

Experiencia para laboratorio de física general mediante el uso de un microcontrolador

Ayoze Franchy Cabrera, Alejandro Ayala Alfonso, Beatriz Rodríguez Mendoza, Silvestre Rodríguez Pérez y Oswaldo González Hernández

Dpto. de Ingeniería Industrial

Universidad de La Laguna

San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, España

aayala@ull.es, bmendoza@ull.es, srdguezp@ull.es, oghdez@ull.edu.es

Abstract— This work presents the design and implementation of a laboratory practice for first course undergraduates of Bachelors of Science, to consolidate concepts related to the subject of Physics. The laboratory experience was implemented to study free falling objects and the movement of a mobile (cart) in the horizontal plane (student or lecturer), and contains a processing device based on microcontroller ATmega2560, which manages the acquisition and treatment of the data supplied by different sensors located along a structure. In consequence, the kinetic parameters (speed and acceleration) associated to the fall of a ball and the movement of a cart can be automatically and accurately measured. Therefore, the experience can be performed in the laboratory by students who directly control all the process or by the teacher while the students observe the results.

Recursos educativos, experiencias educativas y Microcontroladores

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los microcontroladores [1] forman parte de multitud de dispositivos de nuestra vida cotidiana, ya sea en nuestro hogar (lavadoras, microondas, etc.) como fuera de él (automóviles, industria, etc.), en un sinnúmero de aplicaciones. Es importante, por tanto, que estudiantes de electrónica puedan realizar experiencias basadas en este tipo de dispositivos que les permitan aplicar sus conocimientos en el desarrollo de proyectos que consoliden su formación.

Una de las experiencias de laboratorio que más suele realizar cualquier estudiante que se inicia en el campo de las ciencias es el estudio del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA) [2] a través de la caída libre de un cuerpo (normalmente una bola) o el movimiento de un móvil (carrito) en un plano horizontal, y donde resulta difícil efectuar con precisión medidas del tiempo (t) empleado por un objeto en recorrer cierta distancia mediante el uso de un simple cronómetro, sobre todo cuando se desean efectuar varias medidas de tiempo durante su desplazamiento. En ese sentido, el presente trabajo centra su objetivo en el diseño e implementación de una experiencia práctica de laboratorio que posibilite a los alumnos estudiar el MRUA tanto en el plano vertical y horizontal.

El sistema, cuyo aspecto general se muestra en la Fig. 1, es controlado mediante un microcontrolador ATmega2560 [3] que permite el estudio, con precisión, de la variación del

espacio recorrido (e) por la bola o móvil en función del tiempo. Para ello, se ha hecho uso de una serie de diodos láser que, conjuntamente con sus correspondientes sensores, posibilitan su detección durante el desplazamiento y la obtención de datos experimentales.



a.- Disposición para el estudio del movimiento en el plano vertical



b.- Disposición para el estudio del movimiento en el plano horizontal

Figura 1. Aspecto general del dispositivo

El sistema dispone de un display de 4x20 caracteres para mostrar las medidas obtenidas (Fig. 1a, esquina inferior derecha), que el estudiante podrá utilizar para realizar diferentes estudios: variación de la aceleración de la gravedad con la masa de una bola en caída libre, manteniendo constante

su diámetro, la variación de esa misma aceleración con el diámetro de una bola, manteniendo constante su masa, entre otras, u obtener el valor de la velocidad inicial con la que la bola cae. En el plano vertical, la bola es sustituida por un carrito para la realización de las diferentes experiencias.

II. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE MEDIDA

Además del diseño de los diferentes bloques electrónicos que conforman el sistema, se construyó una estructura para albergar los distintos sensores necesarios para detectar la bola o carrito en su desplazamiento. Su diseño y construcción se realizó en madera, siendo las partes del mismo las mostradas en la Fig. 2.

El sistema consta de dos piezas. La primera (A en la Fig. 2), tiene una longitud de 100 cm que viene determinada por la necesidad de disponer de seis puntos de medida a lo largo de la misma, separados cada uno de ellos una distancia de 10 cm. A los anteriores, se suma otro punto de medida inicial que se activa justo en el instante en el que la bola o carrito lo atraviesa, y que corresponde con $t = 0$ s (Fig. 3).



Figura 2. Partes del sistema

La separación entre las dos piezas verticales, mostradas en la Fig. 3, de 15 cm, corresponde con la necesaria para estudiar la caída libre de bolas de diferente diámetro y permitir el paso del carrito con en el que se estudia el MRUA en el plano horizontal.

La pieza A está unida a una base horizontal (pieza B de la Fig. 2), sobre la que puede pivotar. Esta última, incluye dos raíles de aluminio que permiten el desplazamiento del carrito.

Así, cuando se desea estudiar la caída libre, el sistema adopta la forma mostrada en las Figuras 1a y 2, y el cuerpo que cae, lo hace desde su parte superior (Fig. 3).

Para el estudio en el plano horizontal, la pieza A se pliega sobre la B, adoptando la forma que se muestra en la Fig. 1b. En este caso, el móvil o carrito se situaría sobre los raíles de aluminio (Fig. 4), y su desplazamiento se consigue por medio de la caída de una bola unida al mismo mediante un hilo a través de una polea (Fig. 5).



Figura 3. Situación del dispositivo de liberación de la bola/carrito y del sensor de inicio de medida del tiempo

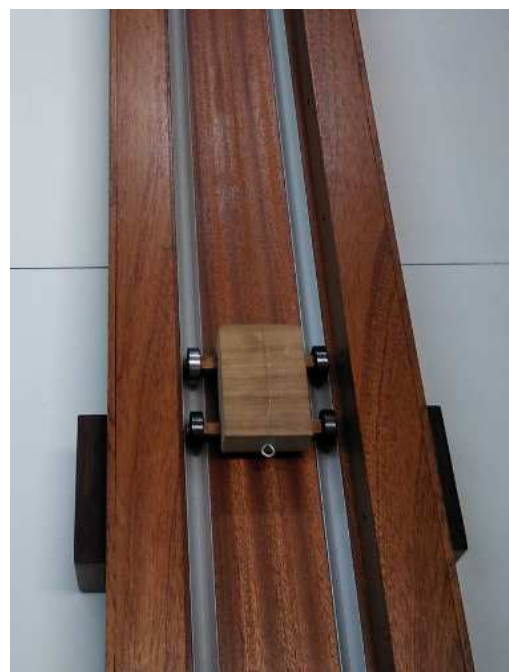


Figura 4. Detalle del carrito sobre los raíles

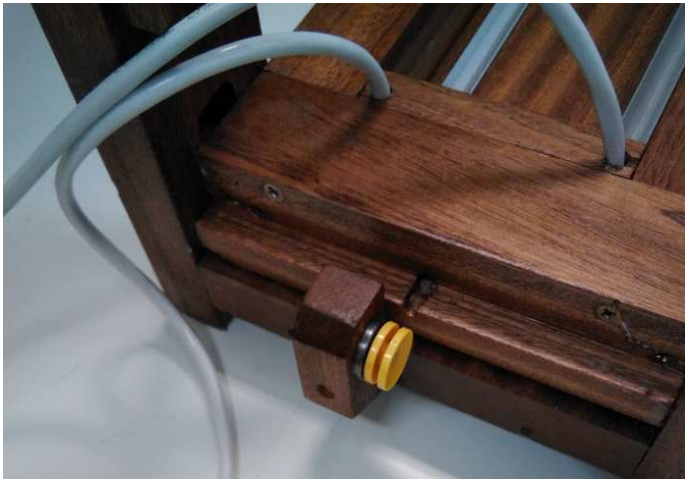


Figura 5. Detalle de la polea

III. REALIZACIÓN DE MEDIDAS

La realización de cada experiencia implica la suelta de una bola o carrito desde un punto inicial fijo y la puesta en marcha de la medida del tiempo invertido por los mismos en recorrer cada uno de los tramos en los que se ha dividido el recorrido, tanto vertical como horizontal.

Para ello, se ha recurrido a un relé que se ha situado en el extremo superior de la pieza A, que dispone de un émbolo de hierro que se puede mover y donde se fijará la bola o el carrito (Fig. 6). Con el inicio de una experiencia, el microcontrolador, a través de un transistor MOSFET, hará circular una corriente por el solenoide liberando la bola o el carrito.



Figura 6. Detalle del dispositivo de liberación de la bola

Mediante esta experiencia de laboratorio, partiendo del reposo, una bola (de la que se puede elegir su masa, material y diámetro) se deja caer libremente desde la parte superior del dispositivo de medida, o un carrito será arrastrado horizontalmente por una masa. En ambos casos, se mide el tiempo que éstos invierten en recorrer tramos de 10 cm hasta completar una distancia de 0,6 m.

Para detectar el paso de la bola por cada tramo se ha localizado en cada punto de medida, un diodo láser cuyo haz de emisión se hace incidir sobre un fototransistor (Fig. 7). El paso de la bola/carrito interrumpe dicho haz y, con ello, genera una señal que es empleada por el microcontrolador para medir el tiempo. La Fig. 8 muestra la distribución de los diodos y

fototransistores a lo largo del recorrido, donde estos últimos, proporcionan al ser iluminados tensiones de 5V que son llevadas a puertas lógicas AND, implementadas mediante un circuito integrado 74LS21, de tal de forma que se obtiene una única salida de 5V cuando todos los fototransistores se encuentran iluminados. Cada vez que la bola/carrito pasa por delante de un sensor, cortando el haz de luz, la tensión disminuye hasta cero voltios generando un flanco de bajada que será detectado por el microcontrolador que, mediante una interrupción externa, permite medir el tiempo transcurrido con una precisión de microsegundos. Es decir, al caer la bola se generará un tren de seis pulsos, sin contar el correspondiente a $t = 0$, que son utilizados por el microcontrolador para determinar el tiempo empleado por la bola en recorrer cada tramo de 10 cm.

A diferencia de los fototransistores, los diodos láser no siempre están encendidos. El microcontrolador, a través de un transistor BJT, los encenderá tres segundos antes de la suelta de la bola/carrito, apagándolos al finalizar el recorrido.

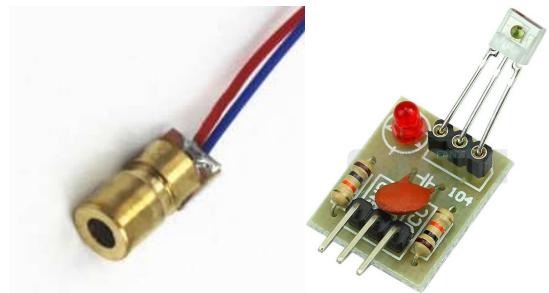


Figura 7. Diodo láser y fototransistor en su circuito PCB



Figura 8. Situación de láseres y fototransistores en la pieza A

IV. INTERFAZ DE USUARIO

Para simplificar el manejo del dispositivo por parte del alumnado, se ha diseñado una interfaz de usuario amigable y sencilla. Dicha interfaz se limita al uso de dos botones y el

display comentado con anterioridad (Fig. 9). Una vez enganchada la bola o el carrito al relé, se debe pulsar el botón rojo. Esta acción produce el encendido de los diodos láser e, instantes después, la liberación del móvil que irá interceptando los siete haces de luz. Cuando dicho proceso finaliza, el display muestra los valores del tiempo invertido en recorrer la distancia de 0,6 m, medida desde $t = 0$ en intervalos de 10 cm. Los datos del tiempo, que se han de leer de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo (Fig. 9a), serán utilizados por los alumnos para determinar el valor de la velocidad inicial (V_{ini}) y la aceleración (g), y compararlos con los calculados por el dispositivo. Estos últimos son mostrados al pulsar el botón de color negro (Fig. 9b).



a.- Tiempos medidos experimentalmente



b.- Aceleración y velocidad inicial

Figura 9. Interfaz de usuario

Si se pulsa nuevamente el botón rojo, el ciclo anteriormente descrito se repetiría para obtener los valores correspondientes a una nueva experiencia.

V. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El sistema implementado permite realizar medidas teniendo en cuenta cuatro variables: el tiempo (t), la masa de la bola (m), el diámetro de la bola (d) y el espacio recorrido

(e). Para ello, se dispone de dos conjuntos de bolas con diferentes valores de masa y diámetro. El primero de ellos, está formado por siete bolas, todas de 5,2 cm de diámetro, pero con diferentes masas: 11, 19, 22, 29, 32, 36 y 41 gramos. El segundo, lo componen seis bolas de igual masa (6,4 g) y diámetros de 2,2 cm, 3,6 cm, 4,7 cm, 5,6 cm, 7,6 cm y 8,6 cm, respectivamente.

A continuación se relacionan algunas de las experiencias prácticas que se pueden realizar con ayuda del sistema:

1.- En general, se puede calcular el tiempo que una bola de masa m emplea en recorrer una distancia de 60 cm, medido a intervalos de 10 cm, en caída libre. Con los datos experimentales obtenidos, es posible realizar las representaciones gráficas del espacio recorrido y la velocidad frente al tiempo y determinar el valor de g . La Fig. 9a muestra las medidas de tiempo obtenidas durante una caída libre, y la Fig. 9b los valores de la velocidad inicial (al paso de la bola por el punto de $t=0$) y la aceleración de la gravedad (g) obtenidos con los datos anteriores.

2.- Determinar la influencia del rozamiento con el aire en el valor de la aceleración de la gravedad para una bola que se desplaza en caída libre, estudiando la variación de g con el diámetro y la masa de la bola.

En la Fig. 10, se representa la variación de la gravedad (g) en función del diámetro (d) de la bola, manteniendo constante la masa (m) de la misma (6,4 g).

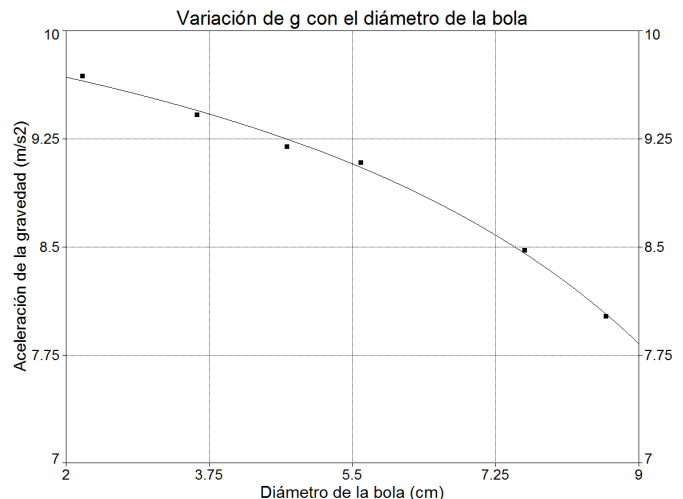


Figura 10. Variación de la aceleración de caída de un cuerpo en función de d , para m constante (6,4 g)

En la Fig. 11, se muestra la variación de la gravedad (g) con la masa m de la bola, sin modificar su diámetro d (5,2 cm).

Las gráficas mostradas en las Figuras 10 y 11 resultan interesantes, ya que si bien la aceleración de la gravedad es independiente de la masa, en la primera se observa que ésta varía aún cuando m no lo hace, mientras que en la segunda aumenta al hacerlo m . Dichos resultados posibilitan la discusión por parte de los estudiantes de su posible causa, no siendo otra que el rozamiento de las bolas con el aire.

Respecto al MRUA en el plano horizontal, en las experiencias se ha hecho uso de un carrito (Fig. 12) al que se le proporciona una aceleración mediante la caída de una masa unida al mismo mediante un hilo de nailon a través de una polea (Fig. 5). La masa cae verticalmente, mientras el carrito se mueve horizontalmente sobre los raíles de aluminio (Fig. 4). Para desplazar el carrito se dispone de masas de 225, 285 y 365 gramos.

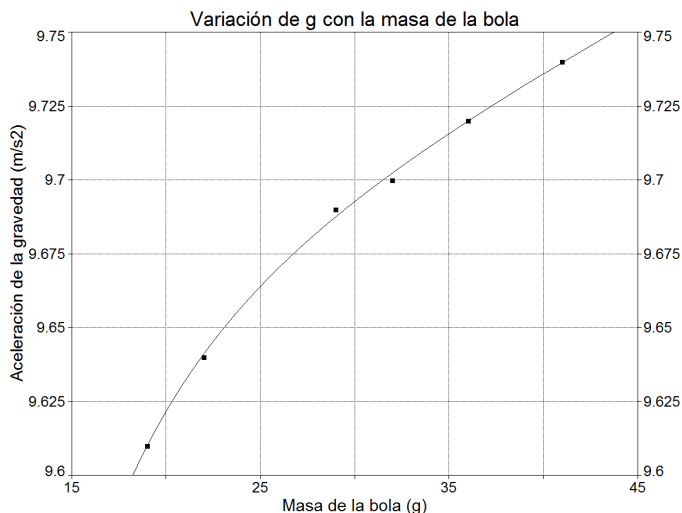


Figura 11. Variación de la aceleración de caída de un cuerpo (g , m/s^2) en función de m (g), para d constante (5,2 cm)

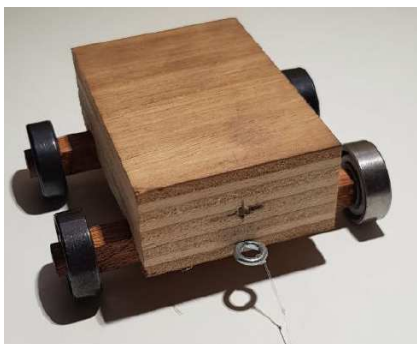


Figura 12. Carrito para el estudio del MRUA en el plano horizontal

En este caso, al igual que en la caída libre de un cuerpo, el alumnado pueden realizar diferentes representaciones gráficas con las medidas aportadas por el sistema. Así, podrán observar la variación del espacio recorrido por el carrito con el tiempo y la influencia del valor de la masa empleada para hacerlo rodar (Fig. 13).

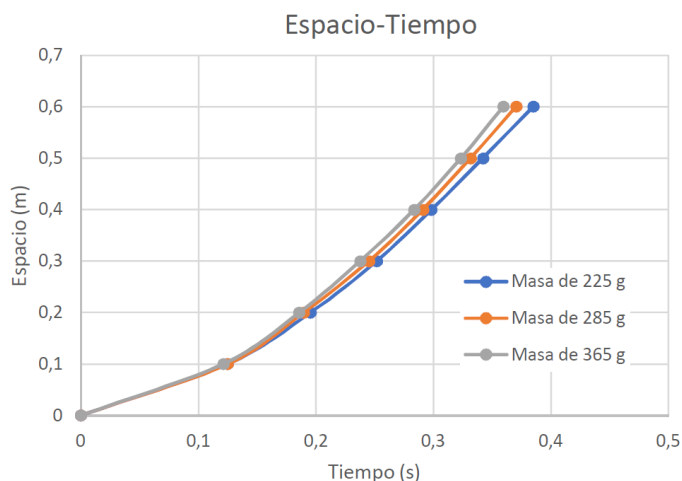


Figura 13. Variación con el tiempo del espacio recorrido por el carrito

Partiendo de los datos anteriores, el estudiante también tiene la posibilidad de representar gráficamente la variación de la velocidad con la que se desplaza el carrito en función del tiempo (Fig. 14) y observar la influencia que, sobre dicha representación, ejerce la masa que hace que éste se mueva sobre el raíl de aluminio (Fig. 15).

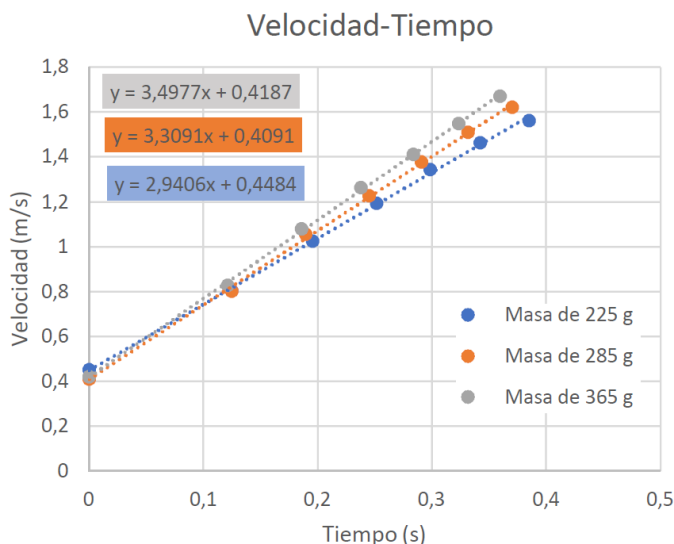


Figura 14. Variación de la velocidad del carrito con el tiempo

Variación de la aceleración con la masa de arrastre del carrito

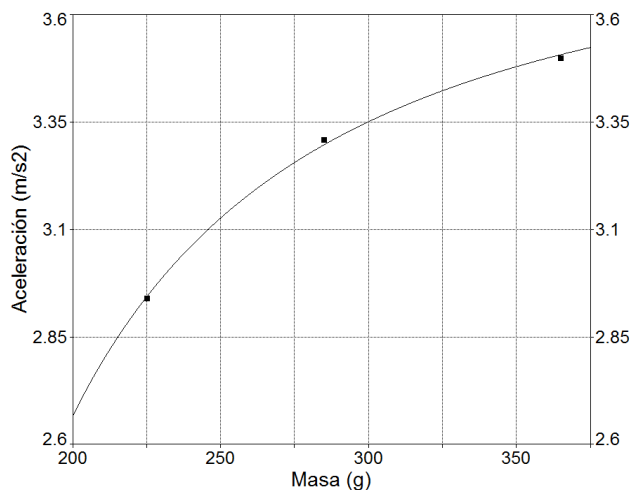


Figura 15. Variación de la aceleración del carrito con la masa que lo arrasta

VI. CONCLUSIONES

El sistema implementado constituye una propuesta de carácter didáctico en un doble ámbito, ya que puede ser utilizado en centros de enseñanza media o en un laboratorio de física general de los primeros cursos de universidad para el estudio del MRUA.

Cabe destacar su gran versatilidad a la hora de efectuar diferentes experiencias pues, en pocos segundos, es posible pasar de estudiar este movimiento en el plano vertical al horizontal y viceversa, obteniendo múltiples representaciones gráficas que posibilitan al estudiante una mejor comprensión de la física del MRUA, conjuntamente a la representación e interpretación de las mismas para obtener conclusiones experimentales.

Por otro lado, desde el punto de vista del alumnado de electrónica, podrían comprobar como los conocimientos de carácter electrónico que poseen pueden ser aunados para conformar un dispositivo de utilidad práctica para un laboratorio de física general. En ese sentido, éstos pueden:

- Diseñar e implementar un circuito electrónico.
- Trabajar con diferentes instrumentos de laboratorio.
- Aprender a programar un microcontrolador.
- Diseñar un interfaz de usuario.

REFERENCIAS

- [1] J. M^a Angulo y otros, "Microcontroladores PIC", Editorial Paraninfo, Madrid, 1997.
- [2] M. Alonso and E. J. Finn "Física, Volumen 1: Mecánica", Fondo Educativo Interamericano, S.A., 1971.
- [3] Último acceso: 9/03/2020. ATmega2560 data sheet, <https://www.arduino.cc/>