

Experimento de Galileo: El plano inclinado

Objetivos

- Describir el movimiento de un objeto en un plano inclinado.
- Confirmar experimentalmente que el movimiento de los objetos en caída libre es uniformemente acelerado.
- Verificar la distribución normal de mediciones experimentales.

Introducción

En el siglo XVII, Galileo Galilei presenta los principios del movimiento uniforme y uniformemente acelerado. Su definición acerca de estos tipos de movimiento es la siguiente:

- **Movimiento uniforme:** movimiento en el cual a intervalos iguales de tiempo corresponden iguales distancias recorridas.
- **Movimiento uniformemente acelerado:** movimiento en el cual variaciones iguales de velocidad ocurren en iguales intervalos de tiempo.

Esto es, si el movimiento es uniforme el desplazamiento está dado por,

$$x = v \cdot t \quad (1)$$

donde $t = t_2 - t_1$ (t_1 es el tiempo inicial y t_2 , el final), v es la velocidad del móvil y $x = x_2 - x_1$ (x_1 es la posición inicial y x_2 , la posición final).

Para el movimiento uniformemente acelerado

$$v = v_0 + a \cdot t \quad (2)$$

donde v_0 es la velocidad inicial. Para este tipo de movimiento, principios matemáticos simples permiten determinar que el desplazamiento viene dado por la ecuación,

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2 \quad (3)$$

donde x_0 es la posición inicial ($x(t=0) = x_0$).

En este laboratorio estamos interesados en discutir los aspectos físicos del problema de la caída libre de un objeto, específicamente, **queremos saber si la caída natural de los cuerpos describe un movimiento uniformemente acelerado.**

Hoy sabemos que la aceleración de los cuerpos en caída libre por efecto de la fuerza de gravedad es constante e independiente de su masa si se encuentran cerca de la superficie terrestre. Esto es, tal como lo observó Galileo por primera vez, todos los cuerpos caen con una misma aceleración. Sobre la superficie de la Tierra, en promedio, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

Para un cuerpo que se desliza sobre un plano inclinado bajo la acción de la fuerza de gravedad, si despreciamos el rozamiento, la aceleración es:

$$a = g \cdot \sin(\theta) \quad (4)$$

donde θ es el ángulo que forma el plano inclinado con la horizontal.

Experimento

Este experimento tiene como objetivo “reproducir” las mediciones realizadas por Galileo en el estudio del movimiento de caída libre sobre planos inclinados utilizando la tecnología disponible en el siglo XVII.

La idea consiste en medir el tiempo que demora un cuerpo en recorrer una determinada distancia al deslizarse por un plano inclinado para luego hacer un gráfico de distancia recorrida versus intervalo de tiempo, x versus t , y de distancia recorrida versus tiempo al cuadrado, x versus t^2 , y verificar si el tipo de movimiento es efectivamente uniformemente acelerado.

De la ecuación (3), si el cuerpo parte del reposo y se desliza sobre el plano inclinado, despreciando el rozamiento, tenemos que $x = c \cdot t^2$, donde la constante de proporcionalidad es $c = (g \sin(\theta))/2$.

Equipamiento

- Barra para medir distancia.
- Pipeta graduada para medir tiempo (reloj de agua).
- Carro dinámico.
- Riel.
- Cronómetro (que no existía en el siglo XVII)

Note que queremos medir tal cual como en el siglo XVII. La distancia será medida en unidades de la barra (que llamaremos b) y el tiempo lo medirá en mL , correspondiente a la altura de la columna de agua en la pipeta.

Procedimiento y Montaje Experimental

Plano inclinado

1. Monte el riel como indica la *Figura 1*.
2. Use su barra como unidad de medida (b) para medir distancia y marque cinco posiciones diferentes x_i , ($i = 1, \dots, 5$) a partir del extremo inferior del riel.
3. Desde cada una de las posiciones libere el cuerpo partiendo del reposo y con su reloj de agua mida el tiempo que demora en llegar a la base del plano (note que sus unidades de tiempo están dadas en mL). Para cada posición repita el procedimiento cinco veces y extraiga el valor medio de tiempo (en mL). Note que para minimizar errores en la medida de tiempo se escoge la inclinación del plano pequeña (¿Por qué?).
4. Anote los resultados de sus mediciones en las siguientes tablas. Estime además el error en la medición de la distancia y el error en el tiempo. **Explique detalladamente como estimó el error.**



Figura 1. Montaje Experimental.

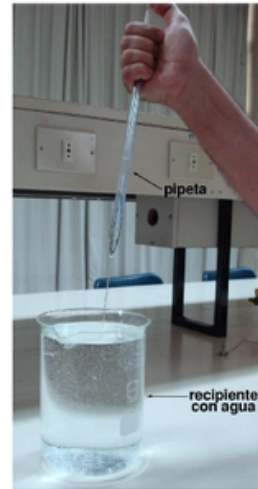


Figura 2. Pipeta para medir el tiempo y recipiente.

$x_1(b)$	$t_1(mL)$	$t_1^2(mL^2)$
$\bar{x}_1 =$		$\bar{t}_1^2 =$
$\Delta x_1 =$		$\Delta t_1^2 =$

Tabla 1. Datos de la medición 1.

$x_2(b)$	$t_2(mL)$	$t_2^2(mL^2)$
$\bar{x}_2 =$		$\bar{t}_2^2 =$
$\Delta x_2 =$		$\Delta t_2^2 =$

Tabla 2. Datos de la medición 2.

$x_3(b)$	$t_3(mL)$	$t_3^2(mL^2)$
$\bar{x}_3 =$		$\bar{t}_3^2 =$
$\Delta x_3 =$		$\Delta t_3^2 =$

Tabla 3. Datos de la medición 3.

$x_4(b)$	$t_4(mL)$	$t_4^2(mL^2)$
$\bar{x}_4 =$		$\bar{t}_4^2 =$
$\Delta x_4 =$		$\Delta t_4^2 =$

Tabla 4. Datos de la medición 4.

$x_5(b)$	$t_5(mL)$	$t_5^2(mL^2)$
$\bar{x}_5 =$		$\bar{t}_5^2 =$
$\Delta x_5 =$		$\Delta t_5^2 =$

Tabla 5. Datos de la medición 5.

Análisis

- ¿Cuáles son las principales fuentes de error en su experimento?
- Haga un gráfico de x_i versus t_i y x_i versus t_i^2 que incluya las respectivas barras de error.
- ¿Qué puede decir acerca del tipo de movimiento?
- Calcule la pendiente del gráfico x_i versus t_i^2 y a partir de esta estime la aceleración del carro. Compare su resultado con la ecuación (3).
- Convierta su resultado para la aceleración del carro a unidades del SI. **Explique el procedimiento.**

Distribución Normal

Dado que usted midió el tiempo en mL , puede verificar a cuánto tiempo real (en segundos) corresponde cada medición. Para esto, debe utilizar el cronómetro y medir muchas veces el tiempo que demora en caer una cantidad fija de agua. Deje caer 10mL y cronometre el tiempo que tardan en caer esos 10mL. Repita esta medición 100 veces.

- Defina intervalos de tiempo de máximo 0,05 seg. Para cada intervalo de tiempo, cuente la cantidad de mediciones que se encuentran en ese intervalo (por ejemplo, cuántas veces midió un tiempo entre 1 y 1,05 seg., cuántas entre 1,05 y 1,1 seg., etc).
- Grafique el número de mediciones que corresponden a cada intervalo de tiempo versus el tiempo (es decir, construya un histograma).
- Determine el promedio y la desviación (varianza) de la distribución. Puede serle útil la información disponible en Wikipedia (<https://es.wikipedia.org/wiki/Varianza>).

Partes Adicionales

Usando materiales asociados a los montajes previos y algunos recursos extra disponibles en el laboratorio, usted podría estudiar:

1. Variación de la aceleración con el ángulo de inclinación
2. Independencia de la aceleración con la masa del cuerpo

En esta sección, usted debe elegir al menos uno de estos fenómenos para estudiarlo. Debe registrar en su acta lo que está analizando, cómo lo hace, los inconvenientes y resultados obtenidos, análisis, etc. Si se le ocurre algo interesante de medir, dentro del contexto del curso, puede agregarlo a la lista de “Adicionales”.