CAIDA LIBRE

Fecha: 07/02/05

1. Objetivo de la práctica

Estudio de la caída libre de un objeto y determinación de la aceleración de la gravedad, *g.*

2. Material

- Soporte con dispositivos de enganche y de parada
- Regla milimetrada
- Cronómetro digital con resolución de 0,001 s
- Bola metálica

3. Teoría

La caída de un cuerpo en el campo gravitatorio de la Tierra es el ejemplo más típico de movimiento uniformemente acelerado (siempre que la longitud de la trayectoria sea mucho menor que el radio de la Tierra para poder considerar g constante). La fuerza gravitatoria que actúa sobre un cuerpo es proporcional a su masa, $F = m \cdot g$, por lo que la ecuación de Newton

$$ma = F = mg \tag{1}$$

indica que la aceleración $a = g$ es independiente de la masa del cuerpo. Si el objeto que cae parte del reposo ($v = 0$ para $t = 0$), la cinemática del movimiento uniformemente acelerado predice que la distancia vertical h que ha caído el objeto dependerá del tiempo de acuerdo con la ecuación

$$h(t) = \frac{1}{2} g t^2 \tag{2}$$

en donde se ha tomado como origen de distancias la posición del instante inicial, $h(0) = 0$.

El problema para comprobar experimentalmente la ley (2) está en que, para las distancias ∼1 m típicas del laboratorio, los tiempos de caída son menores de 1 s, por lo que los errores cometidos en la medida con un cronómetro ordinario son demasiado grandes. Por esta razón, hay que usar un cronómetro que aprecie hasta milésimas de segundo y que se detenga automáticamente; así se consigue suficiente precisión en la medida del tiempo de caída.

4. Montaje experimental

La práctica consta de un soporte con un dispositivo de enganche de la bola metálica para la salida y una base para el impacto de la bola con dispositivo de parada. Las alturas relativas entre ambos se pueden variar y medir con la regla milimetrada. Se estudia la caída de una bola metálica que al fijarse en el dispositivo de salida cierra eléctricamente el circuito conectado al arranque ("start") del cronómetro. El dispositivo de parada está conectado al "stop" del cronómetro que se detiene cuando la bola golpea la base, porque el golpe cierra el circuito eléctrico de parada. Antes de cada medida, el cronómetro se debe poner a cero mediante el botón de "null" o "reset". Si el cronómetro es de la marca Phywe, la forma de funcionar es algo más compleja; en el Apéndice A se describen las conexiones apropiadas para este caso por si ocurriera que algún cable está desconectado o mal conectado.

5. Medidas a realizar

a) Empezando por la altura máxima posible (típicamente $h \sim 1$ m), se fija la bola metálica en el dispositivo de enganche. Se pone el cronómetro a cero con el botón "null" o "reset" y se suelta la bola (el cronómetro empieza a medir). Cuando la bola choca con la base el cronómetro se detiene; se anota el tiempo t_1 en la Tabla 1.

b) Se repite cinco veces la medida a) y se anotan en la Tabla 1 los diferentes valores t_i, su valor medio t y la desviación típica Δt, así como los valores de t^2, $\Delta(t^2) \cong 2t\Delta t$, $\log t$ y $\Delta \log t \cong \Delta t / t$.

c) Se repiten los pasos a) y b) para un total de 10 valores de h entre ∼100 cm y ∼10 cm construyendo la tabla (h,t).

6. Resultados

6.1. De acuerdo con la relación (2), la distancia recorrida es proporcional al cuadrado del tiempo. Por tanto, si se representan gráficamente los valores de h frente a los de t^2, los puntos deben situarse aproximadamente a lo largo de una recta que pasa por el origen y tiene pendiente $g/2$ (se recuerda que hay que dibujar las barras de error). Obténgase el valor de g y su error a partir de la pendiente, primero de modo visual y después por mínimos cuadrados.

6.2. En los casos en que no se conoce la relación entre las dos variables, dada aquí por la ecuación (2), es útil realizar una representación logarítmica. Aquí utilizaremos el hecho de que conocemos la relación (2) para ilustrar las ventajas de este tipo de representación. Si tomamos logaritmos en (2), ésta se transforma en

$$\log h = \log\left(\frac{g}{2}\right) + 2\log t \tag{3}$$

Representando ahora los valores de $\log h$ en función de los de $\log t$, de acuerdo con (3) los puntos se deben situar aproximadamente a lo largo de una recta de pendiente igual a 2 y de ordenada en el origen igual a $\log(g/2)$. Es decir, la pendiente de la recta nos debe dar aproximadamente el exponente de la variable t en la función $h(t)$. Esta representación es especialmente útil cuando ese exponente no se conoce. Determínese el valor de la pendiente obtenida de las medidas y su error. A partir de la ordenada en el origen, $\log(g/2)$, correspondiente a $\log t = 0$, determínese el valor de g y compárese con el obtenido en 6.1.

6.3. ¿Cuáles son las principales causas de que el valor de g se desvíe de su valor real, o de que el exponente medido sea diferente de 2? ¿Qué pasaría si la medida se efectuase con una bola mucho más ligera?

Bibliografía

1. Alonso M. y Finn E. J., "Física" Vol. I, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana (1986).
2. F. W. Sears, M. W. Zemansky, H. D. Young y R. A. Freedman, "Física Universitaria", Ed. Pearson Educación (1999).

Tabla 1. Anotaciones de datos y cálculos
(Precis. regla ± mm; precis. cronómetro ± s)

h (m)	$\log h$ $\pm\Delta h/h$	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	$t\pm\Delta t$ (s)	$t^2\pm\Delta(t^2)$ (s^2)	$\log t$ $\pm\Delta t/t$

Apéndice A
Conexiones del cronómetro marca Phywe

El dispositivo de salida de la bola (con la bola sujeta por el pulsador) cierra el circuito conectado a los bornes de arranque ("start") del cronómetro. El botón sobre estos bornes rotulado "invert" debe estar pulsado para que el cronómetro empiece a marchar al abrirse el circuito cuando la bola empieza a caer al soltar el pulsador. El dispositivo de parada está conectado a los bornes rotulados "stop" del cronómetro y el botón "invert" de esta columna no debe estar pulsado para que el cronómetro se detenga al cerrar el circuito, lo cual ocurre cuando la bola golpea la cazoleta. El control de escala se pondrá en 10^{+1} s. La cazoleta debe estar en su posición más alta para que se cierre el circuito en el momento del impacto de la bola con ella.