

Método de múltiples reflexiones para determinar el movimiento en un riel de aire

P. Padilla-Sosa, H.H. Cerecedo-Núñez y J. Narváez-Ramírez
*Facultad de Física e Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana,
Apartado Postal 270, Xalapa, Ver. México.*

F.H. Silva del Rosario y J. García-Guzmán
*Facultad de Ingeniería Mecánica-Eléctrica, Universidad Veracruzana,
Apartado Postal 270, Xalapa, Ver. México.*

Recibido el 30 de junio de 2008; aceptado el 18 de septiembre de 2008

Se utiliza un sistema automatizado y un riel de aire, para ejemplificar el movimiento rectilíneo uniforme y movimiento uniformemente acelerado en el laboratorio introductorio de física experimental. El sistema utiliza una combinación de sensores de luz y movimiento junto con instrumentación óptica. El propósito en la implementación de este sistema es utilizar un método alternativo en la determinación del tipo de movimiento e introducirlo en las prácticas de laboratorio. Este tipo de propuestas alternativas permiten que se involucren estudiantes en la realización de las prácticas de física experimental básica y en las cuales se utilizan la combinación de conceptos físicos.

Descriptores: Metrología; medidas y procedimientos de laboratorio; experimentos y aparatos de laboratorio; velocidad, aceleración y rotación; técnicas de prueba; procedimientos de prueba e inspección; sensores (químicos, ópticos, eléctricos, de movimiento, de gas, etc.); sensores remotos.

This work proposes an experimental set-up to explain the rectilinear and the accelerated uniform movements in the experimental laboratory. The system uses a combination of movement sensors and optics instrumentation. The proposed about this experimental work is to obtain measurements in practical laboratory using an alternative method and introducing to the students, to use different concepts of physic, in the experimental measurement.

Keywords: Metrology; measurements; and laboratory procedures; laboratory experiments and apparatus; velocity; acceleration; and rotation; techniques of testing; testing and inspecting procedures; sensors (chemical; optical; electrical; movement; gas; etc.); remote sensing.

PACS: 06; 01.50.Pa; 06.30.Gv; 01.50.Kw; 06.60.Mr; 07.07.Df

1. Introducción

La experiencia del laboratorio de física es de suma importancia como un apoyo en las materias teóricas, debido a que ayudan a complementar y corroborar diferentes conceptos utilizados en las clases teóricas. Dentro de las prácticas tradicionales que se implementan comúnmente en la licenciatura de física, se encuentra la demostración de los movimientos rectilíneo uniforme (M.R.U.) y uniformemente acelerado (M.U.A.), en las cuales se busca demostrar las relaciones que guardan la posición, velocidad y aceleración en función del tiempo. Este tipo de prácticas requiere la utilización de un riel de aire, un móvil montado sobre el mismo, un cronómetro, juego de masas, compresora de aire y además la disponibilidad del usuario para la toma de datos. La metodología a seguir consiste en realizar diferentes mediciones de distancia contra tiempo, observando después la conducta del gráfico respectivo. Sin embargo, aunque se puede demostrar la relación de los parámetros en dicho movimiento, resulta que las mediciones se ven afectadas por errores en la toma de datos; específicamente en el juicio del observador quien realiza la medición de manera imprecisa. El procedimiento anterior ha dado paso a que se realicen modificaciones en la forma como se realiza la toma de datos, en el sentido de que si bien se cuenta con los recursos suficientes, se usen detectores de luz o sensores de movimiento [1-3].

La motivación por realizar una modificación de los arreglos anteriores surgió por la existencia de equipos obsoletos, o bien a la nula existencia de determinados instrumentos de medición en el laboratorio de mecánica y a la inquietud por parte de algunos estudiantes de la licenciatura en física de poder realizar sus experimentos de una manera automatizada. Con este tipo de actividades se quiere incrementar y motivar el proceso de enseñanza-aprendizaje y la actividad científica investigadora [4-5].

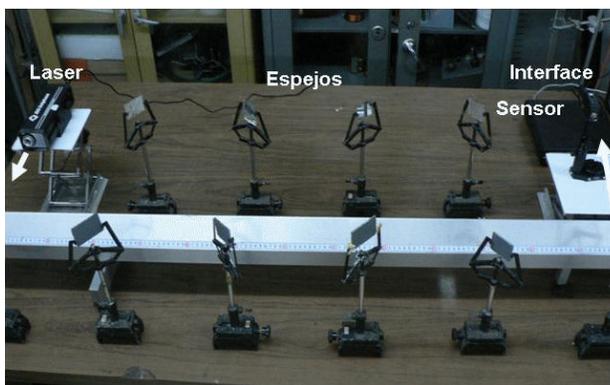


FIGURA 1. Arreglo experimental del riel de aire montado en el laboratorio, se muestran 6 puntos de corte utilizando 10 espejos, el láser de He-Ne, el sensor y la interfaz a la computadora.

En la siguiente sección explicaremos la metodología que se propone utilizando como ejemplos el tradicional experimento del movimiento rectilíneo uniforme y con el movimiento uniformemente acelerado.

2. Descripción experimental

En esta sección se describe el arreglo experimental utilizado en la demostración del movimiento rectilíneo uniforme. En la Fig. 1 se muestra el arreglo experimental, el cual consiste de un riel de aire de 2 m. El riel se sitúa sobre una mesa, sobre éste se colocan una serie de espejos; fuera del riel se marcan las distancias en las cuales se han colocado los espejos, estas distancias se consideran como puntos de corte. En un extremo del riel se coloca un láser de He-Ne ($\lambda=632.8$ nm) cuya potencia es de 1mw, en el otro extremo del riel se coloca un sensor de luz (CI-6504A, PASCO). Este sensor de luz está conectado a una interfaz (Science Workshop 750, PASCO) y a una computadora. La interfaz permite obtener y procesar los datos en la computadora en tiempo real utilizando un software comercial (Data Studio, CI-6871G, PASCO) [6].

El procedimiento para la medición es el siguiente: una vez fijo el riel de aire, sobre éste se coloca un móvil y se le da un impulso (asegurándose previamente que el riel se encuentre nivelado horizontalmente). El móvil, al irse desplazando a través del riel va obstruyendo el haz en diferentes puntos, siendo detectado mediante un sólo sensor de luz. De esta manera, no se necesitan varios sensores en una trayectoria,

ésta es la función que realizan los espejos. Así, la señal del paso del móvil (por diferentes puntos), se envía a la computadora y queda registrada para diferentes distancias. Es decir,

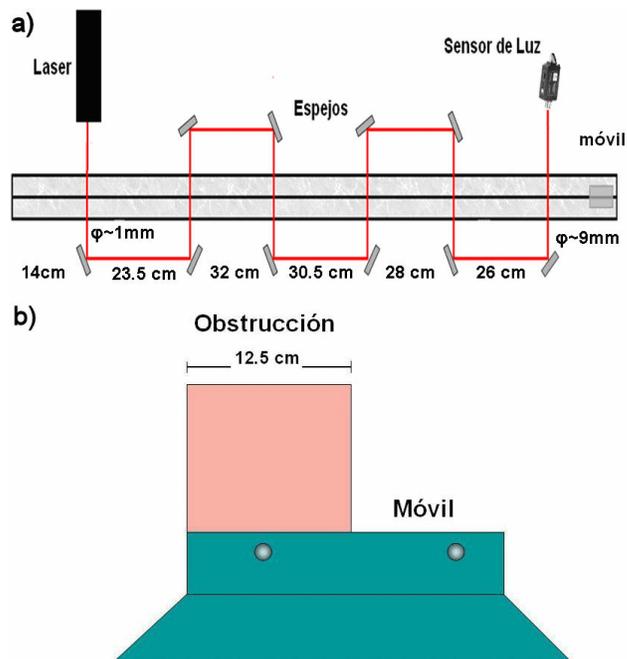


FIGURA 2. a) Esquemas de trayectoria y divergencia del haz y b) móvil con obstrucción.

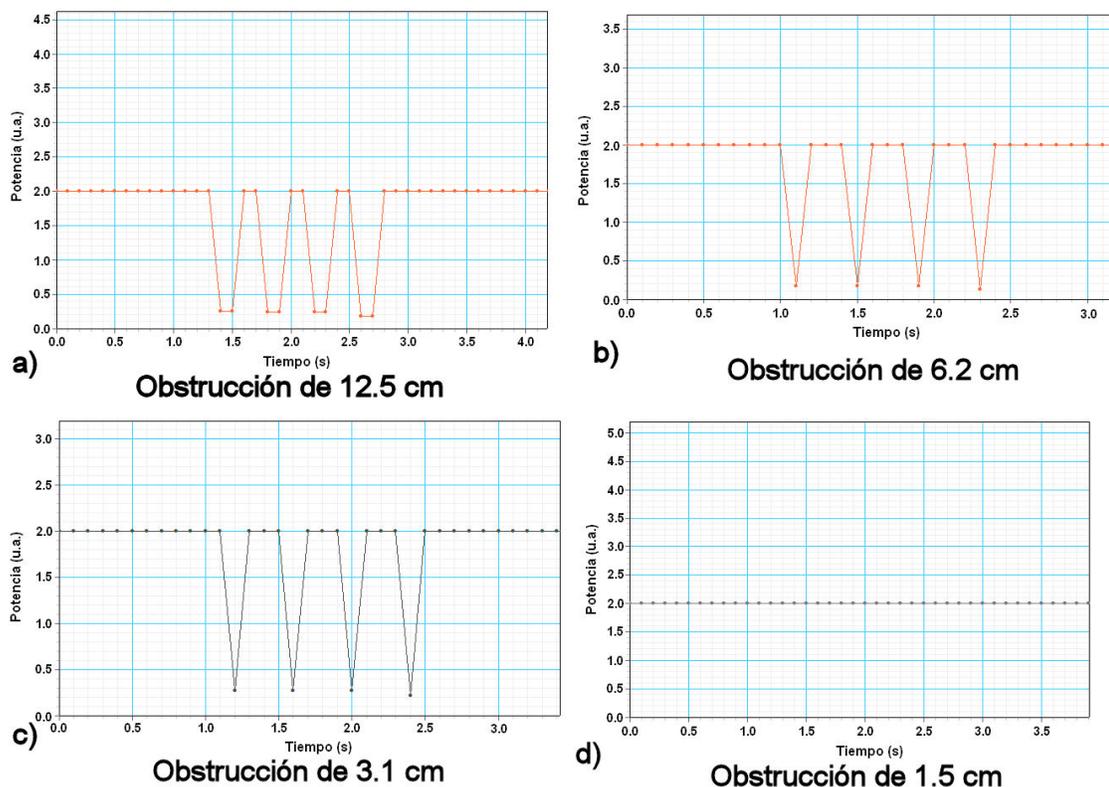


FIGURA 3. Pruebas con obstrucciones y movimientos “rápidos” en el móvil.

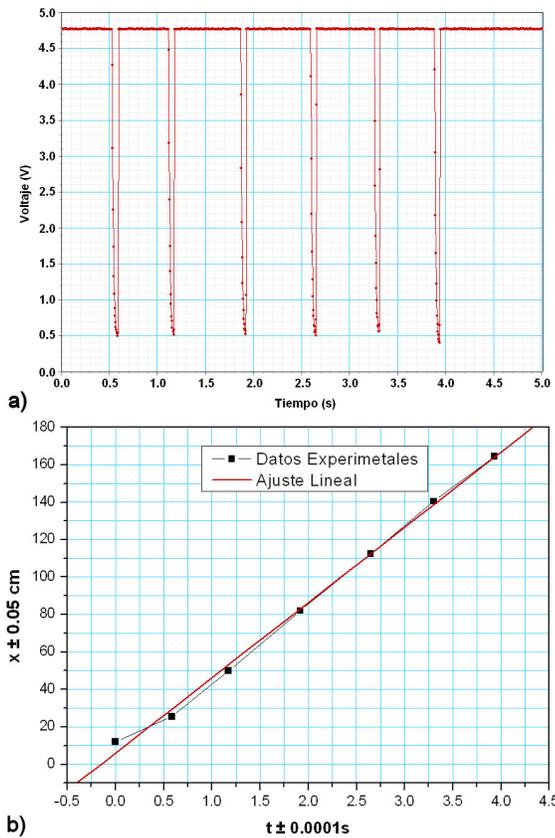


FIGURA 4. a) Variaciones de voltaje asociados a diferentes tiempos que corresponden a diferentes distancias, b) gráfica de desplazamiento del móvil en función del tiempo. Resultado del movimiento rectilíneo uniforme.

simultáneamente se obtienen los tiempos de recorrido en estas distancias.

Antes de mostrar las pruebas que se realizaron es necesario mencionar que se consideraron dos factores importantes, previos a las mediciones. Uno de ellos fue la expansión del diámetro del haz láser. El recorrido completo del haz fue de aproximadamente 1.64 m, en ese trayecto se observó que el haz diverge de 1 mm a 9 mm (ver Fig. 2a). La gran divergencia se debe a la inclinación de los espejos y a la baja calidad de los mismos, ya que se utilizaron espejos convencionales. Sin embargo, se observó que esto no influyó en las mediciones que se realizaron.

El segundo factor a considerar es el ancho de la obstrucción colocada sobre el móvil (ver Fig. 2b). Para investigar su efecto, se utilizó inicialmente una obstrucción de 12.5 cm de ancho y, posteriormente, en otras tres pruebas se fue reduciendo su tamaño a 6.2 y 3.1 cm, hasta llegar a 1.5 cm. En este desarrollo, se impulsó el móvil con una liga, proporcionando movimientos rápidos y movimientos lentos y se obtuvieron los resultados que se muestran en la Fig. 3.

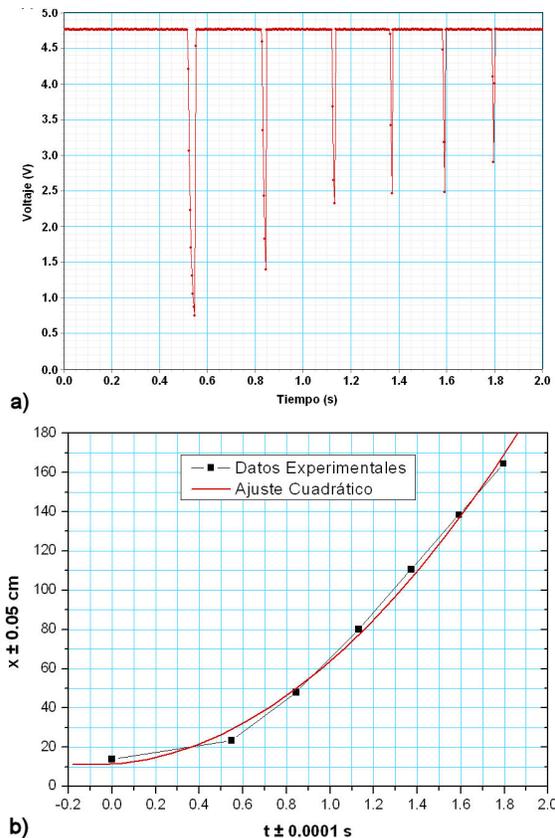


FIGURA 5. a) Variaciones de voltaje asociados a diferentes tiempos que corresponden a diferentes distancias, b) gráfica de desplazamiento del móvil en función del tiempo. Resultado de un movimiento uniformemente acelerado.

De esas pruebas se concluye lo siguiente: obstrucciones grandes, como 12.5 cm, comparadas con el diámetro del haz, arrojan un error grande en la medición de más de 0.1 segundo, dependiendo del movimiento (rápido o lento) del móvil. Conforme el ancho de la obstrucción disminuye, por ejemplo a 6.2 cm o 3.1 cm, el error disminuye en ambos tipos de movimiento. Si el ancho de la obstrucción es muy pequeño, del orden de 1.5 cm, no se alcanzarán a detectar variaciones de intensidad en movimientos rápidos (mucho menores a 0.1 segundo). De estas pruebas se deduce que un valor óptimo, del ancho de la obstrucción, es de 3.1 cm. Una optimización equivalente puede realizarse al ajustar la frecuencia de muestreo en el detector de luz, considerando un ancho de obstrucción fijo.

3. Resultado y análisis

A continuación se muestran las pruebas que se realizaron para analizar el método que se propone.

3.1. Movimiento rectilíneo uniforme

En una primera parte, el móvil es impulsado con un resorte, éste es el tipo de movimiento más sencillo que experimenta

el móvil (movimiento uniforme en línea recta). El desplazamiento del móvil queda representado matemáticamente como

$$x = x_o + v_o t. \quad (1)$$

La Fig. 4a muestra los resultados del movimiento uniforme utilizando el sensor de luz. En esta figura se muestra la variación del voltaje y el tiempo en el cual fue interrumpido el haz debido al paso del móvil. Cabe mencionar que el software utilizado puede configurarse para la detección de potencia radiante o voltaje del sensor de luz. Sin embargo, en estas pruebas no importó qué modo se detecta el paso del móvil, pues solo se requiere monitorear variaciones en el tiempo. Los voltajes que se observan corresponden a obstrucciones que en este caso se obtuvieron con un conjunto de 10 espejos. A partir de estos datos se toma en cuenta la distancia entre cada obstrucción, y se tabula junto con los tiempos que se extraen de estas posiciones. Finalmente, se obtiene un gráfico de desplazamiento del móvil y su ecuación, ver Fig. 4b y Ec. (2). En este gráfico se puede observar que el desplazamiento incrementa en forma lineal con el tiempo. A continuación se realiza un ajuste de los datos utilizando el método de mínimos cuadrados y se obtiene la ecuación que representa dicho comportamiento; el coeficiente de correlación de este ajuste fue de 0.998. Estos datos arrojan una velocidad constante con un valor de $v = (40.1 \pm 1.0)\text{cm/s}$, como se aprecia en la Fig. 4b.

Posición:

$$x = (40.1 \pm 1.0) \frac{\text{cm}}{\text{s}} t + (6.1 \pm 2.4)\text{cm}. \quad (2)$$

Velocidad:

$$\frac{dx}{dt} = (40.1 \pm 1.0) \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

Aceleración:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0.$$

3.2. Movimiento uniformemente acelerado

En la demostración del movimiento uniformemente acelerado se utilizó el mismo sensor de luz y el mismo esquema,

sólo que ahora el movimiento fue provocado por un sistema de masa-polea. Así, en esta segunda parte, el móvil es atado a un sistema de masa-polea que provoca un movimiento al liberarse la masa. De esta forma, al irse desplazando el móvil, se van registrando los desplazamientos en función del tiempo.

El procedimiento en el análisis fue similar al anterior, la Fig. 5a muestra las variaciones de voltaje en el sensor, se observa que a medida que avanza el móvil, el tiempo entre cada obstrucción es menor. Estos datos, distancias y tiempos, se grafican en la Fig. 5b, se realiza un ajuste adecuado y se obtiene la expresión para el desplazamiento:

Posición:

$$x = (44.3 \pm 5.7) \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} t^2 + (8.08 \pm 11) \frac{\text{cm}}{\text{s}} t + (11.4 \pm 4.6)\text{cm}. \quad (3)$$

Velocidad:

$$\frac{dx}{dt} = (88.6 \pm 11.4) \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} t + (8.08 \pm 11) \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

Aceleración:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = (88.6 \pm 11) \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}.$$

De las expresiones anteriores, se extrae la aceleración la cual nos indica que el móvil se acelera en 88.6 cm/s^2 con una diferencia de error de 5 % con respecto al teórico, ver referencia [7].

4. Conclusiones

Se propuso un experimento alternativo, utilizando un solo sensor de luz e instrumentación óptica, en la demostración de dos de los movimientos más representativos en mecánica clásica: M.R.U. y M.U.A. La ventaja con este método es que permite adecuar diferentes intervalos de distancias utilizando varios espejos (puntos de corte), además se pueden utilizar fuentes de luz tal como un diodo láser, lámpara de luz blanca adecuada o bien cambiar el sensor de luz. Se observa también que este arreglo experimental es versátil y práctico pudiéndose extender a otro tipo de pruebas.

1. E.H. Tovar, H.M. Rios, C.A. Bedoya, N. Olaya y A. Devila, *Revista Colombiana de Física* **35** (2003).
2. S. Robles G., H. Villa M., E. Álvarez R. y I. Morales F., *Rev. Mex. Fís.* **49** (2003) 565.
3. P.A. Dorado Mora, P.E. Escobar-Martínez, L.F. Idrobo-Idrobo, M. Patiño-Velasco y F. Racado-Nibles, *Revista Colombiana de Física* **38** (2006).
4. F.J. González-Álvarez, R. Melgoza-Zarzoza, M.A. Orduña-

Rodríguez y H.H. Cerecedo-Núñez, *Suplemento del Bol. Soc. Mex. Fís.* **18-3** (2004) 4SF.

5. F. Murrieta-Aguilar *et al.*, *Suplemento del Bol. Soc. Mex. Fís.* **19-3** (2005) 1MF30.
6. *PASCO*, Physics, Worldwide Catalog and Experiment Guide, 2006-2007.
7. R. Resnick, D. Halliday y K.S. Krane, *Física Vol. 1*, 5ª Edición (Edit. CECSA, 2006).