

Disipación de energía mecánica

Objetivos

El estudiante medirá la energía que se pierde por la acción de la fuerza de rozamiento. Determinar los cambios de la energía cinética de un móvil en presencia de fuerzas de rozamiento.

Determinar la pérdida de energía mecánica debida a la fuerza de rozamiento.

Medir el coeficiente de fricción cinético.

Introducción:

Se dice que una fuerza es conservativa cuando el trabajo realizado por dicha fuerza para mover un cuerpo no depende de la trayectoria seguida (la fuerza gravitacional es una fuerza de este tipo). En este caso cualquier cambio de la energía potencial debe ser compensado con un cambio igual y opuesto de la energía cinética, como se vio en el experimento Conservación de la Energía Mecánica.

Cuando el trabajo es únicamente función de las coordenadas, se puede definir una función de energía potencial tal que el trabajo realizado sea igual a la disminución de la energía potencial.

$$W_c = -\Delta U$$

Donde W_c es el trabajo conservativo y $\Delta U = U_f - U_i$ es el cambio de la energía potencial.

Por otro lado, cuando el trabajo realizado por una fuerza para mover un cuerpo sí depende de la trayectoria, se dice que esta fuerza es no conservativa o fuerza disipativa (la fuerza de fricción o de rozamiento es una fuerza de este tipo). En tal caso, el teorema trabajo-energía se expresa como

$$W_c + W_{nc} = \Delta K$$

Donde W_{nc} es el trabajo realizado por las fuerzas no conservativas.

Como $W_c = -\Delta U$ se tiene

$$W_{nc} = \Delta K + \Delta U = (K_f - K_i) + (U_f - U_i) = (K_f + U_f) - (K_i + U_i)$$

Pero la energía mecánica $E = K + U$. Por lo tanto

$$W_{nc} = E_f - E_i$$

Esto significa que el trabajo realizado por las fuerzas no conservativas es igual al cambio de la energía mecánica total del sistema.

En el presente experimento, se estudiará el movimiento de un móvil que se desliza sobre un plano inclinado con fricción. El trabajo realizado por la fuerza de gravedad (conservativa) está dado por $W_c = W_g = (mg \text{sen} \theta)d$. Asimismo, el trabajo de la fuerza de fricción esta dado por

$$W_{nc} = f_k d \cos 180^\circ = -f_k d$$

Donde $mg \text{sen} \theta$ es la componente de la fuerza de gravedad en la dirección de movimiento del móvil, f_k es la fuerza de fricción cinética y d es la distancia recorrida sobre el riel. Combinando las dos últimas ecuaciones se obtiene que

$$E_f - E_i = -f_k d$$

donde

$$f_k = \mu_k N$$

tal como se ilustra en la figura 1. μ_k es el coeficiente de fricción cinético y N es la fuerza normal dada por $N = mg \cos \theta$.

En el caso del objeto que se desliza hacia abajo sobre el plano inclinado, a partir de la segunda ley de Newton, se obtiene

$$N - mg \cos \theta = 0$$

$$ma = F_g - \mu_k N$$

donde $F_g = mg \text{sen} \theta$. Despejando el coeficiente de fricción μ_k , se obtiene

$$\mu_k = \frac{F_g - ma}{mg \cos \theta}$$

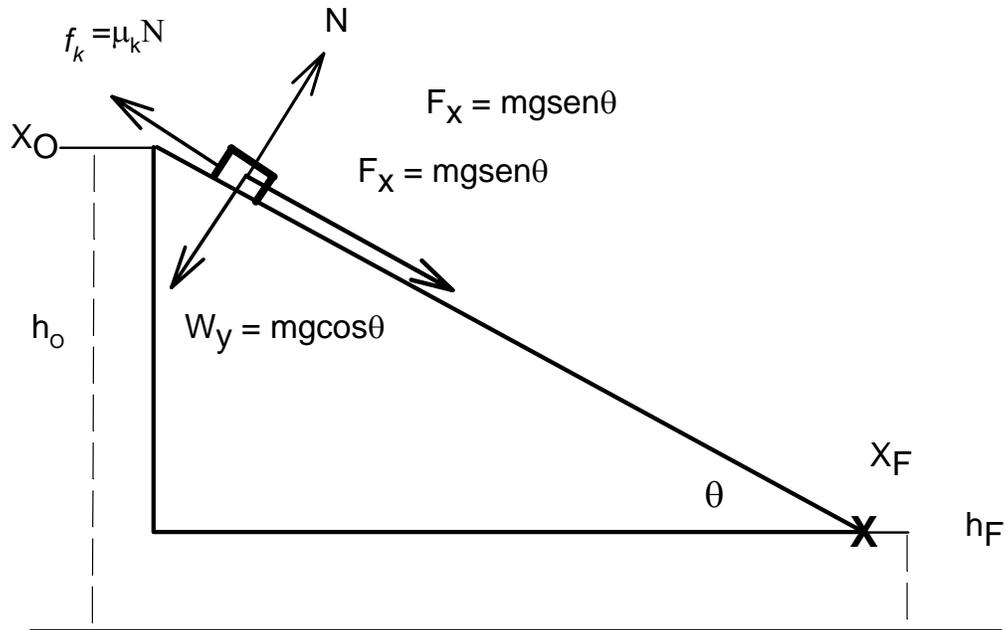


Figura 1. Diagrama de fuerzas en plano inclinado con fricción.

Equipo y materiales

1. Riel de aire.
2. Cinta de papel registro.
3. Cinta adherente.
4. Generador de chispa.
5. Móvil para el riel.
6. Balanza con resolución de un gramo y que pueda medir hasta un kilogramo.
7. Transportador con plomada.
8. Regla graduada.

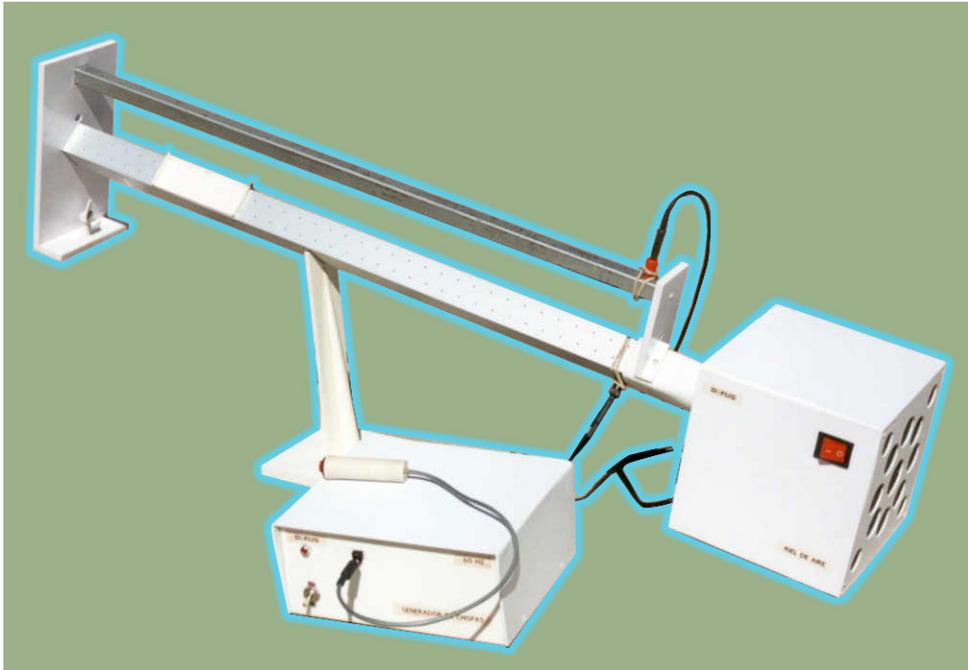


Figura 2. Montaje experimental.

Procedimiento

1. Inclinar el riel de aire un ángulo de 50 grados, aproximadamente, medir el ángulo cuidadosamente y anotar el resultado en la tabla I.
2. Con la balanza, medir la masa del móvil y anotar el resultado en la tabla I.
3. Cortar una tira de papel registro de aproximadamente 100 cm de longitud y adherirla en la barra superior del riel, desde la parte más alta.
4. Conectar el generador de chispas a la toma de corriente.
5. Conectar la salida del generador de chispas a las terminales correspondientes en el riel de aire.
6. Colocar el móvil en la parte superior del riel de aire y mantenerlo allí mediante un trozo de madera o cualquier otro objeto aislante.
7. Accionar el disparador del generador de chispas, y soltar el móvil con el riel sin aire.

Peligro: Las chispas son producidas por voltajes muy altos. Tenga cuidado de no tocar la salida del generador. Utilice aislantes.

8. Interrumpir la energía eléctrica a todo el equipo.
9. Retirar la cinta de papel registro y medir la posición de los puntos a lo largo de la dirección del movimiento.
10. Con los datos de la posición con respecto al tiempo y con ayuda del applet para el cálculo de velocidad instantánea, obtener los valores de la velocidad del móvil para todos los puntos marcados en el papel registro.

11. Utilizando el applet de regresión lineal obtener el valor de la aceleración del móvil ajustando una recta a la gráfica de la velocidad instantánea contra el tiempo. Anotar el valor de la aceleración en la tabla I.
12. Utilizando una hoja electrónica, copiar en la hoja los valores de la posición y la velocidad en todos los puntos del papel registro.
13. En la hoja electrónica, obtener la energía cinética (K) del móvil en todos los puntos.
14. Utilizando la misma hoja electrónica, obtener la altura del móvil respecto al punto final ($h = (x_f - x_k) \text{sen} \theta$ con $k = 0, 1, 2, \dots$).
15. En la hoja electrónica, evaluar la energía potencial en todos los puntos con respecto al punto final ($U = mgh$).
16. En la hoja electrónica obtener la energía mecánica ($E = K + U$) para todos los puntos.
17. Utilizando la segunda ley de Newton ($F = ma$) calcular la fuerza de rozamiento dada por $f_k = mg \text{sen} \theta - ma$, donde m es la masa del móvil, θ es el ángulo de inclinación y a es el valor de la aceleración obtenida en el paso 11. Anote su resultado en la tabla I.
18. En la hoja electrónica, obtener el trabajo de la fuerza de fricción $W_{nc} = -f_k d = -f_k x$, donde x es la posición del móvil (columna 1 de la tabla II).
19. En la hoja electrónica obtener la suma de la energía mecánica más la energía disipada por rozamiento ($E + W_{nc}$) para todos los puntos.
20. Copiar la hoja electrónica en su reporte y llamarla tabla II con nombres convenientes para los encabezados.
21. Graficar en una misma figura la energía mecánica total $E = K + U$, el trabajo realizado por la fuerza de fricción W_{nc} y la suma de $E + W_{nc}$ como función de la posición.

Resultados

Tabla I	
Angulo de inclinación	
Masa del móvil (kg)	
Aceleración (m/s^2)	
Fuerza de fricción (N)	
Coeficiente de fricción	

Tabla II								
Tiempo (1/60s)	x (m)	v (m/s)	h (m)	K (J)	U (J)	$E=K+U$ (J)	W_{nc} (J)	$E+W_{nc}$ (J)
0								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								

Tabla III	
Energía	Valores (J)
K_f	
K_i	
$U_i = mgh$	
$U_f = mgh_0$	
$K_f + U_f$	
$K_i + U_i$	
$E_f - E_i$	
W_{nc}	

Preguntas

1. En este experimento, ¿en qué se utilizó la energía potencial gravitacional que el cuerpo (móvil) tenía en la posición inicial?
2. ¿Qué porcentaje de energía mecánica se disipa por la fuerza de fricción?
3. En este experimento, ¿Cómo puede reducir la disipación de energía por rozamiento?
4. Utilizando la ecuación $\mu_k = \frac{f_k}{N} = \frac{f_k}{mg \cos \theta}$, calcular el coeficiente de fricción dinámico.