XXI

Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Valencia, 10 a 12 julio 2013

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ISBN: 978-84-608-1217-3

© XX1 CUIEET - Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Autor: XX1 CUIEET

Editor: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Coordinador: Enrique Ballester Sarrias

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Universidad Politécnica de Valencia

Camino de Vera s/n – 46022 Valencia

Tel +34 96 387 71 81

Fax +34 96 387 71 89

Web: http://XX1cuieet.webs.upv.es

Maquetación y diseño: Marta Ballester Collado, Carlos Sandia Paredes

ISBN: 978-84-608-1217-3

Nuevas prácticas de laboratorio de Física con el sensor de aceleración de los teléfonos móviles

Juan A. Monsoriu, Marcos H. Giménez, José A. Gómez-Tejedor, Juan C. Castro-Palacio[(1)], Fernando Giménez[(2)]

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Universitat Politècnica de València, E-46022 Valencia, España. jmonsori@fis.upv.es

*[(1)] Departamento de Química, Universidad de Basilea, Klingelbergstra. 80, CH-4056, Basel, Switzerland**

[(2)] I.U. Matemática Pura y Aplicada. Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022, València, Spain.

Resumen

El tema de Oscilaciones es muy importante en la mayoría de los cursos de Física en Ingenierías. En este trabajo, hemos utilizado el sensor de aceleración incorporado a los teléfonos móviles más avanzados (teléfonos inteligentes) para realizar experimentos sobre sistemas oscilatorios. En nuestros experimentos hemos utilizado un carril cinemático donde la fricción entre el móvil y la superficie de deslizamiento es despreciable. Para obtener oscilaciones amortiguadas, se disminuye el flujo de aire para aumentar así el rozamiento. En la primera parte se estudian las oscilaciones libres y amortiguadas. Los resultados obtenidos con el sensor de aceleración para el período, la frecuencia y la constante de amortiguamiento concuerdan muy bien con los obtenidos utilizando los métodos tradicionales. En la segunda parte se estudian los modos simétricos y anti-simétricos y de igual manera, los resultados obtenidos con el sensor de aceleración son muy cercanos a los obtenidos con un sensor de paso conectado a un cronómetro.

Palabras Clave: Sensor de aceleración, teléfono móvil, experiencia de laboratorio de Física.

Abstract

Oscillations are a very important topic in most of engineering Physics courses. In this work, the mobile acceleration sensor has been used to perform laboratory Physics experiments on oscillating systems. In our experiments, an air track has been used to decrease the friction force between the glider and the track. In order to obtain damped oscillations, the air flow at the air track is decreased. In the first part, free and damped oscillations are studied. Results for the period, frequency and damping constant match very well with other ways used for their measurement. In the second part, coupled oscillations are studied. Three cases have been included, that is, the symmetric mode, the asymmetric mode and non-normal oscillations. Results for the periods of the symmetric and asymmetric modes derived from the acceleration sensor match very well to those values measured with a photometer. The perspectives of this work for the Physics courses have also been discussed.

Keywords: Acceleration sensor, mobile phone, Physics experiment.

1. Introducción

Los dispositivos móviles de uso diario ofrecen nuevas oportunidades para la realización de experimentos en los cursos de Física de grado. Tal es el caso de las cámaras digitales [1], las cámaras web [2], los ratones ópticos de los ordenadores [3,4], las consolas de juego como la Wii [5], entre otros.

Por ejemplo, las cámaras digitales se han utilizado ampliamente para visualizar conceptos de Física y el estudio de fenómenos [6,7]. Por medio del análisis del vídeo del fenómeno, se pueden conocer distancias, intervalos de tiempo y la trayectoria de los objetos [8,9]. De esta manera, se facilita enormemente el estudio y la explicación de conceptos complejos. En el caso de la Wii, se tiene la posibilidad de disponer un sensor de aceleración tri-axial cuyo movimiento se puede seguir por medio de un dispositivo bluetoothque se comunica con la consola [5,9].

En el presente trabajo, utilizamos el sensor de aceleración de los teléfonos móviles avanzados (teléfonos inteligentes) para estudiar oscilaciones libres y amortiguadas en una primera parte del trabajo, y acopladas en la segunda parte. Para ello hacemos uso de un carril cinemático que permite controlar la fuerza de fricción entre el móvil y la pista, al aumentar o disminuir el flujo de aire intermedio. Los resultados que aquí se presentan pueden verse ampliados en las referencias 10 y 11.

El tema de Oscilaciones está presente en todos los cursos de Física General del Grado dada su gran importancia en el estudio de otros fenómenos oscilatorios y ondulatorios más complejos. En relación a este tema se han publicado muchas propuestas de experimentos docentes [12,13].

2. Montaje experimental.

Las fotografías de los montajes para el estudio de las oscilaciones libres y amortiguadas, y acopladas se muestran en las figuras 1 y 2, respectivamente. Los teléfonos móviles se montan encima de las deslizaderas móviles que a su vez se colocan sobre el carril cinemático. Mediante el control del suministro de aire, se puede aumentar o disminuir la fuerza de fricción entre la deslizadera y la pista.

Para la interacción con el sensor de aceleración del teléfono móvil se utilizó la aplicación para Google Android "Accelerometer Monitor ver 1.5.0". La misma ocupa 348 KB en la memoria SD y puede descargarse gratis desde Google Play en internet. Esta aplicación visualiza en pantalla los valores de la aceleración en los ejes x, y y z del

teléfono móvil y permite la grabación de los datos a fichero para su posterior utilización.

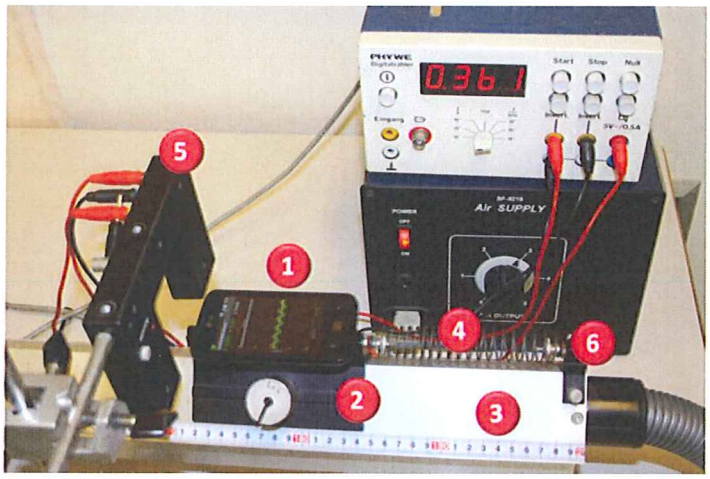

Figura 1. *Fotografía del montaje experimental para el estudio de las oscilaciones libres y amortiguadas. En la fotografía, (1) es el teléfono móvil, (2) es la deslizadera, (3) el carril cinemático, (4) el resorte, (5) el sensor de paso y (6) el extremo fijo.*

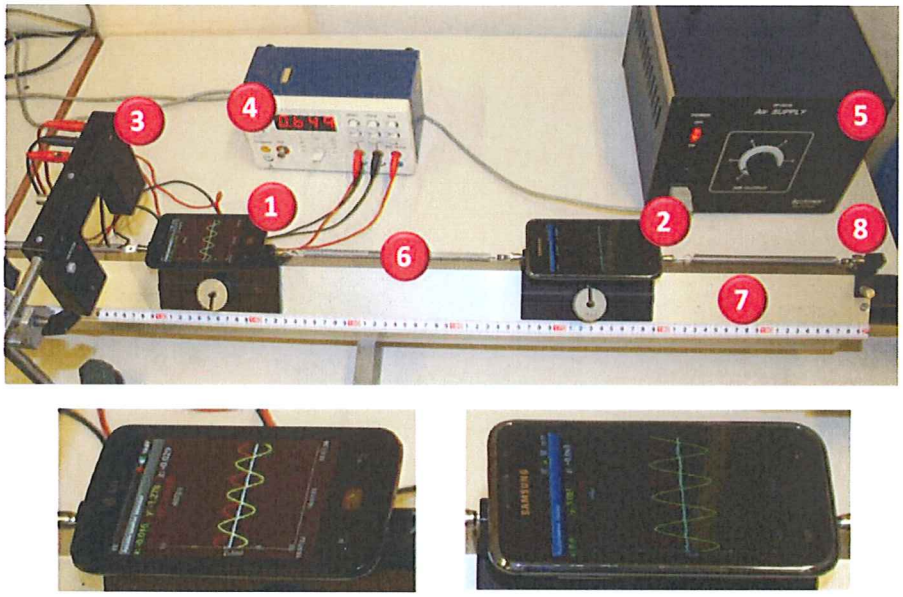

Figura 2. *Fotografía del montaje experimental para el estudio de las oscilaciones acopladas. En el panel superior de la fotografía, (1) y (2) son los teléfonos móviles, (3) el sensor de paso, (4) el contador digital de tiempo del sensor de paso, (5) el suministrador de aire, (6) el resorte central, (7) el carril cinemático y (8) el extremo fijo derecho. En el panel inferior de la figura se amplían las vistas de los teléfonos móviles. Las líneas amarillas en las pantallas de los dispositivos indican instantáneas de la aceleración.*

3. Oscilaciones libres y amortiguadas

Los resultados experimentales de la aceleración obtenidos a través de la aplicación "Acelerometer Monitor" han sido ajustados a la siguiente ecuación:

$$a(t) = A\sin(\omega_0 t + \phi_0)$$

donde A es la amplitud de la aceleración, ω_0 es la frecuencia angular y la ϕ_0 la constante de fase. Los parámetros han sido obtenidos utilizando un procedimiento de mínimos cuadrados. Los datos experimentales y la curva de ajuste se muestran en la figura 3.

En la tabla 1 se muestran los resultados para el cálculo del período, a partir del ajuste y con el sensor de paso. En la última columna se incluye la discrepancia, que indica que existe un buen acuerdo entre los resultados de ambos métodos.

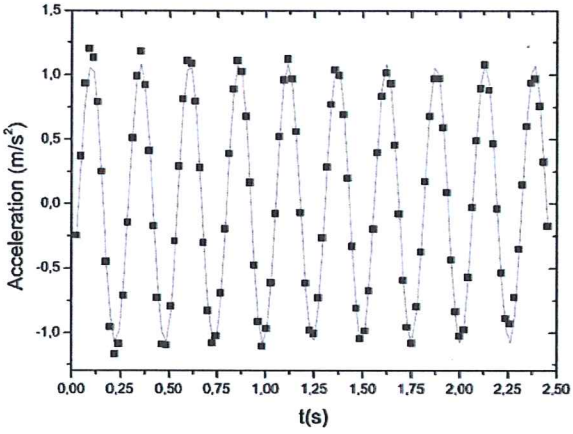

Figura 3. *Ajuste a los datos del acelerómetro para las oscilaciones libres.*

Tabla 1. *Resultados del cálculo del período de las oscilaciones libres a partir del ajuste y con el sensor de paso. La última columna indica la discrepancia entre ambos métodos.*

	$(T_{fit} \pm \delta T_{fit})\ s$	$(T_{Photo} \pm 0.001)\ s$	$D(\%)$
m_1	$0,2539 \pm 0,0001$	$0,259$	$1,99$
m_2	$0,2916 \pm 0,0001$	$0,291$	$0,21$
m_3	$0,3237 \pm 0,0001$	$0,323$	$0,23$
m_4	$0,3556 \pm 0,0001$	$0,356$	$0,11$
m_5	$0,3617 \pm 0,0001$	$0,365$	$0,91$
m_6	$0,3802 \pm 0,0002$	$0,380$	$0,05$

Las oscilaciones amortiguadas se pueden representar por la siguiente ecuación:

$$a(t) = De^{-\gamma t}\sin(\omega t + \phi)$$

Donde D es la amplitud de la aceleración para t=0 s, γ es la constante de amortiguamiento y ϕ la constante de fase. En la figura 4 se muestran los resultados del ajuste a la ecuación anterior y en la tabla 2 los parámetros y sus respectivos errores.

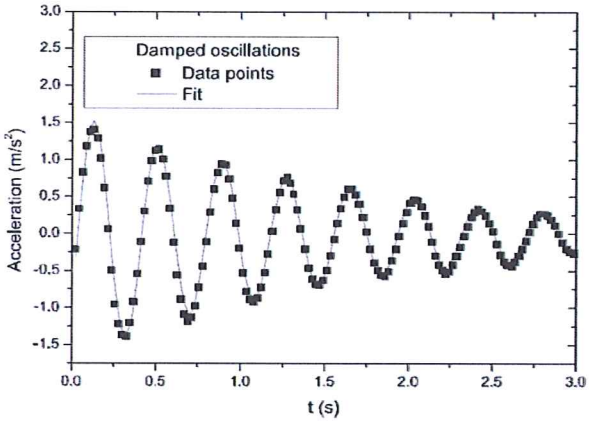

Figura 4. *Ajuste a los datos del acelerómetro para las oscilaciones amortiguadas.*

Tabla 2. *Parámetros del ajuste de las oscilaciones amortiguadas y su error correspondiente. En la última columna se muestra el coeficiente de correlación.*

	$(D \pm \delta D)\ m/s^2$	$(\gamma \pm \delta\gamma)\ s^{-1}$	$(\omega \pm \delta\omega)\ rad/s$	$(\phi \pm \delta\phi)\ rad$	R^2
m_6	$1,64 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,02$	$16,52 \pm 0,01$	$-0,56 \pm 0,01$	$0,9816$

3. Oscilaciones acopladas

Las formas funcionales de las aceleraciones, a_1 y a_2, de los teléfonos móviles se representan a través de las siguientes ecuaciones:

$$a_1 = \frac{d^2x_1}{dt^2} = -\frac{1}{2}\left[A_1\omega_1^2\sin(\omega_1 t + \phi_1) + A_2\omega_2^2\sin(\omega_2 t + \phi_2)\right]$$

$$a_2 = \frac{d^2x_2}{dt^2} = -\frac{1}{2}\left[A_1\omega_1^2\sin(\omega_1 t + \phi_1) - A_2\omega_2^2\sin(\omega_2 t + \phi_2)\right]$$

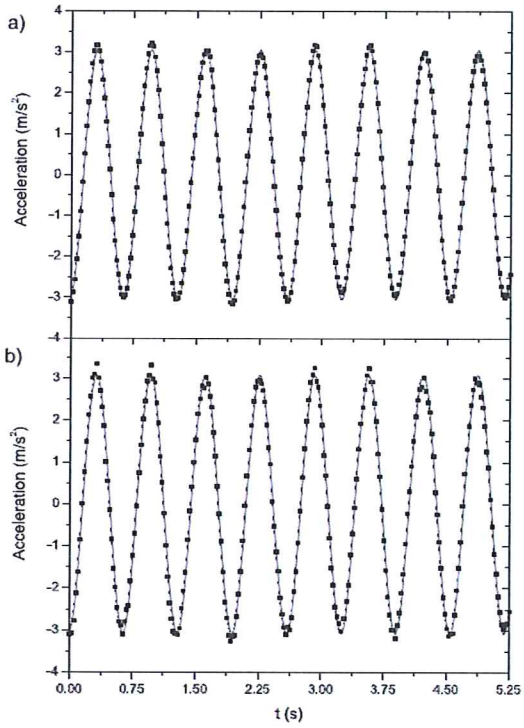

Figura 5. *Ajustes de los datos del acelerómetro para las oscilaciones amortiguadas simétricas.*

donde A_1 y A_2 representan las amplitudes de las oscilaciones normales, ω_1 y ω_2 las frecuencias y ϕ_1 y ϕ_2 las constantes de fase, respectivamente. Para el caso de los modos simétricos y anti-simétricos de oscilación, A_2=0 y A_1=0, respectivamente.

En las figuras 5 y 6 se muestran los casos de las oscilaciones simétricas y anti-simétricas, respectivamente. Se puede apreciar la calidad del ajuste realizado.

4. Conclusiones

El sensor de aceleración de los teléfonos móviles nos ha permitido el estudio de oscilaciones libres, amortiguadas y acopladas de una manera muy simple. Los resultados indican un buen acuerdo entre las magnitudes medidas con el acelerómetro y haciendo uso de una metodología tradicional. Tal es el caso de las mediciones del período de las oscilaciones obtenido del ajuste y de la medición con el sensor de paso conectado a un cronómetro. En las oscilaciones amortiguadas se midió la constante de amortiguamiento y se comparó con el resultado teórico, obteniéndose también una buena concordancia.

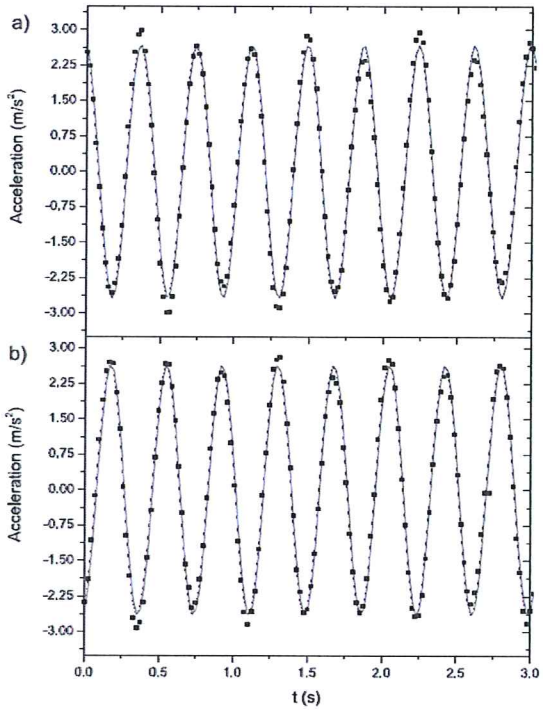

Figura 6. *Ajustes de los datos del acelerómetro para las oscilaciones amortiguadas anti-simétricas.*

En la segunda parte del trabajo, se estudiaron los modos simétricos y antisimétricos de los osciladores acoplados. De igual manera, el acuerdo entre el ajuste y la medida alternativa del período haciendo uso del sensor de paso, fue bueno. Los experimentos desarrollados en este trabajo ofrecen gran perspectiva en el uso del sensor de aceleración del teléfono móvil en el laboratorio de Física General. Por ejemplo, de manera similar se pueden estudiar los péndulos simple y de torsión, así como oscilaciones bidimensionales.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de ciencias de la Educación de la Universitat Politècnica de València, programa de Equipos de Innovación y Calidad Educativa, por el apoyo dado al Equipo de Modelización Matemática y Aprendizaje Colaborativo (MoMa) y al Equipo de Innovación en Metodologías Activas para el Aprendizaje de la Física (e-MACAFI).

6. Referencias

1. J. A. Monsoriu, M. H. Giménez, J. Riera y A. Vidaurre, *Eur. J. Phys.*, **26**(6) (2005) 1149.

2. S. Shamim, W. Zia y M. S. Anwar, *Am. J. Phys.*, **78**(4) (2010) 433.

3. O. O. Romulo y K. N. Franklin, *Am. J. Phys.*, **65**(11) (1997) 1115.

4. T. W. Ng y K. T. Ang, *Am. J. Phys.*, **73**(8) (2005) 793.

5. S. L. Tomarken, D. R. Simons, R. W. Helms, W. E. Johns, K. E. Schriver et al., *Am. J. Phys.*, **80**(4) (2012) 351.

6. A. Vidaurre, J. Riera, M. H. Giménez y J. A. Monsoriu, *Comp. App. Eng. Educ.*, **10**(1) (2002) 45.

7. J. Riera, M. H. Giménez, A. Vidaurre y J. A. Monsoriu, *Comp. App. Eng. Educ.*, **10**(3) (2002) 161.

8. H. C. Chung, J. Liang, S. Kushiyama y M. Shinozuka, *Int. J. Non-Linear Mech.*, **39**(5) (2004) 691.

9. T. Greczylo y E. Debowska, *Eur. J. Phys.*, **23**(4) (2002) 441.

10. R. Ochoa, F. G. Rooney y W. J. Somers, *Phys. Teach.*, **49**(1) (2011) 16.

11. J. C. Castro-Palacio, L. Velázquez-Abad, M. H. Giménez y J. A. Monsoriu, "Using the mobile phone acceleration sensor in Physics experiments: free and damped harmonic oscillations", *Am. J. Phys.* (aceptado).

12. J. C. Castro-Palacio, L. Velázquez-Abad, F. Giménez y J. A. Monsoriu, *Eur. J. Phys.*, **34**(3) (2013) 737.

13. P. Onorato, D. Mascoli y A. De Ambrosis, *Am. J. Phys.*, **78**(11) (2010) 1120.

14. G. Flores-Hidalgo y F. A. Barone, *Eur. J. Phys.*, **32**(2) (2011) 377.

XX1 cuieet — XX1 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

CERTIFICADO DE PRESENTACIÓN

Dña. Elena Sánchez Juan, Secretaria de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, CERTIFICA que

CERTIFICAT DE PRESENTACIÓ

Dña. Elena Sánchez Juan, Secretària de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyería del Disseny, CERTIFICA que

Juan A. Monsoriu, Marcos H. Giménez, José A. Gómez-Tejedor, Juan C.Castro-Palacio, Fernando Giménez

ha participado en calidad de ponente en el XX1 CUIEET - Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, celebrado en la ETSID de la Universidad Politécnica de Valencia, del 10 al 12 de julio de 2013 en Valencia, con la ponencia titulada

ha participat amb qualitat de ponent al XX1 CUIEET - Congrés Universitari d'Innovació Educativa en els Ensenyaments Tècnics, celebrat a l'ETSED de la Universitat Politècnica de València, del 10 al 12 de juliol de 2013 a València, amb la ponència titulada

Nuevas prácticas de laboratorio de Física con el sensor de aceleración de los teléfonos móviles

Para que así conste se expide el presente certificado, en Valencia, a 12 de julio de 2013.

Per a que conste s'expedeix el present certificat, a València a 12 de juliol de 2013.

Dña. Elena Sánchez Juan
Secretaria de la ETSID

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

conferenciadirectores