



UNIVERSIDAD  
DE SALAMANCA

# ESCUCHANDO LA GRAVEDAD: Tiro horizontal

M.J. Santos, J.A. White, A. González y S. Velasco

Departamento de Física Aplicada,

Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca, España.

smjesus@usal.es, white@usal.es, ags@usal.es y santi@usal.es.



## 1. Resumen

En este trabajo se presenta un experimento para la **medida de la aceleración debida a la gravedad  $g$**  que hace uso de la **tarjeta de sonido de un ordenador**. En el experimento **se mide el tiempo de caída** de una bola A, a partir de la **grabación de los sonidos** provocados por la colisión entre las bolas A y B y la colisión de la bola A contra el suelo. Un software de grabación gratuito (Audacity [1] en nuestro caso) permite detectar la señal y medir tiempos con precisión mayor que los cronómetros clásicos (del orden de  $10^{-5}$  s).

## 2. Objetivos

- Medida de la aceleración de la gravedad  $g$  de forma **sencilla, precisa y económica**.

## 3. Material

- Dos tablas con tornillos de nivelación.
- Dos bolas de acero de masa y radio conocidos, una de ellas formando un péndulo.
- Un ordenador con micrófono y software de grabación de sonido.
- Una regla graduada. Una hoja de papel de calco.

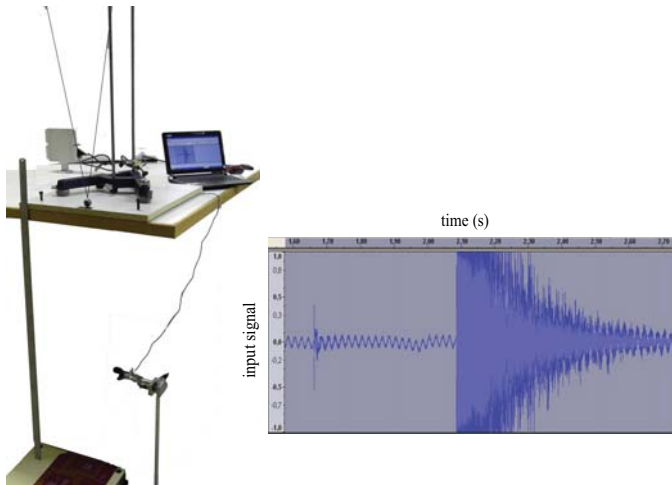


Figure 1: Imagen del dispositivo experimental para la medida de  $g$  mediante tiro horizontal y detalle del sonido registrado por el ordenador

## 4. Método experimental

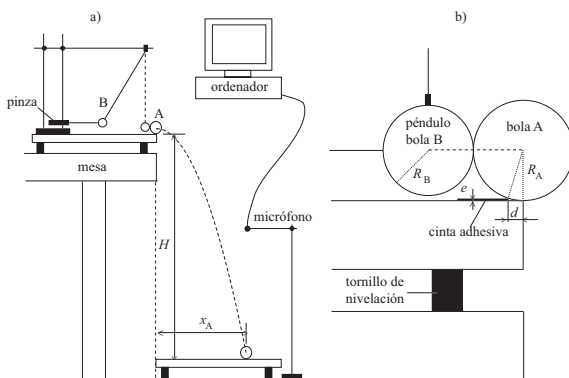


Figure 2: a) Esquema del dispositivo experimental; b) detalle de la colocación de las bolas A y B.

- Se utiliza la **tarjeta de sonido de un ordenador** para determinar el tiempo de caída de una bola, con mucha más **precisión** que un cronómetro clásico. Esto da lugar a **medidas de  $g$  más precisas** que con otros procedimientos, de una manera sencilla y **económica**.
- El procedimiento experimental es **sencillo y rápido**, y se analizan varios procesos físicos a

**Agradecimientos:** Trabajo financiado dentro del programa de Ayudas de la Universidad de Salamanca para la Innovación Docente, cursos 2008/09 (ID9/183) y 2009/10 (ID10/73).

Se suelta la pinza que sujeta la bola B del péndulo, ésta empuja a la bola A, situada en el borde de la mesa, que cae describiendo un movimiento parabólico. Un micrófono conectado a un ordenador registra los sonidos producidos por la colisión entre las dos bolas y el choque de la bola A contra el suelo. Se miden, con una regla, la altura  $H$  y el recorrido horizontal,  $x_A$  que quedará registrado en la tabla situada en el suelo, gracias a la huella que deja un papel de calco [2].

## 5. Fundamento teórico

Si  $v_A$  es la velocidad horizontal inicial de la bola A, después de la colisión con la bola B, su trayectoria (movimiento bidimensional) en el campo gravitatorio viene dada por las ecuaciones [3]:

$$x = x_0 + v_A t \quad \text{e} \quad y = y_0 - \frac{1}{2} g t^2, \quad (1)$$

siendo  $g$  la aceleración de la gravedad y  $(x_0, y_0)$  las coordenadas del objeto en el instante  $t = 0$ . Tomando  $x_0 = 0$  e  $y_0 = H$ , la medida del tiempo de caída,  $t_A$ , permite la determinación de la aceleración de la gravedad mediante la expresión:

$$g = \frac{2H}{t_A^2} \quad \text{e} \quad v_A = \frac{x_A}{t_A}, \quad (2)$$

mientras que la medida del recorrido horizontal,  $x_A$ , permite el conocimiento de la velocidad de salida de la bola A.

### 5.1 Corrección

Se ha observado que mejora el valor obtenido de  $g$  realizando una corrección debido a que la bola A tiene un determinado *tiempo de despegue* hasta que empieza a efectuar su caída libre, para más información ver artículo [2]. Se desprecian las correcciones debidas a la fuerzas de empuje y rozamiento asociadas a la caída de la bola A en el aire.

## 6. Resultados

Valores obtenidos en una experiencia realizada por alumnos de primer curso de Grado en Física:

Magnitud	Valor $\pm$ incertidumbre
Altura	$H = 0.8760 \pm 0.0005$ m
Valor medio del tiempo de caída	$t_A = 0.42469 \pm 0.00009$ s
Desplazamiento horizontal	$x_A = 0.194 \pm 0.001$ m
Velocidad horizontal de la bola A	$v_A = 0.457 \pm 0.003$ m/s
Aceleración de la gravedad (sin corrección)	$g = 9.714 \pm 0.011$ m/s <sup>2</sup>
Aceleración de la gravedad (con corrección)	$g = 9.771 \pm 0.011$ m/s <sup>2</sup>

**Nota:** Gravedad en Salamanca:  $g = 9.8004662$  m/s<sup>2</sup> según el Instituto Geográfico Nacional.

## Referencias

- <http://www.softonic.com/s/audacity-gratis>
- J. A. White, A. Medina, F. L. Román, and S. Velasco, "A measurement of  $g$  listening to falling balls," *The Physics Teacher*, vol. 45, pp. 175–177, 2007.
- P. Tipler and G. Mosca, *Física para la ciencia y la tecnología*, vol. 1. pp. 60–61 (Reverté, Barcelona, 2005).

## 7. Conclusiones

- un nivel muy adecuado para estudiantes de Bachillerato y primer curso de Grado universitario.
- La experiencia integra de forma muy interesante la física de experimentos tradicionales (caída libre, movimiento parabólico, ...) con **nuevas tecnologías** de adquisición de datos.