

Conservación de Energía

1 Objetivo

Verificar experimentalmente la ley de conservación de energía. Calcular la energía potencial gravitacional y cinética, estimar la disipación de energía por fricción de un carrito deslizando bajo una pista utilizando mediciones de posición y velocidad.

2 Teoría

La energía potencial gravitacional de un cuerpo por respecto a una superficie plana (cercano a la superficie terrestre) esta dado por la expresión

$$U_g = mgh$$

donde m es la masa de un cuerpo, g es el valor absoluto del campo gravitacional (9.8 N/kg), h es la altura del cuerpo sobre la superficie. La energía cinética de un cuerpo en movimiento es dado por

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

donde m es la masa y v es la rapidez del cuerpo en movimiento.

La energía mecánica del sistema esta definida por

$$E_{mec} = E_k + U_g$$

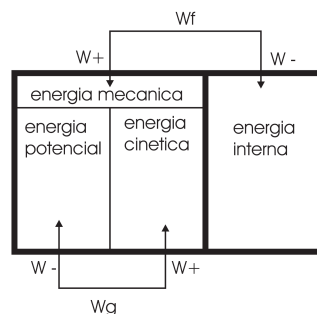
La energía mecánica es una energía macroscopica.

Cuando hay fricción en el sistema siempre hay energía mecánica que se convierte en calor o energía interna, esa energía disipada por fricción esta dado por

$$|W_f| = F_f \Delta r = \Delta E_{ter}$$

donde F_f es la fuerza de fricción entre dos objetos en contacto y Δr es la distancia recorrida por el cuerpo mientras que hay fricción. La energía interna es microscopica.

El diagrama siguiente representa la energía que tiene un cuerpo.



La ley de conservacion de energía dice que la energía total no cambia, entonces tenemos

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{mec} + \Delta E_{ter} = 0$$

$$E_{tot} = E_{mec} + E_{ter} = \text{constante}$$

En un sistema donde no hay fuerzas disipativas como fricción, hay conservación de energía mecánica.

$$\Delta E_{mec} = \Delta E_k + \Delta U_g = 0$$

$$E_{mec} = E_k + U_g = \text{constante}$$

3 Procedimiento

1. Montar el siguiente arreglo para medir la distancia que corre el carrito 'Hot Wheels' sobre una pista 'Hot Wheels' horizontal en función de una rapidez inicial.



- | n | d (m) | v_i (m/s) |
|----|-------|-------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |
| 12 | | |

-
- Diagram illustrating the calculation of work and energy for a particle moving along a potential energy curve. The curve is shown with points 1 through 7 marked. A dashed line indicates the reference level $y=0$. Annotations include:
- calcular $\Delta W(F_f)$ por cada desplazamiento (calculate $\Delta W(F_f)$ for each displacement) - points to the distance Δr between points 3 and 4.
 - calcular U_g , KE y ME a cada posición (calculate U_g , KE and ME at each position) - points to point 4.

4. Medir la masa del carrito.
5. Dejar deslizar el carro desde el punto mas alto y del reposo. Asegurar que la pista está bien alineada. Hacer varias pruebas.
6. Tomar un video de la trayectoria.

- Analizar el video utilizando 'Tracker' y determinar la posición x, posición y, rapidez v, ángulo θ_v y copiar la data en excel. Llenar la siguiente tabla con las primeras cuatros filas de 'Tracker' para ser firmada por el profesor.

x (m)	y (m)	v (m/s)	θ_v

Incluir una muestra de su datos de 'Tracker' en una tabla en la sección de datos.

- También tienen que buscar el radio de curvatura R en las secciones de la pista que son arcos de círculos utilizando la herramienta de 'circle fitter'y anotar los radios de curvatura y que posiciones del carrito estan en cada arcos.

circulos	R (m)	pasos incluidos en el arco
círculo A		
círculo B		
círculo C		
círculo D		
círculo E		
círculo F		
círculo G		
círculo H		
círculo I		
círculo J		
círculo K		

- Tomar un 'screen capture' de su ventana de 'Tracker' y incluir en la sección de datos.

4 Interpretación de los resultados

- Utilizar sus datos de rapidez inicial y distancia recorrida del carrito 'Hotwheels' y graficar v_i^2 versus d con una regresión lineal para determinar el coeficiente de fricción cinético en las ruedas del carrito y/o entre el carrito y la pista. d es la magnitud del desplazamiento o distancia que un carrito 'Hotwheels' corrió sobre una pista de 'Hotwheels' horizontal antes de parar ($v_f = 0$). Si la fuerza neta consiste de la fuerza de fricción donde $F_f = \mu mg$ se puede reescribir la tercera ecuación de la cinemática,

$$(v_i)^2 = 2\left(\frac{F_f}{m}\right)\Delta x = 2\mu g d \rightarrow y = 2\mu g x + b$$

- Determinar la magnitud del desplazamiento $|\Delta r|_i$ entre cada posición sucesivas (i y $i-1$) del carrito y la distancia recorrida d_i del carrito de su video. La i son los 'steps' según Tracker. Dar un ejemplo no trivial de su cálculo.

$$|\Delta r|_0 = 0$$

$$|\Delta r|_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$$

$$d_i = \sum_0^i |\Delta r|_i$$

- Calcular la energía potencial gravitacional, cinética, mecánica por cada posición (i) del carrito. Dar un ejemplo no trivial de su cálculo. Recuerde que: $U_g = mgy$, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ y $E_{mec} = U_g + E_k$.
- Por cada desplazamiento calcular la energía disipada por la fricción $\Delta W(F_f)_i = F_f |\Delta r|_i$, recuerda que $F_f = \mu N$ y que si hay un movimiento curvilíneo tiene que tomar en cuenta el efecto de la fuerza centrípeta sobre la fuerza normal. $N = mg \cos(\theta) + \frac{mv^2}{R}$ donde R es el radio de curvatura promedio de la pista durante el desplazamiento. Recuerde que si el círculo dando la R esta encima de la pista la R es positiva y si esta debajo de la pista la R es negativa. Cuando la pista esta recta utilizar un radio de curvatura igual a 1E99. Dar un ejemplo no trivial de su cálculo.
- Calcular la energía disipada por la fricción total por cada posición, osea, hacer una suma acumulativa de la energía previamente calculada. Dar un ejemplo no trivial de su cálculo.

$$W(F_f)_i = \sum_0^i \Delta W(F_f)_i$$

- Calcular la energía total del carrito en cada punto indicado. Dar un ejemplo de su cálculo. Hacer una gráfica de E_{mec} , $W(F_f)_i$, y E_{tot} , versus distancia recorrida.
- Utilizando Excel, promediar sus energías totales medidas en cada posición y buscar el porcentaje de diferencia entre cada energía total individual y el promedio. Se espera un porcentaje de diferencia menor a 15% para convalidar la ley de conservación de energía. ¿Cuánto fue el porcentaje de diferencia máximo?
- ¿Estás convencido(a) de la validez de la ley de conservación de energía?
- A quitar el efecto de la fuerza centrípeta sobre la fuerza normal, copiar su columna del radio de curvatura de Excel y copiarlo en otra parte y modificar su columna previa con toda celda con 1E99, ¿como cambia la curva de la energía total? ¿En su opinión es esencial considerar esa fuerza centrípeta?
- Incluir una muestra (no mas de 10 líneas) de su hoja de Excel.