
FIS101

Laboratorio 1

Medición de la aceleración en caída libre: aplicando el principio de Galileo

Introducción.

En este laboratorio, ustedes replicarán una parte de los experimentos realizados por Galileo Galilei en su investigación sobre la aceleración constante debido a la gravedad. Galileo hipotetizó que un objeto en caída libre adquiriría cantidades iguales de velocidad en tiempos iguales, lo que significaba que su velocidad aumentaba a una tasa constante mientras caía. Sin embargo, uno de los problemas en la comprobación de esta hipótesis era que la tecnología de ese momento no podía registrar velocidades tan altas, debido a lo anterior Galileo no pudo observar el movimiento en caída libre del objeto. Para solucionar esto, Galileo desaceleró su movimiento, reemplazando el objeto en caída libre por un objeto deslizándose por un plano inclinado. Ya que la caída libre es esencialmente equivalente a una rampa completamente vertical, asumió que un objeto que caía por una rampa aumentaría la velocidad de la misma manera que un objeto en caída libre, aunque no con la misma magnitud de la aceleración.

En este laboratorio, ustedes medirán la posición y velocidad de un carro que se desliza por un plano inclinado, utilizando una cámara para grabar la caída y software para procesar el vídeo, obtendrán gráficos de posición y velocidad para diferentes ángulos del plano inclinado. A partir de estos datos, ustedes extrapolarán para encontrar el valor de la aceleración debida a la gravedad. Además, ustedes medirán la aceleración utilizando un sensor llamado Pocketlab, con el fin de comparar los resultados obtenidos con el sensor con los resultados obtenidos mediante el vídeo. El objetivo de este laboratorio es ayudar a los estudiantes a comprender cómo la inclinación del plano afecta a la aceleración debido a la gravedad y aplicar el principio de Galileo en un contexto experimental, siguiendo los pasos del método experimental de Galileo. Además, en este laboratorio, se discutirá la relación entre el principio de Galileo y el movimiento uniformemente acelerado, y cómo este principio se relaciona con la ley de la gravedad universal de Isaac Newton. Los estudiantes también tendrán la oportunidad de comparar sus resultados con los valores teóricos de la aceleración debida a la gravedad y discutir las posibles causas de discrepancias. Los estudiantes también aprenderán a medir y registrar datos utilizando un dispositivo de medición y software de análisis de vídeo.

En resumen, este laboratorio proporcionará a los estudiantes una experiencia práctica para aplicar y comprender el principio de Galileo de la caída libre, mediante la medición de la aceleración en caída libre, utilizando un plano inclinado y un carro. Los estudiantes aprenderán a utilizar técnicas experimentales y tecnología para medir y registrar datos, y también tendrán la oportunidad de analizar y discutir sus resultados en relación con la teoría, utilizando tanto los datos recolectados con el sensor de Pocketlab como los obtenidos mediante el vídeo. El objetivo final es ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión sólida del principio de Galileo y su relación con la gravedad y el movimiento en caída libre, y también les permitirá comprender las ventajas y limitaciones de las diferentes técnicas de medición.

Principio de Galileo

El principio de Galileo establece que la aceleración de un objeto en caída libre es constante, independientemente de su masa. Esto se puede expresar matemáticamente utilizando la ecuación de movimiento en una dimensión:

$$v = v_0 + a \cdot t ,$$

donde v es la velocidad final, v_0 es la velocidad inicial, a es la aceleración, y t es el tiempo.

Integrando en el tiempo, se puede obtener la ecuación de posición en una dimensión:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 ,$$

donde x es la posición final, x_0 es la posición inicial, v_0 es la velocidad inicial, a es la aceleración, y t es el tiempo.

En este caso, al utilizar un plano inclinado en lugar de caída libre, se puede utilizar el ángulo de inclinación del plano en relación con la horizontal para calcular la aceleración debida a la gravedad.

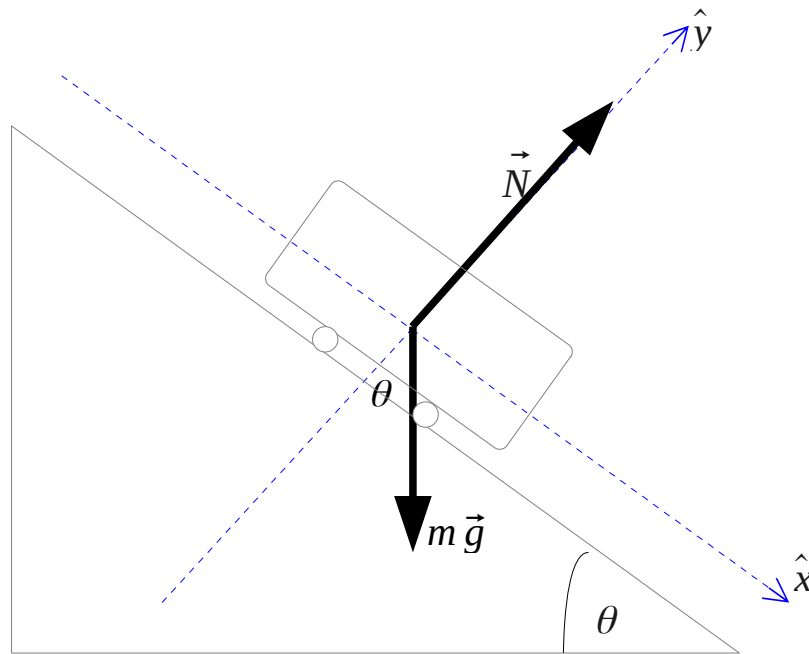


Figura 1: Esquema de carrito deslizándose por un plano inclinado. El sistema de referencia tiene una inclinación solidaria al plano.

Al hacer la suma de fuerzas en cada eje, usando la segunda ley de Newton las ecuaciones son:

$$N - mg \cos(\theta) = 0 , \quad (1)$$

$$mg \sin(\theta) = ma . \quad (2)$$

De la ecuación se obtiene:

$$a = g \cdot \sin(\theta) ,$$

donde m es la masa del cuerpo, g es la aceleración debida a la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$) y θ es el ángulo de inclinación del plano en relación con la horizontal.

En resumen, el marco teórico para este laboratorio incluye el principio de Galileo de la aceleración constante debido a la gravedad y las ecuaciones de movimiento y posición en una dimensión, así como la ecuación para calcular la aceleración debida a la gravedad utilizando el ángulo de

inclinación del plano inclinado. Ustedes utilizarán estos conceptos teóricos para analizar y discutir sus resultados experimentales.

Materiales y equipos:

1. Riel Pasco.
2. Carro de colisiones Pasco.
3. Indicador de ángulo Pasco.
4. Masa adicional.
5. Balanza digital.
6. Acelerómetro PocketLab.
7. Teléfono celular para grabar vídeo.
8. Computador con el software Tracker. <https://physlets.org/tracker/>
9. Regla metálica.

		
Riel	Carro	Medidor de ángulo
		
Masa extra.	Balanza	PocketLab

Protocolo de seguridad: Por su propia seguridad, debe seguir las siguientes reglas mínimas: usar zapatos cubiertos y pantalones largos dentro del laboratorio, y dejar todo bebestible y/o comestible cerrado, en su mochila. No se permitirá su ingreso al laboratorio si no se cumplen estas reglas.

Procedimiento : Estudio de la Caída Libre y la Aceleración debida a la Gravedad

1. Montar el riel en el mesón del laboratorio y ajustar la inclinación según sea necesario. Medir y registrar el ángulo de inclinación en una hoja de trabajo.
2. Demarcar claramente en algún sitio del montaje (riel, carro) una vara de medida conocida, para calibrar posteriormente el vídeo con la “vara de calibración”.
3. Tomar medidas de seguridad para evitar lesiones durante el proceso de experimento, evitar inclinaciones mayores a 40° .
4. Ubicar un elemento blando en el extremo inferior del riel, tal que amortigüe el impacto del carro con el borde y evite accidentes. Puede ser goma espuma, o una prenda de ropa doblada.
5. Medir la masa del carro y de cualquier masa adicional utilizada en el experimento. Registrar estos valores en una hoja de trabajo.
6. Adherir un elemento visual contrastante al carro, como se ve en el ejemplo de la Figura 2. Esto es para que el seguimiento de su trayectoria sea expedito en la etapa de análisis del vídeo.
7. Colocar el carro en la parte superior del riel y dejarlo caer libremente. Asegurarse de dejar el carro en una posición recta sobre las guías del riel y que el carro deslice libremente.
8. Utilizar una cámara para grabar un vídeo del movimiento del carro, cuidando mantener todo el montaje dentro de un mismo plano. Vea los ejemplos de las Figuras 4 y 3.
9. Realizar el experimento para 5 ángulos diferentes entre sí.
10. Lanzar el carro al menos 3 veces sin ninguna masa adicional y 3 veces con una masa adicional para cada ángulo.
11. Utilizar el sensor PocketLab para medir la aceleración de gravedad. Usarán este valor para comparar con el valor obtenido por el procedimiento detallado anteriormente.
12. Al finalizar la medición, deben dejar todos los materiales del laboratorio sobre el mesón de laboratorio (tal como los recibieron) y avisar al lab manager antes de retirarse del laboratorio.
13. Utilizar el software de análisis de vídeo *Tracker* para recortar el vídeo y obtener un mejor análisis de los datos.
14. Utilizando el software de análisis de vídeo, medir la posición y velocidad del carro en diferentes momentos.
15. Analizar los datos obtenidos y calcular la aceleración debida a la gravedad utilizando las fórmulas y cálculos proporcionados.

16. Comparar los resultados obtenidos con los valores teóricos y discutir las posibles causas de cualquier discrepancias. Trate de ser lo mas cuantitativo posible en su análisis.
17. Elaborar un informe completo del experimento, incluyendo una introducción, marci teórico, una descripción detallada del procedimiento, los resultados obtenidos, un análisis de los datos, y conclusiones.

Nota: Es esencial medir y registrar los datos con precisión para garantizar que los resultados sean confiables y precisos. Anoten todas las observaciones y comentarios en la hoja de trabajo para un mejor análisis de los datos.

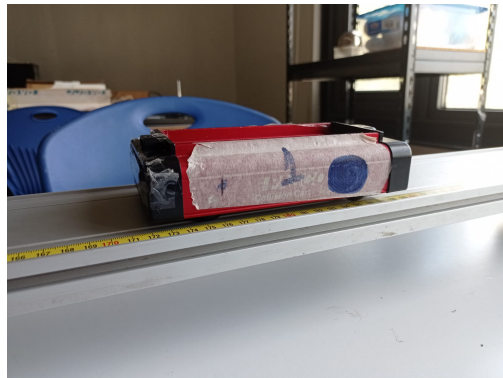


Figura 2: Ejemplo de figura de alto contraste para facilitar seguimiento de la trayectoria del carrito.

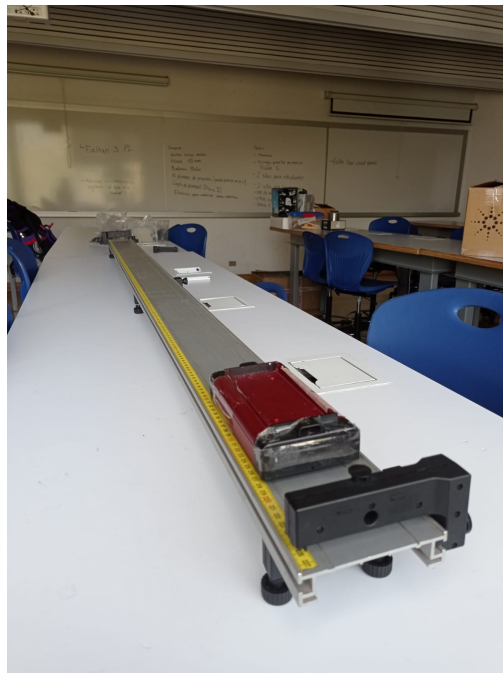


Figura 3: Ejemplo de encuadre **erróneo** para la grabación de vídeo.



Figura 4: Ejemplo de encuadre **correcto** para la grabación de vídeo.

Análisis de Datos

Los estudiantes deben abrir el vídeo grabado con el software Tracker, seleccionando un sistema de referencia en la dirección del movimiento del carro. Utilizando el software, deben medir la posición y velocidad del carro en diferentes momentos y luego graficar estos datos para su posterior análisis. Es importante asegurarse de que los resultados estén en la misma escala y en el mismo sistema de unidades antes de ajustarlos. Además, los estudiantes deben utilizar el sensor PocketLab para medir la aceleración de gravedad y comparar los resultados obtenidos con el sensor con los resultados obtenidos mediante el vídeo.

A partir de cada lanzamiento, los estudiantes deben calcular la aceleración del carro utilizando tanto los datos obtenidos con el sensor PocketLab como los obtenidos mediante el vídeo. Para ello, deben ajustar correctamente el gráfico de velocidad en función del tiempo, obteniendo un valor de aceleración con su respectivo error para cada uno de los lanzamientos. Es importante calcular el valor promedio para cada ángulo con su respectivo error para obtener un valor preciso y confiable. Consideren los errores asociados a la medición para estimar la confiabilidad de los resultados obtenidos. Deben calcular el promedio de la aceleración para cada ángulo tanto cuando el carro se lanza solo como cuando se lanza con una masa adicional. Además, deben graficar la aceleración media en función del ángulo, para observar la relación entre ambos. Para finalizar, deben completar la tabla de la hoja de trabajo.

	Ángulo de inclinación [grados]	Aceleración carro solo [m/s^2]	Aceleración con masa extra [m/s^2]
1			
2			
3			
4			
5			

Recuerden que tanto al ajustar como al realizar operaciones, estas propagan errores, vea en el anexo los tipos de errores y su propagación. Para comparar los resultados, utilicen el error comparativo porcentual, busque un valor teórico de la aceleración de gravedad y citen apropiadamente su fuente.

Preguntas de discusión (No son parte de la evaluación):

- ¿Cómo afecta la inclinación del plano al movimiento del carro?
- Cuando dejamos a un cuerpo deslizar sin roce por un plano inclinado, en vez de dejarlo caer libremente de forma vertical. ¿La aceleración se vuelve variable, es igual, o cambia a otro valor constante?
- ¿Cómo se relaciona la masa del carro con la aceleración debida a la gravedad?
- ¿Cómo se utiliza el software de análisis de video para medir la posición y velocidad del carro?
- ¿Cómo se comparan los resultados obtenidos con los valores teóricos?
- ¿Cómo se calcula la aceleración debida a la gravedad utilizando las fórmulas y cálculos proporcionados?
- ¿Qué son las posibles causas de cualquier discrepancias entre los resultados obtenidos y los valores teóricos?
- ¿Cómo se puede mejorar este experimento en el futuro?
- ¿Qué factores podrían haber afectado la precisión de los resultados obtenidos en el experimento?
- ¿Cómo podrían mejorar el diseño del experimento para obtener resultados más precisos?
- ¿Cómo podrían extender el experimento para investigar otros aspectos del movimiento en caída libre?
- ¿Qué diferencias observan entre los resultados obtenidos con y sin la masa adicional?
- ¿Cómo pueden explicar las discrepancias observadas entre los valores teóricos y los resultados experimentales?
- ¿Cómo podrían validar los resultados obtenidos en el experimento?

Las preguntas de discusión son una herramienta útil para ayudarles a reflexionar sobre el experimento y comprender mejor los principios científicos involucrados, no son parte de la evaluación final del laboratorio. Estas preguntas tienen como objetivo generar una discusión en el grupo, para ayudarles a elaborar un informe de laboratorio completo y detallado. El informe de laboratorio es lo que será evaluado y tendrá una nota asociada. Deben dedicar suficiente tiempo y esfuerzo en la elaboración del informe, ya que esto les permitirá obtener una buena calificación.

Evaluación.

- La evaluación de la actividad se basará en la nota del informe.
- Cualquier falta de respeto hacia profesores u otros estudiantes, o daño causado a los equipos será sancionado con la reprobación del laboratorio.
- El informe deberá ser subido a webcursos en la fecha indicada por el profesor de su sección.
- Además, en webcursos estarán disponibles dos buzones, el primero es para entregar el informe en la fecha indicada y un segundo buzón para entregas atrasadas, no se aceptarán entregas por otro medio.
- Se espera que el comportamiento de los estudiantes sea acorde al código de honor de la Universidad. La/el estudiante que sea sorprendida/o usando procedimientos ilícitos será calificado con la nota mínima uno (1.0), y su caso será sancionado según el código de honor.
- Además, para la realización del informe es recomendable tener en consideración la rúbrica de evaluación.
- Es de suma importancia indicar que lo más importante en un reporte experimental es reportar lo medido, no lo que se cree debería ser el resultado. Es decir, si sus resultados no son consistentes con lo indicado en la literatura debe reportar eso, y su misión es descubrir el porqué de la discrepancia.

Recomendaciones.

- Leer y comprender completamente las instrucciones del laboratorio antes de comenzar.
- Asegurarse de tener todo el material y equipo necesario antes de comenzar el experimento.
- Realizar el experimento con precaución y seguir todas las medidas de seguridad necesarias.
- Tomar notas detalladas y registrar todas las observaciones y mediciones durante el experimento.
- Revisar y ajustar los resultados obtenidos antes de calcular promedios y estadísticas.
- Asegurarse de que todos los gráficos y tablas estén etiquetados y legibles.
- Citar todas las fuentes consultadas en la elaboración del informe.
- Revisar el informe varias veces antes de entregarlo, para asegurar que esté libre de errores y esté claro y conciso.

Anexo : Mediciones y errores.

En este laboratorio, es importante tener en cuenta los diferentes tipos de errores que pueden ocurrir y cómo afectan a la precisión de los datos. A continuación se describen algunas de las medidas de precisión utilizadas en este laboratorio:

Errores sistemáticos y aleatorios:

Errores sistemáticos: son aquellos errores que siempre ocurren de la misma manera, y que pueden ser causados por un problema con el equipo o una mala técnica experimental. Errores aleatorios: son aquellos errores que ocurren de manera aleatoria y no se pueden predecir con certeza.

Propagación de errores en laboratorio:

La propagación de errores es el proceso de calcular cómo el error en una medida se propaga a través de un cálculo o una serie de cálculos.

Error comparativo porcentual:

El error comparativo porcentual se refiere a la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero, expresado como un porcentaje del valor verdadero. Es calculado utilizando la fórmula:

$$E_{comp} = \frac{|V_{medido} - V_{verdadero}|}{V_{verdadero}} * 100$$

donde E_{comp} es el error comparativo porcentual, V_{medido} es el valor medido y $V_{verdadero}$ es el valor verdadero.

Error absoluto:

El error absoluto se refiere a la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero, sin tener en cuenta el signo. Es calculado utilizando la fórmula:

$$E_{abs} = |V_{medido} - V_{verdadero}|$$

donde E_{abs} es el error absoluto, V_{medido} es el valor medido y $V_{verdadero}$ es el valor verdadero.

Es importante tener en cuenta que el error absoluto se refiere a la magnitud de la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero, no importa si es un exceso o un defecto en la medición.

Error relativo porcentual:

El error relativo es otra medida de precisión utilizada para comparar la magnitud del error en relación con el valor medido. Se calcula utilizando la fórmula:

$$E_{relativo} \% = \frac{\Delta V}{V_{medido}} * 100$$

donde $E_{relativo} \%$ es el error relativo porcentual, V_{medido} es el valor medido y ΔV es el error de medición.

Desviación estándar:

La desviación estándar es una medida de la variabilidad de los datos. Es el promedio de la distancia entre cada dato y la media. Es una medida de la precisión de los datos, ya que indica la cantidad de variabilidad en los datos. La desviación estándar se calcula utilizando la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

donde σ es la desviación estándar, n es el número de datos, x_i son los datos individuales y \bar{x} es la media de los datos.

En resumen, en un laboratorio es importante tener en cuenta los diferentes tipos de errores que pueden ocurrir, así como cómo se propagan a través de los cálculos y cómo afectan a la precisión de los datos. Utilizando herramientas como el error comparativo porcentual, el error absoluto, el error relativo y la desviación estándar, se pueden evaluar y comparar los resultados de las mediciones.