

# Caída libre

## Determinación de $g$



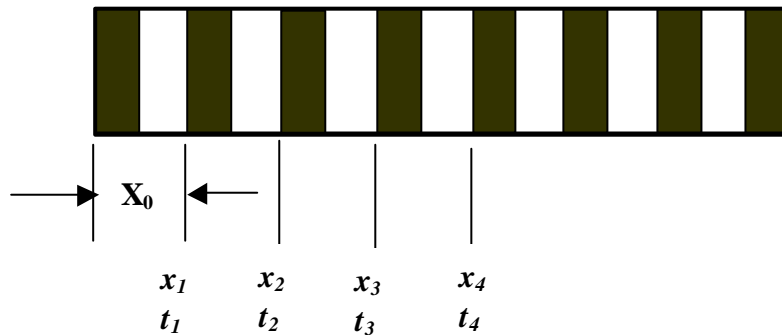
### Objetivo

Estudio del movimiento acelerado de un cuerpo en caída libre mediante gráficos de velocidad y aceleración, a partir de mediciones de distancia recorrida en función del tiempo. Para la medición de tiempos se propone usar un fotointerruptor conectado a una PC.

### Actividad 1

### Caída libre

Usando una tira deacrílico o plástico transparente a la que se agregan franjas opacas espaciadas regularmente, como se muestra en la Figura 1, y un fotointerruptor, estudie el movimiento de este objeto en caída libre.



**Figura 1:** Cebra plástica o “picket fence” para el experimento de caída libre. El paso de las franjas opacas entre los brazos de un fotointerruptor intersepta el haz de luz y dispara la medición de tiempo. Un *software* adecuado registra esos tiempos.

- Estudie las características del funcionamiento del fotointerruptor cuando pasa la cebra por el fotointerruptor. Para ello pase el mismo lentamente por el fotointerruptor y describa detalladamente los tiempos que está midiendo.

- Determine el período espacial  $X_0$  del dispositivo y las distancias  $x_1, x_2, \dots$  todas con sus respectivas incertidumbres. Elija el modo de operación del programa que controla el fotointerruptor de modo de poder determinar los tiempos  $t_1, t_2, \dots$ , etc., o bien algún parámetro equivalente, como  $(t_2 - t_1), (t_3 - t_2), \dots$
- Deje caer la cebra mientras el programa mide los tiempos relevantes de este experimento. Represente gráficamente la variación de la distancia recorrida por la cebra en función del tiempo. De estos datos calcule la velocidad de la cebra en función del tiempo. ¿Qué puede decir sobre el tipo de movimiento que describe en su caída este dispositivo? ¿Está de acuerdo esta observación con sus expectativas?
- Cuelgue de la cebra pesos de distintos valores y analice el movimiento del conjunto en caída libre. ¿Varía la aceleración con la masa?. Explique sus resultados.
- A partir de sus datos determine el valor de la aceleración de la gravedad,  $g$ , y su incertidumbre usando un gráfico de velocidad en función del tiempo y valiéndose del método de cuadrados mínimos.

## Actividad 2

### Determinación de $g$

Usando la misma cebra plástica usada en la actividad anterior, construya gráficos de

- velocidad versus tiempo  $v(t)$
- espacio versus tiempo,  $x(t)$ .

A partir de estos gráficos  $x(t)$  y  $v(t)$ , determine el valor de la aceleración de la gravedad,  $g$ , y las respectivas incertidumbres. Compare el valor de  $g$  obtenido del gráfico  $x(t)$  con el valor de  $g$  obtenido del gráfico  $v(t)$ . ¿Son consistentes estos dos valores de  $g$ ?. Discuta sus resultados.

### Análisis detallado

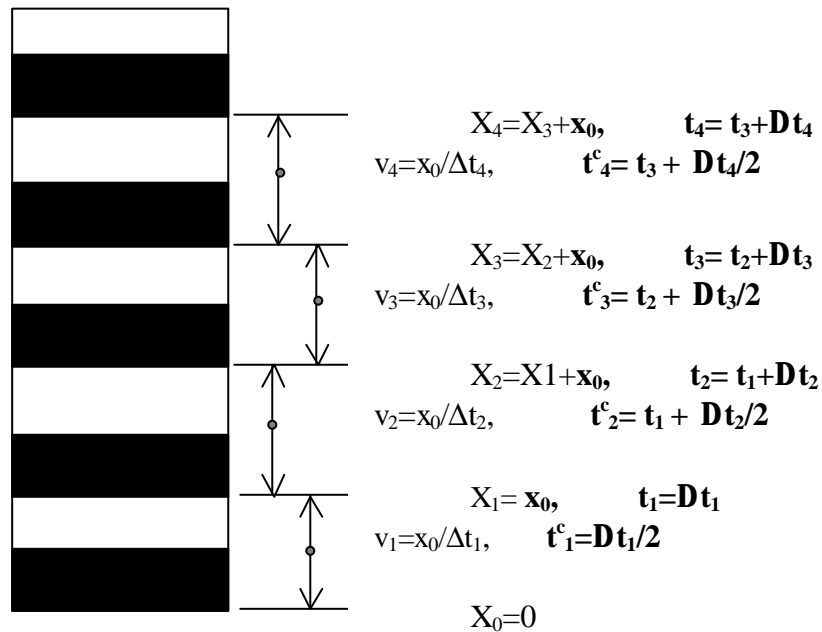
Un aspecto importante a tener en cuenta en este experimento, está relacionado con el hecho de que la velocidad que se determina para cada período espacial de la cebra, es una *velocidad media* para este intervalo. La cuestión es la elección del tiempo que se le asigna a esta velocidad. Al final del  $n$ -período espacial, la cebra plástica habrá caído una distancia  $x_n$ . El tiempo que empleó en recorrer esta distancia, desde el inicio de la primera banda oscura, será:

$$t_n = t_{n-1} + Dt_n$$

donde  $D = t_n - t_{n-1}$  es el intervalo de tiempo medido con el fotointerruptor para recorrer el  $n$ -ésimo intervalo espacial. Esto se ilustra esquemáticamente en la figura 2. Por lo tanto es razonable graficar  $x_n$  versus  $t_n$  y realizar el análisis para obtener la aceleración a partir del mismo. Sin embargo **no es correcto** hacer lo mismo del gráfico  $v_n$  versus  $t_n$ . Esto es así debido a que  $v_n$  es la velocidad media en el  $n$ -ésimo intervalo y por consiguiente debe asociarse a un valor de tiempo intermedio  $t_n^c$ , definido como:

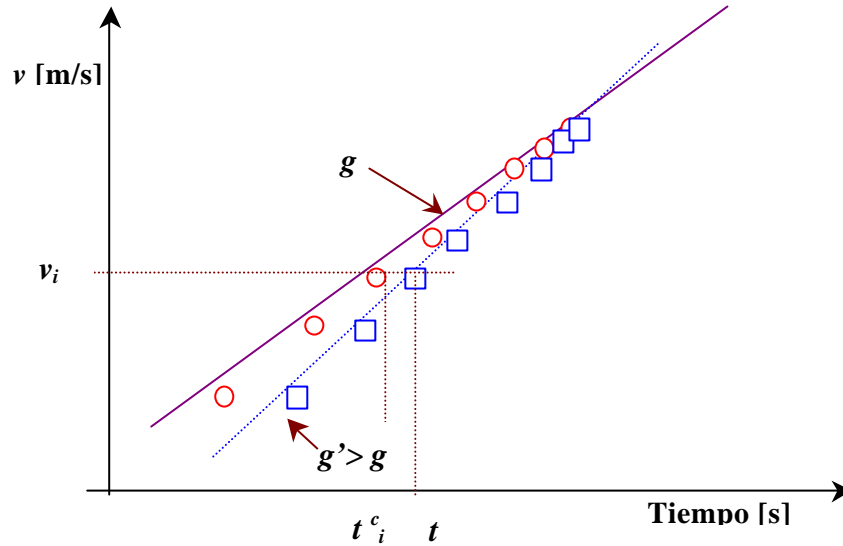
$$t_n^c = t_{n-1} + Dt_n/2.$$

y no al tiempo  $t_n$ , que está asociado al intervalo en que finaliza el  $n$ -ésimo recorrido espacial. En definitiva, los gráficos de  $x_n$  versus  $t_n$  y  $v_n$  versus  $t_n^c$  son equivalentes y en cierto modo uno es la derivada del otro. Una discusión más detallada de este aspecto puede encontrarse en la referencia [2].



**Figura 2.** Esquema de corrección de los tiempos asignados a cada intervalo.

Si los intervalos de tiempos fuesen todos iguales, el valor de la pendiente de los gráficos  $v_n$  versus  $t_n$  y  $v_n$  versus  $t_n$  serían los mismos, pero como el movimiento no es uniforme esta hipótesis no se cumple. Usando sus datos compare los resultados de  $g$  usando ambos tipos de análisis.



**Figura 3** Gráfico esquemático que ilustra la variación de la pendiente de la función  $v(t)$  al graficar  $v_i$  versus  $t_i^c$  (símbolos cuadrados) y graficar  $v_i$  versus  $t_i$ . Es claro que para este último caso se tiene que la pendiente ( $g'$ ) es mayor que el mejor valor obtenido

## Bibliografía

1. *Física para estudiantes de ciencias e ingeniería*, Halliday, Resnick y Krane, 4ta. ed., Vol. II, Cía. Editorial Continental, S.A. México, (1985).
2. *Danger of automated data analysis*, W.J. Leonard, *Phys. Teach.* **35**, (220) 1997.