Fisica experimental I - 2016

Medición de la gravedad mediante tiro vertical

Barcelona Hipperdinger, Catalina (catalinabarcelona.26@gmail.com); Crovo, Octavio (octaviocrovo@gmail.com); Di Rocco, Agustina A. (agus.dirocco12@gmail.com); Labaroni, M. Sol (sol.labaroni.sl@gmail.com)

FCEx, UNICEN 2016

Resumen

En este trabajo se midió de manera indirecta el valor de la gravedad (g) en el Laboratorio de Física a partir de tiros verticales. Se obtuvieron resultados que contienen el valor tabulado de g dentro de su intervalo de incertidumbre.

Introducción

Es importante conocer el valor de la gravedad en el punto del planeta en que nos encontramos, debido a que dicho valor resulta crítico en todo proceso dinámico de tipo macroscópico que involucre al peso de los cuerpos involucrados.

Cuando se arroja un objeto hacia arriba en dirección vertical, este se desacelerará hasta que su velocidad sea nula (0 m/s) en el momento en que alcanza su altura máxima h, y luego comenzará su descenso acelerado nuevamente por la gravedad hasta regresar al punto desde donde fue arrojado. El tiempo t que tarda en caer es igual al que le llevó llegar al punto máximo de su trayectoria, cumpiéndose que:

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

De esta manera, si se mide el tiempo t que un objeto tarda en alcanzar su altura máxima h se puede calcular el valor de g.

En este trabajo se determinó el valor de g a partir de la medición de t y h para diferentes tiros verticales.

Materiales y métodos

Para realizar el experimento de tiro vertical se utilizó un cañón Pasco, el cual impulsaba mediante un resorte regulable una esfera metálica de aproximadamente 1.6 cm de diámetro. La altura máxima de la trayectoria h se midió registrando en video la trayectoria de la esfera (ver figura 1).
Se realizaron 3 disparos para cada una de las 3 regulaciones posibles del resorte del cañón, registrando cada uno de los 9 tiros en video.

Figura 1. Fotografía del experimento realizado.

Los videos fueron tomados por la cámara de un celular, la cual fue posicionada sobre un trípode a una distancia adecuada para que quede registrado todo el trayecto de la esfera, y se determinó su posición mediante un programa de computadora llamado Tracker. En este programa usamos como escala una perilla de luz registrada en el video, la cual fue medida previamente. El programa calcula las distintas posiciones de la bolita a traves de esa escala (Figura 2).

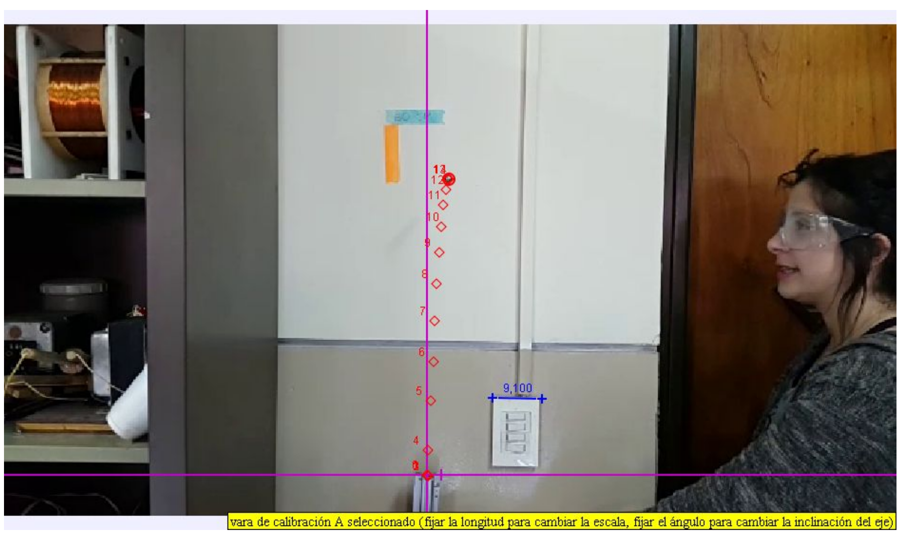

Figura 2. Fotograma del video mostrando la escala utilizada

Utilizando este programa también se calculó el tiempo de vuelo, teniendo en cuenta la duración de cada fotograma del video (0,033 s), y calculando la diferencia entre el tiempo del fotograma en que la bolita salía de cañón y el del fotograma en que llegaba a la altura máxima.

Procedimiento

Para realizar el experimento primero lo que se hizo fue medir el diámetro de la bolita metálica que sería lanzada por el cañón y también la longitud de algún objeto que quede registrado en el video, para tomar como referencia.
Para comenzar con los lanzamientos, primero colocamos el cañón con su soporte tocando la pared, ubicamos la cámara alineada con la trayectoria de la bolita y a una altura aproximada a la altura máxima de la bolita. Luego medimos la distancia de la cámara a la boca del cañón.
Una vez colocada correctamente la cámara y el cañón, encendimos la cámara y empezamos con la filmación. Mientras la cámara grababa, uno de los integrantes se encargó de cargar el cañón con la bolita y realizar los disparos.
Luego de haber registrado en video todos los lanzamientos, se paso el video en un programa en el cual analizamos las variables que queríamos determinar, cargando primero los datos de longitud del objeto de referencia, e insertando un eje de coordenadas (x,y) con el cero en la boca del cañón.
A medida que el video se reproduce en cámara lenta, definimos las posiciones de la bolita en función del tiempo (Figura 3).

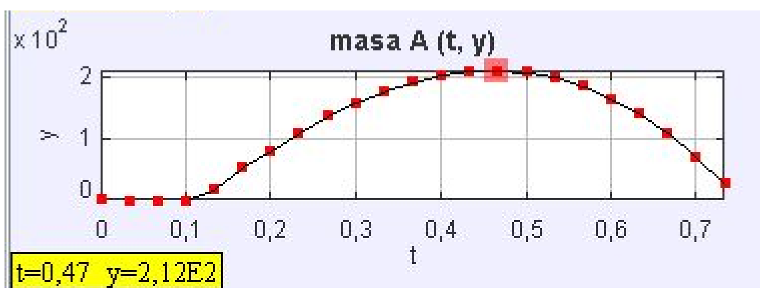

Figura 3. Gráfico y(t) para el vuelo de la esfera, generados por el programa utilizado.

A partir de una tabla que genera el programa, tomamos los datos de la altura máxima (*h*) y el tiempo total (*t*) desde que la bolita es eyectada hasta que alcanza su velocidad nula.
Por último, calculamos el valor de *g* utilizando la expresión (1), y su respectiva incertidumbre.

Resultados

En las siguientes tablas se muestran: los resultados directos obtenidos analizando los videos, los resultados de *g* reemplazando en la fórmula y los promedios de cada parámetro.

Marca 1:

	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
t (± 0.03 s)	0.37	0.37	0.39
h (± 0.01 m)	0.59	0.59	0.59
g (± 0.8 m/s^2)	8.6	8.6	7.8

Marca 2:

	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
t (± 0,03 s)	0.43	0.47	0.47
h (± 0.01 m)	1.08	1.08	1.08
g (± 0.9 m/s^2)	11.7	9.8	9.8

Marca 3:

	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
t (± 0,03 s)	0.57	0,57	0.50
h (± 0.01m)	1.60	1.67	1.68
g (± 0.8 m/s^2)	9.8	10.3	13.4

Una vez obtenidos los resultados anteriores, procedimos a calcular la incertidumbre correspondiente al valor *g* obtenido, teniendo en cuenta las incertidumbres de tipo A (debidas a fluctuaciones al azar) y las de tipo B (instrumentales), de acuerdo al procedimiento detallado en el Anexo. Teniendo en cuenta los valores calculados para la incertidumbre total, expresamos el resultado final de *g* para cada una de las tres mediciones, con un factor cobertura de *k*=2. Los resultados finales, son los siguientes:

Marca 1: *g*(95%) = $(8 \pm 2)\,\frac{m}{s2}$

Marca 2: *g*(95%) = $(10 \pm 3)\,\frac{m}{s2}$

Marca 3: *g*(95%) = $(11 \pm 3)\,\frac{m}{s2}$

Análisis de datos

Se obtuvieron resultados similares a los esperados a priori, conteniendo dentro de su intervalo de incertidumbre el valor tabulado de la gravedad ($9.8\frac{m}{s2}$). Algunas mediciones difirieron en su valor central del intervalo con el valor de $9.8\frac{m}{s2}$, esto puede deberse a que el tiro fue modelizado como vertical, aunque tenía ligeras desviaciones.

Además, el video contaba con una frecuencia de un cuadro cada 0.033 s, por lo que el cuadro asociado a la altura máxima puede corresponder a la mayor altura captada pero no ser la verdadera altura máxima alcanzada por el proyectil. Asimismo, el momento exacto en el que la esfera sale del cañón es difícil de determinar. A su vez, la duración de los fotogramas es el principal responsable de las altas incertidumbres de tipo B (ver anexo). Conociendo estos inconvenientes que afectaron la medición de la altura y del tiempo, pueden explicarse las mediciones cuyo resultado es diferente al tabulado.

A su vez, en todas las mediciones de h_{max} pueden verse afectadas, debido a que el programa determinó la escala utilizada para la altura basándose en la longitud de un objeto determinada anteriormente. Al elegir un objeto no alineado con el disparo y en una posición inferior a la cámara, puede haber errores asociados a la altura debidos al paralaje respecto de la cámara captando el objeto y su tamaño.

Por último, observando la magnitud de la incertidumbre de tipo A calculada, hubiera sido conveniente realizar mayor cantidad de medidas para reducir la incertidumbre total.

Conclusión

Se determinó el valor de g a partir de la medición de *t* y *h* en tiros verticales.
Si bien los resultados no son muy precisos, los intervalos obtenidos contienen el verdadero valor de g.
Sería conveniente mejorar la frecuencia de la cámara de video utilizada, ya que es la principal fuente de incertidumbre de tipo B.
Debido a que existen grandes fluctuaciones al azar en las mediciones, es recomendable aumentar el número de mediciones.

Bibliografia

- Informes de alumnos, Cátedra Física Experimental I, FCEx UNICEN
- “Física” Parte I: Resnick-Halliday.

Anexo

La incertidumbre absoluta de *g* está dada por la combinación de ambos tipos de incertidumbres, expresada de la siguiente manera:

$$S^2 = S_A^{\,2} + S_B^{\,2} \qquad (3)$$

en donde S es la incertidumbre total o absoluta, S_A la incertidumbre de tipo A y S_B la incertidumbre de tipo B

Siguiendo la ecuación (3), las incertidumbres absolutas obtenidas para cada valor de *g* son las siguientes (los cálculos se encuentran en el anexo):

Medicion 1: S= 0,953899889 $\frac{m}{s2}$

Medicion 2: S= 1,344437801 $\frac{m}{s2}$

Medicion 3: S= 1,351269033 $\frac{m}{s2}$

<u>Incertidumbre de tipo B</u>

Marca 1:

$$\Delta g = \sqrt{\left(\frac{0.01}{\sqrt{3}\cdot 0.5892}\right)^2 + \left(\frac{2\cdot 0.033}{\sqrt{3}\cdot 0.3777}\right)^2} \cdot 8.3 = 0.8\ \frac{m}{s2}$$

Marca 2:

$$\Delta g = \sqrt{\left(\frac{0.01}{\sqrt{3}\cdot 1.08}\right)^2 + \left(\frac{2\cdot 0.033}{\sqrt{3}\cdot 0.44}\right)^2} \cdot 10.93 = 0.9\ \frac{m}{s2}$$

Marca 3:

$$\Delta g = \sqrt{\left(\frac{0.01}{\sqrt{3}\cdot 1.65}\right)^2 + \left(\frac{2\cdot 0.033}{\sqrt{3}\cdot 0.546}\right)^2} \cdot 11.2 = 0.8\ \frac{m}{s2}$$

<u>Incertidumbre absoluta</u>

Medicion 1:

$$S^2 = S_A^{\,2} + S_B^{\,2} \Rightarrow S = \sqrt{S_A^2 + S_B^2} = \sqrt{(0,463)2 + (0,834)2} = 0,953899889\ \frac{m}{s2}$$

Medicion 2:

$S^2 = S_A^{\,2} + S_B^{\,2} \quad \Rightarrow \quad S = \sqrt{S_A^2 + S_B^2} = \sqrt{(0,933)2 + (0,968)2} = 1{,}344437801 \ \frac{m}{s2}$

Medicion 3:

$S^2 = S_A^{\,2} + S_B^{\,2} \quad \Rightarrow \quad S = \sqrt{S_A^2 + S_B^2} = \sqrt{(1,102)2 + (0,782)2} = 1{,}351269033 \ \frac{m}{s2}$