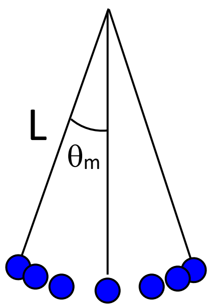
DEMO 165 El péndulo: estudio de las oscilaciones



Autora de la ficha	Chantal Ferrer Roca
Palabras clave	Oscilaciones, péndulo, frecuencia, periodo, amplitud
Objetivo	Comprender el movimiento de oscilación, en articular el oscilador armónico simple, y las magnitudes que lo caracterizan a través de un dispositivo como el péndulo. Determinación de la aceleración de la gravedad a través de la medida del periodo de las oscilaciones.
Material	Un péndulo constituido por un hilo sin masa y una pesa (bola de acero o aluminio, plomada u otro objeto con masa, de pequeñas dimensiones)
Tiempo de Montaje	nulo

Descripción

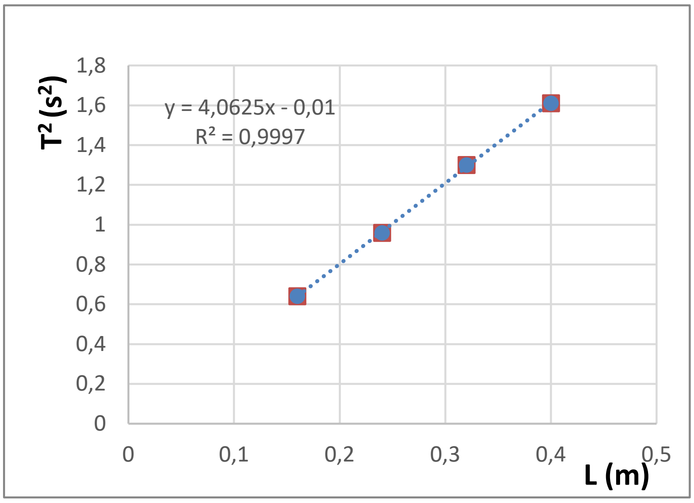
Se dice que Galileo Galilei quedó fascinado con el péndulo y su funcionamiento desde joven, al observar las oscilaciones de la lámpara de la catedral de Pisa. Lo que si es cierto es que aplicó el método galileano (lo que ahora conocemos como método científico) a su estudio: uniendo el método experimental y los razonamientos de tipo matemático para la comprensión y racionalización de los fenómenos físicos, y para la obtención de aplicaciones. De hecho, fue Galileo quien propuso el péndulo (1641) como mecanismo regulador del tiempo en los relojes, aunque el primer prototipo fue construido por Christiaan Huygens (1657). Aquí vamos a reproducir algunas de las experiencias y observaciones galileanas sobre el péndulo y se plantearán algunas consideraciones más actuales que amplían su formulación y su horizonte.



- Medida del periodo del péndulo: Sujeta el péndulo con una longitud L intermedia del hilo, medida desde el extremo fijo del hilo hasta el centro de la pesa. Por ejemplo, L=32 cm. Desvía la pesa de la posición de equilibrio, formando un pequeño ángulo con la vertical (por ejemplo, de 10-15º) y suéltalo. Observa que oscila alrededor del eje vertical entre dos posiciones máximas simétricas. La desviación máxima θ_m respecto a la vertical es la AMPLITUD. El tiempo de ida y vuelta a la posición de máxima desviación (o cualquier otra intermedia) es el PERIODO T. Toma una de estas posiciones como referencia, y cronometra (con el temporizador del móvil) el tiempo Δt que tarda en realizar 10 vaivenes. Luego el periodo T= Δt/10= 11,4/10=1,14 s

- Cambiando la amplitud: se repite la medida anterior variando (por ejemplo, duplicando) la amplitud (20-30º). Se observa que el periodo no cambia (o lo hace mínimamente, dentro del margen de incertidumbre de la medida). Esto es lo que se llama ISOCRONISMO del péndulo y se verifica siempre que los ángulos de desviación no sean demasiado grandes (el arco que describe bastante menor que la longitud del hilo).

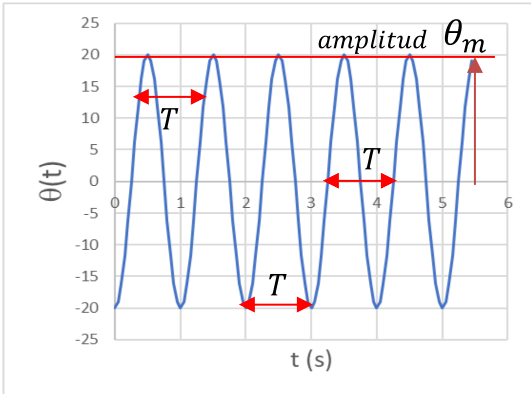
- <u>Cambiando la longitud:</u> Acorta la longitud del hilo a la mitad. Observamos que el periodo es menor. Repetimos la medida y ahora obtenemos Δt’=8 s y T’=t/10=0,8 s. Podemos ver que la relación entre los periodos para las dos longitudes $(T/T')^2=1{,}43^2=2=L/L'$. Se puede decir que el cuadrado del periodo depende de la longitud.



Se puede repetir la medida eligiendo otras longitudes, que tabulamos. Y representamos el periodo al cuadrado frente a la longitud. Por ejemplo:

L (m)	0,16	0,24	0,32	0,40
T (s)	0,8	0,98	1,14	1,27
T^2 (s^2)	0,64	0,96	1,30	1,61

Vemos que, efectivamente, el periodo al cuadrado y la longitud son proporcionales.



- <u>El péndulo como oscilador armónico y valor teórico de su periodo</u>
  Si suponemos que el péndulo se comporta como un oscilador armónico, entonces el ángulo de desviación respecto a la vertical varía en función del tiempo como una función sinusoidal, donde φ es una fase inicial arbitraria, y la pulsación $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$\theta(t) = \theta_m \, sin(\, \omega t + \varphi)$$

Se puede demostrar (*) que el periodo del péndulo en estas condiciones tiene la expresión: $T = 2\pi\sqrt{L/g}$. De hecho, introduciendo las longitudes del péndulo consideradas antes, se obtienen valores teóricos del periodo del péndulo muy similares a los valores experimentales medidos (usando g=9,8 ms^{-2})

Por otro lado: $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L$. Luego la pendiente de la gráfica experimental obtenida antes $\frac{4\pi^2}{g} = 4{,}063$. Y por lo tanto se puede determinar $g = \frac{4{,}063}{4\pi^2} = 9{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ a partir de estas medidas.

Este valor coincide con su valor tabulado dentro del margen de incertidumbre. En particular teniendo en cuenta que no se ha considerado que sobre el péndulo actúa el rozamiento con el aire, el hecho de que la pesa no es puntual, etc.

- <u>El péndulo como un modelo sencillo de cualquier tipo de oscilación</u>
  Todos los cuerpos tienen movimientos de oscilación de diferente tipo, con resultados a veces muy complejos y con diferentes frecuencias de oscilación: los instrumentos musicales, el cuerpo humano, los átomos, las estrellas y planetas. Por su simplicidad experimental y teórica, el péndulo, como también la masa unida a un muelle, son sistemas muy sencillos que se constituyen en paradigmas del movimiento oscilatorio armónico simple y en modelos explicativos de esas otras oscilaciones más complejas. De ahí su importancia.

Bibliografía	Galileo Galilei “Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias” (1638)