

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As.

Facultad Cs. Exactas

Física experimental I

Medición de la aceleración de la gravedad con un péndulo simple

Achaga, Romina

Prado, Patricio

Romy_achaga@hotmail.com

Patricio-prado@hotmail.com

Noviembre de 2010,

Tandil

Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue medir el valor de la aceleración de la gravedad local g mediante la medición del periodo con el que oscila un péndulo. La iniciativa surgió de un trabajo anterior en el cual se midió g y observó que para ángulos mayores a 10° el periodo depende de la amplitud del péndulo. Los resultados a los que se llegan en este trabajo contribuyen a disminuir el error con el que se midió g en el trabajo anterior.

Palabras clave

Péndulo simple - Aceleración de la gravedad - Movimiento Armónico Simple – Ángulo inicial óptimo.

Introducción

La fuerza de gravedad o peso es la fuerza con la cual el planeta Tierra atrae a los cuerpos cercanos hacia ella. No habiendo resistencia del aire, se encuentra que todos los cuerpos caen con la misma aceleración y, si la distancia recorrida no es demasiado grande, la aceleración es constante en toda la caída. La aceleración de un cuerpo que cae libremente se llama aceleración debida a la gravedad g .ⁱ

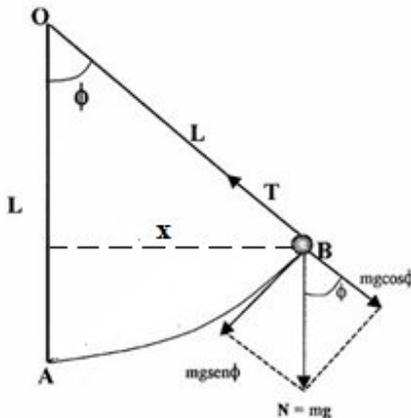


Figura 1: Péndulo Simple

Un péndulo simple es un sistema mecánico que exhibe movimiento periódico. Se puede describir, como se ve en la Figura 1, como una partícula de masa m suspendida de un punto O y sostenida por una cuerda de longitud L cuya masa es despreciable. Desplazando la partícula un cierto ángulo pequeño en relación a su punto de equilibrio A , el cuerpo empieza a oscilar con una cierta amplitud x .

El astrónomo y físico Galileo Galilei fue el primero en observar que el período es independiente de la amplitud, al menos para ángulos pequeños. Puede decirse que para amplitudes de movimiento menores a 10° el movimiento es armónico simple.ⁱⁱ

Utilizando el método del péndulo simple se puede obtener g , a partir el período T .ⁱⁱⁱ:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Despejando:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad (2)$$

El experimento consistió en medir el periodo con el que oscila un péndulo mediante un sistema de adquisición de datos, a medida que el péndulo se amortiguaba.

Procedimiento

Para construir el péndulo, se colgó, de un soporte atornillado firmemente a la pared (ver Figura 2-a), una esfera de hierro de $(0,0471 \pm 0,0002)^1$ m de radio mediante un alambre de acero inextensible de $(2,143 \pm 0,001)^2$ m de largo. El alambre se midió con una cinta métrica y el radio (R) se calculó a través de la fórmula $R = C/2\pi$, siendo C la circunferencia de la esfera medida.

Se apartó el péndulo del punto de equilibrio A (ver Figura 1) un ángulo de 16° aproximadamente y se lo dejó oscilar hasta que se detuvo. Para medir los periodos T con los que oscilaba el péndulo, se utilizó un fotosensor en forma de horquilla, instrumento que posee sensores que activan un cronometro cuando el péndulo pasa por primera vez y que lo detiene de la misma manera cuando cumple un período (ver Figura 2-c). Dado que la horquilla era demasiado grande y no pasaba por el fotosensor se le añadió un tornillo en la parte inferior como se ve en la Figura 2-b. El fotosensor fue conectado a una computadora en la cual se almacenaron los datos medidos durante la experiencia (ver Figura 2-d). Este procedimiento permitió obtener el valor de todos los periodos realizados por el péndulo y observar sus variaciones a medida que el péndulo se amortiguaba con el fin de determinar el valor óptimo de T .



(a)



(b)

¹ Incertidumbre estimada a través de la propagación del error en mediciones indirectas $\Delta R = \Delta C / 2\pi$.

² Incertidumbre instrumental.



(c)



(d)

Figura 2: (a) Soporte, (b) Esfera de hierro con tornillo ya añadido, (c) Esfera oscilando-fotosensor, (d) Computadora.

Resultados

El péndulo se mantuvo oscilando un poco más de 2 horas. La cantidad de períodos medidos fue de 2707.

En la Figura 3, se graficó todos estos períodos y se suavizaron los puntos haciendo un promedio cada 10 datos (smoothing).

El la Figura 4, muestra los valores de los periodos suavizados. A modo de guía se le incluyó una línea horizontal para reflejar el valor al que parecen convergerlas mediciones.

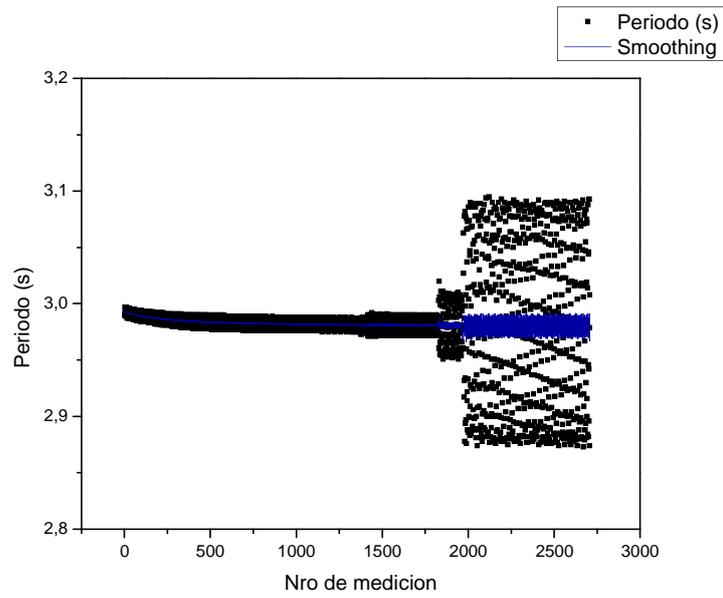


Figura 3: ■ Períodos medidos en esta experiencia, ■ Smoothing.

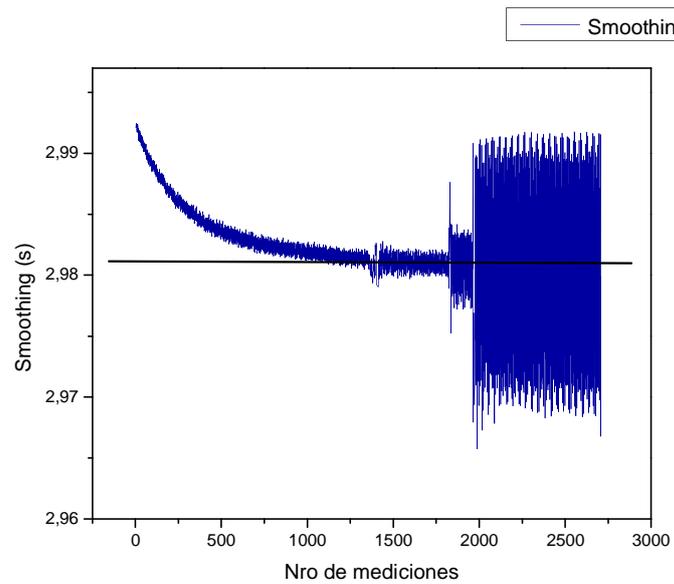


Figura 4: ■ Smoothing, — recta dibujada.

Análisis de los resultados

En la Figura 4, se observa claramente una curva para los primeros 1000 periodos del péndulo, lo que nos indica que estas están afectadas por su amplitud.

Luego los puntos comienzan a converger hacia un valor constante. En las últimas mediciones se ve que, en promedio, la constante se mantiene, pero a su vez los puntos empiezan a dispersarse mucho más alrededor de la recta, en comparación con la tanda de periodos anterior. Esto se debe a que el error de T aumenta cuando la velocidad del péndulo disminuye. Los saltos que se ven en la grafica podrían deberse al sistema adquiredor de la placa. De no existir este inconveniente los saltos no serian tan bruscos.

Los datos que parecen seguir la constante pueden separarse en 3 grupos (1250-1750), (1750-2000) y (2000-2707) (ver Figuran 4). Realizando un promedio de estos datos obtenemos un $T_1 = 2,981 \pm 0,006$, $T_2 = 2,98 \pm 0,03$ y $T = 2,98 \pm 0,07$, respectivamente. La incertidumbre ΔT asociada a cada uno de los promedios se calculó mediante la ecuación:

$$T = \sqrt{(u_i^2 + u_\alpha^2)}$$

Siendo, u_i es el error instrumental y $u_\alpha = \frac{S_{n-1}}{\sqrt{n}} z_\alpha$ es el intervalo de confianza en el que se encuentra el verdadero valor de T con una cierta probabilidad α ($\alpha = 95\%$).^{iv}

Se puede ver que el período es igual e los 3 casos, pero que la incertidumbre asociada varía en un orden de magnitud entre los últimos y el primero.

Por lo tanto el rango óptimo para la medición de g se extiende entre las 1250 y 1750.

Conclusiones

En este trabajo se midió el periodo de un péndulo mediante un sistema de adquisición de datos y una computadora, a medida que su movimiento se amortiguaba.

Pudo observarse que el valor del periodo converge hacia una constante. Sin embargo, las fluctuaciones alrededor del mismo se incrementan en las etapas finales del movimiento, cuando la amplitud del periodo es muy pequeña.

Se obtuvo que el valor de la aceleración de la gravedad es $(9,739 \pm 0,008) m/s^2$, con una incertidumbre mucho menor a la que resultó en el trabajo anterior $((9,73 \pm 0,09) m/s^2)$, realizado mediante técnicas experimentales más rudimentarias

El resultado obtenido por este trabajo no contiene en su intervalo de incertidumbre (9,731-9,747), el valor de g medido con técnicas sofisticadas $(9,799165 m/s^2)^v$, pero ahora se puede decir que se le atribuye la gran parte de esta desviación del resultado a la mediciones de L .

³ S_{n-1} es desviación estándar asociada a cada T_i en la Tabla 1 y n el número de mediciones. El valor de z_α es 1,96 y está asociado a α mediante la integral de la distribución gaussiana normalizada (ver referencia ^{iv})

Para trabajos posteriores, se sugiere que una buena manera de disminuir el error de L es variando su valor (en este trabajo se utilizó un L constante de 2.148 m) y realizando una regresión lineal.

Bibliografía

ⁱ Resnick-Halliday; Física, parte I; Compañía editorial Continental S.A.; México, 1974.

ⁱⁱ Serway, Raymond – Jewett, John; FÍSICA, para ciencias e ingenierías; Ed. Thomson

ⁱⁱⁱ Medición de la aceleración de la gravedad con un péndulo simple – Física experimental I

^{iv} Apuntes teóricos de Física experimental I

^v Medición obtenida por el Dr. Introcaso Antonio del Grupo de Geofísica - Instituto de Física Rosario.