

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

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

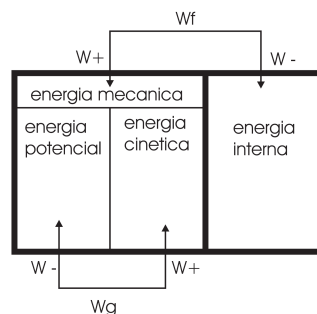
La energía mecánica es una energía macroscopica.

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 energí dice que la energí total no cambia, entonces tenemos

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

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

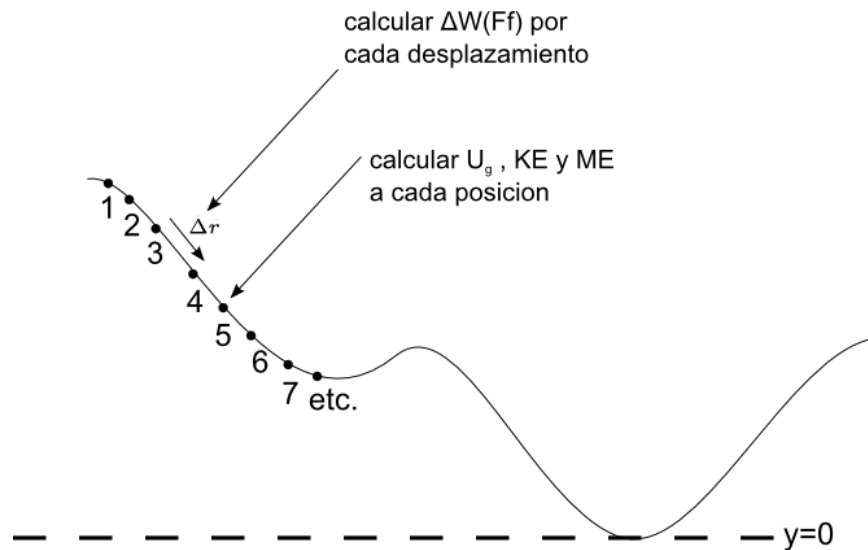
En un sistema donde no hay fuerzas disipativas como fricción, hay conservación de energí mecánica.

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

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

3 Procedimiento

1. Montar la pista 'Hot Wheels' como indicado por el instructor y la figura siguiente.



2. Medir la masa del carrito.
3. Dejar deslizar el carro desde el punto mas alto y del reposo. Asegurar que la pista está bien alineada. Hacer varias pruebas.
4. 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 incluir en su trabajo.

x (m)	y (m)	v (m/s)	θ_v

- 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		

- Tomar un 'screen capture' de su ventana de 'Tracker' y incluir en su trabajo.

4 Interpretación de los resultados

- Utilizar la siguiente tabla de valor y graficar v_i^2 vs d . d es la 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.

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

- . Utilizar esa relación y una regresión lineal de la gráfica para determinar el coeficiente de fricción cinético entre el carrito y la pista.

d (m)	v_i (m/s)
0.220	0.519
0.280	0.558
0.675	0.834
1.095	1.032
1.415	1.208
1.661	1.281
1.941	1.397
1.834	1.343

- 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.

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

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

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

Utilizar lo siguiente como guía:

```
=SQRT((C4-C3)^2+(D4-D3)^2)
=H3+G4
```

Copiar una fila de Excel y incluirlo en su trabajo.

Calcular la energía potencial gravitacional, cinética, mecánica por cada posición (i) del carrito. Recuerde que: $U_g = mgy$, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ y $E_{mec} = U_g + E_k$. Utilizar lo siguiente como guía:

```
=0.03049*9.785*D4
=1/2*0.03049*E4^2
=I4+J4
```

Copiar una fila de Excel y incluirlo en su trabajo.

3. 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. Utilizar lo siguiente como guía:

```
1E+99
=0.03049*9.785*COS(F4*PI()/180)+0.03049*E4^2/L4
=$F$1*M4
=N4*G4
```

Copiar una fila de Excel y incluirlo en su trabajo.

Calcular la energía disipada por la fricción total por cada posición, osea, hacer una suma acumulativa de la energía previamente calculada.

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

Utilizar lo siguiente como guía:

```
=P3+04
```

Copiar una fila de Excel y incluirlo en su trabajo.

4. Calcular la energía total del carrito en cada punto indicado. Utilizar lo siguiente como guía:

=K4+P4

Copiar una fila de Excel y incluirlo en su trabajo. 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?

¿Están convencidos de la validez de la ley de conservación de energía?