

**Medición de la aceleración de la gravedad mediante un
experimento de caída libre**

Balbuena, Manuel – xeneise_manu@hotmail.com

Diaz Almassio, Nicolás – nicolas.diaz.almassio@hotmail.com

Física Experimental I, Facultad de CS. Exactas – UNICEN

Octubre 2011

Resumen:

En este trabajo se midió de manera indirecta el valor de la aceleración de la gravedad analizando la caída libre de un cuerpo. Mediante las ecuaciones de cinemática de un objeto en caída libre se llegó al resultado de la aceleración de la gravedad igual

$$a \ g = (8,7 \pm 0.2) \text{ m/s}^2$$

Palabras Clave: Gravedad, Caída libre, Cinemática.

Introducción:

La gravedad es una de las cuatro interacciones fundamentales observadas en la naturaleza, originando los movimientos a gran escala que se observan en el Universo: la órbita de la Luna alrededor de la Tierra, las órbitas de los planetas alrededor del Sol, etcétera. A escala cosmológica es la interacción dominante y que gobierna la mayoría de los fenómenos a gran escala.

Un objeto en caída libre se mueve únicamente bajo la influencia de la gravedad. En años anteriores se han realizado experimentos de este tipo⁽¹⁾⁽²⁾ en el marco de la cátedra de Física experimental I, sin tener en cuenta que al momento de iniciar la medición del tiempo, el objeto no se encuentra con velocidad nula, sino que trae consigo una velocidad.

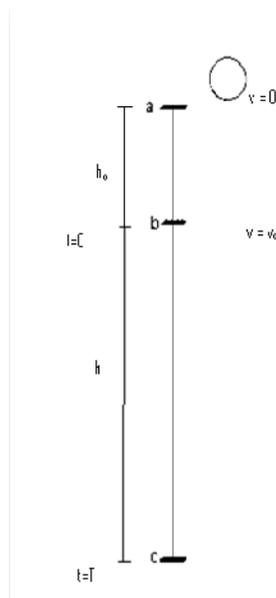


Figura 1 – a: inicio de trayectoria, b: ubicación de fotosensores, c: fin de trayectoria.

Describiendo su movimiento con la ecuación:

$$H(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

Cuando consideramos un cuerpo que cae con una velocidad inicial la posición se describe por la expresión:

$$H(t) = h - v_0t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

En esta expresión se considera h a la altura desde la cual se deja caer el cuerpo, donde g es la aceleración de la gravedad, t es el tiempo que dura la caída, v_0 es la velocidad inicial del cuerpo

Trabajando con la ecuación (1) podemos llegar a qué:

$$g = \frac{2(h-v_0T)}{T^2} \quad (3)$$

Esto es en el instante $t=T$ cuando finaliza la caída y $H(T)=0$.

Procedimiento:

La práctica fue realizada en el laboratorio de Física de Ciencias Exactas. Se utilizó una esfera de diámetro $d = (0.02552 \pm 0.00001)$ m medido con un calibre digital. Se midió una altura con una cinta métrica, $h = (1.015 \pm 0.001)$ m y $h_0 = (0.035 \pm 0.001)$ m. Se colocó un fotosensor (PASCO Scientific MODEL ME-9215A), en modo pulse conectado a un cronómetro con una incertidumbre de 0.001s, en el punto b de la Figura 1 para iniciar la medición del tiempo t de caída, cuya medición finalizaba al impactar en una placa detectora (PASCO ME-6810), ubicada en el punto c de la Figura 1. La placa estaba conectada al mismo cronómetro. También en el punto b de la Figura 1, se alineó otro fotosensor, en modo "gate" conectado a otro cronómetro para medir el tiempo que se demoraba la esfera en atravesar el haz del fotosensor, y luego calcular la velocidad media en ese punto.

Para determinar g , se consideró a v_0 como la aproximación de v_m calculada mediante:

$$v_m = \frac{d}{t_2 - t_1} \quad (4)$$

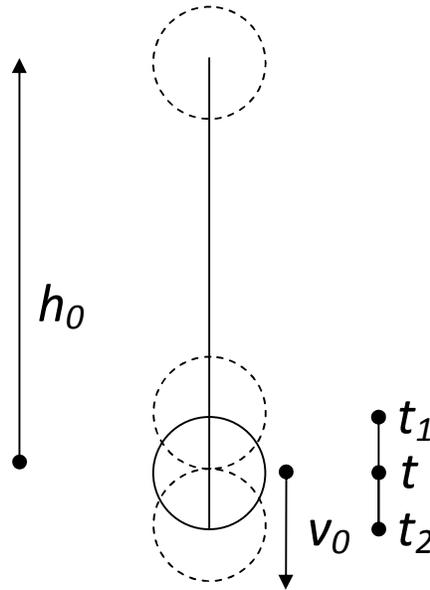


Figura 2 – muestra ver como se calcula v_m

Como se puede ver en la Figura 2, d el diámetro de la esfera, t_1 el instante en el cual empieza a pasar por el fotosensor ubicado en el punto b de la Figura 1 y t_2 al instante en el cual deja de hacerlo. Variando la h_0 (altura inicial) pudimos ver que la velocidad variaba sin modificar el resultado final de g de manera significativa.

Se analizo el error que podría llegar a introducir esta aproximación de la velocidad instantánea con la velocidad media, para determinar así si era factible o no utilizar este modelo, véase apéndice 1.

Resultados:

En la Tabla 1 se, muestran los resultados del experimento. Las primeras 3 columnas corresponden a las mediciones. La cuarta columna representa el calculo de la velocidad media, y la quinta columna el valor calculado de g , con el que se realizo el histograma que se puede ver en la Figura 3.

$H(m)$	$t (t_2-t_1) (s)$	$T(s)$	$V_m(m/s)$	$g(m/s^2)$
1.015	0.026	0.38	0.98154	8.89218
1.015	0.026	0.38	0.98154	8.89218
1.015	0.026	0.38	0.98154	8.89218
1.015	0.026	0.38	0.98154	8.89218
1.015	0.026	0.38	0.98154	8.89218
1.015	0.025	0.377	1.0208	8.86741
1.015	0.026	0.381	0.98154	8.83204
1.015	0.025	0.378	1.0208	8.80627
1.015	0.025	0.378	1.0208	8.80627
1.015	0.025	0.378	1.0208	8.80627
1.015	0.025	0.378	1.0208	8.80627
1.015	0.025	0.378	1.0208	8.80627
1.015	0.025	0.379	1.0208	8.74565
1.015	0.025	0.379	1.0208	8.74565
1.015	0.025	0.379	1.0208	8.74565
1.015	0.024	0.376	1.06333	8.70284
1.015	0.024	0.376	1.06333	8.70284
1.015	0.025	0.38	1.0208	8.68554
1.015	0.025	0.38	1.0208	8.68554
1.015	0.024	0.378	1.06333	8.58123
1.015	0.024	0.378	1.06333	8.58123
1.015	0.024	0.378	1.06333	8.58123
1.015	0.024	0.378	1.06333	8.58123
1.015	0.024	0.378	1.06333	8.58123
1.015	0.024	0.379	1.06333	8.5212

Tabla 1 – Mediciones obtenidas durante el experimento, su velocidad media y el valor de la gravedad calculadas.

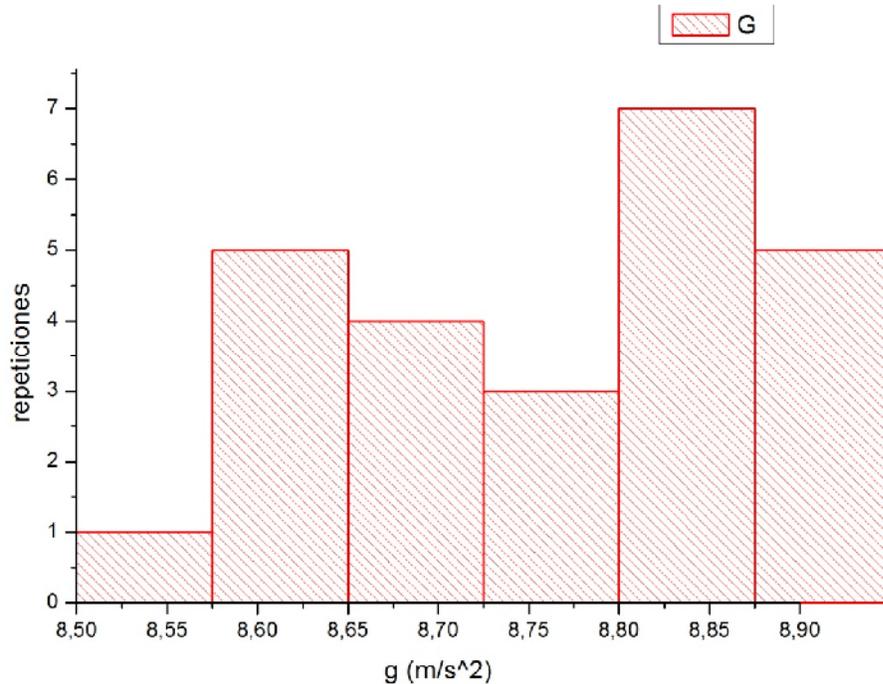


Figura 3- Histograma de g.

Análisis:

Obtuvimos el valor de $g = (8,7 \pm 0,2) \text{ m/s}^2$ que representa el intervalo $(8,5 - 8,9) \text{ m/s}^2$ donde se puede ver un valor por defecto del valor de g .

En las experiencias de caída libre nos enfrentamos con una dificultad al suponer la que la velocidad inicial es nula. Para minimizar este error se considero la velocidad media como se expresa en la Ec. (4). Esta velocidad media, a su vez introduce otro error al despreciar la aceleración de la gravedad y determinarla como una velocidad constante. Pudo observarse que esta aproximación no afectaba notablemente al experimento.

Al iniciar este experimento se busco mejorar los resultados obtenidos en experimentos anteriores, pero no se pudo lograr debido a que se presentaron complejidades que acarrearón consigo errores. Por ejemplo, el alineamiento de los haces infrarrojos de ambos fotosensores entre si. Al caer la esfera, esta podría no pasar con la completitud de su diámetro por el haz infrarrojo del fotosensor así tomando un tiempo inexacto para calcular la velocidad media.

Para investigaciones futuras habría que tener en cuenta, que cuanto más grande sea la distancia del fotosensor a la que se suelte el cuerpo, la velocidad media calculada, se aproximara más al valor verdadero ya que al tardar menos tiempo en recorrer su propio diámetro, tendrá menos tiempo para acelerarse y así ser mejor el valor medido. También hay que trabajar con más alturas que presenten grandes diferencias entre ellas, así poder obtener tiempos diversos y poder ubicar mejor los resultados en un grafico para su análisis.

Conclusión:

En este trabajo se llego al valor de la aceleración de la gravedad $g = (8,7 \pm 0.2) \text{ m/s}^2$. Podemos ver que en esta experiencia no se pudo mejorar el resultado obtenido en investigaciones anteriores⁽¹⁾⁽²⁾, se propone para investigaciones futuras tener en cuenta la distancia a la cual se suelta el objeto, tratando de obtener la distancia optima y ver cuánto se perfecciona la medición. También hay que repetir el experimento con diversas alturas distintas para así poder hacer un ajuste de cuadrados mínimos.

Bibliografía:

- (1) Estevez, Medrano, Muguero, *Medición de la aceleración de la gravedad mediante una cámara digital convencional*, Física Experimental I, 2010.
- (2) Fernandez, Guariste, Correa, *Medición de la aceleración de la gravedad mediante un sistema fotosensor-placa detectora*, Física experimental I, 2010.

Apéndice 1

Se analizó el error que podría llegar a introducir esta aproximación de la velocidad instantánea con la velocidad media, para determinar así si era factible o no utilizar este modelo.

$$t_1 = \sqrt{\frac{h_0 - (h - \frac{d}{2})}{g/2}} \quad (5)$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{h_0 - (h + \frac{d}{2})}{g/2}} \quad (6)$$

Utilizando (5) y (6) en la Ec. (3) aproximando el valor de g a 9.8 pudimos ver que al utilizar también la medida en este experimento, no variaba de manera notable el resultado, de manera que quedaba oculto en el error instrumental al medir v_m .

La aceleración de la gravedad, g se calculó de manera indirecta con variables dependientes, su incertidumbre fue calculada:

$$\mu_\alpha = S_{n-1}(\bar{g})z_\alpha \quad (7)$$

$$\mu_i = \sqrt{\left|\frac{\partial g}{\partial h}\right|^2 \Delta h^2 + \left|\frac{\partial g}{\partial T}\right|^2 \Delta T^2 + \left|\frac{\partial g}{\partial v_m}\right|^2 \Delta v_m^2} \quad (8)$$

$$v_m = v_m \left(\frac{d}{d} + \frac{2 \cdot t}{t_2 - t_1} \right) \quad (9)$$

$$\mu_t = \sqrt{\mu_i^2 + \mu_\alpha^2} \quad (10)$$