

## Tema 11 Trabajo mecánico y energía cinética

### Introducción

El **Trabajo (W)** es una forma de **energía**, que produce un desplazamiento (**X**) de un objeto, y en consecuencia movimiento, en este tema se analizará con detalle estos conceptos de la física que son ampliamente aplicados en la vida diaria.

### 11.1 Trabajo realizado por una fuerza constante

El concepto de trabajo se puede analizar con base a la segunda Ley de Newton, para un movimiento horizontal, como se describe a continuación para el cálculo de la fuerza horizontal  $F_x$ :

$$F_x = ma_x$$

en donde **m** es la masa del objeto y  $a_x$  es la aceleración a lo largo del eje X que adquiere, y por otro lado, esta aceleración se puede expresar en función de las velocidades inicial ( $v_o$ ) y final ( $v_f$ ), esto es

$$a_x = \frac{v_f^2 - v_o^2}{2X}$$

en donde **X** es la distancia recorrida por el objeto.

Al sustituir esta ecuación en la segunda Ley de Newton se obtiene:

$$F_x X = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_o^2$$

En donde el término  $F_x X$  define al concepto de trabajo realizado por la fuerza horizontal, y los otros términos definen al concepto de energía cinética.

La ecuación anterior se puede generalizar como sigue:

$$W_{neto} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_o^2$$

Las unidades del trabajo son Joules (J), y un Joule equivale a  $1\text{N}\cdot\text{m}$ .

La ecuación que se conoce como el **Teorema del trabajo y la energía** establece que el trabajo neto o resultante aplicado a un cuerpo, produce un cambio en la energía cinética de dicho cuerpo. En caso que la velocidad sea constante, el trabajo neto debe ser cero. En la sección 11.3 se analizará con más detalle este teorema con una aplicación.

El concepto de trabajo por una fuerza constante se puede generalizar con la siguiente ecuación

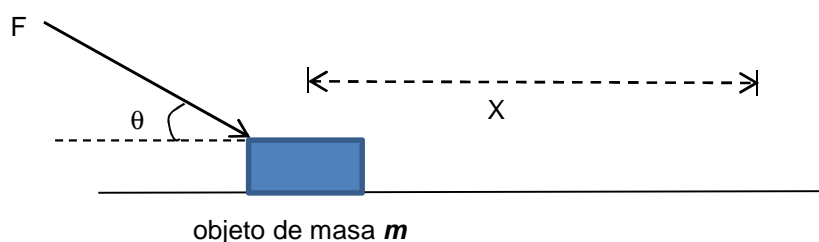
$$W = F_x X = F X \cos \theta$$

en donde  $\theta$  es el ángulo formado entre la fuerza F con el desplazamiento X.

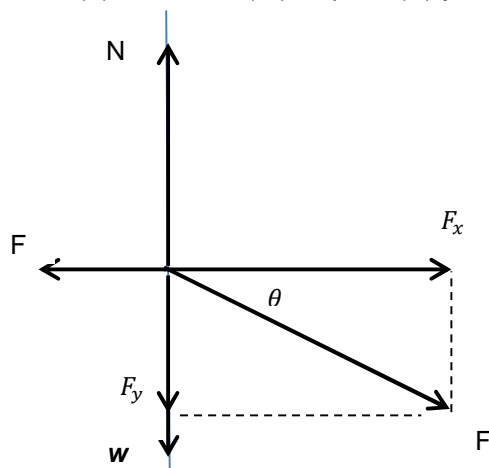
A continuación se muestra un ejemplo de aplicación de la ecuación anterior:

### Ejemplo de trabajo y energía:

Una fuerza de 60 N se aplica a un ángulo de 37° con la horizontal, sobre un objeto de 4 kg, como se muestra en la figura, en donde el coeficiente de fricción cinética entre el objeto y el plano es de 0.3 determinar los trabajos que produce cada fuerza, considerando que habrá un desplazamiento de 5 m.



en primer lugar debe dibujarse el diagrama de cuerpo libre que muestre todas las fuerzas que actúen sobre la masa, siendo estas la fuerza aplicada (F), la fricción (Fr), el peso (w) y la normal (N):



en segundo lugar se debe calcular el valor de la normal y luego de la fricción:

para determinar la normal se hace un análisis en el eje y, esto es:

$$\begin{aligned}\sum F_Y &= 0 \\ N - F_y - w &= 0 \\ F_y &= F \sin 37^\circ = (60)(0.6) = 36 \text{ N} \\ N &= F_y + w = 36 + (4)(10) = 76 \text{ N}\end{aligned}$$

en donde se consideró el valor de la gravedad como  $10 \text{ m/s}^2$ , para fines prácticos, y ahora ya se puede determinar el valor de la fuerza de fricción:

$$f_r = \mu N = (0.3)(76) = 22.8 \text{ N}$$

en tercer lugar ya puede calcular los valores de los diferentes trabajos que realiza cada fuerza, aplicando la ecuación de trabajo, y en la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tipo y valor de fuerza	ángulo	trabajo
Fuerza aplicada: $F=60 \text{ N}$	$37^\circ$	$W_1=(60)(5) \cos(37^\circ)=240 \text{ J}$
Fricción: $F=22.8 \text{ N}$	$180^\circ$	$W_2=(22.8)(5) \cos(180^\circ)=-114 \text{ J}$
Peso: $w=40 \text{ N}$	$270^\circ$	$W_3=(40)(5) \cos(270^\circ)=0$
Normal: $N=76 \text{ N}$	$90^\circ$	$W_4=(76)(5) \cos(90^\circ)=0$

Nótese que el peso y la normal no producen trabajo porque estas fuerzas están orientadas en el eje Y, mientras que el desplazamiento es en el eje X. Por otro lado, de la fuerza aplicada y de la fricción se puede obtener el **trabajo resultante** llamado también **trabajo neto**, esto es:

$$W_{NETO} = \sum W_n = W_1 + W_2 = 240 - 114 = 126 \text{ J}$$

## 11.2 Energía cinética

De la ecuación del trabajo y la energía de la sección anterior, el término  $\frac{1}{2}mv^2$  se define como la **energía cinética** del objeto, que es energía de movimiento, la cual depende de la masa, y en forma cuadrática de la velocidad, esto significa que si la velocidad aumenta al doble, por ejemplo, entonces la energía cinética aumenta al cuádruple, o bien, si la velocidad disminuye a la mitad, entonces la energía cinética disminuye a la cuarta parte.

## 11.3 Teorema del trabajo y la energía cinética

Continuando con el teorema del trabajo y la energía cinética, cuya ecuación es:

$$W_{neto} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_o^2$$

el teorema establece que: “**El trabajo neto, diferente de cero, aplicado a un objeto le producirá a éste, un cambio en su energía cinética**”

Continuando con el ejemplo de la sección 11.1, considérese que el objeto tiene una velocidad inicial de 7 m/s, determinar la velocidad final:

Se obtuvo que el trabajo neto es de 126 J, por lo que al sustituir en la ecuación del teorema del trabajo y la energía se obtiene:

$$126 = \frac{1}{2}(4)v_f^2 - \frac{1}{2}(4)(7)^2, \quad \text{despejando se obtiene: } v = 10.58 \text{ m/s}$$

Calculemos ahora las correspondientes energías cinéticas inicial y final:

$$K_o = \frac{1}{2}mv_o^2 = \frac{1}{2}(4)(7)^2 = 98 \text{ joules}$$

$$K_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}(4)(10.58)^2 = 224 \text{ joules}$$

e) El cambio en la energía cinética es:

$$\Delta K = K_f - K_o = 126 \text{ joules}$$

Por lo que se concluye que este cambio en la energía cinética del objeto corresponde al trabajo neto, cumpliéndose de esta manera el Teorema del trabajo y la energía.

## 12. Energía potencial y conservación de la energía mecánica

### Introducción

Una vez que en el tema anterior se estudiaron los conceptos de trabajo, energía y el teorema del trabajo y la energía, se analizará ahora el principio de conservación de la energía, estudiando otros tipos de energía.

### 12.1 Energía potencial

**Energía potencial (U)**, es un tipo de energía que se debe a la posición vertical de un objeto con respecto a un nivel de referencia. Esto es debido a que esta energía corresponde al **trabajo** realizado por la **fuerza gravitacional**, que es el peso del objeto, y solamente actúa en la dirección de la aceleración de la gravedad, por lo que se calcula como:

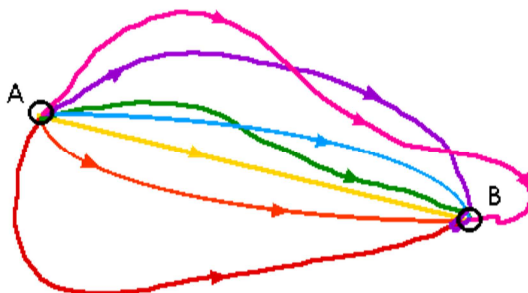
$$W = FY \cos(0^\circ) = (mg)(h), \quad \text{por lo tanto: } U = mgh$$

en el caso anterior, se está considerando que el vector desplazamiento  $\mathbf{Y}=\mathbf{h}$  es de arriba hacia abajo, a favor de la dirección del vector peso (mg), pero en el caso de que el desplazamiento sea de abajo hacia arriba, el vector desplazamiento tiene dirección contraria al vector peso, por lo que el ángulo entre estos dos vectores es de  $180^\circ$ , por lo que el trabajo de la fuerza gravitacional es negativo, esto es:

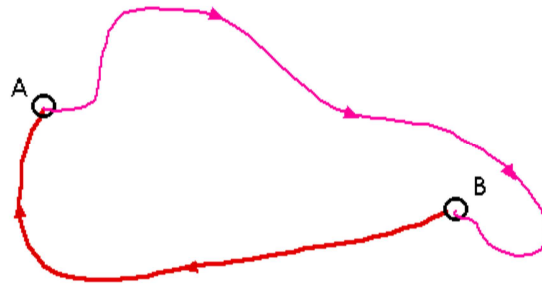
$$W = FY \cos(180^\circ) = -mgh$$

### 12.2 Fuerzas conservativas y fuerzas no conservativas

Una fuerza es **conservativa** si el trabajo que realiza al desplazarse de punto A al punto B, es **independiente de la trayectoria** que siga entre estos dos puntos, es decir, el valor del trabajo debe ser siempre el mismo aunque utilice diferentes trayectorias, como se muestra en la siguiente figura:



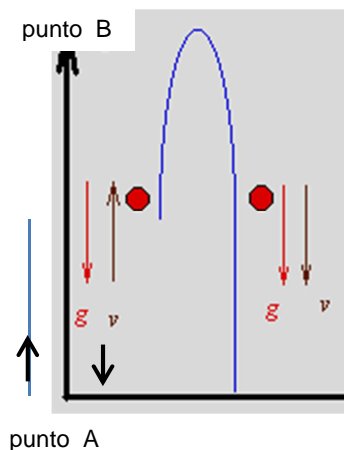
en la figura anterior, para todas las trayectorias, el desplazamiento del punto A al punto B siempre será el mismo, y es el que está dibujado con la línea recta de color amarillo. Como caso particular se tiene el hecho de una **trayectoria cerrada**, es decir que se vuelve a llegar al punto de partida, como se muestra en la siguiente figura:



en este caso de una **trayectoria cerrada**, si la **fuerza es conservativa**, el **trabajo** realizado por esta fuerza **debe ser cero**. Esta afirmación puede emplearse para determinar si una fuerza es conservativa o no lo es, como se podrá observar en el siguiente ejemplo.

#### Ejemplo de trayectoria cerrada de fuerza conservativa: peso o fuerza gravitacional

Desde un punto A se lanza verticalmente hacia arriba un objeto de masa **m**, que alcanza una altura **h**, llegando hasta el punto B, y posteriormente regresa a su punto de partida, como se muestra en la siguiente figura:



primeramente para la trayectoria de A→B, el trabajo es:

$$W_{AB} = FY \cos(180^\circ) = -mgh$$

posteriormente para la trayectoria de B→A, el trabajo es:

$$W_{BA} = FY \cos(0^\circ) = mgh$$

por lo que el trabajo total o neto es:

$$W_{neto} = -mgh + mgh = 0$$

confirmando que la fuerza gravitacional (peso de un objeto) es una fuerza conservativa ya que el trabajo en toda su trayectoria cerrada (de ida y de vuelta) es cero.

Una fuerza es **NO conservativa** si el trabajo que realiza al desplazarse de punto A al punto B, NO es **independiente de la trayectoria** que siga entre estos dos puntos, es decir, el valor del trabajo **es diferente** al utilizar diferentes trayectorias. Esta situación se presenta en el caso de la fuerza de fricción, en donde el trabajo de la fricción si depende de la trayectoria, y por otro lado, este trabajo se disipa en forma de calor. Por lo tanto la **fricción** es una **fuerza no conservativa**.

### 12.3 Teorema de la conservación de la energía mecánica total

Otro concepto importante es el **Principio de Conservación de la Energía (E)**, el cual establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, teniendo como relación:

$$E_{INICIAL} = E_{FINAL}$$

De las secciones anteriores, a continuación se hace un resumen de los diferentes tipos de trabajo y de energía, que por lo general son empleados en ejercicios de conservación de energía:

- **Energía cinética ( $K$ )**, la cual está presente cuando un objeto tiene movimiento y se calcula como:

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

- **Energía potencial ( $U$ )**, es debido a la posición vertical de un objeto con respecto a un nivel de referencia y corresponde también al trabajo realizado por la fuerza gravitacional, se calcula:

$$U = mgh$$

en donde  $m$  es la masa del objeto y  $h$  es la altura con respecto a un nivel de referencia.

- **Energía elástica en un resorte ( $U_R$ )**, que corresponde también al trabajo realizado por dicho resorte, se determina por la ecuación:

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

en donde  $k$  es la constante elástica del resorte y  $x$  es la distancia que se comprime o se estira el resorte.

- El trabajo desarrollado por una fuerza constante se determina por:

$$W_F = FX\cos\theta$$

- El trabajo de la fricción se calcula como:

$$W_{fr} = -(fr)X$$

recordando que  $fr = \mu N$

### Ejemplo 1:

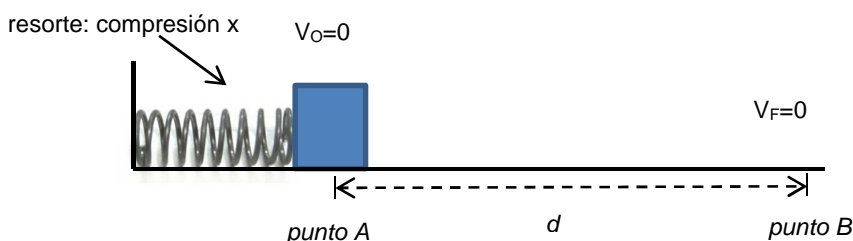
Un ejemplo de conservación de la energía es el caso de una pelota que se lanza verticalmente hacia arriba a una velocidad de 6 m/s, para determinar la altura alcanzada, se realiza conservación de la energía cinética que se transforma en energía potencial, quedando lo siguiente:

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

al sustituir y despejar de las ecuaciones, se obtiene que:  $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{36}{20} = 1.8 \text{ m}$

### Ejemplo 2:

Se tiene ahora el caso de conservación de la energía producida por un resorte y transformada en trabajo de fricción, la relación de transformación de energías queda de la siguiente manera, en la siguiente figura se muestra un resorte horizontal de constante  $k=200 \text{ N/m}$  se comprime una longitud  $x=40 \text{ cm}$ , colocando en frente del resorte un objeto de masa  $m=2 \text{ kg}$ , que está sobre una superficie horizontal en donde el coeficiente de fricción es de  $\mu=0.3$  al dejar libre el sistema para que el resorte impulse el bloque, éste va a recorrer una cierta distancia  $d$ , determinar esta distancia:



el principio de conservación de la energía aplicado a este caso indica que en el punto A el resorte produce la energía de entrada o inicial, y en el punto B solo se tiene como energía transformada el trabajo de fricción, Se puede notar que en ninguno de los dos puntos hay velocidad por lo que no hay energía cinética para estos puntos, de la misma

manera no se recorre una altura vertical, por lo que tampoco hay energía potencial, entonces aplicando la ecuación de conservación de energía y los tipos de energía y trabajo involucrado se tiene lo siguiente:

$$E_{INICIAL} = E_{FINAL}$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = \mu mgd \quad , \quad \text{sustituyendo valores:}$$

$$\frac{1}{2} (200)(0.4)^2 = (0.3)(2)(10)d \quad , \quad \text{despejando la distancia se tiene:}$$

$$d = 1.33 \text{ m}$$

Cabe mencionar que este análisis de conservación de la energía es equivalente al análisis del teorema del trabajo y la energía, en donde:

$$W_{neto} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_o^2$$

=====

### SECCIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1:	Teorema del Trabajo y la Energía																				
Objetivo de la actividad:	Aplicar el Teorema del Trabajo y la Energía a un sistema físico																				
Descripción de la actividad:	Los alumnos van a aplicar el Teorema del Trabajo y la Energía al sistema físico formado por una fuerza que empuja a un bloque sobre una superficie horizontal con fricción.																				
Requerimientos para la actividad:	Teoría del aprendizaje conceptual de los conceptos de trabajo, energía cinética y Teorema del Trabajo y la Energía																				
Instrucciones para el alumno:	<div>1. Reúnanse con sus compañeros de equipo.</div> <div>2. Consideren el siguiente ejemplo de una fuerza de 40 N se aplica horizontalmente sobre un objeto de 2 kg, como se muestra en la figura, en donde el coeficiente de fricción cinética entre el objeto y el plano es de 0.3 , determinen primeramente los trabajos que produce cada fuerza, considerando que habrá un desplazamiento de 7 m, escribiendo los resultados en los siguientes recuadros:</div> <table><tr><td>tipo de fuerza</td><td>magnitud</td><td>dirección</td><td>trabajo</td></tr><tr><td>aplicada</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>fricción</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>peso</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>normal</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <div><div><div>F</div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div>&lt;/</div></div></div>	tipo de fuerza	magnitud	dirección	trabajo	aplicada				fricción				peso				normal			
tipo de fuerza	magnitud	dirección	trabajo																		
aplicada																					
fricción																					
peso																					
normal																					

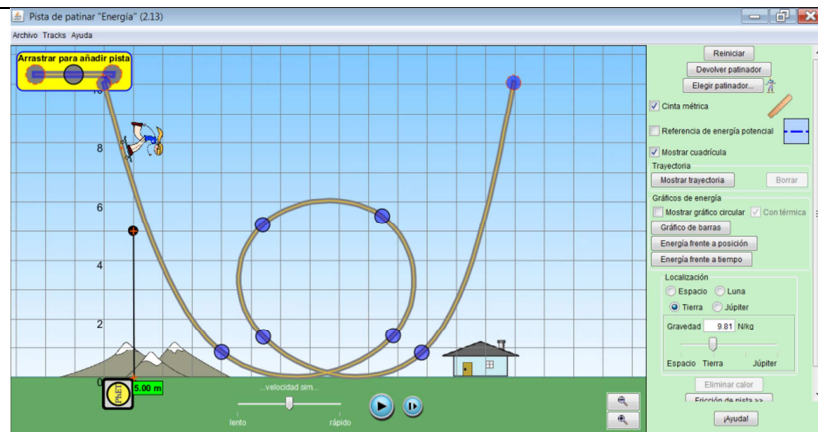
	<table border="1"> <tr> <td>energía cinética inicial</td><td></td></tr> <tr> <td>energía cinética final</td><td></td></tr> <tr> <td>Cambio en las energías</td><td></td></tr> </table>	energía cinética inicial		energía cinética final		Cambio en las energías	
energía cinética inicial							
energía cinética final							
Cambio en las energías							
	6. Comparen el resultado del cambio en las energías cinéticas con el trabajo neto y comprueben el Teorema del Trabajo y la Energía.						
Criterios de evaluación de la actividad	1. Dibuja el diagrama de cuerpo libre del objeto, indicando la magnitud y dirección de cada fuerza. 2. Calcula el trabajo que produce cada fuerza, así como el trabajo neto. 3. Determina las energías cinéticas del objeto y comprueba el Teorema del Trabajo y la Energía.						
Entregable(s):	Documento que incluya: <ul style="list-style-type: none"> <li>El diagrama de cuerpo libre del objeto.</li> <li>El procedimiento que calcula los trabajos que produce cada fuerza, así como la fuerza neta.</li> <li>La comprobación del Teorema del Trabajo y la Energía.</li> </ul>						

ACTIVIDAD 2:	Principio de conservación de la energía a un objeto que se lanza verticalmente hacia arriba.																					
Objetivo de la actividad:	Aplicar el principio de conservación de la energía a un objeto que es lanzado verticalmente hacia arriba																					
Descripción de la actividad:	Los alumnos van a aplicar el principio de conservación de la energía a un objeto que se lanza verticalmente hacia arriba, haciendo análisis de energía tanto cinética como potencial.																					
Requerimientos para la actividad:	Teoría del aprendizaje conceptual de los conceptos de energía cinética, energía potencial y del principio de conservación de la energía.																					
Instrucciones para el alumno:	<div>1. Reúnanse con sus compañeros de equipo.</div> <div>2. Consideren el siguiente ejemplo de un objeto de 200 grs de masa que es lanzado verticalmente hacia arriba con una velocidad de 16 m/s, haciendo análisis de energía cinética, energía potencial y el principio de conservación de la energía, determinen primeramente la máxima altura alcanzada por el objeto:</div> <div>altura máxima alcanzada: _____</div> <div>3. Obtengan las energías cinéticas inicial, final, así como las energías potencial inicial y final, escribiendo los resultados en la siguiente tabla:</div> <table><tr><td>altura (m)</td><td>energía cinética (J)</td><td>energía potencial (J)</td></tr><tr><td>0</td><td></td><td></td></tr><tr><td><math>h_{MAX}</math></td><td></td><td></td></tr></table> <div>4. Obtengan las energías cinéticas inicial, final, así como las energías potencial inicial y final, para el caso en que el objeto alcanza la mitad de su altura máxima, determinando la velocidad a esa altura y escribiendo los resultados en la siguiente tabla:</div> <table><tr><td>altura (m)</td><td>energía cinética (J)</td><td>energía potencial (J)</td><td>velocidad</td></tr><tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td><math>h_{MAX}/2</math></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <div>5. Obtengan la energía total del sistema:</div> <div>energía total o mecánica: _____</div>	altura (m)	energía cinética (J)	energía potencial (J)	0			$h_{MAX}$			altura (m)	energía cinética (J)	energía potencial (J)	velocidad	0				$h_{MAX}/2$			
altura (m)	energía cinética (J)	energía potencial (J)																				
0																						
$h_{MAX}$																						
altura (m)	energía cinética (J)	energía potencial (J)	velocidad																			
0																						
$h_{MAX}/2$																						

	<p>6. Obtengan las energías cinéticas inicial, final, así como las energías potencial inicial y final, para el caso en que el objeto alcanza la mitad de su velocidad de lanzamiento, determinando la altura a esa altura y escribiendo los resultados en la siguiente tabla:</p> <table><tr><th>velocidad (m/s)</th><th>energía cinética (J)</th><th>energía potencial (J)</th><th>altura</th></tr><tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	velocidad (m/s)	energía cinética (J)	energía potencial (J)	altura	16				8			
velocidad (m/s)	energía cinética (J)	energía potencial (J)	altura										
16													
8													
	<p>7. Concluyan con una reflexión sobre el principio de conservación de la energía aplicada a este caso.</p>												
Criterios de evaluación de la actividad	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Obtén la altura máxima alcanzada por el objeto, mediante el principio de conservación de la energía.</li><li>2. Calcula la velocidad del objeto a la mitad de su altura máxima, así como valores de energías cinética y potencial.</li><li>3. Calcula la altura del objeto cuando lleva la mitad de su velocidad de lanzamiento, así como valores de energías cinética y potencial.</li></ol>												
Entregable(s):	<p>Documento que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El cálculo de la altura máxima alcanzada por el objeto, mediante el principio de conservación de la energía.</li><li>• El procedimiento que determina la velocidad del objeto a la mitad de su altura máxima, así como valores de energías cinética y potencial.</li><li>• El procedimiento que determina la altura del objeto cuando lleva la mitad de su velocidad de lanzamiento, así como valores de energías cinética y potencial.</li></ul>												

<b>ACTIVIDAD 3:</b>	<b>Conservación de la energía en una pista de patinar.</b>
Objetivo de la actividad:	Determinar alturas y velocidades en diferentes puntos de una pista de patinaje, empleando el principio de conservación de la energía.
Descripción de la actividad:	Los alumnos van a determinar alturas y velocidades en diferentes puntos de una pista de patinaje virtual, con un rizo circular, empleando el simulador: "Pista de patinar: Energía".
Requerimientos para la actividad:	Computadora con acceso a Internet, para hacer funcionar el simulador "Pista de patinar: Energía", calculadora.
Instrucciones para el alumno:	<p><b>Parte 1: Elaboración del diseño de la pista de patinaje, incluyendo un rizo de forma circular.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reúnanse en equipos.</li> <li>2. Tengan lista una computadora o "Tablet" con los programas instalados de Java y Adobe Flash Player, y luego hacer funcionar la simulación "Pista de patinar: Energía" <a href="http://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-skate-park">http://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-skate-park</a></li> <li>3. Para hacer funcionar la simulación hay dos opciones: la primera es dar clic en el botón verde ("Iniciar ahora") y comenzará a funcionar la simulación, la segunda opción es dar clic en el botón azul ("Descargar"), esto hará que descargues el simulador: "Pista de patinar: Energía", en tu Computadora o "Tablet" y puedas hacer funcionar esta simulación sin estar conectado a Internet, lo cual es más recomendable pues no dependes de una conexión a Internet.</li> <li>4. Diseñen en el simulador una pista de patinaje que tenga forma de una parábola, pero con un rizo circular en la parte baja de la parábola, como se muestra en la siguiente figura:</li> </ol>





5. Para lograr la pista de patinaje con el rizo circular, en la pestaña de "Tracks" del simulador, seleccionen la opción de "Loop", también pongan "pausa" al movimiento del patinador, y además en la pestaña de "Elegir patinador", seleccionen la patinadora de 60 kg.
6. Seleccionen con las opciones de "Cinta métrica" y "Mostrar la cuadrícula", colocando la cinta métrica al pie de la imagen de las montañas, al lado del número "0", y dirigiendo la cinta métrica verticalmente hacia arriba.
7. Con el "mouse" arrastren los extremos de la pista (círculo morado) hasta la altura de 10 metros, para que el extremo izquierdo esté en la coordenada (0,10) metros, y el otro extremo esté en la coordenada (14,10) metros.
8. Para que la pista quede lista, formen un rizo circular, moviendo adecuadamente los pequeños círculos morados, colocando la parte alta del círculo a la altura de 6 metros, y también coloquen las secciones laterales bajas de la parábola tocando la línea de altura igual a cero (ver figura del punto 3).

## Parte 2. Cálculo de velocidades en la parte superior del rizo circular, para diferentes alturas

9. Para iniciar el movimiento, coloquen la patinadora en la posición (0,10) metros, y pongan la velocidad del simulador en el punto medio de "lento" y "rápido", luego ejecuten el botón de "play" y observen el movimiento hasta que regrese la patinadora al punto donde inició su movimiento, ahí hagan clic en el botón de "pausa".
10. Escriban cómo se realiza el intercambio de energía potencial a energía cinética, indicando también cómo se presentan estas energías en la sección del rizo circular. Este caso de movimiento es libre de fricción, por lo que solo están presentes las energías cinética y potencial.
11. Realicen el análisis de conservación de la energía empleando la ecuación:  

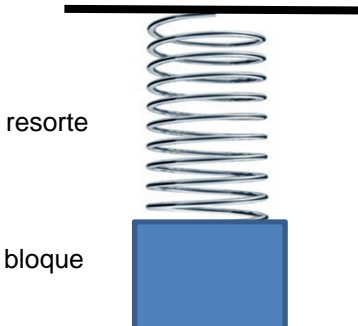
$$mgh_o = mgh_F + \frac{1}{2}mv^2$$
 en donde  $h_o$  y  $h_F$  son las alturas inicial y final, respectivamente, y determinen la velocidad ( $v$ ) de la patinadora cuando se encuentra pasando en la parte alta del rizo circular, esto es en  $h_F=6$  m, considerando que  $h_o=10$  m.
12. Empleando la ecuación anterior, determinen las diferentes velocidades que se obtienen, cambiando la altura inicial  $h_o$ , y escriban los resultados en la siguiente tabla, para los valores de altura indicados:

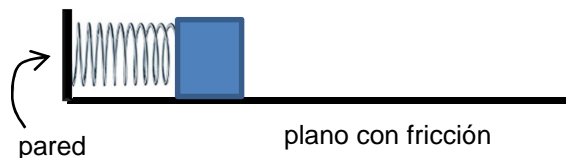
$h_o$ (m)	$v$ (m/s)
10	
9	
8	
7	

## Parte 3: Determinación de la mínima velocidad y su correspondiente mínima altura

13. En la tabla anterior se dejó el último espacio de altura, porque si la patinadora empieza su descenso en la altura  $h_o=7$  m, se darán cuenta que la patinadora no alcanza a dar la vuelta completa en el rizo circular, y para calcular la altura mínima en la que sí puede dar la vuelta completa, primero se debe determinar cuál es la

	<p>mínima velocidad a la que debe estar pasando la patinadora en la parte alta del rizo, empleando la siguiente ecuación que corresponde a la segunda ley de Newton en ese punto, siendo el peso (mg) como fuerza aplicada que debe ser igual a la masa (m) por la aceleración centrípeta <math>v^2/r</math>, en donde r es el radio del círculo en el rizo, en este caso es de 3 m (ya que el diámetro es de 6 ), esto es:</p> $mg = \frac{mv^2}{r} \text{ , y despejando: } v = \sqrt{gr} \text{ ,}$ <p>Con esta velocidad, calculen la correspondiente altura mínima a la que debe de colocarse la patinadora para que alcance a dar la vuelta en la parte alta del rizo circular. Con este valor, terminar de llenar la tabla del punto 10.</p> <p>14. Utilicen la cinta métrica para colocar de manera exacta a la patinadora en la altura mínima, y ejecuten la simulación para comprobar que la patinadora, apenas alcanzará a dar la vuelta en la parte superior del rizo circular.</p> <p>15. Para finalizar, calcula la velocidad máxima que llega a alcanzar la patinadora al dejarse caer desde 10m de altura y a qué altura sucede.</p>
Criterios de evaluación de la actividad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realiza la construcción de la pista virtual de patinaje</li> <li>2. Determina las velocidades para diferentes alturas.</li> <li>3. Calcula la altura mínima para lograr la velocidad mínima en la parte alta del rizo circular.</li> </ol>
Entregable(s):	Documento con los cálculos realizados en donde se determinan velocidades a diferentes alturas, así como la altura mínima para la velocidad mínima en la parte alta del rizo circular. No olviden imprimir "pantallas" de las actividades realizadas en el simulador.

<b>Act. 4 (experimental):</b>	<b>Conservación de la energía en un sistema físico: resorte-bloque</b>
Objetivo de la actividad:	Aplicar las ecuaciones de trabajo y energía, así como el principio de conservación de la energía a un sistema físico que impulsa un bloque por medio de un resorte de compresión.
Descripción de la práctica:	Los alumnos deben construir un sistema físico que impulsa un bloque por medio de un resorte, a fin de que apliquen las ecuaciones de trabajo y energía, así como el principio de conservación de la energía y de esta manera determinar parámetros del sistema como constante elástica del resorte, coeficiente de fricción y velocidad del bloque.
Requerimientos para la práctica:	Resorte de compresión tipo helicoidal de espiral abierta entre 10 y 20 cm de largo, plano horizontal, objeto de madera, cinta métrica.
Instrucciones para el alumno:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reúnanse con sus compañeros de equipo y analicen el resorte que se va a utilizar en esta práctica que es de compresión tipo helicoidal de espiral abierta que ofrece resistencia a una determinada fuerza de compresión. Este resorte debe tener una longitud entre 10 y 20 cm.</li> <li>2. Midan la constante de este resorte que se va a emplear en el sistema físico lanzador, y para ello deben colocar el resorte verticalmente sujetado por un extremo de un techo, y colocarle en el otro extremo una masa entre 200 y 400 grs, (previamente pesada en una báscula) como se muestra en la figura, y con una regla midan la distancia que se estira el resorte, cuando el sistema queda en equilibrio estático, aplicando las ecuaciones del aprendizaje conceptual sobre el tema de fuerzas y equilibrio.</li> </ol> <div style="text-align: center;">  <p>El diagrama muestra un resorte helicoidal verticalmente orientado. Su extremo superior está fijado a una barra horizontal que representa un techo. El extremo inferior del resorte sostiene un bloque rectangular sólido de color azul. Las etiquetas 'resorte' y 'bloque' están colocadas a la izquierda de sus respectivos componentes.</p> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Construyan el siguiente experimento consistente en un plano horizontal, que puede ser el piso, o una mesa, y sobre el plano se debe colocar el bloque de madera, y el resorte debe estar sujeto a una pared sin apoyarse en el piso, como se muestra en la siguiente figura, en donde el plano tiene fricción:</li> </ol>



4. Con el bloque, compriman el resorte una cierta distancia  $X$ , luego soltar el sistema y registren la distancia horizontal que recorre el bloque hasta que se detiene.
5. Repitan este procedimiento para varias distancias de compresión y escriban los resultados en la siguiente tabla:

lanzamiento	compresión del resorte ( $X$ )	distancia horizontal
1	4 cm	
2	5 cm	
3	6 cm	
4	7 cm	
5	8 cm	

6. Apliquen las ecuaciones de trabajo de fricción, energía almacenada en un resorte y de conservación de la energía, para determinar la energía potencial elástica, la fuerza de fricción y el coeficiente de fricción promedio entre el bloque y el plano, escribiendo los resultados en la siguiente tabla:

lanza- miento	energía potencial elástica	fuerza de fricción (newtons)	Coeficiente de fricción
1			
2			
3			
4			
5			

por lo que el coeficiente de fricción promedio es: \_\_\_\_\_

7. Apliquen las ecuaciones de energía para determinar la energía cinética y la velocidad del bloque justo en el momento en que deja de hacer contacto con el resorte, así como el trabajo de fricción que parcialmente hasta dicho momento se ha realizado, y escriban los resultados en la siguiente tabla:

lanza- miento	trabajo parcial de fricción (J)	energía cinética (J)	velocidad (m/s)
1			
2			
3			
4			
5			

8. Comparen los valores de los coeficientes de fricción encontrados en el punto 6, para cada lanzamiento, y expliquen la diferencia de los valores.

Criterios de evaluación de la actividad

1. Determina la constante elástica del resorte.
2. Aplica la ecuación de trabajo de fricción y de conservación de energía para determinar el coeficiente de fricción.
3. Emplea las ecuaciones de energía potencial elástica y energía cinética para determinar la velocidad del bloque.

Entregable(s):

- Documento que incluya:
- El cálculo de la constante elástica del resorte mediante un sistema en equilibrio.
  - El procedimiento para calcular el coeficiente de fricción mediante ecuaciones de trabajo y energía.
  - El procedimiento para calcular la velocidad del bloque mediante el principio de conservación de energía.