

Escuela Superior de Economía y Negocios

Laboratorio 1: Informe de caída libre

Grupo 16

Integrantes:

Valeria Lizbeth Benítez Samayoa

Andrea Ximena Díaz Rojas

Ernesto José Padilla Cerna

Ana Sofía Segura Ríos

Física I

Sección 01

Ing. José María Velásquez, MCs.

10 de junio del 2021

Resumen

A diferencia de en la teoría, alcanzar el valor estándar de la gravedad en situaciones cotidianas es imposible. Mediante el presente, se exponen los métodos de recolección de la información utilizada, el equipamiento que puede ser utilizado y la información obtenida. Toda la información presentada demostró la existencia de discrepancias entre los valores prácticos y el esperado teórico.

Con fundamento en principios teóricos de grandes incursores del área, se dan las posibles causas de estas diferencias. Principalmente, se deben a agentes externos al equipo que realizó las prácticas: ambiente, márgenes de error de la maquinaria, posición geográfica y otros. No obstante, también influyen los errores del equipo: poca experiencia en estos trabajos, reflejada durante las mediciones necesarias.

De igual manera, se demuestran las fórmulas y los términos claves para la comprensión y la resolución del problema. Asegurando la fácil comprensión del trabajo, la problemática estudiada y la solución planteada.

Introducción

Las leyes físicas que explican fenómenos naturales, las propiedades de los objetos en el espacio y los valores teóricos que conocemos, para ser aceptados como exactos, han tenido que ser analizados y comprobados con mucha precisión. Las leyes fundamentales de la caída libre y las fórmulas utilizadas para calcular la gravedad son ejemplos de ello. A continuación, se detallará un poco de la historia y cómo podemos observar este fenómeno en nuestra vida diaria.

Aristóteles aseguraba que, al dejar caer dos objetos al mismo tiempo desde cierta altura, sus velocidades eran constantes y el primero en tocar la superficie sería el más pesado. Por ejemplo, dejar caer una piedra y una pluma, con lógica, caerá la piedra primero.

Sin embargo, Galileo Galilei empezó a experimentar al dejar caer distintos objetos desde lo alto de la Torre Inclinada de Pisa. Descubrió que, si los cuerpos se dejan caer desde una misma altura en el vacío, donde no hay ninguna fricción con el aire, tendrán una aceleración y caerán al mismo tiempo, a pesar de su peso y tamaño. A esta aceleración constante, se le nombró gravedad (g), la cual mide 9.8 m/s^2 . Como dijo Galileo Galilei:

Si se dejan caer dos cuerpos desde la misma altura, al mismo tiempo e independientemente de su composición, su masa y su forma, ambos tocarán el suelo al mismo instante en el vacío. (Olguin, 2021)

Objetivos

Objetivo general:

1. Comprobar el valor teórico gravitacional, estipulado como 9.80 m/s^2 , mediante la medición de la aceleración de un objeto en caída libre.

Objetivos específicos:

2. Comparar entre los valores calculados durante la práctica experimental y el valor exacto de la gravedad aceptado por el Sistema Internacional de Unidades.
3. Identificar algunas posibles causas de la diferencia entre el valor experimental y el teórico de la aceleración por la gravedad.

Teoría

- **Tiempo:** es una de las cantidades físicas fundamentales, la cual mide cuanto tarda un objeto en realizar un movimiento, y el sistema internacional (SI) utiliza la unidad del segundo.
- **Velocidad:** es una magnitud vectorial, indica la dirección, sentido y módulo del movimiento que alcanza un cuerpo. La velocidad depende del punto inicial y final del movimiento, y de su intervalo de tiempo. El SI establece que sus unidades son metros sobre segundo.
- **Aceleración:** Es la cantidad que mide el cambio de velocidad de un objeto. Se mide en metros sobre segundo cuadrado.
- **Fuerza de gravedad:** es el cambio de velocidad (aceleración) en un objeto producido por una fuerza que actúa verticalmente hacia el centro de la tierra. Esta se expresa mediante la letra g y su valor teórico es de 9.806 m/s^2 , según el SI. Para este experimento se aproximará el valor teórico a 9.80 m/s^2 .
- **Aceleración constante:** cuando la aceleración de un objeto es constante, por definición, en cualquier momento, su aceleración instantánea (aceleración en cualquier momento) será igual a la aceleración promedio (el cambio de velocidad dividido entre el tiempo total del cambio):

$$a_{prom} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i}, \quad \text{si } t_i = 0$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{t} \equiv V_f = V_i + at$$

- **Incertidumbre de una medida:** margen de error al medir una cantidad. Cualquier medición tendrá una incertidumbre, ya que es una aproximación al valor real. Esta incertidumbre se va propagando conforme se hacen operaciones con esos datos, por eso, se tienen métodos para calcular la incertidumbre:

Donde: m, w : valores; $\Delta m, \Delta w$: incertidumbres;

k, n : constantes; R : valor del resultado ; ΔR : incertidumbre de R

- o En suma o resta:

$$R = m \pm w$$

$$\Delta R = \Delta m + \Delta w$$

- o En el producto:

$$R = m \cdot w$$

$$\Delta R = |R| \cdot \left(\frac{\Delta m}{|m|} + \frac{\Delta w}{|w|} \right)$$

- o En el producto con una constante:

$$R = k \cdot m$$

$$\Delta R = |k|(\Delta m)$$

- **Concepto de caída libre:** es un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, ya que su aceleración es influenciada por la gravedad de la tierra sobre el objeto. Según Giancoli (2006), Galileo Galilei estableció que cuando los objetos caen en una ubicación precisa, y despreciando la resistencia del aire, todos caen con la misma aceleración constante.
- **Ecuación para la caída libre:**

$$V_f = V_i + gt$$

Durante esta práctica de caída libre, se establece que el objeto parte del reposo, por lo tanto, $V_i = 0$.

$$V_f = gt$$

- **Resistencia del aire:** Newton estableció que “todo cuerpo que se mueve en el espacio hace nacer una fuerza llamada resistencia del aire que se opone a su movimiento” (Suárez Dávila, 1919). Así concluimos que esta fuerza afecta a la aceleración de los objetos.
- **Efecto de latitud en la gravedad:** la gravedad puede variar según la latitud en la cual se mida. Según Irineo “la aceleración [gravedad] es mayor conforme nos acercamos a los Polos, y es menor en el Ecuador” (2011).

- **Efecto de la altitud en la gravedad:** La gravedad disminuye según sea mayor la altura. Ante esto, situarse en el himalaya presenta menor gravedad que en el mar muerto: el primero más lejos del centro de la tierra que el segundo. (Serway, 2004)
- **Medición directa:** se obtiene mediante un instrumento para medir una magnitud, por ejemplo, una regla.
- **Medición indirecta:** se calcula mediante una fórmula matemática, en la cual se utilizan cifras similares para calcular una cantidad difícil de medir de forma directa.
- **Promedio:** Es la sumatoria de elementos entre el número de elementos.

$$Promedio_{Elementos} = \frac{\sum Elementos}{n} = \frac{Elemento_n + Elemento_{n-1} \dots}{n}$$

Métodos experimentales

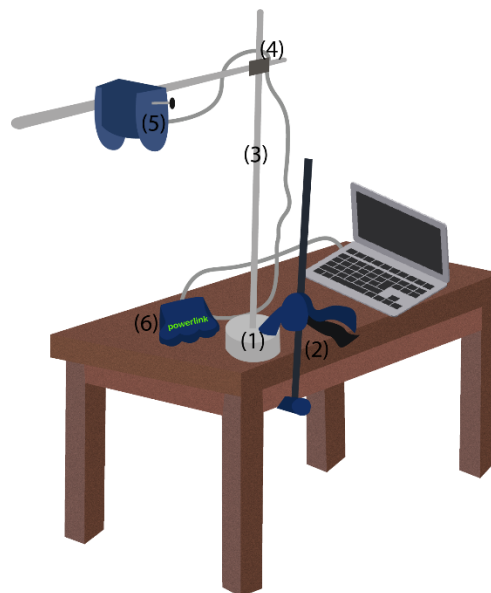
Descripción del proceso

Debido a la educación a distancia, no se tuvo la totalidad de la experiencia en este experimento. No obstante, en caso de contar con los instrumentos y *software* (ver apéndice 2), el proceso es el siguiente:

1. Armado de los instrumentos:

Para formar la estructura inicial, colocamos la base, que funciona como pinza, en la orilla de una mesa. En esta, ponemos dos barras metálicas perpendicularmente, es decir, en forma de L (como se muestra en la Figura 1.). En esta última, ponemos el sensor de movimiento, apuntando verticalmente hacia abajo, sensor el cual se conecta a la computadora a través del Powerlink.

Figura 1. Instrumentos y equipos

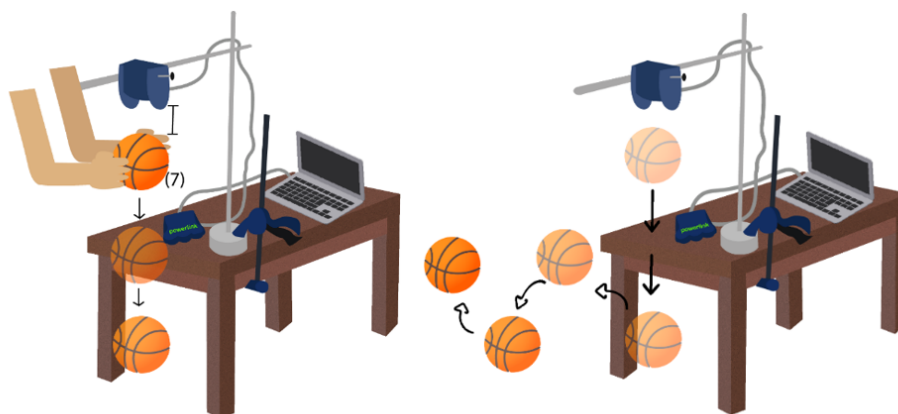


Fuente: Elaboración propia

2. Obtención de datos

Tomamos una pelota y la soltamos a 15 centímetros de distancia del sensor, dejamos que caiga y rebote por lo menos tres veces (alejando nuestra mano al soltarla).

Figura 2. Demostración de proceso para calcular datos



Fuente: Elaboración propia

3. Evaluamos la información recolectada

Abrimos PASCO CAPSTONE, *software* el cual mostrará la gráfica posición-tiempo. Para obtener la información necesaria, en la leyenda del eje vertical, cambiamos de “posición-tiempo” a “vector velocidad-tiempo”. Ahora, utilizando la herramienta “Selección”, marcamos una sección de las gráficas y, en la misma pestaña, seleccionamos la opción “lineal: $m \cdot t + b$ ”. Así, obtenemos la pendiente (la cual es constante) en el lapso seleccionado, la cual hace referencia a la aceleración que la bola tuvo según las mediciones obtenidas.

4. Repetimos

Repetimos los pasos dos y tres, 15 veces: cinco por cada una de las alturas a evaluar. Así, sabremos la altura, la aceleración y la incertidumbre.

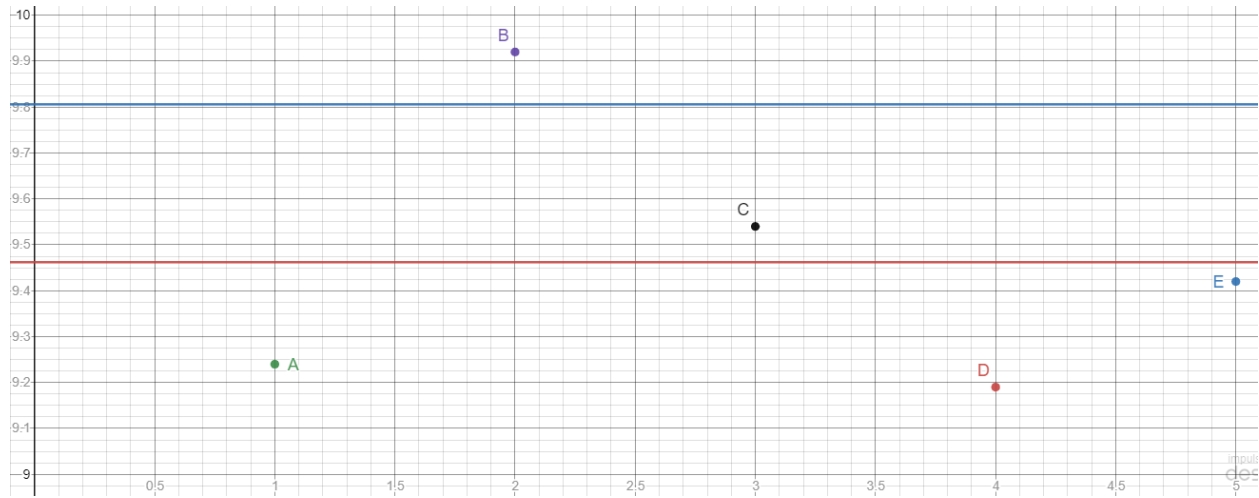
En nuestro caso se nos entregaron las aceleraciones e incertidumbres de cada prueba. En total, obtuvimos quince datos divididos según tres alturas.

Resultados y discusión

Los resultados de los tres promedios en las diferentes alturas son menores al valor teórico de la gravedad, por lo que existe una discrepancia.

Gráficas y datos obtenidos

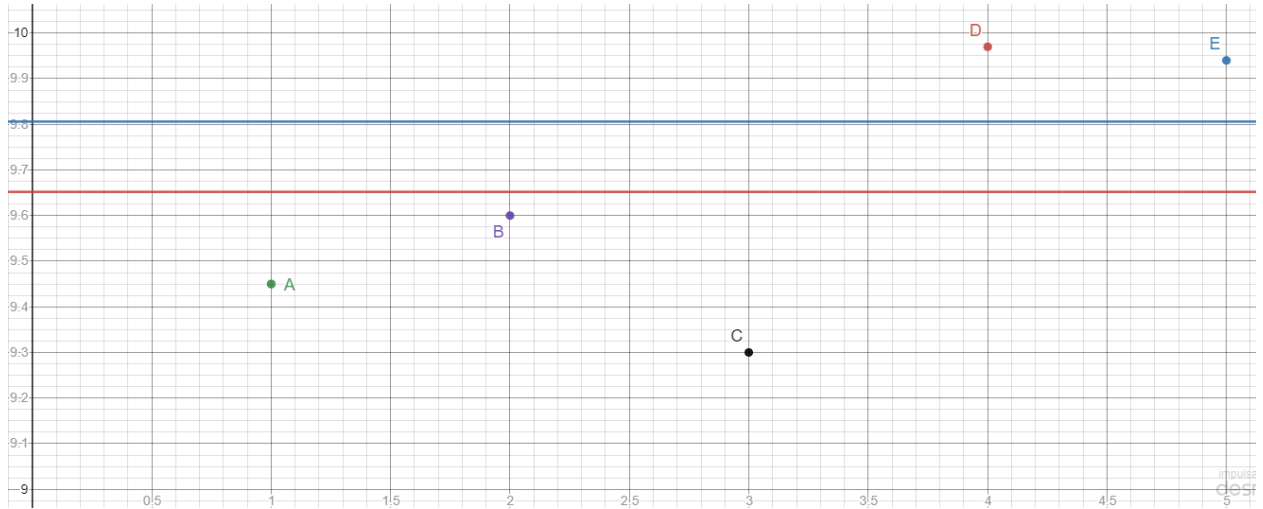
Grafica 1. Datos de gravedad para la altura de 1.3 metros



Fuente: Elaboración propia

Para la primera altura, se obtuvo cinco datos, denotados por los puntos de la gráfica. El punto A tiene una aceleración de 9.24 m/s^2 ; el segundo, 9.92 m/s^2 ; el tercero, 9.54 m/s^2 ; el cuarto, 9.19 m/s^2 ; y el último, 9.42 m/s^2 . También, se obtuvo una gravedad promedio de 9.46 m/s^2 con incertidumbre de 0.054 m/s^2 . Este dato se ubica 0.34 puntos debajo de la gravedad teórica.

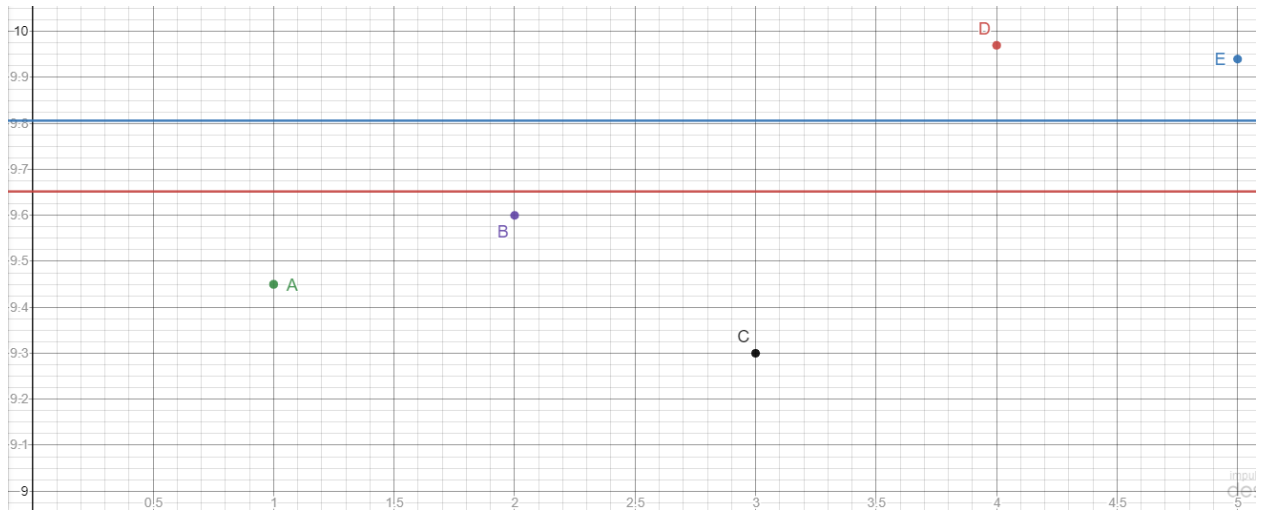
Grafica 2. Datos de gravedad para la altura de 1.4 metros



Fuente: Elaboración propia

Para 1.4 metros de altura, se obtuvo un valor A con aceleración de 9.45 m/s^2 ; el segundo, 9.60 m/s^2 ; el tercero, 9.30 m/s^2 ; el cuarto, 9.30 m/s^2 ; y el último, 9.94 m/s^2 . Así, la gravedad promedio fue de 9.65 m/s^2 con incertidumbre de 0.035 m/s^2 . Este dato se ubica 0.15 puntos debajo de la gravedad teórica.

Grafica 3. Datos de gravedad para la altura de 1.5 metros



Fuente: Elaboración propia

Para una altura de 1.5 metros, el primer dato tuvo una aceleración de 9.52 m/s^2 ; el segundo, 9.03 m/s^2 ; el tercero, 9.18 m/s^2 ; el cuarto, 9.83 m/s^2 ; y el último, 9.86 m/s^2 . Finalmente, la gravedad

promedio fue de 9.48 m/s^2 con incertidumbre de 0.052 m/s^2 . Este dato se ubica 0.32 puntos debajo de la gravedad teórica.

Como se puede observar en la tabla de resultados (ver apéndice 3) y en las gráficas, el valor más cercano al valor teórico fue en la altura de 1.4 m con una aceleración de $9.65 \pm 0.035 \text{ m/s}^2$; mientras que el más alejado fue en la altura de 1.3 m con aceleración de $9.46 \pm 0.054 \text{ m/s}^2$.

Factores de la discrepancia

Hay varios factores que se pueden atribuir a que exista una discrepancia en los datos, sin embargo, hemos identificado 4 que pueden ser los causantes en este caso:

- a) **Resistencia del aire:** el experimento no fue realizado en el vacío y no se consideró el impacto del efecto de la resistencia del aire. Bajo las condiciones en las que se trabajó, al tratarse de un objeto ligero, una pelota, la gravedad calculada es menor al valor teórico de esta.
- b) **Latitud y altitud:** está demostrado que puede crear una ligera discrepancia con el valor estándar de la gravedad. El valor de la gravedad depende de la latitud y altitud de la tierra, debido a la rotación de la tierra.
- c) **Error humano:** se debía colocar la bola a 15 centímetros abajo el sensor; por lo que colocar el objeto a una medida diferente influye en cómo el sensor capta el movimiento.
- d) **Incertidumbre de los instrumentos de medición:** es relevante considerar la incertidumbre de los instrumentos utilizados.

Preguntas y conclusiones

1. **Comenta sobre el valor promedio de g para cada altura con respecto al valor teórico de g. ¿Tu valor en una altura es más cercano al valor teórico de g que en otra altura? ¿Por qué?**

Para las tres alturas se tuvieron tres valores promedios distintos. Para la altura de 1.3 m se tuvo que la gravedad promedio media $(9.462 \pm 0.0544)\frac{m}{s^2}$; para la altura de 1.4 m se calculó que la gravedad promedio fue de $(9.652 \pm 0.0352)\frac{m}{s^2}$; y, para la altura de 1.5 m la gravedad promedio resultó en $(9.484 \pm 0.0524)\frac{m}{s^2}$. El valor promedio de que más se acercó al valor teórico de la gravedad $(9.80\frac{m}{s^2})$ fue el resultado de los datos de la altura 1.4 m. Se llegó a la conclusión de que fue un resultado aleatorio provocado por la resistencia del aire, ya que el valor teórico se cumple cuando esta es inexistente.

2. **Incluye fuentes de error e incertidumbre experimental en tu discusión.**

Las fuentes de incertidumbre en la práctica de este experimento fueron las siguientes:

- o **Las condiciones externas:**
 - La resistencia del aire influyó aleatoriamente al hacer las mediciones. Posiblemente, durante los lanzamientos a 1.4 metros afectó en menor proporción las mediciones.
 - La latitud y altitud de nuestra ubicación se encuentra cerca del Ecuador, provocando que la gravedad sea menor.
- o **Observación:** se pedía colocar la pelota a 15 centímetros del sensor. Acá, la observación de la persona pudo afectar esa distancia, fallo que no se tomó en cuenta.
- o **Instrumento de medición:** todas las medidas, sean directas o indirectas, poseen ciertas incertidumbres que no se tomaron en cuenta a la hora de hacer los cálculos.

3. ¿Qué factores pueden causar la diferencia entre el valor experimental y el teórico de la aceleración por la gravedad?

Hay muchos factores que pueden causar la discrepancia entre el valor experimental y el teórico. Entre ellos están: la resistencia del aire, el efecto de la latitud y altitud, el error humano y la incertidumbre de los instrumentos de medición.

Se llegó a la conclusión de que nunca se hubiera obtenido el valor teórico en las condiciones a nuestro alcance. Aunque se hubieran tomado en cuenta todas las incertidumbres, se necesitaba estar al vacío para que el resultado fuera similar al valor teórico. Asimismo, aprendimos que la latitud y altitud de nuestra ubicación tiene influencia en el resultado de la gravedad: no se obtiene la misma gravedad en El Salvador que en el polo norte.

Por último, el equipo ha ideado una solución para el error humano al colocar el objeto a 15 centímetros del sensor. En lugar de colocarla manualmente, crear una plataforma que sostenga al objeto justo a la distancia solicitada, y que está se abra y deje caer el objeto. De esta forma, se evitará que la persona coloque a una distancia equivocada el objeto.

Referencias

- Aristóteles, Galileo, Newton y Einstein [blog]. Recuperado de <https://www.iac.es/cosmoeduca/gravedad/complementos/enlace3.htm>
- Dávila, A. S. (1919). Experiencia de Mr. Eiffel sobre la resistencia del aire y teoría del aeroplano. Historia de la aviación. In Anales del Instituto de Ingenieros de Chile (No. 10, pp. ág-497). Recuperado de <https://revistaatemus.uchile.cl/index.php/AICH/article/download/33780/35491>
- Fragoso Irineo, Anaid y Martínez Retama, Silvia. (2011). Estudio gravimétrico del valle de San José de Guaymas [Grado]. Universidad de Sonora. <http://repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/1602>
- Giancoli, D. (2006). Física: principios con aplicaciones. (6ta edición). México. Pearson Educación.
- Gravedad y caída libre [Texto informativo]. Recuperado de <https://education.lego.com/v3/assets/blt293eea581807678a/bltc134a5eeb93b2e07/5ec6402a596518633855224d/es-ev3science-accelerationgravity-additionalinfo.pdf>
- Olguin, I. (16 de marzo de 2021). Galileo: cómo caen las cosas. Union CDMX. Recuperado de <https://www.unioncdmx.mx/2021/03/16/galileo-como-caen-las-cosas-aprende-en-casa-iii-secundaria/>
- Serway, Raymond A. y John Jewett. Física para ciencia e ingeniería (9na edición). México: Cengage Learning Editores.

Apéndice

Apéndice 1. Cálculos de gravedad promedio

Calculando promedio para altura igual a 1.3 metros

$$Promedio_{Gravedades} = \frac{(9.24 \pm 0.077) + (9.92 \pm 0.008) + (9.54 \pm 0.046) + (9.19 \pm 0.082) + (9.42 \pm 0.059)}{5}$$

Por lo tanto:

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = \frac{(47.31 \pm 0.272)}{5}$$

Por lo tanto:

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = \left(47.31 * \frac{1}{5} \pm 0.272 * \frac{1}{5} \right)$$

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = (9.462 \pm 0.0544) m/s^2$$

Calculando promedio para altura igual a 1.4 metros

$$Promedio_{Gravedades} = \frac{(9.45 \pm 0.056) + (9.60 \pm 0.040) + (9.30 \pm 0.071) + (9.97 \pm 0.003) + (9.94 \pm 0.006)}{5}$$

Por lo tanto:

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = \frac{(48.26 \pm 0.176)}{5}$$

Por lo tanto:

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = \left(48.26 * \frac{1}{5} \pm 0.176 * \frac{1}{5} \right)$$

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = (9.652 \pm 0.0352) m/s^2$$

Calculando promedio para altura igual a 1.5 metros

$$Promedio_{Gravedades} = \frac{(9.52 \pm 0.049) + (9.03 \pm 0.099) + (9.18 \pm 0.083) + (9.83 \pm 0.017) + (9.86 \pm 0.014)}{5}$$

Por lo tanto:

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = \frac{(47.42 \pm 0.262)}{5}$$

Por lo tanto:

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = \left(47.42 * \frac{1}{5} \pm 0.262 * \frac{1}{5} \right)$$

$$Promedio_{Gravedades H=1.3} = (9.484 \pm 0.0524) m/s^2$$

Apéndice 2. Lista de materiales:

A continuación, se describen los materiales y equipos utilizados, etiquetados en las imágenes respectivamente.

- (1) Base: Soporte principal de la estructura.
- (2) Prensa: Prensa QUICK-GRIP IRWIN de barra para dar sujeción de presión.
- (3) Barras metálicas
- (4) Conector.
- (5) Sensor de movimiento: PASPORT Motion Sensor que mide la posición, velocidad y aceleración del objeto.
- (6) Powerlink: Recolecta información capturada por el sensor de movimiento para trasladarla al programa PASCO CAPSTONE.
- (7) Pelota
- (8) Cinta métrica

Apéndice 3. Tabla de valores

	Gravedades con sus incertidumbres respectivas (m/s ²)					
Altura (m)	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g _{prom}
1.30	9.14 ± 0.087	9.37 ± 0.064	9.01 ± 0.101	9.94 ± 0.007	9.80 ± 0.020	9.462 ± 0.0544
1.40	9.86 ± 0.015	9.35 ± 0.065	9.36 ± 0.065	9.08 ± 0.093	9.16 ± 0.086	9.652 ± 0.0352

1.50	9.72 ± 0.028	9.17 ± 0.084	9.41 ± 0.060	9.48 ± 0.053	9.02 ± 0.099	9.484 ± 0.0524
------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	--------------------