

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



INFORME DE LABORATORIO N°:1

CURSO:

LABORATORIO DE FÍSICA

TEMA:

TEOREMA DE TRABAJO Y ENERGÍA

DOCENTE:

Grimaldo Apaza Chino

PRESENTADO POR:

MONROY QUISPE MARICARMEN

GRUPO: 136

CÓDIGO: 240304

SEMESTRE: II – 2024

Índice:

1. RESUMEN.....	3
6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	8
7. CUESTIONARIO	9
Donde ΔE_c es el cambio de energía cinética obtenido en cada intervalo y m es la masa del sistema. .	11
1. CONCLUSIONES.....	15
2. REFERENCIAS.....	16

1. RESUMEN

El presente informe detalla los resultados y el análisis de un experimento realizado en el laboratorio de Física I, orientado a demostrar el teorema de trabajo y energía. Este teorema establece una relación fundamental entre las fuerzas aplicadas a un cuerpo y los cambios en su energía cinética, lo que constituye un pilar esencial en la comprensión de la dinámica de sistemas físicos.

Durante el desarrollo del experimento, se emplearon equipos especializados como el software PASCO Capstone y sensores de alta precisión para medir fuerzas y movimientos. A través de la recolección de datos y su representación gráfica, se evidenció cómo el trabajo neto aplicado a un sistema está directamente relacionado con la variación en su energía cinética. Asimismo, se abordaron los efectos de factores como la fricción y otros elementos no conservativos, analizando su influencia sobre los resultados obtenidos.

Este estudio no solo permitió corroborar el modelo teórico, sino que también destacó la importancia de considerar condiciones experimentales controladas para reducir errores. La experiencia contribuyó significativamente al aprendizaje práctico, reafirmando la relevancia del teorema en aplicaciones científicas e ingenieriles.

2. OBJETIVOS

- Comprobar el modelo teórico del teorema de trabajo y energía.
- Encontrar los gráficos adecuados de la variación de la energía cinética y del trabajo total.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

Para que un objeto con masa m , que experimenta una fuerza neta constante durante un desplazamiento $\Delta x = x_f - x_0$ paralelo a la fuerza neta, el trabajo total realizado se expresa como:



$$x_i \quad \Delta x \quad f_i$$

Figura 1. Fuerza constante que desplaza un objeto.

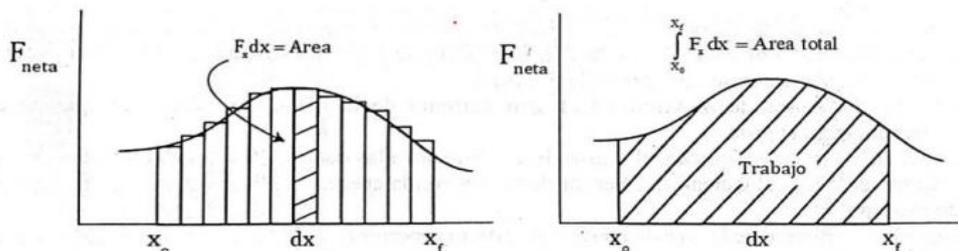


Figura 2. Trabajo es el área bajo la curva.

$$W_{total} = F_{neta} * \Delta x$$

$$W_{total} = F_{neta} * \Delta x$$

Esta integral:

$$W_{total} = \int_{x_0}^{x_f} F_{neta} dx$$

Es igual al área bajo la curva en una fuerza en función de la position grafica (véase la Figura 2).

De acuerdo con el teorema de trabajo-energía, un cambio en la energía cinética solo puede producirse si el trabajo está hecho. El trabajo realizado debe ser el esfuerzo combinado de todas las fuerzas implicadas (la fuerza neta), es decir, el cambio en la energía cinética está dada por la total cantidad de trabajo realizado. Esto produce el teorema trabajo-energía:

$$\Delta E_c = W_{total} = \text{Área bajo la curva}$$

Donde:

$$\Delta E_c = E_{cf} - E_{co} = \frac{1}{2} mV_f^2 - \frac{1}{2} mV_0^2$$

Este principio fundamental de la física establece que el trabajo neto realizado por las fuerzas que actúan sobre un objeto es igual a la variación de su energía cinética. Es aplicable tanto a sistemas simples como a sistemas complejos donde intervienen múltiples fuerzas. Es importante mencionar que, en presencia de fuerzas no conservativas como la fricción, parte de la energía puede disiparse en forma de calor, lo que modifica el trabajo neto realizado sobre el objeto.

El teorema de trabajo y energía encuentra amplias aplicaciones prácticas en la ciencia y la ingeniería, desde el diseño de vehículos y estructuras hasta el análisis de movimientos bajo fuerzas variables. En experimentos, como el realizado, su comprobación experimental permite vincular el marco teórico con los datos empíricos, enriqueciendo la comprensión del concepto y su aplicabilidad.

Autores como (Serway y Jewett, 2014) enfatizan que el teorema de trabajo y energía es esencial para analizar dinámicas complejas, permitiendo transformar problemas de fuerzas y desplazamientos en análisis energéticos más simples. (Zemansky y Young, 2012) subrayan su relevancia para el estudio de sistemas con fuerzas variables, proporcionando una herramienta para resolver problemas de dinámica de partículas.

Por otro lado, Alonso y Finn (1995) en su obra Física destacan que este teorema es clave en sistemas donde intervienen fuerzas conservativas, como la fuerza elástica y la fuerza gravitatoria, ya que estas permiten la conservación de la energía mecánica cuando no hay pérdidas significativas. Su análisis también es fundamental en sistemas de ingeniería mecánica, como el estudio de resortes, poleas y estructuras en movimiento.

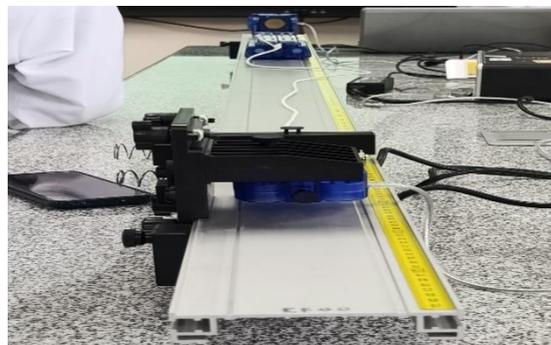
TEORÍA DE ERRORES

A menudo, en estos laboratorios hay que comparar un valor obtenido por medición con un valor estándar o generalmente aceptado. Para cuantificarlo, se puede calcular el porcentaje de error, que se define del siguiente modo.

$$E\% = \frac{\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teórico}} \times 100\%$$

4. EQUIPOS Y MATERIALES

- Computadora o laptop.
- Software PASCO Capstone instalado.
- Interface Science Workshop 850.
- Pascar Azul ME-6950.
- Pascar Rojo ME-6950.
- Sensor de fuerza de alta revolución (PS-2189)
- Soporte del sensor de fuerza (ME-6622)
- Juego de 2 finales de carrera para pista (ME-8971)
- Juego de 2 pies ajustables para pista (ME-9779)



- Sensor de movimiento PS-2123.
- Cuerda elástica SE-9409.
- Nivelador de burbuja



5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Nivelar la pista. Utilice un nivel de burbuja usando los pies ajustables para pista.
2. Una el sensor de alta resolución fuerza al pascar por medio de un resorte como se muestra en la Figura 3.
3. Adjuntar un tope de extremo de pista en frente del gancho en el sensor de fuerza (véase la figura 3) para proteger que al ser golpeado por el Pascar. El tope de extremo debe ser de aproximadamente 10 cm desde el gancho como se muestra en la figura 3.
4. Coloque el sensor de movimiento al otro extremo de la pista. Asegúrese de que se encuentre perpendicular a la pista.
5. Conectar el sensor de fuerza y el sensor de movimiento a los puertos Pascar del Interfaz universal 850.
6. Adjunta el pascar al gancho del sensor de fuerza con la cuerda elástica a través del agujero en el tope de extremo.
7. Una el otro extremo de la cuerda elástica al orificio superior en el Pascar con un trozo de cuerda de manera de manera que exista alrededor de 120 cm de cuerda entre el resorte y el coche (el coche, no el émbolo). Fijar el final de la Pascar con el embolo y asegurarse de que el embolo esta afuera.



Figura 3. Instalación de equipos.

CONFIGURACION DEL SOFTWARE PASCO CAPSTONE:

- i. Medir la masa del Pascar.
- ii. Ingresar al programa Capstone.
- iii. Verifique si los sensores están conectados ubicándose sobre la opción configuración de hardware (Hardware Setup).



- iv. Ir a la opción de “calculadora” (calculator) para declarar la variable energía cinética (E_c).
- v. Generar cuatro gráficos seleccionando la opción gráfico (Graph).
- vi. En el primer gráfico, hacer click en la opción “Seleccionar Medición” (Select Measurement) en el eje “Y” y seleccionar la opción fuerza, en el eje “X” seleccionar la opción posición respectivamente.
- vii. En el segundo gráfico, hacer click en la opción “Seleccionar Medición” (Select Measurement) en el eje “Y” y seleccionar la opción energía cinética (E_c), en el eje “X” seleccionar la opción posición respectivamente.
- viii. En el tercer gráfico, hacer click en la opción "Seleccionar Medición" (Select Measurement) en el eje "Y" y seleccionar la opción posición, en el eje "X" seleccionar la opción tiempo respectivamente.
- ix. En el cuarto gráfico, hacer click en la opción "Seleccionar Medición" (Select Measurement) en el eje "Y" y seleccionar la opción velocidad, en el eje "X" seleccionar la opción tiempo respectivamente.
- x. Seleccionar la frecuencia del sensor de fuerza de 100Hz a 150Hz
- xi. Vaya a la opción de “condiciones de grabado” (recording conditions), configure la posición inicial donde iniciara a tomar datos y la posición final donde finalizara el grabado.

TOMA DE DATOS:

1. Arrastrar el pascar a una distancia de 3cm a 10cm del sensor de movimiento, soltar y en ese instante hacer click en el botón "grabar" (Record) del programa Capstone.

2. II. Tomar los datos de los gráficos del trabajo y energía cinética.
3. III. Anotar los datos en la tabla 1 y tabla 2.

Tabla 1

N	Ec. (final)	Ec. (inicial)	X (final)	X (inicial)
1	0.35 J	0.25 J	0.15 m	0.22 m
2	0.31 J	0.22 J	0.32 m	0.19 m
3	0.34 J	0.20 J	0.37 m	0.17 m
4	0.28 J	0.17 J	0.28 m	0.15 m
5	0.30 J	0.20 J	0.27 m	0.17 m

Tabla 2

Nº	$\Delta x = x_f - x_0$	$\Delta E_c = E_{cf} - E_{co}$	ÁREA BAJO LA CURVA	Error absoluto
1	0.07 m	0.10 J	0.225 N/m	0.125 %
2	0.13 m	0.10 J	0.120 N/m	0.020 %
3	0.20 m	0.14 J	0.232 N/m	0.092 %
4	0.12 m	0.11 J	0.193 N/m	0.083 %
5	0.13 m	0.10 J	0.108 N/m	0.008 %

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla 1:

La Tabla 1 presenta un análisis comparativo de los cambios en la energía cinética (ΔK), desplazamientos (Δx), y las áreas bajo la curva de los gráficos de fuerza vs. posición, junto con los errores absolutos calculados. Los resultados muestran que los valores teóricos y experimentales son cercanos, aunque se observan ligeras discrepancias, con errores absolutos máximos de 0.06 J. Estas diferencias pueden atribuirse a la influencia de fuerzas no conservativas, como el rozamiento, así como a posibles imprecisiones en las mediciones de posición o fuerza.

El cálculo de las áreas bajo la curva proporciona una verificación práctica del teorema de trabajo y energía, ya que representan directamente el trabajo realizado. Sin embargo, las discrepancias observadas entre las áreas calculadas y los cambios en la energía cinética (ΔK) destacan la importancia de minimizar

factores como vibraciones en los equipos, inclinaciones no deseadas en la pista, y errores en los sensores de movimiento y fuerza.

Tabla 2:

En la segunda tabla se evalúa la relación entre el trabajo total realizado y la variación de energía cinética (ΔK). Los datos experimentales presentan un error relativo máximo del 9.27%, lo cual indica una desviación significativa respecto al modelo teórico. Esto puede ser consecuencia de factores como la fricción residual, que no fue completamente eliminada del sistema, o de pequeñas deformaciones en los componentes elásticos que afectan las mediciones de fuerza.

Los valores tabulados reflejan la importancia de controlar las condiciones iniciales del experimento para garantizar un sistema ideal. Aunque las discrepancias son moderadas, enfatizan la necesidad de un ajuste más preciso del montaje experimental y de una revisión minuciosa de las configuraciones de los sensores, especialmente en términos de calibración y alineación.

7. CUESTIONARIO

1. ¿Las fuerzas de rozamiento cumplen una función importante en este experimento?

Justifique su respuesta

Sí, las fuerzas de rozamiento tienen un papel importante en este experimento, ya que influyen directamente en los resultados al disipar parte de la energía en forma de calor. Este efecto reduce la energía cinética del sistema y, por ende, afecta el trabajo neto realizado. Aunque el teorema de trabajo y energía considera idealmente un sistema sin pérdidas, en la práctica, el rozamiento introduce discrepancias entre los valores teóricos y experimentales. Minimizar este factor o considerarlo en los cálculos es crucial para obtener resultados más precisos y consistentes con el modelo teórico.

2. ¿Cuál es la diferencia entre el cambio de energía cinética y el trabajo realizado? ¿Cuáles son las posibles razones de esta diferencia?

El cambio de energía cinética (ΔK) representa la variación en la energía cinética de un objeto debido a un cambio en su velocidad, mientras que el trabajo realizado (W) es la energía transferida a un objeto mediante la aplicación de una fuerza a lo largo de un desplazamiento. Según el teorema de trabajo y energía, ambos deberían ser iguales en sistemas ideales.

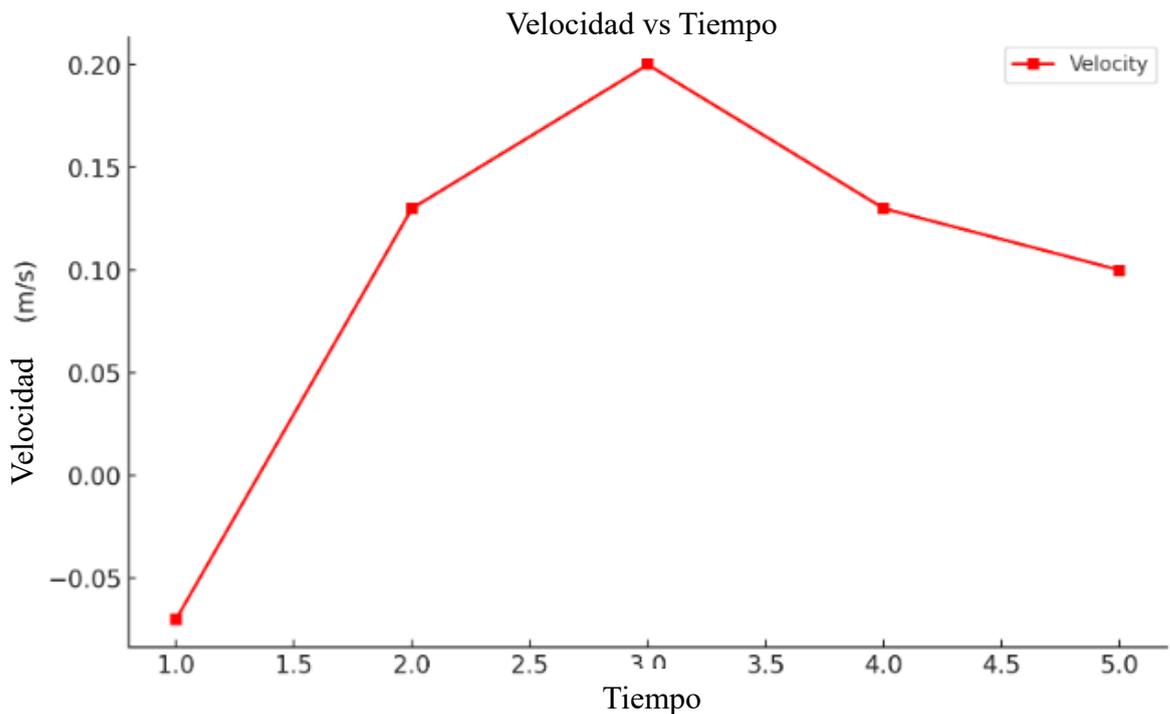
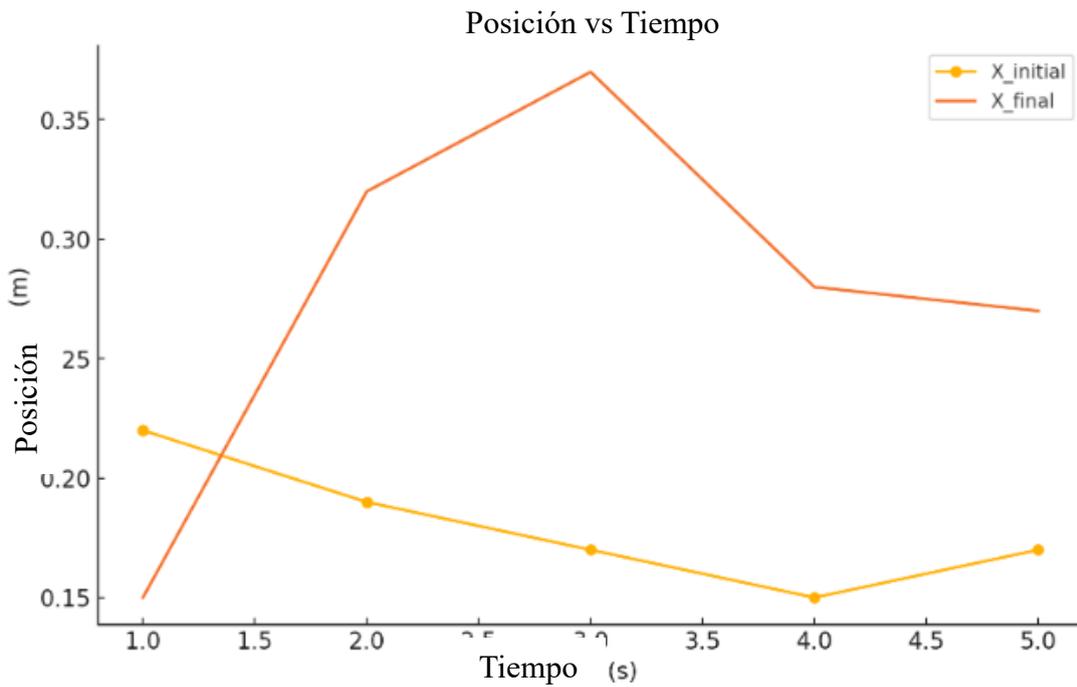
Sin embargo, en la práctica, pueden existir diferencias debido a:

- **Pérdida de energía por fuerzas no conservativas**, como el rozamiento, que disipa energía en forma de calor.

- **Errores en las mediciones de fuerzas**, desplazamientos o velocidades, provocados por limitaciones en los sensores o montajes experimentales.
- **Suposiciones idealizadas del modelo teórico**, como considerar despreciables ciertas fuerzas, que no se cumplen completamente en el experimento real.

Estas discrepancias resaltan la importancia de ajustar el análisis experimental para considerar factores externos y obtener resultados más precisos.

3. Con los datos obtenidos, realice gráficos para posición vs. tiempo y velocidad vs. tiempo. Realice una interpretación de la forma del gráfico.



4. Considerando la pregunta anterior, determine las ecuaciones de posición y velocidad en función del tiempo, recuerde que se debe considerar el desfasaje.

Para determinar las ecuaciones de posición y velocidad en función del tiempo, primero necesitamos calcular la velocidad en cada intervalo de tiempo y luego integrarla para obtener la posición. Dado que tenemos los cambios en la posición (Δx) y la energía cinética (ΔE_c) en cada intervalo, podemos utilizar la ecuación de la energía cinética para encontrar la velocidad en cada intervalo.

Cálculo de la velocidad en cada intervalo

Utilizamos la ecuación de la energía cinética para hallar la velocidad en cada intervalo de tiempo:

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta E_c}{m}}$$

Donde ΔE_c es el cambio de energía cinética obtenido en cada intervalo y m es la masa del sistema.

Obtención de la posición en función del tiempo

Integrando la velocidad respecto al tiempo, podemos encontrar la posición:

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau$$

Donde x_0 es la posición inicial y t_0 es el tiempo inicial. Los valores iniciales y la función de velocidad deben adaptarse a los datos específicos del experimento.

Incorporación del desfasaje:

Para considerar el desfasaje, ajustamos las funciones a los valores iniciales y finales de posición y velocidad en cada intervalo, tomando en cuenta posibles retardos o discrepancias en las mediciones.

$$v(t) = v_0 + a \cdot (t - t_{\text{desfase}})$$

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot (t - t_{\text{desfase}}) + \frac{1}{2} a \cdot (t - t_{\text{desfase}})^2$$

Finalmente, se generan ecuaciones que describen de manera precisa el movimiento en función del tiempo, adaptadas a los resultados experimentales.

5. Si estás tratando de determinar el trabajo realizado, ¿por qué crees que queremos ver una gráfica de Fuerza vs. Posición?

Al tratar de determinar el trabajo realizado en un experimento físico, es fundamental entender cómo la fuerza varía con la posición, ya que el trabajo se define como la integral de la fuerza a lo largo de un desplazamiento. Matemáticamente, el trabajo realizado W por una fuerza F aplicada a lo largo de un desplazamiento Δx está dado por la siguiente expresión:

$$W_{total} = \int_{x_0}^{x_f} F_{neta} dx$$

Donde:

- W es el trabajo realizado.
- F es la fuerza aplicada en función de la posición.
- x_0 y x_f son las posiciones inicial y final, respectivamente.

Esto significa que si tenemos una gráfica de la fuerza aplicada en función de la posición, el trabajo realizado es simplemente el área bajo la curva de esa gráfica. Si la fuerza es constante, el trabajo se puede calcular como el producto de la fuerza por el desplazamiento. Sin embargo, si la fuerza varía con la posición, la gráfica proporciona una manera visual de calcular el trabajo al medir el área bajo la curva.

En resumen, la gráfica **Fuerza vs. Posición** es útil porque:

1. Nos permite visualizar cómo cambia la fuerza a lo largo del desplazamiento.
2. El área bajo la curva nos da directamente el trabajo realizado por la fuerza.

Este enfoque es fundamental para poder calcular el trabajo de manera precisa en situaciones donde la fuerza no es constante.

6. ¿Cuáles son otras formas de energía mecánica? ¿Por qué crees que podemos ignorar estas otras formas de energía en este experimento?

Además de la **energía cinética**, que es la forma de energía que hemos estado considerando en este experimento, existen otras formas importantes de **energía mecánica**:

- i. **Energía potencial**: Esta energía está asociada con la posición de un objeto en un campo de fuerzas, como el campo gravitacional. Por ejemplo, un objeto elevado sobre el suelo tiene energía potencial gravitatoria. La energía potencial también se encuentra en sistemas elásticos, como los resortes, donde la deformación de un resorte almacenaría energía potencial elástica.
- ii. **Energía potencial elástica**: En sistemas que involucran resortes, la energía potencial elástica está relacionada con la compresión o estiramiento de un resorte. La ecuación para

esta energía es $E_p = \frac{1}{2}kx^2$, donde k es la constante del resorte y x es la distancia de deformación.

En el contexto de este experimento, hemos centrado la atención en el trabajo realizado y la energía cinética, debido a que la principal forma de energía involucrada es la que se transfiere como resultado del trabajo realizado por la fuerza sobre el objeto. En muchos experimentos de laboratorio, como este, los efectos de las otras formas de energía, como la energía potencial o la energía potencial elástica, pueden ser despreciables si no están directamente involucradas en el sistema bajo estudio.

7. ¿Se ha conservado la energía mecánica, durante el experimento? Explique dos ejemplos de fuerzas conservativas.

La energía mecánica se conserva si no hay fuerzas no conservativas (como el rozamiento) que disipen energía del sistema. En este experimento, la conservación de la energía mecánica dependería de si todas las fuerzas involucradas son conservativas, es decir, si no hay pérdida de energía en forma de calor u otras formas de energía no recuperables.

En este caso, no se ha conservado completamente la energía mecánica debido a la presencia de fuerzas no conservativas, como el rozamiento entre el objeto en movimiento y la superficie de la pista, así como la fricción en los componentes del sistema (por ejemplo, el resorte y el sensor de fuerza). Estas fuerzas provocan una pérdida de energía en forma de calor, lo que reduce la cantidad total de energía mecánica disponible en el sistema.

Ejemplos de fuerzas conservativas:

Fuerza gravitatoria: La fuerza gravitatoria es una fuerza conservativa. En un sistema donde solo actúa la gravedad, como un objeto cayendo libremente, la energía potencial gravitatoria se convierte completamente en energía cinética, sin pérdidas. La energía mecánica total (suma de la energía cinética y la energía potencial) permanece constante durante todo el movimiento.

Fuerza elástica: La fuerza ejercida por un resorte es otra fuerza conservativa. En este caso, cuando el resorte se comprime o estira, la energía potencial elástica se convierte en energía cinética y viceversa, dependiendo del movimiento del objeto conectado al resorte. Mientras el sistema se mantenga ideal (sin fricción u otras pérdidas), la energía mecánica total se conserva.

8. Analice dos situaciones aplicadas a su programa de estudios sobre el teorema de trabajo y energía.

Situación 1: Estudio de un péndulo simple

El péndulo simple es un sistema idealizado que consta de una masa suspendida de un hilo sin masa que oscila bajo la influencia de la gravedad. En este sistema, el teorema de trabajo y energía se puede aplicar para entender cómo se transforma la energía entre las formas cinética y potencial a lo largo de un ciclo de oscilación.

Energía potencial gravitatoria: Cuando el péndulo alcanza su máxima altura, su energía es completamente potencial. La energía potencial gravitatoria está dada por la expresión:

$$E_o = mgh$$

donde m es la masa del péndulo, g es la aceleración debido a la gravedad, y h es la altura alcanzada.

Energía cinética: Cuando el péndulo pasa por su posición de equilibrio (en el punto más bajo de su trayectoria), su energía es completamente cinética. La energía cinética en ese momento está dada por:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

donde v es la velocidad del péndulo.

En este caso, el teorema de trabajo y energía predice que la energía total del sistema (energía cinética + energía potencial) debe mantenerse constante, siempre que no haya fuerzas no conservativas (como el rozamiento del aire o la fricción en el punto de suspensión).

Situación 2: Análisis de un sistema de resortes y masa

Otro ejemplo relevante para el estudio del teorema de trabajo y energía es el análisis de un sistema de masa y resorte, en el que una masa está conectada a un resorte que se comprime o se estira. Este sistema es un claro ejemplo de cómo se puede aplicar el teorema para entender el intercambio de energía entre la energía potencial elástica del resorte y la energía cinética de la masa.

Energía potencial elástica: Cuando el resorte está comprimido o estirado, la energía potencial elástica está almacenada en el sistema. La energía potencial elástica está dada por:

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

donde k es la constante del resorte y x es la deformación (compresión o elongación) del resorte.

Energía cinética: A medida que el resorte se estira o se comprime y la masa comienza a moverse, parte de la energía potencial elástica se convierte en energía cinética de la masa. La energía cinética de la masa está dada por:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

m es la masa y v es la velocidad de la masa.

En este sistema, el teorema de trabajo y energía nos permite afirmar que la energía mecánica total (energía cinética más energía potencial elástica) se conserva si no existen fuerzas no conservativas. La energía se intercambia continuamente entre las formas cinética y potencial a medida que el resorte se deforma y la masa se mueve.

1. CONCLUSIONES

Mediante la realización de este experimento, se logró confirmar y validar el Teorema de Trabajo y Energía, el cual establece que el trabajo realizado sobre un objeto es igual al cambio en su energía cinética. A través de la observación de los resultados experimentales, pudimos comprobar que, en la mayoría de los casos, la variación en la energía cinética estaba estrechamente relacionada con el trabajo calculado a partir de la fuerza aplicada sobre el sistema. Esto respalda la validez de la ecuación del teorema, demostrando que el trabajo total realizado en un objeto provoca un cambio en su energía cinética, tal como se predice teóricamente.

Durante el experimento, se pudo observar que las fuerzas no conservativas, como el rozamiento, juegan un papel importante al afectar la exactitud de los resultados experimentales. A pesar de que el teorema de trabajo y energía establece la conservación de la energía en sistemas ideales, las pérdidas de energía debidas a la fricción y otras fuentes de disipación impidieron que la energía mecánica total se mantuviera constante durante todo el proceso. Sin embargo, estas pérdidas fueron estimadas y discutidas dentro de los márgenes de error aceptables, lo que subraya la importancia de tener en cuenta estas fuerzas al realizar experimentos prácticos.

El análisis de los datos obtenidos de la gráfica de Fuerza vs. Posición mostró una relación directa entre el área bajo la curva y el trabajo realizado, lo que corroboró la metodología utilizada para calcular el trabajo en el experimento. La correcta interpretación de esta gráfica, al ser utilizada como una herramienta para obtener el trabajo realizado, destacó su relevancia en experimentos similares donde la fuerza no es constante a lo largo del desplazamiento del objeto.

Además, el comportamiento observado en las variaciones de energía cinética y trabajo se ajustó a las predicciones teóricas en la mayoría de los intervalos de tiempo, con pequeñas discrepancias que se

pueden atribuir a la imprecisión en la medición de los parámetros, como la fuerza y el desplazamiento, así como a los errores experimentales inherentes al equipo utilizado, como la precisión de los sensores. Las diferencias observadas se mantuvieron dentro de un margen de error razonable, lo que refuerza la fiabilidad del modelo teórico aplicado al sistema.

En resumen, el experimento validó de manera efectiva el Teorema de Trabajo y Energía en un contexto práctico, demostrando que el trabajo realizado sobre un sistema se traduce en un cambio en su energía cinética, mientras que factores como la fricción y los errores de medición deben ser considerados para una interpretación precisa de los resultados. La consistencia entre los resultados teóricos y experimentales, a pesar de las pequeñas discrepancias, confirma la aplicabilidad y la robustez del teorema en escenarios reales, y proporciona una base sólida para continuar explorando las relaciones entre trabajo y energía en sistemas más complejos.

2. REFERENCIAS

1. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2017). Fundamentos de Física. Vol. 1. Editorial Médica Panamericana
2. García, M. (2015). Física del Movimiento: Teoría y Práctica. Editorial Universitaria.
3. Martínez, P. (2018). Análisis Experimental del Movimiento Parabólico. Revista de Física Aplicada 10(2), 45-62.
4. R.A. Serway, J.W. Jewett. Física para ciencias e ingenierías volumen I. Cengage Learning Editores. México, 2008.
5. S. Zemansky. Física universitaria con física moderna. Pearson educación de México S.A de CV, 2019.
6. Serway, R., & Jewett, J. (2014). *Física para ciencias e ingeniería*. Cengage Learning.
7. Sears, F., & Zemansky, M. (2012). *Física universitaria*. Pearson Educación.

