía cinética cuando el péndulo pasa por la posición de equilibrio.

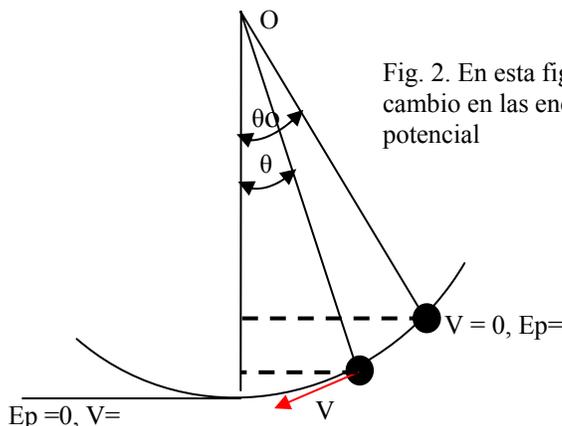


Fig. 2. En esta figura se muestra el cambio en las energías cinética y potencial

Compararemos dos posiciones del péndulo: en la posición extrema $\theta = \theta_0$, la energía es solamente potencial.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formatos para prácticas de laboratorio

$$E = mg(l - l \cdot \cos\theta_0) \quad (2)$$

En la posición θ , la energía del péndulo es parte cinética y parte potencial

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mg(l - l \cdot \cos\theta) \quad (3)$$

De acuerdo al principio de la conservación de la energía, la energía cuando el ángulo vale θ_0 debe de ser igual que cuando vale θ , por lo tanto podemos igualar las ecuaciones (2) y (3), para obtener la ecuación de la velocidad en función de ángulo:

$$v^2 = 2gl(\cos\theta - \cos\theta_0) \quad (4)$$

La tensión se puede obtener del balance de las fuerzas de la Fig. 1 de la cuerda y utilizando la ecuación de la aceleración radial de la siguiente manera:

$$a_n = \frac{v^2}{l}$$

de la ecuación (1)

$$ma_n = T - mg \cos(\theta)$$

Sustituyendo la ecuación de la aceleración angular (4) en la ecuación anterior se obtiene:

$$m \frac{v^2}{l} = T - mg \cos(\theta)$$

Despejando T

$$T = m \frac{v^2}{l} + mg \cos(\theta)$$

Sustituyendo la ecuación (4)

$$T = m \frac{2gl(\cos(\theta) - \cos(\theta_0))}{l} + mg \cos(\theta)$$

Desarrollando las operaciones necesarias finalmente se obtiene la ecuación:

$$T = mg(3\cos\theta - 2\cos\theta_0) \quad (5)$$

La tensión de la cuerda no es constante, sino que varía con la posición angular θ . Su valor máximo se alcanza cuando $\theta=0$, el péndulo pasa por la posición de equilibrio (la velocidad es máxima). Su valor mínimo, cuando $\theta=\theta_0$ (la velocidad es nula).

La aceleración tangencia o radial de la partícula es:



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formatos para prácticas de laboratorio

$$a_t = \frac{dv}{dt} \quad (6)$$

Recuérdese, que la componente tangencial de la aceleración describe únicamente los cambios en el módulo de la velocidad de la partícula, mientras que la aceleración normal da cuenta de los cambios en la dirección de la velocidad con el tiempo.

La segunda ley de Newton se escribe

$$ma_t = mg \cdot \text{sen}(\theta) \quad (7)$$

La relación entre la aceleración tangencial a_t y la aceleración angular a es $a_t = l \cdot a_{\text{angular}}$. Considerando la relación entre la velocidad lineal y angular, la ecuación del movimiento podemos escribirla de la siguiente forma de ecuación diferencial

$$l \cdot a_{\text{angular}} = l \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} = a_t$$

Al sustituir esta ecuación en (7) se obtiene:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \text{sen}(\theta) = 0 \quad (8)$$

Oscilaciones de pequeña amplitud

Cuando el ángulo (θ) es pequeño entonces, $\text{sen}(\theta) \cong (\theta)$, el péndulo describe oscilaciones armónicas cuya ecuación es

$$\theta = \theta_0 \cdot \text{sen}(wt + \alpha) \quad (9)$$

de fase inicial (α), tiempo (t), frecuencia angular $w^2=g/l$, o de periodo

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (10)$$

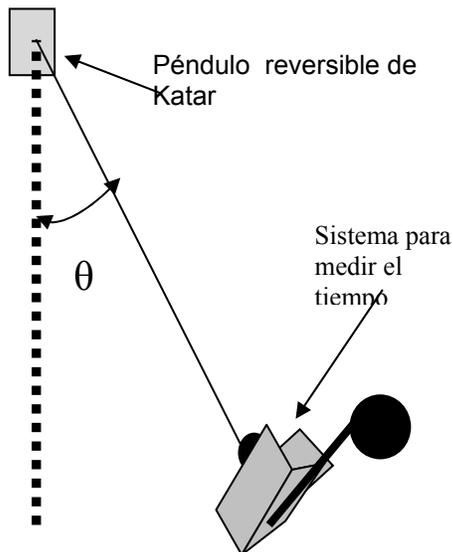
4. PROCEDIMIENTO (DESCRIPCIÓN)	
A)	EQUIPO NECESARIO
	MATERIAL DE APOYO
-metro	
-Péndulo reversible de Katar	
- sistema de adquisición de datos.	



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formatos para prácticas de laboratorio

B) DESARROLLO DE LA PRÁCTICA



1. Acomodar el péndulo
2. Colocar el medidor de tiempo como se ilustra en la figura
3. Colocar el péndulo a una altura h de tal manera que forme un ángulo θ_0 con la vertical.
4. Soltar el péndulo para que oscile. Fig.2 Arreglo del péndulo simple.
5. Tomar las lecturas de tiempo cada 5 oscilaciones
6. Dividir la lectura del tiempo entre cinco para obtener el tiempo que tarda en efectuarse una oscilación (el periodo).
7. Repetir el ejercicio variando el ángulo y llenar la tabla 1.

θ	$\cos(\theta)$	T
10°		
20°		
30°		
40°		
50°		

C) CÁLCULOS Y REPORTE

1. Calcular el periodo con la ecuación (10) y compararlo con los datos medidos



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formatos para prácticas de laboratorio

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6. ANEXOS

7. REFERENCIAS

1. Beer Fernando P., Johnston E. Russell, Eisenberg Elliot R. Mecánica Vectorial para Ingenieros Dinámica. Octava edición. Mc. Graw-Hill/interamerican editores, S.A. de C. V. México, 2004. ISBN:970-26-0500-8
2. Hibbeler R. C. Mecánica Vectorial Para Ingenieros Dinámica. Decima edición. PEARSON Education, México, 2004. ISBN:970-26-0500-8.