

Laboratorios didácticos de física (LDF) como herramienta para la enseñanza de las oscilaciones de un cuerpo rígido para estudiantes de Ingeniería



A. Hurtado,^{1,2,3} O. Suárez^{1,2,3}

¹Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Colombia.

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Colombia, Calle 12, No. 4-30.

³Grupo de Pedagogía y Didáctica de la enseñanza aprendizaje de las ciencias básicas.

E-mail: alejandro.hurtado@fuac.edu.co

(Recibido el 19 de Mayo de 2012; aceptado el 25 de Agosto de 2012)

Resumen

A partir de situaciones problemas y apoyados en la metodología de los laboratorios didácticos de física (LDF) se plantea a un grupo de estudiantes de Ingeniería, el estudio y análisis fenomenológico de las oscilaciones de un péndulo físico. Valiéndose de la elaboración de un prototipo sencillo de un disco en cartón paja, al cual se le hacen diferentes orificios colineales separados a una cierta distancia del centro de masa, los estudiantes deben establecer la relación funcional del periodo de oscilación del disco y la distancia a los orificios los cuales hacen de un nuevo eje de rotación. La metodología de los LDF y los resultados obtenidos están sustentados en el proyecto de investigación "Implementación de una estrategia para el desarrollo de competencias básicas desde los laboratorios didácticos de física que se desarrollan en la Universidad Autónoma de Colombia".

Palabras clave: Laboratorios Didácticos, Péndulo físico, Enseñanza de la física en ingeniería.

Abstract

From problem situations and supported by the methodology of physics teaching laboratories (LDF) sets a group of engineering students, study and phenomenological analysis of the oscillations of a physical pendulum. Using the development of a simple prototype of a cardboard straw disc, which makes it different collinear holes spaced at a distance from the center of mass, students must establish the functional relationship of the period of oscillation of the disk and the distance to holes which make a new axis of rotation. The methodology of the LDF and the results are supported by the research project "Implementation of a strategy for the development of basic competences from physics teaching laboratories that develop in the Universidad Autónoma de Colombia".

Keywords: Teaching Laboratories, physical pendulum, physics education in engineering.

PACS: 01.40.-d, 01.50.Qb, 01.55.+b

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Siendo las oscilaciones un fenómeno que sucede muy frecuentemente en la naturaleza y que se refleja en muchos hechos de la cotidianidad, no siempre dar explicación a esta fenomenología y establecer el modelo matemático que la describe puede o debe ser una tarea fácil. Así, por ejemplo el movimiento de vaivén realizado por un disco uniforme, variando su eje de rotación con relación al centro de masa podría generar en los estudiantes de ingeniería una serie de competencias, habilidades y destrezas en su proceso de enseñanza y aprendizaje.

Es así, como se le plantea a un grupo de estudiantes de ingeniería de la Universidad Autónoma de Colombia, que con un octavo de cartulina realicen un prototipo de disco uniforme, que los aproxime a analizar y resolver la siguiente situación desde la perspectiva de trabajo de los LDF: Un disco uniforme de masa M y radio R se articula a

un punto variable diferente a su centro de masa, poniéndose a oscilar. Con los datos tomados se pide encontrar el período oscilación como función de la separación d entre el centro de masa y el punto de articulación (pivote), como se observa en la Fig. 1. Adicionalmente, se pide elaborar una gráfica que ilustre el período en función de d cuando $0 < d < R$ y su interpretación para $d > R$.

II. LABORATORIOS DIDÁCTICOS DE FÍSICA

En la búsqueda de estrategias metodológicas que den apoyo a los procesos de enseñanza – aprendizaje de la física, es que surgen los laboratorios didácticos de física (LDF) como una alternativa para generar una serie de competencias, que conducen a estructurar y fortalecer la formación de los estudiantes de ingeniería.

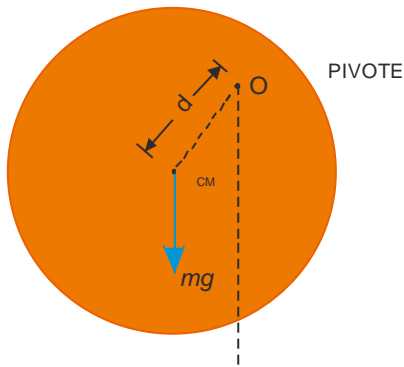


FIGURA 1. Disco uniforme oscilando con relación a diferentes ejes de rotación.

Entendiéndose el Laboratorio Didáctico de Física [1], desde una visión puramente curricular, como aquel tipo de actividad didáctica educativa con el propósito de contribuir a la formación de competencias básicas experimentales a través del cumplimiento de un programa disciplinar, es que se sustenta la propuesta Pedagógica – Didáctica planteada y fundamentada en el proyecto “Implementación de una estrategia para el desarrollo de competencias básicas desde los laboratorios didácticos de física que se desarrollan en la Universidad Autónoma de Colombia”.

La propuesta mencionada, se cimienta en algunos elementos de la teoría del aprendizaje significativo, el enfoque de procesamiento de la información y la enseñanza para la comprensión que sirve para estructurar el desarrollo de las competencias básicas del trabajo experimental. La estrategia es puesta a prueba en los estudiantes de los primeros semestres que cursan las asignaturas de física (Mecánica de partículas, Mecánica de sólidos y fluidos, Electromagnetismo y Física Moderna), que tienen su proceso de formación profesional en ingeniería.

Se busca que la misma contribuya significativamente, en los semestres sucesivos, a la formación de las competencias genéricas y específicas en los estudiantes después de haber cursado el ciclo básico de formación. Por eso, en el presente documento se muestra una de las experiencias, que conforman el curso de laboratorio de mecánica de sólidos, diseñadas para desarrollar la formación de las competencias básicas experimentales.

III. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

La modelación matemática que se requiere para que el periodo de oscilación del disco uniforme sea función de la distancia d , es decir $T = f(d)$, parte del principio de considerar que el sistema oscilante es un péndulo físico y que para desplazamientos angulares pequeños con relación a la vertical el movimiento resulta ser armónico simple [2]. Para esta condición el período de oscilación se calcula por la expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} \quad (1)$$

En donde m (kg) es la masa del disco, I ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$) es el momento de inercia del disco referido al eje de rotación que pasa por el punto O (pivote, en la Fig. 1) y d es la distancia del centro de masa del disco a dicho pivote.

Utilizando el teorema de los ejes paralelos se puede encontrar el momento de Inercia del disco referido al punto O por medio de la expresión:

$$I = \frac{1}{2}mR^2 + md^2 \quad (2)$$

Sustituyendo el valor de I de la Ec. (2) en la expresión dada en la Ec. (1) se obtiene:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + 2d^2}{2gd}} \quad (3)$$

expresión que será utilizada para los posteriores análisis.

IV. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL

A los estudiantes de Ingeniería que cursan la asignatura Mecánica de Sólidos y Fluidos, se les plantea la situación problema enunciada y siguiendo la metodología de los LDF, diseñan un prototipo de disco uniforme en cartulina, como el mostrado en la Fig. 2.



FIGURA 2. Prototipo en cartón paja del disco uniforme.

Obsérvese que los orificios se han realizado de tal manera que conservan ciertas distancias entre cada dos de ellos. En la parte inferior del disco se coloca una pequeña muesca de papel que sirve para “cortar” la señal en la fotocpuerta utilizada (ver Fig. 3), lo cual permite tomar el tiempo de las oscilaciones realizadas por el disco.



FIGURA 3. Equipo de medida de tiempo de las oscilaciones.

Luego de realizar el respectivo montaje y observar que la precisión de la fotocpuerta es de 1µs, se toman las medidas de *d* y los del período experimental *Te* (valor promedio de cuatro periodos tomados). Para los mismos valores de *d*, se realiza el cálculo del periodo teórico *T*, usando la Ec. (3), obteniéndose así la tabla de datos respectiva (Ver Tabla I).

TABLA I. Periodo experimental *Te* y Teórico *T_i* en función de la distancia *d* para un disco uniforme.

d(m)	Te(s)	T(s)
0,009	1,419281	1,404246
0,019	1,007895	0,996708
0,030	0,851560	0,837584
0,040	0,777445	0,772436
0,050	0,747573	0,741510
0,060	0,725748	0,729419
0,070	0,733966	0,728600
0,080	0,746030	0,734870

Con la tabla de datos registrada, se realiza en la hoja electrónica Excel, la respectiva gráfica la cual es mostrada en la Fig. 4.

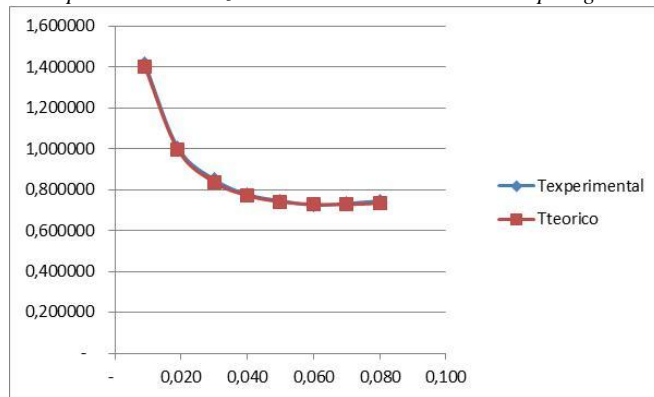


FIGURA 4. Gráfica del Periodo experimental *Te* y el Teórico *T* en función de la distancia *d*.

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Después de obtenida la gráfica mostrada en la Fig. 5, se entra a interpretar la tendencia de la curva registrada en dicha figura, para encontrar la solución a la situación problemática planteada, como lo era establecer la relación: *T = f(d)*. Los intentos realizados por los estudiantes fue el de obtener un ajuste de tipo hiperbólico o línea de tendencia inversa, por la forma presentada en la curva, lo cual es solo una parte del análisis y también debido a la cantidad de datos tomados.

Por eso, se realiza con los estudiantes un análisis más formal de la Ec. (3). Haciendo las derivadas respectivas del periodo de oscilación en función de la distancia *d*, de dicha ecuación y calculando los puntos de inflexión, se puede demostrar que el mínimo valor del período de oscilación del disco se obtiene cuando $d = \frac{\sqrt{2}}{2} R$ y para el cual el período es $T = \sqrt{\sqrt{2}} T_p \approx 1.19 T_p$, siendo

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} \tag{4}$$

Cuando *d = R* el valor del periodo es:

$$T = \sqrt{\frac{3}{2}} T_p \approx 1,22 T_p.$$

Para el caso en el cual $d \ll R$, es decir, que cuando el eje de rotación (orificio) está ubicado de tal manera que se está acercando al centro de masa del disco, se obtiene:

$$T = \frac{k}{\sqrt{d}} \tag{5}$$

Siendo, $k = \frac{2\pi R}{\sqrt{2g}}$ y por tanto la gráfica de la función obtenida en la Ec. (5) es una hipérbola y coincide en gran medida con la obtenida en la Fig. 4. Esto les permite a los estudiantes realizar los ajustes correspondientes para hallar

A. Hurtado, O. Suárez

la línea de tendencia y luego encontrar el valor de la constante k establecida en la Ec. 5.

Ahora bien, para el caso en el cual $d \gg R$, es decir cuando el disco parece convertirse en una masa puntual a medida que nos alejamos del eje de rotación, la expresión del período de oscilación se aproxima a:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}. \quad (6)$$

La expresión se corresponde con la del periodo de un péndulo simple de longitud d y por tanto la gráfica es una parábola que abre a la derecha.

La representación teórica de la función obtenida en la Ec. (3), se muestra en la Fig. 5, en dónde el valor del radio del disco es $R = 0,093\text{m}$ y $g = 9,76\text{m/s}^2$ (la magnitud de la aceleración de la gravedad en la ciudad de Bogotá) y en donde se incluyen valores de d muy superiores a R .

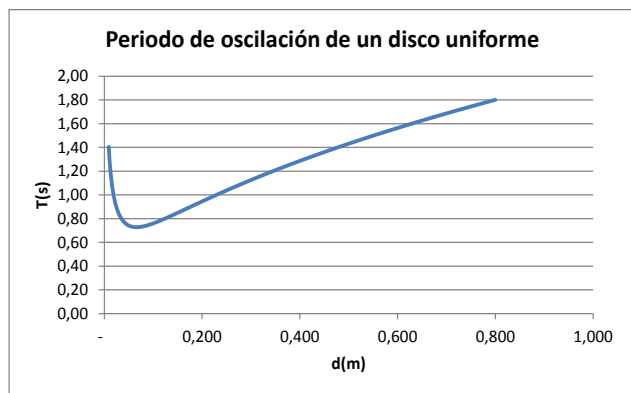


FIGURA 5. Gráfica teórica del período de oscilación de un disco uniforme en función de d .

Un análisis similar desde un punto de vista teórico, realizado para las oscilaciones de una varilla homogénea, se puede observar en otros textos de física [3] y una versión experimental usando microcontroladores se puede revisar en la referencia [4].

Ahora bien, al comparar los resultados obtenidos en la prueba experimental con el modelo teórico y que se registran en las Figs. 4 y 5, se puede observar la similitud entre ambas en el rango en donde se tomaron las medidas experimentales ($0 < d < R$) y ello permite consolidar

VI. CONCLUSIONES

La metodología utilizada en los LDF ha permitido que sean los estudiantes los que en gran parte elaboren tanto el modelo o prototipo experimental y a su vez elaboren un modelo matemático (en primera instancia aproximado, entre las variables registradas) y que luego es discutido y analizado. El péndulo físico podría ser estudiado con otros objetos diferentes al disco uniforme y a su vez contrastar con las curvas obtenidas en el presente escrito, sin necesidad de requerir a modelos matemáticos muy complejos.

Por otro lado, las prácticas experimentales basadas en los LDF fomenta la consolidación de competencias como el alto grado el Trabajo colaborativo en equipo, análisis e interpretación de información, aproximarse a la realidad de los LDF entre otras, que el Ingeniero debe obtener en su formación como profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Superior de Pedagogía y al Departamento de Ciencias Naturales y Exactas de la Fundación Universidad Autónoma de Colombia por financiar procesos de investigación que propenden por el mejoramiento de la actividad docente.

REFERENCIAS

- [1] Suárez, O., Navas, N., Silveira, C., *Formación de Competencias "Experimentales en Ingenieros"*, Memorias, IV Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria, La Habana, Cuba (2007), p 134.
- [2] Serway, R. y Jewett, J., *Física para Ciencias e Ingeniería*, Vol. 1, 7a Ed. (Ed. Cengage, México, 2009), pp. 432-443.
- [3] Tipler, P. y Mosca, G., *Física*, Vol. 1, 6a Ed. (Ed. Reverté, Barcelona-España, 2010), p.p. 475-477.
- [4] Lara, S. et al, *Estudio experimental de un péndulo Físico utilizando un microcontrolador AT – 892051*, Revista Scientia et Technica Año X, No. 25 (2004). UTP. ISSN 0122-1701, indexada en redialyc.