Universidad Autónoma de Chihuahua

Facultad de Ingeniería

Manual de prácticas de laboratorio

Programa educativo	Plan de estudios	Clave asignatura	Nombre de la asignatura
Ingeniería Física Ingeniería Matemática	2018	CS104	Física General I

Nombre del laboratorio	Laboratorio de Física

Práctica No.	Nombre de la práctica	Horas de práctica
1	Análisis de un registro de posición y tiempo hecho con un cronómetro digital.	1
2	Comparación entre movimiento lineal con velocidad y aceleración constante.	2
3	Caída libre.	1
4	Alcance de un proyectil.	1
5	Relación entre fuerza, aceleración y masa.	2
6	Principio de trabajo y energía.	1
7	Principio de conservación de energía.	1
8	Colisiones elásticas.	1
9	Colisiones inelásticas.	1

Atributos
• Realiza los ensayos correspondientes a las diferentes etapas de los procesos metalúrgicos. • Identifica las diferentes técnicas y métodos de elaboración y procesado. • Trabaja en equipo. • Se comunica en forma asertiva • Es comprometido hacia la conservación del medio ambiente. • Se apaga a las normas que regulan la práctica de los procesos metalúrgicos. • Se apega a las reglas de seguridad e higiene establecidas.

Fecha	Nombre del profesor	Firma

Práctica No. 1

Análisis de un registro de posición y tiempo hecho con un cronómetro digital

Resultados de aprendizaje

Obtiene gráficas de posición y tiempo de un cuerpo que se mueve bajo la acción de una fuerza constante y sobre una superficie sin rozamiento para analizar e interpretar el valor de las variables cinemáticas y estima la precisión y exactitud de sus mediciones.

Fundamento

La finalidad principal de la mecánica es la descripción del movimiento de objetos macroscópicos. Para describir un objeto en movimiento es necesario dar la posición de todos los puntos que lo describen. Lo anterior se logra dando las coordenadas en un sistema coordenado, llamado sistema, o marco de referencia. El caso más sencillo, naturalmente, corresponde a la descripción de un objeto que se mueve en una dimensión. Previo a cualquier descripción analítica de un sistema es necesario, en cierta medida, obtener intuición del proceso que se pretende describir. Más aún es posible distinguir la naturaleza de un movimiento con base en la gráfica que describe.

Un objeto estático describe una línea horizontal

$$x\left(t\right)=a, \tag{1.1}$$

mientras que un objeto con velocidad constante se describe por medio de una ecuación lineal en el tiempo

$$x\left(t\right)=x_0+vt. \tag{1.2}$$

Es importante que al efectuar el registro identifique las posibles fuentes de error de las mediciones, con la finalidad de que trate de reducir tales errores, calcule además los errores estadísticos (error estándar) esto se hace con la finalidad de que sus resultados finales sean lo más reales posibles.

Equipo y material

- Sistema de Flotación Lineal FICER, modelo SFL-03.
- Impulsor de Aire FICER, modelo IA-03.
- Cronómetro Digital FICER, modelo CD-03.
- Deslizador con poste de interrupción.
- Juego de pesas y portapesas.
- Interruptor optoelectrónico.
- Electromagneto de sujeción.
- Polea mecánica y portapolea.
- Regla mecánica.
- Trozo de hilo.

Desarrollo

El experimento se planea de la siguiente manera: Para efectuar el registro de posición y tiempo, de un cuerpo que se mueve bajo la acción de una fuerza constante y sobre una superficie sin rozamiento; se emplea el Sistema de Flotación Lineal como superficie exenta de rozamiento y un deslizador con poste de interrupción, al cual se le aplica una fuerza constante empleando el Método de Pesas y Polea.

Para determinar la posición del móvil como función del tiempo; se desarrolla un registro simple empleando el Cronómetro Digital.

Analizando la gráfica obtenida se podrá determinar la ecuación que satisface el movimiento del cuerpo.

1. El equipo se instala como se indica en la figura 1.1.

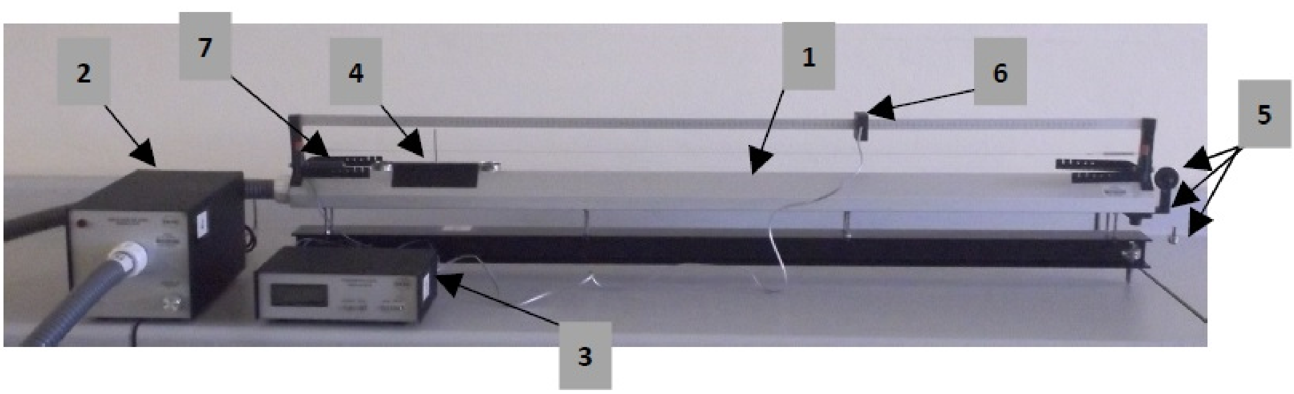

Figura 1.1: Instalación del equipo.

2. Seleccione 7 puntos sobre la regla metálica, todos espaciados uniformemente (cada 10 cm).
3. Efectúe un registro de posición y tiempo para cada uno de los siete puntos seleccionados, con la finalidad de que obtenga un mejor resultado en la medición de la variable t. Se recomienda que la repita 3 veces sobre el mismo punto, luego calcule la media aritmética $\bar{t}$ de dichas mediciones y tómela como el valor de t en ese punto. También, para que estime la precisión y exactitud de dicha

medición, calcule la desviación estándar S y su error estándar S_n de la medición con las ecuaciones 1.3 y 1.4, respectivamente.

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{1.3}$$

$$S_n = \frac{S}{\sqrt{n-1}} \tag{1.4}$$

Donde n es el número de datos, x_i es cada uno de los datos y $\bar{x}$ es el promedio de los datos.

4. Los datos de posición x y tiempo t obtenidos experimentalmente se registran en una tabla 1.1.

x [**m**]	$\mathbf{t_1}$ [**s**]	$\mathbf{t_2}$ [**s**]	$\mathbf{t_3}$ [**s**]	$\mathbf{t_p}$ [**s**]

Tabla 1.1: Tabla de datos experimentales.

5. Coloque los datos anteriores en un sistema de coordenadas rectangulares empleando papel milimétrico. Considere a la variable x como independiente, asignándole el eje de abscisas y a la variable t como dependiente, asignándole el eje de las ordenadas, como se muestra en la figura 1.2. Dibuje a través de la colección de puntos o lo más cercana a ellos, una curva de trazos suaves.

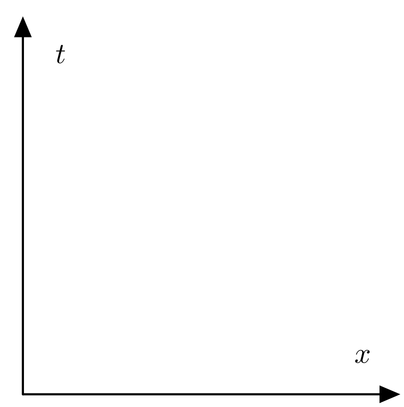

Figura 1.2: Sistema coordenado para graficar x en función de t.

6. Repita el paso 4 y construya la tabla 1.2.

7. Coloque los datos de la tabla 1.2 en un nuevo sistema coordenado rectangular, como se indica en la figura 1.3.

$\mathbf{x^2}$ $[\mathbf{m^2}]$	$\mathbf{t_p^2}$ $[\mathbf{s^2}]$

Tabla 1.2: Tabla de datos.

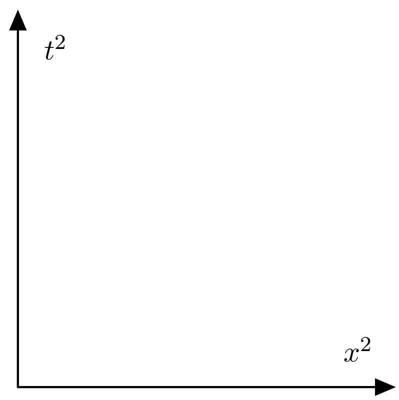

Figura 1.3: Sistema coordenado para graficar x^2 en función de t^2.

8. Una los puntos, si ésta corresponde a una línea recta, encuentre la ecuación de dicha recta. De esta manera, puede usted obtener un modelo matemático del movimiento.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice las gráficas, e indique si cumplió el objetivo planteado, dé respuesta y justificación. Detecte todas las posibles fuentes de error de su experimento. Repita el experimento si es necesario para minimizar los errores. Compare los nuevos resultados con los del experimento y modelo anterior.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 2

Comparación entre movimiento lineal con velocidad constante y aceleración constante

Resultados de aprendizaje

Obtiene gráficas de posición y tiempo de un cuerpo que se mueve bajo la acción de una fuerza constante y sobre una superficie casi libre de fricción, para analizar e interpretar la relación que determina al desplazamiento en función del tiempo, de un cuerpo que en cierto momento se mueve en línea recta con velocidad constante, y en otro instante con aceleración constante.

Fundamento

En el análisis del movimiento de un cuerpo, a su cambio de posición se le llama desplazamiento, mientras que a su cambio de velocidad se le llama aceleración. Entonces si el cuerpo se mueve de la posición inicial a la posición en algún instante en el tiempo (que llamaremos posición final), su desplazamiento correspondiente será la diferencia de estas posiciones. Este desplazamiento podrá ser positivo, cero o negativo, dependiendo de que la posición final sea mayor, igual o menor, respectivamente que la posición inicial. De manera análoga para los cambios en la velocidad.

Los desplazamientos representan diferencias entre dos posiciones, éstas y otros tipos de diferencias (como en la velocidad) aparecen muy frecuentemente, por lo cual se ha adoptado una manera general de representarlas, que es mediante de la letra griega Delta mayúscula Δ. Haciendo uso de ella, se podrá representar diferencias, variaciones, intervalos o en general, cambios entre dos coordenadas.

Si para intervalos de tiempo Δt iguales, los desplazamientos Δx correspondientes son también iguales, entonces, dichos desplazamientos deberán ser proporcionales a los intervalos de tiempo, es decir, $\Delta x \propto \Delta t$. Al expresar lo anterior en forma de ecuación, aparecerá una constante llamada velocidad, esto es

$$\Delta x = v\Delta t. \tag{2.1}$$

Despejando a la velocidad v, se obtiene

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}. \tag{2.2}$$

De manera análoga podemos encontrar una relación para la aceleración

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \tag{2.3}$$

Considerando las ecuaciones de la cinemática lineal que relacionan al desplazamiento, a la velocidad, a la aceleración y al tiempo

$$x = x_0 + vt + \frac{1}{2}at^2, \tag{2.4}$$

$$v = v_0 + at. \tag{2.5}$$

Analizando la ecuación 2.4, se puede intuir que la gráfica del desplazamiento en función del tiempo para el movimiento rectilíneo con aceleración constante, siempre será de forma parabólica debido, mientras que para la ecuación 2.5, se puede predecir que la gráfica de la velocidad en función del tiempo siempre es una línea recta.

Equipo y material

- Sistema de Flotación Lineal FICER, modelo SFL-03.
- Impulsor de Aire FICER, modelo IA-03.
- Generador de Chispas FICER, modelo GCH-03.
- Deslizador con electrodo de chispeo.
- Regla metálica y regla de chispeo
- Cronómetro Digital FICER, modelo CD-03.
- Deslizador con poste de interrupción.
- Portapolea y polea mecánica.
- Portapesas y pesas.
- Interruptor optoelectrónico.
- Electromagneto de sujeción.
- Banda de hule.
- Papel de registro.

Desarrollo

Parte 1

Para tratar de determinar la relación existente entre el desplazamiento que recorre un cuerpo y el tiempo que tarda en hacerlo, es conveniente desarrollar el experimento sobre una superficie casi libre de fricción y restringir el movimiento a una trayectoria lineal, así como colocar al sistema sobre una mesa rígida para minimizar las vibraciones externas.

Para hacer el registro de posición x y tiempo t, se utiliza el Generador de Chispas, una cinta de papel de registro y un deslizador con electrodo de chispeo.

Peligro: Cuando el Generador de Chispas se encuentre funcionando, no se deberá tocar la regla ni la línea de alto voltaje.

El registro que se haga deberá terminarse antes de que el deslizador llegue al otro extremo del Sistema de Flotación, esto con el fin de evitar traslape de puntos en el papel de registro al regresar el deslizador. Una vez que se haya terminado el registro, se deberá apagar el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, después se retirara el papel de registro y se marcaran los puntos del registro, por ejemplo, encerrando cada uno de ellos por un círculo. Ya marcados los puntos de registro, deberá medirse las distancias entre cada par de ellos, estas distancias serán los desplazamientos Δx a considerar.

Además, los intervalos de tiempo Δt entre dos puntos de registro seguidos, son fijos y conocidos, ya que de antemano este valor se conocía al haber seleccionado la frecuencia en el Generador de Chispas.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2.1.

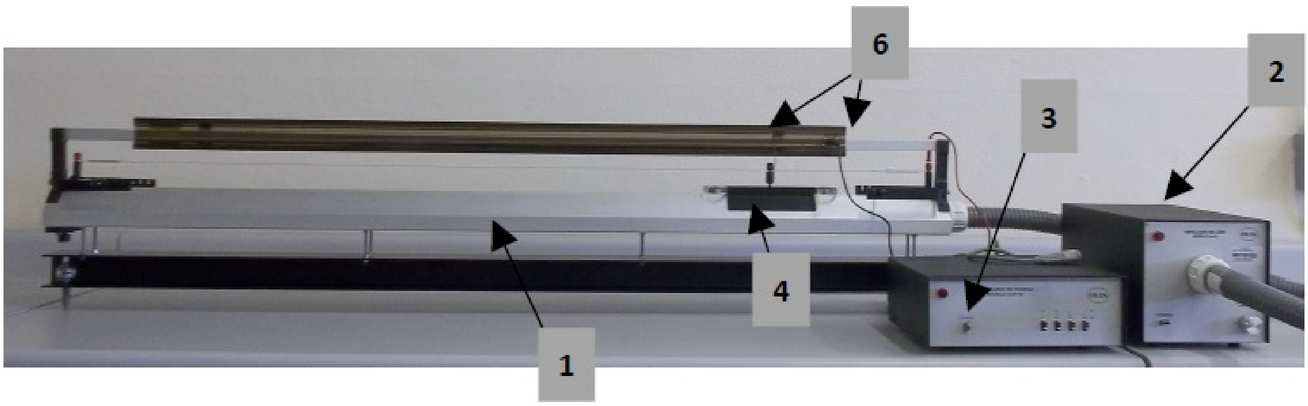

Figura 2.1: Instalación del equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
3. Cerciórese que esté instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo y la banda de hule y el pasador metálico en el sistema de lanzamiento.
4. Ajuste el electrodo de chispeo del deslizador para efectuar un registro simple de posición y tiempo.
5. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia de chispeo adecuada.
6. Prepare el deslizador para ser lanzado con el sistema de lanzamiento. Oprima momentáneamente el botón del control remoto del Generador de Chispas, para marcar el punto de referencia del movimiento.
7. Lance el deslizador y simultáneamente efectúe un registro simple con el Generador de Chispas. Finalice el registro antes de que el deslizador llegue al otro extremo del Sistema de Flotación Lineal.
8. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo y seleccione un conjunto de puntos consecutivos del registro, procurando que estos no sean de la parte inicial ni de la parte final del mismo. Enciérrelos con pequeños círculos, para su fácil identificación. No marque los puntos.
9. Mida la distancia Δx que hay entre cada par de puntos consecutivos. Recuerde que el tiempo transcurrido entre punto y punto es el mismo para cualquier par de puntos consecutivos.
10. Con los valores obtenidos en el paso anterior, construya una tabla de datos.

Intervalo n	$|\mathbf{\Delta x}|$ [m]	$\bar{\mathbf{v}}$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}\right]$
1	Δx_1	v_1
2	Δx_2	v_2
3	Δx_3	v_3
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
n	Δx_n	v_n

Tabla 2.1: Tabla de datos experimentales.

11. Obtenga la velocidad media para cada intervalo de distancia registrado Δx empleando la ecuación 2.2.
12. Haga una gráfica en papel milimétrico de x contra t considerando la secuencia en tiempo real del movimiento.
13. Obtenga la ecuación de la gráfica y compare con la ecuación

$$x = x_0 + vt. \tag{2.6}$$

Parte 2

Independientemente del método que se elija para producir la fuerza, es importante comprobar su constancia, mediante un registro simple de posición y tiempo para determinar si la aceleración del movimiento es uniforme. La medición del tiempo es posible hacerla mediante el Cronómetro Digital o empleando el Generador de Chispas.

Para tratar de reducir los efectos de los errores en las mediciones, es conveniente reproducir varias veces el experimento y después emplear la estadística (Método de Mínimos Cuadrados).

Una vez que se hayan obtenido los registros, se deben pasar estos a una gráfica de desplazamiento contra tiempo, y analizando dicha gráfica se puede obtener la ecuación de la curva que mejor se ajusta al conjunto de puntos graficados.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2.2.

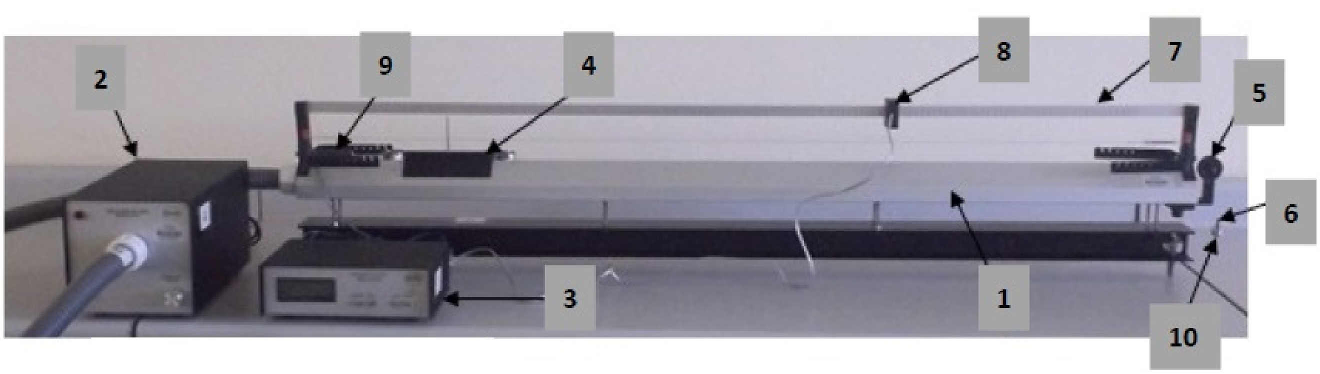

Figura 2.2: Instalación del equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
3. Cerciórese que esté instalada la polea y a la vez centrada con respecto al orificio del soporte del Sistema de Flotación Lineal.
4. Verifique que esté bien instalado el electromagneto de sujeción en su respectivo receptáculo.
5. Cerciórese que el interruptor optoelectrónico se encuentre bien colocado sobre la regla metálica.
6. Conecte el electromagneto de sujeción y el interruptor optoelectrónico al Cronómetro Digital.
7. Coloque un deslizador con poste de interrupción sobre la guía rectilínea del Sistema de Flotación Lineal, amarre en uno de sus amortiguadores un trozo de hilo pase este por el orificio del soporte y amarre el extremo libre al portapesas, y ponga sobre este último una pesa liviana coloque el hilo sobre la polea, como se indica en la figura 2.2.
8. Seleccione 6 puntos de la regla metálica espaciados 0.5 m.
9. Coloque el interruptor optoelectrónico sobre el primer punto seleccionado, (el más cercano al electromagneto de sujeción). Procurando que el interruptor quede centrado con respecto a este punto.
10. Encienda el Impulsor de Aire y el Cronómetro Digital; seleccione en este último la escala de tiempo adecuada.
11. Lleve el deslizador hasta que su amortiguador haga contacto con el electromagneto de sujeción. Manténgalo con la mano en esa posición.
12. Observe el punto de la regla metálica que está exactamente sobre el poste de interrupción. Este será su punto de referencia inicial para las mediciones de los desplazamientos.
13. Oprima la tecla de inicio del cronómetro; esta acción energizará el Electromagneto de Sujeción y este a su vez, retendrá al deslizador; retire su mano del deslizador.
14. Suelte la tecla de inicio del cronómetro; esta acción liberará de la fuerza magnética al deslizador e iniciará instantáneamente su movimiento. También en ese mismo instante, el cronómetro iniciará el conteo del tiempo.

    Nota: Las acciones indicadas en los pasos 13 y 14, deberán ser lo más breve posible, para evitar que se magnetice el amortiguador del deslizador y retarde así su movimiento.
15. Tome tres muestras de tiempo para cada una de las 6 distancias seleccionadas. Con los datos obtenidos construya y llene la tabla 2.2

$\mathbf{x}$ [m]	$\mathbf{t_1}$ $[s]$	$\mathbf{t_2}$ $[s]$	$\mathbf{t_3}$ $[s]$	$\mathbf{t_p}$ $[s]$

Tabla 2.2: Tabla de datos experimentales.

16. Con los datos de la tabla 2.2, haga una gráfica de x contra t. Utilice el eje de las ordenadas para la variable x, y el eje de las abscisas para la variable t.

17. Obtenga la ecuación de la gráfica.

$$y = at^m. \tag{2.7}$$

18. Utilice el Método de Mínimos Cuadrados para determinar los valores de las constantes a y m, desconocidas hasta ahora. Para ello, calcule paracon los datos de la tabla 2.2, los parámetros

$$T = \log\left(t\right), \tag{2.8}$$
$$X = \log\left(x\right), \tag{2.9}$$

y construya la tabla 2.3.

T	**X**	$\mathbf{T^2}$	**TX**
ΣT	ΣX	ΣT^2	ΣTX

Tabla 2.3: Datos calculados con los parámetros 2.8 y 2.9.

19. Con los valores de tabla 2.3, determine las constantes k y m , empleando las ecuaciones

$$k = \frac{\left(\Sigma X\right)\left(\Sigma T^2\right) - \left(\Sigma T\right)\left(\Sigma TX\right)}{n\left(\Sigma T^2\right) - \left(\Sigma T\right)^2}, \tag{2.10}$$
$$m = \frac{n\left(\Sigma TX\right) - \left(\Sigma T\right)\left(\Sigma X\right)}{n\left(\Sigma T^2\right) - \left(\Sigma T\right)^2}. \tag{2.11}$$

Siendo n el número de eventos que se consideraron. Recordando que $a = \text{anti}\log\left(k\right)$, sustituya en la ecuación 2.7 los valores a y m encontrados, obtenga la comprobación de la ecuación encontrada sustituyendo el tiempo.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice los resultados obtenidos, compare el modelo teórico con el experimental, dé respuesta y justificación del tipo de movimiento obtenido y enuncie las posibles causas por las cuales el movimiento efectuado en el experimento no es totalmente con velocidad constante a lo largo de toda la trayectoria. Detecte las posibles fuentes de error y trate de minimizar los errores. Sugiera como mejorar estos experimentos. Repita si es necesario el registro, eliminando los errores que pudo haber cometido originalmente y compare con el anterior.

Analice los resultados obtenidos del modelo teórico ($x = at^m$) y el obtenido experimentalmente, dé respuesta y justificación del tipo de movimiento. Detecte las posibles fuentes de error y trate de minimizar los errores. Sugiera como mejorar el experimento. Repita si es necesario el registro, eliminando los errores que pudo haber cometido originalmente y compare con el anterior.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 3

Caída libre

Resultados de aprendizaje

De manera experimental, obtiene la relación que determina el desplazamiento en función del tiempo de un cuerpo en caída libre, ignorando los efectos por fricción del aire. Con los datos obtenidos, estima el valor de la aceleración gravitacional.

Fundamento

Se conoce que todo cuerpo situado sobre la superficie de la tierra experimenta la acción continua de una fuerza constante *su peso*; de no existir obstáculo alguno: Fuerza de rozamiento del aire, presión, o cualquier otra interacción, dicha acción pondría en movimiento uniformemente acelerado al cuerpo. Esta aceleración se le conoce con el nombre *aceleración gravitacional*, y se le designa con la letra g.

Mediciones en diferentes puntos de la Tierra muestran que g varía de un lugar a otro, esto debido a que la tierra no es una esfera uniforme y que además está girando sobre su eje por lo tanto hay una aceleración centrípeta, pero para fines prácticos podemos considerar que g es una constante en todos los puntos de la superficie del planeta.

Todos los cuerpos sin importar la magnitud de su masa, partiendo del reposo y desde una misma altura, alcanzarán el suelo con la misma velocidad y al mismo tiempo siempre y cuando sea en el vacío, si la caída es en el aire, sobre el cuerpo actuarán además de la fuerza gravitacional, otras fuerzas como la de rozamiento y la presión, por lo tanto ya no sería una caída libre tal cual, su aceleración no será constante.

Cuando la distancia recorrida en la caída libre de un cuerpo es pequeña, se puede considerar que durante todo el recorrido la fuerza de atracción gravitacional es constante. Por lo tanto, la aceleración del cuerpo también será constante y por consiguiente, las leyes a que obedece el movimiento en caída libre son las del movimiento uniformemente acelerado. Entonces podemos usar las ecuaciones de la cinemática que ya conocemos, considerando que el cuerpo parte del reposo y además que parte del origen, entonces transcurrido un tiempo t, el cuerpo habrá recorrido una distancia h y habrá adquirido una velocidad v.

La relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla está dada por la siguiente ecuación

$$h = \frac{1}{2}gt^2. \tag{3.1}$$

Al mismo tiempo, la expresión que relaciona la velocidad adquirida con el tiempo transcurrido, se expresa mediante la siguiente ecuación

$$v = gt. \tag{3.2}$$

Combinando las ecuaciones 3.1 y 3.2, obtenemos

$$v = \sqrt{2gh}. \tag{3.3}$$

Las ecuaciones 3.1, 3.2 y 3.3 se refieren únicamente al movimiento de caída libre. Podrá notarse que la masa del cuerpo no interviene en estas ecuaciones; por lo tanto, cuando el movimiento es de caída libre, todos los cuerpos, partiendo del reposo y desde la misma altura, alcanzarán el suelo con la misma velocidad y al mismo tiempo. Si la caída es en el aire, sobre el cuerpo actuarán además de la fuerza gravitacional, otras fuerzas como la de rozamiento y la presión. Por lo tanto, este movimiento ya no corresponde al de caída libre.

Equipo y material

- Electromagneto para Caída Libre, modelo SCL-03-02.
- 2 Nueces de Sujeción con Tornillos opresores, modelo SCL-0303.
- Varilla de acero inoxidable.
- Pinza de mesa, modelo SCL-03-01.
- Cronómetro Digital FICER, modelo CD-03.
- Interruptor Electrónico, modelo SCL-0304.
- Balín de acero inoxidable, modelo SCL-03-06.
- Cinta Métrica.

Desarrollo

Como uno de los objetivos del experimento es hallar la relación espacio-tiempo para un cuerpo que se mueve en caída libre, deberá considerar lo siguiente:

- Que el movimiento del cuerpo se aproxime lo más posible a una caída libre. Para lograrlo, se recomienda utilizar un cuerpo denso de forma esférica, con el fin de que la fuerza gravitacional que actúa sobre él sea mucho más relevante que las fuerzas resultantes de la interacción con el aire.
- La altura h desde donde se suelta el cuerpo, debe seleccionarse de tal manera que el cuerpo no alcance su velocidad terminal dentro del intervalo h. Entendiéndose por velocidad terminal aquella velocidad constante que adquiere el cuerpo, cuando la fuerza de atracción gravitacional es contrarrestada (totalmente), por las fuerzas que resultan de la interacción con el aire.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 3.1.
2. Verifique que esté bien instalado el electromagneto y el Interruptor Electrónico, cuidando que el primero se encuentre colocado en la parte superior del soporte inoxidable, y el segundo en la parte inferior, apretando los tornillos opresores de la Nuez de Sujeción, tenga cuidado de no ejercer demasiada presión, porque puede dañar la rosca de la nuez.

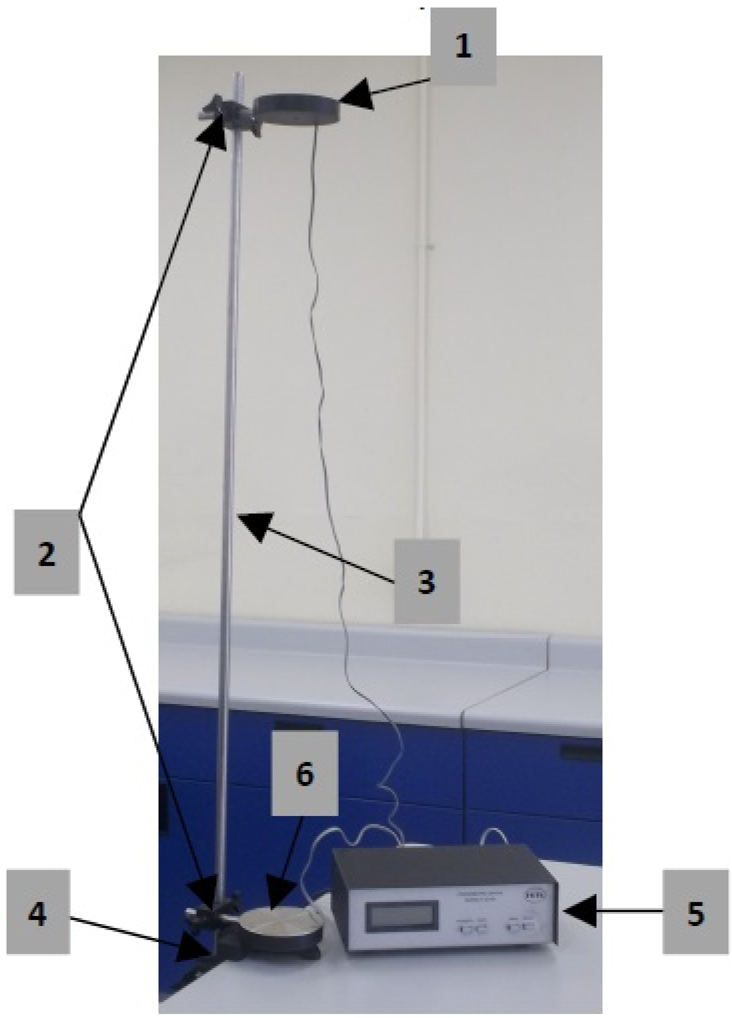

Figura 3.1: Instalación del Sistema de Caída Libre.

3. Mida con cuidado el diámetro d del balín.

4. Fije el interruptor electrónico en la distancia seleccionada ($H = h + d$), apretando el tornillo de la nuez con la mano. Recuerde que la distancia entre las tapas interiores deberá tomar en cuenta el diámetro del balín como se muestra en la figura 3.2.

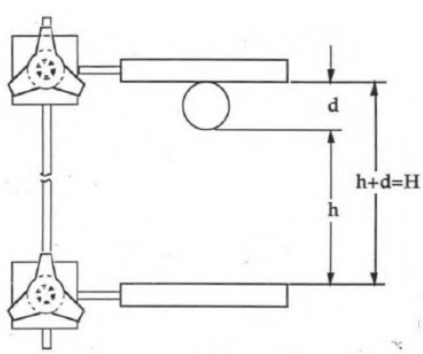

Figura 3.2: Distancia entre el electromagneto y el interruptor.

5. Encienda el Cronómetro Digital. Elija en su selector de rango de tiempo la escala qué corresponde

a milésimas de segundo.

6. Energice el electromagneto de sujeción oprimiendo la tecla de *iniciar* del cronómetro. Sin dejar de oprimirla, ponga en contacto el balín con el centro del electromagneto.
7. Retire la mano del balín; éste deberá quedar sujeto al electromagneto mientras se mantenga oprimida la tecla. Suelte la tecla, esta acción liberará de la fuerza magnética al balín, iniciado instantáneamente su movimiento de caída; también en ese instante, el cronómetro iniciará su lectura. Al chocar el balín con el interruptor electrónico el cronómetro detendrá su lectura.

   Nota: La acción de oprimir la tecla de *iniciar*, deberá ser lo más breve posible, con el objeto de evitar que se magnetice el balín y retarde su caída.
8. Obtenga tres mediciones de tiempo para cada una de las alturas indicadas en la tabla 3.1.

$\mathbf{h}$ [m]	$\mathbf{t_1}$ [s]	$\mathbf{t_2}$ [s]	$\mathbf{t_3}$ [s]	$\bar{\mathbf{t}}$ [s]	$\mathbf{g}$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}\right]$	$\mathbf{v}$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}\right]$
1.0						
0.9						
0.8						
0.7						
0.6						
0.5						
0.4						
0.3						
0.2						
0.1						

Tabla 3.1: Datos experimentales y calculados.

9. Despejando g de la ecuación 3.1 obtenga y compruebe el valor de la aceleración gravitacional para cada altura de caída, y empleando la ecuación 3.3 obtenga la velocidad.
10. Con los datos de la tabla 3.1, haga una gráfica de h contra t en papel milimétrico. Utilice el eje de las ordenadas para la variable h y el eje de las abscisas para la variable t.

    Nota: Si el experimento estuvo bien realizado. la ecuación de este paso no corresponderá a una línea recta y por lo tanto su ecuación deberá ser del tipo potencial, es decir

$$h = at^m. \tag{3.4}$$

11. Utilice el Método de Mínimos Cuadrados para determinar los valores de las constantes a y m, desconocidas hasta ahora. Para ello, calcule paracon los datos de la tabla 3.1, los parámetros

$$T = \log(t), \tag{3.5}$$
$$H = \log(h), \tag{3.6}$$

y construya la tabla 3.2.

T	**H**	**$\mathbf{T^2}$**	**TH**
ΣT	ΣH	ΣT^2	ΣTH

Tabla 3.2: Datos calculados con los parámetros 3.5 y 3.6.

12. Con los valores de tabla 3.2, determine las constantes k y m , empleando las ecuaciones

$$k = \frac{(\Sigma H)\left(\Sigma T^2\right) - (\Sigma T)(\Sigma TH)}{n\left(\Sigma T^2\right) - (\Sigma T)^2}, \tag{3.7}$$

$$m = \frac{n(\Sigma TH) - (\Sigma T)(\Sigma H)}{n\left(\Sigma T^2\right) - (\Sigma T)^2}. \tag{3.8}$$

Siendo n el número de eventos que se consideraron. Recordando que $a = \text{anti}\log(k)$, sustituya en la ecuación 3.4 los valores a y m, encontraremos la relación que existe entre el desplazamiento vertical y el tiempo, para el movimiento de caída libre.
En otras palabras, obtendremos el modelo matemático experimental para este movimiento.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice el modelo teórico y el experimental, analice los valores de g y v, dé respuesta y justificación. En caso de existir discrepancia, repita el experimento minimizando los errores y compare nuevamente el modelo experimental con el modelo teórico, hasta obtener un modelo aceptable y acorde con la precisión del equipo empleado.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 4

Alcance de un proyectil

Resultados de aprendizaje

Estudia la trayectoria de un proyectil con aceleración constante debida a la fuerza gravitacional, variando su ángulo de elevación, para una velocidad inicial de lanzamiento arbitraria y fija. Mediante la realización de gráficas analiza el movimiento, y compara lo sucedido con lo predicho por el modelo.

Fundamento

El tiro parabólico es un caso de movimiento en dos dimensiones, se puede analizar por separado en dos coordenadas rectangulares. En la coordenada vertical, el movimiento es uniformemente acelerado, con aceleración constante g y en la horizontal el proyectil se mueve con velocidad constante ya que no existe fuerza horizontal sobre el proyectil, considerando que se desprecia la fricción del aire.

Un proyectil, en general, es lanzado con un ángulo de elevación θ a una rapidez inicial v_0 (esto gráficamente se puede ver como un vector). En el instante en el que el proyectil empieza su movimiento con una velocidad inicial v_0, las componentes x e y de esta velocidad son

$$v_{0x} = v_0 \cos(\theta), \tag{4.1}$$
$$v_{0y} = v_0 \sin(\theta). \tag{4.2}$$

En las cuales v_0 es la magnitud de velocidad inicial. Considerando la dirección positiva del eje y hacia arriba, para cualquier tiempo t, las componentes v_x y v_y de la velocidad del proyectil están dadas por las ecuaciones

$$v_x = v_0 \cos(\theta), \tag{4.3}$$
$$v_y = v_0 \sin(\theta) - gt. \tag{4.4}$$

Debido a que no hay aceleración en la dirección x, v_x es constante, por lo que cualquier tiempo t las coordenadas x e y están dadas por las ecuaciones

$$x = v_0 t \cos(\theta), \tag{4.5}$$
$$y = v_0 t \sin(\theta) - \frac{1}{2} g t^2. \tag{4.6}$$

Para determinar el alcance R del proyectil, primero se iguala a cero la expresión 4.6 (ya que es cuando el proyectil alcanza el suelo) y se despeja el tiempo t

$$t = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}. \tag{4.7}$$

Para obtener la ecuación del alcance R del proyectil, se sustituye el tiempo t en la ecuación 4.5

$$R = \frac{v_2^2 \sin(2\theta)}{g}. \tag{4.8}$$

La ecuación 4.8 muestra cómo varía el alcance de un proyectil muestra como varía el alcance de un proyectil, éste aumentará de acuerdo con el cuadrado de la magnitud de la velocidad inicial, si el ángulo θ es constante. Si en cambio se mantiene fija v_0, el alcance R también aumentará conforme aumente el valor de $\sin(2\theta)$, por lo que alcanzará su máximo valor cuando $\theta = \frac{1}{4}\pi$.

Equipo y material

- Unidad de Disparo FICER, modelo STUPD-02.
- Control de Disparo FICER, modelo TPCD-02.
- Interruptor de Tiempo de Vuelo, modelo STPIV-02.
- Proyectil, modelo STPP1-02.
- Guía Rectilínea del Interruptor de Tiempo de Vuelo, modelo STPG-02.
- Interruptor optoelectrónico, modelo STPIO-03.
- Papel pasante.

Desarrollo

Para investigar cómo varía el alcance de un proyectil al cambiar su ángulo de elevación, se debe plantear el experimento considerando los siguientes puntos:

- Efectuar varios lanzamientos utilizando en cada uno de ellos el mismo proyectil, la misma velocidad inicial y diferentes ángulos de disparo.
- Para cada uno de los lanzamientos del inciso a se medirá su alcance y se registrará su ángulo de disparo.
- Para reducir los errores, se recomienda efectuar varias veces el lanzamiento bajo las mismas condiciones (velocidad y ángulo fijos) y obtener el valor promedio del alcance, el cual se utilizará como dato.

Con los datos de ángulo de disparo y alcance (promedio), se hace una gráfica de ángulo de disparo contra alcance. De esta manera, se obtiene una curva para la velocidad empleada.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 4.1 y nivele el sistema de tiro parabólico.

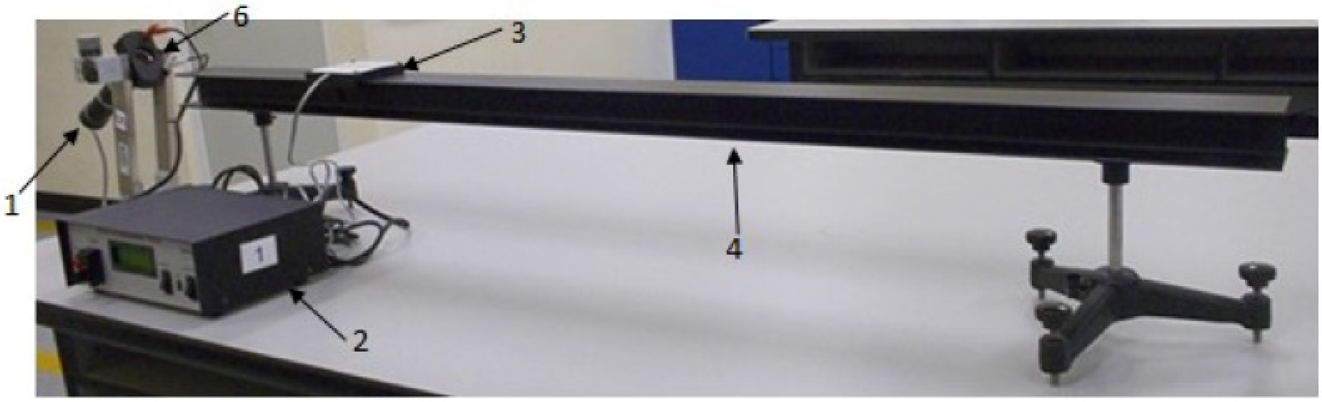

Figura 4.1: Instalación del Equipo.

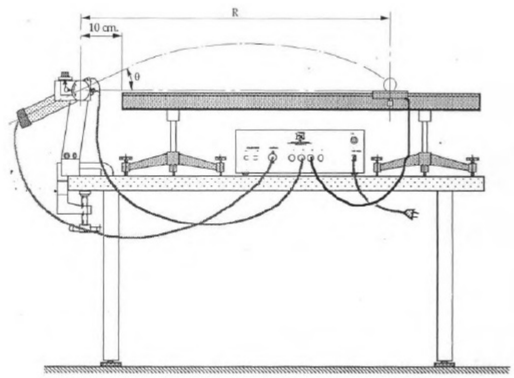

Figura 4.2: Ajuste de altura del interruptor.

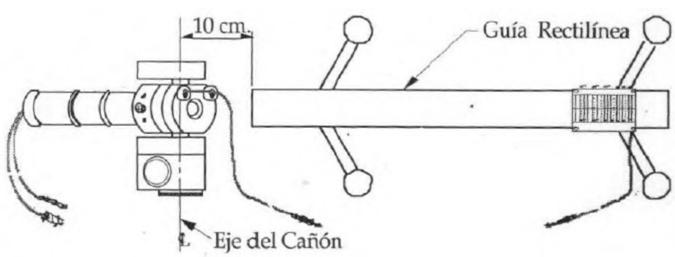

Figura 4.3: Colocación de la Guía Rectilínea.

2. Coloque la Guía Rectilínea a 10 cm del eje del dañón y que la oriente en la misma dirección del cañón. El interruptor debe quedar a la altura del centro del proyectil. Ver figuras 4.2 y 4.3.

3. Encuentre el ángulo de 90° realizando lanzamientos hasta que entre de nuevo el proyectil en la boca de la Unidad de Disparo.

4. Realice los siguientes pasos para los ángulos 20°, 30°, 40°, 45°, 50°, 60° y 70°.

5. Para ajustar el ángulo correcto de lanzamiento se hará en base al número de giros de la perilla de la Unidad de Disparo. Al realizar el giro completo de la perilla en el sentido de las manecillas del reloj, se disminuye 10 grados el ángulo. Al realizarlo en sentido contrario se aumentarán los 10 grados.

6. Ajuste la velocidad del proyectil en el Control de Disparo, poniendo el dial digital del control de *velocidad de disparo* en un valor arbitrario e impida el movimiento de éste mediante el seguro ubicado

en la parte inferior del mismo.

7. Encienda el Control de Disparo. Introduzca el proyectil en la boca del cañón, espere a que aparezca el mensaje *preparado*, de no ser así deberá oprimir previo al lanzamiento el botón *preparar*.

8. Oprima el botón *disparador* del Control de Disparo y observe en la Guía Rectilínea el punto donde se impacta el proyectil; desplace el Interruptor de Tiempo de Vuelo sobre la Guía Rectilínea hasta este punto. Coloque un pedazo de papel pasante sobre el interruptor y efectúe un nuevo disparo; el impacto del proyectil deberá dejar una marca sobre la cubierta del interruptor.

9. Para medir el alcance R del proyectil, primero mida la distancia desde el comienzo de la Guía Rectilínea hasta el primer borde del interruptor. Enseguida, lea la distancia en la escala del interruptor. El alcance del proyectil es la suma de estas dos distancias y los 10 cm que hay del eje del cañón al borde de la Guía Rectilínea.

10. Además, anote la lectura de la velocidad inicial v_0 así como el tiempo total de vuelo t correspondiente al Interruptor de Tiempo de Vuelo.

11. Sin cambiar las condiciones de los pasos 4 y 5, efectúe tres lanzamientos y obtenga la mediana de los alcances R, con su respectiva velocidad v_0 y tiempo t.

12. Compruebe el alcance experimental R con el alcance teórico sustituyendo la velocidad inicial v_0 y el tiempo t de vuelo en la ecuaciones 4.5 (con $x = R'_1$) y 4.8 (con $R = R'_2$).

13. Construya la tabla 4.1 con todos los datos obtenidos, experimental y teóricamente.

θ [°]	**Tiro 1**			**Tiro 2**			**Tiro 3**			**Mediana**			$\mathbf{R'_1}$ [m]	$\mathbf{R'_2}$ [m]
	$\mathbf{R_1}$ [m]	$\mathbf{v_0}$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}\right]$	**t** [s]	$\mathbf{R_2}$ [m]	$\mathbf{v_0}$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}\right]$	**t** [s]	$\mathbf{R_3}$ [m]	$\mathbf{v_0}$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}\right]$	**t** [s]	$\bar{\mathbf{R}}$ [m]	$\bar{\mathbf{v}}_0$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}\right]$	$\bar{\mathbf{t}}$ [s]		
20														
30														
40														
45														
50														
60														
70														

Tabla 4.1: Datos experimentales y teóricos.

14. Grafique los datos ángulo θ y alcance experimental R de la tabla 4.1.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analizar la gráfica obtenida en el experimento y discuta con sus compañeros toda la información que se puede derivar de ella para obtener conclusiones de la investigación.

Compare la columna R_1 con la columna R_2 de la tabla 4.1 y discuta sobre la controversia que exista entre ellas, identifique las fuentes de error que conducen a tales diferencias: si éstas son muy grandes, repita el experimento minimizando hasta donde sea posible las fuentes de error y compare los nuevos resultados con los del experimento anterior.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 5

Relación entre fuerza, aceleración y masa

Resultados de aprendizaje

Comprende la relación establecida teóricamente por la segunda ley de Newton, donde se relacionan la masa, fuerza y aceleración; obtiene funciones matemáticas que modelan el comportamiento del cuerpo.

Fundamento

¿Cuál es la razón por la que se mueven los objetos? En nuestra experiencia diaria, sabemos que es posible hacer que un cuerpo se mueva jalándolo o empujándolo. El lenguaje cotidiano describe esta acción como el efecto de la fuerza de una persona. Sin embargo, los cuerpos colocados sobre planos inclinados, o cuando son liberados desde el reposo y sufren la caída libre, se moverán sin ningún empuje. Galileo Galilei habló de una fuerza que actúa sobre estos cuerpos, tiempo después Newton retomó este problema y publicó en un libro sus tres leyes de movimiento.

Cuando una fuerza implica contacto directo entre dos cuerpos, como un empujón o un tirón que se ejerce sobre un objeto, la llamamos fuerza de contacto. Una fuerza de contacto entre un objeto y una superficie se denomina como fuerza normal, el adjetivo normal significa que la fuerza siempre actúa perpendicular a la superficie de contacto. La fuerza ejercida por una cuerda o por un cordel estirado atado a un objeto se llama fuerza de tensión. También existe la fuerza de fricción, la cual es paralela a la superficie de contacto y en sentido contrario del movimiento.

Cuando un cuerpo está en reposo, la dirección de nuestro empuje o el tirón corresponde a la dirección del movimiento del cuerpo. Si el cuerpo se mueve, la dirección de la fuerza aplicada puede cambiar tanto la dirección de movimiento del cuerpo como la rapidez a la que éste se desplaza. Newton definió la fuerza que actúa sobre un objeto como proporcional a la aceleración del objeto con una constante de proporcionalidad debido a la cantidad de materia, la masa de inercia.

La Segunda Ley de newton se enuncia por medio de la ecuación

$$a = \frac{F}{m}. \tag{5.1}$$

En donde F es la fuerza que actúa sobre el cuerpo, m es su masa y a es la aceleración. Se debe aclarar que la fuerza no es consecuencia de la aceleración, sino que la aceleración es un resultado de la fuerza. Además, al cuerpo le comunican aceleración todas las fuerzas aplicadas a él y no se excluyen aquellas que se anulan mutuamente. Por esto, al formular esta ley es mejor hablar de la resultante de las fuerzas o fuerza neta, en lugar del término fuerza. Recordar también que tanto la aceleración como la fuerza son magnitudes vectoriales, es decir, se caracterizan por su valor numérico (magnitud) y su dirección.

Entonces, en base a lo anterior, podemos escribir la ecuación 5.1 de la siguiente manera

$$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}_{ext}}{m}. \tag{5.2}$$

En mecánica se dice que la masa es la medida de la inercia de un cuerpo, en otras palabras, es su resistencia a cambiar su estado de movimiento. La experiencia nos dice que se requiere alguna acción para poner un cuerpo en movimiento, esta acción se refiere a una fuerza.

Equipo y material

- Sistema de Flotación Lineal FICER, modelo SFL-03.
- Impulsor de Aire FICER, modelo IA-03.
- Generador de Chispas FICER, modelo GCH-03.
- Regla metálica.
- Regla de chispeo.
- Manguera flexible.
- Deslizador con electrodo de hispeo.
- Polea y portapolea.
- Portapesas y juego de pesas.
- Papel de registro.
- Manguera flexible.
- Trozo de hilo.
- Regla o escalímetro.

Desarrollo

Parte 1

Se deben considerar los siguientes tres aspectos:

- Cómo debe ser la fuerza que produce la aceleración constante o variable, y cómo se va a producir y medir.
- Hay que definir si el movimiento del cuerpo va a ser lineal, sobre qué tipo de superficie se desarrolla y las formas para medir la aceleración del cuerpo.
- Se debe considerar el análisis estadístico y gráfico del conjunto de medidas obtenidas experimentalmente, con la finalidad de llegar a un modelo.

La forma más recomendable para producir la fuerza constante es mediante el Método de Pesas y Polea. De esta manera, se estira al deslizador de masa m_2 conocida, por medio de un hilo que pasa por la polea y en su otro extremo lleva colgado una masa total m_1. Se recomienda que la masa m_1 sea lo más liviana posible, puesto que si se emplea una masa demasiado pesada, se presenta un efecto de fricción grande sobre el eje de la polea, y además, se tendría que tomar en cuenta el efecto de la masa inercia) que se debe a la inercia angular de la polea.

Si la aceleración del sistema es mucho menor que la aceleración gravitacional, la tensión en la cuerda será aproximadamente igual al peso que cuelga del hilo. Por lo cual, se debe efectuar el experimento con aceleración moderada.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 5.1.

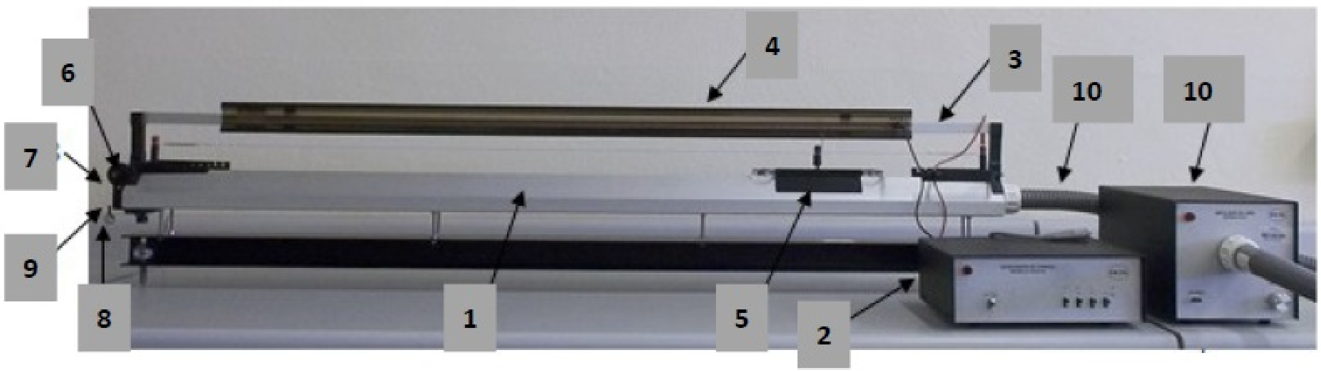

Figura 5.1: Instalación del equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.

3. Cerciórese que la tira de papel de registro esté instalada en la regla de chispeo.

4. Conecte el Generador de Chispas al Sistema de Flotación Lineal.

5. Coloque sobre la guía del Sistema de Flotación Lineal un deslizador con electrodo de chispeo (de masa m conocida), ajuste con las manos el electrodo de tal forma que quede preparado para un registro simple con el Generador de Chispas.

6. Sujete el deslizador al pasador metálico del sistema de lanzamiento por medio de un hilo y aplíquele una fuerza constante, empleando el Método de Pesas y Polea.

7. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia adecuada.

8. Inicie el registro de posición y tiempo, presionando el botón del control remoto del Generador de Chispas mientras el deslizador está en movimiento. Procure suspender el registro antes de que el deslizador alcance el otro extremo del Sistema de Flotación Lineal.

9. Retire el papel de registro y encierre mediante círculos pequeños los puntos marcados. Después, vuelva a colocar el papel por el mismo lado usando la parte de arriba del papel para efectuar un nuevo registro.

10. Mida la fuerza F que produjo el movimiento, es decir, determine el peso de la masa empleada para jalar el deslizador (masa = pesas + portapesas).

11. Repita el experimento 4 veces más, pero en cada nuevo registro , cambie la fuerza F que produce el movimiento al deslizador agregando pesas en el portapesas; mantenga la misma masa m del deslizador para todos los registros.

12. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo, y determine para cada uno de los registros, la aceleración a correspondiente.

13. Con los diferentes valores de la fuerza utilizada para jalar el deslizador en cada uno de los eventos, sus correspondientes aceleraciones y el valor de la masa del deslizador, construya la tabla 5.1.

m [**kg**]	**F** [**N**]	**a** $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}\right]$

Tabla 5.1: Datos experimentales.

14. Con los datos de la tabla 5.1, haga una gráfica de F contra. a en papel milimétrico. Utilice el eje de las ordenadas para la variable F y el eje de las abscisas para la variable a.

15. Si la gráfica anterior corresponde a la de una recta, su ecuación será de la forma

$$\log(F) = c\log(a) + k. \tag{5.3}$$

De acuerdo con las propiedades de los logaritmos, la ecuación anterior se puede expresar como

$$\log(F) = \log(ma^c), \tag{5.4}$$

donde $k = \log(m)$, o bien, $m = \text{anti}\log(k)$.

De la ecuación 5.4, se observa que

$$F = ma^c. \tag{5.5}$$

La ecuación 5.5, conduce a encontrar la relación entre la fuerza F y la aceleración a.

16. Utilice el Método de Mínimos Cuadrados para determinar los valores de las cosntantes m y c, desconocidas hasta ahora. Para ello, calcule para cada columna de la tabla 5.1, los parámetros

$$A = \log(a), \tag{5.6}$$
$$F' = \log(F), \tag{5.7}$$

y construya la tabla 5.2.

17. Con los valores de tabla 5.2, determine las constantes k y c, empleando las ecuaciones

$$k = \frac{(\Sigma F')\left(\Sigma A^2\right) - (\Sigma A)(\Sigma AF')}{n\left(\Sigma A^2\right) - (\Sigma A)^2}, \tag{5.8}$$
$$c = \frac{n(\Sigma AF') - (\Sigma A)(\Sigma F')}{n\left(\Sigma A^2\right) - (\Sigma A)^2}. \tag{5.9}$$

A	F′	A²	AF′
ΣA	$\Sigma F'$	ΣA^2	$\Sigma AF'$

Tabla 5.2: Datos calculados con los parámetros 5.6 y 5.7.

Siendo n el número de eventos que se consideraron.

Recordando que $m = \text{anti}\log(k)$, con las ecuaciones 5.8 y 5.9 se obtendrán los valores de m y c que satisfacen la ecuación 5.5, y con ello se determina la relación que debe existir entre la fuerza y la aceleración.

Parte 2

El experimento se realiza de la siguiente manera:

- Al deslizador se le aplica una fuerza constante empleando el Método de Pesas y Polea.
- La aceleración que adquiere dicho deslizador se determina por medio de un registro simple, empleando el Generador de Chispas.
- Se desarrollan 3 nuevos registros de posición y tiempo, variando en cada uno de ellos la masa del deslizador y manteniendo en cada registro la misma fuerza aceleradora, es decir, usando las mismas pesas empleadas para jalar el deslizador.
- los datos de la aceleración obtenida en cada registro y el valor de la masa, se procede a obtener la relación mencionada.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 5.2.

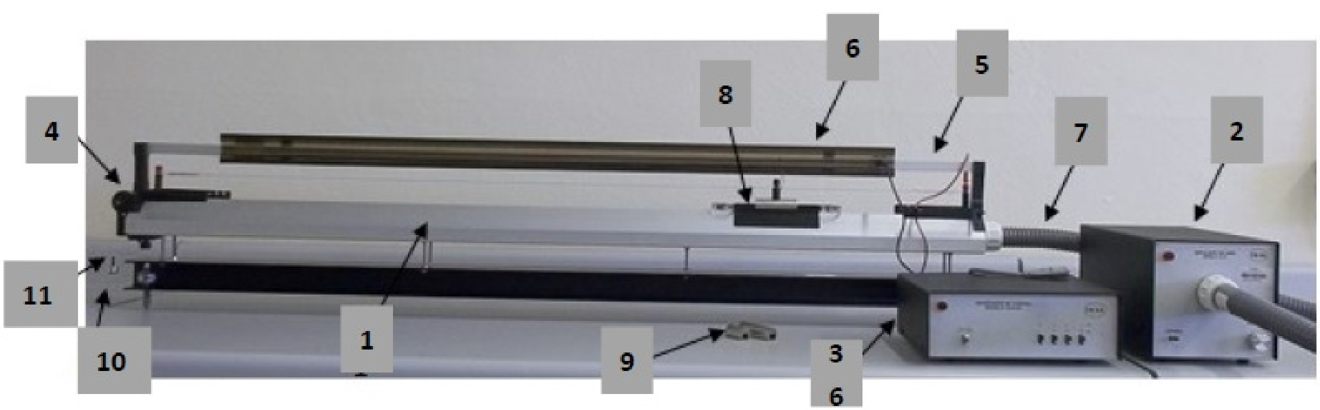

Figura 5.2: Instalación del equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.

3. Cerciórese que la tira de papel de registro este instalada en la regla de chispeo.

4. Conecte el Generador de Chispas al Sistema de Flotación Lineal.

5. Coloque sobre la gula del Sistema de Flotación Lineal un deslizador con electrodo de chispeo (de masa m conocida), ajuste con las manos el electrodo de tal forma que quede preparado para un registro simple con el Generador de Chispas.

6. Sujete el deslizador al pasador metálico del sistema de lanzamiento y aplíquele una fuerza constante.

7. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia adecuada.

8. Inicie el registro de posición y tiempo, presionando el botón del control remoto del Generador de Chispas y simultáneamente suelte el deslizador. Procure suspender el registro antes de que el deslizador alcance el otro extremo del Sistema de Flotación Lineal.

9. Retire la tira de papel de registro y encierre mediante círculos pequeños los puntos marcados. Después, vuelva a colocar el papel de registro en la regla de chispeo.

10. Mida la fuerza F que produjo el movimiento, es decir, determine el peso de la masa empleada para jalar el deslizador (masa = masa de las pesas + masa del portapesas).

11. Repita el experimento para tres masas m distintas, pero en cada nuevo registro, cambie la masa del deslizador insertando pesas en la parte superior. Mantenga la misma fuerza para todos los registros.

12. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo, y determine para cada uno de los registros, la aceleración a correspondiente del deslizador.

13. Con los diferentes valores de las masas utilizadas en el deslizador y sus correspondientes aceleraciones y el valor de la fuerza que produce el movimiento en cada uno de los eventos, construya la tabla 5.3.

$\mathbf{F}$ $[\mathbf{N}]$	$\mathbf{m}$ $[\mathbf{kg}]$	$\mathbf{a}$ $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s^2}}\right]$

Tabla 5.3: Datos experimentales.

14. Con los datos de la tabla 5.3, haga una gráfica de a contra m en papel milimétrico. Utilice el eje de las ordenadas para la variable a y el eje de las abscisas para la variable m.

15. Si la gráfica anterior corresponde a la de una recta, su ecuación será de la forma

$$\log(a) = c\log(m) + k. \tag{5.10}$$

De acuerdo con las propiedades de los logaritmos, la ecuación anterior se puede expresar como

$$\log(a) = \log(Fm^c), \tag{5.11}$$

donde $k = \log(F)$, o bien, $F = \text{anti} \log(k)$.

De la ecuación 5.11, se observa que

$$a = Fm^c. \tag{5.12}$$

La ecuación 5.5, conduce a encontrar la relación entre la aceleración a y la masa m.

16. Utilice el Método de Mínimos Cuadrados para determinar los valores de las constantes m y c, desconocidas hasta ahora. Para ello, calcule para cada columna de la tabla 5.3, los parámetros

$$M = \log(m), \tag{5.13}$$

$$A = \log(a), \tag{5.14}$$

y construya la tabla 5.4.

M	**A**	$\mathbf{M^2}$	**MA**
ΣM	ΣA	ΣM^2	ΣMA

Tabla 5.4: Datos calculados con los parámetros 5.13 y 5.14.

17. Con los valores de tabla 5.4, determine las constantes k y c, empleando las ecuaciones

$$k = \frac{(\Sigma A)\left(\Sigma M^2\right) - (\Sigma M)(\Sigma MA)}{n\left(\Sigma M^2\right) - (\Sigma M)^2}, \tag{5.15}$$

$$c = \frac{n(\Sigma MA) - (\Sigma M)(\Sigma A)}{n\left(\Sigma M^2\right) - (\Sigma M)^2}. \tag{5.16}$$

Siendo n el número de eventos que se consideraron.

Recordando que $F = \text{anti} \log(k)$, con las ecuaciones 5.15 y 5.16 se obtendrán los valores de F y c que satisfacen la ecuación 5.12, y con ello se determina la relación que debe existir entre la aceleración y la masa.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Compare el valor de la constante m con la masa del desliador, y el valor de c con el valor esperado en el caso de la parte 1; así como el valor de la constante F con la fuerza que actúa sobre el deslizador y el valor de c con el esperado en el caso de la parte 2.

Analice los resultados obtenidos en el modelo teórico 5.1 y el experimental, dé respuesta y justificación, haga una lista de las posibles fuentes de error. Compare el valor de la masa experimental con el teórico. Repita el experimento si es necesario.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 6

Principio de Trabajo y Energía

Resultados de aprendizaje

Demuestra experimentalmente el teorema que relaciona el trabajo y la energía.

Fundamento

El concepto de *Energía* es familiar a todos, sin embargo, no es fácil precisarlo exactamente. En principio, la energía se puede definir como la capacidad para realizar *Trabajo*. Así, el cuerpo humano por medio de los alimentos recibe la energía necesaria para vivir y trabajar. Podemos pensar que la comida es un combustible que se quema dentro de nuestro cuerpo y que una parte de la energía que libera esta combustión es utilizada por el cuerpo para mantenerlo vivo, y la otra, se consume en los músculos cuando estos realizan un trabajo.

El hombre desde los tiempos más remotos, aprendió a utilizar la energía almacenada en los vegetales. Al encender el primer fuego, utilizó la energía liberada en esta combustión para mejorar sus condiciones de vida.

Los combustibles, como el carbón, petróleo y actualmente, el nuclear, suministran la energía que pone en marcha a la industria, maquinaria agrícola, aviones, autos, trenes y barcos. Sabemos que todas las máquinas ya sean de vapor, eléctricas o de gasolina deben consumir combustible para realizar trabajos útiles, igualmente que al ser humano requiere combustible *comida* para realizar trabajos. Estos hechos dan una idea de que existe una relación intima entre la energía y los combustibles, para que, tanto las máquinas como los músculos, realicen trabajos.

En los procesos donde se ejercen fuerzas y se producen desplazamientos, se dice que se ha realizado un trabajo, y éste, indudablemente es una medida de la transmisión de la energía. También podemos decir que es una medida de la tarea realizada o del combustible consumido al efectuar dicha tarea.

Para medir la energía transmitida, se utiliza una combinación de fuerza y movimiento. Se puede decir que existe una relación proporcional entre el trabajo, la fuerza ejercida y el desplazamiento.

De manera más específica, el trabajo se define como el producto de la fuerza por el desplazamiento que ella produce. El trabajo desarrollado por una fuerza F constante que se aplica a un cuerpo, el cual se mueve debido a esta acción una distancia x sobre una superficie exenta de fricción, como se indica en la figura 6.1.

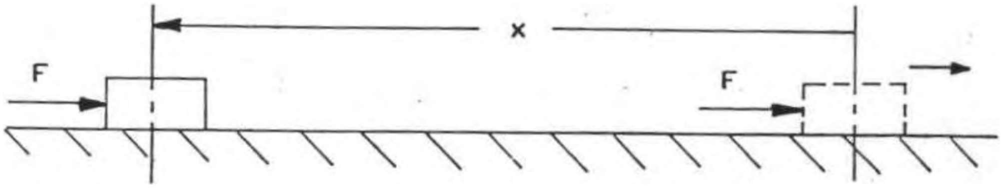

Figura 6.1: Fuerza aplicada a un cuerpo en la dirección del movimiento.

El movimiento así producido, tiene la misma dirección que dicha fuerza. En este proceso hay una transmisión de energía y se realiza trabajo, al cual lo designaremos con la letra W y se calcula mediante la ecuación

$$W = Fx. \tag{6.1}$$

Como un segundo caso, consideramos que se aplica la misma fuerza F bajo las mismas circunstancias pero ahora, esta forma un ángulo θ con la dirección del movimiento, como se muestra en la figura 6.2.

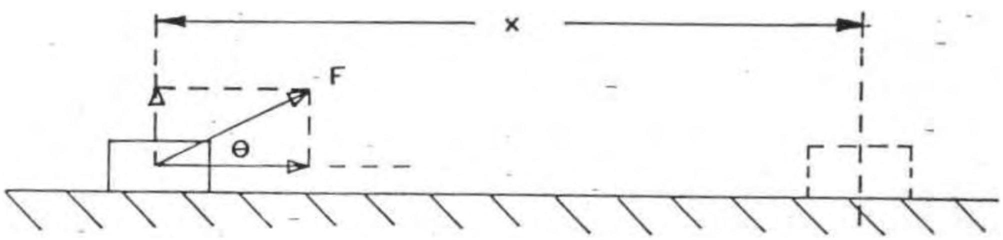

Figura 6.2: Fuerza aplicada a un cuerpo, formando un ángulo con la dirección del movimiento.

Esta fuerza posee dos componentes: Una en la dirección del movimiento y la otra perpendicular a éste. Ésta última componente no realiza trabajo, debido a que estamos suponiendo que no hay desplazamiento en esta dirección (perpendicular al movimiento). Por consiguiente, la componente de la fuerza en la dirección del movimiento es la única que realiza trabajo, transmitiéndole al objeto energía de movimiento. Entonces, se puede decir que el trabajo realizado por dicha fuerza, es igual al producto de la componente de la fuerza en la dirección del movimiento por la distancia recorrida. Lo anterior se expresa por medio de la ecuación

$$W = Fx\cos(\theta). \tag{6.2}$$

Generalizando, podemos decir que debido a que ambas cantidades, fuerza y desplazamiento, tienen naturaleza vectorial, el trabajo también se puede definir operativamente como el producto punto de los vectores fuerza F y el desplazamiento r, es decir

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r}. \tag{6.3}$$

Este trabajo debe ser igual a la energía transmitida al cuerpo.

La *Energía Cinética* se define únicamente en función de la masa y de su velocidad. No interviene en dicha definición ni la fuerza utilizada para que el cuerpo adquiera esa energía, ni la distancia recorrida. Tampoco hace mención del procedimiento en que se transmite dicha energía, se puede decir que la energía cinética K depende únicamente del estado del movimiento (su velocidad v) de la masa m, es decir

$$K = \frac{1}{2}mv^2. \tag{6.4}$$

La energía cinética se incrementa cuando la fuerza que actúa sobre el cuerpo tiene la misma dirección del movimiento y el trabajo realizado por dicha fuerza mide la transmisión de energía externa que se convierte en energía cinética del cuerpo. Si la fuerza se opone al movimiento, la transmisión de energía ocurre en sentido opuesto y el trabajo realizado por dicha fuerza mide la cantidad de energía cedida al sistema y que se convierte en otra clase de energía.

En general podemos representar la variación de la energía einética ΔK y que es equivalente al trabajo W efectuado sobre el cuerpo por una fuerza F, es decir

$$W = \Delta K. \tag{6.5}$$

Esta relación es muy importante y se conoce como el *Teorema de la Variación de la Energía Cinética de un Cuerpo*, la cual indica que el trabajo efectuado sobre el cuerpo por la fuerza es siempre igual a la variación de la energía cinética.

Equipo y material

- Sistema de Flotación Lineal FICER, modelo SFL-03.
- Impulsor de Aire FICER, modelo IA-03.
- Cronometro Digital FICER, modelo CD-03.
- Portapolea y polea mecánica.
- Regla metálica.
- Deslizador con poste de interrupción.
- Juego de pesas.
- Manguera flexible.
- Interruptor optoelectrónico.
- Electromagneto de sujeción.
- Trozo de hilo.

Desarrollo

Para verificar tal principio, se selecciona la trayectoria del movimiento, a continuación, se le aplica al cuerpo una fuerza, debido a esto el cuerpo se acelera y gana velocidad. Se miden las velocidades en cada punto elegido y se calcula la energía cinética de cada uno de ellos, así como, la variación de energía cinética que sufre el cuerpo al pasar entre cada par de puntos. Además, calcular el trabajo realizado simplemente multiplicando el valor de la fuerza por el desplazamiento elegido de antemano.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 6.3.
2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
3. Instale la polea y céntrela con respecto al orificio del soporte del Sistema de Flotación Lineal.
4. Instale el Electromagneto de Sujeción en su respectivo receptáculo. Coloque los Interruptores Optoelectrónicos sobre la regla metálica.
5. Del deslizador con poste amarre en uno de sus amortiguadores un trozo de hilo y de este último amarre el portapesas y a su vez coloque las pesas.

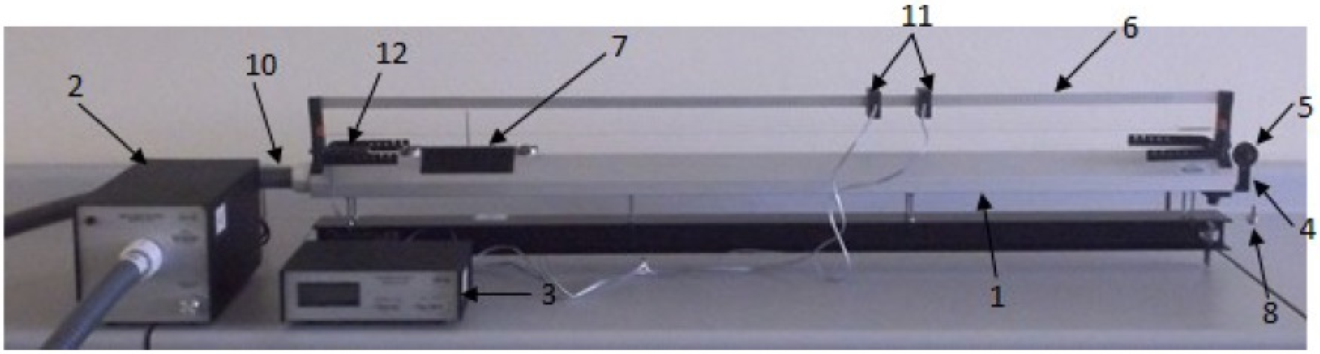

Figura 6.3: Instalación del equipo.

6. Seleccione un conjunto de puntos de la regla metálica espaciados uniformemente de 0.2 m entre punto y punto.

7. Coloque juntos los interruptores optoelectrónicos sobre el primer punto seleccionado. Cerciórese que las caras en contacto de ambos interruptores coincidan con este punto y poder considerar $\Delta x = 0.02$ m.

8. Encienda el Impulsor de Aire y el Cronómetro Digital; seleccione en este último la escala de tiempo adecuada.

9. Ponga en contacto el deslizador con el clectromagneto, manténgalo en esa posición con la mano.

10. Mantenga oprimida la tecla iniciar del cronómetro, para energizar el electromagneto y retener el deslizador en la posición sin usar la mano.

11. Suelte la tecla iniciar del cronómetro, para liberar de la fuerza magnética al deslizador y este inicie el movimiento. El cronómetro iniciará el conteo del tiempo en el momento que el poste del deslizador pase por el primer interruptor, y la terminará al pasar por el segundo interruptor.

    Nota: Las acción de mantener presionado el botón *iniciar* deberá ser lo más breve posible, para evitar que se magnetice el amortiguador del deslizador y retarde así su movimiento.

12. Para cada punto tome tres muestras de tiempo Δt y promedie.

13. En cada punto seleccionado obtenga el valor de la velocidad media empleando la ecuación 6.6, y determine el valor de la energía cinética empleando la ecuación 6.4.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}. \tag{6.6}$$

14. Calcule la variación de la energía cinética ΔK para cada par de puntos espaciados 0.2 m. La región donde esta variación se mantenga casi constante corresponderá a aquella donde la resultante de las fuerzas actuando sobre el deslizador también permanece constante. En dicha región, determine la media aritmética de ΔK.

15. Determine la fuerza F resultante que actúa sobre el deslizador, obteniendo el peso de la masa de (pesas+ portapesas). El valor de la distancia será $x = 0.2$ m.

16. Calcule el valor del trabajo desarrollado por la fuerza F, empleando la ecuación 6.1 y compárelo con el valor de la media aritmética de ΔK determinado en el paso 14.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice, de respuesta y justificación en base a los valores de fuerza, trabajo y energía cinética e indique porque difiere lo calculado de lo obtenido.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 7

Principio de Conservación de la Energía

Resultados de aprendizaje

Estudia el principio de la conservación de la energía analizando el comportamiento de un cuerpo sobre un plano inclinado.

Fundamento

En el campo científico se define la energía como la capacidad para realizar trabajo. La energía se manifiesta de muchas formas, por ejemplo, el calor liberado por el fuego es energía (calorífica). Otras formas de energía son la energía química, magnética, nuclear, etc. No sólo se encuentra la energía en diversas formas, sino que el hombre ha logrado transformarla de un tipo a otro. El principio de conservación de la energía significa que la energía total del universo siempre ha sido y será la misma.

La física es la ciencia que entre su amplio campo de acción se ocupa del estudio de la energía mecánica. Esta última se divide en dos clases: la cinética y la potencial; la primera se asocia a los cuerpos en movimiento y la potencial está mejor identificada con la posición relativa de los cuerpos que forman un sistema.

Energía Potencial, fuerzas conservativas y no conservativas

Consideremos un resorte, el cual se encuentra sujeto en uno de sus extremos a una pared rígida, es decir, que no se mueve fácilmente. Supongamos ahora, que un cuerpo de masa m se desliza sobre una superficie horizontal sin fricción, con velocidad v_0 y que se dirige directamente hacia el resorte, como se indica en la figura 7.1.

Cuando el cuerpo móvil choca contra el resorte, este último se empieza a comprimir y simultáneamente ejerce una fuerza sobre el cuerpo, haciendo que la velocidad y de hecho, la energía cinética del cuerpo disminuyan; finalmente, el cuerpo detiene su movimiento, la energía cinética ha desaparecido y el resorte ha llegado a su máxima compresión x_m. Ahora, el resorte que anteriormente estaba completamente comprimido, empieza a elongarse hasta recuperar su configuración original; en este viaje de regreso, el cuerpo invierte su movimiento, gana velocidad progresivamente y cuando abandona al resorte, lo hace con la velocidad v_0 y energía cinética K_0 que tenía en el momento que se impactó con el resorte.

Ahora bien, cabe aclarar que para que suceda lo anterior, la masa del resorte deberá ser muy pequeña comparada con la del cuerpo, de tal manera que su energía cinética sea despreciable. Por consiguiente, toda la energía cinética del sistema resorte-cuerpo está concentrada en la masa del cuerpo móvil. Una

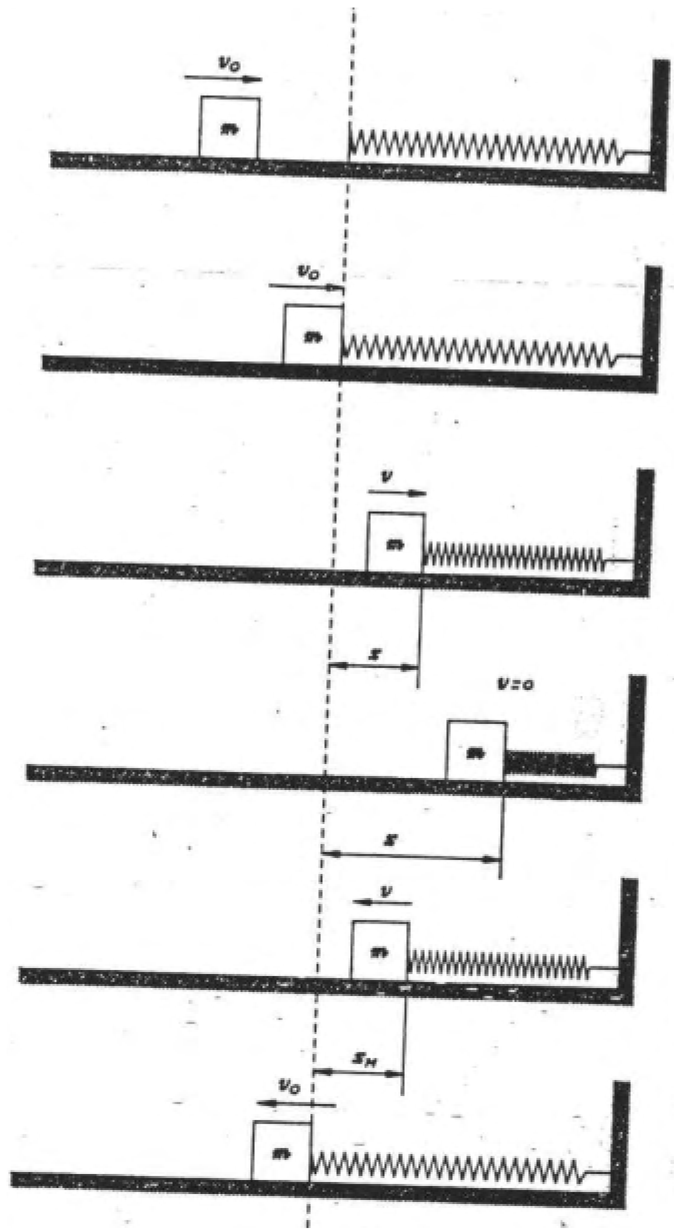

Figura 7.1: Cuerpo de masa m y velocidad v_0.

vez hecha esta aclaración, vemos que durante la interacción del cuerpo con el resorte, la energía cinética del sistema decrece, desaparece, se incrementa, y al final, cuando abandona el resorte recupera su valor inicial $\frac{1}{2}mv^2$.

El hecho de que la energía reaparezca, es porque indudablemente ha quedado almacenada en el sistema. Esta energía almacenada recibe el nombre de energía potencial del sistema.

Para dar junas ideas de lo que se entiende por una fuerza conservativa y una no conservativa. Analicemos este experimento desde el punto de vista de la energía y el trabajo. Cuando el resorte se empieza a comprimir, el trabajo efectuado por la fuerza elástica del resorte sobre el cuerpo es negativo, debido a que dicha fuerza y el movimiento tienen sentidos opuestos. En cambio, cuando el resorte está elongándose, es decir, cuando el viaje del cuerpo es de regreso, el trabajo realizado por la fuerza elástica es positivo, debido a que tanto la fuerza como el desplazamiento tienen la misma dirección. El trabajo neto efectuado sobre el cuerpo por la fuerza del resorte, durante el recorrido de ida y regreso es cero.

Ahora bien, como la energía cinética del cuerpo se interpreta como la capacidad para producir trabajo debido a su movimiento, observamos en este experimento que después de un viaje de ida y regreso, no ha cambiado la energía cinética y por consiguiente, tampoco la capacidad del cuerpo para hacer trabajo. Entonces, la fuerza elástica ejercida por el resorte ideal, cae dentro del rango de las fuerzas llamadas conservativas.

Podemos generalizar diciendo que : Si en un viaje de ida y regreso, el trabajo neto efectuado por un conjunto de fuerzas sobre un cuerpo es cero, dicho sistema de fuerzas es conservativo.

La fuerza de la gravedad cae dentro del rango de las llamadas conservativas, ya que si lanzamos un objeto verticalmente hacia arriba y suponemos despreciable la fricción del aire, el objeto regresa al punto de partida con la misma energía cinética que llevaba cuando se lanzó.

Si se toma en cuenta la fricción del aire: vemos que el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento en el cuerpo, es negativo, no sólo durante la compresión, sino también durante la elongación del resorte. Esto se debe a que la fuerza de rozamiento siempre se opone al movimiento. Por lo tanto, el Trabajo efectuado por la fuerza de rozamiento en el recorrido completo, no puede ser cero. A ese tipo de fuerzas, en las que el trabajo neto efectuado por ellas, es un viaje de ida y regreso es diferente de cero, se les conoce como no conservativas.

En el ejemplo del resorte y la masa, la energía cinética K del sistema va disminuyendo durante el proceso de compresión del resorte, llegando a tener un valor cero, luego, durante la elongación del resorte, la energía cinética del sistema vuelve a aumentar. Si no hay fricción, la energía cinética recupera su valor inicial, lo cual ocurre cuando el resorte ha recuperado su configuración original. Ahora bien, en este punto se puede introducir el concepto de la Energía Potencial U de la configuración, la cual inundablemente se asocia al resorte, y puesto que la masa se frena o acelera debido a la fuerza que el resorte ejerce sobre ella, entonces es conveniente asociar la energía potencial del sistema a dicha fuerza. En otras palabras, la energía potencial U se asocia al resorte.

Si la energía cinética K del sistema varía en un valor ΔK, lo cual ocurre cuando la configuración del sistema cambia (en nuestro caso, cuando la longitud del resorte varía debido al proceso de compresión o elongación). Entonces, la energía potencial U del sistema debe cambiar en una cantidad ΔU, de tal manera que la suma de dichos cambios debe ser cero. Por lo tanto se cumple que

$$\Delta K + \Delta U = 0. \tag{7.1}$$

Entonces, cualquier cambio en la energía cinética del sistema, viene compensado por un cambio igual pero opuesto de la energía potencial. De tal manera que la suma de K más U debe permanecer constante durante el movimiento. Esto es

$$K + U = \text{constante.} \tag{7.2}$$

La transmisión de energía potencial que se almacena en el resorte, se mide por el trabajo realizado por la fuerza que ejerce el resorte sobre el cuerpo.

Si se conoce la relación que existe entre la fuerza y el desplazamiento del resorte, entonces se puede calcular dicho trabajo. Supongamos que en este caso el resorte es ideal y que la relación es del tipo lineal, por lo tanto, obedece a la Ley de Hooke, y por lo tanto, la relación que tenemos es

$$F = kx, \tag{7.3}$$

donde k se refiere a la constante de elongación del resorte.

El área debajo de la curva que representa la ecuación 7.3 está asociada al trabajo realizado por F, entonces la energía potencial U de un resorte que tiene una fuerza restauradora lineal, es decir, que obedece a la Ley de Hooke, la podemos expresar con la ecuación

$$U = \frac{1}{2}kx^2. \tag{7.4}$$

Debido a que la energía potencial del sistema debe cambiar en una cantidad igual pero opuesta a ΔK, se tiene que la energía que tiene la masa al abandonar el rersorte es igual a la energía potencial del resorte cuando este se encuentra en su máxima compresión, y en ese instante la masa se encuentra en reposo, o sea

$$\frac{1}{2} = mv_0^2 = \frac{1}{2}kx_m^2. \tag{7.5}$$

Esta ecuación nos dice que toda la energía potencial se convierte en energía cinética durante el proceso en el que el resorte se dilata. En los puntos intermedios de la compresión y dilatación del resorte, se cumple que el aumento de energía cinética debe coincidir con la disminución de la energía potencial y viceversa, y la suma de ambas magnitudes debe permanecer constante, es decir

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2. \tag{7.6}$$

Siendo E una constante, y representa la energía total del sistema resorte-masa. También recibe el nombre de *Energía Mecánica Total*. Generalizando, se puede decir que si un cuerpo se mueve bajo la influencia de una o varias fuerzas conservativas, la energía mecánica E debe ser la misma en cualquier punto de la configuración del sistema.

Supongamos que un cuerpo se desplaza del punto a al punto b, si el cuerpo se mueve debido únicamente a la acción de una fuerza conservativa, entonces, la energía total del sistema dbe ser la misma en cualquier punto de su trayectoria, es decir

$$\frac{1}{2}mv_a^2 + \frac{1}{2}kx_a^2 = \frac{1}{2}mv_b^2 + \frac{1}{2}kx_b^2. \tag{7.7}$$

Comúnmente la ecuación 7.7 corresponde a la *Conservación de la Energía Mecánica para Fuerzas Conservatifvas*.

Energía Potencial Gravitatoria

Considerando ahora el sistema formado por la Tierra y una masa m que suponemos es muy pequeña en comparación con la masa M de la Tierra.

Si el cuerpo de masa m se suelta desde cierta altura sobre la superficie terrestre, se moverá verticalmente hacia abajo, debido a la acción que ejerce la Tierra osbre él. Simultáneamente la Tierra se levará ligeramente debido a la fuerza gravitacional existente entre ambas masas. Podemos decir que cada masa gana energía cinética, mientras la energía potencial del sistema masa-Tierra disminuye.

Además, si las velocidad de la masa m es v y la velocidad de la Tierra es V, empleando el principio de conservación de la cantidad de movimiento se deberá cumplir que

$$mv = MV. \tag{7.8}$$

Siendo los términos mv y MV las correspondientes cantidades de movimiento de las masas m y M. De esta ecuación se obtiene que la velocidad V es

$$V = \frac{m}{M}v. \tag{7.9}$$

En consecuencia la energía cinética K_T de la Tierra se expresa así

$$K_T = \frac{1}{2}MV^2. \tag{7.10}$$

Si en la ecuación 7.10 se sustituye el valor de la velocidad V de la ecuación 7.2, se obtiene que

$$K_T = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{M}v\right)^2 = \frac{m}{M}\left(\frac{1}{2}mv^2\right). \tag{7.11}$$

El término $\frac{1}{2}mv^2$ corresponde a la energía cinética de la masa m, a la cual llamaremos K_m, quedando esta ecuación como

$$K_T = \frac{m}{M}K_m, \tag{7.12}$$

de donde

$$\frac{K_T}{K_m} = \frac{m}{M}. \tag{7.13}$$

Esta ecuación nos proporciona la relación existente entre las energías cinéticas de la Tierra K_T y de la masa K_m. Como la masa M de la Tierra es muy grande en comparación con la masa m, esta relación será sumamente pequeña, lo cual indica que la energía cinética de la Tierra dbe ser muy pequeña con la de la masa m, y por lo tanto se le peude despreciar cuando m cae libremente hacia la Tierra. Este hecho hace ver que prácticamente, toda la energía potencial del sistema masa-Tierra se transfiere integradamente en forma de energía cinética a la masa m, cuando ésta cae libremente hacia la Tierra.

Supongamos ahora que un cuerpo de masa m se encuentra por encima de la Tierra a una distancia H, la cual vamos a considerar pequeña en comparación con el radio de la Tierra. Si dicho cuerpo se suelta partiendo del reposo, se moverá verticalmente hacia el centro de la Tierra debido a la acción de la fuerza mg ejercida sobre el cuerpo, siendo g la aceleración gravitacional, la cual consideraremos constante durante este movimiento. A medida que el cuerpo cae, aumentará su velocidad, haciendo que su energía cinética experimente una variación ΔK.

Si el efecto de la fuerza de fricción debido al rozamiento del aire es despreciable en comparación con la fuerza mg, entonces, a la variación ΔK le corresponde una variación igual y opuesta de la energía potencial ΔU del sistema masa-Tierra.

Cuando el cuerpo cae desde una altura h por encima de la superficie de la Tierra hasta una altura h', como se muestra en la figura 7.2.

El trabajo W efectuado por la fuerza de gravedad mg al desplazarse la masa m una distancia d, será

$$W = mgd. \tag{7.14}$$

Este trabajo mide la transferencia de energía potencial a cinética, que ocurre al disminuir la distancia que hay entre la masa y la Tierra.

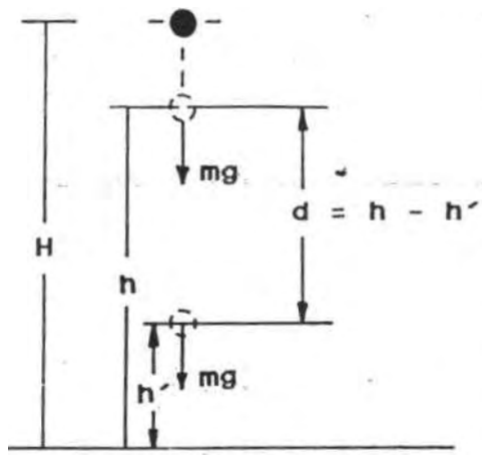

Figura 7.2: Desplazamiento $d = h - h'$ recorrido pro el cuerpo de masa m.

Y de acuerdo al teorema de la variación de la energía

$$W = \Delta K = -\Delta U, \tag{7.15}$$

donde ΔU es el cambio de la energía potencial que experimenta el cuerpo al caer, se puede concluir que

$$\Delta U = U' - U = -mgd. \tag{7.16}$$

El signo menos en $-mgd$ significa que a medida que el cuerpo cae, éste pierde energía potencial y gana energía cinética, además, U y U' son las correspondientes energías potenciales que el cuerpo posee en las respectivas alturas h y h'.

Ahora bien, como $d = h - h'$, se puede decir que

$$U' - U' = mg\left(h - h'\right) = mgh - mgh'. \tag{7.17}$$

Partiendo de este resultado, se puede decir que las energías potenciales U y U' son

$$U = mgh, \tag{7.18}$$
$$U' = mgh'. \tag{7.19}$$

Este mismo resultado se puede comprobar si partimos a la inversa, es decir, cuando los valores de U y U' vamos a calcular el cambio de energía potencial ΔU, es decir

$$U' - U = mgh' - mgh. \tag{7.20}$$

Esta ecuación representa la variación de la energía potencial. Ahora bien, si a las ecuaciones 7.18 y 7.19 se les adiciona una constante arbitraria U_0 los valores de U' y U serán

$$U = U_0 + mgh, \tag{7.21}$$
$$U' = U_{+} mgh'. \tag{7.22}$$

Y el cambio ΔU de la energía potencial quedará expresado por

$$U' - U = \left(U_0 + mgh'\right) - \left(U_0 + mgh\right). \tag{7.23}$$

Este resultado nos dice que el valor de U_0 no produce ninguna alteración en el cálculo de la variación de la energía potencial, esto implica que en los problemas de física se consideran solamente cambios de energía potencial y, que por lo tanto U_0 se puede elegir a conveniencia nuestra.

De la ecuación 7.15 obtenemos que

$$K' - K = -\left(U' + U\right), \tag{7.24}$$

de donde

$$K + U = K' + U'. \tag{7.25}$$

Por lo cual, se puede concluir que en cualquier instante la suma de las energías es igual a una constante, la cual representa la energía mecánica total y se acostumbra representar por E, es decir

$$K + U = K' + U' = E. \tag{7.26}$$

De manera explícita, se puede decir que

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2}mv'^2 + mgh' = E. \tag{7.27}$$

Esta ecuación es útil por que nos proporciona información de la velocidad que lleva la masa m en diferentes puntos, sin importar los detalles del movimiento al pasar de un lugar a otro.

Equipo y material

- Sistema de Flotación Lineal FICER, modelo SFL-03.
- Impulsor de Aire FICER, modelo IA-03.
- Cronómetro Digital FICER, modelo CD-03.
- Amortiguador desmontable.
- Deslizador con poste de interrupción.
- Interruptor optoelectrónico.
- Electromagneto de sujeción.
- Tira de papel de registro.

Desarrollo

Una forma simple de saber qué tan conservativo es el Sistema de Flotación Lineal, se logra comparando las variaciones tanto de la energía cinética ΔK, como la de la potencial gravitacional ΔU que experimenta un deslizador cuando se mueve a lo largo del sistema empleado como plano inclinado.

Si el sistema es conservativo, es decir, que no hay fuerzas disipativas (fuerzas que al actuar, hacen que se pierda energía de alguna manera), entonces, debe cumplirse que

$$\frac{\Delta K}{\Delta U} = -1. \tag{7.28}$$

Ahora, si suponemos que el deslizador en su movimiento descendiente pasa a través de los puntos 1 y 2 co nlas velocidades v_1 y v_2, respectivamente, como se indica en la figura 7.3.

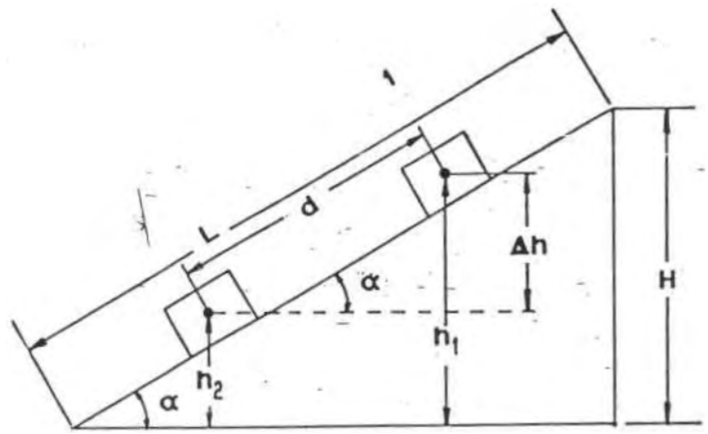

Figura 7.3: Movimiento descendiente de un cuerpo sobre un plano inclinado.

La variación de energía cinética ΔK que experimenta el deslizador de masa m al desplazarse una distancia d es

$$\Delta K = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2. \tag{7.29}$$

Y su respectiva variación de energía potencial ΔU es

$$\Delta U = mg\left(h_2 - h_1\right). \tag{7.30}$$

Si el sistema es puramente conservativo, al combinar las ecuaciones 7.28, 7.29 y 7.30 se debe cumplir que

$$\frac{\Delta K}{\Delta U} = \frac{\frac{1}{2}m\left(v_2^2 - v_1^2\right)}{mg\left(h_{-}h_1\right)} = -1. \tag{7.31}$$

Si llamamos Δh a la diferencia de alturas de los puntos 1 y 2, es decir

$$\Delta h = h_2 - h_1, \tag{7.32}$$

entonces, de la ecuación 7.31 tenemos

$$\frac{\left(v_2^2 - v_1^2\right)}{2g\Delta h} = -1. \tag{7.33}$$

Si la razón $\frac{\Delta K}{\Delta U}$ tuviera un valor diferente a -1, indicaría que además de que las fuerzas conservativas, estarían actuando otras que no lo son, una de ellas en nuestro caso, sería la fuerza de fricción producida por el rozamiento del deslizador con el aire.

De la figura 7.3 se puede ver que

$$\sin(\alpha) = \frac{\Delta h}{d} = \frac{H}{L}. \tag{7.34}$$

Por lo cual, la diferencia de alturas Δh que existe entre los puntos 1 y 2 se puede expresar en función del desplazamiento d, es decir

$$\Delta h = \frac{H}{L} d. \tag{7.35}$$

Siendo L la longitud que hay entre los puntos de apoyo del Sistema de Flotación Lineal, cuyo valor es de 1.415 m y $H = 0.05$ m es la altura del bloque de aluminio que se emplea para proporcionar la inclinación adecuada al sistema y α es el ángulo de la inclinación del mismo.

El experimento se planea de la siguiente manera: Para efectuar el registro de posición y tiempo, de un cuerpo que se mueve bajo la acción de una fuerza constante y sobre una superficie sin rozamiento; se emplea el Sistema de Flotación Lineal como superficie exenta de rozamiento y un deslizador con poste de interrupción, al cual se le aplica una fuerza constante empleando el Método de Pesas y Polea.

Para determinar la posición del móvil como función del tiempo; se desarrolla un registro simple empleando el Cronómetro Digital.

Analizando la gráfica obtenida se podrá determinar la ecuación que satisface el movimiento del cuerpo.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 7.3.

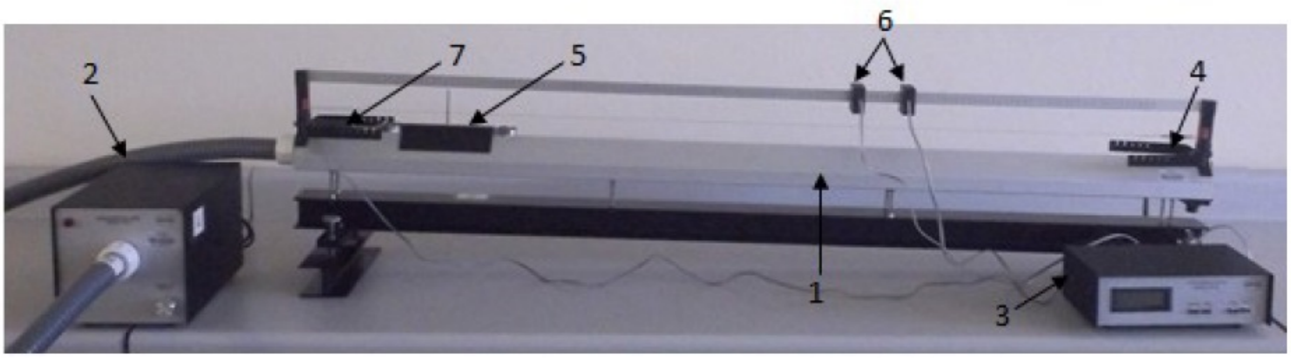

Figura 7.4: Instalación del Equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
3. Coloque el Sistema de Flotación Lineal como plano inclinado, para ello, utilice el bloque metálico de altura $H = 0.05$ m.
4. Verifique que este bien instalado el electromagneto de sujeción en su respectivo receptáculo.
5. Coloque los interruptores optoelectronicos sobre la regla metálica.
6. Conecte el electromagneto de sujeción y los interruptores optoelectrónico al Cronómetro Digital.
7. Seleccione un conjunto de seis puntos de la regla metálica espaciados uniformemente ($d = 0.2$ m entre punto y punto).
8. Coloque juntos los interruptores optoelectrónico sobre el primer punto seleccionado, (el más cercano al electromagneto de sujeción). Cerciórese que las caras en contacto de ambos interruptores coincidan con este punto.
9. Encienda el Impulsor de Aire y el Cronómetro Digital; seleccione en este ultimo la escala de tiempo adecuada.

10. Lleve el deslizador hasta que su amortiguador haga contacto con el electromagneto de sujeción, como se indica en la figura 7.3. Manténgalo con la mano en esa posición.

11. Oprima la tecla *iniciar* del cronómetro, esta acción energizara el electromagneto de sujeción y este a su vez, retendrá el deslizador, retire su mano del deslizador.

12. Suelte la tecla *iniciar* del cronómetro, esta acción liberara de la fuerza magnética al deslizador, y este iniciara instantáneamente su movimiento. El cronómetro iniciara su lectura en el momento que el poste del deslizador pase por el primer interruptor, y la terminara al pasar por el segundo interruptor.

    Nota: Las acción de mantener presionado el botón *iniciar* deberá ser lo más breve posible, para evitar que se magnetice el amortiguador del deslizador y retarde así su movimiento.

13. Anote la lectura de tiempo indicada en el cronómetro y llámela Δt. Esta lectura corresponderá al tiempo que tarda el deslizador en recorrer la distancia fija $\Delta x = 0.02$ m. Con el valor de la media aritmética de Δt, el valor fijo de Δt y empleando la ecuación $v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$, se obtiene el valor de velocidad media que llevaba el deslizador cuando pasó por el primer punto.

14. Coloque los interruptores optoelectronicos en cada uno de los puntos seleccionados restantes y repita para cada nueva posición los pasos del 10 al 13.

15. Con los valores de las velocidades determinadas en los puntos seleccionados, construya la tabla 7.1.

Posición	**v** $\left[\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}\right]$
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Tabla 7.1: Datos calculados.

16. Calcule la diferencia de alturas Δh, para el par de puntos seleccionados mediante la ecuación 7.35.

17. Con el valor calculado de Δh y con los valores de las velocidades v registradas en la tabla 7.1, construya la tabla 7.2.

18. Analizando los valores registrados en la tabla 7.2, se podrá determinar aquellos intervalos en los cuales el sistema se asemeja más a un sistema conservativo.

Cálculos y resultados

Intervalo	$\mathbf{\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g\Delta h}}$
1,2	
2,3	
3,4	
4,5	
5,6	

Tabla 7.2: Datos calculados.

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice e indique todas las causas por las que el sistema no es completamente conservativo. Diga la forma en que se podrá mejorar el experimento.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 8

Colisiones Elásticas

Resultados de aprendizaje

Analiza el choque de dos cuerpos y explica porque es tratado como un sistema aislado, además identifica las fuerzas que actúan y como se comportan.

Fundamento

Una colisión se define como una interacción entre cuerpos, la cual ocurre cuando estos están lo suficientemente cercanos. Dicha interacción se realiza en un intervalo de tiempo Δt que es despreciable comparado con el tiempo en el cual se observa al sistema.

Cuando los cuerpos chocan, actúa una fuerza relativamente grande sobre ellos y a pesar de que la acción de dicha fuerza dura un tiempo Δt muy pequeño, ésta logra cambiar el estado del movimiento de los cuerpos que interaccionan.

Una medida del movimiento de un cuerpo es el producto de su masa por su velocidad, a este término se le llama *cantidad de movimiento* o *ímpetu*. Se representa por el símbolo p y en el sistema MKS su unidad es el kilogramo-metro sobre segundo. Esta cantidad es una cantidad vectorial.

Experimentalmente se observa que cuando ocurren choques entre cuerpos, la cantidad de movimiento total del sistema no varía, es la misma antes y después del choque, esto constituye el principio de conservacióndel movimiento y es una regla invariable de la naturaleza.

En una *colision elástica* la transmisión de energia cinética de una masa a otra se realiza sin pérdidas, es decir, la energia cinetica total del sistema al final de un choque es la misma que al inicio.

Consideremos una colisión elástica en una dimensión entre dos esferas lisas de masas m_1 y m_2 que se mueven sin girar a lo largo de una línea recta y efectúan un choque frontal; y una vez realizada la colisión se siguen moviendo sobre la misma línea recta sin girar, como se muestra en la figura 8.1.

Si m_1 y m_2 son las masas de los cuerpos, v_1 y v_2 serán respectivamente sus velocidades antes de la colisión, V_1 y V_2 serán las velocidades que adquieren despues de la colision, por el principio de la conservacion del movimiento se tiene que

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 V_1 + m_2 V_2 = \text{constante}. \tag{8.1}$$

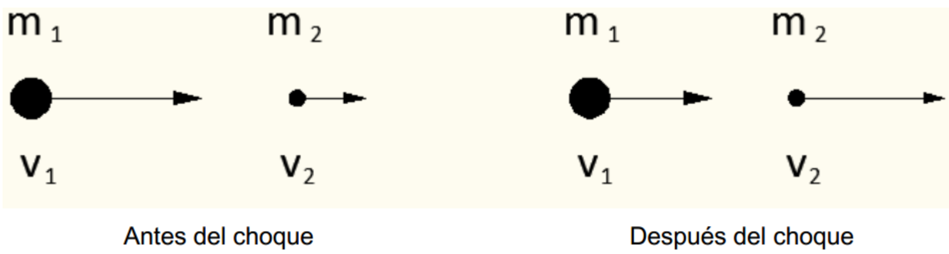

Figura 8.1: Dos esferas antes y después de una colisión elástica

Como la colisión es perfectamente elástica, se conserva también la energia cinetica del sistema, de modo que

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1V_1^2 + \frac{1}{2}m_2V_2^2. \tag{8.2}$$

Ahora bien, si se conocen los valores de las masas y sus velocidades iniciales, es posible determinar las velocidades finales partiendo de las ecuaciones 8.1 y 8.2, y combinando éstas se puede concluir que

$$v_1 - v_2 = V_2 - V_1, \tag{8.3}$$

$$V_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2}v_2, \tag{8.4}$$

$$V_2 = \frac{2m_2}{m_1 + m_2}v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}v_2. \tag{8.5}$$

La ecuación 8.3 indica que en una colisión perfectamente elástica unidimensional, la velocidad relativa de acercamiento antes de la colisión es igual a la velocidad relativa de separación. Y las ecuaciones 8.4 y 8.5 proporcionan los valores de las velocidades finales después de la colisión.

Si consideramos que la masa m_2 está en reposo, es decir, su velocidad inicial es igual a cero ($V_2 = 0$) entonces, las ecuaciones 8.4 y 8.5 se reducen a

$$V_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 +_m 2}v_1, \tag{8.6}$$

$$V_2 = \frac{2m_1}{m_1 +_m 2}v_1. \tag{8.7}$$

Vamos a estudiar tres casos manteniendo la condición de reposo para el cuerpo de masa m_2.

Primero: Supongamos que las masas de los cuerpos son iguales $m_1 = m_2$. Si utilizamos las ecuaciones 8.6 y 8.7, se ve que

$$V_1 = 0 \text{ y } V_2 = v_1. \tag{8.8}$$

De lo anterior se deduce que el cuerpo de masa m_1 se detiene al cochar con el cuerpo de masa m_2, y éste se arranca con la velocidad que llevaba el cuerpo m_1 en el instante justamente antes de la colisión.

Segundo: Si el cuerpo m_2 tiene una masa mucho mayor que m_1, con las mismas ecuaciones 8.6 y 8.7, se llega a lo siguiente

$$V_1 = -v_1 \text{ y } V_2 = 0. \tag{8.9}$$

Lo cual indica que cuando un cuerpo ligero choca contra otro de masa mucho mayor, la velocidad del cuerpo ligero se invierte, mientras el cuerpo masivo queda casi en reposo.

Tercero: El cuerpo de masa m_2 es muy ligero en comparación con el de masa m_1, de las ecuaciones 8.6 y 8.7, se obtiene que

$$V_1 = -v_1 \text{ y } V_2 = 2v_1. \tag{8.10}$$

Esto significa que la velocidad del cuerpo de mayor masa casi no se altera en la colisión, pero la masa ligera m_2 adquiere una velocidad que es aproximadamente el doble del cuerpo incidente.

Equipo y material

- Sistema de Flotación Lineal FICER, modelo SFL-03.
- Impulsor de Aire FICER, modelo IA-03.
- Generador de Chispas FICER, modelo GCH-03.
- Deslizadores con electrodo de chispeo.
- Pasador metálico.
- Amortiguador desmontable.
- Regla metálica y regla de chispeo.
- Papel de registro.
- Banda de hule elástica.

Desarrollo

El experimento contempla dos aspectos importantes; Uno de ellos se refiere a la producción de colisiones elásticas casi perfectas, el otro se refiere a la determinación de las velocidades que llevan los cuerpos antes y después de la interacción. Este último aspecto permite calcular los cambios que ocurren en el ímpetu y en la energía cinética del sistema, lo cual sirve para determinar la elasticidad de la colisión.

Las colisiones elásticas se efectúan con buenos resultados sobre el Sistema de Flotación Lineal, pudiendo desarrollarse éstas de varias maneras; una de ellas se logra utilizando dos deslizadores con amortiguadores, la otra se efectúa entre un deslizador y el amortiguador desmontable del Sistema de Flotación Lineal, en este caso se considera al sistema como un cuerpo de masa muy grande. Por último, para producir una colisión sin pérdida de energía (colisión casi elástica), se pueden emplear dos imanes cerámicos pequeños, los cuales se instalan en los amortiguadores de los deslizadores, pegándolos con alguna cinta adhesiva y cuidando, que sus orientaciones magnéticas sean de tal manera que se repelan uno al otro, esta técnica da muy buenos resultados en colisiones de bajas velocidades.

Nota: Empleando este último método se puede lograr simular una explosión de la siguiente manera : Coloque sobre el Sistema de Flotación Lineal dos deslizadores cuyos amortiguadores tienen los imanes instalados como se menciona en el párrafo anterior, con el Impulsor de Aire apagado, acérquelos uno al otro lo más que se pueda, luego encienda el Impulsor de Aire regulando lentamente el flujo del aire , al quedar ambos deslizadores libres del efecto de la fricción, saldrán disparados en direcciones opuestas debido a la repulsión magnética.

Por medio del sistema de lanzamiento se le proporciona al deslizador el impulso requerido para efectuar la colisión. **Nota:** Efectúe colisiones de baja velocidad.

Las velocidades que llevan ambos deslizadores antes y después de la colisión, se determinan en forma indirecta a través de un doble registro simultáneo con el Generador de Chispas.

El experimento se desarrolla de la siguiente manera:

Efectúe tres colisiones; En la primera se hace incidir un deslizador sobre otro que se encuentra en reposo estático, cuya masa es igual a la del incidente. En la segunda colisión, al deslizador que se encuentra en reposo se le agrega masa utilizando el juego de pesas, hasta lograr que ésta sea mucho mayor que la del deslizador incidente. Se recomienda como otra opción, sustituir el deslizador estático por el Sistema de Flotación Lineal, es decir, efectuar la colisión del deslizador liviano sobre uno de los amortiguadores del Sistema de Flotación Lineal, esto asegura la condición de que la masa del cuerpo que se encuentra en reposo sea mucho mayor. En la tercera colisión, el deslizador incidente debe tener una masa mayor que la del estático , para cumplir con esta condición, se le agrega masa al deslizador incidente, o bien, se juntan dos deslizadores pegando con una cinta adhesiva sus amortiguadores, para formar uno solo.

En cada una de las colisiones se determina la velocidad v, el ímpetu p y la energía cinética K que ambos deslizadores tienen antes y después de la colisión. Esta información se coloca en una tabla con la finalidad de poder identificar fácilmente las cantidades físicas que se conservan en las diferentes colisiones.

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 8.2.

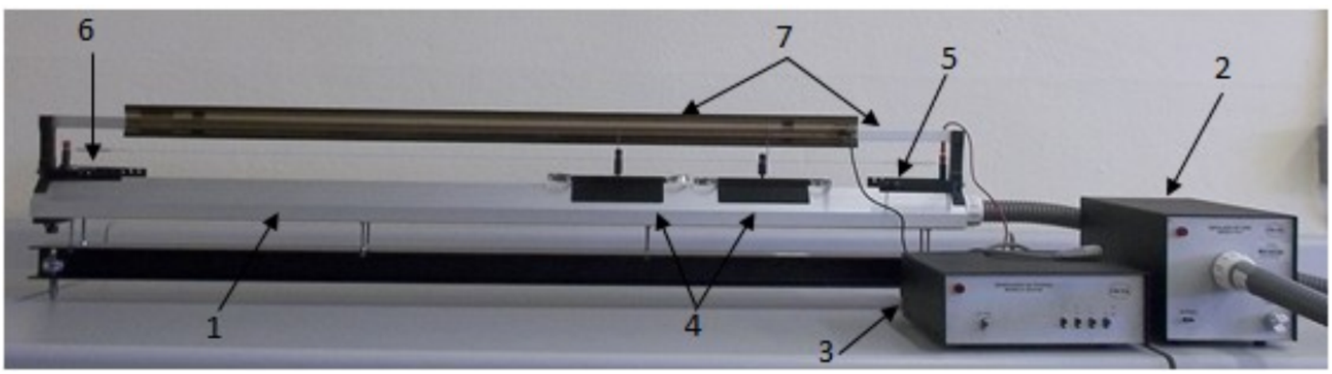

Figura 8.2: Instalación del equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación. Cerciórese que este instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo y, ajuste los electrodos de chispeo de los deslizadores para efectuar un doble registro simultaneo de posición y tiempo.

3. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia de chispeo adecuada.

4. Coloque en la parte media del Sistema de Flotación Lineal uno de los deslizadores y llame a su masa previamente conocida m_2, este deberá permanecer en reposo si el Sistema de Flotación está bien nivelado. Manténgalo en esa posición.

5. Prepare el otro deslizador (cuya masa m_1 deberá ser igual a la del primero) para ser lanzado con el sistema de lanzamiento.

6. Lance el deslizador de masa m_1 y efectúe un doble registro simultáneo con el Generador de Chispas.

7. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo y determine las velocidades que llevaban ambos deslizadores antes y después de la colisión; llame a estas v_1 y v_2 antes de la colisión y V_1 y V_2 después de la colisión.

8. Con los valores de las masas y con las velocidades determinadas en el punto 7, calcule el ímpetu total y la energía cinética total antes y después de la colisión, de acuerdo con las ecuaciones

$$p_1 = m_1 v_1 + m_2 v_2, \tag{8.11}$$

$$K_1 = \frac{1}{2}\left(m_1 v_1^2\right) + \frac{1}{2}\left(m_2 v_2^2\right), \tag{8.12}$$

$$p_2 = m_1 V_1 + m_2 V_2, \tag{8.13}$$

$$K_2 = \frac{1}{2}\left(m_1 V_1^2\right) + \frac{1}{2}\left(m_2 V_2^2\right), \tag{8.14}$$

donde p_1 y K_1 se refieren a antes de la colisión, mientras que p_2 y K_2 se refieren a después de la colisión.

9. Con los valores de los ímpetus y de las energías cinéticas (antes y después de la colisión) calculados en el punto 8, determine las variaciones del ímpetu y de la energía cinética mediante las ecuaciones

$$\Delta p = p_2 - p_1, \tag{8.15}$$

$$\Delta K = K_2 - K_1. \tag{8.16}$$

10. Repita el experimento, pero ahora con la condición de que la masa m_1 del deslizador que se lanza, sea mucho menor que la masa m_2 del deslizador que se encuentra en reposo. Esta condición se logra perfectamente si se sustituye el deslizador en reposo por el Sistema de Flotación Lineal, es decir, si el deslizador móvil se hace chocar con el amortiguador del Sistema de Flotación Lineal.

11. Repita nuevamente el experimento, pero, ahora la masa m_1 del deslizador móvil deberá ser mucho mayor que la masa m_2 del deslizador en reposo. Esto se logra agregando masa (pesas) al deslizador móvil o bien, uniendo dos deslizadores con cinta adhesiva a través de sus amortiguadores y lanzándolos así.

12. Con los valores calculados, del ímpetu y la energía cinética (antes y después de cada colisión), y con los valores determinados de sus variaciones, llene la tabla 8.1.

m [kg]	$\mathbf{p_1}$ **[J]**	$\mathbf{p_2}$ **[J]**	$\mathbf{K_1}$ **[J]**	$\mathbf{K_2}$ **[J]**	$\mathbf{\Delta p}$ **[J]**	$\mathbf{\Delta K}$ **[J]**
$m_1 = m_2$						
$m_1 < m_2$						
$m_1 > m_2$						

Tabla 8.1: Datos experimentales y calculados.

13. Analice la información contenida en la tabla 8.1 y observe que tan elásticas fueron las diferentes colisiones que se realizaron.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Compare los valores de Δp y ΔK con los valores esperados teóricamente, si hay mucha diferencia entre ellos, enuncie las posibles fuentes de errores. Repita el experimento tratando de minimizar dichos errores y compare los valores del nuevo experimento con los anteriores.

Referencias bibliográficas

Anexos

Práctica No. 9

Colisiones Inelásticas

Resultados de aprendizaje

Simula una colisión inelástica y determina la pérdida de energía cinética del sistema como función de las masas de los cuerpos.

Fundamento

En una *colisión inelástica* no se conserva la energía cinética del sistema, es decir, la energía cinética K_1 antes de la colisión es distinta a la energía cinética K_2 después del choque. Sin embargo, hay una conservación en el ímpetu o cantidad de movimiento del sistema. Cuando dos cuerpos se adhieren después de la colisión, se dice que ésta es completamente inelástica. Ahora bien, el término completamente inelástico no significa que se pierda toda la energía cinética, sino que la pérdida de ella, es tan grande como lo permite el principio de conservación del ímpetu. A través del siguiente ejemplo, se mostrará para su estudio un caso de colisión completamente inelástica.

Supongamos que se dispara un rifle sobre un blanco situado en una plataforma, la cual se puede deslizar sobre unas vías sin rozamiento, com ose muestra en la figura 9.1.

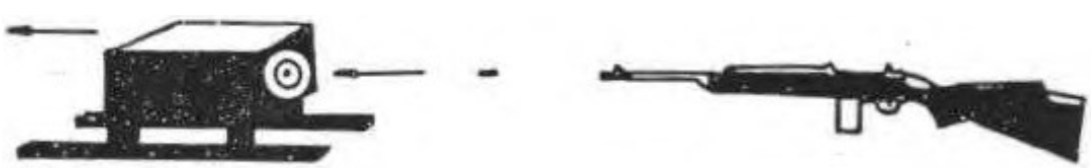

Figura 9.1: Disparo de un rifle sobre un blanco que se encuentrra en una superficie sin fricción.

Además, supongamos también que el blanco y la plataforma se encuentra nen reposo (velocidad cero) antes de que la bala golpee al blanco. Así, al pasar e incrustarse la bala en dicho blanco, provoca que la plataforma y la bala se muevan juntas con una velocidad V. El problema es encontrar la velocidad de la plataforma después de recibir el impacto de la bala, así como la razón de la energía cinética K_2 después del impacto, a la energía K_1 antes del mismo. Si se conocen la masa m de la bala y la masa M de la plataforma, se puede determinar la velocidad V de ambas después del impacto en función de la velocidad v que llevaba la bala antes del mismo, empleando el principio de la conservación del ímpetu, como se indica en la ecuación

$$mv = (m + M)\,V. \tag{9.1}$$

Donde el término mv representa el ímpetu de la bala antes del impacto y el término $(m + M)\,V$, representa el ímpetu del sistema después de la colisión. De esta misma ecuación se puede obtener la velocidad V mediante la expresión

$$V = \frac{m}{m + M} v. \tag{9.2}$$

De la cual se puede ver que

$$\frac{V}{v} = \frac{m}{m + M}. \tag{9.3}$$

La energía cinética de la bala antes del impacto se determina mediante la ecuación

$$K_1 = \frac{1}{2} m v^2. \tag{9.4}$$

Y la energía cinética del sistema (bala + plataforma) después del impacto será

$$K_2 = \frac{1}{2}\,(m + M)\,V^2. \tag{9.5}$$

Quedando definida la razón de estas energías mediante la ecuación

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{M + m}{m} \left(\frac{V}{v}\right)^2. \tag{9.6}$$

Si combinamos las ecuaciónes 9.3 y 9.6, se puede encontrar dicha razón en función de las masas, es decir

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{m}{m + M}. \tag{9.7}$$

De donde

$$K_2 = K_1 \frac{m}{M + m} - \tag{9.8}$$

Si observamos esta ecuación, vemos que la energía K_2 después del impacto es menor que la energía K_1 antes del mismo, esto indica que durante la colisión no se conserva la energía cinética del sistema.

Equipo y material

- Sistema de Flotación Lineal FICER, modelo SFL-03.
- Impulsor de Aire FICER, modelo IA-03.
- Generador de Chispas FICER, modelo GCH-03.
- Regla metálica y regla de chispeo.
- Deslizador con electrodo de chispeo.
- Deslizador sin electrodo de chispeo.
- Juego de pesas para el deslizador.
- Amortiguador desmontable.
- Banda de hule.
- Pasador metálico.
- Tira de papel de registro.

- Trozo de hilo.
- Tira de material Velcro.

Desarrollo

La condición para que una colisión entre los deslizadores se considere perfectamente elástica, es que después del choque, permanezcan unidos y se muevan como un solo cuerpo. Lo anterior se logra pegando una cinta adherible de Velcro a los amortiguadores (de los deslizadores) que entrarán en contacto en la colisión.

Para realizar una colisión entre deslizadores en el Sistema de Flotación Lineal, deberá colocarse uno de ellos en reposo en la parte central de la guía rectilínea y el otro deslizador deberá ser lanzado contra el primero utilizando el sistema de lanzamiento.

Para determinar las energías cinéticas de los deslizadores antes y después de la colisión, se deberá efectuar un registro simple de posición y tiempo, el cual permitirá conocer las velocidades que llevaban los deslizadores antes y después de la colisión.

Una vez obtenidas las velocidades de los deslizadores antes y después de la colisión, sus energías cinéticas se determinan mediante las ecuaciones 9.4 (antes de la colisión) y 9.5 (después de la colisión).

Donde m es la masa del deslizador móvil y v, su velocidad justamente antes de la colisión y siendo M la masa del deslizador en reposo y V la velocidad con que se mueven los dos deslizadores juntos un instante después de la colisión.

La pérdida de Energía Cinética en la colisión se determina utilizando la ecuación

$$\Delta = K_2 - K_1. \tag{9.9}$$

El experimento deberá contemplar la realización y análisis de tres colisiones diferentes: La primera con deslizadores de igual masa, la segunda con la masa del deslizador móvil menor que la del deslizador en reposo, y la tercera, con la masa del deslizador móvil mayor que la del deslizador en reposo.

Para efectuar el experimento, ejecute los siguientes pasos:

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 9.2.

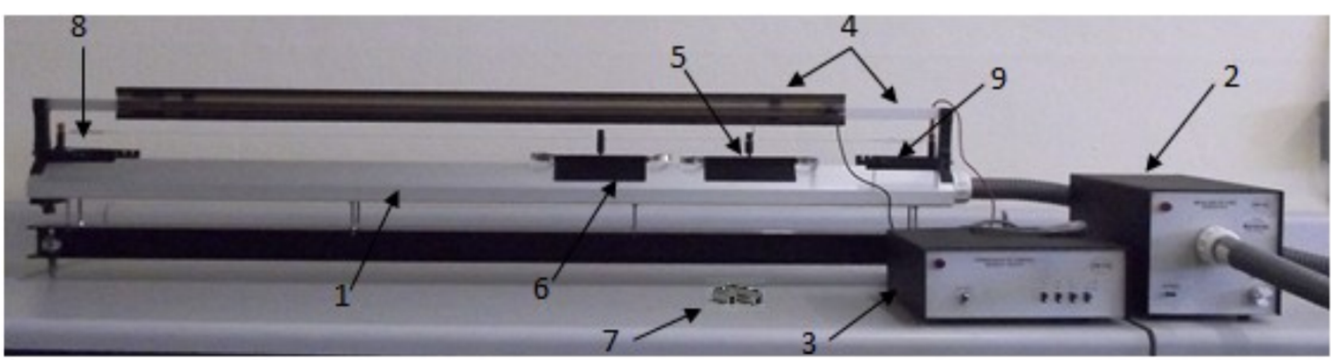

Figura 9.2: Instalacion del equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal. Cerciórese que este instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo, coloque la cinta de Velcro auto-adherible en los amortiguadores de los deslizadores.

3. Ajuste el electrodo de chispeo del deslizador móvil para efectuar un registro simple de posición y tiempo.

4. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia de chispeo adecuada.

5. Coloque en la parte media del Sistema de Flotación Lineal el deslizador sin electrodo de chispeo y llame a su masa previamente conocida m_2. Esta deberá permanecer en reposo si el Sistema de Flotación Lineal está bien nivelado, manténgalo en esa posición.

6. Prepare el otro deslizador (cuya masa m_1 deberá ser igual a la del primero) para ser lanzado con el sistema de lanzamiento.

7. Lance el deslizador de masa m_1 y efectué un registro simple con el Generador de Chispas.

8. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo, determine la velocidad v que llevaba el deslizador móvil un instante antes del choque y la velocidad V del conjunto formado por los dos deslizadores un instante después del choque.

9. Con los valores de las masas y con las velocidades determinadas en el punto 8, calcule las energías cinéticas antes y después del choque, empleando para ello, las ecuaciones 9.4 y 9.5 respectivamente. También calcule el cambio de la energía cinética ΔK, empleando la ecuacion 9.9.

10. Repita el experimento, pero ahora con la condición de que la masa m_2 del deslizador que se lanza, sea menor que la masa m_1 del deslizador que se encuentra en reposo. Esta condición se logra colocándole pesas al deslizador en reposo.

11. Repita nuevamente el experimento, pero ahora la masa m_1 del deslizador móvil deberá ser mayor que la masa m_2 del deslizador en reposo. Esto se logra colocando pesas al deslizador móvil.

12. Con los valores calculados de las energías cinéticas (antes y después de la colisión) y con los valores determinados de sus variaciones, llene la tabla 9.1.

m [kg]	$\mathbf{K_1}$ **[J]**	$\mathbf{K_2}$ **[J]**	$\mathbf{\frac{K_2}{K_1}}$
$m_1 = m_2$			
$m_1 < m_2$			
$m_1 > m_2$			

Tabla 9.1: Datos experimentales y calculados.

13. Analice la información contenida en la tabla 9.1 y observe en cuál de las tres colisiones efectuadas hay mayor pérdida de energía cinética.

Cálculos y resultados

Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Compare los valores de la última columna de la tabla 9.1 y explique la razón por la cual difieren entre si estos valores. Discuta con su instructor y compañeros, las posibles causas por las que difieren los valores de $\frac{K_2}{K_1}$ para cada colisión, de sus respectivos valores obtenidos teóricamente empleando la ecuación 9.7.

Referencias bibliográficas

Anexos